

TEXTE

94/2018

Landwirtschaft - quo vadis?

Nachhaltigkeitsbewertung ausgewählter
Entwicklungspfade in der Landwirtschaft

TEXTE 94/2018

Projektnummer 83179
UBA-FB 002674/1

Landwirtschaft - quo vadis?

Nachhaltigkeitsbewertung ausgewählter Entwicklungspfade in der
Landwirtschaft

von

Dr. Judith Brüggemann, Dr. Heidrun Moschitz
FiBL Projekte GmbH, Frankfurt am Main

Dr. Christine Krämer
Projektbüro mareg markt+region, Ippesheim

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

FiBL Projekte GmbH
Kasseler Straße 1a
60486 Frankfurt am Main

Projektbüro mareg markt+region
Herrnberchtheim 178
97258 Ippesheim

Abschlussdatum:

Mai 2018

Redaktion:

Fachgebiet II 2.9 Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und
internationaler Bodenschutz
Anne Biewald

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, November 2018

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den
Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Die Landwirtschaft steht vor einer Reihe von Herausforderungen. Doch welche Entwicklungspfade können beschränkt werden und wie wirken sich diese auf Aspekte der Nachhaltigkeit aus? Im Rahmen des Projektes wurden zwei, auf einer Formulierung des ehemaligen EU-Agrarkommissars F. Fischler beruhende, mögliche Entwicklungspfade in Form von Narrativen weiter ausformuliert. Die Entwicklungspfade wurden anschließend einer Nachhaltigkeitsbewertung anhand eines Sets von 29 Indikatoren unterzogen, die auf dem Bewertungssystem SAFA der FAO beruhen. Dabei wurden entsprechend der Leistungsbeschreibung des Auftraggebers vorwiegend ökologische Indikatoren betrachtet.

Es zeigt sich, dass der Entwicklungspfad Farming – basierend auf dem Prinzip der Kostenführerschaft und dem Ansatz der Rohstoffproduktion – hinsichtlich einer Vielzahl von Indikatoren negativ bewertet wird. Hingegen wird der Entwicklungspfad Agriculture – beruhend auf den Prinzipien der Umwelt- und Qualitätsführerschaft – unter Aspekten der Nachhaltigkeit vielfach positiv bewertet. Dies erstaunt nicht, da der Entwicklungspfad Agriculture schon in seinem Ansatz der Erbringung von Gemeinwohlleistungen dient.

Um als erwünschter, nachhaltiger Entwicklungspfad der Landwirtschaft zu dienen, ist eine Weiterentwicklung speziell des Farming-Ansatzes notwendig. Insbesondere für diesen Entwicklungspfad erscheinen die Formulierung von Grenz- und Zielwerten sowie die Festsetzung von Leitplanken notwendig, damit die Anforderungen an eine nachhaltige Landwirtschaft erfüllt werden. Hinsichtlich des Entwicklungspfades Agriculture ist es notwendig, den Ernährungssektor einzubeziehen, da zwar ausreichend, aber weniger produziert wird als unter dem Pfad Farming und daher entsprechende Anpassungen der Konsumgewohnheiten notwendig werden. Weitere Forschungsschritte sind nötig, um die Entwicklungspfade weiterzuentwickeln und Rahmenbedingungen zu formulieren, die diese erwünschten Pfade unterstützen und fördern.

Abstract

Agriculture faces a number of challenges, but which development paths can be followed and how do they impact on aspects of sustainability? Within the framework of the project, two pathways based on a formulation of the former EU Agriculture Commissioner F. Fischler were further adapted into the form of narratives. These pathways were subsequently assessed through a sustainability assessment based on a set of 29 indicators within the SAFA rating system of the FAO. In accordance with the client's task description, mainly ecological indicators were considered.

This evaluation showed that the Farming pathway (based on the principle of cost leadership and the approach of raw material production), was negative for a large number of indicators. On the other hand, the Agriculture pathway (based on the principles of environmental and quality leadership) was often positively evaluated for sustainability. This is not surprising since the agriculture pathway is already used in its approach for the provision of public benefits.

In order to serve as a desirable, sustainable development path for agriculture, a further development of both pathways is necessary. In particular for the Farming pathway, the formulation of limit and target values, as well as the setting of guidelines appears necessary to meet the requirements for a sustainable agriculture. With regard to the Agriculture pathway, it is necessary to involve the food sector, since appropriate adjustments to food consumption habits are required as less is produced than in the Farming pathway. Further research steps are necessary to develop the pathways and formulate framework conditions that support and promote these desirable pathways.

Inhaltsverzeichnis

Kurzbeschreibung	5
Abstract	5
Inhaltsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	10
Zusammenfassung	12
Summary	16
1 Vorbemerkung	19
2 Einleitung	19
2.1 Problemstellung	19
2.2 Zielsetzung des Projektes	20
3 Methodische Vorgehensweise	20
3.1 Sichtung relevanter Literatur bezüglich der Formulierung von Entwicklungspfaden für die Landwirtschaft	21
3.2 Beschreibung von zwei Entwicklungspfaden als Narrativ	22
3.3 Zusammenstellung eines Indikatorensets	23
3.4 Bewertung der ausgewählten Entwicklungspfade anhand des Indikatorensets	23
4 Formulierung von Entwicklungspfaden für die Landwirtschaft	24
4.1 Sichtung relevanter Literatur zur Formulierung von Entwicklungspfaden für die Landwirtschaft	24
4.2 Beschreibung von zwei Entwicklungspfaden als Narrativ	24
5 Bewertung der ausgewählten Entwicklungspfade anhand des Indikatorensets	29
5.1 Indikatoren der Ökologischen Integrität	30
5.1.1 Treibhausgase	30
5.1.1.1 Entstehung von Treibhausgasen	30
5.1.2 Luftqualität	32
5.1.2.1 Emissionen von Luftschadstoffen	32
5.1.3 Qualität der Gewässer	33
5.1.3.1 Eintrag von Stickstoff in Gewässer	33
5.1.3.2 Eintrag von Phosphor in Gewässer	34
5.1.3.3 Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer	35
5.1.3.4 Eintrag von Schwermetallen in Gewässer	36
5.1.3.5 Eintrag von Tierarzneimitteln in Gewässer	36
5.1.4 Materialnutzung	37

5.1.4.1	Stickstoffbilanzen	37
5.1.4.2	Phosphorbilanzen	38
5.1.4.3	Effizienz der Flächen-, Energie-, Materialnutzung	39
5.1.5	Bodenqualität.....	41
5.1.5.1	Entstehung von Erosion	41
5.1.5.2	Entstehung von Bodenschadverdichtung	42
5.1.5.3	Humusbilanz und Bodenfruchtbarkeit	43
5.1.5.4	Immissionen in den Boden	44
5.1.6	Wirkungen auf die biologische Vielfalt	44
5.1.6.1	Vorkommen von Habitaten in der Agrarlandschaft	44
5.1.6.2	Artenvielfalt in der Agrarlandschaft	46
5.1.6.3	Agro-Biodiversität	47
5.1.7	Weitere Indikatoren zur Ökologischen Integrität	48
5.1.7.1	Wirkungen auf das Landschaftsbild	48
5.1.7.2	Tiergesundheit/Tierwohl	49
5.2	Ökonomische Resilienz	52
5.2.1	Kapitalintensität und Arbeitsintensität.....	52
5.2.2	Abhängigkeit von Futterzukaufen	53
5.2.3	Diversität der landwirtschaftlichen Produktion	54
5.2.4	Regionale Wertschöpfung.....	55
5.2.5	Produktqualität	56
5.3	Unternehmensführung	58
5.3.1	Internalisierung von externen Kosten.....	58
5.3.2	Gesellschaftliche Erwartungen.....	59
5.4	Soziales Wohlergehen.....	60
5.4.1	Ernährungssicherheit	60
5.4.2	Erfahrungswissen	60
5.5	Zusammenfassende Bewertung	62
6	Diskussion der Ergebnisse	64
7	Erste Schlussfolgerungen und Ableitung von Handlungsempfehlungen.....	68
8	Anhang.....	73
8.1	Übersicht der relevanten Literatur	73
8.2	Übersicht der Literaturlauswertung	80
8.3	Übersicht der berücksichtigten Indikatorensysteme.....	116
9	Quellenverzeichnis.....	125

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektaufbau..... 21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beispielhaftes Bewertungsschema	24
Tabelle 2:	Abgrenzung der Begriffe Agriculture und Farming.....	24
Tabelle 3:	Beschreibende Variablen und deren Ausprägung bzgl. der Systeme Agriculture und Farming im Vergleich zum Status quo des Gesamtsektors	26
Tabelle 4:	Bewertung der Entwicklungspfade mittels ausgewählten Indikatoren	62

Abkürzungsverzeichnis

Abs.	Absatz
AK	Arbeitskraft
Art.	Artikel
AUKM	Agrarumwelt- und Klimamaßnahme
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, jetzt BMUB: Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BNatschG	Bundesnaturschutzgesetz
bspw.	beispielsweise
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CO₂	Kohlendioxid
d. h.	das heißt
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
€	Euro
ebd.	ebenda
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
et al.	und andere
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
f.	folgend
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FFH	Flora-Fauna-Habitat
FIBL	Forschungsinstitut für biologischen Landbau
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GE	Getreideeinheit
GEH	Gesellschaft zur Erhaltung alter und gefährdeter Haustierrassen e.V
ggf.	gegebenenfalls
GMO	gentechnisch modifizierte Organismen
ha	Hektar

i. d. R.	in der Regel
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KBU	Kommission Bodenschutz im Umweltbundesamt
kg	Kilogramm
KLU	Kommission Landwirtschaft am Umweltbundesamt
KSNL	Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft
kt	Kilotonne
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
mg	Milligramm
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarde
N	Stickstoff
NMVOG	flüchtige organischer Verbindungen ohne Methan
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
o. J.	ohne Jahr
P	Phosphor
PCB	Polychlorierte Biphenyle
S.	Seite
SDG	Sustainable Development Goal
SI	Sustainable Intensification
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
t	Tonne
u. a.	und andere
UBA	Umweltbundesamt
u. U.	unter Umständen
WBA	Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz
WTO	World Trade Organisation
z. B.	Zum Beispiel

Zusammenfassung

Die deutsche Landwirtschaft steht vor einer Reihe von Herausforderungen. Zum einen werden verschiedenartige Ansprüche an sie herangetragen. Hierzu zählen die Bereitstellung vielfältiger, hochwertiger Rohstoffe zu günstigen Preisen, die Erbringung von Gemeinwohl- und Tierschutzleistungen und die Vermeidung negativer Auswirkungen auf die Umweltressourcen. Zum anderen stellt sich die ökonomische Lage für viele Betriebe prekär dar, sodass bspw. während der Krise auf dem Milchmarkt 2015/2016 viele Betriebe aufgeben mussten. Gleichzeitig fehlt ein konsistentes Leitbild, das beschreibt, wie die landwirtschaftliche Produktion gestaltet werden kann, um einerseits den Anforderungen der Gesellschaft gerecht zu werden und andererseits ökonomisch tragfähige Betriebe zu erhalten. Dies gilt sowohl für die europäische als auch für die deutsche Ebene. Zwar existiert für die europäische Landwirtschaft das Wunschbild einer multifunktionalen Landwirtschaft, die neben der Produktionsfunktion auch noch ökologische Funktionen, Standort¹- und Erholungsfunktionen erbringt (Heißenhuber und Lippert 2000), jedoch lässt sich feststellen, dass diese Funktionen zunehmend räumlich separiert voneinander erbracht werden (Wiskerke 2009). Wie kann sich die Landwirtschaft unter diesen Gesichtspunkten weiterentwickeln und welche Wirkungen haben die möglichen Entwicklungspfade auf Aspekte der Nachhaltigkeit? Diesen Fragen wurde im Rahmen des vorliegenden Berichtes nachgegangen.

Im Rahmen des Projektes wurde die relevante Literatur hinsichtlich der Definition von Entwicklungspfaden der Landwirtschaft gesichtet. Dabei war festzustellen, dass Aussagen zu möglichen Entwicklungspfaden meist das Resultat von Szenarienanalysen sind, in denen die Landwirtschaft nicht der zu beeinflussende, sondern der resultierende Faktor ist. So zeigen Szenarienanalysen z. B. hinsichtlich der demografischen Entwicklungen oder unterschiedlicher Szenarien der Klimaveränderungen u. a. Änderungen im Umfang der bewirtschafteten Fläche, dem Zugang zu landwirtschaftlichen Input-Faktoren, Wasser und Land, dem Konsum tierischer Lebensmittel und der Intensität der Produktion. Dabei beziehen sich die Veröffentlichungen i. d. R. auf die globale Ebene.

Aufgrund des Mangels an Definitionen von Entwicklungspfaden für die Landwirtschaft in der analysierten Literatur wurde auf zwei Begriffe zurückgegriffen, die vom ehemaligen EU-Agrarkommissar Franz Fischler geprägt wurden: Farming und Agriculture. Dabei bezeichnet Farming eine Landwirtschaft, in der die Produktion von Rohstoffen im Vordergrund steht und die dem Prinzip der Kostenführerschaft folgt. Demgegenüber zielt Agriculture auf die Erbringung von Gemeinwohlleistungen ab und kann auch als multifunktionale Landwirtschaft verstanden werden. Agriculture unterliegt dem Prinzip der Umwelt- und Qualitätsführerschaft. Die beiden Entwicklungspfade können als Eckpunkte eines Entwicklungsraums angesehen werden, in dem weitere Entwicklungspfade möglich sind. Sub-Pfade wie der ökologische Landbau können in Abhängigkeit ihrer spezifischen Gestaltung sowohl in Richtung Farming – intensiver ökologischer Landbau – und Agriculture – eher extensiv praktizierter ökologischer Landbau – tendieren. Eine Betrachtung weiterer Entwicklungspfade und/oder Sub-Pfade erfolgte im Rahmen des Projektes nicht, ist mithilfe des abgeleiteten Indikatorensystems jedoch zukünftig möglich.

Der in diesem Projekt betrachtete Status quo stellt die aktuelle Situation der Landwirtschaft im Durchschnitt aller Produktionssysteme dar. Eine Differenzierung anhand der Produktionssysteme, der Betriebstypen oder der Regionen fand bei der Betrachtung des Status quo nicht statt. Dabei kommen im Status quo sowohl Betriebe vor, die dem Entwicklungspfad Agriculture zuzuordnen sind, als auch solche, die dem Entwicklungspfad Farming zuzurechnen sind. Der Status quo wird daher zwischen den Eckpunkten Farming und Agriculture liegen. Im Entwicklungspfad Farming wird die beschriebene

¹ ländlicher Raum als Infrastrukturstandort, als Raumreserve und zur Ausfüllung von Ver- und Entsorgungsfunktionen (Heißenhuber, A. and C. Lippert 2000)

Ausrichtung der landwirtschaftlichen Produktionssysteme in Richtung Kostenführerschaft und Rohstoffproduktion verstärkt. Der Entwicklungspfad Agriculture stärkt hingegen diejenigen Entwicklungen, die sich an einer gemeinwohlorientierten, multifunktionalen Landwirtschaft orientieren.

Da diese beiden Entwicklungspfade für die Durchführung einer Nachhaltigkeitsbewertung bisher nicht ausreichend definiert waren, erfolgte eine Konkretisierung ausgewählter Variablen für die beiden Systeme. Dabei wurde nicht wie in Szenarienstudien üblich von den Triebkräften ausgegangen, sondern von unterschiedlichen Endzuständen, in diesem Fall des landwirtschaftlichen Sektors – wie dies bspw. von O’Neill et al. (2017), Popp et al. (2017) und Antle et al. (2017) für unterschiedliche Bereiche definiert wurde. Diese Arbeitsschritte wurden in enger Abstimmung und Rückkopplung mit der wissenschaftlichen Begleitgruppe des Projektes durchgeführt. Im Ergebnis entstanden zwei Narrative, die die beiden Entwicklungspfade Farming und Agriculture anhand der Ausprägung verschiedener Variablen eingehender beschreiben.

Um die beiden Entwicklungspfade einer Nachhaltigkeitsbewertung unterziehen zu können, wurde ausgehend von dem Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA) der FAO ein Indikatorenset für den Sektor Landwirtschaft abgeleitet. Das SAFA-Indikatorenset wurde hierfür mit folgenden Systemen abgeglichen: den Indikatoren aus der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie, dem DLG-Indikatorenset für die Bereiche Landwirtschaft und den Einzelbetrieb sowie dem KSNL-System (Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft), entwickelt von der thüringischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Das für den vorliegenden Bericht abgeleitete Indikatorenset umfasst 29 Indikatoren aus den drei Säulen der Nachhaltigkeit (Ökonomie, Ökologie und Soziales), wobei der Schwerpunkt entsprechend der Leistungsbeschreibung auf der Betrachtung der Umweltwirkungen liegt.

Die definierten Pfade der landwirtschaftlichen Entwicklung, Farming und Agriculture, wurden anschließend anhand des abgeleiteten Indikatorensets bewertet. Dabei erfolgte im ersten Schritte eine Bewertung des Status quo anhand der Ausprägung der beeinflussenden Faktoren auf Basis einer Literaturanalyse. Für die Bewertung der beiden Entwicklungspfade wurde die Ausprägung der beeinflussenden Faktoren betrachtet und daraus eine Aussage für den Indikator abgeleitet. Die Bewertung ergibt sich dabei als Aussage bzgl. der Veränderung des Indikatorwertes im Vergleich zur heutigen Situation der Landwirtschaft, dem Status quo. Es werden Aussagen gemacht, inwieweit sich die Ausprägung des Indikators verbessert, verschlechtert oder nicht verändert im Vergleich zum Status quo. Dabei ist es jedoch nicht möglich, Aussagen über den Grad der Veränderung zu treffen. Wie weitreichend eine Verbesserung oder Verschlechterung der Situation ist, kann damit nicht ausgesagt werden. Die Bewertung bezieht sich auf den Sektor Landwirtschaft in Deutschland, die Ausprägung der Indikatoren auf regionaler oder betrieblicher Ebene wird nicht betrachtet. So kann sich die Bewertung in Bezug auf die einzelbetriebliche oder regionale Ebene durchaus anders darstellen als die sektorale Bewertung.

Die Nachhaltigkeitsbewertung führt zu dem Ergebnis, dass im Status quo eine Vielzahl an Indikatoren als nicht bzw. weniger zufriedenstellend, d. h. mit rot (sieben Indikatoren) oder orange (18 Indikatoren), bewertet werden. Es zeigt sich, dass unbefriedigende (rot) Situationen bei der Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen, bei den Wirkungen auf Habitat- und Artenvielfalt sowie auf die Agro-Biodiversität sowie bei der Abhängigkeit von Futtermittelimporten auftreten. Lediglich zwei Indikatoren, Produktqualität und Ernährungssicherheit, wurden mit grün bewertet. Diese zusammenfassend negative Bewertung des Status quo beruht weitgehend auf einem Regelungs- und Vollzugsdefizit der betrachteten Nachhaltigkeitsaspekte. So bestehen teils keine politisch festgelegten Ziel- und Grenzwerte oder sie sind nicht ambitioniert genug bzw. es mangelt an einem entsprechenden politischen Instrumentarium, um die Ziel- und Grenzwerte durchzusetzen. Doch auch wenn Ziel- und Grenzwerte existieren, ist die Zielerreichung nicht gesichert, da vielfach entsprechende Kontrollen und Sanktionen fehlen. Somit sind schon für die Verbesserung der Nachhaltigkeitswirkungen der

Landwirtschaft im Status quo weitreichende Maßnahmen notwendig, die jedoch nicht nur auf das Ordnungsrecht und seine Durchsetzung beschränkt sein können, sondern u. a. auch verschiedenartige Anreizmechanismen sowie Aus-, Fortbildungs- und Beratungsmaßnahmen hinsichtlich einer nachhaltigen Betriebsgestaltung bedürfen. Auch Maßnahmen der Marktakteure in den Bereichen Verbraucherbildung, Produktkennzeichnung u. a. können sich positiv auf die Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktionssysteme auswirken.

Die Nachhaltigkeitsbewertung des Entwicklungspfades Farming zeigt, dass die Umsetzung dieses Entwicklungspfades zu weiteren Verschlechterungen der Nachhaltigkeitssituation in vielen Bereichen führen würde. So tritt unter dem Entwicklungspfad Farming im Vergleich zu Status quo bei zwölf Indikatoren eine Verschlechterung auf. Besonders negativ ist dabei die weitere Verschlechterung von fünf der sieben im Status quo mit rot bewerteten Indikatoren anzusehen. Dies betrifft die Indikatoren Wirkungen auf Habitat- und Artenvielfalt sowie auf Agro-Biodiversität, Abhängigkeit von Futtermittelzukaufen und Internalisierung externer Kosten. Doch auch die weitere Verschlechterung von sieben im Status quo mit orange bewerteten Indikatoren ist kritisch zu sehen, da dies zu einer unzureichenden Situation (rot) führen könnte. Die Ausprägung von drei Indikatoren verbessert sich unter dem Pfad Farming. Es handelt sich um die Indikatoren Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen sowie Ernährungssicherheit.

Unter dem Entwicklungspfad Agriculture kommt es zur Verbesserung von 22 der 29 Indikatoren. Dies ist verständlich, da der Pfad so formuliert wurde, dass insbesondere vermehrt Gemeinwohlleistungen erbracht werden. Bei fünf Indikatoren wurde keine Veränderung hinsichtlich des Status quo festgestellt. Dies betrifft die Indikatoren: Entstehung von Bodenschadverdichtung, Immissionen in den Boden, Erfahrungswissen und Ernährungssicherheit. Insbesondere der letztgenannte Indikator bedarf dabei auch nicht notwendigerweise einer Verbesserung, da er schon im Status Quo mit grün bewertet wurde, vorausgesetzt, dass keine verstärkte Exportstrategie verfolgt werden soll bzw. keine Anpassungen der Konsumgewohnheiten auftreten.

Zusammenfassend zeigt die Bewertung der Entwicklungspfade Farming und Agriculture, in welchen Bereichen die Pfade Nachhaltigkeitsdefizite aufweisen und in welchen Bereichen die Wirkungen auf die Nachhaltigkeit positiv bewertet werden können bzw. die Entwicklungen in Richtung einer Verbesserung der Situation der Nachhaltigkeit ablaufen. Aufgrund der vielfach negativen Bewertung des Entwicklungspfades Farming hinsichtlich der Nachhaltigkeit ist dieser in der aktuellen Ausprägung nicht als nachhaltiger Entwicklungspfad der deutschen Landwirtschaft zu bezeichnen. Eine Weiterentwicklung dieses Pfades erscheint daher dringend notwendig. In Bezug auf den Entwicklungspfad Agriculture ist festzuhalten, dass dieser ohne eine Berücksichtigung des Ernährungssektors nicht realistisch umsetzbar erscheint. So ist neben der entsprechenden Gestaltung der Rahmenbedingungen für den Sektor Landwirtschaft, auch eine entsprechende Gestaltung der Ernährungspolitik notwendig.

Die Bewertung zeigt auch, dass zwischen der Produktionsfunktion der Landwirtschaft in Form hoher Erträge in guter Qualität und Zielsetzungen im Bereich der Nachhaltigkeit teils Zielkonflikte bestehen. Aktuell werden diese Konflikte meist zugunsten einer hohen Produktivität und Produktion entschieden. Ursächlich für die Zielkonflikte sind u. a. die fehlende Internalisierung externer Kosten sowie fehlende oder unzureichend durchgesetzte Rahmenbedingungen (Ordnungsrecht). Aber auch Unsicherheiten bzgl. des Leitbildes (siehe unten) führen zu diesen Entwicklungen.

Die Betrachtungen zeigen auch, dass bisher existierende Leitbilder z. B. des BMEL nicht ausreichend konkretisiert sind, um festzulegen, welche Art und Weise der Landwirtschaft erwünscht ist und welche nicht. Eine Konkretisierung des Leitbildes erscheint notwendig, um hier auch für die Politikgestaltung und die landwirtschaftlichen Betriebe Klarheit zu schaffen, welche Entwicklungspfade aus Sicht der Gesellschaft beschritten werden sollten. Dabei sollte das Leitbild einen Entwicklungsraum definieren, d. h. eine Einschränkung auf einen Entwicklungspfad z. B.

Agriculture erscheint nicht sinnvoll. Die Leitplanken eines solchen Entwicklungsraums sind teils heute schon definiert, z. B. in Form des Ordnungsrechtes, der Richtlinien der EU (z. B. Nitratrichtlinie, NERC-Richtlinie) sowie weiterer internationaler Verpflichtungen wie etwa der Biodiversitätskonvention. Allerdings besteht bisher ein Regelungs- und Vollzugsdefizit, um bestehende Verpflichtungen umzusetzen und zu erfüllen. Auch wird die Definition weiterer Grenzen des Entwicklungsraums notwendig sein, die sich dann auch in der Ausgestaltung des politischen Instrumentariums wie etwa dem Ordnungsrecht widerspiegeln.

Ebenfalls erscheint es notwendig, auf ein abgestimmtes Indikatorenset zurückgreifen zu können, welches wissenschaftlich und politisch akzeptiert ist, um entsprechende Entwicklungen in der Landwirtschaft bewerten zu können. Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde hierfür ein Vorschlag gemacht, der sich jedoch im Zeitverlauf auf Basis der Fragestellungen und der vorhandenen Datenbasis weiterentwickeln kann.

Zusammenfassend zeigen die Ausführungen, dass die Wirkungen der Landwirtschaft auf Aspekte der Nachhaltigkeit im Status quo vielfach negativ bewertet werden und dass der Entwicklungspfad Farming zu einer weiteren Verschlechterung in vielen Bereichen führt. Soll der Entwicklungspfad Farming zu einem Eckpunkt eines erwünschten Entwicklungsraums werden, so ist er entsprechend weiterzuentwickeln. Auch bzgl. des Pfades Agriculture ergeben sich Entwicklungsmöglichkeiten, die genutzt werden sollten. Um diesen Pfad weiterzuentwickeln, bedarf es veränderter Rahmenbedingungen, z.B. ein optimiertes politisches Instrumentarium. Das Ordnungsrecht und dessen Vollzug sind zu schärfen, aber auch Beratungs- und Bildungsmaßnahmen sind notwendig, um die Landwirte in die Lage zu versetzen, die Bewirtschaftung des Betriebes im Sinne der Nachhaltigkeitszielsetzungen zu ändern und weiterzuentwickeln. Auch ein verstärkter Ausbau von Maßnahmen der derzeitigen zweiten Säule der GAP, wie z. B. AUKM, ist erforderlich, um Anreize zu setzen, damit die Landwirte ihre Betriebe in Richtung „erwünschter Pfad“ weiterentwickeln. Es sind jedoch nicht nur ökonomische Anreizmechanismen zu formulieren, sondern auch weitere Anreize, die die entsprechende Motivation der Landwirte stärkt, sowie Maßnahmen, die den Konsum und damit die Nachfrage beeinflussen.

Summary

Agriculture in Germany faces a number of challenges. On the one hand, it must answer to various demands. These include the provision of a wide range of high-quality raw materials at low prices, the provision of public welfare and animal welfare services and the avoidance of negative impacts on environmental resources. On the other hand, the economic situation for many farms is precarious, such that, for example, during the milk market crisis in 2015/2016, many farms had to close down. At the same time, a consistent model is missing that can describe how agricultural production can be designed to both meet the demands of society and maintain economic viability. This applies to both the European and the German level. Although the ideal of multifunctional agriculture exists for European agriculture, which goes beyond production to include ecological, location and recreational functions (Heißenhuber and Lippert 2000), it can be seen that these functions are increasingly being performed in different locations (Wiskerke 2009). How can agriculture develop under these aspects, and what effects do the possible development pathways have on sustainability aspects? These issues have been addressed in this report.

Within the scope of the project, the relevant literature regarding the definition of development pathways of agriculture was reviewed. It was found that statements on possible development pathways are usually the result of scenario analyses in which agriculture is not the factor to be influenced, but instead the resulting factor. Scenario analyses show, for example, changes in the extent of cultivated land, access to agricultural input factors, water and land, the consumption of animal-based foods and the intensity of production with regard to demographic developments or various climate change scenarios. As a rule, the publications refer to the global level.

Due to the lack of definitions for agricultural development pathways in the analyzed literature, two terms were used which were coined by former EU Agriculture Commissioner Franz Fischler: Farming and Agriculture. Farming refers to an agriculture in which production of raw materials is in the foreground and the principle of cost leadership is followed. Agriculture, on the other hand, aims at the provision of public welfare services and can also be understood as multifunctional agriculture. Agriculture is subject to the principle of environmental and quality leadership. The two development pathways can be seen as cornerstones of a development space in which further development pathways are possible. Depending on their specific design, sub-pathways such as organic farming may tend towards both Farming - intensive organic farming - and Agriculture - more extensively practiced organic farming. Further development pathways and/or sub-pathways were not considered within the scope of the project, but will be possible in the future with help of the derived indicator system.

The status quo considered in this project represents the current situation of agriculture, on average, for all production systems. The status quo was not differentiated according to production systems, farm types or regions. In the status quo, both farms that are assigned to the development pathway Agriculture and those that are assigned to the development pathway Farming occur. The status quo will therefore lie between the cornerstones of Farming and Agriculture. In the development pathway of Farming, the described orientation of agricultural production systems towards cost leadership and raw material production will be strengthened. The Agriculture development pathway, on the other hand, strengthens developments towards public welfare-oriented, multifunctional agriculture.

Since these two development pathways were not sufficiently defined to carry out a sustainability assessment, selected variables were specified for the two systems. In doing so, the driving forces were not used as is usual in scenario studies, but rather different end states. In this case of the agricultural sector, end states were defined, for example, by O'Neill et al. (2017), Popp et al. (2017) and Antle et al. (2017) for different areas. These work steps were carried out in close coordination and feedback with the scientific project support group. The result is two narratives that describe the two development pathways, Farming and Agriculture, in more detail and using the characteristics of different variables.

In order to subject the two development pathways to a sustainability assessment, a set of indicators for the agricultural sector was derived from the FAO's Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA). The SAFA indicator system was compared with the following systems: the indicators from the German sustainability strategy, the DLG indicator sets for agriculture and individual farms and the KSNL system (Criteria System for Sustainable Agriculture), developed by the Thuringian State Institute for Agriculture. The indicator system derived for this report comprises 29 indicators from the three pillars of sustainability (economy, ecology and social), with the focus on consideration of environmental impacts, in accordance with the performance description.

The defined paths of agricultural development, Farming and Agriculture, were then evaluated using the derived set of indicators. In the first step, the status quo was evaluated on the basis of the characteristics of the influencing factors on the basis of a literature analysis. For the evaluation of the two development pathways, the characteristic of the influencing factors was considered and a statement for the indicator was derived from this. The evaluation results served as a statement regarding the change of the indicator value in comparison to the current situation of agriculture, the status quo. This includes statements as to the extent to which the development of the indicator improves, deteriorates or does not change in comparison to the status quo. However, it is not possible to make statements about the degree of change. The extent to which the situation has improved or worsened cannot be determined. The evaluation refers to the agricultural sector in Germany, and the characteristic of the indicators at regional or company level is not considered. Accordingly, the assessment at farm or regional level may differ from the sectoral assessment.

The sustainability assessment leads to the result that a large number of indicators in the status quo are assessed as unsatisfactory or less satisfactory, i.e. with red (seven indicators) or orange (18 indicators). Unsatisfactory (red) situations arise with regard to greenhouse gas and air pollutant emissions, effects on habitat and biodiversity, agrobiodiversity and dependence on feed imports. Only two indicators, product quality and food security, were rated green. In summary, this negative assessment of the status quo is largely based on a regulatory and enforcement deficit of the sustainability aspects under consideration. In some cases, there are either no politically defined targets and limits or they are not ambitious enough or there is a lack of appropriate political instruments to enforce the targets and limits. However, even if targets and limit values exist, the achievement of these targets is not guaranteed, as appropriate controls and sanctions are often lacking. Therefore, far-reaching measures are already necessary to improve the sustainability effects of agriculture in the status quo. However, this may not only be limited to regulatory law and its enforcement, but also require, among other items, various incentive mechanisms as well as training, further education and advisory measures with regard to sustainable farm design. Measures taken by market players in the areas of consumer education, product labelling, etc. can also have a positive impact on the sustainability of agricultural production systems.

The sustainability assessment of the development pathway of Farming shows that the implementation of this development pathway would lead to further deterioration of the sustainability situation in many areas. Under the development pathway of Farming, for example, 12 indicators show a deterioration compared to the status quo. The further deterioration of five of the seven indicators with a red status quo is particularly negative. This concerns effects on habitat and species diversity as well as on agrobiodiversity, dependence on feed purchases and internalization of external costs. However, the further deterioration of seven indicators rated orange in the status quo must also be viewed critically, as this could lead to an inadequate situation (red). The development of three indicators is improving under the pathway Farming. These indicators include greenhouse gas and air pollutant emissions and food security.

Under the Agriculture development pathway, 22 of the 29 indicators have been improved. This is understandable, since the pathway has been formulated in such a way that, in particular, more services of general interest are provided. Five indicators showed no change in the status quo. This

concerns the indicators: formation of soil damage compaction, immissions to the soil, empirical knowledge and food security. In particular, the latter indicator does not necessarily need improvement, as it has already been rated green in the status quo, provided that either no intensified export strategy is to be pursued or no adjustments to consumer habits occur.

In summary, the evaluation of the development pathways Farming and Agriculture shows in which areas the pathways show sustainability deficits and in which areas the effects on sustainability can either be assessed positively or developments towards an improvement of the sustainability situation are taking place. Due to the often negative sustainability assessment of the development pathway of Farming, the current version cannot be described as a sustainable development pathway of German agriculture. A further development of this pathway therefore seems urgently necessary. With regard to the development pathway of Agriculture, it should be noted that this does not appear realistically feasible without consideration of the food sector. Thus, in addition to the appropriate design of the framework conditions for the agricultural sector, an appropriate design of food policy is also necessary.

The assessment also shows that there are conflicts of interest between the production function of agriculture in the form of high yields of good quality and objectives in the area of sustainability. At present, these conflicts are usually decided in favor of high productivity and production. The reasons for the conflicting objectives include the lack of internalization of external costs and a lack of or insufficiently enforced framework conditions (regulatory law). However, uncertainties regarding the mission statement (see below) also lead to these developments.

The considerations also show that existing models, e.g. of the BMEL, are not sufficiently substantiated to determine which type of agriculture is desired and which is not. A concretization of the mission statement seems necessary in order to clarify which development pathways should be followed from society's point of view, also for policymaking and agricultural enterprises. The mission statement should define a development space, i.e. a restriction to a single development pathway does not make sense. Some of the guidelines for such a development area have already been defined today, e.g. in the form of regulatory law, EU directives (e.g. Nitrates Directive, NERC Directive) and other international obligations such as the Biodiversity Convention. However, there is still a regulatory and enforcement deficit to implement and meet existing commitments. It will also be necessary to define further limits to the development area, which will then also be reflected in the design of political instruments, such as regulatory law.

It also seems necessary to be able to fall back on a coordinated set of indicators which is scientifically and politically accepted in order to be able to assess corresponding developments in agriculture. Within the scope of the present project, a proposal was made for this, which can develop further over time on the basis of the questions and the available database.

In summary, the results show that the effects of agriculture on aspects of sustainability are often assessed negatively in the status quo and that the development pathway of Farming leads to a further deterioration in many areas. If the development pathway of Farming is to become a cornerstone of a desired development space, it must be further developed accordingly. There are also opportunities for development with regard to the pathway of Agriculture, which should be used. In order to further develop this pathway, revised framework conditions are needed, e.g. optimized political instruments. Regulatory law and its implementation need to be tightened up, but advisory and educational measures are also necessary to enable farmers to change and further develop the management of the farm in line with sustainability objectives. Increased development of measures under the current second pillar of the CAP, such as AUKM, is also necessary to provide incentives for farmers to develop their farms along the "desired pathway". However, it is not only economic incentive mechanisms that need to be formulated, but also other incentives that strengthen the corresponding motivation of farmers, as well as measures that influence consumption and thus demand.

1 Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Landwirtschaft quo vadis“ vor. Das Vorhaben wurde in enger Abstimmung mit einer wissenschaftlichen Begleitgruppe, bestehend aus Prof. Dr. Alois Heißenhuber, ehemaliger Ordinarius am Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus an der Technischen Universität München sowie Vorsitzender der KLU, Prof. Dr. Hubert Wiggering, Professor für Geoökologie an der Universität Potsdam und stellvertretender Vorsitzender der KLU, sowie Dr. Matthias Stolze, Leiter des Departments für Sozioökonomie am Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL in Frick, Schweiz, und der Kommission Landwirtschaft am Umweltbundesamt (KLU) bearbeitet. Die Ergebnisse des Vorhabens stellen die Sicht der Forschungsnehmer dar und entsprechen nicht notwendigerweise der Sicht der KLU und ihrer Mitglieder. Der Bericht wird unter Umständen jedoch von der KLU als Grundlage herangezogen, ihre Thesen hinsichtlich einer zukünftigen Gestaltung der Landwirtschaft zu formulieren.

2 Einleitung

2.1 Problemstellung

An die Landwirtschaft wird eine Reihe von Anforderungen herangetragen. Dazu gehören die Bereitstellung vielfältiger Rohstoffe zu guter Qualität und günstigen Preisen, aber auch die Erbringung von Gemeinwohlleistungen und die Vermeidung negativer Effekte auf die Umweltressourcen. Dabei ist der Zustand der Umweltressourcen derzeit häufig nicht als zufriedenstellend zu bewerten und hat sich in der Vergangenheit teils weiter verschlechtert (Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2017, Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2017, Feindt et al. 2017, Heißenhuber et al. 2015). Auch vonseiten der Gesellschaft werden die Wirkungen der Landwirtschaft auf die Umweltressourcen, aber auch auf das Tierwohl und das menschliche Wohlbefinden, vielfach negativ beurteilt (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2015, Zander et al. 2013). Des Weiteren fehlt vielen landwirtschaftlichen Betrieben die ökonomische Tragfähigkeit. Insbesondere während der Milchkrise in den Jahren 2015/2016 mussten viele Milchvieh-Betriebe aufgeben (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017c). Die freiwerdenden Flächen und Produktionskapazitäten wurden von wachsenden Betrieben übernommen. Doch auch der beständig fortschreitende Strukturwandel, der zu immer größeren Betrieben führt, wird vielfach von der Gesellschaft als nicht erwünscht angesehen (Zander et al. 2013). Hinsichtlich der Rohstoffproduktion in guter Qualität, z. B. in Bezug auf die Qualität der Inhaltsstoffe und Rückstandsfreiheit, und zu günstigen Preisen ist die Landwirtschaft jedoch sehr erfolgreich.

Es stellt sich somit die Frage, wie die landwirtschaftliche Produktion sich zukünftig ausrichten soll. Viele Betriebsleiter suchen nach betrieblichen Ausrichtungen und Konzepten, durch die ihr Betrieb weiter bestehen kann. Aber auch die Gesellschaft und die Politik suchen nach Ansätzen, um insbesondere die Gemeinwohlleistungen der Landwirtschaft zu fördern. Der individuelle landwirtschaftliche Betrieb sieht sich dabei immer wieder im Spannungsfeld zwischen gesellschaftlichen Anforderungen und betriebswirtschaftlich notwendig oder sinnvoll erscheinenden Entscheidungen. Welche möglichen Entwicklungspfade bestehen also für die deutsche Landwirtschaft und welche Auswirkungen haben sie auf Aspekte der Nachhaltigkeit? Die Klärung dieser Frage kann helfen, aus einem größeren Spektrum von (theoretisch) möglichen Entwicklungspfaden die erwünschten Entwicklungspfade abzuleiten und zu diskutieren, welche Rahmenbedingungen es bräuchte, um diese gewünschten Entwicklungen zu ermöglichen. Gleichzeitig wird auf diese Weise definiert, welche Entwicklungen der Landwirtschaft nicht erwünscht sind.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die Landwirtschaft derzeit großen Herausforderungen gegenüber sieht. Auf der einen Seite steht eine Gesellschaft, die sich zunehmend kritisch mit dem Ernährungssystem und der landwirtschaftlichen Produktion auseinandersetzt und entsprechende Anforderungen formuliert, auf der anderen Seite bestehen ökonomische Zwänge, auf

die die einzelnen Betriebe reagieren müssen. Gleichzeitig fehlt ein konsistentes Leitbild, das beschreibt, wie die landwirtschaftliche Produktion gestaltet werden kann, um einerseits den Anforderungen der Gesellschaft gerecht zu werden und andererseits ökonomisch tragfähige Betriebe zu erhalten. Dies gilt sowohl für die europäische als auch für die deutsche Ebene. Zwar existiert für die europäische Landwirtschaft das Wunschbild einer multifunktionalen Landwirtschaft, die neben der Produktionsfunktion auch noch ökologische Funktionen, Standort²- und Erholungsfunktionen erbringt (Heißenhuber und Lippert 2000), jedoch lässt sich feststellen, dass diese Funktionen zunehmend räumlich separiert voneinander erbracht werden (Wiskerke 2009).

2.2 Zielsetzung des Projektes

Das vorliegende Projekt befasst sich daher damit, Entwicklungspfade der deutschen Landwirtschaft zu bewerten. Dabei wird auf zwei von Franz Fischler in die Diskussion eingebrachte Entwicklungspfade zurückgegriffen. Die Auswahl der Entwicklungspfade erfolgte somit nicht unter dem Gesichtspunkt der erwünschten Entwicklungspfade, sondern auf Basis zunächst theoretisch formulierter, aus der Analyse der Ist-Situation abgeleiteter, möglicher Entwicklungspfade des landwirtschaftlichen Sektors. Es werden zwei Entwicklungspfade, Farming und Agriculture, der deutschen Landwirtschaft dargestellt, die als Eckpunkte des möglichen „Entwicklungsraums“ angesehen werden können. In diesem „Entwicklungsraum“ sind weitere Pfade denkbar, die sowohl Pfade für die Landwirtschaft insgesamt als auch für Teilbereiche (z. B. ökologischen Landbau) beschreiben können. Weitere Entwicklungspfade können bei einer entsprechenden Anpassung der in diesem Projekt entwickelten Methodik zukünftig ebenfalls beschrieben und diskutiert werden.

Auswahl der Entwicklungspfade

Für das vorliegende Projekt wurden zwei von Franz Fischler in die Diskussion eingebrachte Entwicklungspfade der Landwirtschaft ausgewählt. Dabei handelt es sich um mögliche Entwicklungspfade. Eine Aussage, ob es sich unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit auch um erwünschte Entwicklungspfade handelt, kann erst nach der Durchführung der Nachhaltigkeitsbewertung gegeben werden. Die Auswahl der Entwicklungspfade berücksichtigt das Kriterium der Erwünschtheit nicht.

Die Eckpunkte des Entwicklungsraums werden hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeitswirkungen bewertet. Dabei wird als Zielsetzung von einer nachhaltigen Landwirtschaft ausgegangen, die alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie und Soziales) berücksichtigt. Allerdings liegt der Schwerpunkt der Betrachtungen im vorliegenden Bericht auf den Umweltwirkungen, so wie es vom Auftraggeber gefordert war. Die Bewertungsergebnisse geben Hinweise darauf, in welchen Bereichen die formulierten Entwicklungspfade den Anforderungen nachhaltiger Landwirtschaftssysteme bisher nicht entsprechen.

Es wird somit aufgezeigt, in welchen Bereichen Nachbesserungen notwendig sind, um Entwicklungspfade zu entwickeln, die als nachhaltig bewertet werden können. Die konkrete Formulierung von Nachbesserungsansätzen, z. B. in Form geeigneter Politikinstrumente, ist dabei nicht mehr Bestandteil des vorliegenden Berichtes, sondern wird in weiteren Forschungsschritten zu bearbeiten sein.

3 Methodische Vorgehensweise

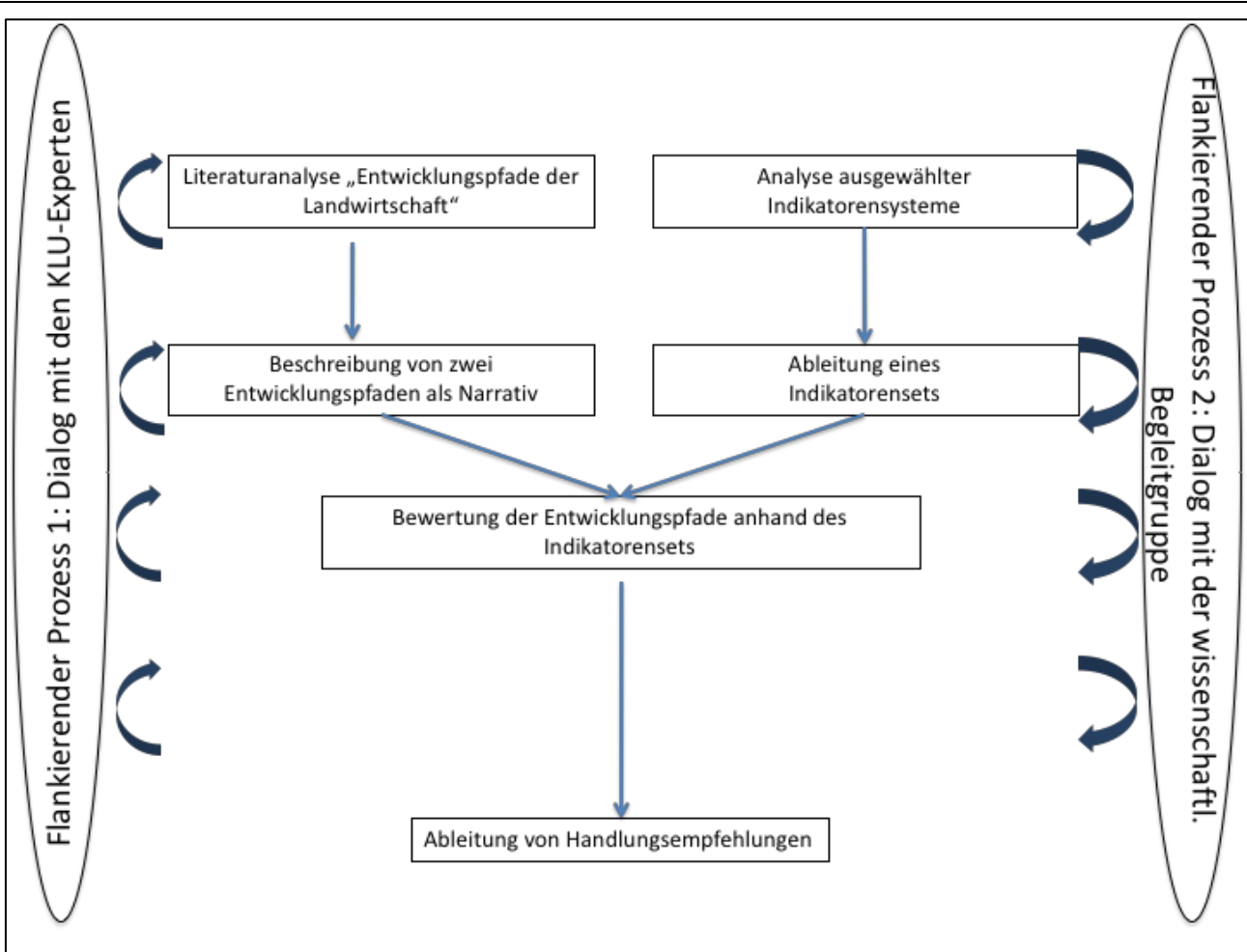
Zur Bearbeitung der genannten Fragestellung wurden folgende Module umgesetzt:

² Ländlicher Raum als Infrastrukturstandort, als Raumreserve und zur Ausfüllung von Ver- und Entsorgungsfunktionen (Heißenhuber, A. und C. Lippert 2000)

- a) Sichtung relevanter Literatur bezüglich der Formulierung von Entwicklungspfaden für die Landwirtschaft
- b) Beschreibung von zwei Entwicklungspfaden als Narrativ
- c) Zusammenstellung eines Indikatorensets
- d) Bewertung der beiden ausgewählten Entwicklungspfade anhand des Indikatorensets

Die Module wurden durch den Dialog mit den Mitgliedern der Kommission Landwirtschaft am Umweltbundesamt (KLU) sowie mit einer wissenschaftlichen Begleitgruppe flankiert und durch Rückkopplungsschleifen fortwährend justiert. Mitglieder der wissenschaftlichen Begleitgruppe waren Prof. Dr. Alois Heißenhuber, ehemaliger Ordinarius am Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus an der Technischen Universität München sowie Vorsitzender der KLU, Prof. Dr. Hubert Wiggering, Professor für Geoökologie an der Universität Potsdam und stellvertretender Vorsitzender der KLU, sowie Dr. Matthias Stolze, Leiter des Departments für Sozioökonomie am Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL in Frick, Schweiz.

Abbildung 1: Projektaufbau



3.1 Sichtung relevanter Literatur bezüglich der Formulierung von Entwicklungspfaden für die Landwirtschaft

Relevante Literatur bezüglich der Formulierung von Entwicklungspfaden für die Landwirtschaft wurde auf drei Arten ermittelt. Eine Liste zu berücksichtigender Literatur war bereits in der Ausschreibung enthalten. Zum anderen wurden Hinweise auf relevante Veröffentlichungen, die sich aus aktuellen Branchennachrichten ergaben, verfolgt (z. B. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft

(DLG) 2017a; Verbändeplattform 2017). Des Weiteren wurde eine komprimierte Literaturrecherche in der Datenbank „Web of Science“ sowie in Datenbanken der folgenden relevanten Institutionen durchgeführt:

- ▶ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
- ▶ Umweltbundesamt (BMU)
- ▶ Bundesamt für Naturschutz (BfN)
- ▶ Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)
- ▶ Thünen-Institut
- ▶ Europäische Union (EU Bookshop)
- ▶ World Trade Organisation (WTO)
- ▶ Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)
- ▶ Food and Agriculture Organisation (FAO)
- ▶ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Je nach Datenbank wurden Suchbegriffe wie „Szenario“, „Option“, „Entwicklung“, „Zukunft“, „Projektion“ und „Foresight“ in Verbindung mit „Landwirtschaft“ auf Deutsch und ggf. auf Englisch eingegeben. Einbezogen wurden Suchergebnisse, deren Veröffentlichungsdatum nicht älter als 2010 war. Auf diese Weise wurden Reports und Studien ermittelt, die Szenarien und Projektionen entwickeln oder Politikansätze und zukünftige Herausforderungen beschreiben. Die Reports und Studien beziehen sich dabei auf die Landwirtschaft insgesamt oder auf Einzelaspekte mit Bezug zur Landwirtschaft (z. B. Ernährungssicherung, Klimawandel, Treibhausgasemissionen). Der Betrachtungszeitraum unterscheidet sich je nach Quelle (2020, 2025, 2030, 2035, 2050, 2060, ohne Zeitangabe). In einem weiteren Schritt wurden die KLU-Mitglieder um Hinweise auf weitere relevante Literaturquellen gebeten, sodass eine erweiterte Literaturliste entstand. Die abschließende Liste umfasste 66 Quellen. Diese wurde reduziert auf diejenigen Quellen, die Formulierungen bzgl. Entwicklungspfade der Landwirtschaft enthielten. Dies traf auf 31 Literaturstellen zu.

Im Anschluss an die Literaturrecherche wurde die gefundene Literatur hinsichtlich der Formulierung von Entwicklungspfaden für die Landwirtschaft analysiert. Dazu wurden die Textstellen mit den vorab bestimmten Kategorien (deduktiv) verbunden (Kuckartz 2012). Die entsprechenden Textstellen wurden unter der Kategorie „Landwirtschaftsentwicklung“ erfasst, wobei jeweils der methodische Ansatz der Untersuchung sowie die formulierten Rahmenbedingungen bzw. (die gesellschaftlichen, ökonomischen oder politischen) Treiber ebenfalls notiert wurden. Die Ergebnisse dieser Literaturlauswertung sind in einer Tabelle (siehe Anhang 8.2) zusammengestellt.

3.2 Beschreibung von zwei Entwicklungspfaden als Narrativ

Auf Basis der Literaturlauswertung wurden in enger Rückkopplung mit der wissenschaftlichen Begleitgruppe zwei Entwicklungspfade für die Landwirtschaft formuliert. Dabei wird unter einem Entwicklungspfad ein Narrativ verstanden, welches eine Vision bzw. ein Bild des landwirtschaftlichen Sektors in 2030 darstellt, während der zu beschreitende Weg, um die Vision bzw. das Bild zu erreichen noch zu entwickeln ist (O'Neill et al. 2017, Vergragt und Quist 2011). Ähnliche Ansätze wurden u. a. von O'Neill et al. (2017) für den Bereich Klimawandel, von Popp et al. (2017) für unterschiedliche Landnutzungsszenarien und von Antle et al. (2017) ebenfalls für den landwirtschaftlichen Sektor vorgenommen.

Im Vergleich mit Szenarienstudien, die meist von den Triebkräften ausgehen und Entwicklungen z. B. der Landwirtschaft modellieren, gehen die Narrative dieses Projektes von unterschiedlichen Zuständen des landwirtschaftlichen Sektors aus, die wiederum Wirkungen auf die Umweltressourcen und das Tierwohl haben. Das vorliegende Projekt beschränkt sich auf zwei Narrative, die als gegensätzliche Endpunkte des möglichen Feldes an Narrativen zur zukünftigen Landwirtschaft angesehen werden können. Diese beiden Eckpunkte stecken also die Grenzen ab, innerhalb derer sich

der landwirtschaftliche Sektor entwickeln könnte. Innerhalb dieser Grenzen sind verschiedene Ausprägungen der Primärproduktion möglich. Welche davon wünschenswert und wahrscheinlich sind, kann vor der im Folgenden durchgeführten Bewertung anhand von Nachhaltigkeitsindikatoren und im Rahmen dieser Untersuchung nicht abschließend behandelt werden, sondern wäre das Ergebnis eines politischen Diskussionsprozesses. Die hier vorliegende eingehende Analyse der Eckpunkte des Entwicklungs- (oder Optionen)raums bietet die Grundlage für einen solchen politischen Aushandlungsprozess. Als Systemgrenze wurde die landwirtschaftliche Primärproduktion definiert.

Die beiden Entwicklungspfade als Eckpunkte wurden anhand eines Variablensets beschrieben und voneinander abgegrenzt. Zwischen diesen Eckpunkten sind weitere Narrative mit unterschiedlichen Kombinationen der Ausprägungen der beschreibenden Variablen möglich. Das Set enthält Variablen zu den Bereichen Einsatz externer Inputfaktoren, Tierhaltung, Bodennutzung, betriebliche Strukturen, ökonomische Kennzahlen und weitere Kriterien. Die Ausprägung der Variablen bzgl. der beiden Entwicklungspfade wurde in Rückkopplung mit der wissenschaftlichen Begleitgruppe und den Mitgliedern der KLU festgelegt. Dieses Vorgehen entspricht ebenfalls dem von O'Neill et al. (2017) gewählten iterativen Prozess. „Lists of potential narrative elements considered to be important determinants of challenges (to mitigation or adaption) were generated through expert discussions (...), as well as through formal and informal expert elicitation“ (O'Neill et al. 2017, S. 172).

3.3 Zusammenstellung eines Indikatorensets

Um die beiden Entwicklungspfade hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die Nachhaltigkeit bewerten zu können, wurde ein Indikatorenset zusammengestellt. Dieses basiert auf dem Indikatorenset Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA) der FAO sowie auf der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie, dem DLG Nachhaltigkeitsbericht, dem DLG Zertifizierungssystem „Nachhaltige Landwirtschaft“ und dem Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft (KSNL), entwickelt an der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL). Ausgehend von dem SAFA-Indikatorenset wurden die anderen Indikatorenssysteme zugeordnet, sodass ein Überblick entstand, welche Indikatoren und Themenbereiche von den betrachteten Indikatorenssystemen adressiert werden (siehe Anhang 8.3). In einem weiteren Schritt wurden diejenigen Indikatoren eliminiert, die bezüglich des Sektors Landwirtschaft nicht anwendbar waren, da sie z. B. auf den landwirtschaftlichen Betrieb als Referenzsystem abzielen. Des Weiteren wurden Indikatoren eliminiert, deren Ausprägung im Status quo nicht mit vorhandenen Daten beschrieben werden konnte. Im Ergebnis wird in dieser Studie ein Set mit 29 Indikatoren zu allen Bereichen der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie und Soziales) herangezogen, wobei der Schwerpunkt auf der ökologischen Nachhaltigkeit liegt, so wie es vom Auftraggeber gefordert war.

3.4 Bewertung der ausgewählten Entwicklungspfade anhand des Indikatorensets

Die Entwicklungspfade wurden in einem weiteren Schritt mithilfe des Indikatorensets hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeitswirkungen bewertet. Das Ergebnis der Bewertung ist in Tabelle 1 dargestellt. Dafür wurden anhand einer Literaturanalyse diejenigen landwirtschaftlichen Faktoren abgeleitet, die die Ausprägung der jeweiligen Indikatoren (Spalte 2) und deren Ausprägung für den Status quo (Spalte 3) beschrieben. Anschließend wurde eine Bewertung des Status quo mithilfe von Ampelfarben vorgenommen (Spalte 4). Die Ausprägung der beeinflussenden Faktoren wurde ebenfalls für die beiden ausgewählten Entwicklungspfade dargestellt (Spalte 6 und 8) und daraus wurde die Bewertung abgeleitet (Spalte 7 und 9). Dabei erfolgte die Bewertung als Vergleich zum Status quo: Verschlechterung, Verbesserung, keine Veränderung im Vergleich zum Status quo. Für die vorliegende Arbeit wurde eine qualitative Bewertung vorgenommen, eine quantitative Bewertung war im Rahmen des Projektes nicht vorgesehen.

Tabelle 1: Beispielhaftes Bewertungsschema

		Status quo		Farming		Agriculture	
Indikator	Beeinflussende Faktoren	Ausprägung beeinflussender Faktoren	Bewertung	Ausprägung beeinflussender Faktoren	Bewertung	Ausprägung beeinflussender Faktoren	Bewertung

4 Formulierung von Entwicklungspfaden für die Landwirtschaft

4.1 Sichtung relevanter Literatur zur Formulierung von Entwicklungspfaden für die Landwirtschaft

In die Literaturrecherche für die Formulierung von Entwicklungspfaden für die deutsche Landwirtschaft wurden 31 Quellen einbezogen. Die anderen Literaturquellen wurden bei einer ersten Sichtung als nicht relevant für die Suche nach Entwicklungspfaden eingestuft, enthalten jedoch Informationen, die teilweise an anderer Stelle in das Projekt Eingang fanden. Die Literaturanalyse zeigt, dass es sich bei der betrachteten Literatur in erster Linie um Szenarienanalysen handelt (quantitativ und qualitativ) (siehe Anhang 8.2). Diese gehen von der Entwicklung von Triebkräften aus, die dann wiederum Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion haben. Als wesentliche Triebkräfte werden die demografische und ökonomische Entwicklung, die Urbanisierung, die globale Nachfrage nach Lebensmitteln und die Veränderung von Konsumgewohnheiten, der Druck auf Umweltressourcen, wie z. B. Boden und Wasser, der Klimawandel, die Entwicklung der Agrarpreise, die Machtverteilung und die technologische Entwicklung sowie der Zugang zu dieser Technologie angesehen (siehe z. B. Maggio et al. 2015, Mora et al. 2016, Öborn et al. 2011). Die beschriebenen Wirkungen auf den landwirtschaftlichen Sektor beziehen sich auf den Umfang der bewirtschafteten Fläche, den Zugang zu landwirtschaftlichen Input-Faktoren, Wasser und Land, den Konsum tierischer Lebensmittel und die Intensität der Produktion. Dabei beziehen sich die Veröffentlichungen i. d. R. auf die globale Ebene. Im Ergebnis lässt sich feststellen, dass die betrachtete Literatur keine Formulierungen von Entwicklungspfaden, d. h. von Visionen oder Bildern der Landwirtschaft, enthielt, die ausreichend konkretisiert als Narrative für die vorliegende Untersuchung dienen konnten. Die in der Literatur beschriebenen Triebkräfte werden jedoch für die zukünftige Ausprägung der Landwirtschaft eine herausragende Bedeutung haben und sind ggf. durch politische und marktwirtschaftliche Instrumente zu adressieren, bzw. ist die Richtung ihres Einflusses auf die Ausprägung der Landwirtschaft entsprechend zu steuern.

4.2 Beschreibung von zwei Entwicklungspfaden als Narrativ

Während die Literaturanalyse die Formulierung von Entwicklungspfaden als Narrativ für die Landwirtschaft nicht zuließ, hat der ehemalige EU-Kommissar Franz Fischler ein Begriffspaar geprägt, das zwei Extrementwicklungen von Landwirtschaft sehr gut auf den Punkt bringt. Auf Vorschlag der wissenschaftlichen Begleitgruppe wurde auf diese zwei Begriffe zurückgegriffen: Agriculture und Farming. Diese beiden Systeme wurden von Fischler folgendermaßen abgegrenzt (siehe Tabelle 2):

Tabelle 2: Abgrenzung der Begriffe Agriculture und Farming

Farming	Agriculture
<ul style="list-style-type: none"> • Landwirtschaft ist ein Wirtschaftssektor wie jeder andere • Wirtschaftsauftrag • Rohstoffproduzent • Wettbewerbsstärke • Global Player 	<ul style="list-style-type: none"> • Landwirtschaft ist anders • Wirtschafts- und Kulturauftrag • Öffentliche Dienstleistungen • Nachhaltigkeit • Teil der europäischen Identität

Quelle: Fischler 2006

Das System Agriculture folgt dabei den Leitgedanken der Umwelt- und Qualitätsführerschaft, der Erbringung von Gemeinwohlleistungen im ökologischen, sozialen und kulturellen Bereich und der Sicherung der Umweltressourcen, wohingegen das System Farming den Leitgedanken der Kostenführerschaft, der Rohstoffproduktion für den EU Binnenmarkt und des Weltmarktes verfolgt. Weitere Entwicklungspfade, wie z. B. 100 % ökologischer Landbau und Agroforstwirtschaft, wurden im Projekt nicht als eigenständige Pfade betrachtet, da deren Ausprägung – ausgehend von einem anderen Wirtschaftssystem – sowohl in Richtung von Agriculture als auch von Farming gehen kann. Entwicklungspfade, wie solidarische Landwirtschaft, urbane Landwirtschaft und bodenunabhängige Landwirtschaft, wurden ebenfalls nicht in die Betrachtung integriert, da eine Festlegung auf die Ausprägung der im Projektverlauf definierten beschreibenden und abgrenzenden Variablen in den meisten Fällen nicht möglich erschien.

Da beide Systeme für die Durchführung der Nachhaltigkeitsbewertung im Rahmen des vorliegenden Projektes noch nicht ausreichend konkretisiert waren, erfolgte eine tiefergehende Beschreibung der Entwicklungspfade in einem weiteren Arbeitsschritt. Dabei wurden die beiden Systeme Agriculture und Farming anhand eines Variablensets definiert. Um zu vermeiden, dass durch die Beschreibung der Entwicklungspfade schon eine Bewertung vorweggenommen wurde, wurde von den Projektbearbeiterinnen und -bearbeiter ein Set an Variablen zur Beschreibung der Entwicklungspfade erarbeitet sowie ein erster Vorschlag für die Ausprägung dieser Variablen. Das Variablenset und die entsprechenden Ausprägungen wurden an die wissenschaftliche Begleitgruppe weitergeleitet. Die wissenschaftliche Begleitgruppe diskutierte den Vorschlag eingehend und formulierte das abschließende Variablenset inklusive der jeweiligen Ausprägungen für die beiden Entwicklungspfade. Auf Basis dieses Diskussionsergebnisses der wissenschaftlichen Begleitgruppe nahmen die Projektbearbeiterinnen und -bearbeiter die weitere Bewertung anhand der Indikatoren vor.

Die Ausprägung der Variablen in Abhängigkeit von den jeweiligen Systemen ist in Tabelle 3 dargestellt. Die Ausprägung der Variablen ist dabei als Vergleich zum Status quo zu sehen: „höher“ bedeutet höher als in der heutigen Situation, „geringer“ bedeutet geringer als in der heutigen Situation und „keine Veränderung“ bedeutet, dass bzgl. der heutigen Situation keine Veränderungen erwartet werden. Der in diesem Projekt betrachtete Status quo stellt die aktuelle Situation der Landwirtschaft im Durchschnitt aller Produktionssysteme dar. Eine Differenzierung anhand der Produktionssysteme, der Betriebstypen oder der Regionen fand nicht statt.

Es zeigt sich, dass der Entwicklungspfad Farming ein weiteres betriebliches Wachstum und weitere betriebliche Spezialisierungen bedeuten würde. Die Produktion würde weiterhin intensiv erfolgen, wobei technische Lösungen zur Minderung negativer Umweltwirkungen genutzt würden, welche vorwiegend den sich heute abzeichnenden technischen Methoden entsprechen würden. Weitergehende Entwicklungen, wie sie z. B. im Rahmen von Digitalisierungsstrategien diskutiert werden, sind in diesem Pfad bisher noch nicht berücksichtigt. Betrachtet man die landwirtschaftlichen Entwicklungen der Vergangenheit im Durchschnitt, so ist der Entwicklungspfad Farming auch als Fortführung dieser Entwicklungen in die Zukunft anzusehen.

Der Entwicklungspfad Agriculture zeichnet sich durch einen verminderten Strukturwandel und damit durch Betriebe mit geringerer Betriebsgröße als im Entwicklungspfad Farming aus. Diversifizierungsstrategien der betrieblichen Einkommensstruktur spielen häufiger eine Rolle. Im Vergleich zu heute kommt es zu einer Dekonzentration der Tierhaltung in einigen Bereichen. Eine weitere Intensivierung der Produktion findet nicht statt. Ebenso wie im Entwicklungspfad Farming kommt es zum Einsatz neuerer technischer Entwicklungen, die unter dem Pfad Agriculture insbesondere für die Vermeidung negativer Umweltwirkungen eingesetzt werden. Auch hier werden nur die sich schon abzeichnenden technischen Entwicklungen berücksichtigt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die beschreibenden Variablen und deren Ausprägung bzgl. der beiden betrachteten Entwicklungspfade Agriculture und Farming im Vergleich zum Status

quo des gesamten Sektors Landwirtschaft. Die Tabelle „zeichnet“ dabei lediglich ein „Bild“ der beiden Entwicklungspfade. Es wurden in erster Linie diejenigen Variablen in die Beschreibung einbezogen, die relevant sind, um Aussagen über die im Weiteren betrachteten Nachhaltigkeitsindikatoren zu machen. Eine Bewertung hinsichtlich der Nachhaltigkeit der Entwicklungspfade kann an dieser Stelle jedoch noch nicht abgeleitet werden. Diese erfolgt im Weiteren in Bezug auf die Betrachtung der ausgewählten Indikatoren.

Tabelle 3: Beschreibende Variablen und deren Ausprägung bzgl. der Systeme Agriculture und Farming im Vergleich zum Status quo des Gesamtsektors

	Farming	Agriculture
Einsatz externer Inputfaktoren		
Maschinen/Technik	neueste, bedarfsgerechte Technik mit der Zielsetzung der Effizienzsteigerung im Einsatz, hoher Grad der Technisierung, emissionsarme Lager- und Ausbringtechnik wenn adäquater Einsatz überbetrieblicher Maschineneinsatz	neueste, bedarfsgerechte Technik mit der Zielsetzung der Ressourcenschonung (Umwelteffekte minimieren und Tierschutz maximieren) im Einsatz, Grad der Technisierung entspricht den Nebenbedingungen eines erhöhten Ressourcenschutzes, emissionsarme Lager- und Ausbringtechnik, wenn adäquater Einsatz Maschinengröße entspricht den Erfordernissen des erhöhten Ressourcenschutzes, überbetrieblicher Maschineneinsatz
mineralische Düngemittel	keine Veränderung	geringer
Pflanzenschutzmittel	keine Veränderung	geringer
Energieverbrauch	höher	keine Veränderung
Futtermittelzukauf	höher	geringer
Tierhaltung		
Anzahl der Tiere	wachsende Tierbestände (Schweine, Geflügel)	sinkende Tierbestände (Schweine, Geflügel)
Anzahl Rinder	Abnahme der Rinderanzahl durch Leistungssteigerung	Abnahme der Rinderanzahl durch grundfutterbasierte Fütterung
regionale Verteilung der Tiere	Konzentration der Viehhaltung in wenigen Regionen (wie heute)	keine regionale Konzentration der Viehhaltung, aber Haltung von Rauhfutterfressern in grünlandbetonten Regionen

	Farming	Agriculture
Stallsysteme	Zunahme geschlossener Ställe (Schweine, Geflügel) seltener Auslauf gesetzlich vorgeschriebenes Platzangebot häufiger Abluftsysteme notwendig seltener Einstreu, (Spaltenböden, Flachböden) ==> hält den gesetzlichen Mindeststandard ein	häufiger tiergerechte Offenstallsysteme häufiger Auslauf größeres Platzangebot weniger Abluftsysteme notwendig häufiger Einstreu, Teil-Einstreu ==> geht häufiger über gesetzlichen Mindeststandard hinaus
Art der Wirtschaftsdünger	Gülle	häufiger Festmist
Tierleistung und -ernährung	Leistungsniveau: höher Lebensleistung: niedriger Fütterung: Substitution von graslandbasiertem Futter durch Futter mit hoher Nährstoffkonzentration (Kraftfutter, Mais, Fütterung für ein hohes Leistungsniveau); höherer Futterzukauf	Leistungsniveau: keine Veränderung Lebensleistung: höher Fütterung: Nutzung von auf dem Betrieb standortgerecht angebautem Futter inkl. grünlandbasiertem Futter; geringerer Futterzukauf.
Einsatz von Tierarzneimitteln	Reduzierung des Einsatzes von Arzneimitteln (z. B. Antibiotika), aber weiterhin intensive Nutzung von Arzneimitteln und medikamentösen Therapien zur Ermöglichung von hohen Leistungen sowie geringere managementbasierte Vermeidung von Krankheiten	geringerer Einsatz von Arzneimitteln (z. B. Antibiotika) sowie verstärkte managementbasierte Vermeidung von Krankheiten
Anzahl der Tiere/AK (Betreuungsverhältnis)	höher (aber Ersatz durch Technik teilweise möglich)	geringer
Verlustrate	keine Veränderung	keine Veränderung
nicht-kurative Eingriffe (z. B. Kupieren von Schwänzen)	höher	geringer
Zahl der Weidegänge	geringer	höher
Bodennutzung		
Grünland	häufiger weiterer Umbruch von Grünland (wo gesetzlich möglich)	seltener weiterer Umbruch von Grünland, Anlage von Grünland auf entsprechenden Standorten
organische Böden/Moorstandorte	häufiger Nutzung organischer Böden	organische Böden werden häufiger aus der Nutzung genommen bzw. wiedervernässt genutzt (Paludikulturen)
Schlaggrößen	tendenziell größer	tendenziell kleiner
Fruchtfolgen	enger	weiter

	Farming	Agriculture
Entwicklung traditioneller, extensiver Nutzungsformen (z. B. Streuobstbestände)	häufiger Aufgabe	häufiger Erhalt
Landschaftsstrukturelemente	häufiger Beseitigung in intensiv genutzten Regionen	häufiger Erhalt oder gezielte Anlage
Einarbeitung organischer Dünger	zeitnah	zeitnah
Bodenbearbeitung	wendende und konservierende Bodenbearbeitung	wendende und konservierende Bodenbearbeitung
Bodenentwässerung	häufiger Entwässerung, wo notwendig	häufiger keine weitere Entwässerung
Schnitthäufigkeit Grünland	höher	keine Veränderung
Schnittzeitpunkt Grünland	früher	keine Veränderung
Vielfalt von Sorten und Arten	eher nein (eher Spezialisierung)	eher ja (Diversifizierung)
Haltung und Anbau vom Aussterben bedrohter Rassen und Kulturen	eher nein	eher ja
Anteil Leguminosen in der Fruchtfolge	geringer	keine Veränderung (Anbau, wenn standortbedingt möglich)
Betriebliche Strukturen		
Strukturwandel	fortgesetzt	gebremst
Anzahl von Landwirten	geringer	höher
landwirtschaftliche Einkommensquellen	häufiger Spezialisierung, wenige Einkommensquellen	häufiger Diversifizierung, viele Einkommensquellen
landwirtschaftsnahe Einkommensstandbeine (Direktvermarktung, Urlaub auf dem Bauernhof,...)	eher nein (eher Spezialisierung)	eher ja (Diversifizierung)
Einkommensstabilität	geringer, da aufgrund der Spezialisierung eher abhängig von den Entwicklungen auf einzelnen Märkten	höher, da aufgrund der Diversifizierung weniger abhängig von den Entwicklungen auf einzelnen Märkten
Ökonomische Kennzahlen		
Erträge/ha	höher	keine Veränderung aufgrund züchterisch-technischen Fortschritts
Erträge/Input (Stickstoff, AK, Energie,...)	keine Veränderung	keine Veränderung
Produktionsmenge pflanzlicher Lebensmittel	höher (Standardprodukt)	keine Veränderung (Premiumprodukt)
Produktionsmenge tierischer Lebensmittel	höher (Standardprodukt, mit hohem Importanteil an Futtermitteln)	keine Veränderung (Premiumprodukt)

	Farming	Agriculture
Menge erzeugter Lebensmittel – Selbstversorgungsgrade	höher (auf Basis von Importfuttermitteln, Netto-Selbstversorgungsgrade: mittel)	keine Veränderung
Exportmenge	höher (auf Basis von externen Inputfaktoren)	geringer
Lebensmittelkonversionseffizienz ³	geringer	höher
AK/ha, AK/erzeugter Einheit, ...	geringer	keine Veränderung
Kapitalintensität: jahresdurchschnittliches Bruttoanlagevermögen (ohne Boden) je Erwerbstätigen	höher	keine Veränderung
Abhängigkeit von Weltmarktpreisen	höher	geringer
Abhängigkeit von Futtermittelimporten	höher	geringer
Weitere Faktoren		
Pflanzenschutzmittelrückstände in Lebensmitteln	keine Veränderung	geringer
Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von GMO	höher, da hoher Import von Futtermitteln	geringer, da geringer Import von Futtermitteln
Arzneimittelrückstände	keine Veränderung	geringer
Vorkommen von Mykotoxinen	geringer	keine Veränderung
Einhaltung des Ordnungsrechtes	ja	ja

Quelle: Eigene Darstellung

Festzuhalten ist dabei, dass die beiden Systeme sich nur unter bestimmten Rahmenbedingungen entwickeln würden. Auch wäre die Aufrechterhaltung dieser Rahmenbedingungen notwendig, damit z. B. das System Agriculture seine Multifunktionalität beibehält. Neben den gesetzlichen Rahmenbedingungen beeinflussen auch andere Entwicklungen die beiden Systeme. Dies trifft beispielsweise auf die Änderung von Konsumgewohnheiten in Richtung einer vegetarischen oder veganen Ernährung zu, die zu sinkenden Tierbeständen führen würde, wenn nicht gleichzeitig der Export tierischer Produkte ausgedehnt würde. Auch die Produktion von Fleisch im Labor hätte ähnliche Auswirkungen. Die vertikale Landwirtschaft wiederum könnte zu einer Freisetzung von Flächen führen, die für andere Zwecke als die Lebensmittelproduktion, z. B. für den Naturschutz, genutzt werden könnten, aber es bestünde auch die Möglichkeit des Brachfallens dieser Flächen. Für die vorliegende Arbeit wird die Ausprägung der Variablen hinsichtlich der beiden Systeme jedoch als stabil angesehen.

5 Bewertung der ausgewählten Entwicklungspfade anhand des Indikatorensets

Um die Entwicklungspfade der Landwirtschaft hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeitswirkungen bewerten zu können, wurde ein Indikatorenset mit 29 Nachhaltigkeitsindikatoren zusammengestellt (siehe Kapitel 3.3). Die Gliederung der Indikatoren folgt dabei der im SAFA-Indikatorenset vorgeschlagenen

³ Wie viel für den Menschen direkt verwertbares Protein steckt in einem tierischen Produkt? Wenn viel, dann ist die Effizienz gering. D. h. Verhältnis von essbarem Output zu potenziell essbarem Input)

Gliederung. Als Ausgangspunkt für die Bewertung der Entwicklungspfade wurde der Status quo festgelegt. Im Folgenden wird auf Basis einer Literaturrecherche die Ausprägung des Status quo und der beeinflussenden Faktoren für jeden Indikator beschrieben. Es ist festzuhalten, dass an dieser Stelle nur ein kurzer Abriss der Situation und der Zusammenhänge dargestellt werden kann. Ausführlichere Darstellungen finden sich in der zitierten Literatur. Es wird eine Bewertung des Status quo aus Sicht der Autoren auf Basis von Ampelfarben vorgenommen (grün = befriedigend; orange = weniger zufriedenstellend; rot = unbefriedigend/ungenügend). Anschließend wird, abgeleitet aus der Entwicklung der beeinflussenden Faktoren unter den beiden Entwicklungspfaden Farming und Agriculture, eine Bewertung der Entwicklungspfade (Verbesserung, Verschlechterung oder keine Veränderung) im Vergleich zum Status quo durchgeführt.

Bewertung der Entwicklungspfade

Die Bewertung der beiden Entwicklungspfade erfolgt als Vergleich zum Status quo (Verbesserung, Verschlechterung, keine Veränderung). Dabei bezeichnet der Status quo den Durchschnitt der aktuell vorkommenden landwirtschaftlichen Produktionssysteme wie er sich in Deutschland darstellt. D. h. im Status quo wird keine betriebliche oder regionale Differenzierung nach Produktionssystemen und damit verbundenen Wirkungen vorgenommen, sondern es erfolgt eine Betrachtung der Gesamtsituation.

5.1 Indikatoren der Ökologischen Integrität

5.1.1 Treibhausgase

5.1.1.1 Entstehung von Treibhausgasen

Die Entstehung von Treibhausgasen wird durch den vorgelagerten Bereich, d. h. den Einsatz von Produktionsmitteln wie Strom, Dünge- und Futtermitteln, Maschinen etc.; die Fermentation während der Verdauung in der Tierhaltung (vorwiegend in der Rinderhaltung), die Nutzung landwirtschaftlicher Böden und die Düngewirtschaft beeinflusst (Umweltbundesamt (UBA) 2014e). Dabei entstehen bei der Nutzung von Böden sowohl direkte Lachgasemissionen durch die Ausbringung von mineralischem und organischem Dünger (Umweltbundesamt (UBA) 2013), als auch indirekte Lachgasemissionen aufgrund von Stickstoffdeposition, Stickstoffauswaschung und Oberflächenabfluss (Umweltbundesamt (UBA) 2014b). Des Weiteren entstehen Treibhausgasemissionen bei der Bodennutzung durch Ernterückstände, die Bewirtschaftung organischer Böden, Weidegang und Klärschlammasbringung. Treibhausgasemissionen der Düngewirtschaft entstehen bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger. Die Höhe der Emissionen ist abhängig von der Tierart, -leistung, -ernährung, dem Stalltyp und der Einstreu, der Art der Wirtschaftsdüngerlagerung, der Verweilzeit der Tiere auf der Weide und im Stall auf befestigtem Boden (Umweltbundesamt (UBA) 2012b, S.410). Festzuhalten ist, dass die landwirtschaftliche Nutzung von Moorböden die größte Treibhausgas-Einzelquelle im Sektor Landwirtschaft ist (Drösler et al. 2011, Joosten et al. 2016, Wegener et al. 2006). 90 % der Moorflächen in Deutschland werden dabei landwirtschaftlich genutzt. Dies entspricht 8 % der deutschen landwirtschaftlichen Nutzfläche (Drösler et al. 2011). Durch die Absenkung des Grundwasserspiegels kommt es zum Kontakt des organischen Kohlenstoffs mit Sauerstoff, wodurch dieser abgebaut wird. Es werden Treibhausgase freigesetzt und der Moorkörper wird vermindert. Die Absenkung des Grundwasserspiegels führt auch dazu, dass Tier- und Pflanzenarten, die auf Feuchtwiesen angewiesen sind, ihren Lebensraum verlieren. Auch der regionale Wasserhaushalt kann beeinflusst werden. Durch Drainagen können des Weiteren Schadstoffe in Gewässer gelangen (Fuchs et al. 2010). Die Wirkungen werden durch den Umbruch von Grünland auf Moorstandorten verstärkt. Zwischen 2005 und 2007 kam es zum Umbruch von 6.000 ha Grünland auf diesen Flächen (Nitsch et al. 2010).

Im Status quo betrug der Ausstoß von Treibhausgasen des Sektors Landwirtschaft 2016 73 Mio. t CO₂-Äquivalent (Umweltbundesamt (UBA) 2016). Die Treibhausgasemissionen sanken bis 2014 gegenüber

1990 um 18 % (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2016). 2015 stiegen sie jedoch wieder um 0,5 % und lagen damit zwar immer noch knapp 16 % niedriger als 1990, haben sich aber nach anfänglicher Reduktion zu Beginn des Jahrtausends fast wieder auf dem Niveau von 2000 eingependelt. Ursächlich hierfür waren die gestiegenen Emissionen aus der Bodenkalkung und aus der Harnstoffdüngung (Umweltbundesamt (UBA) 2017a, 2017g).

Der Klimaschutzplan 2016 definiert erstmals auch Ziele für die Treibhausgasminderung des Sektors Landwirtschaft. Vorgaben für die landwirtschaftliche Bewirtschaftungspraxis bestehen bisher im Hinblick auf die Ausbringung organischer Dünger von maximal 170 kg N/ha, die zeitnahe Einarbeitung organischer Dünger, den Erhalt von Grünland und den Schutz von Mooren. Der wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz sowie der wissenschaftliche Beirat für Waldpolitik (beide beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) stellen folgende Forderungen im Bereich der Landwirtschaft: landwirtschaftlich genutzte Moore differenziert schützen, die Stickstoffeffizienz der Düngung verbessern, Bioenergieförderung auf sinnvolle Energielinien beschränken, Dauergrünland nach Schutzwürdigkeit gestaffelt schützen und Treibhausgas-Vermeidungskosten durch EU-weite Ausschreibungen verringern. Die Beiräte formulieren auch Forderungen im Bereich Lebensmittelkonsum sowie Holzwirtschaft und Holzverwendung (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik 2016).

Da in der jüngeren Vergangenheit keine weiteren Reduzierungen der Treibhausgasemissionen des Sektors Landwirtschaft erreicht werden konnten und die Landwirtschaft mittlerweile als Verursacherin von Treibhausgasen vor der Quellgruppe „Industrieprozesse“ und damit an zweiter Stelle nach der Quellgruppe „Energie“ liegt (Umweltbundesamt (UBA) 2014e), wird die Situation im Status quo als unbefriedigend (rot) bewertet.

Unter dem Entwicklungspfad Farming verringert sich der Ausstoß von Treibhausgasen. Dies ist insbesondere auf sinkende Tierzahlen zurückzuführen, was mit Leistungssteigerungen in der Tierhaltung begründet wird. Dabei führen Leistungssteigerungen in der Milchviehhaltung bis zu 11.000 Litern pro Kuh und Jahr zu sinkenden Ausstößen von Treibhausgasen (Flachowsky und Lebzién 2005), sofern die Deckung des Kälberbedarfs gesichert ist (Zehetmeier et al. 2012). Die deutlichen Leistungssteigerungen führen jedoch zu negativen Wechselwirkungen mit der Tiergesundheit und Nutzungsdauer (Brade et al. 2008, Flachowsky und Lebzién 2005). Unter dem Entwicklungspfad Farming nehmen die Treibhausgasemissionen zudem aufgrund von technischen Verbesserungen bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern ab. Hinsichtlich der weiteren beeinflussenden Faktoren wie dem Einsatz von externen Produktionsmitteln und der Nutzung von Mooren wird von keiner Veränderung des Treibhausgasausstoßes im Vergleich zum Status quo ausgegangen. Somit ergibt die Bewertung zusammenfassend einen geringeren Ausstoß von Treibhausgasen gegenüber dem Status quo und damit eine Verbesserung (Pfeil nach oben).

Der Entwicklungspfad Agriculture zeigt einen sinkenden Einsatz externer Produktionsmittel und eine reduzierte Nutzung von Moorstandorten, wodurch es unter diesem Pfad zu Reduzierungen des Treibhausgasausstoßes kommt. Ebenfalls resultieren sinkende Emissionen aus der Abnahme der Tierzahlen, die mit einer Anpassung des Tierbesatzes an die Futtergrundlage zu begründen sind. Hinsichtlich der Düngewirtschaft ergeben sich zwar abnehmende Emissionen aufgrund emissionsarmer Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern, allerdings steigen die Emissionen im Bereich des Weidegangs, da dieser in dem Pfad Agriculture zunimmt. Zusammenfassend wird jedoch von einer Verringerung der Treibhausgasemissionen unter dem Entwicklungspfad Agriculture im Vergleich zum Status quo und damit von einer Verbesserung der Situation ausgegangen (Pfeil nach oben).

5.1.2 Luftqualität

5.1.2.1 Emissionen von Luftschadstoffen

Zu den Luftschadstoffen zählen Ammoniak, Benzol, Blei, Feinstaub, Kohlenmonoxid, Ozon, Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, flüchtige organische Kohlenwasserstoffe und Ruß (Umweltbundesamt (UBA) 2011). Quellen landwirtschaftlicher Luftschadstoffe sind die Tierhaltung, die Düngung, die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln und die Bodenbearbeitung (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 1985). Stickstoffoxide entstehen dabei in gedüngten Böden durch die mikrobielle Umsetzung von organisch gebundenem Stickstoff (Finck 2007). Aus Böden, die mit Stickstoff gedüngt werden, ist die Stickoxidfreisetzung damit wesentlich höher als aus ungedüngtem Böden (Schachtschabel et al. 2010). Ammoniakemissionen der Tierhaltung werden wiederum beeinflusst durch den Stalltyp, die Einstreu, die Art des Wirtschaftsdüngers, die Tierleistung und -ernährung sowie durch die Lagerung, Ausbringung und Einarbeitung von organischen Düngern (Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) 2004, Flessa et al. 2012).

Die gemittelte Emission von Schwefeldioxid, Ammoniak, NMVOC (flüchtige organische Verbindungen ohne Methan) und Stickoxiden aus allen Sektoren sank gegenüber 1990 bis 2013 um 42,5 %. Das Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie, die Emissionen um 70 % zu reduzieren, wurde jedoch nicht erreicht (Heißenhuber et al. 2015, S. 60). Die Stickoxidemissionen aus der Landwirtschaft sanken dabei nur geringfügig, wobei die Reduktion vermutlich auf die sinkenden Stickstoffüberschüsse zurückzuführen sind (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2010, S. 58). Die Ammoniakemissionen aller Sektoren nahmen zwischen 1990 und 2012 um 21,8 % ab, wobei 90 % der Ammoniakemissionen auf die Landwirtschaft zurückzuführen sind (Jering et al. 2013). Im landwirtschaftlichen Bereich, insbesondere im Bereich der Bodennutzung, steigen die Ammoniakemissionen seit 2012 wieder an (Umweltbundesamt (UBA) 2017c). Doch auch die Zunahme der intensiven Tierhaltung beeinflusst die Entstehung von Ammoniak, Feinstaub und Geruchsbelästigungen zunehmend (Umweltbundesamt (UBA) 2010). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass hinsichtlich der landwirtschaftlich bedingten Emissionen von Luftschadstoffen in der jüngsten Vergangenheit kaum Reduktionen zu verzeichnen sind, sondern vielmehr die Emissionen von Luftschadstoffen aus dem Bereich der Landwirtschaft wieder ansteigen (Umweltbundesamt (UBA) 2017c). Die Situation wird damit als unbefriedigend (rot) bewertet.

Unter dem Entwicklungspfad Farming nimmt der Ausstoß von Luftschadstoffen im Bereich der Tierhaltung ab, da die Tierzahlen aufgrund von Leistungssteigerungen reduziert werden. Des Weiteren kommt es zu Reduzierungen der Emission von Luftschadstoffen aufgrund besser angepasster Fütterungsmethoden für ein hohes Leistungsniveau sowie aufgrund geschlossener Stallsysteme, die über angepasste Entlüftungssysteme verfügen. Aus Sicht des Tierwohls (siehe Kapitel 5.1.7.2) sind diese Entwicklungen allerdings eher kritisch zu bewerten. Hinsichtlich der Lagerung, Ausbringung und Einarbeitung organischer Dünger ist mit optimierten Techniken zu rechnen, sodass die Emissionen von Luftschadstoffen in diesen Bereichen reduziert werden können. Keine Reduzierungen können im Bereich der Emissionen aus gedüngten Böden realisiert werden, da zwar bedarfsgerecht, aber weiterhin intensiv gedüngt wird. Insgesamt wird mit einer Abnahme der Emissionen von Luftschadstoffen im Entwicklungspfad Farming gerechnet und damit mit einer Verbesserung der Situation (Pfeil nach oben).

Der Entwicklungspfad Agriculture ist gekennzeichnet durch eine extensivere Düngung und einen geringeren Pflanzenschutzmitteleinsatz im Vergleich zum Status quo, was in diesem Bereich zu einer Reduzierung der Luftschadstoffe führt. Ebenso führen der Einsatz emissionsärmerer Ausbringtonstechniken von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sowie Verbesserungen im Bereich der emissionsarmen Lagerung von organischen Düngern zu verringerten Emissionen. Eine Abnahme der Luftschadstoffemissionen ist ebenso aufgrund der sinkenden Tierzahlen zu erwarten. Da jedoch das Leistungsniveau in der Tiermast in diesem Pfad unverändert bleibt, können in diesem Bereich die

Gesamtemissionen von Luftschadstoffen nicht verringert werden. Anders ist dies jedoch im Bereich der Tierzucht und der Milchviehhaltung. Hier führen höhere Lebensleistungen dazu, dass die Emissionen je erzeugter Einheit (z. B. Kilogramm Milch, Anzahl Ferkel) reduziert werden können, aber nicht notwendigerweise niedriger werden als im System Farming. Zunahmen der Emissionen von Luftschadstoffen treten auf, da Offenstallsysteme mit (Teil-)Einstreu vermehrt zum Einsatz kommen, die eine geregelte Abluftführung nicht möglich machen. Aus Sicht des Tierwohls (siehe unten) sind diese Entwicklungen jedoch zu begrüßen. Insgesamt wird auch in dem Entwicklungspfad Agriculture mit einer Abnahme der Emissionen von Luftschadstoffen gerechnet (Pfeil nach oben).

5.1.3 Qualität der Gewässer

5.1.3.1 Eintrag von Stickstoff in Gewässer

Der landwirtschaftliche Eintrag von Stickstoff in Gewässer erfolgt über diffuse Quellen. So wird Grundwasser über Auswaschungen aus dem Boden belastet, Oberflächengewässer durch Erosion, Oberflächenabfluss (gelöste Stoffe), Zufluss aus Drainagen und Grundwasser (Fuchs et al. 2010). Im Hinblick auf die beeinflussenden Faktoren der Landwirtschaft spielen die Einsatzmenge an mineralischem und organischem Dünger, der Zeitpunkt der Ausbringung – wiederum beeinflusst durch die Lagerkapazität für organischen Dünger – und Einarbeitung, die Ausbringungstechnik, der Tierbesatz pro Hektar, der Umbruch von Grünland, die Gestaltung der Fruchtfolge, die Durchführung humusaufbauender Maßnahmen, die Bodenbearbeitung und -entwässerung eine entscheidende Rolle. Der Saldo der landwirtschaftlichen Stickstoff-Gesamtbilanz betrug 2015 gut 100 kg N pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche (Umweltbundesamt (UBA) 2017e). Im Zeitraum 2012 bis 2014 lagen die Nitratkonzentration im Grundwasser an 28 % der Messstellen des EU-Nitratmessnetzes über dem Grenzwert (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2017). Dabei wiesen 27,7 % der Messstellen zunehmende Nitratgehalte auf, 33,4 % der Messstellen zeigten abnehmende Werte (ebd.). Hohe Nitratkonzentrationen treten u. a. in Regionen mit intensiver Tierhaltung auf (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik 2016). Zusammenfassend wird die Situation in Abhängigkeit von der Region als sehr unterschiedlich bewertet, sodass sich im Status quo eine Bewertung von orange ergibt.

Der Entwicklungspfad Farming zeigt keine Veränderung der Stickstoffausträge, die durch die Menge an Düngemitteln bedingt wird, da weiterhin ein hoher, aber bedarfsgerechter Einsatz an Düngemitteln erfolgt. Durch die zunehmende zeitnahe Einarbeitung und die verbesserte Technik zur emissionsarmen Lagerung und Ausbringung organischer Dünger wird in diesem Bereich mit einer Abnahme der Stickstoffausträge gerechnet. Da es unter diesem Pfad zu einer weiter zunehmenden Spezialisierung einzelner Regionen auch im Bereich der Viehhaltung kommt, wird damit gerechnet, dass in diesen Regionen die Stickstoffausträge ansteigen. Da dies gesetzlich untersagt ist, muss vermehrt Gülle aus den Viehhaltungsregionen „exportiert“ werden. Auch im Bereich der Bodennutzung kommt es zu höheren Austrägen, da – wo gesetzlich möglich – häufiger Grünland umgebrochen wird und Entwässerungsmaßnahmen durchgeführt werden. Auch engere Fruchtfolgen führen zu teils höheren Stickstoffausträgen, wenn der gezielte Anbau von Kulturen unterbleibt, die z. B. aufgrund ihrer Wurzeltiefe die nach unten verlagerten Nitratverbindungen aufnehmen können. Insgesamt wird für diesen Entwicklungspfad von keiner Veränderung der Stickstoffausträge in Gewässer ausgegangen, wodurch die Belastungssituation der Gewässer unverändert bleibt (Pfeil nach rechts). Berücksichtigung findet dabei bereits, dass Maßnahmen, die durch die novellierte Düngeverordnung vorgegeben werden, eingehalten werden. Doch insbesondere die regionale Konzentration der Tierhaltung und die damit anfallenden großen Mengen an organischem Dünger, die nur durch Transport – u. U. mit einer Aufbereitung – entsorgt werden können, sowie der Umbruch von Grünland auf ackerfähigen Standorten verursachen, dass durch diesen Entwicklungspfad durchschnittlich keine Verbesserung hinsichtlich des Austrags von Stickstoff erreicht werden kann.

Unter dem Entwicklungspfad Agriculture kommt es zu einer Extensivierung der Düngung, die mit einer Reduzierung der Stickstoffausträge verbunden ist. Ebenso wie unter dem Entwicklungspfad Farming erfolgt des Weiteren eine Verringerung der Stickstoffausträge aufgrund der zeitnahen Einarbeitung und der optimierten Technik zur Düngemittellagerung und -ausbringung. Mit einer weiteren Abnahme der Austräge ist zu rechnen, da es in diesem Pfad zu keiner regionalen Konzentration der Tierhaltung, sondern zu einer gleichmäßigeren Verteilung – Flächenbindung der Tierhaltung – kommt. Auch der seltenere Grünlandumbruch, die Anlage von Grünland auf entsprechenden Standorten sowie die gezielte Gestaltung weiterer Fruchtfolgen führen zu einem insgesamt abnehmenden Austrag von Stickstoff in die Gewässer und damit zu einer Verbesserung der Gewässerqualität in diesem Bereich (Pfeil nach oben).

5.1.3.2 Eintrag von Phosphor in Gewässer

Im Gegensatz zu Stickstoff ist Phosphor im Boden nicht mobil – außer in sauren, sauerstofffreien, extrem sandigen Böden (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2010) oder in Böden mit einem geringen Gehalt an phosphatfällenden Kalzium-, Eisen- und Aluminium-Ionen, z. B. in Moorböden (Lambrecht et al. 1979 in Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 1985). Er gelangt also kaum über Auswaschungen in die Gewässer. Im Wesentlichen gelangt Phosphor über Abschwemmungen und Erosion in Oberflächengewässer (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 1985). Der Austrag von Phosphor auf landwirtschaftlichen Flächen ist neben der Phosphatdüngung wiederum auf die Tierhaltung, d. h. den Tierbesatz und die Tierfütterung zurückzuführen. Seit 1990 sinken die Phosphoreinträge pro Hektar in Deutschland kontinuierlich (Eurostat 2017b). 2012 wurden in Deutschland insgesamt 108.000 t Phosphordünger eingesetzt (ebd.). Die Phosphorbilanz betrug 2013 2 kg pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche (Eurostat 2017a). Die Messwerte an den Messstellen der Ländermessstellennetze an Fließgewässern zeigen an rund 91 % der Messstellen einen abnehmenden Trend, „an ca. 3 % der Messstellen ist die Phosphor-Belastung eher gleichbleibend und an 6 % nahm die Belastung mehr oder weniger zu“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2017). Bei den Seen weisen „knapp 75 % der betrachteten Seen einen abnehmenden Trend der Gesamtposphorkonzentration zwischen den Zeiträumen 1997-2000 und 2011-2014 auf. (...) An 22 % der Messstellen nahm die Belastung leicht zu“, allerdings auf einem sehr geringen Belastungsniveau (ebd., S. 17). 2015 wurde der gewässerspezifische Orientierungswert für Phosphor an 70 % der Messstellen überschritten (Umweltbundesamt (UBA) 2017d). Insgesamt wurden deutschlandweit zwischen 2012 und 2014 durchschnittlich ca. 23 kt Phosphor in die Oberflächengewässer eingetragen, was gegenüber den Jahren 1983 bis 1987 einer Reduktion um ca. 70 % entspricht (Umweltbundesamt (UBA) 2017b). Allerdings sanken die Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft zwischen 1985 und 2014 nur um 15 % (ebd.). Daher wird die Situation im Status quo zusammenfassend als weniger zufriedenstellend (orange) bewertet.

Unter dem Entwicklungspfad Farming kommt es zu einer weiteren Konzentration der Tierhaltung in einigen Regionen, in denen damit der Eintrag von Phosphor zunimmt. In Regionen, in denen hierdurch die gesetzlichen Grenzwerte überschritten werden, ist ein Export des organischen Düngers bzw. von dessen Aufbereitungsprodukten notwendig. In vieharmen Regionen ist mit geringeren Phosphoreinträgen zu rechnen, sodass insgesamt keine Veränderung der durchschnittlichen Phosphoreinträge erwartet wird. Auch im Bereich der Fütterung werden keine Änderungen der Phosphorausscheidungen angenommen, da zwar angepasst gefüttert wird, aber auf einem hohen Leistungsniveau. Eine Zunahme der Phosphorausträge wird im Bereich der Erosion (siehe unten) und der Abschwemmungen angenommen. Insgesamt wird damit von einer Zunahme der Phosphorausträge im Entwicklungspfad Farming ausgegangen, was eine Verschlechterung der heutigen Situation bedeutet (Pfeil nach unten).

Der Entwicklungspfad Agriculture ist u. a. dadurch gekennzeichnet, dass keine regionale Konzentration der Tierhaltung auftritt, sondern vielmehr eine gleichmäßige Verteilung. Damit ist auch von einer gleichmäßigeren Verteilung der Phosphorausscheidungen aus der Tierhaltung auszugehen. Aufgrund der grundfutterbasierten Fütterung von Rauhfutterfressern sowie der geringeren Futtermittelimporte, was einen geringeren Import von Nährstoffen zur Folge hat, ist auch in diesem Bereich mit geringeren Phosphorausscheidungen zu rechnen. Geringere Erosion sowie verminderte Abschwemmungen aufgrund tendenziell kleinerer Schläge führen insgesamt zu geringeren Phosphoreinträgen in Gewässer und damit zu einer Verbesserung der Situation im Vergleich mit dem Status quo (Pfeil nach oben).

5.1.3.3 Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer

Der Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer ist abhängig von den Anwendungsmengen und -häufigkeiten. Er kann verursacht werden durch fahrlässigen Umgang mit Pflanzenschutzmitteln, z. B. durch unsachgemäßes Reinigen der Pflanzenschutzmittelspritzen, durch den Austrag über Drainagesysteme, durch Abschwemmungen, Verwehungen und Verdunstungen. Der Pflanzenschutzmittelabsatz in Deutschland steigt seit 2001 leicht an, wobei der Absatz von Pflanzenschutzmitteln nicht dessen Ausbringung entsprechen muss, da bei günstigen Preisen Pflanzenschutzmittel auf Vorrat gekauft werden (Umweltbundesamt (UBA) 2010). 2014 wurden in Deutschland 46.078 t Pflanzenschutzmittel verkauft (Eurostat 2017c). In den 90er Jahren sank der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln insbesondere durch deren verbesserte Wirksamkeit um ca. 50 %, wobei dies nicht als Umweltentlastung interpretiert werden kann (Gay et al. 2004, S. 79). Dies zeigt sich auch daran, dass der Absatz aktiver Substanzen in Pflanzenschutzmitteln zwischen 2011 und 2014 in Deutschland anstieg (Eurostat 2017c). Der Austrag über Abschwemmung, Abdrift, Drainagen und Hofabläufe in Oberflächengewässer beträgt etwa ein Promille (30 Tonnen) der Aufwandmenge (Gay et al. 2004). Zu vereinzelt Überschreitungen der Grenzwerte von Pflanzenschutzmitteln im Grundwasser an den Messstellen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) kam es bei 13 Pflanzenschutzmitteln (2008 bis 2010), bei 24 Pflanzenschutzmitteln wurden keine Überschreitungen festgestellt (Dienemann und Utermann 2012). Im Zeitraum von 2006 bis 2008 konnten an 4,7 % der Messstellen Überschreitungen festgestellt werden (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2010). Neben den Pflanzenschutzmitteln sind zunehmend auch ihre Metaboliten im Grundwasser zu finden (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 2016; Dechet et al. 2017). Über mögliche unbeabsichtigte Umweltwirkungen hinaus kann das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln auch gesundheitliche Belastungen für die damit arbeitenden Personen mit sich bringen. Die Bewertung, Zulassung, Kennzeichnung und Anwendung von Pflanzenschutzmitteln ist durch eine Reihe von Gesetzen und Verordnungen geregelt, oftmals auf Europäischer Ebene und es gibt umfangreiche Vorgaben zum sachgemäßen Umgang mit Pflanzenschutzmitteln (European Food Safety Authority 2014). Dennoch stellten verschiedene Studien Zusammenhänge zwischen einer chronischen Exposition mit Pflanzenschutzmitteln und Krankheiten wie Krebs und Nervenkrankheiten (z. B. Parkinson) fest. Wenn auch die genauen kausalen Zusammenhänge bislang nicht geklärt sind, ergaben verschiedene Metastudien für Menschen, die mit Pflanzenschutzmitteln arbeiten, ein erhöhtes Risiko, an diesen Krankheiten zu erkranken (Alavanja et al. 2004, Sánchez-Santed et al. 2016). Der Status quo wird zusammenfassend als weniger zufriedenstellend (orange) bewertet.

Unter dem Entwicklungspfad Farming kommt es zu keiner Veränderung bzgl. der Anwendungsmengen und -häufigkeiten. Zunehmende Austräge von Pflanzenschutzmitteln treten aufgrund häufigerer Drainierungen sowie zunehmender Abschwemmungen durch Erosion (siehe unten) auf. Durch emissionsarme Ausbringetechniken kann die Abdrift jedoch verringert werden. Insgesamt werden im Vergleich zum Status quo keine Veränderungen hinsichtlich der Einträge von Pflanzenschutzmitteln in die Gewässer erwartet (Pfeil nach rechts).

Im Entwicklungspfad Agriculture wird mit einem geringeren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln gerechnet, wodurch auch der Austrag in Gewässer reduziert werden kann. Durch die Verringerung der Erosion (siehe unten) werden geringere Mengen an Pflanzenschutzmitteln verlagert und verbesserte emissionsarme Ausbringtechnik reduziert die Abdrift. Es ist somit davon auszugehen, dass der Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer durch diesen Entwicklungspfad verbessert wird (Pfeil nach oben).

5.1.3.4 Eintrag von Schwermetallen in Gewässer

Schwermetalle werden im Boden gebunden und sind damit nur gering auswaschungsgefährdet. In die Böden gelangen Schwermetalle über organische und mineralische Dünge- und Pflanzenschutzmittel sowie über Klärschlämme, Müllkomposte und Futterzusätze (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 1985). In die Gewässer gelangen sie über Erosion, Abschwemmung und Austrag über Drainagesysteme, aber auch über die Luft und über Abwässer. Zu den Schwermetallen zählen Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink und Uran. Im Folgenden wird der Eintrag von Uran und Kupfer betrachtet, da hier die Landwirtschaft eine entscheidende Rolle spielt. Uran wird mit belasteten Rohphosphaten, die als Dünger verwendet werden, eingetragen (Dienemann und Utermann 2012), doch auch Mist und Klärschlamm können Uran enthalten. Auf Ackerflächen wurde bisher „eine mittlere Anreicherung von 0,15 mg Uran/kg nachgewiesen“ (ebd., S. 15) bzw. eine kumulative Befruchtung der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche von 0,1 bis 0,7 kg Uran/ha (Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU) 2012). Das Grundwasser unter ackerbaulich genutzten Flächen weist eine 2-fach höhere Konzentration auf als unter Wald ($<10 \mu\text{g Uran/l}$) (Utermann et al. 2009). Allerdings treten in vielen Grund- und Oberflächengewässern aus geologischen Gründen Uran-Konzentrationen von bis zu $20 \mu\text{g/l}$ auf (Dienemann und Utermann 2012). Auch mit Pflanzenschutzmitteln werden Schwermetalle, wie z. B. Kupfer, in die Umwelt eingetragen. Des Weiteren werden belastete Bodenpartikel aufgrund von Erosion verlagert und gelangen so auch in Oberflächengewässer. Die Situation im Status quo wird daher mit orange bewertet.

Der Entwicklungspfad Farming zeigt weiterhin einen hohen Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, sodass in diesem Bereich nicht von einer Veränderung der Schwermetalleinträge auszugehen ist. Der Eintrag über Drainagesysteme wird unter diesem Pfad zunehmen, da laut der in Tabelle 3 gemachten Annahmen mit weiteren Entwässerungsmaßnahmen gerechnet wird. Auch die Verlagerung von Schwermetallen und belasteten Bodenpartikeln wird durch zunehmende Erosion aufgrund größerer Schläge unter diesem Entwicklungspfad ansteigen. So wird insgesamt mit einer Zunahme des Eintrags von Schwermetallen gerechnet und damit mit einer Verschlechterung der Situation im Vergleich zum Status quo (Pfeil nach unten).

Da unter dem Entwicklungspfad Agriculture ein verringerter Einsatz von mineralischen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln erwartet wird, nimmt der Eintrag von Schwermetallen über diesen Eintragspfad ab. Auch der Eintrag über Abschwemmung und Erosion wird sich reduzieren, da aufgrund einer abnehmenden Schlaggröße mit einem geringeren Erosionsgeschehen gerechnet wird. Keine Veränderungen ergeben sich beim Eintrag über Drainagesysteme, da diese im Vergleich zum Status quo unverändert bleiben. Insgesamt ist mit einer abnehmenden Befruchtung der Flächen mit Schwermetallen und einer ebenso abnehmenden Verlagerung der Schwermetalle zu rechnen. Die Situation verbessert sich somit im Vergleich zum Status quo (Pfeil nach oben).

5.1.3.5 Eintrag von Tierarzneimitteln in Gewässer

Tierarzneimittel können über die Ausbringung organischer Dünger in die Umwelt und in Gewässer gelangen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2008). Laut dem Antibiotika-Monitoring wurden in der Tiermedizin 2014 468 Tonnen Antibiotika abgegeben. Dies sind 15 % weniger als im Vorjahr und 27 % weniger als bei der Ersterfassung 2011 (Bundesministerien für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2015a). Die antibiotischen Wirkstoffe werden zu 98 % für die Behandlung von Schweinen und Geflügel eingesetzt (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU)

2007). Rückstände von Tierarzneimitteln werden fast ganzjährig und flächendeckend in Fließgewässern gefunden (Umweltbundesamt (UBA) 2014a). Bisher wurden 150 Wirkstoffe in der Umwelt (meist in Gewässern) nachgewiesen in Konzentration von 0,1 bis 1 µg/l (Umweltbundesamt (UBA) 2014c). Die aktuelle Situation ist damit weniger zufriedenstellend und wird mit orange bewertet.

Im Entwicklungspfad Farming kommt es zwar zu einer Fortschreibung des aktuellen Trends und damit zu einer Reduzierung des Einsatzes von Tierarzneimitteln (z. B. Antibiotika), aber weiterhin werden Arzneimittel und medikamentöse Therapien zur Ermöglichung von hohen Leistungen intensiv genutzt. Managementbasierte Strategien zur Vermeidung von Krankheiten spielen eine untergeordnete Rolle. Ausschlaggebend hierfür sind auch die steigenden Tierbestände, die ebenfalls dazu beitragen, dass es zu keiner Reduktion des Einsatzes an Tierarzneimitteln kommt (Pfeil nach rechts).

Der Entwicklungspfad Agriculture ist durch sinkende Tierbestände gekennzeichnet, was schon per se eine Reduktion des Einsatzes von Tierarzneimitteln bedeutet. Zu einer weiter sinkenden Anwendung von Tierarzneimitteln kommt es aufgrund vorrangig managementbasierter Strategien zur Vermeidung von Krankheiten, was auch durch ein entsprechendes Betreuungsverhältnis (Anzahl Tiere/AK) unter diesem Pfad ermöglicht wird. Zusammengefasst verringert sich der Eintrag von Tierarzneimitteln somit und die Situation verbessert sich (Pfeil nach oben).

5.1.4 Materialnutzung

5.1.4.1 Stickstoffbilanzen

Der Eintrag von reaktivem Stickstoff in die Umwelt stellt nach Rockström eine der planetaren Leitplanken dar, deren Grenze bereits heutzutage überschritten ist (Rockström et al. 2009). Dabei gelangen Stickstoffverbindungen über die mineralische und organische Düngung in die Umwelt, aber auch durch den Umbruch von Grünland und durch den Humusabbau. Auch die Lagerung, Ausbringung und Einarbeitung organischer Düngemittel beeinflusst die Entstehung von Stickstoffverbindungen. In Europa werden durch den Eintrag reaktiver Stickstoffverbindungen externe Kosten in Höhe von 70 bis 320 Mrd. Euro bzw. 0,5 bis 3,0 % des europäischen Bruttoinlandsproduktes verursacht. Im Gegensatz dazu beträgt der Wert, der durch den Stickstoffeinsatz zusätzlich produzierten Agrarprodukte lediglich 45 bis 180 Mrd. Euro (Sutton et al. 2011).

Die landwirtschaftlichen Stickstoffüberschüsse haben sich in den letzten 20 Jahren zwar verringert (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2017), 2015 lag der Wert allerdings immer noch bei ca. 100 kg/ha und Jahr (Umweltbundesamt (UBA) 2017f) und gehört damit mit zu den höchsten Bilanzwerten in Europa (Eurostat 2017d). Der für das Jahr 2010 festgelegte Zielwert der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie von 80 kg/ha und Jahr sowie die Vorgaben der Düngeverordnung (§ 9: Wert des betrieblichen Nährstoffvergleichs darf 2018 bis 2020 einen Wert von 60 kg N/ha nicht überschreiten) werden damit nicht erreicht. 2016 wurde darüber hinaus ein neuer Zielwert für 2030 von 70 kg N/ha und Jahr im gleitenden Fünfjahresmittel definiert.

Der hohe Überschuss der Stickstoffbilanz deutet an, dass die Stickstoffnutzungseffizienz des eingesetzten Stickstoffs weniger als 50 % beträgt (Tauben 2016). Da der Stickstoff aktuell eher nicht mehr in Form von zusätzlichem Humus gespeichert wird, ist davon auszugehen, dass die Stickstoffüberschüsse umweltrelevant werden (ebd.). Die Höhe der umweltrelevanten Stickstoffüberschüsse wird mit 1 Mio. Tonnen Stickstoffemissionen pro Jahr angegeben (ebd.). Dabei treten hohe Stickstoffüberschüsse in Regionen mit intensiver Tierhaltung, Biogasproduktion und Gemüseanbau auf. Die hohen Stickstoffüberschüsse verursachen regional sehr hohe Nitratwerte im Grundwasser (siehe Kapitel 5.1.3.1). Darüber hinaus führen die Stickstoffüberschüsse zu Ammoniakemissionen. Diese sind im Rahmen der NEC bzw. NERC-Richtlinie begrenzt, doch Deutschland konnte bisher den Zielwert für die Verminderung der Ammoniakemissionen nicht

erreichen. Auch hinsichtlich der Entstehung von Treibhausgasen wie Methan und Lachgas spielt der Anfall organischer Dünger und die Nutzung landwirtschaftlicher Böden infolge der Stickstoffdüngung eine Rolle (siehe Kapitel 5.1.1). Durch Eutrophierung und Versauerung hat darüber hinaus der Eintrag von Stickstoff auch wieder einen Einfluss auf die biologische Vielfalt (siehe Kapitel 5.1.6). Hinsichtlich der hohen Stickstoffbilanzüberschüsse, die weit von den Zielwerten entfernt liegen und darüber hinaus darauf hinweisen, dass i. d. R. nicht von weitgehend geschlossenen landwirtschaftlichen Kreisläufen die Rede sein kann, wird die Situation im Status quo mit orange bewertet. Darauf hinzuweisen ist, dass die Höhe der Stickstoffüberschüsse sowohl stark zwischen Betrieben als auch zwischen Regionen schwankt. Dies ist zum einen durch betriebliche Managementfähigkeiten als auch durch die betriebliche und regionale Spezialisierung im Hinblick auf Tierhaltung, Biogasproduktion und Gemüseanbau zu begründen.

Unter dem Entwicklungspfad Farming erfolgt weiterhin eine regionale Konzentration der Tierhaltung, was regional zu einem hohen Anfall von Wirtschaftsdünger führt. Um die Ausbringungskapazitäten organischer Dünger nicht zu überschreiten, wären eine Aufbereitung und ein Abtransport in Regionen mit einem Mangel an organischen Düngemitteln notwendig. Die Lagerung und Ausbringungstechniken werden optimiert, sodass es zu einer Reduzierung der Emissionen innerhalb dieser Produktionsschritte kommt. Jedoch führt eine weitere Einengung der Fruchtfolgen dazu, dass optimale Nährstoffnutzungseffizienzen nicht erzielt werden können, und auch der Umbruch von Grünland (wo gesetzlich erlaubt) und die weiterhin hohe, wenn auch im Hinblick auf Bedarfsgerechtigkeit optimierte Düngung, führen dazu, dass nicht von einer Reduzierung der Nährstoffüberschüsse im bundesweiten Durchschnitt ausgegangen wird. Die Situation wird damit als gleichbleibend bewertet (Pfeil nach rechts).

Der Entwicklungspfad Agriculture führt zu einer geringeren regionalen Konzentration der Tierhaltung, was zumindest eine bessere regionale Verteilung des Anfalls an organischem Dünger bedingt. Darüber hinaus kommt es insgesamt zu einer extensiveren mineralischen und organischen Düngung. Weitere und besser angepasste Fruchtfolgen führen dazu, dass Stickstoff gezielt gebunden wird (Catch Crops). Wie in dem Entwicklungspfad Farming führt der Einsatz optimierter Technik im Bereich der Lagerung und Ausbringung organischer Dünger zu einer Reduzierung der Nährstoffverluste. Und auch der verringerte weitere Grünlandumbruch führt dazu, dass eine weitere Nährstofffreisetzung durch den Abbau von Humus unterbleibt. Unter dem Entwicklungspfad Agriculture wird es daher zu geringeren Stickstoffbilanzüberschüssen und damit zu einer Verbesserung der Situation kommen (Pfeil nach oben).

5.1.4.2 Phosphorbilanzen

Phosphor ist im Boden wenig mobil und geht kaum durch Auswaschung und gasförmige Verluste verloren. Ausnahmen bestehen auf sauren Böden mit hohen Anteilen organischer Substanz, z. B. Moorböden (Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU) 2015). Im Wesentlichen entstehen Phosphorverluste durch Abschwemmungen und Erosion (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 1985). Dies könnte durch angepasste ackerbauliche Maßnahmen weitgehend verhindert werden (Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU) 2015).

In Deutschland wurden 2012 108.000 Tonnen Phosphordünger aus Rohphosphaten eingesetzt (Eurostat 2017a). Der Einsatz von Phosphordünger pro Hektar hat seit 1990 kontinuierlich abgenommen (Eurostat 2017a). Die Brutto-Phosphor-Bilanz betrug 2013 2 Kilogramm pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche (Eurostat 2017b). In einigen Regionen werden die Werte jedoch weit überschritten. So dürften die Regelungen der novellierten Düngeverordnung bspw. für landwirtschaftliche Betriebe in zwei Drittel der Landkreise in Schleswig-Holstein zu Anpassungsbedarf führen (Taube et al. 2015).

In Deutschland wird etwa ein Viertel des Phosphat-Düngerbedarfs als mineralischer Dünger und gut die Hälfte als Wirtschaftsdünger bereitgestellt, etwa 10 % stammen aus Klärschlämmen und

Schlachtabfallprodukten (Kratz et al. 2014). Dabei sind die in Deutschland verfügbaren P-Mengen aus Wirtschaftsdüngern, Komposten u. a. (neben Mineraldüngern) um 25 % größer als der derzeitige Bedarf, sodass der gesamte Bedarf der landwirtschaftlichen Primärproduktion durch Wirtschaftsdünger gedeckt werden könnte (Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU) 2015). Dies erscheint aufgrund der regionalen Konzentration der Tierhaltung jedoch nicht möglich bzw. wäre mit hohen Kosten für Aufbereitung und Transport verbunden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Phosphorbilanzwerte zwar in der Vergangenheit gesunken sind, jedoch weiterhin große regionale Unterschiede bestehen und auch Maßnahmen zur Minimierung von Phosphorverlusten wie die Vermeidung von Erosion und Abschwemmungen nicht konsequent genug umgesetzt werden. Die Situation im Status quo wird daher als orange (nicht zufriedenstellend) bewertet.

In dem Entwicklungspfad Farming wird die regionale Konzentration der Tierhaltung nicht aufgelöst, sondern besteht fort. Auch wenn sich die Flächenbilanzwerte durch eine geringere Phosphordüngung verbessern, besteht die Gefahr von Phosphorverlusten durch Erosion und Abschwemmungen weiterhin, da von steigenden Schlaggrößen ausgegangen wird. Die Situation wird sich im Vergleich zum Status quo damit eher verschlechtern (Pfeil nach unten).

Unter dem Entwicklungspfad Agriculture kommt es zu einer Dekonzentration der Tierhaltung, sodass der anfallende Wirtschaftsdünger regional besser verteilt ist. Da unter dem Pfad Agriculture von abnehmender Erosion und kleineren Schlägen ausgegangen wird, ist davon auszugehen, dass der Phosphorverlust über diese Pfade abnehmen wird. Damit wird unter dem Entwicklungspfad Agriculture im Vergleich zum Status quo von einer Verbesserung der Situation ausgegangen (Pfeil nach oben).

5.1.4.3 Effizienz der Flächen-, Energie-, Materialnutzung

Effizienz gibt an, mit wie viel Input ein bestimmter Output zu realisieren ist. Das Maximierungsprinzip besagt, dass der Output bei einem bestimmten Input zu maximieren ist (z. B. Ertrag pro Hektar), während das Minimierungsprinzip darauf zielt, den Input bei einem bestimmten Output zu minimieren (Schmidt 2008b). Neben der Effizienz spielen die Suffizienz⁴- und die Konsistenzstrategie⁵ bei der Betrachtung der Nachhaltigkeit eine wesentliche Rolle.

Für die Bewertung des Indikators werden die Flächeneffizienz (Ertrag pro Hektar), die Stickstoff- und Phosphateffizienz, die Energieeffizienz, die Arbeitseffizienz sowie die Effizienz in der Tierhaltung betrachtet. Es zeigt sich im Status quo, dass die Erträge pro Hektar in Deutschland in der Vergangenheit im Trend kontinuierlich angestiegen sind und z. B. in der Weizenproduktion weltweit mit zu den höchsten Erträgen pro Hektar zählen (Schuffenhauer et al. 2012). Andere Kulturen können jedoch in anderen Weltregionen mit höheren Erträgen und höherer Ertragssicherheit angebaut werden. Dies trifft bspw. auf den Sojaanbau in Süd-Amerika zu (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik 2016). Insgesamt ist die Flächeneffizienz in Deutschland in den letzten Jahrzehnten deutlich gestiegen (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2012).

⁴ „Die Suffizienz-Strategie fordert ökologie- und sozialverträgliche Obergrenzen für die Ökonomie bzw. das Wirtschaftswachstum, um die ökologischen Belastungsgrenzen der ökologischen Systeme einhalten zu können. Hierbei geht es um die Auffassung, wonach ein verminderter Ressourcen- und Umweltverbrauch auch ein zufriedenstellendes (suffizientes) Leben ermöglicht. Ansatzpunkte hierfür sind ein entsprechender Bewusstseinswandel der Menschen und die sich daraus begründende Veränderung der Lebensführung“ (Fischer, C. und R. Grießhammer 2013).

⁵ Die Konsistenz-Strategie zielt auf die Vereinbarkeit von anthropogenen Stoff- und Energieströmen mit natürlichen Strömen ab. Dafür ist es von Bedeutung, dass die technischen Abläufe auf eine Weise organisiert werden, dass es sowohl in der Technosphäre als auch in der Natur nur recyclebare Produkte gibt und Abfälle vermieden werden. Sollte dies nicht möglich sein, sollen naturfremde Stoffe in geschlossenen Kreisläufen wiedergewonnen werden. (Bauer 2008).

Die Erträge pro eingesetztem Kilogramm Stickstoff lagen im Wirtschaftsjahr 2012/2013 bei 0,38 Getreideeinheiten (GE)/kg N und haben sich seit dem Wirtschaftsjahr 1990/1991 (ca. 0,28 GE/kg N) ebenfalls kontinuierlich verbessert (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) 2016). Auch die Effizienz der Phosphatdüngung konnte in den letzten 20 Jahren kontinuierlich verbessert werden. So wurde der Phosphateinsatz zur Erzeugung einer Getreideeinheit im Zeitraum der letzten 20 Jahre halbiert und lag 2012/2013 bei 0,24 Kilogramm Phosphat pro 100 Kilogramm Getreide. Allerdings berücksichtigt dieser Wert den Einsatz von Wirtschaftsdüngern nicht, sondern bezieht sich nur auf die Verbrauchsmenge von im Inland abgesetzten Handelsdünger (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) 2016). Auch ist zu berücksichtigen, dass weiterhin eine Ertragslücke (Yield Gap)⁶ besteht und eine Steigerung der Düngungseffizienz durchaus möglich wäre. Aktuell liegt die Stickstoffnutzungseffizienz des eingesetzten Stickstoffs unter 50 % (Taube 2016).

Die Energieeffizienz der landwirtschaftlichen Produktion, ausgedrückt als erzeugte Getreideeinheit der Brutto-Bodenproduktion im Verhältnis zum Aufwand (real) für Treib-, Energie- und Schmierstoff betrug 2013 im Dreijahresdurchschnitt knapp 50 t GE/1000 € Energieaufwand (real), wobei dieser Wert bis 2007 noch unter 50 t GE/1000 € lag (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) 2016). Dies deutet darauf hin, dass die eingesetzte Energie mit steigender Effizienz verwendet wird, wobei der Energieaufwand je erzeugter Getreideeinheit in den Jahren 2012 und 2013 wieder anstieg (ebd.). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die genannten Werte auf den monetären Aufwand für Treib-, Energie- und Schmierstoff beziehen und nicht auf deren Energiegehalt.

Die Effizienz der eingesetzten Arbeitskräfte in der Landwirtschaft hat ebenfalls kontinuierlich zugenommen. 1960 waren noch 18 Arbeitskräfte notwendig, um eine Fläche von 100 Hektar zu bewirtschaften. Heute wird die gleiche Fläche von drei Arbeitskräften bewirtschaftet. Ein Landwirt ernährt heute im Durchschnitt 155 Menschen (Slupina et al. 2017) im Vergleich zu 17 im Jahr 1960. In Deutschland sind nur noch 1,4 % der erwerbstätigen Bevölkerung in der Landwirtschaft tätig (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017a). Die Arbeitsproduktivität nahm über den betrachteten Zeitraum von 2000 bis 2014 beständig zu (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) 2016).

Auch in Bezug auf die Leistungen in der Tierhaltung konnten starke Anstiege verzeichnet werden. So lag die Lebensstagsleistung von Milchkühen 2015 bei 15,1 kg/Tag, 2014 betrug die Lebensstagsleistung noch 14,4 kg/Tag. Der Wert von 15 kg/Tag wurde 2015 erstmals überschritten. Im Jahr 2000 betrug die durchschnittliche jährliche Milchleistung ca. 7.000 kg/Kuh und Jahr, 2013 lag sie bei über 8.000 kg /Kuh und Jahr (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) 2016). In der Ferkelerzeugung konnte die Zahl abgesetzter Ferkel pro Sau und Jahr ebenfalls weiter gesteigert werden. Der Wert lag 2014 bei 28,9 abgesetzten Ferkeln pro Sau und Jahr, 2009 betrug er 25,4. Die Tageszunahmen in der Mastschweinehaltung konnten von 752 g/Tag und Tier im Wirtschaftsjahr 2003/04 auf 833 g/Tag und Tier im Wirtschaftsjahr 2012/14 gesteigert werden (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) 2016). Die Futtermittelverwertung in der Schweinemast liegt zurzeit bei 2,82:1 (Deblitz und Efken 2017). In der Milchviehhaltung konnten steigende Lebensleistungen festgestellt werden, obwohl die Nutzungsdauer der Tiere häufig gering ist (Wangler et al. 2009). Da z. B. in Bezug auf die Treibhausgasemissionen aus der Tierhaltung die Aufzuchtzeit in der Milchviehhaltung von besonderer Bedeutung ist (Brade et al. 2008), ist eine geringe Nutzungsdauer in der Milchviehhaltung negativ hinsichtlich der Entstehung von Treibhausgasen zu bewerten, wobei dies durch steigende Tagesleistungen und eine Bestandsreduzierung wieder ausgeglichen werden kann (siehe Kapitel 5.1.1). Des Weiteren existieren negative Wechselwirkungen hoher Tierleistungen mit der Tiergesundheit (Flachowsky und Lebziens 2005). Da hohe Tagesleistungen in der Tierhaltung (Liter Milch pro Tier und Tag, Tageszunahmen in der Mast) insbesondere auf der Grundlage von Kraftfutter realisiert werden, ist auch die Lebensmittelkonversionseffizienz (wie viele Rohstoffe, die direkt vom

⁶ Differenz zwischen dem hypothetisch erreichbaren und dem tatsächlich erreichten Ertrag.

Menschen verzehrt werden könnten, in einem tierischen Produkt stecken) als gering zu bewerten. Ein Einsatz von Grundfuttermitteln würde die Lebensmittelkonversionseffizienz hingegen erhöhen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im Status quo insbesondere die Effizienz hinsichtlich der eingesetzten Fläche und Arbeitskräfte sowie der Tierleistungen pro Tag als hoch einzuschätzen ist. Die Effizienz der eingesetzten Düngemittel und Energie stieg in der Vergangenheit zwar kontinuierlich an, dennoch bestehen weitere Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung, die insbesondere hinsichtlich der Verbesserung von Umweltwirkungen zu gestalten sind. Im Hinblick auf die Lebensleistungen der Tiere sowie auf die Lebensmittelkonversion ist die Effizienz jedoch als gering zu bewerten. Zusammenfassend ergibt sich eine mittlere Bewertung (orange).

In dem Entwicklungspfad Farming ist davon auszugehen, dass die Erträge pro Hektar und eingesetzter Arbeitskraft weiter steigen. Die Effizienz der Düngemittelanwendung und des Energieeinsatzes wird sich hingegen nicht verändern, da für höhere Erträge auch der entsprechende Einsatz an diesen Inputfaktoren zunehmen wird. Die Leistungen in der Tierhaltung bezogen auf Tagesleistungen werden wahrscheinlich weiter ansteigen, wohingegen die Lebensleistung der Tiere tendenziell abnehmen wird. Die höheren Leistungen in der Tierhaltung werden dabei mit einem weiter verstärkten Einsatz von Kraftfutter erzielt, sodass die Lebensmittelkonversionseffizienz sinken wird. Insgesamt wird sich die Effizienz somit im Vergleich zum Status quo nicht verändern (Pfeil nach rechts).

In dem Entwicklungspfad Agriculture wird es hingegen zu keiner weiteren Ertragssteigerung pro Hektar und Arbeitskraft kommen. Die Erträge bleiben auf dem heutigen Niveau. Da jedoch der Einsatz an Düngemitteln abnehmen wird, steigt die Effizienz im Bereich der Düngung. Der unveränderte Energieeinsatz führt dazu, dass sich die Energieeffizienz nicht verändert. Die Lebensleistungen in der Tierhaltung werden in diesem Pfad zunehmen, allerdings wird mit keinen weiteren Steigerungen der Tagesleistungen in der Tierhaltung gerechnet. Somit verbleibt die Gesamteffizienz in der Tierhaltung unverändert. Positiv entwickeln wird sich hingegen die Lebensmittelkonversionseffizienz, da insbesondere in der Haltung von Rauhfutterfressern (z. B. Milchvieh) verstärkt Grundfutter zum Einsatz kommt. Insgesamt kommt es in diesem Entwicklungspfad zu einer leichten Effizienzsteigerung im Vergleich zum Status quo (Pfeil nach rechts und nach oben).

5.1.5 Bodenqualität

5.1.5.1 Entstehung von Erosion

Die Entstehung von Erosion wird im Wesentlichen beeinflusst durch die Bodenbedeckung und -bearbeitung sowie durch die Hanglänge. Weiterhin sind auch natürliche Standortbedingungen wie Niederschlag, Bodenbeschaffenheit und Topographie relevant (Schramek et al. 2002).

Die Erosionsgefährdung ist unter Grünland geringer als unter Acker, da Grünland den Boden ganzjährig bedeckt. In der Vergangenheit hat der Dauergrünlandanteil in Deutschland jedoch abgenommen. So wurden zwischen 2003 und 2012 ca. 5 % des Dauergrünlandes umgebrochen (Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2014e), das nun noch etwa 30 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche bedeckt (Nitsch 2009) bzw. 4,6 Mio. Hektar umfasst (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) 2012). In der jüngeren Vergangenheit sind jedoch in einigen Grünland-Gunstandorten auch wieder leichte Zunahmen der Dauergrünlandfläche festzustellen (Deutsche Agrarforschungsallianz 2015, Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017d, Umweltbundesamt (UBA) 2017c).

Auch der Anbau von Hackfrüchten kann das Erosionsgeschehen beeinflussen, da Hackfrüchte den Boden spät und unvollständig bedecken. In der Vergangenheit hat insbesondere der Anbau der Hackfrucht Mais stark zugenommen. Zwischen 2001 und 2011 stieg die Anbaufläche um 80 % und beträgt seither mit leichten Schwankungen ca. 2,5 Mio. Hektar (Deutsches Maiskomitee e. V. (DMK) o. J.). In einigen Regionen beträgt der Maisanteil mehr als 50 % der Ackerfläche (Deutsches

Maiskomitee e. V. (DMK) o. J. b). Der Anstieg der Anbaufläche für Mais ist maßgeblich auf die Anreize durch das Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG) zurückzuführen.

Mit Zunahme der Schlaggrößen sowie der Beseitigung von Landschaftselementen, Hang- und Terrassenstufen nimmt die Erosionsgefahr ebenfalls zu. So zeigt eine Untersuchung aus Brandenburg, dass vorhandene Landschaftselemente den Anteil von Flächen, die potenziell stark durch Winderosion gefährdet sind, von 41 % auf 18 % senken können (Funk et al. 2013). Landschaftselemente umfassten 2007 jedoch nur 0,3 bis 0,4 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Nitsch 2009). Aussagen über die Entwicklung der Landschaftselemente sind bisher nicht möglich, da frühere Vergleichsdaten nicht vorliegen. Weiterhin ist die Bearbeitung der Ackerflächen relevant, wobei 2010 der Großteil der Äcker gepflügt wurde (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017b). Auch die Schlaggröße beeinflusst das Auftreten von Erosion, wobei die durchschnittlichen Schlaggrößen in der Vergangenheit kontinuierlich vergrößert wurden (Heißenhuber et al. 2015), was sich negativ auf das Erosionsgeschehen auswirkt.

Auf landwirtschaftlichen Flächen ist die Erosionsrate im Durchschnitt um ein bis zwei Größenordnungen höher als die natürliche Bodenreubildung (Montgomery 2007), die in Europa bei ca. 0,5 Tonnen pro Hektar und Jahr liegt (Alexandrovskiy 2007, Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU) 2008, Sauer et al. 2008). In Deutschland beträgt die durchschnittliche Rate der Wassererosion 2 Tonnen pro Hektar und Jahr (European Environment Agency 1999); auf 14 % der Flächen liegt der gesamte jährliche mittlere Bodenabtrag bei mehr als 3 Tonnen pro Hektar, womit die Flächen als stark erosionsgefährdet gelten (Umweltbundesamt (UBA) 2010). Weitere 36 % der Flächen sind bzgl. der Bodenfruchtbarkeit langfristig gefährdet (Umweltbundesamt (UBA) 2010). Der Zustand im Status quo wird zusammenfassend als weniger zufriedenstellend (orange) bewertet.

Unter dem Entwicklungspfad Farming kommt es zu einem weiteren Umbruch von Grünland, wo dies gesetzlich möglich ist. Auch werden weitere Landschaftselemente beseitigt. Beides trägt zu einer Zunahme der Erosionsgefährdung bei. In die gleiche Richtung wirkt auch die Zunahme der durchschnittlichen Schlaggröße. Keine Veränderungen werden im Bereich der Bodenbearbeitung und -bedeckung erwartet, da wie bisher sowohl wendende als auch konservierende Bodenbearbeitung Anwendung findet. Anzumerken ist, dass Direktsaatverfahren jedoch häufig mit einem höheren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (Totalherbiziden) in Verbindung stehen. Insgesamt wird von einer leichten Zunahme der Erosionsgefährdung ausgegangen (Pfeil nach rechts und unten).

In dem Entwicklungspfad Agriculture kommt es seltener zu einem weiteren Umbruch von Grünland, vielmehr wird auf Standorten, bei denen es sich aufgrund natürlicher Bedingungen um Grünlandstandorte handeln würde, auch wieder Grünland angesät. Unter dem Pfad kommt es vereinzelt auch zu einer gezielten Anlage von Landschaftsstrukturelementen und zu tendenziell kleineren Schlägen. Keine Veränderungen im Vergleich zum Status quo werden bei der Bodenbearbeitung – konservierende und wendende Verfahren – sowie bei der Anwendung von Direktsaatverfahren erwartet. Auch unter diesem Entwicklungspfad bedingen Direktsaatverfahren den Einsatz von Totalherbiziden. Die Erosionsgefährdung nimmt unter diesem Pfad ab, sodass eine positive Entwicklung dieses Indikators angenommen wird (Pfeil nach oben).

5.1.5.2 Entstehung von Bodenschadverdichtung

Von Bodenschadverdichtungen spricht man, wenn durch mechanische Belastungen und die Überschreitung der natürlichen Traglast des Bodens Luft, Wasser und Nährstoffe im Porensystem des Bodens nicht mehr entsprechend geführt werden können und die Bodenfunktionen dadurch negativ beeinflusst werden (Lebert 2004, Sommer und Hutchings 2001). Die Entstehung von Bodenschadverdichtungen wird beeinflusst durch Fahrzeug- und Maschinengewichte, Reifeninnendrucke, Überrollhäufigkeiten, Schlupf, Befahrung zu ungünstigen Witterungsbedingungen, Fruchtfolgegestaltung sowie von der Durchführung von Meliorationsmaßnahmen. Dabei haben sich die Fahrzeug- und Maschinengewichte in der Vergangenheit kontinuierlich erhöht und können sich

damit negativ auf die Entstehung von Bodenschadverdichtungen auswirken. Größere (schwerere) Maschinen weisen meist jedoch eine höhere Schlagkraft auf und ermöglichen damit eine Reduzierung der Zahl von Überfahrten und die Durchführung von Arbeiten zum günstigsten Witterungszeitpunkt – sofern ausreichend Maschinen vorhanden sind. Verbesserungen konnten im Bereich der Reifeninnendrucke und damit auch beim Auftreten von Schlupf erreicht werden, da sowohl entsprechende Reifen als auch absetzige Arbeitsverfahren der Vermeidung von Bodenschadverdichtungen Rechnung tragen. Allerdings führt insbesondere der stark ausgedehnte Maisanbau (Zunahme um 80 % zwischen 2001 und 2011) dazu, dass die Flächen für die Ernte im Spätjahr befahren werden müssen, zu Zeitpunkten, an denen häufig keine optimalen Bodenbedingungen für die Befahrung mit schweren Maschinen herrschen. Bodenschadverdichtungen können zudem zu vermehrtem Oberflächenabfluss (Erosion) sowie zu Denitrifikation und zu dadurch bedingten Stickstoffverlusten führen (Umweltbundesamt (UBA) 2010). Insgesamt ist davon auszugehen, dass Verdichtungen die Produktivität auf 50 % der Ackerflächen in Deutschland beeinträchtigen (Umweltbundesamt (UBA) 2010). Die Situation im Status quo wird hinsichtlich der Entstehung von Bodenschadverdichtungen damit als weniger zufrieden stellen (orange) eingestuft.

Hinsichtlich der Entwicklung der Bodenschadverdichtungen unter den formulierten Entwicklungspfaden wurden die beeinflussenden Faktoren nicht eingehender beschrieben, da sie weniger spezifisch für die genannten Entwicklungspfade erscheinen als vielmehr für die technischen Entwicklungen und die Managementfähigkeiten der Betriebsleiter. So wird davon ausgegangen, dass sich der Indikator Entstehung von Bodenschadverdichtungen unter den beiden Entwicklungspfaden im Vergleich zum Status quo nicht verändert (Pfeil nach rechts).

5.1.5.3 Humusbilanz und Bodenfruchtbarkeit

Der Humusgehalt wird als Hauptindikator für Bodenfruchtbarkeit angesehen. Humus bezeichnet die organischen Bodenbestandteile, die für eine Vielzahl von Bodenfunktionen wie Nährstoff-, Wasser- und Kohlenstoffspeicherung, Luft- und Wasserhaushalt sowie für die Stabilisierung des Bodengefüges verantwortlich sind. Im Wesentlichen sind natürliche Standortbedingungen – Bodenart und -pH-Wert, Temperatur und Niederschlag – ausschlaggebend für den Humusgehalt des Bodens, der zwischen <1 % und >30 % liegen kann (Düwel et al. 2007). Daneben spielen Bewirtschaftungsfaktoren eine Rolle, die unter Berücksichtigung der standorttypischen Humusgehalte zu einer An- oder Abreicherung von Humus führen können.

So liegt der standorttypische Humusgehalt unter Wald und Grünland höher als unter Acker (Düwel et al. 2007). Der Anteil von Dauergrünland hat zwischen 2003 und 2012 jedoch um 5 % abgenommen. In der jüngeren Vergangenheit konnte der weitere Verlust an Grünland anscheinend gestoppt werden (Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA) 2015), wobei Röder et al. (2015) jedoch davon ausgehen, dass es auch weiterhin – selbst in gesetzlich geschützten Gebieten – zu einem Verlust an Grünland kommen kann, „da zum Teil die entsprechenden rechtssicheren Kulissen, also amtlich ausgewiesene Naturräume fehlen“. Weiterhin beeinflusst der Anbau von Hackfrüchten – und hier vor allem die Ausdehnung des Maisanbaus – den Humusgehalt. Im Zusammenhang mit der Gewinnung von Biomasse für die Biogaserzeugung ist ebenfalls von Bedeutung, dass hierfür häufig das gesamte oberirdische Pflanzenmaterial von den Ackerflächen abgefahren wird und Pflanzenreste, die dem organischen Bodenmaterial zugeführt werden könnten, nicht auf den Flächen verbleiben. Des Weiteren hat die Art der Bodenbearbeitung – konservierend oder wendend – Einfluss auf den Humusgehalt. Dabei ist festzuhalten, dass 2010 der Großteil der Äcker gepflügt wurde (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017b), was hinsichtlich der Entwicklung der Humusgehalte als negativ zu bewerten ist. Bisher liegen jedoch wenige Daten zu den Humusgehalten in deutschen Böden bzw. zur Entwicklung der Humusgehalte vor. Werte aus Bayern zeigen eine (nicht signifikante) Abnahme der mittleren C_{org} -Gehalte um etwa 2 % in Ackerböden und 3 % in Grünlandböden zwischen 1986 und 2007 (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) 2010). Damit wird der Status quo als weniger zufriedenstellend (orange) bewertet.

Unter dem Entwicklungspfad Farming wirkt sich vor allem der weitere Umbruch von Grünland – wo gesetzlich möglich – negativ auf die Entwicklung der Humusbilanz und der Bodenfruchtbarkeit aus. Im Vergleich zum Status quo wird jedoch von keiner gravierenden Veränderung der Humusbilanz/Bodenfruchtbarkeit ausgegangen (Pfeil nach rechts).

Im Entwicklungspfad Agriculture wird jedoch kein weiteres Grünland umgebrochen, vielmehr wird auf einigen Standorten auch wieder Grünland angelegt. Dies sowie die zunehmende Düngung mit Festmist – im Vergleich zu Gülle – wirkt sich positiv auf die Entwicklung der Humusbilanz/Bodenfruchtbarkeit aus, sodass im Vergleich zum Status quo mit einer Verbesserung zu rechnen ist (Pfeil nach oben).

5.1.5.4 Immissionen in den Boden

Über die Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln und Klärschlämmen sowie über Verunreinigungen in organischen Düngern durch Tierarzneimittel und Schwermetalle – z. B. aus Futterzusätzen – gelangen Immissionen in den Boden. Die Immissionsbelastungen der Böden werden insbesondere durch die Festlegung von Critical Loads definiert. Die landwirtschaftliche Produktion wirkt dabei beeinflussend auf die Critical Loads für Eutrophierung und Versauerung. Die Critical Loads für Eutrophierung werden auf mehr als der Hälfte (54 %) der Flächen empfindlicher Ökosysteme überschritten (Umweltbundesamt (UBA) 2015). Auch die Critical Loads für Versauerung wurden 2010 auf 18 % der Flächen empfindlicher Ökosysteme überschritten, ursächlich hierfür sind vor allem die Ammoniakemissionen (ebd.). Die Critical Loads für Blei, Quecksilber und Cadmium stehen nicht im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Produktion. Zusammenfassend wird die Situation im Status quo aufgrund der häufig auftretenden Überschreitungen der Critical Loads für Eutrophierung und Versauerung als weniger zufriedenstellend (orange) bewertet.

In dem Entwicklungspfad Farming kommt es, wie in Kapitel 5.1.3.4 dargestellt, zu einer Zunahme der Einträge von Schwermetallen. Hinsichtlich der Einträge von Arznei- und Pflanzenschutzmitteln werden jedoch keine Veränderungen erwartet, sodass sich die Bewertung des Indikators unter diesem Entwicklungspfad im Vergleich zum Status quo nicht verändert (Pfeil nach rechts). Unter dem Entwicklungspfad Agriculture nimmt der Eintrag von Schwermetallen (siehe Kapitel 5.1.3.4) und Arzneimitteln (siehe Kapitel 5.1.3.5) ab, ebenso die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und mineralischen Düngemitteln. Es wird somit insgesamt mit einer Abnahme der Immissionen in den Boden und damit mit einer Verbesserung der Situation im Vergleich zum Status quo gerechnet (Pfeil nach oben).

5.1.6 Wirkungen auf die biologische Vielfalt

5.1.6.1 Vorkommen von Habitaten in der Agrarlandschaft

Der Verlust und die Zersplitterung von Habitaten in der Agrarlandschaft sind wesentliche Treiber des Rückgangs der Biodiversität (Benton et al. 2003, Leuschner et al. 2014, Petit et al. 2011, Richner et al. 2015, Tsiafouli et al. 2015). Dabei spielt zum einen die Beseitigung von Habitaten eine Rolle, zum anderen die Intensivierung der Nutzung, was eine Vereinheitlichung von Standortbedingungen zur Folge hat. Die Beseitigung von Habitaten zeigt sich bspw. am Verlust von Ackerrandstreifen, deren Flächenanteil sich seit Mitte des letzten Jahrhunderts aufgrund der zunehmenden Schlaggröße im Durchschnitt halbiert hat (Leuschner et al. 2014). Über die Entwicklung der Anteile von Landschaftselementen – im Jahr 2007 0,3 bis 0,4 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche – lässt sich aufgrund eines Mangels an Daten keine Aussage treffen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass es vor deren Registrierung zu einer Beseitigung von Landschaftselementen kam (Nitsch 2009). In einer Studie aus Thüringen wurde die überwiegende Mehrheit (86 %) aller insgesamt auftretenden Arten (Blütenpflanzen, Laufkäfer, Brutvögel, Tagfalter, Säugetiere, Amphibien/Kriechtiere) in den naturnahen Randstrukturen gefunden, während nur 14 % auf den Ackerschlägen auftraten (Hoffmann und Kretschmer 2001). Beeinflusst wird die Biodiversität auf den Ackerschlägen auch dadurch, dass

die Vielfalt der angebauten Kulturen in der Landschaft mit größeren Schlägen und einheitlicher Gewannenbewirtschaftung i. d. R. abnimmt (Mohn et al. 2003, Rodriguez und Wiegand 2009). So werden momentan auf 85 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche nur noch neun Fruchtfolgeglieder angebaut und auch das Sortenspektrum wird immer geringer (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) 2007). Eine zusätzliche regionale Spezialisierung führt dazu, dass Weizen vorwiegend in Ackerbauregionen und Mais in Tierhaltungsregionen angebaut wird (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2015). Der Maisanbau wurde dabei insgesamt stark ausgedehnt (Zunahme um 80 % zwischen 2001 und 2011) und ist seitdem weitgehend konstant bei ca. 2,5 Mio. Hektar (Deutsches Maiskomitee e.V. (DMK) o. J. a). Auch der Verlust an Dauergrünland – Rückgang um 5 % zwischen 2003 und 2012 – und die zunehmend intensive Nutzung des Dauergrünlandes – der Anteil intensiv genutzten Grünlandes betrug im Jahr 2000 schon 75 % – führen zu einem Habitatverlust. Gleiches gilt für die landwirtschaftliche Nutzung von Mooren. In Deutschland werden ca. 90 % der Moore land- und forstwirtschaftlich genutzt. Nur 8 % der Moorflächen werden als naturnah eingestuft und nur 1 % der Moorflächen sind in ihrem ursprünglichen Zustand erhalten (Ellenberg und Leuschner 2009). Für die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen wird der Grundwasserspiegel abgesenkt, wodurch die auf Feuchtwiesen brütenden Vogelarten Kiebitz und Uferschnepfe ihren Lebensraum verlieren (Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2014d).

Des Weiteren gilt der Eintrag von Nährstoffen als wesentlicher Verursacher des Verlustes an Habitaten, da Standortunterschiede nivelliert werden und z. B. Arten aus der Gruppe der Ackerbegleitflora, die auf nährstoffarme Standorte angewiesen sind, zurückgedrängt werden (Meyer et al. 2014). Der Eintrag von Nährstoffen in Gewässer hat auch dazu geführt, dass der Bestand an Amphibien und Reptilien stark abgenommen hat. Der durch die Landwirtschaft bedingte Eintrag von Stickstoff in die Umwelt ist weiterhin hoch. Zwar wurde der Saldo der Stickstoff-Gesamtbilanz als gleitendes Dreijahresmittel von 118 kg/ha im Jahr 1993 auf 102 kg/ha im Jahr 2015 reduziert (Umweltbundesamt (UBA) 2017b), jedoch bestehen weiterhin große regionale Unterschiede mit zum Teil wesentlich höheren Bilanzwerten. In Bezug auf die Phosphorbilanzen wurden die Zielwerte in den letzten Jahren erreicht. Durch die novellierte Düngeverordnung wird jedoch ein maximaler Bilanzwert von 10 kg/ha und Jahr – bisher 20 kg/ha und Jahr – vorgeschrieben, was u. a. in Schleswig-Holstein dazu führen wird „dass landwirtschaftliche Betriebe in 2/3 der Landkreise des Landes einem Anpassungsdruck hinsichtlich zu reduzierender P-Salden ausgesetzt sein dürften“ (Tauben et al. 2015).

Neben der intensiven landwirtschaftlichen Flächennutzung hat jedoch auch die Extensivierung Wirkungen auf die Bereitstellung von Habitaten. So führt die Aufgabe traditioneller, extensiver Nutzungsformen dazu, dass diese meist artenreichen Flächen der Sukzession überlassen werden, wodurch die Vielfalt an Habitaten auf diesen Flächen verloren geht. Dies trifft bspw. auf den Verlust an Streuobstwiesen zu (Umweltbundesamt (UBA) 2010). Auch die Aufrechterhaltung der Bewirtschaftung auf ca. 4,87 Mio. Hektar Grenzertragsstandorten (Landwirtschaftskammern 2010) ist nicht gesichert.

Zusammenfassend lässt sich für den Status quo festhalten, dass die Intensität der Produktion in Deutschland (leicht) zunimmt (leichter Anstieg der Fläche, die von „high input farms“ bewirtschaftet wird und Abnahme der Fläche, die von „low or medium input farms“ bewirtschaftet wird) (Eurostat o. J.). Der Indikator Artenvielfalt und Landschaftsqualität⁷ zeigt einen signifikanten Trend weg vom Zielwert (Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2014a). Der Teilindikator Agrarland erreicht lediglich einen Wert von 56 % (bei einem Zielwert von 100 % (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und

⁷ Index (Maßzahl in %) über die bundesweiten Bestandsgrößen von 59 repräsentativen Vogelarten in sechs Hauptlebensraum- und Landschaftstypen: 100 % im Jahr 2015

Reaktorsicherheit (BMU) 2015). Auch der Index über die Bewertung des Erhaltungszustandes der FFH-Lebensräume⁸ (Lebensraumtypen des Anhangs I in den biogeographischen Regionen in Deutschland, Zielwert 80 % im Jahr 2020) erreicht nur einen Wert von 48 % (Stand 2001-2006), das angestrebte Ziel der FFH-Richtlinie – „günstiger Erhaltungszustand“ – wird nur bei etwa 38 % der Lebensraumtypen von gemeinschaftlicher Bedeutung erreicht (Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2014b). Insbesondere der Erhaltungszustand landwirtschaftlich geprägter Lebensraumtypen wird als ungünstig bewertet (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2015). Ebenso wird der Zielwert bezüglich des High-Nature-Value-Farmlandes nicht erreicht. Bis zum Jahr 2015 sollte ein Wert von 19 % erreicht werden, 2009 lag der Wert bei 13 % (Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2014d). Die Situation kann damit im Status quo nur als ungenügend und damit rot bewertet werden.

Unter dem Entwicklungspfad Farming wird sich der Eintrag von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln gegenüber dem Status quo nicht verändern, sofern dies gesetzlich nicht verlangt wird. Es wird eine bedarfsgerechte bzw. an Schadschwellen ausgerichtete Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln mit emissionsarmer Technik erfolgen. Eine Beeinflussung der Habitate wird jedoch im Bereich der Grünlandnutzung aufgrund eines weiteren Grünlandumbruchs – wo gesetzlich möglich – und einer weiteren Intensivierung der Grünlandnutzung – Schnitthäufigkeit, -zeitpunkte, Düngung – erfolgen. Auch eine weitere Verengung von Fruchtfolgen wird sich negativ auf die Habitatqualität von Ackerflächen auswirken. Dabei stellt die aktuelle Fruchtfolgeregelung im Greening der Europäischen Agrarpolitik keine ausreichende Sicherung einer vielfältigen Fruchtfolge dar. Vielmehr ermöglicht sie eine weitere Verengung von Fruchtfolgen im Vergleich zum Status quo, da die aktuellen Fruchtfolgen meist mehr Fruchtfolgeglieder umfassen (Pe'er et al. 2014). In bisher schon intensiv genutzten Regionen wird es zu einer weiteren Beseitigung von Landschaftselementen kommen – sofern sie nicht Cross-Compliance relevant sind oder sich auf Flächen von Betrieben befinden, die aus der ersten Säule der GAP „ausgestiegen“ sind. Ebenso wird es in diesen Regionen zu einer weiteren Vergrößerung von Schlägen und Gewannen kommen, sodass weitere Ackerrandstreifen verloren gehen. Der Trend zur Aufgabe traditioneller, extensiver Nutzungsformen wird sich ebenfalls fortsetzen, wobei diese Flächen teils brachfallen und teils in intensivere Nutzung überführt werden. Insgesamt ist mit einer weiteren Verschlechterung des Vorkommens und der Qualität von Habitaten in der Agrarlandschaft zu rechnen (Pfeil nach unten).

In dem Entwicklungspfad Agriculture wird es zu einer Reduzierung des Einsatzes von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln kommen, die mit emissionsarmer Technik ausgebracht werden. Auch die Grünlandnutzung wird insbesondere in aktuell intensiv genutzten Grünlandregionen eine Extensivierung erfahren. Ein weiterer Grünlandumbruch findet nicht statt, vielmehr wird auf einzelnen, nicht ackerfähigen Flächen Grünland angesät. In die Fruchtfolgegestaltung werden wieder mehr Fruchtfolgeglieder integriert, die dann auch unterschiedliche Habitatqualitäten bereitstellen. Landschaftsstrukturelemente werden teils gezielt angelegt, zumindest aber nicht beseitigt. Traditionelle, extensive Nutzungsformen werden häufiger weiter bewirtschaftet, sodass deren Habitatvielfalt erhalten bleibt. Im Vergleich zum Status quo verbessert sich damit die Situation dieses Indikators (Pfeil nach oben).

5.1.6.2 Artenvielfalt in der Agrarlandschaft

Der Verlust der Artenvielfalt in der Agrarlandschaft steht in engem Zusammenhang mit dem Rückgang und der Fragmentierung von Habitaten (Benton et al. 2003, Leuschner et al. 2014, Petit et al. 2011, Richner et al. 2015, Tsiafouli et al. 2015). Des Weiteren wirkt sich der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln direkt (durch toxische Einwirkung) oder indirekt (durch Reduktion der

⁸ Index (Maßzahl in %) über die Bewertung des Erhaltungszustandes der Lebensraumtypen des Anhangs I in den biogeographischen Regionen in Deutschland, Zielwert 80 % im Jahr 2020

Nahrung und der Deckung) negativ auf die Artenvielfalt aus (Frische et al. 2016). Dabei wirken die Pflanzenschutzmittel häufig auch auf Nicht-Zielorganismen. Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln wird als wesentliche Ursache für den Rückgang der Artenvielfalt in der Agrarlandschaft angesehen (Jahn et al. 2014, Nielsen et al. 2015, Petit et al. 2011, Schmidt 2007, Simon et al. 2010). Eine einseitige Anwendung von Pflanzenschutzmitteln kann zudem zu Resistenzen bei den Zielorganismen führen. So treten in Deutschland in einigen Regionen teils ausgeprägte Resistenzen gegen Acker-Fuchsschwanzgras und Gemeiner Windhalm auf (Petit et al. 2011). Frühe Ernte- und Schnittermine führen dazu, dass Samenbildung häufig nicht mehr möglich ist. Des Weiteren bedingen frühe Erntetermine und enge Bestände, dass die Möglichkeiten zur Brut für bodenbrütende Vogelarten verloren gehen (Hart et al. 2006). Außerdem führt die verstärkte Zufuhr von Nährstoffen dazu, dass Pflanzenarten, die an nährstoffarme Bedingungen angepasst sind, zurückgedrängt werden und vermehrt Generalisten auftreten (Meyer et al. 2014). Nährstoffe können über Oberflächenabfluss, Versickerung und Einträge über die Luft auch die Gewässer belasten und zur Eutrophierung beitragen. Der Eintrag von Nährstoffen zählt zu einem der wesentlichen Treiber des Artenrückgangs in der Agrarlandschaft (Gaujour et al. 2012, Kleijn et al. 2009, Krause et al. 2014) (siehe Kapitel 5.1.6.1).

Im Status quo zeigt der Indikator Artenvielfalt und Landschaftsqualität, wie in Kapitel 5.1.6.1 gezeigt, einen signifikanten Trend weg vom Zielwert. Die negative Bewertung betrifft insbesondere den Teilindikator Agrarlandschaft. Auch der Indikator gefährdete Arten⁹ zeigt mit einem Wert von 23 % im Jahr 2009 einen Wert, der noch weit vom Zielwert von 15 % im Jahr 2020 entfernt liegt. Gleiches gilt auch für den Erhaltungszustand der FFH-Arten¹⁰. Hier beträgt der Zielwert 80 % im Jahr 2020. Aktuell wird ein Wert von 46 % erreicht (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2015). Der angestrebte günstige Erhaltungszustand wird bei etwa 30 % der Arten von gemeinschaftlicher Bedeutung erreicht (Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2014a). Der Indikator Entwicklung der Artenvielfalt in der Agrarlandschaft wird damit im Status quo als ungenügend (rot) bewertet.

Unter dem Entwicklungspfad Farming und Agriculture zeichnen sich die in Kapitel 4.2 beschriebenen Entwicklungen der landwirtschaftlichen Produktion ab. Hinsichtlich des Indikators Entwicklung der Artenvielfalt in der Agrarlandschaft ergibt sich somit unter dem Entwicklungspfad Farming eine weitere Verschlechterung der Situation (Pfeil nach unten) und unter dem Entwicklungspfad Agriculture eine Verbesserung der Situation (Pfeil nach oben).

5.1.6.3 Agro-Biodiversität

Der Indikator Agro-Biodiversität wird beeinflusst durch die Entwicklung traditioneller, extensiver Nutzungsformen, die Entwicklungen im Bereich der Fruchtfolgegestaltung und dem Anbau alter Kultursorten sowie der Haltung gefährdeter Nutztierassen.

Die Entwicklung traditioneller, extensiver Nutzungsformen zeigt, wie in Kapitel 5.1.6.1 dargestellt, dass der Bestand an Streuobstwiesen abnimmt (Umweltbundesamt (UBA) 2010) und dass auch die Aufrechterhaltung der Bewirtschaftung auf Grenzertragsstandorten – der Umfang wird mit 4,87 Mio. Hektar angegeben – nicht gesichert ist. Auch die Entwicklungen im Bereich der Fruchtfolgegestaltung – dargestellt in Kapitel 5.1.6.2 – deutet an, dass diese hinsichtlich des Indikators Agro-Biodiversität negativ bewertet werden müssen. Dies trifft ebenso auf die Haltung gefährdeter Tierassen zu. So sind 50 der 63 heimischen Tierassen (80 %) gefährdet (Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2014a). Durch geringe Populationsdichten geht die genetische Vielfalt innerhalb der Rasse zusätzlich zurück. Zusammenfassend wird die Situation im Status quo als ungenügend (rot) bewertet.

⁹ (Maßzahl in %) Indikator bilanziert das Ausmaß der bundesweiten Gefährdung ausgewählter Artengruppen, Zielwert 15 % im Jahr 2020.

¹⁰ Index (Maßzahl in %) über die Bewertung des Erhaltungszustandes der Arten der Anhänge II, IV und V der FFH-Richtlinie in den biogeographischen Regionen in Deutschland, Zielwert 80 % im Jahr 2020.

In dem Entwicklungspfad Farming ist davon auszugehen, dass eine Aufrechterhaltung traditioneller, extensiver Nutzungsformen tendenziell eher nicht stattfindet. Des Weiteren wird von einer weiteren Einengung der Fruchtfolge ausgegangen sowie von einer Konzentration in der Tierhaltung auf wenige Hochleistungsrasen. Die Situation wird sich damit im Vergleich zum Status quo weiter verschlechtern (Pfeil nach unten). In dem Entwicklungspfad Agriculture werden traditionelle, extensive Nutzungsformen hingegen häufiger aufrechterhalten. Die Fruchtfolgen werden auch aus phytosanitären Gründen und aus Gründen der Bodenfruchtbarkeit eher ausgeweitet und ältere Tierrassen, insbesondere Mehrnutzungsrasen, werden wieder häufiger gehalten. Es kommt somit zu einer Verbesserung der Situation im Vergleich zum Status quo (Pfeil nach oben).

5.1.7 Weitere Indikatoren zur Ökologischen Integrität

5.1.7.1 Wirkungen auf das Landschaftsbild

Nach dem Bundesnaturschutzgesetz ist Landschaft zu schützen, sodass „die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft auf Dauer gesichert ist“ (§1 Abs. 1 BNatSchG 2009). Dabei werden für Vielfalt, Eigenart und Schönheit meist qualitative Zielsetzungen formuliert, zumal „Schönheit“ nur subjektiv zu bewerten ist (Trepl 2012). „Je mehr (visuell) deutlich unterscheidbare Elemente“ bzw. für die Landschaft typische Strukturen vorhanden sind, desto positiver werden sie im Allgemeinen bewertet (Nohl 1993). Die Erholungs- und Erlebnisqualität liegt bei einer abwechslungsreichen Landschaft mit einem ausgewogenen Anteil an Wald und Offenland höher (Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2014b), wobei Grünland meist ein besonders hoher ästhetischer Wert zugeschrieben wird (Osterburg et al. 2009). Des Weiteren sieht die nationale Biodiversitätsstrategie einen besonderen Wert in „regionaltypischen Bewirtschaftungsformen, die zur Erhaltung und Entwicklung von Kulturlandschaften und ihren Elementen beitragen“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2007). Daher werden zur Beurteilung des Indikators folgende Faktoren herangezogen: Entwicklung traditioneller, extensiver Nutzungsformen (z. B. Streuobstwiesen), Anteil an High-Nature-Value-Farmland, Entwicklung des Grünlandes (Intensität der Nutzung und Flächenumfang), Bewirtschaftung von Grenzertragsstandorten und Vermeidung von Sukzession, vielfältige Fruchtfolgen, Erhalt von Landschaftselementen und Schlaggröße (siehe auch Feindt et al. 2017).

So zeigt sich im Status quo, dass der Erhalt traditioneller, extensiver Nutzungsformen nicht gesichert erscheint. In der Vergangenheit kam es bspw. zu einem umfangreichen Verlust an Streuobstwiesen (Umweltbundesamt (UBA) 2010). Auch wird der Zielwert bezüglich des Anteils an High-Nature-Value-Farmland nicht erreicht. Der Anteil sollte 2015 bei 19 % liegen, 2013 lag der Wert bei 11,8 % und entwickelte sich weg vom Zielwert (Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2014d). Die Entwicklung des Grünlandes zeigt sowohl in der Zunahme intensiver Nutzungsformen als auch im Umbruch von Grünland in der Vergangenheit (siehe Kapitel 5.1.6.1) einen negativen Einfluss auf das Landschaftsbild (auch wenn dieser Trend in der jüngeren Vergangenheit gestoppt zu sein scheint). Ebenfalls erscheint die Bewirtschaftung von ca. 4,87 Mio. Hektar Grenzertragsstandorten (Verband der Landwirtschaftskammern 2010) nicht gesichert, auch wenn die Gewährung von Direktzahlungen und die phasenweise hohe Nachfrage nach Agrarprodukten auch dazu führen kann, dass Grenzertragsstandorte wieder in Kultur genommen werden (Lefebvre et al. 2012). Die Waldfläche hat in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen und betrug 2015 10,9 Mio. Hektar (Statistisches Bundesamt (Destatis) o. J.). Auch die Fruchtfolgegestaltung beeinflusst durch zunehmende Einengung (siehe Kapitel 5.1.6.2) das Landschaftsbild negativ. Dies trifft auch für die zunehmenden Schlaggrößen zu (Heißenhuber et al. 2015). Insgesamt lässt sich für den Status quo festhalten, dass "Landschaftsbildprägende Faktoren wie die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion in Gunstregionen (Beseitigung von Landschaftselementen und Biotopen, Einengung der Fruchtfolgen, Vergrößerung von Schlägen) bzw. die Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzungen und damit das Voranschreiten der Sukzession in Grenzertragsstandorten (...) sich insgesamt ungünstig auf das

Landschaftsbild aus(wirken)" (Heißenhuber et al. 2015). Die Situation im Status quo wird damit als weniger zufriedenstellend (orange) bewertet.

Im Farming wird es zu einer weiteren Aufgabe traditioneller, extensiver Nutzungsformen kommen und auch der Anteil von High-Nature-Value-Farmland wird wahrscheinlich nicht zunehmen. Hinsichtlich der Grünlandnutzung wird es zu einer Zunahme der Nutzungsintensität und zu einem weiteren Umbruch von Grünland – wo gesetzlich möglich – kommen. Die Aufrechterhaltung der Bewirtschaftung von Grenzertragsstandorten erscheint nicht gesichert, sodass in einigen Regionen auch die Sukzession fortschreiten wird. Furchtfolgen werden weiter eingeengt und Schläge bzw. Gewannen weiter vergrößert. Insgesamt ist davon auszugehen, dass sich die Entwicklungen in der landwirtschaftlichen Produktion zunehmend negativ auf das Landschaftsbild auswirken im Vergleich zum Status quo (Pfeil nach unten).

Unter dem Entwicklungspfad Agriculture werden traditionelle, extensive Nutzungsformen häufiger aufrechterhalten und der Anteil von High-Nature-Value-Farmland nimmt zu. Es kommt zu keinem weiteren Grünlandumbruch, vielmehr wird auf nicht ackerfähigen Standorten auch wieder häufiger Grünland eingesät. Grenzertragsstandorte bleiben häufiger in der landwirtschaftlichen Nutzung, sodass sich Wald auf diesen Flächen nicht ausbreiten kann. Es werden mehr Glieder in die Fruchtfolge aufgenommen und Ackerbau wird tendenziell auf kleineren bzw. nicht vergrößerten Schlägen und Gewannen betrieben. Diese Entwicklungen wirken sich zusammengefasst positiv auf das Landschaftsbild aus (Pfeil nach oben).

5.1.7.2 Tiergesundheit/Tierwohl

Die Nutztierhaltung hat sich in Deutschland zu einem sehr wettbewerbsfähigen Sektor entwickelt (Isermeyer 2014). Die Selbstversorgungsgrade im Bereich tierischer Produkte liegen in Deutschland teils über 100 % (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2015a), sodass tierische Produkte auch exportiert werden (müssen). Im Bereich des Tierschutzes sowie im Umweltschutz ergeben sich jedoch Defizite in der Tierhaltung (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2015). Dabei ist festzuhalten, dass zwischen der Wettbewerbsfähigkeit der Tierhaltung und Zielsetzungen im Bereich der Tier-, Umwelt- und Verbraucherschutzpolitik sowohl Synergien als auch Konflikte bestehen können (ebd.). Hinsichtlich der Bewertung des Indikators Tiergesundheit/Tierwohl werden folgende Faktoren betrachtet: Einsatz von Tierarzneimitteln, Auftreten von Krankheiten, Durchführung präventiver Eingriffe, Verlustraten und Stallsysteme mit Einstreu bzw. Freiland- und Bodenhaltung bei der Hühnerhaltung.

Der Einsatz von Tierarzneimitteln deutet an, dass Tiere vielfach gesundheitliche Probleme aufweisen. Dabei ist der prophylaktische Einsatz von Tierarzneimitteln bzw. der Einsatz zur Leistungssteigerung nicht mehr gestattet. Die von pharmazeutischen Unternehmen und Großhändlern an Tierärzte abgegebene Menge an Antibiotika hat sich in Deutschland zwischen den Jahren 2011 und 2015 von 1.706 auf 805 Tonnen mehr als halbiert (minus 53 %) (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) 2016 a). Die Einsatzmenge hatte zuvor jedoch stark zugenommen. 2011 wurden doppelt so viele Antibiotika in der Tierhaltung eingesetzt wie 2005 (Rat für Nachhaltigkeit 2011). Die hier angewendeten Antibiotika können u. a. zu Resistenzbildungen gegen Antibiotika bei Menschen beitragen (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2007) und in die Böden und Gewässer (siehe Kapitel 5.1.3.5) gelangen (Sattelberger et al. 2005). Im Boden wiederum können die Antibiotika akkumuliert werden (Winckler et al. 2004).

Aussagen über die Abgabe nicht-antibiotischer Tierarzneimittel liegen nicht vor, sodass allein aus den vorhandenen Angaben zum Absatz von Tierarzneimitteln keine Rückschlüsse auf den Tiergesundheitszustand gezogen werden können. Jedoch weist eine Reihe von Studien auf das Auftreten gesundheitlicher Probleme in der Nutztierhaltung hin, die in der Publikation des

Wissenschaftlichen Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2015) zusammengestellt sind:

- ▶ Lahmheitsprävalenzen bei Milchkühen in Deutschland und Österreich je Herde von 0 bis 81 % (im Median lahmt jede dritte Kuh).
- ▶ Eine langfristige Untersuchung eines repräsentativen Anteils von hessischen Milchviehherden ergab, dass 38 % aller Euterviertel Anzeichen einer Euterentzündung aufwiesen (Schwarz et al. 2010).
- ▶ Roffeiss und Waurich (2013) berichten aus Milchvieh-Testherden in Brandenburg von Erkrankungshäufigkeiten allein während der ersten Laktation in den Bereichen Bewegungsapparat, Euter, Fruchtbarkeit und Stoffwechsel in Höhe von 41, 25, 31 und 3 %. Sie ermittelten darüber hinaus einen Zusammenhang zwischen Erkrankungshäufigkeit der Tiere und der Einsatzleistung sowie dem Leistungsniveau).
- ▶ Mortalitätsraten von Milchviehkälbern von mehr als 14 % in Bayern in 2004 mit steigender Tendenz (Fröhner and Reiter 2005) oder von 8,9 % von 49.020 im Zeitraum Januar bis März 2009 in Mecklenburg-Vorpommern geborenen Kälbern (Reszler 2009).
- ▶ Anteile von 50 bis 90 % an veränderten Schwanzspitzen (Nekrosen, Entzündungen) bei Schlachtbullen aus Haltung mit Vollspaltenboden (Richter 2006).
- ▶ Der Anteil von Mastschweinen mit Atemwegserkrankungen kann hoch sein, Anteil veränderter Lungen von durchschnittlich 13,7 % (Schmidt 2008a), 50 % (Bostelmann 2000), 77 % (Pill 2014).
- ▶ Etwa 20 % aller zur Schlachtung angelieferten Masthühner weisen erhebliche Fußballenveränderungen auf. Nur bei etwa einem Drittel der Tiere sind die Fußballen zum Zeitpunkt der Schlachtung unverändert (Petermann und Moors 2013).
- ▶ Bei durchschnittlich 41 % der Legehennen je Herde wurden Schäden des Brustbeines notiert, die häufig durch Brustbeinbrüche verursacht wurden (o.V. 2014).
- ▶ Durchschnittlich 53 % aller Legehennen erleiden während der Legeperiode mindestens einen Bruch.
- ▶ Haut- und Gelenkschäden bei Mastbullen treten in Abhängigkeit vom Untergrund in Frequenzen von bis zu 100 % auf.

Des Weiteren kommt es auch zu präventiven Eingriffen, die durchgeführt werden, damit sich die Tiere nicht gegenseitig verletzen, z. B. durch Hörner oder Anbeißen.

- ▶ Vermutung: Kürzen des Schweineschwanzes wird routinemäßig bei 90 bis 95 % der Schweine in Europa durchgeführt (European Food Safety Authority (EFSA) 2007).
- ▶ „Schwanzbeißen“ tritt vor allem in der konventionellen Schweinhaltung und in deutlich geringerem Ausmaß in alternativen Haltungsverfahren wie der Freilandhaltung und der ökologischen Schweinehaltung auf (Sonoda et al. 2013).
- ▶ Etwa 3 % der kupierten Schweine weisen Schwanzverletzungen auf (European Food Safety Agency (EFSA) 2007). Bei unkupierten Tieren liegt die Prävalenz bei ca. 6 bis 10 % (in einzelner Studie mehr als 30 %) Schwanzverletzungen.
- ▶ Cozzi et al. (2009) schätzen aufgrund von Expertenbefragungen, dass in Deutschland mindestens etwa 80 % aller für die Milchproduktion vorgesehenen Kälber enthornt werden. Bei etwa 7 % der Tiere werden die Hörner entfernt (d. h. beim ausgewachsenen Rind) und nicht die Hornanlagen (beim Kalb) zerstört (Cozzi et al. 2009). Beim Enthornen der Kälber erfolgt nur in 0,7 % der Fälle eine effektive Schmerzausschaltung mit lokaler Betäubung und Schmerzmittelgabe, in 49 % eine Sedierung und in 6 % eine lokale Betäubung mit oder ohne Sedierung (Befragung von 226 Milchviehhaltern) (Irrgang 2012).
- ▶ Bei Legehennen in konventioneller Volierenhaltung in Deutschland wurden im Schnitt bei 66 % aller Hennen Kahlstellen im Gefieder gefunden, die auf Federpicken hinweisen (o.V.

2012); nur 10 % wiesen mindestens eine Körperregion auf, in der das Gefieder nahezu vollständig erhalten war.

Auch Verlustraten in der Tierhaltung können einen Hinweis auf das Tierwohl geben:

- ▶ Mortalitätsraten in der Legehennenhaltung schwanken erheblich zwischen sowie innerhalb verschiedener Haltungsformen und -systeme bzw. -verfahren, da sie sehr stark durch die Qualität des Managements sowie durch die genutzten Genotypen bestimmt werden (Weitzenbürger et al. 2005). Es treten Schwankungsbreiten von 1,1 bis 35,3 % auf (Abrahamsson und Tauson 1995).
- ▶ Das Durchschnittsalter von Zuchtsauen beträgt kaum mehr als zwei Jahre, weniger als 4 Würfe pro Sau und bis zu 30 % der zur Zucht ausgewählten Jungsauen müssen vor dem ersten Wurf aufgrund von Fundamentfehlern aussortiert werden (Hilgers und Hühn 2008, Hühn und Hilgers 2009)
- ▶ Ferkelverluste von 14 bis 15 % (Schulz 2013)
- ▶ Verluste in der Mastschweinehaltung betragen im Schnitt unter 3 % (Schulz 2013). 2013/14 lag die Verlustrate bei 1,8 % und hat seit 2006/07 (2,8 %) kontinuierlich abgenommen (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) 2016, S. 56f).

Ebenso hat die Art der Stallsysteme Auswirkungen auf das Tierwohl und die Tiergesundheit. Im Folgenden wird der Anteil der Stallsysteme mit Einstreu bzw. Freiland- und Bodenhaltung bei der Hühnerhaltung im Jahr 2010 dargestellt (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2015a).

- ▶ Schweine:
 - Haltungsplätze mit planbefestigtem Boden mit Einstreu: 1.709.500 (ca. 6 %)
 - Haltungsplätze mit anderen Stallhaltungsverfahren: 581.300 (ca. 2 %)
- ▶ Milchkühe:
 - Haltungsplätze im Laufstall mit Festmist: 462.400 (ca. 9,7 %)
- ▶ Übrige Rinder (Kälber und Jungrinder, männliche Rinder sowie andere Kühe):
 - Haltungsplätze im Laufstall mit Festmist: 2.972.300 (ca. 32 %)
- ▶ Legehennen:
 - Haltungsplätze mit Bodenhaltung: 28.104.000 (ca. 66 %)
 - Freilandhaltung: 7.120.800 (ca. 16,7 %)
- ▶ Übrige Hühner (Masthühner und -hähne, Junghennen und Küken):
 - Haltungsplätze mit Bodenhaltung: 28.104.000 (ca. 66 %)
 - Freilandhaltung: 7.120.800 (ca. 16,7 %)

Des Weiteren kann auch der Weidegang positive Effekte auf die Tiergesundheit haben, allerdings auch Einbußen bei der täglichen Milchmenge bedeuten (Leisen et al. 2007).

Aktuell existiert kein einheitlicher Rahmen mit anerkannten Messgrößen und Zielwerten zur Beurteilung der Tiergerechtigkeit (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) 2016), auch ein Überblick über das Tierschnutzniveau in Europa liegt nicht vor (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2015). Die dargestellten Untersuchungsergebnisse erlauben jedoch den Rückschluss, dass die Situation in der Nutztierhaltung als weniger zufriedenstellend (orange) zu bewerten ist. Diese Einschätzung entspricht auch der vom WBA vorgenommenen Bewertung der deutschen Nutztierhaltung (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2015).

Unter dem Entwicklungspfad Farming wird es zu einem reduzierten Einsatz von Tierarzneimitteln kommen (z. B. Antibiotika), wobei jedoch weiterhin eine intensive Nutzung von Arzneimitteln und medikamentösen Therapien vorliegt, um hohe Leistungen in der Tierhaltung zu ermöglichen.

Managementbasierte Strategien zur Vermeidung von Krankheiten spielen eine untergeordnete Rolle. Keine Veränderungen im Vergleich zum Status quo treten bei den Verlustraten auf. In Bezug auf die Stallsysteme werden die gesetzlichen Regelungen eingehalten, darüber hinausgehende Aspekte des Tierwohls wie Einstreu und vergrößertes Platzangebot werden jedoch selten umgesetzt. Die Anzahl der zu betreuenden Tiere pro Arbeitskraft ist höher als im Status quo, wobei technikbasierte Maßnahmen zur Tierbetreuung und -beobachtung zum Einsatz kommen. Nicht-kurative Eingriffe wie das Kupieren von Schwänzen werden in stärkerem Maße als im Status quo eingesetzt und die Lebensleistungen werden weiter abnehmen. Zusammenfassend wird es zu keiner Veränderung der Bewertung des Tierschutzes/Tierwohls im Vergleich zum Status quo kommen (Pfeil nach rechts).

In dem Entwicklungspfad Agriculture wird der Einsatz von Tierarzneimitteln (z. B. Antibiotika) gegenüber dem Status quo geringer ausfallen. Es werden häufiger managementbasierte Methoden zur Vermeidung von Erkrankungen der Tiere angewendet. Die Verlustraten werden sich nicht verändern. In dem Entwicklungspfad Agriculture werden häufiger tiergerechtere Stallsysteme mit einem größeren Platzangebot, Einstreu und/oder Auslauf eingesetzt. Die Anzahl der zu betreuenden Tiere pro Arbeitskraft wird geringer sein und die Lebensleistung höher. Die Bewertung des Indikators wird unter dem Entwicklungspfad Agriculture positiver ausfallen als im Status quo (Pfeil nach oben).

5.2 Ökonomische Resilienz

5.2.1 Kapitalintensität und Arbeitsintensität

Arbeit und Kapital sind – neben dem Boden – die zentralen Produktionsfaktoren in der Landwirtschaft. Dabei wurde der Produktionsfaktor Arbeit in der Vergangenheit in Deutschland (wie in anderen Industrienationen) zunehmend durch den Produktionsfaktor Kapital z. B. in Form von Maschinen ersetzt. Die Produktivität konnte dadurch gesteigert werden, sodass ein Landwirt heute mehr Menschen mit Nahrungsmitteln versorgen kann als jemals zuvor. Auch kam es zu wesentlichen Arbeitserleichterungen, z. B. in der Handhabung von Maschinen und der ergonomischen Gestaltung des Arbeitsplatzes. Auf der anderen Seite führt der technische Fortschritt zu einem kontinuierlichen Strukturwandel, der mit einem Verlust an landwirtschaftlichen Betrieben einhergeht, was vielfach kritisch gesehen wird.

Die Kapitalintensität der deutschen Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei – definiert als jahresdurchschnittliches Bruttoanlagevermögen (ohne Boden) je Erwerbstätigen – betrug 2013 494.000 Euro und hat sich damit in den letzten 20 Jahren mehr als verdoppelt (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) 2016). Die Anzahl der Arbeitskräfte betrug 2015/2016 in Haupterwerbsbetrieben im Durchschnitt 2,8 AK/100 ha, wobei dieser Wert zwischen 1,6 in reinen Ackerbaubetrieben und 3,8 in spezialisierten Schweineaufzuchtbetrieben liegt (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2017b). Es ist davon auszugehen, dass mit zunehmender Digitalisierung in der Landwirtschaft die Kapitalintensität weiter zunehmen und die Arbeitsintensität weiter abnehmen wird. Gleichzeitig verändert sich jedoch auch das Arbeitsfeld der Landwirte. Es werden vermehrt Anforderungen im Bereich der technischen Anwendungen gestellt und weniger Fertigkeiten im Bereich des praktischen Landbaus bzw. der praktischen Tierhaltung gefordert werden.

Eine Bewertung der Indikatoren erweist sich als schwierig. Zwar ermöglicht eine steigende Kapitalintensität eine Zunahme der Produktivität, jedoch sind weitere Produktivitätssteigerungen bei schon vorhandener hoher Produktivität meist auch mit negativen sozialen und ökologischen Wirkungen verbunden. Dies betrifft bspw. die Umweltwirkungen der landwirtschaftlichen Produktion aber auch Wirkungen auf Drittländer, die durch den internationalen Handel hervorgerufen werden können. Auch kann der Kapitaleinsatz in Form von Maschinen, Gebäuden und Technik allein kaum zu weiteren Produktivitätssteigerungen führen, sondern es ist ebenfalls der Einsatz von Inputfaktoren wie Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, Energie und Futtermitteln notwendig, die die in den entsprechenden Kapiteln dargestellten Wirkungen hervorrufen. Der Besitz und Einsatz landwirtschaftlicher Technik und Maschinen wird von Landwirten häufig auch unter dem Blickwinkel

von Ansehen, Prestige und Statussymbol betrachtet und hat insofern positive emotionale Auswirkungen auf die einzelnen Landwirte („Sozialtechnik“) (Wiggering 2017, mdl. Auskunft) Andererseits kann eine hohe Kapitalintensität zu einer hohen Schuldenbelastung landwirtschaftlicher Betriebe führen, was wiederum Stress verursachen kann. Hinsichtlich der Entwicklung der Arbeitsintensität ist zwar die Erleichterung vieler landwirtschaftlicher Arbeiten als positiv zu bewerten, jedoch wird der Verlust an in der Landwirtschaft tätigen Personen und der Strukturwandel, aber auch die „Entfremdung“ von der eigentlichen landwirtschaftlichen Tätigkeit als negativ angesehen. Aufgrund dieser sich teils widersprechenden Aussagen unterbleibt die Bewertung anhand einer Farbgebung an dieser Stelle.

In dem Entwicklungspfad Farming wird die Kapitalintensität pro Hektar bzw. pro Arbeitskraft oder erzeugter Produktionseinheit weiter zunehmen und der Einsatz an Arbeit abnehmen. Der bisherige Trend setzt sich damit fort. Im Gegensatz dazu wird unter dem Entwicklungspfad Agriculture der Kapitaleinsatz sinken und der Arbeitseinsatz leicht ansteigen. Dies kann u. a. damit begründet werden, dass wieder vermehrt kleinere Schläge bewirtschaftet werden, dass eine Diversifizierung der landwirtschaftlichen Produktion stattfindet und ein Fokus des Entwicklungspfades auf der Erbringung von Gemeinwohlleistungen liegt. In beiden Pfaden werden wahrscheinlich vermehrt Dienstleistungen der Maschinenringe in Anspruch genommen. Keine Aussage kann jedoch über die Entlohnung je eingesetzter Arbeitsstunde gemacht werden. Insgesamt wird bei beiden Entwicklungspfaden jedoch keine große Veränderung im Vergleich zum Status quo festgestellt, eine Bewertung der Indikatoren hinsichtlich der Veränderung unterbleibt auch an dieser Stelle.

5.2.2 Abhängigkeit von Futterzukäufen

Der landwirtschaftliche Sektor ist auf vielfältige Weise mit dem vorgelagerten (und nachgelagerten) Sektor verbunden. So stellt der vorgelagerte Sektor Futtermittel, Pflanzenschutz- und Düngemittel, landwirtschaftliche Maschinen und Gebäude auf Ebene der Erzeugung und des Handels bereit (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) 2010). Im Folgenden werden insbesondere die Futtermittelzukäufe betrachtet, da diese die starke regionale Konzentration der Tierhaltung erst ermöglichen und zu hohen Nährstoffeinträgen in das landwirtschaftliche System führen. Es wird jedoch nicht berücksichtigt, unter welchen Bedingungen die Produktion der Futtermittel in den jeweiligen Erzeugerländern erfolgt. So können zum einen die natürlichen Standort- und Anbaubedingungen dazu führen, dass Futtermittel in anderen Weltregionen u. U. mit geringerem Ressourcenaufwand bzw. höherem Ertragsniveau angebaut werden, zum anderen können staatlich und privat definierte Umweltstandards in unterschiedlichen Anbauregionen unterschiedliche Umweltbelastungen bedingen.

2011/12 stammten unter der Berücksichtigung des Grundfutters 87 % der verbrauchten Futtermittel aus Deutschland (eigene Berechnung nach Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2016a und b). Von den 2011/2012 benötigten 79.375 Kilotonnen GE an Futtermitteln wurden 52.658 Kilotonnen GE (ca. 66 %) auf den landwirtschaftlichen Betrieben erzeugt, 26.717 Kilotonnen GE (ca. 34 %) wurden zugekauft (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2015c). Insbesondere im Bereich der Eiweißfuttermittel besteht jedoch ein hoher Importbedarf. Zu 75 % wird die bestehende Eiweißlücke (von 2,4 Millionen Tonnen Rohprotein) durch Soja gedeckt (Schätzl und Stockinger 2012, Stockinger und Schätzl 2012). Umgerechnet in Fläche ergibt sich 2013 ein Bedarf für den Futtermittelanbau der deutschen Viehwirtschaft von insgesamt 13,7 Mio. Hektar, wovon „9,9 Mio. ha im Inland und 3,9 Mio. ha im Ausland“ liegen (Mayer 2015). 40 % der Netto-Landimporte Deutschlands entfallen dabei auf Soja (Witzke et al. 2014). Da die Abhängigkeit von Eiweiß-Futtermittelimporten im Status quo damit als sehr hoch eingeschätzt werden kann, wird die Situation im Status quo als unbefriedigend (rot) bewertet.

Unter dem Entwicklungspfad Farming wird der Tierbestand weiter wachsen und damit auch der Bedarf an (Eiweiß-)Futtermitteln. Der Anbau heimischer Eiweißfuttermittel wird weiterhin auf einem

geringen Niveau verbleiben, sodass der Bedarf an Importfuttermitteln steigen wird. Damit wird die Abhängigkeit von importierten Eiweißfuttermitteln weiter zunehmen und die Situation wird sich im Vergleich zum Status quo verschlechtern (Pfeil nach unten). Gleichzeitig steigt aber auch die erzeugte Menge tierischer Produkte. Hierdurch werden zum einen negative Wechselwirkungen mit Indikatoren im ökologischen Bereich (z. B. Nährstoffbilanzen, Entstehung von Treibhausgasen) hervorgerufen, zum anderen wird die Abhängigkeit des landwirtschaftlichen Sektors von Exportmöglichkeiten erhöht, zumindest sofern sich der heimische Absatztrend für z. B. Fleisch nicht grundlegend ändert.

In dem Entwicklungspfad Agriculture werden die Tierbestände abnehmen und damit auch der Futtermittelbedarf. Daher wird trotz fehlender großflächiger Ausdehnung des Anbaus von Leguminosen der Import von Futtermitteln zurückgehen und die Abhängigkeit wird sich im Vergleich zum Status quo damit verringern (Pfeil nach oben). Im Gegensatz zum Entwicklungspfad Farming werden jedoch auch die erzeugten Mengen an tierischen Produkten abnehmen, was Wirkungen auf den Export und/oder den Konsum heimischer tierischer Produkte hat.

5.2.3 Diversität der landwirtschaftlichen Produktion

Der Indikator Diversität der landwirtschaftlichen Produktion gibt Auskunft über den Grad der Spezialisierung der landwirtschaftlichen Betriebe bzw. über die Zahl der Einkommensstandbeine. Dabei sind spezialisierte Betriebe meist in der Lage Spezialisierungsgewinne zu erzielen, wohingegen sie bspw. durch ungünstige Marktentwicklungen, ungünstige Witterungsbedingungen für einzelne Kulturen oder Tierseuchen stark betroffen sein können, sodass auch ihre ökonomische Existenz in Frage gestellt wird (siehe z. B. Milchkrise). So kann die Diversität auch mit der Resilienz der landwirtschaftlichen Produktion in Verbindung stehen. Einige Resilienz-Strategien wie eine Diversifizierung im Anbau können darüber hinaus auch vorteilhaft sein für Umwelt- und Biodiversitätsaspekte (Lin 2011). Hinsichtlich der Bewertung der Diversität der landwirtschaftlichen Produktion werden daher im Folgenden der Grad der Spezialisierung und die Anzahl der landwirtschaftlichen Einkommensstandbeine sowie die Anzahl der Fruchtfolgeglieder betrachtet. Es zeigt sich, dass im Status quo ca. 40 % der Betriebe zu den spezialisierten Tierhaltungsbetrieben, ca. 35 % zu den spezialisierten Ackerbaubetrieben und ca. 25 % zu den Gemischtbetrieben gezählt werden (Eurostat 2016). 75.730 (27,4 %) landwirtschaftliche Betriebe verfügten 2016 über landwirtschaftsnahe Einkommensstandbeine wie Direktvermarktung, Urlaub auf dem Bauernhof etc. (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017c). Die Betrachtung der Fruchtfolgegestaltung zeigt, dass auf 85 % der Ackerfläche nur noch neun Fruchtarten angebaut werden. Die „Generosion“ im Getreideanbau wird dabei als besonders hoch eingeschätzt (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) 2007). Für den Status quo wird die Situation damit zusammenfassend als weniger zufriedenstellend (orange) bewertet. Insgesamt scheint die „Resilienzorientierung im Gegensatz zur Orientierung an Produktivitäts- und Produktionssteigerung noch nicht weit verbreitet“ zu sein (Feindt et al. 2017).

Unter dem Entwicklungspfad Farming wird es zu weiteren betrieblichen Spezialisierungen kommen, die sowohl die landwirtschaftlichen Produktionsverfahren betreffen als auch die landwirtschaftsnahen Einkommensstandbeine. Auch im Bereich des Ackerbaus wird es zu weiteren Spezialisierungen kommen, sodass sich die Fruchtfolgen weiter verengen werden. Im Vergleich zum Status quo wird daher unter dem Pfad Farming eine weitere Verschlechterung der Situation angenommen (Pfeil nach unten). Im Pfad Agriculture wird es dagegen eher zu einer Diversifizierung der betrieblichen Einkommensstandbeine kommen, sowohl im Bereich der landwirtschaftlichen als auch im Bereich der landwirtschaftsnahen Einkommensquellen. Die Fruchtfolgegestaltung wird eher ausgeweitet und es werden mehr Kulturen mit unterschiedlichen Standortansprüchen in das Anbauprogramm aufgenommen. Die Situation unter dem Entwicklungspfad Agriculture verbessert sich daher im Vergleich zum Status quo (Pfeil nach oben).

5.2.4 Regionale Wertschöpfung

Die regionale Wertschöpfung wird im Folgenden beschrieben durch die Beschäftigungseffekte der Landwirtschaft, landwirtschaftsnahe Einkommensquellen und die Erbringung von Gemeinwohlleistungen, die auch für andere Sektoren, wie z. B. den Tourismus, Einkommenseffekte aufweisen können.

Die Zahl der in der Landwirtschaft beschäftigten Personen geht kontinuierlich zurück und lag 2016 bei 1,4 % (610.932) (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017a). 1991 lag der Wert noch bei 3,0 % (1.163.700) (ebd.). Werden die Unterschiede zwischen Regionen betrachtet, so zeigt sich, dass in Ostdeutschland auf den überwiegend großen Betrieben weniger Arbeitskräfte benötigt werden als in Süddeutschland, wo auf gleicher Fläche 2,5-mal so viele Menschen arbeiten (Slupina et al. 2017). Anzumerken ist, dass insbesondere in Ostdeutschland mehr familienfremde Arbeitskräfte beschäftigt werden als in Westdeutschland. So haben die Entwicklungen nach der deutschen Wiedervereinigung zwar zu einer hochproduktiven und wettbewerbsfähigen Landwirtschaft in Ostdeutschland geführt, damit ist aber auch der Verlust vieler Arbeitsplätze für die lokale Bevölkerung verbunden (ebd.).

Die Landwirtschaft kann aber nicht nur durch die Beschäftigung, sondern auch durch die Erledigung landwirtschaftsnahe Dienstleistungen (z. B. Schneeräumen) die regionale Wertschöpfung beeinflussen. Und auch landwirtschaftsnahe Einkommensquellen wie Direktvermarktung, Urlaub auf dem Bauernhof oder Energieerzeugung tragen zur regionalen Wertschöpfung bei. In Deutschland wiesen 2013 94.100 (33,0 %) der Betriebe Einkommenskombinationen, d. h. landwirtschaftsnahe Einkommensquellen, auf (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2014). Die Zahl der Betriebe mit Einkommenskombinationen hat jedoch bis 2016 abgenommen und beträgt nun noch 75.730, was einem Anteil von 27,4 % entspricht (Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017a). Aus Sicht der regionalen Wertschöpfung ist diese Entwicklung negativ zu bewerten.

34.600 landwirtschaftliche Betriebe erzeugten 2016 erneuerbare Energie. Die Erzeugung erneuerbarer Energien ruft eine Reihe von Wertschöpfungseffekten hervor, wie z. B. Einspeisevergütung, Pacht- und Gewerbesteuererinnahmen (Hirschl et al. 2011). Die Energieerzeugung liefert aktuell auch einen Beitrag, um die Existenz landwirtschaftlicher Betriebe zu sichern. Die Veränderungen im Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG), wie z. B. die eingeführten Ausschreibungsverfahren, werden es jedoch Landwirten sowie anderen Privatpersonen erschweren, weitere EEG-Anlagen zu bauen, womit diese Einkommensquelle nach Auslaufen des EEG-Förderzeitraums an Bedeutung verlieren wird, sofern von gesetzlicher Seite keine Anschlussregelungen erlassen werden. Zu erwähnen ist jedoch auch, dass insbesondere die Erzeugung von Biogas vielfach zu einer Einengung der Fruchtfolge mit einer Steigerung des Maisanbaus geführt hat sowie die weiteren Konzentrationen in der Tierhaltung befördert, da Synergien zwischen Tierhaltung und Biogasproduktion bestehen (Gömann et al. 2013). Die Treibhausgasbilanz von Biogasanlagen ist des Weiteren schlechter im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern im Stromsektor (Memmler et al. 2014).

Die Landwirtschaft kann auch über die Erbringung von Gemeinwohlleistungen einen Beitrag zur regionalen Wertschöpfung leisten. So ist z. B. ein entsprechendes Landschaftsbild förderlich für den Tourismus. Die Vermeidung von Einträgen in das Grundwasser gewährt eine gute Wasserqualität. Die entsprechenden Indikatoren Einträge in Gewässer und Entwicklungen des Landschaftsbildes werden in dieser Studie jedoch als weniger zufriedenstellen (orange) bewertet. Zusammengefasst mit den soeben beschriebenen Entwicklungen anderer Aspekte der regionalen Wertschöpfung wird auch dieser Indikator im Status quo als weniger zufriedenstellend (orange) bewertet.

Es wird davon ausgegangen, dass der Anteil der in der Landwirtschaft tätigen Personen in dem Entwicklungspfad Farming weiter abnehmen wird. Gleiches gilt auch für die Einkommensdiversifizierung in Form von Einkommenskombinationen und die Erbringung von Gemeinwohlleistungen. Damit wird sich die Ausprägung des Indikators unter dem Entwicklungspfad

Farming weiter verschlechtern (Pfeil nach unten). Allerdings ist eine Aufteilung in Regionen mit intensiver landwirtschaftlicher Produktion auf der einen Seite und in Regionen, in denen eher die Aufgabe der Landwirtschaft prägend ist auf der anderen Seite, weiterhin möglich. In diesen durch Grenzertrags- und Schutzzonen geprägten Gebieten werden die Gemeinwohlleistungen der landwirtschaftlichen Produktion evtl. durch andere Akteure als durch Landwirte erbracht. Im Gegensatz dazu wird der Bedarf an Arbeitskräften unter dem Entwicklungspfad Agriculture eher zunehmen. Das gilt auch für das Auftreten von Einkommenskombinationen der landwirtschaftlichen Betriebe und die Erbringung von Gemeinwohlleistungen durch die Landwirtschaft. Die Bewertung des Indikators wird sich damit verbessern (Pfeil nach oben).

5.2.5 Produktqualität

Die Produktqualität wird im Folgenden beschrieben anhand des Vorkommens von Rückständen¹¹ und Kontaminanten¹². Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit untersucht entlang der Lebensmittelkette folgende Rückstände und Kontaminanten:

- ▶ Pflanzenschutzmittelrückstände in oder auf Lebensmitteln
- ▶ Tierarzneimittelrückstände in oder auf Lebensmitteln
- ▶ Pharmakologisch wirksame Stoffe
- ▶ Acrylamid
- ▶ Dioxine und andere langlebige organische Verbindungen
- ▶ Radioaktivität
- ▶ Schwermetalle
- ▶ Giftige Pilze, Schimmelpilzgifte, Bakterien

Dabei wurden vom Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (1985) folgende „produktionsbedingte Stoffgruppen“ genannt, die aus der landwirtschaftlichen Produktion in die Lebensmittel gelangen können:

- ▶ Pflanzenschutzmittel (Pestizide und Wachstumsregler) und Düngemittel (Nitrat)
- ▶ Tierarzneimittel und Futtermittelzusatzstoffe
- ▶ Mykotoxine, Schwermetalle, Gebrauchskemikalien (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 1985)

Für den Indikator Produktqualität werden im folgenden Pflanzenschutzmittelrückstände, Rückstände von Tierarzneimitteln und Belastungen mit Mykotoxinen betrachtet. Die Nationale Berichterstattung Pflanzenschutzmittelrückstände in Lebensmitteln weist für 2015 Überschreitungen der geltenden Rückstandshöchstgehalte mit folgenden Angaben aus (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) 2017):

- ▶ 1,1 % (Überschreitung) bzw. 0,6 % (Beanstandung) der Proben aus Deutschland

¹¹ Rückstände: „Reste von Substanzen, die absichtlich mit Nahrungsmitteln oder deren Vorprodukten in Berührung gebracht wurden“, das Vorhandensein in Lebensmitteln ist jedoch nicht beabsichtigt.

¹² Kontaminanten: „unerwünschte Stoffe, die über praktisch nicht steuerbare physikalische, chemische oder biologische Prozesse in Nahrungsmittel gelangen“, z. B. Schwermetalle aus dem natürlichen oder durch Straßenverkehr erhöhten Schwermetallgehalt des Bodens (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 1978 in Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 1985, S. 281).

- ▶ 1,1 % (Überschreitung) bzw. 0,5 % (Beanstandung) der Proben aus anderen EU-Mitgliedsstaaten
- ▶ 5,5 % (Überschreitung) bzw. 2,7 % (Beanstandung) der Proben aus Drittländern

Hinsichtlich der Belastung mit Arzneimittelrückständen wurden 2014 in Deutschland 882.635 Untersuchungen an 57.469 Proben von Tieren und tierischen Erzeugnissen durchgeführt, wobei bei 489 (0,5 %) der Proben nicht vorschriftsmäßige Rückstände (verbotene Stoffe mit anaboler Wirkung und andere verbotene Stoffe, nicht zugelassene Stoffe, zugelassene Tierarzneimittel und Kontaminanten) festgestellt wurden. Weitere Beprobungsergebnisse zeigen:

- ▶ Tierarzneimittelbefunde Rinderproben:
 - Stoffe mit antibakterieller Wirkung: Von 3.204 untersuchten Rinderproben enthielten vier (0,12 %) nicht vorschriftsmäßige Rückstandsbeefunde.
 - Sonstige Tierarzneimittel: Von 4.570 Rinderproben waren 13 Proben (0,28 %) als nicht vorschriftsmäßig anzusehen.
- ▶ Tierarzneimittelbefunde Schweineproben:
 - 9.533 auf antibakteriell wirksame Stoffe untersuchte Proben, davon acht (0,08 %) mit nicht vorschriftsmäßigen Rückstandsbeefunden.
 - 11.131 auf sonstige Tierarzneimittel untersuchte Proben, davon eine Probe (0,01 %) mit Beanstandung.
- ▶ Tierarzneimittelbefunde Geflügelproben:
 - 2.685 auf antibakteriell wirksame Stoffe untersuchte Proben, davon drei (0,11 %) mit nicht vorschriftsmäßigen Rückstandsbeefunden.
 - 3.335 auf sonstige Tierarzneimittel untersuchte Proben, davon eine mit nicht vorschriftsmäßigem Rückstandsbeefund.
- ▶ Rückstandsbeefunde in Milch: 2014 wurden 2.019 Milchproben auf Rückstände geprüft, in nur einer Probe (0,05 %) gab es einen nicht vorschriftsmäßigen Rückstandsbeefund.
- ▶ Rückstandsbeefunde in Eiern: 812 Hühnereierproben wurden auf Rückstände geprüft, davon fünf Proben (0,62 %) mit nicht vorschriftsmäßigen Rückstandsbeefunden, davon vier Proben (0,49 %), bei denen der zulässige Höchstgehalt für Dioxine und/oder der Summenhöchstgehalt für Dioxine und dioxinähnliche PCB überschritten wurde (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) 2016b).

Mykotoxine lassen sich zwar in einigen Lebensmitteln nachweisen, die Höchstwerte wurden allerdings äußerst selten überschritten (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) 2016b).

Auf Grundlage der dargestellten Ergebnisse lässt sich die Qualität der erzeugten landwirtschaftlichen Produkte im Status quo als gut (grün) bewerten. So ist die Belastung mit Rückständen und Kontaminanten – auch wenn diese vielfach nachgewiesen werden – meist unterhalb der festgelegten Grenzwerte und aus gesundheitlicher Sicht als unbedenklich einzustufen (Heißenhuber et al. 2015).

In dem Entwicklungspfad Farming werden sich die Belastungen mit Pflanzenschutzmittel- und Arzneimittelrückständen im Vergleich zum Status quo nicht verändern. Die Belastungen mit Mykotoxinen nehmen weiter ab. Lediglich Verunreinigungen mit GMO können aufgrund des zunehmenden Importes an Futtermitteln aus Ländern, in denen auch GMO angebaut werden, in dem

Entwicklungspfad Farming zunehmen. Die Produktqualität wird unter diesem Entwicklungspfad aber weiterhin als zufriedenstellend bewertet (Pfeil nach rechts).

In dem Entwicklungspfad Agriculture kommt es zu geringeren Rückständen von Pflanzenschutz- und Tierarzneimitteln, da deren Einsatz insgesamt sinken wird. Damit sinkt auch die Wahrscheinlichkeit, dass entsprechende Belastungen bei Lebensmitteln auftreten. Auch Verunreinigungen mit GMO werden abnehmen – zumindest sofern der Anbau entsprechender Pflanzen in Deutschland verboten bleibt – da mit geringeren Futterimporten aus GMO-anbauenden Ländern auch das Auftreten von GMO-Verunreinigungen in Deutschland abnimmt. Die Belastungen mit Mykotoxinen werden auf dem heutigen Niveau bleiben. Insgesamt werden die Belastungen bei Lebensmitteln mit Rückständen und Kontaminanten unter dem Entwicklungspfad Agriculture weiter abnehmen (Pfeil nach oben).

5.3 Unternehmensführung

5.3.1 Internalisierung von externen Kosten

Die Umweltpolitik basiert auf dem Verursacher-, Kooperations- und Vorsorgeprinzip. Dabei besagt das Verursacherprinzip, dass der Urheber einer Umweltbelastung die Kosten der Vermeidung oder Beseitigung zu tragen hat. Die landwirtschaftliche Produktion kann sowohl mit der Entstehung von Gemeinwohlleistungen, aber auch mit der Entstehung von Umweltschäden verbunden sein. So verursacht bspw. der Eintrag reaktiver Stickstoffverbindungen in Europa externe Kosten in Höhe von 70 bis 320 Mrd. Euro bzw. 0,5 bis 3,0 % des europäischen Bruttoinlandsproduktes. Der erhöhte Wert der durch den Stickstoffeinsatz produzierten Agrarprodukte beträgt jedoch lediglich 45 bis 180 Mrd. Euro (Sutton et al. 2011). Im Bereich der Trinkwasseraufbereitung aufgrund von Nitrat- und Pflanzenschutzmittelbelastungen werden Kosten (Betriebs- und Investitionskosten) von 0,55 bis 1,11 €/m³ Trinkwasser geschätzt (Oelmann et al. 2017a). So können in Abhängigkeit der Ausgangssituation jährliche Mehrkosten für einen Drei-Personen-Haushalt von 19 bis 49 % entstehen, für einen Sechs-Personen-Haushalt kann dieser Wert zwischen 24 und 62 % liegen (Oelmann et al. 2017b). Auch die Bestäubungsleistungen von Insekten können durch die Landwirtschaft negativ beeinflusst werden. Dabei wird der Wert der bestäubungsabhängigen Produktion auf 1,13 Mrd. Euro geschätzt – bei einem Gesamtwert der Produktion im Sektor Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei von 52 Mrd. Euro im Jahr 2015 (Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2017). Diese durch die landwirtschaftliche Produktion verursachten externen Kosten werden großenteils jedoch nicht internalisiert, was auch die negativen Umweltentwicklungen im landwirtschaftlichen Sektor im Wesentlichen ermöglicht hat. Die Situation wird daher im Status quo mit unbefriedigend (rot) bewertet.

In dem Entwicklungspfad Farming wird es weiterhin zur Entstehung negativer externer Effekte kommen. Dies beruht bspw. darauf, dass in diesem Entwicklungspfad die Schließung von Stoffkreisläufen nicht wesentlich vorangetrieben wird. Auch ist der Entwicklungspfad so formuliert, dass die Erbringung von Gemeinwohlleistungen nicht priorisiert wird. Die Bewertung des Indikators wird sich im Vergleich zum Status quo damit verschlechtern (Pfeil nach unten). Im Gegensatz dazu, ist der Entwicklungspfad Agriculture so formuliert, dass die Erbringung von Gemeinwohlleistungen ein zentraler Bestandteil des Entwicklungspfades ist und damit z. B. die Schließung von Stoffkreisläufen eher realisiert wird. Im Vergleich zum Status quo verbessert sich daher die Bewertung des Indikators (Pfeil nach oben).

Allerdings liegt die Frage der Internalisierung externer Effekte in erster Linie in der politischen Hand und wird durch die Gestaltung der Rahmenbedingungen beeinflusst. Die entsprechende Formulierung des Ordnungsrechtes, begleitet von angemessenen Kontrollen und Sanktionen, führt dazu, dass die Entstehung von Umweltschäden auf Kosten des landwirtschaftlichen Sektors vermieden wird. Anzumerken ist jedoch, dass diese Aufhebung des Regelungs- und Vollzugsdefizites in einigen Bereichen zu einem Strukturwandel führen wird. Soll dies vermieden werden, sind wiederum entsprechende flankierende Instrumente z. B. zur Investitionsförderung zu formulieren. Auch kann die

Durchsetzung des Verursacherprinzips zu höheren Erzeugerpreisen führen, da die landwirtschaftlichen Produktionskosten ansteigen. Allerdings ist hierzu anzumerken, dass die Aufwendung von Steuergeldern zur Reparatur der durch die landwirtschaftliche Produktion verursachten Schäden abnehmen wird.

5.3.2 Gesellschaftliche Erwartungen

Teile der Gesellschaft setzen sich zunehmend kritische mit dem Ernährungssystem und der landwirtschaftlichen Produktion auseinander. So wird im Rahmen der Naturbewusstseinsstudie 2015 ein „Unbehagen der Bevölkerung gegenüber der industrialisierten landwirtschaftlichen Produktion“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2016) festgestellt und auch eine Studie von Zander et al. (2013) sieht eine „überwiegend ablehnende oder kritische Haltung zu den Themenfeldern Agrarstrukturwandel und Schweinehaltung“, die neben der Biogas-Erzeugung zu den untersuchten Themenfeldern gehören. 26 % der befragten Deutschen sehen intensive Landwirtschaft¹³, Entwaldung und Überfischung als größte Bedrohung für die Biodiversität (Europäische Kommission 2010). So wird die chemische Schädlingsbekämpfung, die gentechnische Veränderung von Pflanzen und die Verwendung von Kunstdünger als kritisch bewertet (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2016) und z. B. die Schweinehaltung als nicht artgerecht wahrgenommen (Zander et al. 2013). Mehrheitlich wird die Berücksichtigung des Tierwohls, die Berücksichtigung von Naturschutzaspekten bei betrieblichen Entscheidungen, die Ausdehnung des Ökolandbaus (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2016), ein größeres Platzangebot und Auslauf in der Tierhaltung, die Bereitstellung von Beschäftigungsmaterial, der Verzicht auf gentechnisch veränderte Futtermittel und das Verbot des betäubungslosen Eingriffs am Tier gefordert (Zander et al. 2013). Die Befragten befürworten sowohl strengere Regeln und Gesetze als auch die konsequentere Prüfung der Einhaltung und die Verhängung von Sanktionen. So halten es ca. 90 % der Deutschen für gerechtfertigt, dass Zuschüsse für Landwirte reduziert werden, wenn Tierschutz-, Umweltschutz- und Lebensmittelstandards nicht eingehalten werden (Europäische Kommission 2016). Die Zahlung von Subventionen an die Landwirtschaft wird von den Befragten jedoch häufig unterstützt. 42 % der Deutschen finden die finanzielle Unterstützung der Landwirte durch die EU angemessen, 20 % empfinden sie als zu niedrig (Europäische Kommission 2016). Dabei werden entsprechende Natur- und Tierschutzaufgaben gefordert (Zander et al. 2013). Feststellen lässt sich auch, dass weite Teile der Bevölkerung über einen „geringen Kenntnisstand über die tatsächlichen Verhältnisse der Landwirtschaft“ verfügen (Zander et al. 2013). Allerdings gehen die Autoren der Studie nicht davon aus, dass ein „verbessertes Kenntnisstand der Bevölkerung automatisch zu einer günstigeren gesellschaftlichen Beurteilung bestimmter Erscheinungsformen der modernen Landwirtschaft führt, da insbesondere Bürger mit einem hohen Wissensstand die moderne Landwirtschaft kritisch beurteilen“ (Zander et al. 2013).

Da vielfach gesellschaftliche Kritik an den landwirtschaftlichen Produktionsmethoden geäußert wird, ihre Leistungen jedoch auch anerkannt werden, wird die Situation im Status quo mit weniger zufriedenstellend (orange) bewertet. In dem Entwicklungspfad Farming werden weitere Intensivierungsschritte vollzogen, die die gesellschaftliche Kritik weiter bestärken werden und den Erwartungen der Gesellschaft widersprechen. Auf der anderen Seite werden Lebensmittel in großen Mengen zu günstigen Preisen und guter Produktqualität zur Verfügung stehen. Die Bewertung des Indikators verändert sich daher unter diesem Pfad im Vergleich zum Status quo nicht (Pfeil nach rechts). Unter dem Entwicklungspfad Agriculture werden die Erwartungen der Gesellschaft an die Landwirtschaft zunehmend befriedigt. So wird z. B. der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln

¹³ Bei den befragten Bürgern fängt Massentierhaltung schon bei 5.000 Masthühnern und 1.000 Mastschweinen an (Kayser, M. und A. Spiller 2011)

reduziert und Verbesserungen in Richtung mehr Tierwohl durchgeführt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Entwicklungen schon in der Definition des Entwicklungspfades begründet sind. Im Vergleich zum Status quo verbessert sich damit die Bewertung des Indikators (Pfeil nach oben).

5.4 Soziales Wohlergehen

5.4.1 Ernährungssicherheit

Die Produktivität der deutschen Landwirtschaft ist in der Vergangenheit fast kontinuierlich gestiegen. So stiegen bspw. die Weizen- und Gerstenerträge von 1960 bis 2016 um den Faktor 2,3 (Statista 2017). Die Netto-Nahrungsmittelproduktion ausgedrückt in Getreideeinheiten hat zwischen den Wirtschaftsjahren 2008/2009 und 2014/2015 von 89.117.000 Tonnen auf 105.065.000 Tonnen zugenommen (Bundesministerien für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2017b). Der Nahrungsmittelselbstversorgungsgrad Deutschlands betrug 2013/2014 unter Berücksichtigung der Erzeugung aus Auslandsfuttermittel 99 % und ohne die Erzeugung aus Auslandsfuttermittel 92 % (ebd.). Im Bereich der pflanzlichen Erzeugung sind vor allem die Selbstversorgungsgrade von Gemüse (36 %) und Obst (18 %) gering. In der tierischen Erzeugung liegen die Selbstversorgungsgrade mit Ausnahme von Eiern und Eierzeugnissen (70 %) sowie Fisch- und Fischerzeugnissen (Fanggewicht) (22 %) vielfach über 100 % (ebd.). Die Ernährungssicherheit lässt sich damit im Status quo als zufriedenstellend (grün) bewerten.

Unter dem Entwicklungspfad Farming werden die Selbstversorgungsgrade aufgrund von weiteren Produktionssteigerungen im Pflanzenbau und in der Tierhaltung weiter zunehmen, sodass eine Verbesserung gegenüber dem Status quo eintritt (Pfeil nach oben). Im Vergleich dazu werden unter dem Entwicklungspfad Agriculture keine weiteren Produktionssteigerungen und Steigerungen der Selbstversorgungsgrade erwartet. Es wird jedoch angenommen, dass es trotz sinkendem Einsatz von mineralischen Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln zu keinem Rückgang der Erträge kommt. Dies wird dadurch begründet, dass es aufgrund der regionalen Verteilung der Tierbestände zu einer gleichmäßigeren Verteilung von organischem Dünger kommt und die Nährstoffeffizienz aufgrund angepasster Düngungspraktiken weiter verbessert werden kann (siehe auch Indikator Effizienz der Flächen-, Energie-, Materialnutzung). Eine Ausdehnung von Fruchtfolgen und gezielte Maßnahmen zur Erbringung von Gemeinwohlleistungen tragen des Weiteren dazu bei, dass bspw. das Potenzial funktionaler Biodiversität (wie Bestäuber- und Nützlingsförderung) genutzt werden kann. Darüber hinaus werden weitere züchterische Fortschritte erwartet. Die Selbstversorgungsgrade in der tierischen Erzeugung werden tendenziell zurückgehen, aber da sie derzeit meist über 100 % liegen, ist davon auszugehen, dass dies auf die Ernährungssicherheit der Bevölkerung Deutschlands keine Auswirkungen hat. Neuere Entwicklungen, die auf sehr lokaler Ebene eine hohe Selbstversorgung mit Lebensmitteln anstreben, wie z. B. Projekte der solidarischen Landwirtschaft und des urbanen Gärtnerns, können in dem Entwicklungspfad Agriculture Raum finden, um sich zu entfalten, und können so zur Ernährungssicherheit auf lokaler Ebene beitragen (wenn auch derzeit für einen eher kleinen Teil der Bevölkerung). So kommt es im Vergleich zum Status quo zu keiner Veränderung der Indikatorausprägung (Pfeil nach rechts).

5.4.2 Erfahrungswissen

Der Indikator gibt Auskunft darüber, inwiefern das landwirtschaftliche Erfahrungswissen erhalten und weitergegeben wird. Bisher wird dieser Indikator meist in Zusammenhang mit indigenem Wissen gesehen, dessen Erhalt auch in den Sustainable Development Goals (SDGs) sowie in der Präambel und in Art. 8(j) der Biodiversitätskonvention angesprochen ist. Der Erhalt von Erfahrungswissen ist jedoch nicht nur in Ländern relevant, in denen z. B. das Wissen um die medizinische Nutzung von Pflanzen in indigenem Wissen „gespeichert“ ist, sondern auch in „westlichen“ Ländern. Dabei ist Erfahrungswissen dadurch gekennzeichnet, dass es direkt im Arbeitsprozess, in spezifischen sozialen und physischen Umweltsituationen generiert wird (Kloppenburg 1991). „Erfahrungswissen wird als in Geschichten gefasstes, verzweigte Erzählstränge integrierendes Wissen beschrieben, das sowohl den

etablierten Wissenskanon, als auch subjektivbezogene Wissensformen aus einer individuellen Perspektive (...) umfasst“ (Timmermann et al. 2006). „Erfahrungswissen entpuppt sich dabei als eine besondere Art der Auseinandersetzung mit der Umwelt und als eine besondere Handlungsweise“ (Böhle 2017). Dabei erfolgt der Prozess der Wissensweitergabe in erster Linie mündlich. „Die Gegenwärtigkeit und gekonnte Integration aller Zeit-, Raum- und Wissens Ebenen in einer Entscheidungssituation macht letztlich das kompetente (...) Entscheidungshandeln aus und begabt den erfahrenen (Landwirt) mit dem „(Landwirte)blick“. (...) Wissenschaftliches Wissen, Erfahrungswissen und subjektive Wissensdimensionen sind dabei nicht gegenläufige, sondern sich ergänzende Wissensfelder“ (Timmermann et al. 2006). Um eine Bewertung des Indikators vornehmen zu können, werden im Folgenden die Entwicklung der Anzahl an Landwirten, die Haltung bzw. der Anbau vom Aussterben bedrohter Rassen und Kulturen sowie der Einsatz „intelligenter Technik“ betrachtet.

Im Status quo zeigt sich, dass der Strukturwandel in Deutschland kontinuierlich voranschreitet und die Anzahl der Betriebe ab 5 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche in Deutschland zwischen 1995 und 2013 um 132.795 auf 260.400 Betriebe abgenommen hat (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2015a). Auch die Anzahl der in der Landwirtschaft Beschäftigten hat kontinuierlich abgenommen (siehe Kapitel 5.2.4). Da Erfahrungswissen häufig an Hofnachfolger weitergegeben wird, ist auch die Frage der Hofnachfolge relevant. Jedoch haben zunehmend weniger Betriebe in der Rechtsform Einzelunternehmer mit einem Betriebsinhaber, der 45 Jahre oder älter ist, einen Hofnachfolger. 1999 gaben 34,6 % dieser Betriebe an, einen Hofnachfolger zu haben, 2010 lag dieser Wert nur noch bei 30,6 % (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2015b). Zu berücksichtigen ist, dass die statistischen Daten keine Aussage über familiäre oder außerfamiliäre Hofnachfolge zulassen, doch auch die außerfamiliäre Hofnachfolge kann durchaus die Weitergabe von Erfahrungswissen sichern. Eine geringe Anzahl von Hofnachfolgern bedeutet jedoch die Aufgabe der Betriebe und die Übernahme von Flächen (und u. U. Technik und Ställen) durch wachsende Betriebe. Dies bedeutet, dass es immer weniger Landwirte gibt, die über Erfahrungswissen verfügen können, und dass auch die Weitergabe des Erfahrungswissens vielfach unsicher ist. Im Zusammenhang mit der Weitergabe von Erfahrungswissen ist auch von Bedeutung, dass weiterhin Erfahrungen z. B. mit der Haltung vom Aussterben bedrohter Rassen oder dem Anbau von alten, seltenen Kultursorten gemacht werden. In diesem Bereich ist ebenfalls wichtig, dass ein breites genetisches Potenzial erhalten wird, aber auch genetische Anpassungen z. B. an heutige Umweltsituationen möglich sind. Es zeigt sich jedoch, dass je nach bedrohter Tierrasse die Anzahl der Tiere mit einigen wenigen bis mehreren Hundert Exemplaren¹⁴ teils sehr gering ist (Gesellschaft zur Erhaltung alter und gefährdeter Haustierrassen e. V. (GEH) 2017). Insgesamt gelten 50 der 63 heimischen Tierrassen, auch durch geringe genetische Populationsdichten, als gefährdet (Bundesamt für Naturschutz (BfN) 2014c). Im Ackerbau werden auf 85 % der Ackerfläche nur noch neun Fruchtarten angebaut. Insbesondere im Getreideanbau wird die „Generosion“ als besonders hoch eingeschätzt (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) 2007). Zunehmend beeinflusst auch „intelligente Technik“ die Entscheidungsfindung oder nimmt den Landwirten die Entscheidungsfindung ab. Dies kann u. a. mit positiven Effekten auf den Natur- und Umweltschutz verbunden sein, aber auch zu einer Entfremdung der Landwirte von ihren Arbeitsprozessen führen, wie das in anderen Branchen schon Realität ist (Netzwerk Ethik Heute o. J.). Es ist davon auszugehen, dass sich mit zunehmendem Einsatz von intelligenter Technik, das Erfahrungswissen zumindest verändert, aber auch die Gefahr besteht, dass bisheriges Erfahrungswissen verloren geht – auch da es häufig nur mündlich weitergegeben wird. Dies schließt

¹⁴ Beispiele:

- Ansbach-Triesdorfer: zurzeit ca. 14 Bullenkälber
- Hinterwälder: zurzeit 1798 Mutterkühe
- Bronzeputen: 592 Puten

insbesondere auch Erfahrungswissen ein, dessen Bedeutung zum heutigen Zeitpunkt evtl. gar nicht bewusst ist. Die Ausprägung des Indikators im Status quo wird als weniger zufriedenstellend (orange) bewertet.

Es ist davon auszugehen, dass sich unter dem Entwicklungspfad Farming der Strukturwandel fortsetzt und dass die Anzahl an Landwirten weiter abnehmen wird. Auch die Haltung von seltenen Tierrassen wird weniger häufig stattfinden, da vorwiegend die Steigerung des Leistungsniveaus – in Form von Tagesleistungen – im Vordergrund steht, welche insbesondere mit der Haltung weniger Hochleistungsrassen zu erreichen ist. Dies betrifft auch den Pflanzenbau, in dem ebenfalls in erster Linie wenige Hochleistungssorten angebaut werden. Der Grad der Technisierung und Digitalisierung landwirtschaftlicher Betriebe wird weiter zunehmen (Nieberg und Forstner 2013). Im Vergleich zum Status quo wird sich die Ausprägung des Indikators damit weiter verschlechtern (Pfeil nach unten).

Es wird erwartet, dass sich der Strukturwandel in dem Entwicklungspfad Agriculture verlangsamt und die Zahl an Landwirten damit nicht so stark abnimmt. In dem Entwicklungspfad werden häufiger vom Aussterben bedrohte Tierrassen gehalten und seltene Kulturen angebaut. Dies ist auch damit zu begründen, dass weniger die Tages- als die Lebensleistung in der Tierhaltung als Entscheidungsgrundlage dient und dass im Pflanzenbau die Fruchtfolgen gezielt ausgeweitet werden. Der Grad der Technisierung wird etwa dem heutigen Niveau entsprechen, wobei durchaus „intelligente Technik“ mit der Zielsetzung der Ressourcenschonung (Umwelteffekte minimieren und Tierschutz maximieren) zum Einsatz kommt. Die Ausprägung des Indikators verändert sich damit zusammenfassend unter dem Entwicklungspfad Agriculture im Vergleich zum Status quo nicht (Pfeil nach rechts).

5.5 Zusammenfassende Bewertung

Das Ergebnis zeigt, dass sieben Indikatoren im Status quo mit rot, d. h. unbefriedigend, bewertet werden. Weitere 18 Indikatoren werden mit orange (weniger zufriedenstellend) und zwei Indikatoren mit grün (zufriedenstellend) bewertet. Es zeigt sich, dass eine unbefriedigende Situation (rot) bei der Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen, bei den Wirkungen auf Habitat- und Artenvielfalt sowie bei Agro-Biodiversität und bei der Abhängigkeit von Futtermittelimporten auftritt. Zufriedenstellend wird im Status quo die Produktqualität und die Ernährungssicherheit für Deutschland bewertet. Tabelle 4 zeigt zusammenfassend die angenommenen Veränderungen unter den zwei Entwicklungspfaden Farming und Agriculture im Vergleich zum Status quo. Dabei ist zu berücksichtigen:

- Es handelt sich um eine durchschnittliche bzw. auf den Sektor aggregierte Bewertung der Landwirtschaft in Deutschland auf der Basis der Literatur.
- Betriebliche und regionale Unterschiede werden nicht dargestellt. Das heißt, dass es sowohl Betriebe als auch Regionen in Deutschland gibt, bei denen sich die Bewertung anders als in der Tabelle gekennzeichnet darstellt.

Tabelle 4: Bewertung der Entwicklungspfade mittels ausgewählten Indikatoren

Indikator	Status quo	Farming	Agriculture
Ökologische Integrität			
<i>Treibhausgase</i>			
Entstehung von Treibhausgasen		↑	↑
<i>Luftqualität</i>			
Emissionen von Luftschadstoffen		↑	↑

Indikator	Status quo	Farming	Agriculture
<i>Qualität der Gewässer</i>			
Eintrag von Stickstoff in Gewässer		→	↑
Eintrag von Phosphor in Gewässer		↓	↑
Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer		→	↑
Eintrag von Schwermetallen in Gewässer		↓	↑
Eintrag von Tierarzneimitteln in Gewässer		→	↑
<i>Materialnutzung</i>			
Stickstoffbilanzen		→	↑
Phosphorbilanzen		↓	↑
Effizienz der Flächen-, Energie-, Materialnutzung		→	→↑
<i>Bodenqualität</i>			
Entstehung von Erosion		→↓	↑
Entstehung von Bodenschadverdichtung		→	→
Humusbilanz und Bodenfruchtbarkeit		→	↑
Immissionen in den Boden		→	→
<i>Wirkungen auf die biologische Vielfalt</i>			
Vorkommen von Habitaten in der Agrarlandschaft		↓	↑
Artenvielfalt in der Agrarlandschaft		↓	↑
Agro-Biodiversität		↓	↑
<i>Weitere Indikatoren zur Ökologischen Integrität</i>			
Wirkungen auf das Landschaftsbild		↓	↑
Tiergesundheit/Tierwohl		→	↑
Ökonomische Resilienz			
Kapitalintensität		Die Kapitalintensität nimmt zu	Die Kapitalintensität nimmt ab
Arbeitsintensität		Die Arbeitsintensität nimmt ab	Die Arbeitsintensität nimmt zu
Abhängigkeit von Futtermittelzukaufen		↓	↑

Indikator	Status quo	Farming	Agriculture
Diversität der landwirtschaftlichen Produktion		↓	↑
Regionale Wertschöpfung		↓	↑
Produktqualität		→	↑
Unternehmensführung			
Internalisierung von externen Kosten		↓	↑
Gesellschaftliche Erwartungen		→	↑
Soziales Wohlergehen			
Ernährungssicherheit		↑	→
Erfahrungswissen		↓	→

↑ Verbesserung

↓ Verschlechterung

→ keine Veränderung

6 Diskussion der Ergebnisse

Für die vorliegende Untersuchung wurden zwei Entwicklungspfade der Landwirtschaft – Farming und Agriculture – anhand eines Sets von 29 Indikatoren bewertet. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass in der analysierten Literatur ausformulierte Beschreibungen dieser Entwicklungspfade in dem Detaillierungsgrad, wie er für die Anwendung des Indikatorensystems notwendig ist, nicht vorlagen. Die beiden betrachteten Entwicklungspfade wurden begrifflich von Franz Fischler, ehemaliger EU-Agrarkommissar, geprägt und für das vorliegende Projekt eingehender charakterisiert. Dabei ergeben sich durch die Beschreibung auch Rückwirkungen auf die Bewertung. Um durch die Beschreibung die Bewertung nicht schon vorwegzunehmen, wurden die einzelnen Arbeitsschritte des Projektes in einem intensiven Austausch und iterative Rückkopplungen eng mit der wissenschaftlichen Begleitgruppe, bestehend aus Prof. Dr. Alois Heißenhuber, ehemaliger Ordinarius am Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus an der Technischen Universität München sowie Vorsitzender der KLU, Prof. Dr. Hubert Wiggering, Professor für Geoökologie an der Universität Potsdam und stellvertretender Vorsitzender der KLU, sowie Dr. Matthias Stolze, Leiter des Departments für Sozioökonomie am Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL in Frick, Schweiz, abgestimmt.

Die Analyse der Literatur hinsichtlich der Definition von Entwicklungspfaden für die Landwirtschaft hat gezeigt, dass solche Definitionen bisher weitestgehend nicht vorliegen. Die in der Literatur beschriebenen Szenarien für die Landwirtschaft sind Ergebnisse variiert Rahmenbedingungen, z. B. in Bezug auf die Bevölkerungsentwicklung, Klimaveränderungen oder Änderungen der Konsumgewohnheiten. Die Ausprägung des landwirtschaftlichen Sektors ergibt sich damit durch die (aktive) Gestaltung von Rahmenbedingungen. Des Weiteren existiert eine Vielzahl an relevanter Literatur, die eine Reihe von Forderungen bzgl. einzelner Maßnahmen an die Landwirtschaft stellt – z. B. die nachhaltiger Intensivierung – ohne jedoch ein detailliertes Gesamt-„Bild“ zu formulieren. Die Literaturanalyse zeigt damit, dass ein Narrativ für die Entwicklung der Landwirtschaft in Deutschland – auch als Leitbild – bisher fehlt.

Die zwei ausgewählten Entwicklungspfade der Landwirtschaft spannen einen „Raum“ an Entwicklungspfaden auf und können als „Eckpunkte“ dieses Entwicklungsraums aufgefasst werden. Weitere Entwicklungspfade, wie z. B. eine Ausdehnung des ökologischen Landbaus, horizontale

Landwirtschaft, urbane und solidarische Landwirtschaft, wurden im vorliegenden Projekt nicht berücksichtigt, sie können jedoch zukünftig in ähnlicher Weise bewertet werden. Hierfür ist es jedoch notwendig, diese Entwicklungspfade entsprechend des geforderten Detaillierungsgrades zu beschreiben. Diese weiteren Pfade können jedoch auch als Sub-Pfade angesehen werden, deren Ausprägung sowohl in die eine als auch in die andere „Ecke“ des Entwicklungsraums tendieren kann. So kann der ökologische Landbau Züge von Farming annehmen, wenn zwar ökologisch, aber sehr intensiv gewirtschaftet wird. Gleichzeitig kann der ökologische Landbau jedoch auch dem Entwicklungspfad Agriculture zugeordnet werden, wenn er sehr extensiv betrieben wird und die Gemeinwohlproduktion eine wichtige Rolle spielt. In ähnlicher Weise gilt dies auch für die anderen Sub-Pfade. Um die Gegensätze der landwirtschaftlichen Entwicklungspfade darstellen zu können, erfolgte im vorliegenden Projekt eine Beschränkung auf die Pfade Agriculture und Farming.

Der Entwicklungspfad Farming kann mit dem Stichwort Kostenführerschaft überschrieben werden, in der der Produktion von agrarischen Rohstoffen in großen Mengen zu günstigen Preisen das Hauptaugenmerk zukommt. Es kann angenommen werden, dass eine Fortschreibung des Status quo in weiten Teilen der Landwirtschaft dem Entwicklungspfad Farming nahekommen würde. Dies deuten die Entwicklungen der Vergangenheit sowie auch aktuelle Entwicklungen an, in denen die Steigerung der Produktivität und der landwirtschaftlichen Produktion im Vordergrund stehen. Die Erbringung von Gemeinwohlleistungen, insbesondere als Koppelprodukte der landwirtschaftlichen Produktion, verliert dabei zunehmend an Bedeutung. Diese Entwicklungen werden gesellschaftlich vielfach abgelehnt. Es sind jedoch in Nischen aktuell auch Entwicklungen in Richtung des Entwicklungspfades Agriculture zu beobachten. Diese können durch den Begriff Umwelt- und Qualitätsführerschaft gekennzeichnet werden, wobei neben der Rohstoffproduktion der Erbringung von Gemeinwohlleistungen eine zentrale Bedeutung zukommt. So findet bspw. die solidarische Landwirtschaft als gemeinschaftliche von Landwirten und Verbrauchern getragene Landwirtschaft nach strengen ökologischen und sozialen Kriterien immer mehr Anhänger. Dennoch kann der Entwicklungspfad Agriculture unter dem Gesichtspunkt der Erbringung von Gemeinwohlleistungen vielfach als „Wunsch-“ bzw. „Idealbild“ der Landwirtschaft eines Teils der Gesellschaft bezeichnet werden, das bisher nur in kleinen Bereichen realisiert werden konnte.

Die Bewertung der beiden Entwicklungspfade erfolgt als Vergleich zum Status quo (Verbesserung, Verschlechterung, keine Veränderung). Dabei bezeichnet der Status quo den Durchschnitt der aktuell vorkommenden landwirtschaftlichen Produktionssysteme wie er sich in Deutschland darstellt. D. h. im Status quo wird keine betriebliche oder regionale Differenzierung nach Produktionssystemen und nach den damit verbundenen Wirkungen vorgenommen, sondern es erfolgt eine Betrachtung der Gesamtsituation des Sektors Landwirtschaft.

Die Bewertung des Status quo anhand des Indikatorsystems zeigt, dass eine Vielzahl an Indikatoren als nicht bzw. weniger zufriedenstellend, d. h. mit rot oder orange, bewertet werden. Lediglich zwei Indikatoren, Produktqualität und Ernährungssicherheit, werden mit grün bewertet. Die Bewertung zeigt damit zusammenfassend die vielfältigen Probleme der Landwirtschaft, die nicht nur Wirkungen auf Natur und Umwelt umfassen, sondern auch z. B. Wirkungen auf das Tierwohl und die ökonomische Situation der landwirtschaftlichen Betriebe. Es kann damit daraus geschlossen werden, dass sich die Landwirtschaft in einem Spannungsfeld zwischen gesellschaftlichen Anforderungen und einzelbetrieblichen ökonomischen Zwängen befindet. Die nicht zufriedenstellende Bewertung des Status quo ist auch darauf zurückzuführen, dass vorhandene Grenzwerte vielfach nicht eingehalten werden, aber auch dass in einigen Bereichen keine Grenzwerte vorliegen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass es nicht durchaus auch landwirtschaftliche Betriebe und Regionen gibt, deren Situation sich sowohl aus Sicht des Natur-, Umwelt- und Tierschutzes als auch aus Sicht der ökonomischen Tragfähigkeit positiv darstellen.

Die beiden Entwicklungspfade wurden auf Sektorebene hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die Nachhaltigkeit anhand eines Indikatorensets bewertet. Dabei wurde betrachtet, inwieweit der

Entwicklungspfad das Potenzial hat, zu einer Verschlechterung, Verbesserung oder zu keiner Veränderung im Vergleich zum Status quo beizutragen. Der Grad der Veränderung wird aber nicht angezeigt. D. h. eine Verschlechterung oder Verbesserung im Vergleich zum Status quo bedeutet noch nicht notwendigerweise, dass der Indikator in den roten oder grünen Bewertungsbereich wechseln würde.

Das Indikatorenset berücksichtigt zwar alle drei Säulen der Nachhaltigkeit, weist jedoch einen Schwerpunkt im Bereich der Umweltindikatoren auf, so wie es vom Auftraggeber gefordert war. Das im Rahmen dieses Projektes verwendete Indikatorenset wurde abgeleitet aus dem Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA) der FAO, der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie, dem DLG Nachhaltigkeitsbericht, dem DLG Zertifizierungssystem „Nachhaltige Landwirtschaft“ und dem Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft (KSNL), entwickelt an der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL). Dabei wurden diejenigen Indikatoren ausgewählt, für die auf Ebene des landwirtschaftlichen Sektors – nicht auf Ebene des landwirtschaftlichen Betriebes – eine Aussage gemacht werden konnte. Indikatoren wie der Verbraucherpreis oder das mögliche Exportvolumen wurden nicht als separate Indikatoren betrachtet, da diese in den verwendeten Indikatorenssystemen nicht aufgeführt waren. Die Indikatoren differieren hinsichtlich ihres Detaillierungsgrades. Einige Indikatoren können sehr detailliert beschrieben werden, während bei anderen nur eine grobe Annäherung möglich ist. Auch kann zwischen quantitativ bewertbaren Indikatoren und Indikatoren, die eher durch eine qualitative Beschreibung bewertet werden, unterschieden werden. Einige Indikatoren, wie z. B. Gesellschaftliche Erwartungen und Erfahrungswissen, könnten evtl. auch zur Beschreibung des Ergebnisses der Nachhaltigkeitsbewertung anstatt als Indikator genutzt werden. Die Bewertung der Indikatorenausprägung im Rahmen der beiden Entwicklungspfade Farming und Agriculture erfolgt auf einer qualitativen Basis. Quantitative Angaben konnten in der Literatur nicht gefunden werden, bzw. waren die zur Ableitung quantitativer Angaben notwendigen methodischen Arbeitsschritte im Rahmen des Projektes zeitlich nicht zu leisten.

Die Bewertung zeigt an, in welchen Bereichen der Entwicklungspfade Nachhaltigkeitsdefizite bestehen und in welchen Bereichen der Zustand der Nachhaltigkeit schon zufriedenstellend ist. Damit weist die Bewertung darauf hin, welche Bereiche zu verbessern sind, damit der Entwicklungspfad den Anforderungen einer nachhaltigen Landwirtschaft entspricht. Es wird somit notwendig sein, die Entwicklungspfade unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten weiterzuentwickeln und die entsprechenden Rahmenbedingungen zu formulieren, die dann eine erwünschte Entwicklung der Pfade unterstützen können.

In dem Entwicklungspfad Farming wird bei drei Indikatoren eine Verbesserung im Vergleich zum Status quo festgestellt. Dies betrifft die Indikatoren Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen sowie Ernährungssicherheit. Der Ausstoß von Treibhausgasen verringert sich in dem Entwicklungspfad aufgrund der sinkenden Tierzahlen, begründet durch Leistungssteigerungen und technische Verbesserungen bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. Leistungssteigerungen sowie angepasste Fütterungsmethoden und technische Weiterentwicklungen im Bereich der emissionsarmen Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln und organischen Düngern und im Bereich der Stalltechnik führen auch im Bereich der Luftschadstoffe zu sinkenden Emissionen. Die Ernährungssicherheit verbessert sich, da in dem Pfad die Produktionsmengen weiter steigen. Dabei ist festzuhalten, dass dieser Indikator schon im Status quo als zufriedenstellend bewertet wurde und eine weitere Verbesserung nicht unbedingt notwendig erscheint.

Bei 12 Indikatoren tritt unter dem Entwicklungspfad Farming im Vergleich zum Status quo jedoch eine Verschlechterung auf. Besonders negativ ist dabei die weitere Verschlechterung von fünf der sieben im Status quo mit rot bewerteten Indikatoren anzusehen. Dies betrifft die Indikatoren Wirkungen auf Habitat- und Artenvielfalt sowie Agro-Biodiversität, Abhängigkeit von Futtermittelzukaufen und Internalisierung von externen Kosten. Doch auch die weitere Verschlechterung von acht im Status quo

mit orange bewerteten Indikatoren ist kritisch zu sehen, da dies durchaus zu einer unzureichenden Situation (rot) führen könnte.

Unter dem Entwicklungspfad Agriculture kommt es zur Verbesserung von 22 von 29 Indikatoren. Dies ist verständlich, da der Pfad so formuliert wurde, dass insbesondere vermehrt Gemeinwohlleistungen erbracht werden. Bei vier Indikatoren wurde keine Veränderung hinsichtlich des Status quo festgestellt. Dies betrifft die Indikatoren: Entstehung von Bodenschadverdichtung, Imissionen in den Boden, Erfahrungswissen und Ernährungssicherheit. Insbesondere der letztgenannte Indikator bedarf dabei auch nicht notwendigerweise einer Verbesserung, wenn nicht die Exportorientierung der deutschen Landwirtschaft weiter gestärkt werden soll. Dies kann u. U. zum Thema werden, wenn deutsche und europäische Exporte aus Sicht prekärer Situationen der Nahrungsmittelversorgung in anderen Teilen der Welt notwendig erscheinen. Allerdings existiert eine Vielzahl von Literatur und Expertenmeinungen, die zuvorderst die Steigerung der Produktion in den betroffenen Ländern als Lösungsansatz sehen. Der Indikator Ernährungssicherheit wurde im Status quo mit grün bewertet, sodass keine Veränderung weiterhin eine zufriedenstellende Situation, zumindest mit Blick auf die Situation in Deutschland, bedeutet. Unter dem Status quo konnte den Indikatoren Kapitalintensität und Arbeitsintensität keine Bewertung zugewiesen werden.

Der Entwicklungspfad Farming ermöglicht eine weitere Steigerung der Produktivität sowie der erzeugten Lebensmittelmenge zu geringen Produktionskosten und Verbraucherpreisen. Damit wirkt sich dieser Pfad nochmals positiv auf die Ernährungssituation aus, die allerdings bereits bei der Bewertung des Status-quo mit grün bewertet wurde. Es ist daher zu klären, wie relevant eine weitere Verbesserung der Ernährungssicherheit innerhalb Deutschlands tatsächlich ist, denn die weitere Steigerung der Produktivität führt häufig zu negativen Wechselwirkungen mit anderen Indikatoren. Diese Entwicklungen werden im Wesentlichen durch die Externalisierung von Kosten sowie der Realisierung von Skaleneffekten erreicht. Aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten kann der Entwicklungspfad Farming nicht als erwünscht erscheinen und stellt damit keine anzustrebende Zukunftsoption der Landwirtschaft dar. Hierfür wären Weiterentwicklungen am Entwicklungspfad Farming notwendig, sodass dieser zwar dem Prinzip der Kostenführerschaft folgt, jedoch Leitplanken der Nachhaltigkeit einhält. Um dies zu erreichen, sind die gesetzlichen Mindeststandards, das Ordnungsrecht, entsprechend weiterzuentwickeln, damit durch die Einhaltung der Mindeststandards/Leitplanken ein ausreichend guter Zustand der Nachhaltigkeit erreicht wird. Eine Rolle zur Verbesserung der Nachhaltigkeitssituation der Landwirtschaft können auch private Standards z. B. des Lebensmitteleinzelhandels spielen, wobei der einzuhaltende Mindeststandard auf gesetzlicher Ebene zu formulieren ist. Auch die Nachfrage der Verbraucher nach unter Gemeinwohlgesichtspunkten produzierten Lebensmitteln trägt dazu bei, deren Erzeugung sicherzustellen. Um die Verbrauchernachfrage entsprechend zu stimulieren, können Instrumente der Ernährungspolitik, wie z. B. Kennzeichnungsaktivitäten zum Einsatz kommen. Des Weiteren können ökonomische Anreize wie die Honorierung von Gemeinwohlleistungen oder auch die Einführung von Steuern und Abgaben lenkend wirken.

Der Entwicklungspfad Agriculture erscheint aufgrund seiner Bewertung als der aus gesellschaftlicher Sicht zu bevorzugende Pfad, zumindest sofern die Vermeidung negativer externer Effekte verfolgt werden soll. Jedoch würden hier (ohne Unterstützungsmaßnahmen des Staates) höhere Verbraucherpreise entstehen, deren gesamtgesellschaftliche Akzeptanz wiederum fraglich wäre bzw. einer Diskussion bedürfte. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich dieser Entwicklungspfad sowie Varianten, die sich im Entwicklungsraum in Richtung von Agriculture bewegen, nicht ohne die entsprechenden Rahmenbedingungen einstellen. Hier spielen wiederum das Ordnungsrecht, aber auch Anreizsysteme, Steuerungsmechanismen, Informationsentwicklung, private Maßnahmen der Marktteilnehmer und Wertschätzung, d. h. Nachfrage vonseiten der Konsumenten, eine Rolle. Es stellt sich somit ein Zielkonflikt zwischen dem Ansatz der Kostenführerschaft (Entwicklungspfad Farming) und Umweltführerschaft (Entwicklungspfad Agriculture) dar. Dabei sind Wechselwirkungen zwischen

der Ausprägung der Indikatoren zu berücksichtigen, sodass eine gleichzeitige Bewertung aller Indikatoren mit grün nicht möglich sein wird. Eine entsprechende Abwägung und Diskussion wird notwendig sein, um festzulegen, welche Ausprägungen für welchen Indikator angestrebt werden. Es erscheint jedoch auch möglich, dass neue Entwicklungen, z. B. technische oder züchterische Entwicklungen, dazu beitragen können, Zielkonflikte zu verringern, indem etwa Technik zum Einsatz kommt, durch die negative Umweltwirkungen reduziert werden, ohne sich jedoch mindernd auf den Ertrag auszuwirken (siehe z. B. auch Ansätze der nachhaltigen Intensivierung).

Es bleibt anzumerken, dass eine detaillierte Bewertung aller Indikatoren im Rahmen dieser Studie nicht möglich war. Daher konnte zwar die Richtung der Entwicklung (Verbesserung, Verschlechterung, keine Veränderung) bestimmt werden, nicht aber konnte der potenziell erreichbare Zustand quantifiziert werden. So lässt sich bspw. nicht sagen, ob aus dem „oranzen“ Status quo eines Indikators bei einer Verbesserung tatsächlich der Status „grün“ erreicht wird, oder eher ein „helleres orange“; noch lässt sich klar definieren, bei welchen Werten der Übergang von einem Status zum anderen erfolgt. Dennoch weisen die Pfeilrichtungen auf die generell zu erwartenden Entwicklungen hin und ermöglichen so, Anhaltspunkte für konkrete Handlungen seitens der Politik und anderer Akteure abzuleiten.

7 Erste Schlussfolgerungen und Ableitung von Handlungsempfehlungen

Zielstellung des Projektes war es, Zukunftsoptionen der Landwirtschaft aus der Perspektive der Nachhaltigkeit zu bewerten. Dabei sollten die Zukunftsoptionen aus der Literatur abgeleitet werden. Allerdings war dies nicht möglich, da die Literatur sich i. d. R. auf Szenarienanalysen bezog, in denen die Landwirtschaft der beeinflusste, aber nicht der beeinflussende Faktor ist. Zur Beantwortung der Fragestellung war es jedoch notwendig, Narrative der Landwirtschaft als Ausgangspunkte der Bewertung zu betrachten. So wurde auf Anraten der wissenschaftlichen Begleitgruppe, bestehend aus Prof. Dr. Alois Heißenhuber, ehemaliger Ordinarius am Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus an der Technischen Universität München sowie Vorsitzender der KLU, Prof. Dr. Hubert Wiggering, Professor für Geoökologie an der Universität Potsdam und stellvertretender Vorsitzender der KLU, sowie Dr. Matthias Stolze, Leiter des Departments für Sozioökonomie am Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL in Frick, Schweiz, auf die beiden von Franz Fischler geprägten Begriffe Farming und Agriculture zurückgegriffen. Es stellte sich jedoch das Problem, dass auch diese beiden Begriffe für die Anwendung eines Indikatorensystems näher zu beschreiben waren. Damit durch die Beschreibung die Bewertung nicht schon weitestgehend vorweggenommen wurde, erfolgte dieser Prozess in enger Absprache und Rückkopplung mit der wissenschaftlichen Begleitgruppe, die letztendlich die Beschreibung der beiden Entwicklungspfade vornahm. Unter den genannten Herausforderungen und in dem gegebenen Rahmen konnten jedoch ein Indikatorensystem abgeleitet und zwei mögliche Entwicklungspfade der Landwirtschaft bewertet werden, womit es möglich wird, den Sektor Landwirtschaft als den beeinflussenden Faktor hinsichtlich der Nachhaltigkeit zu bewerten. Dies ermöglicht zum einen Überlegungen anzustellen, welcher Entwicklungspfad aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten erwünscht ist, zum anderen auch weitere Entwicklungspfade mithilfe des Indikatorensystems zu bewerten. Weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der Methodik als auch der Interpretation und Nutzung der Ergebnisse bleibt jedoch bestehen.

Das Indikatorensystem wurde aus dem Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA) der FAO, der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie, dem DLG Nachhaltigkeitsbericht, dem DLG Zertifizierungssystem „Nachhaltige Landwirtschaft“ und dem Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft (KSNL), entwickelt an der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), abgeleitet. Es umfasst zwar Indikatoren zu allen Bereichen der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie, Soziales), der Schwerpunkt der Indikatoren liegt jedoch, wie vom Auftraggeber vorgegeben, auf ökologischen Indikatoren. Im Rahmen nachfolgender Untersuchungen ist es möglich, weitere

Indikatoren in das System zu integrieren, wobei zu berücksichtigen ist, dass es möglich sein muss, Aussagen auf Ebene des Sektors Landwirtschaft – und nicht auf Ebene des Einzelbetriebs – zu machen. Die Bewertung der Indikatoren für die beiden Entwicklungspfade erfolgt in Form einer qualitativen Ableitung auf Basis der Entwicklung der beeinflussenden Faktoren. Die Ableitung von quantitativen Aussagen zur Entwicklung der Indikatoren war in diesem Projekt zeitlich nicht möglich.

Die Projektergebnisse zeigen zum einen, dass die Situation der Landwirtschaft im Status quo als nicht zufriedenstellend bewertet werden muss. So wird nur eine geringe Anzahl an Indikatoren mit grün bewertet. Die unzureichende Bewertung vieler Indikatoren ist dadurch bedingt, dass definierte Grenzwerte nicht eingehalten werden bzw. keine Grenzwerte definiert sind. Die Ergebnisse weisen auch darauf hin, dass zwar auf politischer Ebene Leitbilder für die deutsche Landwirtschaft existieren, diese jedoch bisher unzureichend in Narrative übersetzt sind, die einen Hinweis darauf geben, wie die deutsche Landwirtschaft konkreter aussehen soll. So bezieht sich bspw. das Leitbild der Bundesregierung auf „attraktive, lebenswerte und vitale ländliche Räume und eine nachhaltige, ökologisch verantwortbare, ökonomisch leistungsfähige und multifunktional ausgerichtete Land-, Forst-, und Fischereiwirtschaft“ sowie „landwirtschaftliche Familienbetriebe und Unternehmen mit bäuerlicher Wirtschaftsweise“ (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2015). Des Weiteren formuliert die Bundesregierung das Ziel, dass „die deutsche Land- und Ernährungswirtschaft (...) sichere, gesunde und bezahlbare Lebensmittel (erzeugt) und (...) ihren Beitrag zur Sicherung der Welternährung (leistet)“ (ebd.). Auch soll sie zur Versorgung mit erneuerbaren Energien und nachwachsenden Rohstoffen beitragen. Die Begriffe, wie z. B. bäuerliche Landwirtschaft und Multifunktionalität, bleiben dabei unpräzise, sodass nicht klar wird, auf welche Art der Landwirtschaft das Leitbild nun wirklich abzielt. Es erscheint daher notwendig, das Leitbild und die verwendeten Begriffe zu konkretisieren und in ein Narrativ zu überführen, um ein konkreteres „Bild“ entstehen zu lassen, welche Art und Weise der Landwirtschaft erwünscht ist. In einen solchen Leitbildprozess sind sowohl Landwirte als Vertretung der Landwirtschaft als auch Verbraucher/Konsumenten einzubeziehen. Erst auf Basis diese „Bildes“ ist es möglich, geeignete Politikmaßnahmen zur Realisierung des "Bildes" zu formulieren. Dabei ist unter „Bild“ ein Entwicklungsraum anzusehen, d. h. dass nicht nur eine einzige Art und Weise der Landwirtschaft das Leitbild erfüllen kann, sondern dass verschiedene Landwirtschaftssysteme nebeneinander existieren können, wobei jedoch klar abgegrenzt sein muss, welche Systeme und Wirkungen nicht erwünscht sind. Es kann darüber hinaus sinnvoll sein, auch angrenzende Bereiche, wie z. B. Themen der Ernährung in der Leitbildentwicklung, zu berücksichtigen.

Die Bewertung des Status quo anhand des Indikatorensets zeigt, dass die aktuellen Ausprägungen der landwirtschaftlichen Produktionsweisen die formulierten (politischen) Zielsetzungen vielfach nicht erreichen. Dies lässt darauf schließen, dass entsprechende Regelungs- und Vollzugsdefizite bestehen, die schnellstmöglich zu schließen sind. Ein konkretisiertes Leitbild würde auch hier helfen, um die genannten Defizite aufzuheben, indem bspw. Klarheit über die Abgrenzung von Verursacher- und Gemeinlastprinzip hergestellt wird (Wann zahlt wer?).

Das im Rahmen des Projektes angewendete Indikatorenset wurde aus verschiedenen Indikatorenssystemen abgeleitet. Es erscheint notwendig, für die Bewertung des Sektors Landwirtschaft unter Einbeziehung aller Beteiligten ein Indikatorensystem zu entwickeln, welches in politischen und gesellschaftlichen Diskursen herangezogen werden kann. Dabei ist durchaus klar, dass das Indikatorensystem einer Entwicklung unterliegt und nicht von Beginn an alle Bereiche abdecken kann. Das im vorliegenden Bericht genutzte Indikatorensystem verwendet dabei vorwiegend Indikatoren aus dem Umweltbereich der Nachhaltigkeit. Indikatoren der Säulen Ökonomie und Soziales werden im Weiteren noch zu ergänzen sein. Auch sind die Indikatoren sowie die Indikatorenauswahl so weiterzuentwickeln, dass für möglichst viele Bereiche qualitativ bewertbare Indikatoren zur Verfügung stehen. Im vorliegenden Bericht wurden auch Indikatoren verwendet, die teils eher qualitativ zu bewerten waren bzw. die evtl. eher als Ergebnis der Nachhaltigkeitsbewertung

anzusehen sind, anstatt dass sie Teil der Nachhaltigkeitsbewertung sind. Dies trifft z. B. auf die Indikatoren Gesellschaftliche Erwartungen und Erfahrungswissen zu. Hier wird zu diskutieren sein, ob diese Indikatoren auch zukünftig im Rahmen der Nachhaltigkeitsbewertung Anwendung finden sollen. Auch ist eine bessere Datenverfügbarkeit zu fordern. So könnten z. B. im Rahmen der Agrarberichterstattung verstärkt Daten aus dem Umweltbereich oder zu den Bereichen Tierwohl und Tiergesundheit zur Verfügung gestellt werden. Neben der Indikatorenauswahl sind auch die entsprechenden Grenz- und Zielwerte zu formulieren bzw. weiterzuentwickeln, die als Leitplanken anzusehen sind und eine objektive Bewertung der Indikatoren ermöglichen.

Die Bewertung der zwei Entwicklungspfade zeigt, dass unter dem Entwicklungspfad Farming mit einer weiteren Verschlechterung in vielen Bereichen zu rechnen ist. Da vieles darauf hindeutet, dass der Entwicklungspfad Farming in weiten Teilen einem „weiter so“ der deutschen Landwirtschaft, d. h. einem Fortschreiben des Status quo, entspricht, wird deutlich, dass Handeln dringend geboten ist. Dies betrifft insbesondere die im Status quo mit rot bewerteten Indikatoren, die sich unter dem Entwicklungspfad Farming weiter verschlechtern werden. Auch bei den orange bewerteten Indikatoren, die sich verschlechtern, ist dringender Handlungsbedarf gegeben, da nicht auszuschließen ist, dass sie in eine „rote Bewertung abrutschen“. Irreversible oder schwer zu behebende Schäden, wie z. B. der Verlust an Bestäubern oder die Entstehung von Bodenschadverdichtungen, sollten dabei dringend vermieden werden. Der Entwicklungspfad Farming erscheint daher aktuell unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten nicht erwünscht zu sein und keine Zukunftsoption für die Landwirtschaft darzustellen.

Daher ist der Entwicklungspfad Farming so weiterzuentwickeln, dass bei den rot und orange bewerteten Indikatoren des Status quo keine weiteren Verschlechterungen auftreten, sondern vielmehr Verbesserungen erreicht werden können. Eine Weiterentwicklung des Entwicklungspfades Farming – wie auch des Entwicklungspfades Agriculture – ist denkbar, indem insbesondere verstärkt der Effizienzansatz, aber auch der Konsistenzansatz der Nachhaltigkeit genutzt wird, um neben der Effizienz auch die Standortgerechtigkeit und die Resilienz landwirtschaftlicher Systeme zu steigern. Zu nennen sind u. a. Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung, aber auch der optimierte Einsatz vorhandener Technik, z. B. Vermeidung der Abrift bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln. Hierdurch können Verbesserungen im Umweltbereich erzielt werden ohne die landwirtschaftlichen Erträge zu reduzieren. Dies entspricht dem Ansatz der nachhaltigen Intensivierung. Des Weiteren sind entsprechende Formulierungen des Ordnungsrechtes notwendig, aber auch die konsequente Kontrolle der Einhaltung und ggf. die Verhängung von Sanktionen, die entsprechende Handlungsveränderungen bedingen können. Der Entwicklungspfad Farming könnte dann zwar weiter dem Ansatz der Kostenführerschaft folgen, aber durch Einhaltung von Leitplanken und Grenzwerten der Nachhaltigkeitskriterien zu einer erwünschten Zukunftsoption entwickelt werden.

Auch hinsichtlich des Entwicklungspfades Agriculture scheinen Anpassungen notwendig, auch wenn die Bewertung der Nachhaltigkeit anhand des abgeleiteten Indikatorensystems Verbesserungen in vielen Bereichen aufzeigt. Insbesondere erscheint auch hier der optimierte Einsatz neuerer technischer Entwicklungen notwendig, die vor allem unter dem Gesichtspunkt der Reduzierung negativer Umweltwirkungen erfolgen sollte. Da unter diesem Entwicklungspfad von einem geringeren Strukturwandel und damit von geringeren Betriebsgrößen als unter dem Entwicklungspfad Farming auszugehen ist, können sich in Bezug auf die Nutzung dieser Techniken überbetriebliche Systeme oder auch alternative Finanzierungsmöglichkeiten (z. B. Crowd Funding, solidarische Landwirtschaft) anbieten. Da der Entwicklungspfad Agriculture eher einer Suffizienzstrategie entspricht, sind auch die Konsummuster zu berücksichtigen, und die Entwicklung des landwirtschaftlichen Sektors ist durch eine entsprechende Entwicklung des Ernährungssektors zu flankieren. Hierzu ist eine Ernährungspolitik zu entwickeln, die die Landwirtschaftspolitik flankiert und in ihren Zielsetzungen unterstützt. Es ist jedoch auch zu beachten, dass unter diesem Entwicklungspfad die Mengen exportierter landwirtschaftlicher Erzeugnisse abnehmen werden. Dies ist unter dem Stichwort

„Sicherung der Welternährung“ zu diskutieren, wobei vielfach der Ansatz favorisiert wird, in den betroffenen Ländern die landwirtschaftliche Produktion auszuweiten und nicht verstärkt auf Importe zu setzen. In Krisenzeiten wird dies jedoch notwendig sein und auch die deutsche Landwirtschaft wird aufgefordert sein, hierzu einen Beitrag zu leisten.

Für beide Entwicklungspfade gilt, dass erwünschte Entwicklungen des landwirtschaftlichen Sektors durch Nachhaltigkeits-, Umweltbildungs- und Beratungsmaßnahmen sowie durch ökonomische und soziale Anreize (z. B. Einführung einer Stickstoffsteuer, Weiterentwicklung der AUKM, Ehrung herausragender Leistungen im ökologischen Bereich) zu fördern sind. Auch die Investitionsförderung unter dem Gesichtspunkt der Erreichung von Nachhaltigkeitszielen ist weiterzuentwickeln. Ebenfalls erscheinen Instrumente der Ernährungspolitik, wie z. B. Verbraucherbildung, Kennzeichnungsmaßnahmen usw., geeignet, um vonseiten der Verbraucher den Absatz nachhaltiger Produkte zu stärken. Die Belastungen der Landwirtschaft durch bürokratische Auflagen sind zu berücksichtigen und soweit als möglich zu vermeiden. Insgesamt sind die Maßnahmen nicht nur top-down, sondern unter Einbeziehung der Landwirte zu entwickeln und das Innovationspotenzial des landwirtschaftlichen Sektors ist zu nutzen. Eine weitere Ausformulierung der Rahmenbedingungen zur Realisierung erwünschter Entwicklungspfade des landwirtschaftlichen Sektors ist an dieser Stelle nicht möglich, sondern erfordert weitere Untersuchungen.

Die Bewertung zeigt, dass bisher Zielkonflikte zwischen einer hohen Produktivität und Produktion sowie Zielsetzungen im ökologischen, sozialen aber auch ökonomischen Bereich bestehen. Diese Zielkonflikte werden unter den heutigen Bedingungen zugunsten einer hohen Produktivität und Produktion entschieden. Ursächlich für die Zielkonflikte sind u. a. die fehlende Internalisierung externer Kosten sowie fehlende oder unzureichend durchgesetzte Rahmenbedingungen (Ordnungsrecht). Auch das fehlende Leitbild für die Landwirtschaft sowie ein Mangel an Anreizen – ökonomische Anreize, aber auch auf Ebene der intrinsischen Motivation – führen dazu, dass sich Landwirtschaftssysteme durchsetzen, die die Kostenführerschaft anstreben, während Systeme, die die Umweltführerschaft beabsichtigen, seltener umgesetzt werden. Bedeutsam ist der grundsätzliche Konflikt zwischen gesellschaftlichen und volkswirtschaftlichen Zielen einerseits und einzelbetrieblich sinnvollen ökonomischen Zielen andererseits. Neben der Formulierung eines „Bildes“ für die zukünftige Landwirtschaft und die Formulierung der entsprechenden Grenzwerte (Ordnungsrecht) erscheint es damit auch notwendig, die Landwirte über Beratung und Bildung in die Lage zu versetzen, die Bewirtschaftung des Betriebes in diesem Sinne zu ändern und weiterzuentwickeln. Die Landwirte sollten für ihre strategischen Entscheidungen wissen, in welchen Bereichen sich die auf dem Betrieb durchgeführte Bewirtschaftungspraxis verbessern muss und in welchen Bereichen die Bewirtschaftungspraxis bereits dem „Bild“ der zukünftigen Landwirtschaft entspricht. Investitionen in der Landwirtschaft sollten somit konsistent und kompatibel zum „Bild“ einer zukünftigen Landwirtschaft sein, um Fehlinvestitionen zu vermeiden. Auch ein verstärkter Ausbau von Maßnahmen der zweiten Säule der GAP, wie z. B. AUKM, ist erforderlich um Anreize zu setzen, damit die Landwirte ihre Betriebe in Richtung „erwünschter Entwicklungspfad“ weiterentwickeln. Es sind jedoch nicht nur ökonomische Anreizmechanismen zu formulieren, sondern auch weitere Anreize, die die Motivation der Landwirte stärken, sowie Maßnahmen, die den Konsum und damit die Nachfrage beeinflussen.

Das Leitbild und das Ordnungsrecht geben dabei die Leitplanken vor, innerhalb derer sich die landwirtschaftlichen Systeme bewegen dürfen. Dies bedeutet, dass auch die Entwicklungspfade, die der Kostenführerschaft zugeordnet werden, möglich sind, sofern sie die gesetzten Rahmenbedingungen einhalten. Es ist davon auszugehen, dass sich nicht ein Entwicklungspfad herausbilden wird, sondern innerhalb des formulierten Leitbildes und des Ordnungsrechtes mehrere unterschiedliche Entwicklungspfade, Narrative, nebeneinander auftreten können. So werden wahrscheinlich in Abhängigkeit der Standortkriterien unterschiedliche Funktionen der Landwirtschaft im Vordergrund stehen, wie z. B. Lebensmittelproduktion, Erzeugung nachwachsender Rohstoffe,

Erbringung von Gemeinwohlleistungen. Jedoch müssen alle Landwirtschaftssysteme dem Leitbild und dem daraus abgeleiteten Rahmen wie u. a. dem Ordnungsrecht entsprechen. Dieser Ansatz kommt dem ursprünglichen Gedanken der nachhaltigen Intensivierung nahe (Godfray und Garnett 2014).

8 Anhang

8.1 Übersicht der relevanten Literatur

Nr.	Literaturquelle	Art des Inhalts	Beschriebener Aspekt	Bezugsraum
1	Alexandratos, N. und J. Bruinsma (2012): World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper 12(03). FAO, Rom.	Projektionen	Landwirtschaft	Welt
2	Bourgeois, R. (2016): Food Insecurity: The Future Challenge. IDS Bulletin 47(4): 71-84.	Analyse von Zukunftsstudien	Ernährungssicherung	mehrere
3	Bruinsma, J. (2012): What are the likely developments in world agriculture towards 2050? The Futures of Agriculture. Brief Nr. 38. Global Forum on Agricultural Research (GFAR), Rom.	Outlook	Landwirtschaft	Welt
4	Buckwell, A. et al. (2017): CAP - Thinking Out of the Box: Further modernisation of the CAP – why, what and how? RISE Foundation, Brüssel.	Beschreibung Status quo und Politikansätzen	Landwirtschaft, GAP	Europa
5	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) (2016): DLG-Nachhaltigkeitsbericht 2016. DLG, Frankfurt a. Main.	Nachhaltigkeitsindex, Optimierungsansätze	Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft	Deutschland
6	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) (2017b): Ackerbau zukunftsfähig gestalten. DLG-Merkblatt 424, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt a.M..	Anforderungen an Ackerbau der Zukunft	Ackerbau	Deutschland
7	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) (2017a): Landwirtschaft 2030. 10 Thesen. Stand Januar 2017.. Deutsche Landwirtschaft-Gesellschaft (DLG). Frankfurt a.M.	Thesen	Landwirtschaft	Deutschland
8	Dwyer, J. (2011): UK Land Use Futures: Policy influence and challenges for the coming decades. Land Use Policy 28: 674–683.	Analyse von Politikansätzen	Landnutzung	UK
9	European Environment Agency (EEA) (2015): SOER 2015 - The European Environment - state and outlook 2015. Synthesis report. EEA, Kopenhagen.	Beschreibung des Status quo, Ausblick	Umweltfaktoren	Europa
10	European Environment Agency (EEA) (2017): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. EEA Report 1. European Environment Agency, Kopenhagen.	Projektion	Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft	Europa

Nr.	Literaturquelle	Art des Inhalts	Beschriebener Aspekt	Bezugsraum
11	Europäische Kommission (2007): Sustainability of the Farming Systems: Global Issues, Modelling Approaches and Policy Implications. European Commission, Sevilla, Spanien	Beschreibung des Status quo, zukünftiger Herausforderungen und von Politikansätzen	Landwirtschaft, Politikansätze	Europa
12	Europäische Kommission (2011): Sustainable food consumption and production in a resource-constrained World. 3rd SCAR Foresight Exercise. Europäische Kommission. Brüssel.	Vision		Europa
13	Europäische Kommission (2016): Spezial Eurobarometer 440. Europäer, Landwirtschaft und gemeinsame Agrarpolitik (GAP). o.O.	Befragungsergebnisse	Wahrnehmung der GAP durch Europäer	EU
14	Europäische Kommission (2016): Sustainability Now! A European Vision for Sustainability. o.O.	Beschreibung des Status quo, zukünftiger Herausforderungen und von Politikansätzen	Finanzmärkte, Landwirtschaft, Meere, Nachhaltigkeit, Politikansätze	Europa
15	FAO (2010): „Climate-Smart“ Agriculture. Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation. FAO, Rom.	Beschreibung von Politikansätzen	Climate Smart Agriculture	Welt
16	FAO (2016a): Can smallholders double their productivity and incomes by 2030? ESA Working Paper 16(4). FAO, Rom.	Analyse und Schlussfolgerungen	Smallholder productivity	Welt
17	FAO (2016b): The state of food and agriculture. Climate change, agriculture and food security. FAO, Rom.	Beschreibung des Status quo, zukünftiger Herausforderungen und von Politikansätzen	Auswirkungen des Klimawandels, Ernährungssicherung und Landwirtschaft	Welt
18	FAO (2017a): Territorial tools for agro-industry development – A Sourcebook. FAO, Rom.	Beschreibung von Entwicklung und Politikansätzen	agrar-industrielle Entwicklung	Welt
19	FAO (2017b): The future of food and agriculture - Trends and challenges. FAO, Rom.	Projektionen, Szenarien, Beschreibung von Trends und Herausforderungen	Ernährungssicherung und Landwirtschaft	Welt
20	Foley, J. A.; N. Ramankutty, K. A. Brauman, E. S. Cassidy, J. S. Gerber et al. (2011): Solutions for a cultivated planet. Nature 478: 337-342.	Beschreibung von Handlungsmaßnahmen	Landwirtschaft	Welt

Nr.	Literaturquelle	Art des Inhalts	Beschriebener Aspekt	Bezugsraum
21	Giovanucci, D., S. Scherr, D. Nierenberg, C. Hebebrand, J. Shapiro, J. Milder und K. Wheeler (2012): Food and Agriculture: the future of sustainability. A strategic input to the Sustainable Development in the 21st Century (SD21) project. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, New York.	Beschreibung des Status quo, zukünftiger Herausforderungen und von Politikansätzen	Ernährungssicherung, Landwirtschaft	Welt
22	Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition. 2016. Food systems and diets: Facing the challenges of the 21st century. London, UK.	Beschreibung des Status quo, zukünftiger Herausforderungen und von Politikansätzen	Landwirtschaft, Politikansätze	Welt
23	Godfray, H. C. J. (2013): The challenge of feeding 9-10 billion people equitably and sustainably. Journal of Agricultural Science (2014) 152: 2-8.	Review von zukünftigen Herausforderungen	Lebensmittel-erzeugung	Welt
24	Godfray, H. C. J. und T. Garnett (2014): Food security and Sustainable intensification. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Science 369: 20120273	Beschreibung von Handlungsmaßnahmen	Landwirtschaft, nachhaltige Intensivierung	Welt
25	Foresight. The Future of Food and Farming (2011) Final Project Report. The Government Office for Science, London.	Beschreibung von Herausforderungen und Politikansätzen	Ernährungssicherung, Landwirtschaft	Welt, UK
26	Wirz, A. et al. (2017): Kursbuch Agrarwende 2050. Ökologisierte Landwirtschaft in Deutschland. Greenpeace. Hamburg.	Modellierung	Ökologisierte Landwirtschaft	Deutschland
27	Heißenhuber, A., W. Haber und C. Krämer (2015): 30 Jahre SRU-Sondergutachten. „Umweltprobleme der Landwirtschaft“ - eine Bilanz. TEXTE 28/2015. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.	Entwicklung, Umsetzungsstand	Umweltprobleme der Landwirtschaft	Deutschland
28	International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD) (2008): Weltagrarbericht Synthesebericht. Hamburg University Press. Hamburg.	Beschreibung des Status quo, zukünftiger Herausforderungen und von Politikansätzen	Landwirtschaft	Welt
29	International Panel of Experts on Sustainable Food systems (IPES-Food) (2016): From uniformity to diversity: a paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems. International Panel of Experts on Sustainable Food systems.	Beschreibung des Status quo, zukünftiger Herausforderungen und von Politikansätzen	Landwirtschaft	Welt

Nr.	Literaturquelle	Art des Inhalts	Beschriebener Aspekt	Bezugsraum
30	Isermeyer, F. (2014): Künftige Anforderungen an die Landwirtschaft – Schlussfolgerungen für die Agrarpolitik. Thünen Working Paper 30. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.	Beschreibung der Herausforderungen und Optimierung von Politikansätzen	Landwirtschaft	Deutschland, EU
31	Jambor, A. und D. Harvey (2010): CAP Reform Options: A Challenge for Analysis and Synthesis. Discussion Paper Series No. 28. Centre for Rural Economy. University of Newcastle upon Tyne	Beschreibung des Status quo und von Politikansätzen	GAP	Europa
32	Jasper, U. (2017): Bäuerliche Leistungen honorieren. Ein Vorschlag zur Ausgestaltung der zukünftigen EU-Agrarpolitik. Kritischer Agrarbericht 2017: 37-39.	Beschreibung der Optimierung von Politikansätzen	Gesellschaftliche Leistungen der Landwirtschaft	Deutschland, EU
33	Lehtonen, H., J. Aakkula und P. Rikkonen (2005): Alternative Agricultural Policy Scenarios, Sector Modelling and Indicators: A Sustainability Assessment. Journal of Sustainable Agriculture 26: 63-93.	Szenarien	GAP ab 2013	Europa
34	Lünenbürger, B. (2013): Klimaschutz und Emissionshandel in der Landwirtschaft. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.	Beschreibung des Status quo und von Politikansätzen	Klimaschutz und Emissionshandel in der Landwirtschaft	Deutschland
35	Maggio, A., T. van Criekinge und J.-P. Malingreau (2016): Global food security: assessing trends in view of guiding future EU policies. foresight 18(5): 551-560.	Beschreibung der Optimierung von Politikansätzen	Ernährungssicherung	Deutschland, EU
36	Möckel, S. et al. (2014): Rechtliche und andere Instrumente für vermehrten Umweltschutz in der Landwirtschaft. TEXTE 42/2014. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.	Beschreibung von Entwicklung und Politikansätzen	Umweltschutz in der Landwirtschaft	Deutschland
37	Mora, O. (2016): Scenarios of land use and food security in 2050. Working Paper. Agrimond-Terra.	Szenarien	Landnutzung und Ernährungs-sicherung	Welt
38	Nielsen, H. O., A. B. Pedersen und T. Christensen (2009): Environmentally sustainable Agriculture and future development of the CAP. Journal of European Integration 31: 369-387.			
39	Öborn, I., U. Magnusson, J. Bengtsson, K. Vrede, E. Fahlbeck, E. S. Jensen, C. Westin, T. Jansson, F. Hedenus, H. L. Schulz, M. Stenström, B. Jansson und L. Rydhmer. (2011): Five Scenarios for 2050 – Conditions for Agriculture and land use. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.	Szenarien	Landwirtschaft	Welt

Nr.	Literaturquelle	Art des Inhalts	Beschriebener Aspekt	Bezugsraum
40	Offermann, F., M. Banse, C. Deblitz, A. Gocht, A. Gonzalez-Mellado, P. Kreins, S. Marquardt, B. Osterburg, J. Janine Pelikan, C. Rösemann, P. Salamon, J. Sanders (2016): Thünen-Baseline 2015 – 2025: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Thünen Report 40. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.	Projektion	Landwirtschaft	Deutschland
41	Osterburg, B., S. Kätsch und A. Wolff (2013): Szenarioanalysen zur Minderung von Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2050. Thünen Report 13. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.	Szenarien	THG-Emissionen der Landwirtschaft	Deutschland
42	Pe'er, G., L. V. Dicks, P. Visconti, R. Arlettaz, A. Badi, T. G. Benton et al. (2014): EU agricultural reform fails on biodiversity. Science 06 Jun 2014: Vol. 344, Issue 6188:1090-1092.	Beschreibung Status quo und Politikansätzen	Landwirtschaft, GAP	EU
43	Pretty, J. (2010): The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. International Journal of Agricultural Sustainability 8(4): 219-236.	Identifizierung der 100 wichtigsten Fragen für die globale Landwirtschaft zur Politikunterstützung	Landwirtschaft	Welt
44	o.V. (2015): Projektionsbericht 2015 gemäß der Verordnung (EU) Nr. 525/2013/EU.	Projektion, Szenarien	THG-Emissionen der Landwirtschaft	Deutschland
45	Rentenbank (2011): Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union nach 2013. Schriftenreihe der Rentenbank Band 27. Frankfurt a.M.	Szenarien, Analyse von Politikansätzen	Landwirtschaft	Deutschland
46	Buckwell, A. und Nadeu, E. (2016): Nutrient Recovery and Reuse (NRR) in European agriculture. A review of the issues, opportunities, and actions. RISE Foundation, Brussels.	Beschreibung Status quo und Politikansätzen	Landwirtschaft	Europa
47	Röder, N., B. Osterburg und S. Kätsch (2013): Faktencheck Agrarreform: Integration von Klimaschutz und Klimaanpassung in die Gemeinsame Agrarpolitik der EU nach 2013. Thünen Working Paper 11. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.	Beschreibung Optimierung von Politikansätzen	Klimaschutz in der Landwirtschaft	Deutschland
48	Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2015): STICKSTOFF: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. SRU. Berlin.	Beschreibung Status quo und Politikansätzen	Landwirtschaft	Deutschland, EU

Nr.	Literaturquelle	Art des Inhalts	Beschriebener Aspekt	Bezugsraum
49	Steffen, W., K. Richardson, J. Rockström, S. E. Cornell, I. Fetzer et al. (2015): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science 347. Issue 6223, 1259855	Beschreibung Status quo und Politikansätzen	Planetary Boundaries	Welt
50	Stodiek, F. (2017): Entwicklungen & Trends 2016. Agrarwende ja – aber wie? Kritischer Agrarbericht 2017: 19-32.	Beschreibung Optimierung von Politikansätzen	Landwirtschaft	Deutschland, EU
51	Sustainable Development Commission (2009): Setting the Table - Advice to Government on priority elements of sustainable diets. o.O.	Beschreibung von Politikansätzen	Nachhaltige Ernährung	Welt
52	Sustainable Development Solutions Network (2015): Solutions for Sustainable Agriculture and Food Systems. Sustainable Development Solutions Network. New York.	Beschreibung von Herausforderungen und Maßnahmen	Landwirtschaft, Lebensmittelproduktion	Welt
53	Swinnen, J. (Hrsg.) (2015): The Political Economy of the 2014-2020 Common Agricultural Policy. Centre for European Policy Studies (CEPS), Brussels; Rowman and Littlefield International, London	Beschreibung von Inhalten und Schlussfolgerungen	GAP 2014-2020	EU
54	Taheri, F.; Azadi, H. und D’Haese, M. (2017): A World without Hunger: Organic or GM Crops? Sustainability 9: 580.	Review	Ernährungssicherung, GMO versus Ökolandbau	Welt
55	TEEB (2015): TEEB for Agriculture & Food: an interim report, United Nations Environment Programme, Genf.	Beschreibung des Status quo, zukünftiger Herausforderungen und von Politikansätzen	Landwirtschaft, Politikansätze	Welt
56	Tiemann, T. und S. Cook (2012): Debunking the water scarcity myth: understanding future water use challenges. The Futures of Agriculture, Brief Nr. 21. Global Forum on Agricultural Research (GFAR), Rom.	Szenarien	Wasserknappheit	Welt
57	Umweltbundesamt (2014d): Die Landwirtschaft grüner gestalten. Stellungnahmen der Kommission Landwirtschaft beim Umweltbundesamt 2010-2015. Sammelband. Dessau-Roßlau.	Beschreibung Optimierung von Politikansätzen	Landwirtschaft	Deutschland, EU
58	Umweltbundesamt (2015b): Hintergrund: Umweltprobleme der Landwirtschaft. 30 Jahre SRU-Sondergutachten. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.	Entwicklung, Umsetzungsstand	Umweltprobleme der Landwirtschaft	Deutschland

Nr.	Literaturquelle	Art des Inhalts	Beschriebener Aspekt	Bezugsraum
59	Umweltbundesamt (2015c): Umweltbelastende Stoffeinträge aus der Landwirtschaft. Möglichkeiten und Maßnahmen zu ihrer Minderung in der konventionellen Landwirtschaft und im ökologischen Landbau. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.	Beschreibung von Handlungsmaßnahmen	Umweltbelastende Stoffeinträge aus der Landwirtschaft	Deutschland
60	Umweltbundesamt (2016b): Konzepte zur Minderung von Arzneimitteleinträgen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in die Umwelt. Fachbroschüre. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.	Beschreibung Status quo und Politikansätzen	Arzneimitteleinträge aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in die Umwelt	Deutschland
61	Umweltbundesamt (2017h): Umweltschutz in der Landwirtschaft. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.	Beschreibung von Handlungsmaßnahmen	Umweltschutz in der Landwirtschaft	Deutschland
62	United Nations (2015): Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. sustainabledevelopment.un.org	Beschreibung von Zielen	SDG's	Welt
63	UNEP (2016): Food Systems and Natural Resources. A Report of the Working Group on Food Systems of the International Resource Panel. Westhoek, H, Ingram J., Van Berkum, S., Özay, L., and Hajer M.	Beschreibung Status quo und Politikansätzen	Landwirtschaft	Welt
64	van den Berg, M. (2012): World food supply in a context of environmental change and increasingly competing claims on natural resources. In: The Futures of Agriculture, Brief Nr. 17. Global Forum on Agricultural Research (GFAR), Rom.	Szenarien	Ernährungssicherung	Welt
65	Verbändeplattform (2017): Für eine gesellschaftlich unterstützte Landwirtschaftspolitik. Plattform von Verbänden aus Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft, Entwicklungspolitik, Verbraucherschutz und Tierschutz. Rheinbach/Hamm.	Beschreibung Status quo und Politikansätzen	Landwirtschaft, GAP	Europa
66	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2016): Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte. WBGU, Berlin.	Beschreibung von Herausforderungen und Handlungsfelder	Urbanisierung	Welt

8.2 Übersicht der Literaturlauswertung

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
Nr. 1	
Literaturquelle	Bruinsma, J. (2012): What are the likely developments in world agriculture towards 2050? The Futures of Agriculture. Brief Nr. 38. Global Forum on Agricultural Research (GFAR), Rom.
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	Setzung von Rahmenbedingungen – Ableitung von möglichen Entwicklungen in der Landwirtschaft
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> -overall growth in agricultural demand will continue to slow down (S. 2) -halving of annual demand growth to 1.1 percent over the period to 2050 (S. 2) -production growth slow down, but absolute increases remain significant (S. 2) -by 2050 global annual production would be some 60 percent higher than in 2005/2007 (...). Achieving such increases will be more difficult than in the past (S. 2) -land and water resources are increasingly stressed and are becoming more scarce and diminished in quality due to resource degradation and competition from uses other than for food production (S. 2) -nearly all (90 percent) of the increases in (crop) production over the next 40 years is expected to derive from improved yields (80 percent) and higher cropping intensities (S. 3) -yield growth has been the mainstay of historic production increases and will continue to play this role (S. 3) -local constraints to increasing yields remain a major concern in many countries (S. 3) -around 4.5 billion hectares of land has an acceptable potential for rainfed production. (...) some 1.4 billion hectares of prime and good land remains that could be brought into cultivation. Much of this, however, would come at the expense of pastures, and would require considerable investment (S. 3) -Spare land is often not readily accessible due to lack of infrastructure, is suitable for only a few crops, or is characterized by high incidence of constraints and diseases, making production uneconomical (S. 3) -globally, land under crops is projected to increase by some 70 million hectares by 2050 (S. 3) -as much of the spare land is concentrated in a small number of countries, land scarcity may be very pronounced in other countries and regions, and likely to remain a significant constraint in the quest to achieve food security -Water is another critical resource. Irrigation has played a strong role in contributing to past growth in yields and production. (...) but the potential for further expansion is limited. A net increase of 20 million hectares is expected by 2050, almost all of it in developing countries (S. 4) -at the global level, agricultural production can be increased enough to satisfy the additional demand expected by 2050 (S. 4)

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
Driver/ Rahmenbedingungen	<p>-food security will remain a challenge at local and household levels, and some countries will need to increase food demand more quickly than in the past (S. 4)</p> <p>Ernährung: -structural change in diets: towards satiety and beyond (S. 1) -significant parts of the world could approach saturation in per capita food consumption (S. 1) -undernourishment remains a challenge while obesity problems loom large (S. 2) -food consumption is expected to increase (S. 2)</p> <p>Ökonomie: -resulting in a world that is richer and characterized by less pronounced income gaps between developed and developing countries (S. 1)</p> <p>Bevölkerungswachstum: -the demographic growth will continue to slow down (S. 2)</p>
Nr. 2	
Literaturquelle	Mora, O. (2016): Scenarios of land use and food security in 2050. Working Paper. Agrimond-Terra.
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	Definition von Drivern und deren möglicher Entwicklung, Ableitung von fünf Dimensionen der Landnutzung (agroeconomic potential, Access to land, degree of intensity of land use, distribution of land between different uses and services provided by land); Each scenario is built as a specific combination of hypotheses.
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<p>1. Szenario: Land use drive by metropolisation Intensive conventional agriculture based on a high level of inputs has developed via private capital from investment funds, companies, and the urban middle class. (...) Agricultural production only takes account of environmental issues after the fact (end-of-pipe), leading to severe soil degradation, entailing the displacement of agricultural areas (to select land best suited to this form of intensification) and greenhouse gas emissions. (...) In rural areas distant from large cities, which are difficult to access and isolated from global markets, poor farmers seek to carry on their farming practices in arduous economic and environmental conditions (degraded soil, unsecure access to land, poor access to water and to markets). (...) international specialization and production (...) (In Africa) diet type is of major significance for land pressure as the ones based on animal products put much more pressure on land compared to diets based on ultra-processed food goods. (S. 5)</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Livestock and cropping systems have become highly intensified, drawing on technical and genetic innovation. Livestock systems are now dominated by intensive farming of monogastrics, using animal feed from outside the production system. These activities are often located near cities (e.g. dairy farms) or ports. Cropping systems have been simplified. They are now intensive systems with standardized products and techniques. The specialization of production has often brought high yields per hectare, thanks to the use of agro-industrial inputs, improved seed and increased mechanization. (S. 7)</p> <p>2. Szenario: Land use for regional food systems</p> <p>Each region has now broadened the range of foods on offer by supporting diverse food industries based on regional food cultures. The production and consumption of roots and tubers, coarse grains, pulses, fruit and vegetables has increased dramatically. Systems of agricultural cooperatives and contract agreements with downstream partners such as agri-food industries had a positive knock-on effect for agriculture and rural development. With the development of regional food value chains, nutrition transition towards the consumption of ultra-processed foods was limited together with its potential negative impact on public health, and food access for rural populations was improved.</p> <p>In a context of moderate climate change, renewed diversity in production has transformed cropping and livestock systems. Diverse cropping and livestock systems co-exist, from conventional systems to sustainable intensification agriculture or agroecology. Diversification led to increased production of legume crops, thereby making cropping systems more agroecological, while also strengthening ties between cropping and livestock systems. Depending on the region, cropping systems evolved towards sustainable intensification agriculture or agroecology. Animal feed is expressly sourced from regional plant production, and trade in organic fertiliser between livestock and crop farms is organised at small and medium scales. In general, farmers have favoured the use of varieties suited to regional agri-climatic conditions. (...) EU 27 and India where arable land increased (...). Globally the regionalization of diets and food systems has limited international trade which, nevertheless, remains a major concern for net importing regions such as the Near and Middle East, North Africa and West Africa (S. 14)</p> <p>3. Szenario: Land use for multi-active and mobile households</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Diverse demands have drawn public attention to farm practices and farmer groups. Farming households are driving organizational and technical innovations in food value chains, networking with each other via numeric platforms that disintermediate and shorten traditional supply chains. Access to these platforms and their modes of regulation have become central to food governance in urban and rural areas. As these networks diversified, ranging from local, regional or national scales to international, they became the basis for the development of agriculture and contributed to a relative improvement in farm incomes. (...) Farm structures within these food networks are diverse, ranging from small farms with family labour to large, highly-capitalized farms. But, in general, multi-activity systems contribute to ensuring food and nutrition security for rural and urban households by diversifying their income and guaranteeing direct access to foodstuffs. Pressure on land in this scenario is similar but lower than in the “Regionalization” scenario due to more active international markets that ease specific regional pressure on agricultural land. (S. 20)</p> <p>Folgen der Entwicklung: households played a key role as places in which work, exchanges and solidarity were organized (...) households increased and diversified their incomes by being located in both rural and urban areas and by carrying out farming and non-farming activities in the food trading and processing sectors, in industry, in the building sector or in services. (S. 20)</p> <p>4. Szenario: Land use for food quality and healthy nutrition</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>(...) so that agricultural and food policies simultaneously generated widespread, positive impacts on both diets and climate change at the global level. Global soil improvement policies have also led to the rehabilitation of degraded land for agricultural use and carbon storage. National states and urban authorities shaped more inclusive development processes linking rural to metropolitan areas, improving transport and communication infrastructures, land planning and favouring efficient food value chains.(...) both crops and cropping systems have diversified, incorporating techniques from agroecology, while livestock systems are now re-associated with crop production in order to improve mineral cycles. Depending on the availability of capital and the situation in the agricultural labour force, cropping systems have evolved towards sustainable intensification or agroecology. These changes contributed to both limiting agricultural greenhouse gas (GHG) emissions and increasing carbon storage in soil, raising per-hectare yields in instances where yield potential was previously far from being reached. Organized in cooperatives, farmers are part of healthy food chains, producing quality foods based on standards and contracts with agri-food industries, or selling high value fresh products to urbanites. Better-organised food systems have also reduced food losses and waste, in particular by improving the food storage and preservation capacities of countries in the Southern hemisphere. Worldwide shifts in land use reflect this crop diversification, limiting globally the expansion of the agricultural area. Most regions have seen a decrease or a stabilisation in their arable land area.</p> <p>5. Szenario: Land as commons for rural communities in a fragmented world</p> <p>In some places farmers have succeeded in organizing themselves within their community to develop agro-ecological farms. Cooperation and collective management have served to co-construct and manage common land to provide sustainable production of foodstuffs, energy and environmental services. Agro-ecological agriculture is regarded as both an agricultural system based on biological self-regulation and a central element of the food system and of social organization, ensuring the food sovereignty of rural and urban communities. Synergies between communities have been developed to relink livestock and cropping systems and therefore to improve soil fertility management and ensure self-sufficiency in animal feed.</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>In other places, where farmers failed to organize themselves, subsistence farming has developed against a backdrop of declining farm sizes resulting from the growing rural and farming population and the absence of economic development in urban areas. The process of conventional intensification in cropping systems encountered two types of pitfall, depending on the region and access to inputs: over-exploitation of the soil and over-intensification of small-scale farming generating strong adverse impacts on the environment. These processes have generated collapse and stagnation in cropping yields. By 2050, changes in land use are highly diversified from one region to another, according to the different challenges they face (energy, climate, soils and water) and the collective ability of farmers to bring about a transition to agro-ecology in their community.</p> <p>Conversely, due to the vulnerability of technical systems and the lack of a resource management strategy, regions with subsistence farming face repeated instances of food insecurity and have contributed to deforestation. (S. 32)</p>
<p>Driver/ Rahmenbedingungen</p>	<p>Szenario 1: By 2050, two-thirds of the world's population live in cities and more than 15 % of the urban population lives in megacities (over 10 million inhabitants); Urban growth is fuelled by high levels of internal migration from rural areas. While environmental concerns have taken a back seat with the emphasis on conventional development, climate change has significant effects, especially in agriculture. Processing, retailing and wholesaling transnational corporations control the greater part of food markets in both urban and rural areas. They provide the connections between rural production sites and mainly urban consumption zones. Two dynamics in diet change are occurring: one driven by the expansion of globalized value chains providing low-price ultra-processed foods, and one supported by the major consumption of animal products, meat in particular, based on the increasing demand of an emerging middle class. (S. 5) Unhealthy diets developed in lower and middle classes, leading to a dramatic increase in diet-related non-communicable diseases in developed and developing countries, while growing inequalities within urban areas and between urban and rural areas have led to problems of undernutrition. (...) (S. 5)</p> <p>Szenario 2:</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>By 2050, States have joined to form supranational regional blocs. (...) This led to a shift in urbanization from large cities to medium-size cities and small towns. The latter became part of the regional development process playing a significant role as intermediates between rural areas and larger cities. Within these blocs, States are managing energy transition and improving food diversity. (...) Regional blocs shaped food systems by investing preferentially in traditional regional foods and by reconnecting the food industry to regional production. Regions applied the concept of “food sovereignty and subsidiarity”, wherein as much food as possible is produced within the region and recourse to imported products is only made when regional production is not sufficient. (...) Traditional diets have been promoted. (S. 14)</p> <p>Szenario 3: In a highly globalized, mobile and hybrid world, non-State actors including civil society groups, international NGOs, local authorities, multinational companies, academic institutions, foundations and cities drove social, economic and geopolitical transformation processes. They have organized themselves to form ad hoc networks that play a key role in trade (...). Their strategies are jointly defined with citizens, consumers, residents and other relevant groups who express their concerns regarding health, biodiversity, the environment and climate change. In this dynamic but unstable economic context, households have improved and diversified their incomes by being much more mobile. (S. 20)</p> <p>Szenario 4: In the 2020s, as healthcare systems were saddled with the considerable costs associated with diet-related non-communicable diseases and, more generally, as the consequences of malnutrition on public health were increasingly felt, most States were compelled to implement a raft of policy measures aimed at shifting consumption patterns towards healthier diets. These policies were aligned with international measures to fight climate change. They focus on energy, transport, construction, food systems and carbon storage. (...) To meet nutrition targets, food chains have been reshaped to give access to diverse and high-quality products such as fruits and vegetables, coarse grains and pulses, and improving the quality of industrial processing in order to preserve micronutrients and fibres. Compared to 2010, the diets of 2050 in emerging and developed countries are lower in animal products, fats, ultra-processed foods, sugars and sweeteners. (...) Access to fresh food in urban and rural areas has improved with the development of a large range of distribution channels such as outdoor markets, small retailers and large supermarkets. (S. 26)</p> <p>Szenario 5:</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>In 2050, simultaneous financial, energy, ecological and geopolitical crises have shaped a world situation that is fragmented not only politically, but also economically. States have reduced public expenditure to basic functions. Unemployment increased thereby impeding metropolitan growth. This process slowed down population and economic concentration in large urban areas, generating an urban de-concentration.</p> <p>growth of smaller towns and fragmented urban development</p> <p>By 2050, food supply chains in urban areas are based on formal and informal markets providing staple foods and on networks between urban communities and rural ones. Urban and peri-urban agriculture provides incomes and food for poorer urban households, especially women active in markets. (S. 32)</p> <p>But undernutrition is still significant, especially in regions with low calories availability remains such as India and ECS Africa. Through self-governing institutions and local food systems, local communities ensure a certain level of food and nutrition security in an extremely negative global context by turning to agro-ecological practices. (S. 32)</p>
Nr. 3	
Literaturquelle	Europäische Kommission (2016): Sustainability Now! A European Vision for Sustainability. o.O.
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	Formulierung von Zielsetzungen in erster Linie an die Politik
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<p>To stop the exodus but also to create additional employment in rural areas to maintain a traditional landscape,</p> <p>Reduce qualitative and quantitative water and soil problems and help restoring biodiversity in agriculturally used land.</p> <p>Creating additional employment in rural areas is not only about jobs in farms, it is also about diversifying employment opportunities in the countryside through better infrastructures (transport, energy, communication, high-speed internet). (S. 17)</p> <p>The Commission factsheet also notes that “many EU consumers prefer local or regional products where these are available. As a result, farmers are increasingly selling directly to consumers at farmers’ markets and are processing their own products to add local value”. This trend should not be underestimated and could be a key element to re-establish the Common Agricultural Policy into its first function: to increase farm revenue and to provide quality food to European citizens. (S. 18)</p> <p>There is also potential for the Natural Capital Finance Facility (NCF) of the European Investment Bank (EIB) to integrate health-social-nature issues into the objectives and selection criteria for eligible investments. A potential Trans-European Network Green Infrastructure offers an interesting solution. (S. 19)</p> <p>Maintaining wetlands - Payments for eco-services could create real improvement, by strengthening CAP payments for maintaining viable wetlands in farms. (S. 19)</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
Driver/ Rahmenbedingungen Nr. 4	<p>“Precision farming” is another innovative way to mitigate the current shortcomings of intensive farming. It uses technological innovation like GPS, satellites and software, to help farmers distribute a precise amount of inputs/pesticides/antibiotics/water. Productivity is still the main objective but with more targeted inputs. It nevertheless falls short of building a more integrated farming system, which maintains a healthy soil ecosystem and a healthy work environment for farmers, who are less economically dependent on external inputs. (S. 21)</p> <p>Reverse the trend to overspecialisation on single farm activity; support integrated farming as a means to secure farm income in the face of world price fluctuation; privilege quality over quantity and seek to sustainably use renewable resources on land and at sea; develop more awareness for health related dietary attitudes by consumers and orient producers in the same direction. (S. 22)</p>
Literaturquelle	<p>International Panel of Experts on Sustainable Food systems (IPES-Food) (2016): From uniformity to diversity: a paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems. International Panel of Experts on Sustainable Food systems.</p>
Methodischer Ansatz/Zielsetzung Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<p>"diversified agroecological system": Diversify farms and farming landscapes, replace chemical inputs, increase biodiversity and stimulate interactions between different species, as part of holistic strategies to build long-term fertility, healthy agro-ecosystems and secure livelihoods. (S. 9)</p> <p>There is also growing evidence of positive linkages between agricultural diversity and nutritional diversity at the household and local level, through the increased availability of nutrient-rich diverse foods throughout the year. Meanwhile, health-giving qualities have been identified in foods not treated with chemical pesticides; for example, concentration of antioxidants or omega-3 fatty acids have been found to be substantially higher in organic foods. (S. 10)</p> <p>Because risk is a daily reality for many farmers around the world, crop and livestock diversification acts as a form of self-insurance (S. 11)</p> <p>There are also increasing initiatives for managing and improving the outcomes of food systems at the landscape or territorial level, e.g. focused on ‘city-region food systems’. (S. 15)</p>
Driver/ Rahmenbedingungen Nr. 5	

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
Literaturquelle	TEEB (2015): TEEB for Agriculture & Food: an interim report, United Nations Environment Programme, Genf.
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<p>Food security should also look beyond the supply side, and consider dimensions of economic and physical access to food, food utilization, and their stability over time (S. 2)</p> <p>To examine our food systems through a comprehensive lens that not only enables us to view the entire value chain – including production as well as processing, distribution, consumption and waste – but also includes the full range of their hidden costs and benefits on human, natural, and social systems. (S. 24)</p> <p>Addressing the food-energy-climate change nexus will be agriculture’s greatest challenge this century. (S. 43)</p>
Driver/ Rahmenbedingungen	
Nr. 6	
Literaturquelle	UNEP (2016): Food Systems and Natural Resources. A Report of the Working Group on Food Systems of the International Resource Panel. Westhoek, H, Ingram J., Van Berkum, S., Özay, L., and Hajer M.
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<p>"resource-smart" food systems or sustainable food systems</p> <p>three main basic principles for sustainable food systems from a natural resource perspective can be defined:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sustainable use of renewable resources: no degradation. 2. Efficient use of all resources. 3. Low environmental impacts from the food system activities. <p>(S. 111)</p> <p>This implies decoupling food production from resource use (UNEP, 2011a). (S. 112)</p> <p>In the case of non-renewable nutrients (e.g. P and K), the ambition could be to reach a 100 % efficiency along the food chain, which implies that no ‘new’ minerals would need to be extracted from reserves to replace the lost minerals. (S. 112)</p> <p>Options to increase resource efficiency in primary food production: sustainable intensification of crop production (S. 117f), increase feed efficiency of livestock and improve grassland use (S. 118); reduction of food losses (S. 18)</p> <p>Options to increase resource efficiency along food systems: reducing food waste (S. 119), recycling of nutrients along food systems (S, 119), less resource-intensive (more sustainable) diets (S. 119ff)</p> <p>Options outside the food system: reduce the use of biofuels and natural fibres.</p>
Driver/ Rahmenbedingungen	Ausführlicher Darstellung der Rahmenbedingungen
Nr. 7	

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
Literaturquelle	Öborn, I. et al. (2011): Five Scenarios for 2050 - Conditions for Agriculture and land use. Swedish University of Agricultural Science, Uppsala.
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	Szenarienbildung zur Darstellung wie sich die Bedingungen für Landwirtschaft entwickeln und ändern können (S. 1)
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<p>An overexploited world</p> <p>Global level:</p> <p>Pressure on land resources is very high and environmental objectives are low. This is due partly to increased cultivation of bioenergy crops and enhanced soil erosion, but above all to the enormous demand for food as a result of population increase. The total area of arable and grazed land has increased. (...)</p> <p>The area of rainforest declines as the land is used for agricultural purposes, including production of livestock feed. Fertility of agricultural soils and their production potential also decrease because of short-sighted exploitation of land with, for example, monocultures, soil compaction, widespread use of pesticides and low quality chemical fertilizers. This also has a negative effect on biodiversity and availability of ecosystem services. Moreover, intensive irrigation leads to salinization of agricultural soils in dry areas. Availability of inputs to agriculture (mainly phosphorus) is low, which means prices are high.</p> <p>Clean water is a scarce resource and there are inequalities in water distribution around the world. Overexploitation of fish resources combined with acidification of oceans mean that availability of fish and shellfish is poor. Just over 80 % of global food consumption is plant-based calculated in calories. This means that the proportion of animal- and plant-based products are approximately the same as today.</p> <p>Europe:</p> <p>Climate change in Europe follows global warming trends. This brings drought to the Mediterranean region and major agricultural production shifts to the north and east. The expansion of agriculture in Eastern Europe contributes to strong economic growth in the area. Use of biofuels increases mainly due to the insecurity of imported energy supplies. This leads to greater competition for land resources, in spite of the larger area of cultivated land. Deforestation makes more land available for growing crops and for grazing. Availability of phosphorus and other inputs follows the global trend and is low. Precipitation increases in some parts of northern Europe putting a strain on drainage. Overexploitation of land leads to decline in fertility and production potential of agricultural soils. The size of agricultural units continues to increase and production becomes more and more specialized. Ecosystem services decline largely as a result of large fields with a limited range of crops. Availability of clean water is also low and unevenly distributed.</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>People's eating habits in Europe change very little. Consumption consists of 30 % animal-based and 70 % plant-based foods calculated in calories, which is approximately the same as today. The proportion of food from animals, calculated in percent protein, is also approximately the same as today, in other words, mainly pork products, poultry, eggs and milk. (S. 9)</p> <p>A world in balance</p> <p>Global level:</p> <p>Due to the relatively small increase in population and modest amount of arable land being used for bioenergy crops, pressure on agricultural land resources is low. The total area of arable and grazing land is the same as today and mainly to be found in the same regions. Consequently, there is scope to use land for other rural business enterprises than food production. Availability of clean water and distribution of water resources is approximately the same as today. Soil fertility and production potential as well as availability of ecosystem services are good as a result of diversified production methods and well developed systems for use and management of the agricultural land. In this scenario new products and new markets combined with improved knowledge and training for farmers are important factors for development. There is good availability of inputs (phosphorus and other nutrients) to agriculture because the latest technology makes recycling of, for example, phosphorus possible. Overexploitation of fish resources and marine pollution has been reduced so that wild fish stocks are approximately the same as today. Plant-based foods make up just over 80 % of the world food consumption calculated in calories, which means that consumption of animal-based foods is on average much the same as today.</p> <p>Europe:</p> <p>The total area of cultivated land is unchanged, but its location has shifted more to the north and east due to climate change resulting in improved growing conditions in northern and eastern Europe and growing drought problems in the south. The potential of fertile soils in the east is utilized to the full. Availability of agricultural inputs is good and prices relatively low. Soil fertility and production potential are good and ecosystem services increase as a result of strong environmental policies. Availability of clean water and distribution of water resources are fairly good (approximately the same as today). Stabilization of the wild fish population is also noticeable in Europe. The use of wild fish for animal feed has decreased markedly.</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>The amount of animal-based foods consumed has decreased radically and only makes up 10 % of total food consumption calculated in calories. The proportion of animal products is also lower in Europe than the average for the rest of the world, which is partly a result of changes in values and eating habits. In relative terms, consumption of fish (especially farmed fish) has increased while consumption of pork and poultry products has decreased. (S. 11)</p> <p>Changed balance of power Global level: A marked increase in global warming results in that the main agricultural areas are moved towards the north and the equator where rainforest is being felled. Only a small proportion of agricultural land is used to grow bioenergy crops. Global trade in food products is based on energy-intensive transport systems. (S. 12) The total area of arable and grazed land is approximately the same as today, but climate change, with severe drought in large areas, has resulted in the displacement of agriculture towards the north and south poles and the equator. In regions with plentiful rainfall around the equator, rainforest has been cleared to make way for arable land. Availability of agricultural inputs (e.g. phosphorus) is still adequate and inputs are relatively cheap because they are not the target of environmental policies. Fertility and production potential of agricultural soils diminishes as a result of weak environmental policies leading to extensive use of pesticides and low quality chemical fertilizers. This also results in decreased availability of ecosystem services, such as water purification, and pollination because of the decline in numbers of some insects. Climate change and environmental problems lead to an acute shortage of clean water in many regions. Availability of water is very unevenly distributed. Use of fossil fuels results in large emissions of carbon dioxide causing acidification of the oceans. Aquaculture is being developed and therefore availability of fish for consumption remains unchanged. Plant-based food makes up 75 % of global consumption calculated in calories and consumption of animal-based products is therefore on average higher than today. (S. 13)</p> <p>Europe: The land area used for production of food and animal feed as well as grazing is approximately the same as today, but it has shifted to the north where availability of water is better. Arable land is exploited more intensively than today (e.g. more than one crop harvested per year) and disused arable land is being brought back into use.</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Availability of inputs in Europe follows the global trend; there is a plentiful supply at relatively low prices. Thus, soil fertility and production potential in Europe remain on average at the same level as today.</p> <p>Technological developments within agriculture are slow. Availability of clean water is relatively low and water resources are unevenly distributed. Availability of wild fish has also declined and this is compensated for in Europe by increased aquaculture. European fish consumption thus contributes to a further collapse of the oceans' fish stocks.</p> <p>In this scenario urbanization is high and migration occurs both to large cities and smaller towns that are growing fast. Many people commute to work. The countryside is being rapidly depopulated, particularly those areas suffering from drought. (...) Interest in rural issues is low.</p> <p>Food consumption consists (like today) of 30 % animal-based and 70 % plant-based foods calculated in calories. Large-scale immigration leads to changes in eating patterns and people consume a greater proportion of beef and, in particular, lamb, while milk consumption decreases. (S. 13)</p> <p>The world awakes Global level: The total area of cultivated land is the same as today, but has shifted towards the north and south poles as a result of drought and other climate changes. Due to the lack of new land for cultivation in the south, expansion is greater in the northern hemisphere. Tropical rainforests are protected from deforestation as a result of greater environmental awareness. Availability of agricultural inputs is low and prices are high. Despite this, soil fertility and the production potential are largely maintained thanks to sustainable methods of cultivation and the environmental awareness of agricultural policies. This also has a positive effect on ecosystem services.</p> <p>Availability of clean water is low and unevenly distributed. In some areas it is no longer possible to use irrigation.</p> <p>Availability of wild fish continues to decrease because the oceans have not recovered from the long period of environmental degradation and overfishing. However, aquaculture is being developed and compensates for this decrease.</p> <p>Global food consumption consists of just over 80 % plant-based foods calculated in calories, which is approximately the same as today; the difference being that people in the richer countries eat less meat while those in poorer countries eat more. (S. 15)</p> <p>Europe: The area of land used for agriculture is the same as today and by setting high environmental objectives, fertility of soils and their production potential improves, as does the availability of ecosystem services.</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Availability of inputs to agriculture is limited because only high quality materials are permitted and prices are therefore high. Availability of clean water is approximately the same as today, but distribution is uneven.</p> <p>Supplies of wild fish decrease as they do in the rest of the world, but the demand for farmed fish and shellfish is large and aquaculture is on the increase in many European countries. There has been a marked decrease in the use of wild fish as animal feed.</p> <p>The pace of creating ever larger agricultural units has been slowed down through legislation on the environment and infectious diseases.</p> <p>There is large-scale urbanization and people move both to large cities and smaller towns which consequently grow fast. Rural areas around these built-up areas have well developed public and private services. The proportion of people who work in enterprises in rural areas therefore increases alongside urbanization.</p> <p>New technology has made the physical location of work places less important and moreover, commuting by car is very expensive. Societies are investing in infrastructure for such as communication services.</p> <p>The consumption of animal-based products changes with a decrease in consumption of milk, while consumption of eggs, poultry, pork and fish goes up. Lamb comes mostly from animals grazed on semi-natural pastures and production of beef is closely linked to milk production. (S. 15)</p> <p>A fragmented world</p> <p>Global level:</p> <p>Pressure on land resources is very high and the area under cultivation has increased due to the pressing need to feed a rapidly growing population. Forests (including rainforest) are cleared and the land made available used to grow food and animal feed. Grazing animals can only be kept on the most marginal land.</p> <p>Availability of inputs such as phosphorus and other nutrients is low, which leads to high prices. Low quality fertilizers and pesticides are used, which results in pollution of soils and foods.</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Availability of clean water is very restricted and water resources are unevenly distributed. Water is often of poor quality due to pollutants, flooding and lack of functioning sewage systems. Short-term solutions with irrigation in dry areas lead to salinization of soils. Intensive exploitation of soils means that fertility and production potential decrease and erosion devastates many fields. Large areas can no longer be used for agriculture. Absence of environmental policies also hits biological diversity hard and availability of ecosystem services declines. Over fishing and acidification of oceans reduces stocks of wild fish. Global consumption of animal-based food is low (10 % of total food consumption in calories) due to poverty. (S. 17)</p> <p>Europe: Increase in the total area of cultivated and grazed land, which expands towards the north and east. On the whole, agriculture is fairly inefficient. Soil fertility and production potential as well as availability of ecosystem services decline because of short-sighted overexploitation. Availability and prices of agricultural inputs follow developments in the rest of the world, which means low availability, poor quality and high prices. This accelerates depletion of agricultural soils. Availability of clean water is low and, above all, unevenly distributed. In southern Europe large areas of arable land are abandoned because of drought, and in northern Europe field drainage deteriorates because of heavy rainfall. Partially inefficient agriculture combined with little economic aid from supranational institutions means that eastern Europe cannot take advantage of the benefits that climate change could bring due to a shift in the area of cultivated land. Urbanization is extremely rapid and people move mainly to big cities. To ensure their food supply, many people grow their own fruit and vegetables and keep smaller domestic animals even in built-up areas. A new form of small-scale agriculture develops. At the same time the creation of ever larger commercial agricultural units occurs even more rapidly. Many of the employees on the larger farms do not have any relevant education. The proportion of plant-based foods in the diets is 80 %. (...) The consumption of animal-based products changes from milk and beef to the smaller animals that are more suitable for household production and intensive production in large units (S. 17)</p>
Driver/ Rahmenbedingungen	An overexploited world

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Population growth is high and poverty is prevalent in the world. There is a unipolar world order in which the USA dominates and the Western world shows relatively strong economic development. Political interest in the climate and environment is low. Climate change is large and there is considerable pressure on land resources. In Europe there is a strong supranational institution. (S. 8)</p> <p>A world in balance Economic development is strong in large areas of the world and population increase is lower than the UN's forecast. Strong intergovernmental actors are reaching global agreements on important issues. A global environmental policy has contributed to keeping global warming relatively low and pressure on land resources has been limited.</p> <p>Changed balance of power Population growth is relatively low. The balance of power has moved from the West to China and India, countries whose economies are developing fast. Economic development is weaker in Europe. Political ambitions regarding climate and the environment are low. A marked increase in global warming results in that the main agricultural areas are moved towards the north and the equator where rainforest is being felled.</p> <p>The world awakes Population growth is as the UN forecast. People and their rulers have realised at last how serious the consequences of climate change and the global environmental problems are, and are therefore taking more responsibility for achieving long-term, sustainable development. There are several centres of power in the world and agricultural policy is characterized by deregulation and free trade. Rural areas in Europe are flourishing and have well developed business enterprises. (S. 14)</p> <p>A fragmented world Population growth is high. There are no strong nations or supranational actors, which means that power relations are unclear. Thus, there are no global agreements on measures to regulate climate change or protect the environment. Private enterprises strongly influence development. Europe is forced to be largely self-sufficient in food. Pressure on land resources is very high.</p>
Nr. 8	
Literaturquelle	Foley, J. A. et al. (2011): Solutions for a cultivated planet. Nature 478: 337-342.
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	Problembeschreibung, Ableitung von Lösungsansätzen
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	-Stop expanding agriculture: Slowing (and, ultimately, ceasing) the expansion of agriculture, particularly into tropical forests,

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>will be an important first step in shifting agriculture onto a more sustainable path. (S. 3)</p> <p>-close yield gaps: we must increase production on our existing agricultural lands. (...) Better deployment of existing crop varieties with improved management should be able to close many yield gaps while continued improvements in crop genetics will probably increase potential yields into the future. (...) Improve yield and the resilience of cropping systems by improving 'orphan crops' (such crops have not been genetically improved or had much investment) and preserving crop diversity, which have received relatively little investment to date. (...) Closing yield gaps without environmental degradation will require new approaches, including reforming conventional agriculture and adopting lessons from organic systems and precision agriculture. (S. 3) -(...) Require overcoming considerable economic and social challenges, including the distribution of agricultural inputs and seed varieties and improving market infrastructure. (S. 4)</p> <p>-increase agricultural resource efficiency: For example, curtailing off-field evaporative losses from water storage and transport and reducing on-field losses through mulching and reduced tillage will increase the value of irrigation water. (S. 4)</p> <p>-increase food delivery by shifting diets and reducing waste Fortunately, many such tactics already exist, including precision agriculture, drip irrigation, organic soil remedies, buffer strips and wetland restoration, new crop varieties that reduce needs for water and fertilizer, perennial grains and tree-cropping systems, and paying farmers for environmental services. However, deploying these tactics effectively around the world requires numerous economic and governance challenges to be overcome. For example, reforming global trade policies, including eliminating price-distorting subsidies and tariffs, will be vital to achieving our strategies.</p>
Driver/ Rahmenbedingungen	
Nr. 9	
Literaturquelle	Maggio, A., T. van Crieking und J.-P. Malingreau (2016): Global food security 2030: assessing trends in view of guiding future EU policies. Foresight 18(5): 551-560
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	By examining and agreeing upon the key drivers of change a vision was developed for global food security by 2030. (...) In a foresight process, agreeing on a vision (i.e. where we will/want to be) (...) engaging stakeholders in a visionary approach to successfully achieving and shaping a specific future (S. 11)
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<p>Areas and small urban centres nearby, offering off-farm job opportunities for the younger generation. (S. 13)</p> <p>An enabling environment in rural areas</p> <p>Rural development strategies: result of broader rural development programmes focusing more on the enabling environment; substantial investments in costly infrastructure,</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>including road construction and off-grid electrification, have fostered access to markets for purchasing inputs and selling agricultural products. This has triggered a virtuous circle of rural economic development by reducing transaction costs, both in terms of information (e.g. market signals, early-warning systems, etc.), physical infrastructure (e.g. transport) and organisation (e.g. bargaining power of small producers).</p> <p>Local resilience and social protection: Well-targeted social safety nets are now in place to help cope with crises and shocks, as well as longer-term and more institutionalised social protection schemes to help address the underlying causes of social inequality which undermines consistent and predictable access to nutritious food.</p> <p>Stronger local governance: The empowerment of farmers' organisations and the promotion of more decentralised governance schemes in many developing countries have enabled small agricultural producers to play a stronger role in local, national and regional food governance. The revision of land and water rights through socially equitable principles has given rural farmers a new sense of stability and ownership; a decrease in corruption practised by officials, and investments resulting in greater equity. (S. 15)</p> <p>A balanced food system between local, regional and global levels</p> <p>What was once known as the traditional system has moved beyond self-sufficiency and subsistence, towards better productivity and integration into local, regional and global markets. The food system as a whole is characterised by a mosaic, in which various different types of food systems,</p> <p>Global governance: global governance focusing predominantly on achieving food security by 2030 by redesigning the food system to become more sustainable and equitable; Global food security has become a performance indicator for large food corporations.</p> <p>Regional governance: improved governance and greater investment resulting from economic growth and public-private partnerships.; focusing predominantly on a shift away from dependency on imports.; In Asian countries, there is particular focus on developing rural areas and preventing migration flows into the urban centres, through the integration of traditional agricultural methods alongside high-tech industrial production technologies. (S. 17)</p> <p>Trade markets: Positive growth in the world economy, especially in the developing world, has created a fertile environment for the greater liberalisation of agricultural products and an eventual convergence between the treatment of agricultural and non-agricultural goods in multilateral trade rules; increased trust in global governance systems and institutions such as the World Trade Organization (WTO), as well as the United Nations (UN); with agricultural-related subsidies from both the industrialised and developing countries</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>cut back significantly and export tariffs reduced: bound tariffs were cut by over a half, bringing agriculture more in line with non-agricultural tariffs. Major developing countries have been granted increased flexibility with regards to protecting their own sensitive sectors, although the liberalisation of imports of special and sensitive products has slowly started to take hold. Overall, the global market has become even more integrated, and trade liberalisation in agricultural commodities is seen as a risk-management strategy through the diversification of the food supply, which is now based on a mix of food products available on a national, regional and global scale. The world is moving towards a borderless market for agricultural and food products with consumer choice determining trade flows while sourcing from low-cost suppliers; Because the trade system has become increasingly globalised, food and safety standards no longer act as a barrier to trade.</p> <p>Transparency, regulation and ethics: significant progress at the WTO-level on 'environmental goods and services'. Life-cycle analysis of products has been stepped up, particularly in European legislation.; it is using this leverage at the international level to lobby other WTO members to accept the setting up of a mechanism to evaluate the carbon footprint of goods. (S. 18)</p> <p>A demand-driven food system</p> <p>The majority of 2030 food consumers will be located in Asia, where their demand is shaping global food trade. The consumer represents a formidable market force that is now adequately empowered in terms of food choice, and much better informed regarding the impact of his/her choices. This, in turn, is leading progressively to a more sustainable, diversified and healthy consumption pattern. (S. 21)</p>
<p>Driver/ Rahmenbedingungen</p>	<p>By 2030, the overall world economy has continued to grow and benefits are shared more equitably across the globe. World population is now at 8.3 billion and demand for nutritious food, which has grown by 40 %, is still only partially satisfied.</p> <p>Malnutrition persists in scattered patterns across the globe, although there has been a significant reduction</p> <p>Trends towards geopolitical stability and the need to cooperate on global resource management have ushered in a new era of political and economic collaboration at the global level. Multilateral institutions are key players now</p> <p>The domestic and regional level political reform has favoured emerging markets, enabling them to play a crucial role in creating a more equitable economic and political order.</p> <p>Resilience of the most food-insecure regions in the world, and increased investments targeting nutrition deficiencies in children under five have been key in reducing major food insecurities worldwide. Access to potable water for rural and urban populations is widely ensured. (S. 11)</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
Literaturquelle	Giovannucci, D., S. Scherr, D. Nierenberg, C. Hebebrand, J. Shapiro, J. Milder und K. Wheeler (2012): Food and Agriculture: the future of sustainability. A strategic input to the Sustainable Development in the 21st Century (SD21) project. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, New York.
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	<p>This paper illustrates how leading thinkers imagine our future food and agriculture world.</p> <p>Respondents were asked about most significant trends and the most important priorities in the next 20 years to ensure sustainable food and agriculture systems.</p> <p>Four broad-based groups participated in this high-level effort to solicit views of thought leaders from all facets of agriculture on how the food and agricultural system could become significantly more sustainable while best meeting the need for global food security.</p> <p>The report aims to explore the choices available under different scenarios for the agriculture and food sectors and, where there is agreement, on the likely consequences for long-term sustainability. (S. 2)</p>
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<p>The current 'more production' orientation is so outdated and unresponsive to our current needs that it is causing its own problems. (...) Rather than simply "more" production, we must also consider what would be "better" production and better food systems.</p> <p>Rural World 1. Industrial farms that are globally competitive, embedded in agribusiness, commodity producers and processors, politically connected, export-driven, adopters of Green Revolution and sometimes transgenic technologies.</p> <p>Rural World 2. Family farms and landed peasantry that are locally orientated, with access to and control of land, multiple enterprises, undercapitalized, declining terms of trade, the 'shrinking middle' of agriculture.</p> <p>Rural World 3. Marginal farmers and pastoralists, primarily in developing countries facing fragile livelihoods, limited access to productive resources, multi-occupational migrants straddling rural and urban residencies, dependent on low-wages and family labour. (S. 14)</p> <p>The functional structures of the food and agriculture world (markets, inputs, extension) are now more frequently managed by the private sector. (S. 15)</p> <p>Market-driven solutions are promoted by many as ideal ways to drive sustainable practices and standards or certifications have become the mechanism of choice. (S. 16)</p> <p>The increasingly global nature of markets and agribusiness presents a challenge for smaller scale agriculture. (S. 17)</p> <p>Industrial farms of Rural World 1 likely benefit from the increased exchanges of a liberalized trading system. Consumers also benefit from lower prices when global markets function well. (S. 18)</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>A trend toward the dominance of larger farms is occurring in some countries even as fragmentation and population growth is leading to ever smaller – and perhaps unsustainable – farms in others.</p> <p>With the current trajectory, by 2030 developing countries are likely to become even more import-dependent with estimates of net grain imports amounting to some 265 million metric tons annually – almost three times present levels. (S. 18)</p> <p>Relative value of labour is making effective technology an ever more critical factor. (...) Some relate technology to inputs such as biocides or seeds, others to computer-based systems, some to genetically modified organisms (GMOs) and others to agriculture management systems. (S. 18)</p> <p>Ecological research is leading to new understanding of agro-ecosystem function that is enabling yield growth through improved nutrient cycling, water utilization, improved pest and disease management, nitrogen-fixation, and synergistic plant interactions. (S. 19)</p> <p>Our food supply is undergoing concentration at two levels: in the supply chains and in the number of food species and varieties. While concentration can certainly present some economies of scale, it can also elevate the scale of risk. (S. 20)</p> <p>Similarly, water scarcity, exacerbated by pressure from plant and livestock diseases, weeds and insects, may reduce yields by an additional 5 to 25 %. (S. 22)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Organized small and medium farmers, fully including women farmers, should be a primary focus of investment – recognizing that private enterprise will play a significant role in many solutions. 2. Define the goal in terms of human nutrition rather than simply “more production”. 3. Pursue high yields within a healthy ecology – they are not mutually exclusive and policy and research must reflect that. 4. Impel innovation and the availability of diverse technologies suitable in different socioeconomic and ecological contexts. 5. Significantly reduce waste along the entire food chain. 6. Avoid diverting food crops and productive land for biofuels, but explore decentralized biofuel systems to promote energy and livelihood security that also diversifies and restores rural landscapes. 7. Insist on intelligent and transparent measurement of results – we cannot manage what we cannot measure. 8. Develop and adapt public and private institutions that can effectively respond to these new goals. 9. Motivate and reward investments and business systems that result in measurable impacts to the “public good”. (S. 59 f) <p>Agriculture policy and investment will be smarter to focus on improved human health and access to nutrition, and not only on increasing food supply. (S.60)</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Agriculture will become a central feature in the management of healthy ecosystems and multifunctionality will become a key consideration.</p> <p>The adoption of conservation tillage, modern genetics (not necessarily GMOs) and mechanical or drip irrigation can further increase the amount of ‘crop per drop’.</p> <p>To conserve our remaining biodiversity, the best option is to focus on rehabilitating agricultural and pastoral areas that have been eroded and degraded, rather than converting new lands. Climate-smart production systems will be vital for necessary adaptation. (S. 61)</p> <p>We need to aggressively invest in a combination of market mechanisms and policies that advance agriculture while scaling-up the approaches that improve its delivery of ecosystem services.</p> <p>Technology is not solely based on complex machines and sophisticated science, we must include production or resource management systems whose native ingeniousness is in the simple ways of doing things that work well. (S. 62)</p>
<p>Driver/ Rahmenbedingungen</p>	<p>The rural world faces a profound challenge. It is already home to about three-quarters of the world’s poorest people and faces the challenging conditions of increasingly limited resources such as water, land, and its younger people due to migration. The rural world is much more than agriculture and yet it is agriculture that most impacts the rural space and whose products enable us all, rural and urban dwellers alike, to live. (S. 2)</p> <p>Of the world’s 1.1 billion extremely poor people, about 74 % (810 million) live in marginal areas and rely on small-scale agriculture. (S. 6)</p> <p>Global agricultural production increased at an average rate of two percent a year between 1961 and 2007. (...) we will need to produce as much food in the next 40 years as we have in the last 8-10,000 years. (S. 7)</p> <p>Hunger often has more to do with access and poverty and sometimes politics. (...) public investments must likewise be re-oriented. (S. 8)</p>
<p>Nr. 11</p>	
<p>Literaturquelle</p>	<p>FAO (2017b): The future of food and agriculture – Trends and challenges. FAO, Rom.</p>
<p>Methodischer Ansatz/Zielsetzung Entwicklungspfad der Landwirtschaft</p>	<p>Because the substantial additional amounts of food needed in coming decades will be produced mainly through yield increases, rather than major expansion of the cultivated area, cereal yield growth rates below one percent a year would be a worrying signal. (S. 47)</p> <p>The key to sustainable agricultural growth is more efficient use of land, labour and other inputs through technological progress, social innovation and new business models. (S. 48)</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Recent years have seen a growing trend towards the adoption of conservation agriculture. This approach seeks to reduce soil disturbance by minimizing mechanical tillage, maintain a protective organic cover on the soil surface, and cultivate a wider range of plant species – both annuals and perennials – in associations, sequences and rotations that may include trees, shrubs, pastures and crops. (S. 47f)</p> <p>Agroecology represents a shift from ‘ready-to-use’ to ‘custom-made’ production systems. Farmers achieve a greater quality and quantity of production by transitioning from a reliance on chemical inputs to a holistic, integrated approach based on ecosystem management. This is done by re-introducing biological complexity, particularly by increasing plant diversity, perennial cover and the presence of trees.</p> <p>Climate-smart agriculture aims at sustainably increasing food security and incomes, and adapting and building resilience to climate change, while capturing potential mitigation co-benefits. (...) Climate-smart agriculture has promoted mixed crop-livestock systems and sustainable livestock production, which integrate environmental and production objectives through, for example, the rotation of pasture and forage crops to enhance soil quality and reduce erosion, and the use of livestock manure to maintain soil fertility. In climate-smart agriculture, agroforestry systems are an important means of sustainably producing food while conserving ecosystems, especially in marginal areas prone to environmental degradation. (S. 49)</p> <p>As agriculture adopts labour-saving technologies, agricultural employment is expected to shrink, with both women and men moving into other sectors. However, while men may diversify out of subsistence farming or out of agriculture altogether, women in many low-income countries may continue to work in agriculture. This has led to concerns about the feminization of agriculture. (S. 102)</p> <p>The striking rise in women’s responsibilities in agriculture is driven by demographic pressures and land fragmentation; the intensification of agriculture, which affects demand for male and female labour; jobs growth in other sectors; and social norms around women’s responsibilities. (S. 103)</p> <p>chains are progressively characterized by the vertical coordination, and in some instances the integration, of primary production, processing and distribution; the automation of large-scale processing; and higher capital and knowledge intensities. (S. 106)</p> <p>While offering employment opportunities, the transformation of agri-food chains in low- and middle-income countries has, in many cases, created serious barriers to the participation of smallholder producers and small-scale agro-processors in local, national and global markets. (S. 108)</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
Driver/ Rahmenbedingungen Nr. 12	<p>It is possible that mixed systems will emerge in the years ahead, with some indigenous food producers making more intensive use of technology. Modern communications (e.g. mobile phones, internet and satellites) and self-certification will facilitate market access and reduce the need for intermediaries, thus allowing producers to capture a bigger share of the final product's added value. (...) Just as former niche markets, such as organic food, zero-kilometre food and family-farmed produce, have expanded exponentially in recent years, so too could the markets for many neglected foods and for the produce of indigenous food systems. (S. 111)</p> <p>Ausführliche Darstellung der Rahmenbedingungen</p>
Literaturquelle	<p>Offermann, F., M. Banse, C. Deblitz, A. Gocht, A. Gonzalez-Mellado, P. Kreins, S. Marquardt, B. Osterburg, J. Janine Pelikan, C. Rösemann, P. Salamon, J. Sanders (2016): Thünen-Baseline 2015 – 2025: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Thünen Report 40. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.</p>
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	<p>Die Thünen-Baseline stellt keine Prognose der Zukunft dar, sondern beschreibt die erwarteten Entwicklungen unter bestimmten Annahmen zur Entwicklung exogener Faktoren und Politiken. (S. iv)</p> <p>Ableitung der Entwicklung ausgewählter Umweltindikatoren</p>
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<p>Hier kommt es zu zusätzlichen Importen aus Zentral- und Südamerika, Asien und Afrika. Länder aus diesen drei Regionen haben Handelsabkommen mit der EU geschlossen, die in den nächsten Jahren umgesetzt werden und ihnen zusätzliche Exportchancen auf die EU-Märkte ermöglichen. Importe aus Nordamerika und Ozeanien (Australien und Neuseeland) bleiben hingegen unverändert. (S. 20)</p> <p>Aufgrund der stagnierenden deutschen Bevölkerung und einem begrenzten Einkommenswachstum bei durchschnittlich relativ hohen Einkommen nimmt die Inlandsverwendung der meisten Produktgruppen in der Projektionsperiode nur begrenzt zu. (S. 24)</p> <p>nach den Modellergebnissen nimmt die Getreidefläche wie in der Vergangenheit weiterhin leicht ab (minus 7 %). Dies ist eine Folge der hohen Wettbewerbsfähigkeit des Energiemaisanbaus für die Biogaserzeugung, dessen Anbauflächen in der Thünen-Baseline auf etwa 1,2 Mio. Hektar zunehmen. (S. 26)</p> <p>Die eher extensiven Getreidearten, wie beispielsweise Sommergerste, verlieren zugunsten der Weizenproduktion an Bedeutung. (...) Die Strukturverschiebung des Getreideanbaus sowie der Ertragsanstieg bis 2023 lassen die Getreideproduktion trotz des Anbaurückgangs um rund 8 % auf ca. 50 Mio. Tonnen ansteigen. (S. 26)</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Der Ölsaatenanbau wird im Vergleich zum Ausgangsjahr nahezu konstant bleiben (...) Demgegenüber werden der Futtermaisbau sowie der sonstige Ackerfutteranbau bei nahezu konstanter Rinderhaltung durch die erwartete Ertragssteigerung im Futterbau leicht eingeschränkt. (S. 26)</p> <p>Die Milcherzeugung wird aufgrund steigender Milchpreise nach dem Auslaufen der Milchquote bis zum Jahr 2023 auf rund 34,5 Mio. Tonnen ausgedehnt. Dies entspricht einem Anstieg der Milchproduktion gegenüber den Jahren 2009/2011 von rund 18 %. (S. 26)</p> <p>Die Anzahl der sonstigen Rinder bleibt infolgedessen nach den Modellanalysen konstant, sodass sich auch die Rindfleischerzeugung kaum verändert. (S. 27)</p> <p>Da der Rindviehbestand vor allem infolge des Auslaufens der Milchquotenregelung konstant bleibt, sind auch in der Grünlandnutzung keine größeren Veränderungen zu erwarten. (S. 27)</p> <p>Die bereits in der Ex-post-Entwicklung zu beobachtenden Tendenzen einer regionalen Konzentration der Milcherzeugung werden durch die Abschaffung des Milchquotensystems beschleunigt. (S. 27)</p> <p>Eine überdurchschnittliche Ausdehnung der Milcherzeugung von mehr als 1.500 Kilogramm je Hektar LF erfolgt nach den Modellergebnissen vor allem in den Küstenregionen, am Niederrhein, in einigen Mittelgebirgslagen sowie im Allgäu und im Voralpenland. Diese Grünland- bzw. weniger ertragreichen Ackerbaustandorte haben sich als besonders wettbewerbsfähig in der Milchproduktion erwiesen und sind schon gegenwärtig durch hohe Milchproduktionsdichten gekennzeichnet. Ein Rückzug der Milchproduktion wird insbesondere auf Ackerbaustandorten, wie z. B. der Köln-Aachener Bucht, der Hildesheimer Börde und dem Nordosten von Brandenburg, ausgewiesen. Darüber hinaus verlieren aber auch einige Grünlandstandorte Milchproduktionsanteile. Dies betrifft z. B. den Schwarzwald sowie Teile Hessens, also jene Grünlandregionen, die sich in der Vergangenheit als weniger wettbewerbsfähig für die Milchproduktion erwiesen haben und in denen die Milchproduktion eingeschränkt wurde. Diese Regionen befinden sich häufig im Einzugsgebiet von Ballungsräumen, in denen vergleichsweise gute außerlandwirtschaftliche Erwerbsmöglichkeiten vorliegen und in denen die Bedeutung des Tourismus „Ferien auf dem Bauernhof“ zunimmt. (S. 28)</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Der Anteil der Milchproduktion, der in Betrieben mit größeren Milchkuhherden erzeugt wird, wird weiter deutlich zunehmen. Besonders deutlich ist dieser Trend in den nördlichen Bundesländern, wo in der Baseline über 90 % der Milch aus Herden mit mehr als 60 Kühen stammt. Viele Betriebe mit kleineren Beständen stellen im Zuge des Strukturwandels entweder die Milcherzeugung ein oder nutzen die Möglichkeiten aus der Abschaffung der Milchquotenregelung, um ihre Herden zu vergrößern. Dies führt gerade in den südlichen Bundesländern zu einer wachsenden Bedeutung mittlerer Bestandsgrößen, die dort in der Baseline gut 50 % der regionalen Milchproduktion erbringen. (S. 29)</p> <p>Im Vergleich zum Basisjahrzeitraum 2009/2010 bis 2011/2012 steigt das durchschnittliche Betriebseinkommen pro Arbeitskraft nochmals leicht an und liegt damit über dem mittleren Niveau der letzten zehn Jahre. (S. 29)</p> <p>Ackerbaubetriebe sind insbesondere vom starken Anstieg der Preise für Energie und Düngemittel sowie den deutlich sinkenden Preisen für Zuckerrüben betroffen. Sie profitieren hingegen überdurchschnittlich von den Möglichkeiten zur Generierung von Einkommen aus der weiteren Ausdehnung des Energiemaisanbaus. Aufgrund des Ausscheidens vor allem kleinerer Ackerbaubetriebe mit relativ geringerem Einkommen steigt die durchschnittliche Flächenausstattung merklich an. (S. 30)</p>
Driver/ Rahmenbedingungen	Ausführliche Darstellung der Annahmen
Nr. 13	
Literaturquelle	Godfray, H. C. J. und T. Garnett (2014): Food security and sustainable intensification. Philosophical Transactions of the Royal Society B 369: 20120273.
Methodischer Ansatz/Zielsetzung Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<p>Erläuterungen zu Sustainable Intensification</p> <p>Increasing input efficiency and further reducing emission: Calls for SI do not mean that production should be increased uniformly over all farming regions, (...). Improving environmental sustainability may mean that in some areas yields or yield gains must be sacrificed for better environmental outcomes. It may be desirable to take some of the most critical habitats for biodiversity, and some unproductive agroecosystems, completely out of agriculture (rewilding) in order to maximize their value in supporting biodiversity or societal important ecosystem services.</p> <p>The word 'intensification', however, is often associated with specific farming practices, and these connotations are responsible for some negative reactions to calls for SI. This issue is particularly acute when discussing livestock production where intensification is virtually synonymous with factory farming. (S. 5)</p> <p>Sustainability is a "must have" not a "nice to have".</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Critical to the notion of SI is the realization that the way we produce food now is literally unsustainable.</p> <p>SI should not be interpreted as environmental business-as-usual with marginal reductions in negative externalities. It calls for a radical refocusing of food production on the twin aims of increasing yields and improving environmental performance. The results of this programme will very much be location specific. For example, in many lesser-developed countries, substantial yield increases are possible. (S. 5)</p> <p>In richer countries, with high-input high-yield agriculture, the emphasis may be much more on increasing input efficiency. As mentioned above, where current practice is very damaging, yield reductions to improve environmental outcomes may be required. (S. 6)</p> <p>Agricultural approaches and systems: SI does not privilege any particular type of agriculture. A minority on the libertarian right would go further and oppose any state intervention including support for rural communities. (S. 6)</p> <p>Concepts related to sustainable intensification: For example, Cassman (1999) coined the phrase ‘ecological intensification’.</p> <p>Recently, Conway (2012) has suggested that in a developing country context SI might be decomposed into a series of sub-tasks: ecological intensification (e.g. conservation agriculture, agroforestry and integrated pest management), genetic intensification (plant and animal breeding) and market intensification (providing a socio-economic enabling environment).</p> <p>‘Climate-smart agriculture’ was defined by the FAO as ‘agriculture that sustainably increases productivity, resilience (adaptation), reduces/removes greenhouse gases (mitigation), and enhances achievement of national food security and development goals’.</p> <p>The 1992 Earth Summit in Rio endorsed ‘eco-efficiency’. (S. 6)</p> <p>Other goals: Biodiversity, ecosystem services and multifunctional landscapes; Animal welfare; Human nutrition</p> <p>And while SI needs to be central to the way we produce food in the future it needs to be integrated within a nexus of strategies aimed at achieving food system sustainability, in the broadest sense of the phrase.</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Finally, there is the business-as-usual alternative to SI: unsustainable intensification. As demand for food rises, then the economic pressures to produce food will increase, leading to land conversion, and the types of intensification that damage the environment and other food system goals. In the face of a multitude of externalities (costs not captured in the price), market distortions and time lags, it is inconceivable that the market alone will furnish solutions unaided. The consequences of unsustainable intensification will damage the planet and undermine its capacity to support future food production. (S. 9)</p>
<p>Driver/ Rahmenbedingungen</p>	<p>Population growth and demographic change (S. 2f.) Rising average incomes (S. 3) Environmental change (S. 3f) The need to reduce greenhouse gas emissions (S. 4)</p>
<p>Nr. 14</p>	
<p>Literaturquelle</p>	<p>Sustainable Development Solutions Network (2015): Solutions for Sustainable Agriculture and Food Systems. Sustainable Development Solutions Network. New York.</p>
<p>Methodischer Ansatz/Zielsetzung</p>	<p>Interim report of the Open Working Group (S. viii) We propose evidence-based indicators that could be applied to track progress towards meeting the SDG and their targets, at local, regional and global scales (S. ix)</p>
<p>Entwicklungspfad der Landwirtschaft</p>	<p>Sustainable development path for agriculture and food systems -reducing food losses and waist and shifting to healthier diets -producing more food through sustainable agricultural intensification -climate-smart agricultural landscapes -Sustainable Agricultural Intensification (SAI) offers workable options to eradicate poverty and hunger while improving the environmental performance of agriculture, but requires transformative, simultaneous interventions along the whole food chain. It also requires behaviour change by consumers as well as producers of food.</p>
<p>Driver/ Rahmenbedingungen</p>	<p>Summary: -Agriculture faces many challenges, -feeding the world. While Global food systems are threatened by land degradation, climate change and other stressors. -Global pattern suggests that the stability of the food system will be at greater risk. -Agriculture must change to meet the rising demand, to contribute more effectively to the reduction of poverty and malnutrition, and to become ecologically more sustainable. -The contributions of agriculture to goals on gender equality and social inclusion, health, climate change and energy ecosystem services and natural resources, and good governance must also be recognized.</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>-Shifting towards healthier diets; -Ensuring increasing agricultural productivity on existing crop and pasture land and making it more resilient to climatic extremes; -Preserving the environment; -Reducing food losses and waste; -New visions and business models for smallholder agriculture; -Coherent policies at all levels that stimulate behaviour change; -To guide countries in designing their own development paths for agriculture. (S. viii). Long lasting solutions will require rethinking of rural development and smallholder agriculture towards structural transformations that include and benefit the poor. - Agriculture in industrialized countries will also need to change, including changes in policies that affect many low and medium-income countries. High-income countries will have to embark on a pathway that addresses urgent issues such as unhealthy diets, food waste, and the right balance of food vs. biofuels production and fair agricultural policies. - New technologies will make it possible for sustainable agriculture to become the new global standard not the exception. -The global food system should morph into a true global partnership that widely shares information, experiences and new technology, following open access principles and practices that honour intellectual property but enable wide access and use. - The private sector will be a key player in sustainable agriculture and food systems. Good governance will be essential, including supporting farmer groups, managing risks, and deploying tools and accountability measures that foster greater private sector investment in agriculture, but also put clear constraints on unsustainable or inequitable exploitation of land, water, forests and fisheries. (S. ix).</p>
Nr. 15	
Literaturquelle	<p>Wirz, A., Kasperczyk, N., Thomas, F. (2017): Kursbuch Agrarwende 2050. Ökologisierte Landwirtschaft in Deutschland. Greenpeace. Hamburg.</p>
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	<p>Literaturauswertung + Expertengespräche Modellierung von Szenarien - Kalkulation der landwirtschaftlichen Produktivität Zeithorizont 2050: Wir nennen die folgenden drei Modelle „große Ernährungswende“, „kleine Ernährungswende“ und „Ernährung as usual“. Sie unterscheiden sich jeweils in der Verteilung der Bevölkerung nach den Ernährungstypen: vegan, vegetarisch, flexitarisch und fleischbetont</p>
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<p>Für unsere Modellierung treffen wir folgende Annahmen: In der Milchviehhaltung bleibt die durchschnittliche Jahresmilchleistung auch im Jahr 2050 bei 7.400 Kilogramm Milch pro Kuh (entspricht derzeitigem Durchschnittswert). Sauen haben maximal 20 Ferkel pro Jahr und eine Zweinutzungsgeflügelrasse legt durchschnittlich 230 Eier pro Henne und Jahr. (S. 47)</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>Für unsere Berechnungen gehen wir daher von einem Abfallfaktor in Höhe von 17 Prozent aus für die Herstellung von verarbeiteten Lebensmitteln. Für die Herstellung von Futtermitteln entstehen dagegen nur Ernte- und Nachernteverluste. Eine Halbierung der Abfallquote entspricht hier zwei Prozent. (S. 47)</p> <p>Für unsere Modellierungen gehen wir davon aus, dass der Selbstversorgungsgrad für die wichtigsten Lebensmittel in 2050 100 Prozent beträgt. Das bedeutet: auf der vorhandenen landwirtschaftlichen Nutzfläche sollten alle notwendigen Lebensmittel erzeugt werden können. (S. 47)</p> <p>Der internationale Handel mit Agrarprodukten und der faire Austausch mit anderen Volkswirtschaften werden grundsätzlich nicht in Frage gestellt. Die Erzeugung von Überschüssen („die Eroberung von Anteilen am Weltmarkt“) ist aber kein agrarpolitisches Ziel, dagegen findet eine starke Orientierung an der Binnennachfrage statt.</p> <p>Zugleich soll der Import von Agrarprodukten aus ökologisch problematischen Regionen, wie Palmöl und Soja aus Urwaldregionen, eingeschränkt und weitestgehend durch heimische und europäische Produktion ersetzt werden. (S. 47)</p> <p>Im Rahmen der angestrebten ökologisierten konventionellen Landwirtschaft besteht allerdings ein Potenzial, um organischen Abfall aus der Tierhaltung in Biogasanlagen energetisch zu nutzen. Hinzu kommt der Aufwuchs von Flächen, die aus Gründen des Biodiversitäts- und Klimaschutzes extensiv bewirtschaftet bzw. nur gepflegt werden (Moorflächen, Ökologische Vorrangflächen).</p> <p>Eine darüber hinausgehende Erzeugung von Biomasse soll nur im Rahmen von vorhandenen „Restflächen“ erfolgen, die nicht für die Lebensmittelproduktion gebraucht werden. (S. 47)</p> <p>Ergebnis "Große Ernährungswende" bei 76 Millionen Einwohnern</p> <p>In dem Modell "Große Ernährungswende" reichen rund 8,08 Millionen Hektar Ackerfläche und 0,95 Millionen Hektar Dauergrünland für die Erzeugung der benötigten Lebensmittel (tierisch und pflanzlich) für 76 Mio. Einwohnern aus. Für den Weidegang und Rohfutter der rund 6,8 Millionen Rinder müssen zusätzlich rund 2,2 Millionen Hektar Dauergrünland bereitgestellt werden (Die Fläche wurde mithilfe des KTBL-Wertes von 0,33 Hektar Grünland/Rind/Jahr ermittelt.). Von der zur Verfügung stehenden Ackerfläche (9,36 Millionen Hektar) bleiben 1,27 Millionen Hektar als Restflächenpotenzial übrig.(S. 56)</p> <p>In dem Modell „Große Ernährungswende“ reichen 8,47 Millionen Hektar Ackerfläche und rund 3,3 Millionen Hektar Dauergrünland aus, um die Ernährung von 80 Millionen Einwohnern in 2050 sicherzustellen. Es verbleibt ein Restflächenpotenzial an Acker von circa 0,89 Millionen Hektar. Diese Restfläche beträgt im Fall von 76 Millionen Einwohnern sogar 1,28 Millionen Hektar.</p>

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>In dem Modell „Kleine Ernährungswende“ werden erwartungsgemäß mehr Acker- und Grünlandfläche für die Lebensmittelproduktion benötigt. Für 76 Millionen Einwohner verbleiben demnach rund 0,38 Millionen Hektar Restfläche an Acker und für 80 Millionen Einwohner werden schon 30.000 Hektar mehr benötigt als vorhanden sind. Vor dem Hintergrund unseres selbst gewählten „Grenzwertes“ von rund 900.000 Hektar Restfläche muss konstatiert werden, dass eine ökologisierte konventionelle Landwirtschaft, wie sie in dieser Studie beschrieben wird, die Bevölkerung in Deutschland bei einer kleinen Ernährungswende nicht ohne Importe versorgen kann.</p> <p>Die Diskrepanz zwischen benötigter und verfügbarer Ackerfläche wächst bei einer nahezu unveränderten Ernährung („as usual“) der deutschen Bevölkerung in 2050. Bei 76 Millionen Einwohnern werden circa 250.000 Hektar und bei 80 Millionen Einwohnern rund 700.000 Hektar zusätzlich zu der verfügbaren Ackerfläche (9,36 Millionen Hektar) benötigt. Demgegenüber reicht die verfügbare Grünlandfläche von 5,28 Millionen Hektar in allen drei Ernährungsmodellen für jeweils 76 und 80 Millionen Einwohner aus. (S. 59)</p>
Driver/ Rahmenbedingungen Nr. 16	Bestandsanalyse der Umweltprobleme Darstellung der Rahmenbedingungen
Literaturquelle	International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD) (2008): Weltagrarbericht Synthesebericht. Hamburg University Press. Hamburg.
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	<p>Improving Productivity and Sustainability of Crop Systems</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Small-scale, diversified farming systems: Integrated, multifactor innovations (S. 379), post-harvest loss (S. 385), ecological agricultural systems, which are low external input systems that rely on natural and renewable processes, have the potential to improve environmental and social sustainability while maintaining or increasing levels of food production. (S. 385), mixed farming, improve sustainability through multifunctional agriculture and ecosystem services (S. 386) 2. Achieving sustainable pest and disease management: Diversification for pest resistance (S. 387f.), advances in remote sensing, advances in molecular-based tools, advances in modelling pest dynamics, prevention of invasive alien species, early detection of invasive alien species, management of invasive alien species (S. 388) 3. Plant root health: Disease suppression (S. 389f.) 4. Value chains, market development (S. 390f.) <p>Improving Productivity and Sustainability of Livestock Systems:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mixed crop-livestock systems can contribute to sustainable farming (S. 391);

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
	<p>2. The overall potential of pastoral grazing systems is high (S. 391),</p> <p>3. Improvements in intensive livestock production systems include locating units away from highly populated areas, and using management practices and technologies that minimize water, soil and air contamination. (S. 391)</p> <p>4. Breeding Options for Improved Environmental and Social Sustainability (S. 391ff.)</p> <p>Improving Forestry and Agroforestry Systems as Providers of Multifunctionality (S. 396ff)</p> <p>Improving Natural Resource Management and Habitat Preservation</p> <p>1. The landscape management challenge (S. 399)</p> <p>2. Address poor land and soil management to deliver sustainable increases in productivity (S. 400)</p> <p>3. Sustainable use of water resources to meet on-farm food and fibre demands (S. 402)</p> <p>Adaptation to Climate Change, Mitigation of Greenhouse Gases (S. 416ff)</p>
Driver/ Rahmenbedingungen	Bestandsanalyse der Umweltprobleme Darstellung der Rahmenbedingungen
Nr. 17	
Literaturquelle	Popp et al. (2017): Land-use futures in the shared socio-economic pathway. Global Environmental Change 42(2017): 331-345.
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	Abstract: While food demand, especially for resource-intensive livestock based commodities, is expected to increase, the terrestrial system has large potentials for climate change mitigation through improved agricultural management, providing biomass for bioenergy and conserving or even enhancing carbon stocks of ecosystems. The model results indicate a broad range of potential land-use futures with global agricultural land of 4900 million hectares in 2005 decreasing by 743 million hectares until 2100 at the lower and increasing by 1080 million hectares at the upper end. In general, it can be concluded that low demand for agricultural commodities, rapid growth in agricultural productivity and globalized trade, have the potential to enhance the extent of natural ecosystems, lead to lowest greenhouse gas emissions from the land system and decrease food prices over time.
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	keine
Driver/ Rahmenbedingungen	
Nr. 18	
Literaturquelle	Europäische Kommission (2007): Sustainability of the Farming Systems: Global Issues, Modelling Approaches and Policy Implications. European Commission, Sevilla, Spanien
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	keine

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
Driver/ Rahmenbedingungen	<p>-Unequal development: At the beginning of the 20th century, the vast majority of world's farmers used exclusively hand tools (...) So, at that time, the gross labour productivity gap between the weakest and the highest performing agriculture in the world was ranging between 1 and 10. (S. 6)...Thus, during the second half of the 20th century, the gross labour productivity gap between the weakest and the best performing farmers worldwide was multiplied by 200. Today it ranges from one to 2000 tonnes of grains – equivalent per worker and year. (S. 7).</p> <p>-The downward trend of real agricultural prices</p>
Nr. 19	
Literaturquelle	<p>Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition. 2016. Food systems and diets: Facing the challenges of the 21st century. London, UK.</p>
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	keine
Driver/ Rahmenbedingungen	<p>- Excecutive Summary: The world is facing a nutrition crises (...) Around the world, coordinated action needs to be accompanied by fundamental shifts in our understanding and in our policy actions. Much more emphasis must be given to positioning agricultural growth as a way to improve diet quality, rather than merely delivering sufficient calories. Food systems need to be repositioned from just supplying food to providing high-quality diets for all. This will require policy initiatives far beyond agriculture to encompass trade, the environment and health, which harness the power of the private sector and empower consumers to demand better diets. (S. 15).</p> <ul style="list-style-type: none"> - A growing nutritional crises - Malnutrition represents the number one risk factor in the global burden of disease - Food systems are not delivering healthy diets
Nr. 20	
Literaturquelle	<p>Foresight. The Future of Food and Farming (2011) Final Project Report. The Government Office for Science, London.</p>
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	Keine

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
Driver/ Rahmenbedingungen	<p>'- Executive Summary - Key conclusions of policy makers: On the demand side, global population size will increase from nearly seven billion today to eight billion by 2030, and probably to over nine billion by 2050; many people are likely to be wealthier, creating demand for a more varied, high-quality diet requiring additional resources to produce. On the production side, competition for land, water and energy will intensify, while the effects of climate change will become increasingly apparent. The need to reduce greenhouse gas emissions and adapt to a changing climate will become imperative. Over this period globalisation will continue, exposing the food system to novel economic and political pressures. Any one of these pressures ('drivers of change') would present substantial challenges to food security. The five challenges are:</p> <p>A. Balancing future demand and supply sustainably – to ensure that food supplies are affordable. B. Ensuring that there is adequate stability in food supplies – and protecting the most vulnerable from the volatility that does occur. C. Achieving global access to food and ending hunger. This recognises that producing enough food in the world so that everyone can potentially be fed is not the same thing as ensuring food security for all. D. Managing the contribution of the food system to the mitigation of climate change. E. Maintaining biodiversity and ecosystem services while feeding the world.</p> <p>Although there has been marked volatility in food prices over the last two years, the food system continues to provide plentiful and affordable food for the majority of the world's population. Yet it is failing in two major ways which demand decisive action: Hunger remains widespread (S. 9) and many systems of food production are unsustainable (S. 10).</p>
Nr. 21	
Literaturquelle	European Environment Agency (EEA) (2015): SOER 2015 - The European Environment - state and outlook 2015. Synthesis report. EEA, Kopenhagen.
Methodischer Ansatz/Zielsetzung	
Entwicklungspfad der Landwirtschaft	Keine

Kriterien	Ausprägung der Kriterien
Driver/ Rahmenbedingungen	<p>'- Executive summary: The European environment -state and outlook report 2015 (SOER 2015): (...) For example the environment industry sector, which produces goods and services that reduce environment degradation and maintain natural resources, grew by more than 50 % in size between 2000 and 2011. European natural capital is being degraded by socio-economic activities such as agriculture, fisheries, transport, industry, tourism and urban sprawl. And global pressures on the environment have grown at an unprecedented rate since the 1990s, driven not least by economic and population growth, and changing consumption patterns. This synthesis report evaluates the European environment's state, trends and prospects in a global context, and analyses opportunities to recalibrate policies and knowledge in line with the 2050 vision. (S. 10)</p> <p>'- Europe's environment today: Europe's natural capital is not yet being protected, conserved and enhanced in line with the ambitions of the 7th Environment Action Programme. Reduced pollution has significantly improved the quality of Europe's air and water (S. 10). But loss of soil functions, land degradation and climate change remain major concerns. A high proportion of protected species (60 %) and habitat types (77 %) are considered to be in unfavourable conservation status, and Europe is not on track to meet its overall target of halting biodiversity loss by 2020, even though some more specific targets are being met. Looking ahead, climate change impacts are projected to intensify and the underlying drivers of biodiversity loss are expected to persist. Turning to resource efficiency and the low-carbon society, the short-term trends are more encouraging. European greenhouse gas emissions have decreased by 19 % since 1990 despite a 45 % increase in economic output. Other environmental pressures have also decoupled in absolute terms from economic growth. Fossil fuel use has declined, as have emissions of some pollutants from transport and industry. More recently, the EU's total resource use has declined by 19 % since 2007, less waste is being generated and recycling rates have improved in nearly every country. Moreover, the level of ambition of existing environmental policy may be inadequate to achieve Europe's long-term environmental goals. For example, projected greenhouse gas emissions reductions are currently insufficient to bring the EU onto a pathway towards its 2050 target of reducing emissions by 80 to 95 %. (S. 11)</p>

8.3 Übersicht der berücksichtigten Indikatorensysteme

SAFA	DLG: Sektor	DLG: Betrieb	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	KUL	Ausgewählter Indikator
GHG Balance	Treibhausgase: - Emissionsentwicklung der Landwirtschaft (Pflanzenbau und Tierhaltung) - Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äqu.) pro Getreideeinheit	Treibhausgase: CO ₂ -Emissionen durch Einsatz fossiler Energie • Lachgas- Emissionen aus N-Düngung • C-Freisetzung durch Humusabbau • C-Bindung durch Humusaufbau	Treibhausgasemissionen: Emissionen folgender Treibhausgase in CO ₂ -Äquivalenten: Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid, Stickstofftrifluorid, teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoffe, Schwefelhexafluorid	*Treibhausgasemissionen: spez. THG-Emissionen Nährstoffbilanz: NH ₃ -Emissionen	Entstehung von Treibhausgasen
Ambient Concentration of Air Pollutants			Emissionen von Luftschadstoffen: Mittelwert der Indizes der nationalen Emissionen der fünf Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ammoniak, flüchtige organische Verbindungen und Feinstaub	Nährstoffbilanz: NH ₃ -Emissionen	Emissionen von Luftschadstoffen

SAFA	DLG: Sektor	DLG: Betrieb	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	KUL	Ausgewählter Indikator
<p>Concentration of Water Pollutants</p>	<p>Belastung des Grundwassers mit Pflanzenschutzmitteln: Häufigkeitsverteilung der Pflanzenschutzmittelbefunde in oberflächennah verfilterten Messstellen im Grundwasser</p>		<p>1. Gesamt-Phosphor/Phosphat-Eintrag in Fließgewässer: Anteil derjenigen Messstellen, an denen die gewässertypischen Orientierungswerte des guten ökologischen Zustands für Phosphor in Fließgewässern eingehalten werden 2. Nitrat im Grundwasser: Anteil der Messstellen, an denen der Grenzwert von 50 mg/l Nitrat im Grundwasser im Jahresmittel eingehalten wird 3. Nährstoffeinträge in Küstengewässer und Meeresgewässer: gleitender Fünfjahresdurchschnitt der Stickstoffeinträge in mg Stickstoff pro l Wasserabfluss über die Flüsse Eider, Elbe, Ems und Waser in die Nordsee sowie Peen, Trave und Warnow in die Ostsee</p>		<p>Eintrag von Stickstoff in Gewässer Eintrag von Phosphor in Gewässer Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer Eintrag von Schwermetallen in Gewässer Eintrag von Tierarzneimitteln in Gewässer</p>

SAFA	DLG: Sektor	DLG: Betrieb	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	KUL	Ausgewählter Indikator
Soil Physical Structure			Bodenschutz: 1. Erosionsdisposition 2. Verdichtungs- gefährdung	1. erosionsfördernde Bewirtschaftung (z. B. an Reihenkulturen in Falllinien – Wassererosion, mangelhafte Bodenbedeckung – Winderosion) 2. Maschinengewichte, Bearbeitungszeitpunkte	Entstehung von Erosion Entstehung von Bodenschadverdichtung
Soil Organic Matter		Humussaldo: "DLG: Betrieb Bedarf humuszehrender Fruchtarten Leistung humusmehrender Fruchtarten Ersatzleistung durch Stroh- und Gründüngung Einsatz organischer Dünger"		Nährstoffhaushalt: Humussaldo	Beeinflussung der Humusbilanz
Soil Chemical Quality				Schwermetalle Arzneimittel Plastikpartikel	Immissionen in den Boden

SAFA	DLG: Sektor	DLG: Betrieb	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	KUL	Ausgewählter Indikator
Structural Diversity of Ecosystems Ecosystem Connectivity Land Use and Land Cover Change			Eutrophierung der Ökosysteme: Anteil der Fläche empfindlicher Ökosysteme, bei der die ökologischen Belastungsgrenzen (Critical Loads) überschritten wurden, gemessen an der gesamten bewerteten Fläche empfindlicher Ökosysteme	Landschafts- und Artenvielfalt: 1. Anteil ökologische Vorrangfläche 2. Median Feldgröße	Entwicklung von Habitaten in der Agrarlandschaft
Diversity and Abundance of Key Species Species Conservation Target Species Conservation Practices Diversity and Abundance of Key Species	Biodiversität: Entwicklung des Vogelindicators als Gesamtindex und Teilindex Agrarland		Artenvielfalt und Landschaftsqualität: Bestandsentwicklung für 51 ausgewählte Vogelarten in Form eines Index		Entwicklung der Artenvielfalt in der Agrarlandschaft

SAFA	DLG: Sektor	DLG: Betrieb	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	KUL	Ausgewählter Indikator
Diversity of Production	Kulturpflanzendiversität: "Nutzung des Ackerlands nach Hauptgruppen des Anbaus, Ackerland-Dauergrünland-Verhältnis"	1. Biodiversität: "Strukturen: Schlagstruktur, Fruchtarten, Sorten, Nutzungsdiversität Inputs: Pflanzenschutz, Düngung Maßnahmen: Bodenbearbeitung, Überrollhäufigkeit" 2. Pflanzenschutzintensität: "• Aufwandmenge • Behandelte Fläche"		1. Landschafts- und Artenvielfalt: Kulturartendiversität 2. Pflanzenschutzintensität	Entwicklung der Agro-Biodiversität
Product Diversification					Diversität der landwirtschaftlichen Produktion
Nutrient Balance	Stickstoffbilanz: "Stickstoffüberschuss der Nährstoffbilanz der landwirtschaftlich genutzten Fläche, Nitrat im Grundwasser"	Stickstoffsaldo: "Einsatz organischer Dünger, Mineraldünger N-Zufuhr mit Saatgut N-Immission N ₂ -Fixierung N-Abfuhr N-Verluste"	Stickstoffüberschuss: Stickstoffüberschuss in kg je ha landwirtschaftlich genutzte Fläche	Nährstoffhaushalt: N-Saldo P-Saldo Boden pH-Klasse NH ₃ -Emission	Entwicklung der Stickstoffbilanzen Entwicklung der Phosphorbilanzen
					Entwicklung des Landschaftsbildes
Legitimacy					Gesellschaftliche Erwartungen
Full-Cost Accounting					Internalisierung von externen Kosten

SAFA	DLG: Sektor	DLG: Betrieb	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	KUL	Ausgewählter Indikator
Intensity of Material Use	1. Stickstoffeffizienz: produzierte Getreideeinheit je kg Stickstoff 2. Flächenproduktivität: Brutto-Bodenproduktion in Getreideeinheiten		Gesamtrohstoffproduktivität: Wert aller an die letzte Verwendung abgegebenen Güter (in € preisbereinigt) in Relation zur Masse der für ihre Produktion im In- und Ausland eingesetzten Rohstoffe (in Tonnen) (im Nenner des Indikators werden sowohl aus der Umwelt entnommene abiotische und biotische Rohstoffe berücksichtigt, als auch Pflanzenmaterial, das durch die Land- und Forstwirtschaft produziert wurde)		Effizienz der Flächen-, Energie-, Materialnutzung
Animal Health Practices Animal Health Humane Animal Handling Practices Appropriate Animal Husbandry Freedom from Stress					Tiergesundheit/ Tierwohl

SAFA	DLG: Sektor	DLG: Betrieb	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	KUL	Ausgewählter Indikator
Long Term Profitability	<p>1. Kapitalintensität: jahresdurchschnittliches Bruttoanlagevermögen (ohne Boden) je Erwerbstätigen</p> <p>2. Anlageinvestition: Bruttoanlageinvestitionen und Nettoanlageinvestitionen der Landwirtschaft in jeweiligen Preisen</p>		<p>Verhältnis der Bruttoanlageinvestition zum BIP:</p> <p>Anteil der Bruttoanlageninvestition am nominalen BIP = Investitionsquote</p>		Kapitalintensität/Arbeitsintensität
Procurement Channels					Abhängigkeit vom vorgelagerten Sektor
Food Contamination Food Quality	<p>Pflanzenschutzmittelrückstände in Lebensmitteln: Anteil der Proben aus der "Nationalen Berichterstattung Pflanzenschutzmittelrückstände in Lebensmitteln" mit Überschreitung der geltenden Rückstandshöchstgehalte nach Herkunft des Lebensmittels</p>				Produktqualität

SAFA	DLG: Sektor	DLG: Betrieb	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	KUL	Ausgewählter Indikator
Regional Workforce					Regionale Wertschöpfung (Arbeitsplätze, landwirtschaftsnahe Dienstleistungen, Landschaftsbild für den Tourismussektor,...)
Fair Pricing and Transparent Contracts					Mehrzahlungsbereitschaft
Indigenous Knowledge					Erfahrungswissen (Indigenes Wissen)

SAFA	DLG: Sektor	DLG: Betrieb	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie	KUL	Ausgewählter Indikator
<p>Food Sovereignty Capacity Development</p>	<p>1. Ausbildung: Ausbildungsquote in der Land- und Forstwirtschaft = Anteil der Auszubildenden an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten 2. Berufsqualifikation: "Zahl der Landwirtschaftsabsolventen der praktischen Berufsausbildung, der Meisterausbildung und der Hochschulen sowie Zahl der Schüler an Fachschulen; Abgeschlossene Ausbildung Betriebsleiter/Geschäftsführer landwirtschaftlicher Haupteinzelbetriebe" 3. Promotion und Habilitation: Zahl der Promotionen und Habilitationen in den Agrarwissenschaften sowie im Garten- und Weinbau</p>	<p>Aus- und Fortbildung: Anteil Angestellter in Ausbildung, mit Weiterbildungsmaßnahmen</p>			<p>Ernährungssouveränität</p>

9 Quellenverzeichnis

- Abrahamsson, P. und R. Tauson (1995): Aviary systems and conventional cages for laying hens: effects on production, egg quality, health and bird location in three hybrids. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science* 45: 191-203.
- Alavanja, M. C. R., J. A. Hoppin und F. Kamel (2004): Health Effects of Chronic Pesticide Exposure: Cancer and Neurotoxicity. *Annual Review of Public Health* 25(1): 155-197.
- Alexandrovskiy, A. L. (2007): Rate of soil-forming processes in three main models of pedogenesis. *Revista Mexicana de Ciencias Geologicas* 24: 283-292.
- Alexandratos, N. und J. Bruinsma (2012): World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper 12(03). FAO, Rom.
- Antle, JM., Mu JE, Zhang H, Capalbo SM, Diebel PL, Eigenbrode SD, Kruger CE, Stöckle CO, Wulfhorst JD and Abatzoglou JT (2017): Design and Use of Representative Agricultural Pathways for Integrated Assessment of Climate Change in U.S. Pacific Northwest Cereal-Based Systems. *Front. Ecol. Evol.* 5:99. Doi: 10.3389/fevo.2017.00099.
- Bauer, J. (2008): Industrielle Ökologie : theoretische Annäherung an ein Konzept nachhaltiger Produktionsweisen. Dissertation. Universität Stuttgart. <http://dx.doi.org/10.18419/opus-5498>
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (2010): Standorttypische Humusgehalte von Ackerböden in Bayern. Lfl, Freising.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2004). Biotopkartierung in Bayern. LfU, Augsburg.
- Benton, T. G., J. A. Vickery und J. D. Wilson (2003): Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 18: 182–188.
- Böhle, F. (2017): Digitalisierung braucht Erfahrungswissen. denk-doch-mal.de. Das online-Magazin. <http://denk-doch-mal.de/wp/fritz-boehle-digitalisierung-erfordert-erfahrungswissen/>, abgerufen am 15.10.2017
- Bostelmann, N. (2000): Untersuchung über den Einfluss von Vermarktungsorganisationen auf die Tiergesundheit und Fleischqualität von Mastschweinen anhand der am Schlachtbetrieb erhobenen Organbefunde, pH-Werte und Schinkentemperatur. Dissertation, Freie Universität Berlin, Berlin.
- Bourgeois, R. (2016): Food Insecurity: The Future Challenge. *IDS Bulletin* 47(4): 71-84.
- Brade, V. W., U. Dämmgen, P. Lebzien und G. Flachowsky (2008): Milcherzeugung und Treibhausgas-Emissionen. *Berichte über Landwirtschaft* 86: 445-460.
- Bruinsma, J. (2012): What are the likely developments in world agriculture towards 2050? *The Futures of Agriculture*. Brief Nr. 38. Global Forum on Agricultural Research (GFAR), Rom.
- Buckwell, A. und Nadeu, E. (2016): Nutrient Recovery and Reuse (NRR) in European agriculture. A review of the issues, opportunities, and actions. RISE Foundation, Brussels.
- Buckwell, A. et al. (2017): CAP - Thinking Out of the Box: Further modernisation of the CAP – why, what and how? RISE Foundation, Brüssel.
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2014a): Artenvielfalt und Landschaftsqualität. BfN, Bonn.
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2014b): Gefährdete Arten. BfN, Bonn.
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2014c): Genetische Vielfalt in der Landwirtschaft. BfN, Bonn.
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2014d): Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert. BfN, Bonn.
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2014e): Grünland-Report: Alles im Grünen Bereich? BfN, Bonn.
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2017): Agrar-Report 2017. Biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft. BfN, Bonn.
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) (2016a): Menge der abgegebenen Antibiotika in der Tiermedizin halbiert. BVL, Berlin.
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) (2016b): Jahresbericht 2014 zum Nationalen Rückstandskontrollplan (NRKP). BVL, Berlin.
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) (2017): Nationale Berichterstattung „Pflanzenschutzmittelrückstände in Lebensmitteln“. Zusammenfassung der Ergebnisse des Jahres 2015 aus der Bundesrepublik Deutschland. BVL, Berlin.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2015): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2015. BMEL, Berlin.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2015a): Antibiotika in der Landwirtschaft. BMEL, Berlin.

- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2015b): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2015. Berlin.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2015c): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2015. Landwirtschaftsverlag. Münster
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2016a): Futterraufkommen aus der Inlandserzeugung. www.bmel-statistik.de, Tabellenummer 3090200, abgerufen am 28.07.2017
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2016b): Futterraufkommen aus Einfuhren. www.bmelstatistik.de, Tabellenummer 3090300, abgerufen am 28.07.2017
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) (2007): Agrobiodiversität erhalten, Potenziale der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft erschließen und nachhaltig nutzen. BMELV, Bonn.
- Cassman, KG (1999): Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) (2010): Die deutsche Landwirtschaft. Leistungen in Daten und Fakten. BMELV, Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt: Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007. BMU, Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2008): Grundwasser in Deutschland. BMU, Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2010): Indikatorenbericht 2010 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMU, Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) (2012): Nitratbericht 2012. BMU und BMELV, Bonn.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2015): Indikatorenbericht 2014: zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMU, Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2016): Klimaschutzplan 2050. BMU, Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2016): Naturbewusstsein 2015. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. BMUB, Berlin und BfN, Bonn.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2017): Nitratbericht 2016. BMUB und BMEL, Bonn.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2017): Biologische Vielfalt in Deutschland: Fortschritte sichern - Herausforderungen annehmen! Rechenschaftsbericht 2017 der Bundesregierung zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMUB, Berlin.
- agriculture. Proc. Natl Acad. Sci. USA 96, 5952–5959
- Conway, G. (2012): One billion hungry, can we feed the world. Ithaca, New York: Cornell University Press
- Cozzi, G., P. Prevedello, A. Bouka, C. Winckler, U. Knierim, O. Pentelescu et al. (2009): Report on the assessment of de-horning practices across EU member states. Deliverable D.2.1.1. Alternatives to castration and dehorning (ALCASDE).
- Deblitz, C. und J. Efken (2017): Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Mastschwein. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Dechet, F., Castell-Exner, C., Danowski, A., Steinbach, N. (2017): Informationsschrift Nr. 2 – Die Rohwasserdatenbank „Pflanzenschutzmittel“. DVGW energie | wasser-praxis 3: 74.
- Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA) (2015): Fachforum Grünland: Forschungsstrategie der DAFA. DAFA, Braunschweig.
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) (2017a): Landwirtschaft 2030. 10 Thesen. Stand Januar 2017.. Deutsche Landwirtschaft-Gesellschaft (DLG). Frankfurt a.M.
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) (2017b): Ackerbau zukunftsfähig gestalten. DLG-Merkblatt 424, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt a.M.
- Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) (2016): DLG-Nachhaltigkeitsbericht 2016. DLG, Frankfurt a.M.
- Deutsches Maiskomitee e.V (DMK) (o. J.): Prozentualer Anteil des Maisanbaus an der Ackerfläche bzw. landwirtschaftlichen Nutzfläche für Deutschland auf Kreisebene 2010. DMK, Bonn.
- Deutsches Maiskomitee e.V. (DMK) (o. J. a): Bedeutung des Maisanbaues in Deutschland. DMK, Bonn.
- Deutsches Maiskomitee e.V. (DMK) (o. J. b): Prozentualer Anteil des Maisanbaus an der Ackerfläche bzw. landwirtschaftlichen Nutzfläche für Deutschland auf Kreisebene 2010. DMK, Bonn.

- Dienemann, C. und J. Utermann (2012): Uran in Boden und Wasser. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Drösler, M., Freibauer, A., Adelman, W., Augustin, J., Bergman, L., Beyer, C., Chojnicki, B., Förster, C., Giebels, M., Görlitz, S., Höper, H., Kantelhardt, J., Liebersbach, H., Hahn-Schöfl, M., Minke, M., Petschow, U., Pfadenhauer, J., Schaller, L., Schägner, P., Sommer, M., Thuille, A., Wehrhan, M. (2011): Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis. Arbeitsberichte aus dem vTI-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Düwel, O., Siebner, C.S., Utermann, J., Krone, F. (2007): Gehalte an organischer Substanz in Oberböden Deutschlands - Bericht über länderübergreifende Auswertungen von Punktinformationen im FISBo BGR. BGR. o.O.
- Dwyer, J. (2011): UK Land Use Futures: Policy influence and challenges for the coming decades. Land Use Policy 28: 674–683.
- European Food Safety Authority (EFSA) (2007): Scientific opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission on the risks associated with tail biting in pigs and possible means to reduce the need for tail docking considering the different housing and husbandry systems. EFSA (European Food Safety Authority) Journal 611: 1-13.
- Ellenberg, H. und C. Leuschner (2009): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- European Environment Agency (EEA) (2015): SOER 2015 - The European Environment - state and outlook 2015. Synthesis report. EEA, Kopenhagen.
- European Environment Agency (EEA) (2017): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. EEA Report 1. European Environment Agency, Kopenhagen.
- Europäische Kommission (2007): Sustainability of the Farming Systems: Global Issues, Modelling Approaches and Policy Implications. European Commission, Sevilla, Spanien
- Europäische Kommission (2010): Attitudes of Europeans towards the issue of biodiversity. Analytical report. Wave 2. Flash Eurobarometer 290 - The Gallup Organisation, Hungary
- Europäische Kommission (2011): Sustainable food consumption and production in a resource-constrained World. 3rd SCAR Foresight Exercise. Europäische Kommission. Brüssel.
- Europäische Kommission (2016): Spezial-Eurobarometer 440. Europäer, Landwirtschaft und gemeinsame Agrarpolitik (GAP). http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_410_de.pdf, abgerufen am 14.05.2018
- Europäische Kommission (2016): Sustainability Now! A European Vision for Sustainability. http://ec.europa.eu/epsc/sites/epsc/files/strategic_note_issue_18.pdf, 10.07.2017.
- European Environment Agency (EEA) (1999): Environment in the European Union at the turn of the century. EEA, Luxembourg.
- European Food Safety Authority (EFSA) (2007): Scientific opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission on the risks associated with tail biting in pigs and possible means to reduce the need for tail docking considering the different housing and husbandry systems. EFSA Journal 611: 1-13.
- European Food Safety Authority (EFSA) (2014): Guidance on the assessment of exposure of operators, workers, residents and bystanders in risk assessment for plant protection products. EFSA Journal 12(10): 3874-n/a.
- Eurostat (2016): Share of UAA managed by specialised holdings, EU-28 and Norway, 2013 (%). [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share_of_UAA_managed_by_specialised_holdings,_EU-28_and_Norway,_2013_\(%25\).png&oldid=298135](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Share_of_UAA_managed_by_specialised_holdings,_EU-28_and_Norway,_2013_(%25).png&oldid=298135), abgerufen am 14.05.2018
- Eurostat (2017a): Agri-environmental indicator - risk of pollution by phosphorus. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_risk_of_pollution_by_phosphorus, abgerufen am 14.05.2018
- Eurostat (2017b): Gross phosphorus balance, 1990, 1995, 2000, 2005 and 2010-14. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Gross_phosphorus_balance,_1990,_1995,_2000,_2005_and_2010-14.png, abgerufen am 14.05.2018
- Eurostat (2017c): Sales of pesticides, 2011-14. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Sales_of_pesticides,_2011-14_\(tonnes_of_active_ingredient\)_T1.png&oldid=323148](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Sales_of_pesticides,_2011-14_(tonnes_of_active_ingredient)_T1.png&oldid=323148), abgerufen am 14.05.2018
- Eurostat (2017d): Gross nitrogen balance 2000-2008 (kg N per ha agricultural land). [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Gross_Nitrogen_Balance_2000-2008_\(kg_N_per_ha_agricultural_land\).png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Gross_Nitrogen_Balance_2000-2008_(kg_N_per_ha_agricultural_land).png), abgerufen am 14.07.2017
- Eurostat (o. J.) : Agri-environmental indicator - intensification - extensification.. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_intensification_-_extensification, abgerufen am 14.05.2018
- FAO (2010): „Climate-Smart“ Agriculture. Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation. FAO, Rom.
- FAO (2016a): Can smallholders double their productivity and incomes by 2030? ESA Working Paper 16(4). FAO, Rom.

- FAO (2016b): The state of food and agriculture. Climate change, agriculture and food security. FAO, Rom.
- FAO (2017a): Territorial tools for agro-industry development – A Sourcebook. FAO, Rom.
- FAO (2017b): The future of food and agriculture - Trends and challenges. FAO, Rom.
- Feindt, P. H., C. Krämer, A. Früh-Müller, A. Heißenhuber, C. Pahl-Wostl, K. Purnhagen et al. (2017): Zukunftsfähige Agrarpolitik – Natur erhalten, Umwelt sichern. Ergebnisbericht des Projekts ZA-NExUS. Bundesamt für Naturschutz/Umweltbundesamt. FKZ 35158 80 400. Bonn.
- Finck, A. (2007): Pflanzenernährung und Düngung in Stichworten. Stuttgart. Hirt's Stichwörterbuch.
- Fischer, C. und R. Grießhammer (2013): Mehr als nur weniger. Suffizienz: Begriff, Begründung und Potenziale. Working Paper 2/2013. Öko-Institut. <https://www.oeko.de/oekodoc/1836/2013-505-de.pdf>, abgerufen am 12.09.2017.
- Fischler, F. (2006): Festvortrag „Agriculture versus Farming: Welche Agrarpolitik braucht Europa?“ Dies Academicus 2006, Universität Hohenheim, Stuttgart.
- Flachowsky, G. und P. Lebzien (2005): Weniger Spurengase durch gezielte Ernährung der Nutztiere. In: Forschungsreport 1/2005: 7-9.
- Flessa, H., D. Müller, K. Plassmann, B. Osterburg, A.-K. Techen, H. Nitsch et al. (2012): Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. Landbauforschung Sonderheft 361. Johann Heinrich von Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI) . Braunschweig.
- Foley, J. A.; N. Ramankutty, K. A. Brauman, E. S. Cassidy, J. S. Gerber et al. (2011): Solutions for a cultivated planet. Nature 478: 337-342.
- Foresight. The Future of Food and Farming (2011) Final Project Report. The Government Office for Science, London.
- Frische, T., S. Egerer, S. Matezki, C. Pickl und J. Wogram (2016): 5-Punkte-Programm für einen nachhaltigen Pflanzenschutz. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Fröhner, A., und Reiter, K. (2005): Ursachen von Kälberverlusten bei Milchvieh und Möglichkeiten zur Reduzierung, Literaturstudie für ein Forschungsprojekt. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising.
- Fuchs, S., U. Scherer, R. Wander, H. Behrendt, M. Venohr, D. Opitz et al. (2010): Berechnung von Stoffeinträgen in die Fließgewässer Deutschlands mit dem Modell MONERIS. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Funk, R., D. Deumlich und J. Steidl (2013): GIS Application to Estimate the Wind Erosion Risk in the Federal State of Brandenburg. In: Soil Erosion Research for the 21st Century, Proc. Int. Symp. (3-5 January 2001, Honolulu, HI, USA). Eds. J.C. Ascough II and D.C. Flanagan. St. Joseph, MI: ASAE: 400-403
- Gaujour, E., B. Amiaud, C. Mignolet und S. Plantureux (2012): Factors and processes affecting plant biodiversity in permanent grasslands. A review. Agronomy for Sustainable Development 32: 133–160.
- Gay, H., Osterburg, B., Schmidt, T. (2004). Szenarien der Agrarpolitik - Untersuchung möglicher agrarstruktureller und ökonomischer Effekte unter Berücksichtigung umweltpolitischer Zielsetzungen. SRU, Berlin.
- Gesellschaft zur Erhaltung alter und gefährdeter Haustierrassen e.V. (GEH) (2017): Berichte der GEH-Koordinatoren anlässlich der GEH-Jahrestagung in Witzzenhausen vom 17. bis 19. Februar 2017. GEH, Witzzenhausen.
- Giovannucci, D., S. Scherr, D. Nierenberg, C. Hebebrand, J. Shapiro, J. Milder und K. Wheeler (2012): Food and Agriculture: the future of sustainability. A strategic input to the Sustainable Development in the 21st Century (SD21) project. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, New York.
- Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition. 2016. Food systems and diets: Facing the challenges of the 21st century. London, UK.
- Godfray, H. C. J. (2013): The challenge of feeding 9-10 billion people equitably and sustainably. Journal of Agricultural Science (2014) 152: 2-8.
- Godfray, H. C. J. und T. Garnett (2014): Food security and sustainable intensification. Philosophical Transactions of the Royal Society B 369: 20120273. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0273>
- Hart, J. D., T. P. Milsom, G. Fisher, V. Wilkins, S. J. Moreby, A. W. A. Murray und P. A. Robertson (2006): The relationship between yellowhammer breeding performance, arthropod abundance and insecticide applications on arable farmland. Journal of Applied Ecology 43(1): 81–91.
- Heißenhuber, A. und C. Lippert (2000): "Multifunktionalität" der Landwirtschaft versus Wettbewerbsverzerrungen. German Journal of Agricultural Economics 49/7: 249-252
- Heißenhuber, A., W. Haber und C. Krämer (2015): 30 Jahre SRU-Sondergutachten "Umweltprobleme der Landwirtschaft" - eine Bilanz. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

- Hilgers, J. und U. Hühn (2008): Schweineherkünfte auf Herz und Nieren geprüft. *dlz agrarmagazin* 59: 98-102.
- Hirschl, B., A. Aretz und T. Böther (2011): Regionalökonomische Effekte Erneuerbarer Energien. *Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien. Solarzeitalter* 3/2011: 48-51.
- Hoffmann, J. und H. Kretschmer (2001): Zum Biotop- und Artenschutzwert großer Ackerschläge in Nordostdeutschland. Julius Kühn-Institut. Braunschweig.
- Hühn, U. und J. Hilgers (2009): Sauenabgänge. *Neue Landwirtschaft* 1/2009: 74-78
- International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD) (2008): Weltagrарbericht Synthesebericht. Hamburg University Press. Hamburg.
- International Panel of Experts on Sustainable Food systems (IPES-Food) (2016): From uniformity to diversity: a paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems. International Panel of Experts on Sustainable Food systems.
- Irrgang, N. (2012): Horns in cattle – implications of keeping horned cattle or not. Universität Kassel, Kassel.
- Isermeyer, F. (2014): Künftige Anforderungen an die Landwirtschaft – Schlussfolgerungen für die Agrarpolitik. Thünen Working Paper 30. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Jambor, A. und D. Harvey (2010): CAP Reform Options: A Challenge for Analysis and Synthesis. Discussion Paper Series No. 28. Centre for Rural Economy. University of Newcastle upon Tyne
- Jahn, T., H. Hötker, R. Oppermann, R. Bleil und L. Vele (2014): Protection of biodiversity of free living birds and mammals in respect of the effects of pesticides. Umweltbundesamt, Berlin.
- Jasper, U. (2017): Bäuerliche Leistungen honorieren. Ein Vorschlag zur Ausgestaltung der zukünftigen EU-Agrarpolitik. *Kritischer Agrarbericht 2017*: 37-39.
- Jering, A. et al. (2013): Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Joosten, H., K. Brust, J. Couwenberg, A. Gerner, B. Holsten, T. Permien et al. (2016): MoorFutures® Integration of additional ecosystem services (including biodiversity) into carbon credits – standard, methodology and transferability to other regions. BfN-Skripten 407. Bonn.
- Kayser, M. und A. Spiller (2011): Massentierhaltung: Was denkt die Bevölkerung? Ergebnisse einer Studie. Vortrag anlässlich der ASG-Herbsttagung, Göttingen, 11. November 2011. ASG-Herbsttagung, Göttingen.
- Kleijn, D., F. Kohler, A. Baldi, P. Batary, E. D. Concepcion, Y. Clough et al. (2009): On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. *Proceedings. Biological sciences* 276: 903–909.
- Kloppenborg, J. J. (1991): Social Theory and the De/Reconstruction of Agricultural Science: Local Knowledge for an Alternative Agriculture. *Rural Sociology* 56(3): 519-548.
- Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU) (2008): Bodenschutz beim Anbau nachwachsender Rohstoffe. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU) (2012): Positionspapier der Kommission Bodenschutz am Umweltbundesamt - Uran-Einträge in landwirtschaftliche Böden durch Düngemittel. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU) (2015): Schonung von Phosphor-Ressourcen aus Sicht einer nachhaltigen Bodennutzung und des Bodenschutzes. Position Mai 2015. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Kratz, S., R. Schick, R. Shwiekh und E. Schnug (2014): Abschätzung des Potentials erneuerbarer P-haltiger Rohstoffe in Deutschland zur Substitution rohhosphathaltiger Düngemittel. *Journal für Kulturpflanzen* 66(8): 261-275.
- Krause, B., K. Wesche, H. Culmsee und C. Leuschner (2014): Diversitätsverluste und floristischer Wandel im Grünland seit 1950. *Natur und Landschaft* 89: 399–404.
- Kuckartz, U. (2012): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Juventa Verlag, Weinheim.
- Lambrecht, K., H. Ramers, G. Reger, V. Sokollek und B. Wohrlab (1979): Einfluss der Bodennutzung auf Grundwasserneubildung und Grundwassergüte. *Berichte zur Landeskultur*. Wiesbaden.
- Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2016): Kooperation Landwirtschaft und Wasserwirtschaft im Einzugsgebiet der Stevertalsperre. Ein Bericht über die Ergebnisse der Beratung 2016. Coesfeld.
https://www.gelsenwasser.de/fileadmin/gelsenwasser_de/content/aus_verantwortung/koop_bericht_2016.pdf, abgerufen am 14.05.2018
- Lebert, M. (2004): Entwicklung eines Prüfkonzeptes zur Erfassung der tatsächlichen Verdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Böden. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Lehtonen, H., J. Aakkula und P. Rikkonen (2005): Alternative Agricultural Policy Scenarios, Sector Modelling and Indicators: A Sustainability Assessment. *Journal of Sustainable Agriculture* 26: 63-93.

- Leisen, E., M. Pries und P. Heimberg (2007): Untersuchungen zu Kraftfuttereinsatz, Weidegang, Milchleistung und Tiergesundheit von Milchkühen im Ökologischen Landbau. In: N. Wrage und J. Iselstein (Hrsg.): 51. Jahrestagung der AGGF vom 30. August bis 1. September 2007 in Göttingen. Neue Funktionen des Grünlands: Ökosystem, Energie, Erholung. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau. Band 8: 22-25, Göttingen
- Leuschner, C., B. Krause, S. Meyer und M. Bartels (2014): Strukturwandel im Acker- und Grünland Niedersachsens und Schleswig-Holsteins seit 1950. *Natur und Landschaft* 89: 386–391.
- Lefebvre, M., Espinosa, M. und Gomez, S. (2012): The influence of Common Agricultural Policy on agricultural landscapes, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies.
- Lin, B. B. (2011): Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *BioScience* 61: 183-193.
- Lünenbürger, B. (2013): Klimaschutz und Emissionshandel in der Landwirtschaft. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Maggio, A., T. van Criekinge und J. P. Malingreau (2015): Global Food Security 2030. Assessing trends with a view to guiding future EU policies. Foresight Series. J. R. Centre. Joint Research Centre, Brüssel.
- Mayer, H. (2015): Entwicklung der Flächenbelegung von Ernährungsgütern tierischen Ursprungs im Zeitraum 2000-2013. In: G. Meinel, U. Schumacher, M. Behnisch und T. Krüger (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien. Rhombos-Verlag, Berlin: 11-17.
- Memmler, M., L. Schrepf, S. Hermann, S. Schneider, J. Pabst und M. Dreher (2014): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2013. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Meyer, S., K. Wesche, B. Krause, C. Brütting, I. Hensen und C. Leuschner (2014): Diversitätsverluste und floristischer Wandel im Ackerland seit 1950. *Natur und Landschaft* 89: 392–398.
- Möckel, S., Köck, W., Rutz, C., Schramek, J. (2014): Rechtliche und andere Instrumente für vermehrten Umweltschutz in der Landwirtschaft. TEXTE 42/2014. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Mohn, R., Hauffe, H.-K., Reich, R., Bortt, W. und Arheidt, M. (2003): Identifizierung von Problemen und Lösungsansätzen einer Gewannebewirtschaftung insbesondere aus landschaftsökologischer Sicht unter Berücksichtigung organisatorischer sowie technischer und arbeitswirtschaftlicher Aspekte. Aktuelle Probleme der landwirtschaftlichen Flächennutzung. Landwirtschaftliche Rentenbank, Frankfurt.
- Montgomery, D. R. (2007): Soil erosion and agricultural sustainability. *PNAS* 104(33): 13268–13272.
- Mora, O. (2016): Scenarios of land use and food security in 2050. Working Paper. Agrimond-Terra. Scenarios of land use and food security in 2050, abgerufen am 06.06.2017
- Netzwerk Ethik Heute (o. J.): Digitalisierung entfremdet uns. Oline: <https://ethik-heute.org/die-digitalisierung-entfremdet-uns/>, abgerufen am 12.10.2017
- Nieberg, H. und B. Forstner (2013): Perspektiven der Agrarstrukturentwicklung in Deutschland. *Landentwicklung aktuell* 2013: 5-13
- Nielsen, U. N., D. H. Wall und J. Six (2015): Soil Biodiversity and the Environment. *Annual Review of Environment and Resources* 40: 63-90.
- Nielsen, H. O., A. B. Pedersen und T. Christensen (2009): Environmentally sustainable Agriculture and future development of the CAP. *Journal of European Integration* 31: 369-387.
- Nitsch, H. (2009): Landwirtschaftliche Flächennutzung im Wandel – Folgen für Natur und Landschaft. NABU, Berlin.
- Nitsch, H., Osterburg, B., Laggner, B., Roggendorf, W. (2010): Wer schützt das Grünland? – Analysen zur Dynamik des Dauergrünlands und entsprechender Schutzmechanismen: Vortrag anlässlich der 50. Jahrestagung der GEWISOLA „Möglichkeiten und Grenzen der wissenschaftlichen Politikanalyse“. Braunschweig. https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/93940/2/A3_3.pdf, abgerufen am 7.7.2017.
- Nohl, W. (1993): Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe. Kirchheim b. München. http://www.umwelt.nrw.de/naturschutz/pdf/landschaftsbildbewertung_pdf.pdf, abgerufen am 18.6.2017
- o.V. (2012): Schlussbericht "Erarbeitung von Managementempfehlungen zur Kleingruppenhaltung für Legehennen unter Praxisbedingungen im Vergleich zur Volierenhaltung" (2807UM009). Universität Kassel. Kassel.
- o.V. (2014): Rügenwalder experimentiert mit veganer Wurst. <http://www.welt.de/wirtschaft/article132219982/Ruegenwalder-experimentiert-mit-veganer-Wurst.html>. abgerufen am 14.05.2018.
- o.V. (2015): Projektionsbericht 2015 gemäß der Verordnung (EU) Nr. 525/2013/EU. http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art04-13-14_lcds_pams_projections/projections/envv_vp1a/160928_PB2015_MWMS.final.pdf, abgerufen am 21.7.2017.
- Öborn, I., U. Magnusson, J. Bengtsson, K. Vrede, E. Fahlbeck, E. S. Jensen et al. (2011): Five Scenarios for 2050 - Conditions for Agriculture and land use. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

- Oelmann, M., C. Czichy, U. Scheele, S. Zaun, O. Dördelmann, E. Harms et al. (2017a): Quantifizierung der landwirtschaftlich verursachten Kosten zur Sicherung der Trinkwasserbereitstellung. Endbericht, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Oelmann, M., C. Czichy und L. Hormann (2017b): Gutachten zur Berechnung der Kosten der Nitratbelastung in Wasserkörpern für die Wasserwirtschaft. BDEW, Mülheim an der Ruhr.
- Offermann, F., M. Banse, C. Deblitz, A. Gocht, A. Gonzalez-Mellado, P. Kreins, S. Marquardt, B. Osterburg, J. Janine Pelikan, C. Rösemann, P. Salamon, J. Sanders (2016): Thünen-Baseline 2015 – 2025: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Thünen Report 40. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- O'Neill, B. C., E. Kriegler, K. L. Ebi, E. Kemp-Benedict, K. Riahi, D. S. Rothmann et al. (2017): The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21 st century. *Global Environmental Change* 42: 169-180.
- Osterburg, B., H. Nitsch, B. Laggner und W. Roggendorf (2009): Auswertung von Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems zur Abschätzung von Wirkungen der EU-Agrarreform auf Umwelt und Landschaft. Arbeitsberichte aus dem vTI-Institut; Johan Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Osterburg, B., S. Kätsch und A. Wolff (2013): Szenarioanalysen zur Minderung von Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2050. Thünen Report 13. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Pe'er, G., L. V. Dicks, P. Visconti, R. Arlettaz, A. Badi, T. G. Benton et al. (2014): EU agricultural reform fails on biodiversity. *Science* 06 Jun 2014: Vol. 344, Issue 6188:1090-1092.
- Petermann, S. und S. Moors (2013): Lebensmittelsicherheit Tierschutzplan Niedersachsen. Sachstand Legehennenhaltung. Oldenburg. LAVES, Oldenburg.
- Petit, S., A. Boursault, M. Guilloux, N. Munier-Jolain und X. Reboud (2011): Weeds in agricultural landscapes. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 31: 309–317.
- Pill, K. (2014): Untersuchungen zur Verwendung von klinischen und pathologisch/anatomischen Befunden am Schlachthof für die Einschätzung der Tiergesundheit und des Tierschutzes in Schweine- und Rinderbeständen. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover.
- Popp, A., Calvin, K., Shinichiro, F., Havlik, P., Humpenöder, F., Stehfest, E., Bodirsky, B.L., Dietrich, J.P., Doelmann, J.C., Gusti, M., Hasegawa, T. Kyle, P., Obersteiner, M., Tabeau, A., Takahashi, K., Valin, H., Waldhoff, S., Weindl, I., van Vuuren, D.P. (2017): Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change* 42(2017): 331-345.
- Pretty, J. (2010): The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability* 8(4): 219-236.
- Rat für Nachhaltigkeit (2011): Antibiotika in der Tierhaltung: Bundesrat will Gesetz verschärfen; <http://www.nachhaltigkeitsrat.de/news-nachhaltigkeit/2012/2012-11-08/antibiotika-in-der-tierhaltung-bundesrat-will-gesetz-verschaerfen/>, abgerufen am 26.2.2013
- Rentenbank (2011): Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union nach 2013. Schriftenreihe der Rentenbank Band 27. Frankfurt a.M.
- Reszler, C. (2009): Zu Hauptproblemen in der Rinderhaltung. *Elite* 5/09: 4-8.
- Richner, N., R. Holderegger, H. P. Linder, T. Walter und P. Westerman (2015): Reviewing change in the arable flora of Europe: a meta-analysis. *Weed Research* 55: 1–13.
- Richter, T. (2006): Krankheitsursache Haltung. Beurteilung von Nutztierställen - Ein tierärztlicher Leitfaden. Enke-Verlag . Stuttgart.
- Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, A. Person, F. S. I. Chapin, E. Labin et al. (2009): Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society* 14(2). 32. <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>, abgerufen am 14.05.2018
- Röder, N., B. Osterburg und S. Kätsch (2013): Faktencheck Agrarreform: Integration von Klimaschutz und Klimaanpassung in die Gemeinsame Agrarpolitik der EU nach 2013. Thünen Working Paper 11. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Röder, N., T. G. Schmidt und B. Osterburg (2015): Grünland: Mehr als nur Viehfutter. Thünen a la carte 1/2015. Thünen-Institut. Braunschweig.
- Rodriguez, C. und K. Wiegand (2009): Evaluating the trade-off between machinery efficiency and loss of biodiversity-friendly habitats in arable landscapes: The role of field size. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129/4: 361-366.
- Roffeiss, M. und B. Waurich (2013): Hohe Milchleistungen und gesunde Euter. Ergebnisse aus den RBB-Testherden, Milchrindtag, 10.01.2013. Rinderunion Berlin-Brandenburg. Götz.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (1985): Umweltprobleme der Landwirtschaft. SRU, Stuttgart und Mainz.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2007): Arzneimittel in der Umwelt. SRU, Berlin.

- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2012): Umweltgutachten 2012: Verantwortung in einer begrenzten Welt. SRU, Berlin.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2015): STICKSTOFF: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. SRU, Berlin.
- Sánchez-Santed, F., M. T. Colomina und E. Herrero Hernández (2016): Organophosphate pesticide exposure and neurodegeneration. *Cortex* 74: 417-426.
- Sattelberger, R., O. Gans und E. Martínez (2005): Veterinärantibiotika in Wirtschaftsdünger und Boden. Umweltbundesamt. Berichte BE-272. Wien.
- Sauer, D., I. Schüllli-Maurer, R. Sperstad, R. Sørensen und K. Stahr (2008): Podzol development with time in sandy beach deposits in southern Norway. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171(4): 483–497.
- Schachtschabel, P., H.-P. Blume, G. Brümmer, K.-H. Hartge und U. Schwertmann (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. Scheffer/Schachtschabel. Springer Spektrum. Stuttgart.
- Schätzl, R. und B. Stockinger (2012): Eiweißfuttermittel im Überblick. Versorgungsbilanzen, Potentiale und Wirtschaftlichkeit. Vortrag auf dem LfL-Praktikerforum „Heimische Eiweißfuttermittel in der Schweine- und Geflügelhaltung - Möglichkeiten und Grenzen“ am 1. Februar 2012 in Dettelbach. LfL-Praktikerforum „Heimische Eiweißfuttermittel in der Schweine- und Geflügelhaltung - Möglichkeiten und Grenzen“, Dettelbach.
- Schmidt, B. R. (2007): Prädatoren, Parasiten und Geduld: Neue Erkenntnisse zur Wirkung von Pestiziden auf Amphibien. *Zeitschrift für Feldherpetologie* 14: 1–8.
- Schmidt, H. (2008a): Untersuchungen zur Erhebung und Bewertung von Informationen aus der Lebensmittelkette für die Risikoorientierte Schlachtier- und Fleischuntersuchung. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover.
- Schmidt, M. (2008b): Die Bedeutung der Effizienz für Nachhaltigkeit – Chancen und Grenzen. In: S. Hartard, A. Schaffer und J. Giegich (Hrsg.): Ressourceneffizienz im Kontext der Nachhaltigkeitsdebatte. Nomos-Verlag, Baden-Baden: 31-46.
- Schramek, J., M. Immel, M. Peukert, J., und G. Thielmann (2002): Weiterentwicklung von nationalen Indikatoren für den Bodenschutz. Umweltbundesamt, Berlin.
- Schuffenhauer, A., M. Maier, H. Goldhofer und P. Sutor (2012): Auswirkungen internationaler Märkte auf die bayerische Land- und Ernährungswirtschaft. Weizen. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising.
- Schulz, J. (2013): Ferkelzahlen und Mastleistung: Wo stehen wir heute? *SUS* 6: 40-43.
- Schwarz, D., U. Diesterbeck, K. Failing, S. König, K. Brugemann, M. Zschock et al. (2010): Somatic cell counts and bacteriological status in quarter foremilk samples of cows in Hesse, Germany. A longitudinal study. *Journal of Dairy Science* 93: 5716-5728.
- Slupina, M., S. Dähner und R. Klingholz (2017): Innovation aus Tradition. Was land- und forstwirtschaftliche Familienbetriebe für die Stabilität und Entwicklung des ländlichen Raums leisten können. Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung. Berlin.
- Simon, S., J.-C. Bouvier, J.-F. Debras und B. Sauphanor (2010): Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 30/1: 139–152.
- Sommer, C. G. und N. J. Hutchings (2001): Ammonia emission from field applied manure and its reduction. *European Journal of Agronomy* 15(162): 1071-1079.
- Sonoda, L., M. Fels, M. Oczak, E. Vranken, G. Ismayilova, M. Guarino, et al. (2013): Tail biting in pigs--causes and management intervention strategies to reduce the behavioural disorder. A review. *Berliner Münchner Tierärztliche Wochenschrift* 126: 104-112.
- Statista (2017): Ertrag je Hektar Anbaufläche von Getreide in Deutschland nach Art in den Jahren 1960 bis 2016 (in Dezitonnen). <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28888/umfrage/hektarertrag-von-getreide-in-deutschland-seit-1960/>, abgerufen am 30.06.2017
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2014): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Betriebswirtschaftliche Ausrichtung und Standardoutput. Agrarstrukturerhebung 2013. Fachserie 3, Reihe 2.1.4. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden. S. 74.
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2017a): Arbeitsmarkt. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/LangeReihen/Arbeitsmarkt/lrwrw013.html>, abgerufen am 10.07.2017.
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2017b): Bei der Bodenbearbeitung dominiert der Pflug. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Produktionsmethoden/AktuellBodenbearbeitung.html>, abgerufen am 22.08.2017
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2017c): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Einkommenskombinationen. Agrarstrukturerhebung. Fachserie 3, Reihe 2.1.7. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden.

- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2017d): Landwirtschaftlich genutzte Fläche: über ein Viertel ist Dauergrünland. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/FeldfruechteGruenland/AktuellGruenland2.html>, abgerufen am 15.07.2017
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (o. J.): Flächennutzung. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Flaechennutzung/Flaechennutzung.html>, abgerufen am 15.08.2017
- Steffen, W., K. Richardson, J. Rockström, S. E. Cornell, I. Fetzer et al. (2015): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347. Issue 6223, 1259855
- Stodiek, F. (2017): Entwicklungen & Trends 2016. Agrarwende ja – aber wie? *Kritischer Agrarbericht 2017*: 19-32.
- Stockinger, B. und R. Schätzl (2012): Strategien zur Erhöhung des Anteils von heimischen Eiweißfuttermitteln in der Nutztierfütterung. In: G. F. M. Clasen, H. Bernhardt, K. Hildebrand, B. Theuvsen (Hrsg.): *Referate der 32. GIL-Jahrestagung in Freising 2012 - Informationstechnologie für eine nachhaltige Landbewirtschaftung*. Bonn. 291-294.
- Sustainable Development Commission (2009): *Setting the Table - Advice to Government on priority elements of sustainable diets*. o.O. <https://research-repository.st-andrews.ac.uk/bitstream/handle/10023/2213/sdc-2009-setting-table.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, abgerufen am 20.5.2017.
- Sustainable Development Solutions Network (2015): *Solutions for Sustainable Agriculture and Food Systems*. Sustainable Development Solutions Network. New York.
- Sutton, M. A., O. Oenema, J. W. Erisman, A. Leip, H. van Grinsven und W. Winiwarter (2011): Too much of a good thing. *Nature* 472(7342): 159–161.
- Swinnen, J. (Hrsg.) (2015): *The Political Economy of the 2014-2020 Common Agricultural Policy*. Centre for European Policy Studies (CEPS), Brussels; Rowman and Littlefield International, London
- Taheri, F.; Azadi, H. und D’Haese, M. (2017): A World without Hunger: Organic or GM Crops? *Sustainability* 9: 580.
- Taube, F. (2016): *Umwelt- und Klimawirkungen der Landwirtschaft: Eine kritische Einordnung – Statusbericht, Herausforderung und Ausblick*. Online: https://www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de/de/aktuelles/Taube_Umweltwirkungen_Statusbericht_final_WiTa16_03.pdf, abgerufen am 15.10.2017
- Taube, F., C. Henning, E. Albrecht, T. Reinsch und C. Kluß (2015): *Nährstoffbericht des Landes Schleswig-Holstein*. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume. Kiel.
- TEEB (2015): *TEEB for Agriculture & Food: an interim report*, United Nations Environment Programme, Genf.
- Tiemann, T. und S. Cook (2012): Debunking the water scarcity myth: understanding future water use challenges. *The Futures of Agriculture*, Brief Nr. 21. Global Forum on Agricultural Research (GFAR), Rom.
- Timmermann, M., H. Inhetveen und H. Becker (2006): *Der "Züchterblick" - eine wissenssoziologische Studie zum Erfahrungswissen in der ökologischen Pflanzenzüchtung*. Schlussbericht. Bundesprogramm ökologischer Landbau. Göttingen.
- Trepl, L. (2012): *Die Idee der Landschaft: Eine Kulturgeschichte von der Aufklärung bis zur Ökologiebewegung*. Edition Kulturwissenschaft. Bielefeld.
- Tsiafouli, M. A., E. Thébaud, S. P. Sgardelis, P. C. de Ruiter, W. H. van der Putten, K. Birkhofer et al. (2015): Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* 21: 973-985.
- Umweltbundesamt (UBA) (2010): *Daten zur Umwelt – Umwelt und Landwirtschaft*. UBA, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2011): *Luft und Luftreinhaltung, Luftschadstoffe*. UBA, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2012b). *Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland*. UBA, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2013) *Critical Loads für Schwermetalle*. Umweltbundesamt., Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2014a): *Arzneimittel in der Umwelt - vermeiden, reduzieren, überwachen*. Hintergrund. UBA, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2014b): *Arzneimittel in der Umwelt sind eine globale Herausforderung*. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/presseinformationen/arzneimittel-in-der-umwelt-sind-eine-globale> (abgerufen am 07.08.2016).
- Umweltbundesamt (UBA) (2014c): *Arzneimittel und Umwelt*. Online: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arzneimittel/arzneimittel-umwelt> (abgerufen am 12.01.2016).
- Umweltbundesamt (2014d): *Die Landwirtschaft grüner gestalten. Stellungnahmen der Kommission Landwirtschaft beim Umweltbundesamt 2010-2015*. Sammelband. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (2014e): *Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014 Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2012*, Dessau-Roßlau.

- Umweltbundesamt (UBA) (2015): Überschreitung der Belastungsgrenzen für Versauerung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (2015b): Hintergrund: Umweltprobleme der Landwirtschaft. 30 Jahre SRU-Sondergutachten. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (2015c): Umweltbelastende Stoffeinträge aus der Landwirtschaft. Möglichkeiten und Maßnahmen zu ihrer Minderung in der konventionellen Landwirtschaft und im ökologischen Landbau. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2016): Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen. Online: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/landwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas> (abgerufen am 07.08.2016).
- Umweltbundesamt (2016b): Konzepte zur Minderung von Arzneimittelrückständen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in die Umwelt. Fachbroschüre. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2017a) Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgas-Emissionen. UBA, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2017b) Einträge von Nähr- und Schadstoffen in die Oberflächengewässer. UBA, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2017c) Emissionen von Luftschadstoffen. UBA, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2017d). Gewässer in Deutschland: Zustand und Bewertung. UBA, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2017e). Indikator: Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft. UBA, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2017f) Saldo der landwirtschaftlichen Stickstoff-Gesamtbilanz in Bezug auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche. UBA, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) (2017g) Treibhausgasemissionen 2015 im zweiten Jahr in Folge leicht gesunken. UBA, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (2017h): Umweltschutz in der Landwirtschaft. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- United Nations (2015): Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. sustainabledevelopment.un.org
- UNEP (2016): Food Systems and Natural Resources. A Report of the Working Group on Food Systems of the International Resource Panel. Westhoek, H, Ingram J., Van Berkum, S., Özay, L., and Hajer M.
- Utermann, J., W. H. M. Duijnsveld, L. Godbersen und M. Fuchs (2009): Uran in Böden und Sickerwässern – gibt es Indizien für eine Phosphordünger-bürtige Uran-Anreicherung? In: Böden - eine endliche Ressource, 5.-13. Sept. 2009, Bonn.
- van den Berg, M. (2012): World food supply in a context of environmental change and increasingly competing claims on natural resources. In: The Futures of Agriculture, Brief Nr. 17. Global Forum on Agricultural Research (GFAR), Rom.
- Verbändeplattform (2017): Für eine gesellschaftlich unterstützte Landwirtschaftspolitik. Plattform von Verbänden aus Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft, Entwicklungspolitik, Verbraucherschutz und Tierschutz. Rheinbach/Hamm.
- Verband der Landwirtschaftskammern (2010): Biologische Vielfalt in Agrarlandschaften bewahren und weiterentwickeln: Positionspapier des Fachausschusses Ländliche Entwicklung, Raumordnung und Ressourcenschutz. Verband der Landwirtschaftskammern, Berlin.
- Vergragt, P. J. und J. Quist (2011): Backcasting for sustainability: Introduction to the special issue. *Technological Forecasting & Social Change*. Volume 78, Issue 5: 747-755
- Wangler, A., E. Blum, I. Böttcher und P. Sanftleben (2009): Lebensleistung und Nutzungsdauer von Milchkühen aus der Sicht einer effizienten Milchproduktion. *Züchtungskunde* 81: 341–360.
- Wegener, J., W. Lücke und J. Heinzemann (2006): Analyse und Bewertung landwirtschaftlicher Treibhausgasemissionen in Deutschland. *Agrartechnische Forschung* 12(6): 103–114.
- Weitzenbürger, D., A. Vits, H. Hamann und O. Distl (2005): Effect of furnished small group housing systems and furnished cages on mortality and causes of death in two layer strains. *British Poultry Science* 46: 553-559.
- Wiggering, H. (2017, mdl. Auskunft): Telefonisches Gespräch mit H. Wiggering, Wissenschaftliche Begleitgruppe des Projektes.
- Winckler, C., H. Engels, K. Hund-Rinke, T. Luckow, M. Simon und G. Steffens (2004): Verhalten von Tetrazyklinen und anderen Veterinärantibiotika in Wirtschaftsdünger und Boden. *Texte* 44/04. Umweltbundesamt, Berlin.
- Wirz, A., Kasperczyk, N., Thomas, F. (2017): Kursbuch Agrarwende 2050. Ökologisierte Landwirtschaft in Deutschland. Greenpeace. Hamburg.
- Wiskerke, J. S. C. (2009): On Places Lost and Places Regained: Reflections on the Alternative Food Geography and Sustainable Regional Development. *International Planning Studies* 14(4): 369-387.
- Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Berlin.

- Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung ist nötig und möglich! Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Berlin.
- Wissenschaftlicher Beirat für Düngungsfragen beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2011): Nachhaltiger Umgang mit der begrenzten Ressource Phosphor durch Recycling und Erhöhung der Phosphoreffizienz der Düngung.. Wissenschaftlicher Beirat für Düngungsfragen beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Berlin.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2016): Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte. WBGU, Berlin.
- Witzke, H. von, S. Noleppa und I. Zhirkova (2014): Fleisch frisst Land. WWF, Berlin.
- Zander, K., F. Isermeyer, D. Bürgelt, I. Christoph-Schulz, P. Salamon und D. Weible (2013): Erwartungen der Gesellschaft an die Landwirtschaft. Johan Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Zehetmeier, M., Baudracco, J., Hoffmann, H. und Heissenhuber, A. (2012): Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 6, S. 154–166.