

LANDTAG
NORDRHEIN-WESTFALEN
17. WAHLPERIODE

STELLUNGNAHME
17/3562

A44

Stellungnahme

für die

**Enquetekommission V – Gesundes Essen.
Gesunde Umwelt. Gesunde Betriebe.
des Landtags von Nordrhein-Westfalen**

zum Thema

Klimaschutz und nachhaltige Ressourcennutzung in NRW

vorgelegt von

Prof. Dr. iur. Sabine Schlacke

Universität Münster; Co-Vorsitzende des Wissenschaftlichen Beirats der
Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU)

und

Dr. rer. oec. Jan Siegmeier, wissenschaftlicher Referent des WBGU

Diese Stellungnahme zu der Frage „*Welchen Einfluss üben die nordrhein-westfälische Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion inklusive Außenhandel auf unser Klima sowie die Ressourcennutzung aus?*“ wurde vor dem Hintergrund des jüngsten Hauptgutachtens des WBGU (2020) „Landwende im Anthropozän: von der Konkurrenz zur Integration“ verfasst.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| Zusammenfassung | 3 |
| 1 Aktuelle Klima- und Umweltwirkungen sowie Ressourcenverbrauch der Landwirtschaft in NRW | 8 |
| 1.1 Klimawirkungen der Landwirtschaft | 8 |
| 1.2 Klimawirkungen des gesamten Ernährungssystems über Sektor- und Landesgrenzen hinweg regelmäßig erfassen und detailliert veröffentlichen | 11 |
| 1.3 Sonstige Umweltwirkungen der Landwirtschaft in NRW | 11 |
| 2 Ökologisierung der Landwirtschaft für verbesserten Klima- und Biodiversitätsschutz | 12 |
| 2.1 Landesspielräume bei der Ausgestaltung der „Grünen Architektur“ der GAP im deutschen Strategieplan für umfassende Ökologisierung der Landwirtschaft nutzen | 15 |
| 2.2 Rechtsrahmen für Landwirtschaft stärken: auf bessere Verzahnung von Agrar- und Umweltrecht auf Bundesebene hinwirken, Vollzugsdefizite auch in NRW beseitigen | 17 |
| 2.3 Viehbesatzdichte durch Anreize oder Ordnungsrecht standortgerecht reduzieren | 18 |
| 2.4 Ökologisierung der Landwirtschaft in integrierte Landschaftsplanung einbetten | 18 |
| 2.5 Nachhaltigkeitsstandards für alle biogenen Produkte entwickeln und in internationalen Kooperationsgemeinschaften auch für importierte Produkte anwenden | 19 |
| 3 Nachfrageseite: Ernährung | 20 |
| 3.1 Nachhaltige Ernährung durch mit der Planetary Health Diet (PHD) konforme Leitlinien konsequent zur Norm erheben | 21 |
| 3.2 Trends zu tierproduktarmer Ernährung unterstützen und Ernährungsbiografien nachhaltig prägen | 21 |
| 3.3 Konsument*innen darin unterstützen, nachhaltige Ernährungsstile zu praktizieren | 21 |
| 4 Nachfrageseite: Biomasse als Ressource – verantwortungsvolle stoffliche und energetische Nutzungen | 22 |
| 4.1 Quantifizierte Ressourcenverbrauchsziele setzen | 24 |
| 4.2 Nachhaltigkeitsstandards für biogene Ressourcen stärken | 25 |
| 4.3 Strategie für nachhaltiges Bauen mit Holz entwickeln | 255 |
| 5 Wassermanagement in der Landwirtschaft | 277 |
| 5.1 Optimierte(s) und effiziente(s) Bewässerungssteuerung/-management/-strategien und klimagerechte Anpassung der landwirtschaftlich angebauten Feldfrüchte/Kulturpflanzenarten für eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung | 27 |
| 5.2 Wasserwiederverwendung für eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung | 28 |
| Normen und Anforderungen/Vorschriften zu Wasserqualitäten in der landwirtschaftlichen Bewässerung in Abhängigkeit der Schutzgüter, nach Geltungsbereich | 29 |
| 5.3 Landwirtschaft als Partner bei der Umsetzung der WRRL | 300 |
| Anhang 1 zu Abschnitt 2, Frage 12 | 33 |
| Anhang 2 zu Abschnitt 5, Frage 16 | 33 |
| Literaturverzeichnis | 36 |

Zusammenfassung

1. Klimawirkungen und Ressourcenverbrauch durch Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion in Nordrhein-Westfalen sind sowohl im deutschen als auch im globalen Maßstab und Vergleich überdurchschnittlich und signifikant. Die aktuelle Form der Landnutzung ist selbst zunehmend von den Folgen des Klimawandels betroffen. Sie ist aber auch in hohem Umfang mitverantwortlich für Lebensraum- und Biodiversitätsverluste, und dabei Teil eines nicht langfristig aufrecht zu erhaltenden Ernährungssystems. Es fehlt an einer Zusammenstellung, Analyse und Bewertung der landwirtschafts- und ernährungsbezogenen Emissionsdaten in NRW. Die Daten dafür liegen den Statistischen Ämtern und den fachlich einschlägigen Landesämtern (LANUV) vermutlich überwiegend bereits vor. Es fehlt an einer systemischen Sichtung, Analyse und Bewertung. Sie würde größere Transparenz über den bundesweiten und globalen Fußabdruck des aktuellen Produktions- und Ernährungsstils in NRW erzeugen. Diese Transparenz ist Grundvoraussetzung für eine neue Steuerung der Emissionsquellen und -verursacher sowie Verantwortungsübernahme beteiligter Akteure.
2. Landnutzungsbezogene Maßnahmen können den Klimawandel nicht allein verhindern: Es sind vielmehr radikale Emissionsreduktionen in allen Sektoren notwendig. Weltweit muss angestrebt werden, die CO₂-Emissionen auf null möglichst bis Mitte des Jahrhunderts abzusenken. Terrestrische Ökosysteme sind unverzichtbare „Verbündete“ beim Klimaschutz, da ihnen als Kohlenstoffspeicher eine zur Erreichung der Klimaschutzziele notwendige CO₂-Senkenfunktion zukommt. Sie sind notwendige Voraussetzung für den Erhalt der Biodiversität und dienen zugleich der langfristigen Ernährungssicherheit. Terrestrische Ökosysteme sollten entsprechend erhalten und langfristig bewahrt werden.
3. Eine Wende hin zum nachhaltigen Umgang mit Land und seinen Ressourcen ist unabdingbar und dringend. Dafür müssen Ansätze einer Landnutzung gefunden werden, die neben der Ernährungssicherheit den dringend notwendigen Biodiversitäts- und Klimaschutz gewährleisten. Der WBGU nennt solche das Trilemma der aktuellen Landnutzung adressierende Ansätze „Mehrgewinnstrategien“ (WBGU 2020). Diese betreffen unter anderem die Ökologisierung der Landwirtschaft, auf der Verbrauchsseite das Ernährungssystem und die stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse sowie das Wassermanagement der Landwirtschaft.
4. Als Informationsgrundlage für alle Maßnahmen sollte zunächst eine regelmäßige, konsistente Bilanzierung aller Klimawirkungen (über Sektor- sowie kommunale und regionale Grenzen hinweg, inklusive globaler Wirkungen) und weiterer Umweltwirkungen (z. B. Biodiversität, Wasser) des Ernährungssystems erfolgen. Die Daten dafür liegen den Statistischen Ämtern und den fachlich einschlägigen Landesämtern (LANUV) vermutlich überwiegend bereits vor. Es fehlt aber an einer systemischen Sichtung, Analyse und Bewertung. Eine derartige Darstellung würde größere Transparenz über den bundesweiten und globalen Fußabdruck des aktuellen Produktions- und Ernährungsstils in

Nordrhein-Westfalen erzeugen. Diese Transparenz ist Grundvoraussetzung für eine effektive Steuerung der Emissionsquellen und -verursacher sowie Verantwortungsübernahme beteiligter Akteure.

5. Die erforderliche Ökologisierung der Landwirtschaft sollte in Nordrhein-Westfalen durch regional angepasste, integrative Ansätze, Beratung und „lernende“ Politikinstrumente erfolgen. Grundsätzlich sollten landwirtschaftliche Produktionsmethoden diversifiziert, ökologisch wertvolle Flächen und Ökosystemleistungen erhalten, Schutz- und Nutzungsflächen stärker integriert, klima- und umweltschädliche Wirkungen regel- oder anreizbasiert vermieden sowie eine kreislauforientierte Landwirtschaft sowie Klimaanpassung und Resilienz gefördert werden.
6. Dazu sollten der nordrhein-westfälische Gesetzgeber und die zuständigen Verwaltungsbehörden die Spielräume der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union (GAP) im Sinne einer Ökologisierung der Landwirtschaft nutzen: So sollte die Konditionalität, die Mindestumweltstandards in die Fläche trägt, deutlich verschärft werden (über die bisher im Greening enthaltenen Standards hinaus); als Eco-Schemes sollten statt „lichtgrüner“ Maßnahmen, die auch ohne Subventionen durchgeführt würden (z. B. der Anbau von Raps als Fruchtfolgeglied beim bisherigen, kaum wirksamen „Greening“), nun „dunkelgrüne“ Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen gefördert werden, mit denen direkte Effekte bei der Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt erreicht werden können (z. B. Förderung artenreichen Grünlands über späte Mahd oder Beweidung). Dunkelgrüne Maßnahmen sollten trotz des höheren Verwaltungsaufwands weiterentwickelt werden, da sie meist effektiver die Biodiversität fördern. Weiterhin sollten Partizipationsmöglichkeiten in der neuen GAP bzw. der nationalen Umsetzung verankert und Aus- und Weiterbildung gefördert werden.
7. In der nächsten Förderperiode (post 2027) sollte die GAP in eine Gemeinsame Ökosystempolitik (GÖP) transformiert werden: Es sollte nur die Erbringung öffentlicher Güter wie Ökosystemleistungen vergütet und finanzielle Mittel nur für eine nachhaltige Land- und Forstwirtschaft, zum Auf- und Ausbau von Schutzgebietssystemen, zur Renaturierung von Ökosystemen und ggf. zum Ausbau weiterer landbasierter Ansätze der CO₂-Entfernung bereitgestellt werden.
8. Der Deutsche Strategieplan des BMU „Grüne Architektur“ und die darin vorgeschlagene Ökologisierung der Landwirtschaft sollte unterstützt werden.
9. Nordrhein-Westfalen sollte sich darüber hinaus zum einen auf Bundesebene für eine Novellierung des Landwirtschaftsgesetzes einsetzen, Umwelt- und Naturschutz durch konkrete und kontrollierbare Standards im Agrarrecht stärken, sich für eine umweltschutzbezogene Betreiberpflicht für landwirtschaftliche Betriebe einsetzen und den Einsatz von Pestiziden und Düngern in Schutzgebieten und ihrer Umgebung durch Pufferzonen einschränken. Ein positives Beispiel für eine agrarrechtliche Vorschrift mit Naturschutzcharakter findet sich im aktuellen Entwurf des Insektenschutzgesetzes, der

vorsieht, einen neuen § 30a BNatSchG-E einzufügen, um das Ausbringen von Biozidprodukten z. B. in Naturschutzgebieten zu verbieten. Zum anderen sollten Vollzugsdefizite bei bestehenden Regelungen z. B. im Boden- und Naturschutzrecht adressiert und Kontrollkapazitäten ausgebaut werden.

10. Die Viehbesatzdichten sollten durch Anreizregulierungen oder Ordnungsrecht standortgerecht reduziert werden. Zusätzlich sollte die Ökologisierung der Landwirtschaft in eine integrierte Landschaftsplanung eingebettet werden sowie Nachhaltigkeitsstandards für alle biogenen Produkte entwickelt und in Kooperationspartnerschaften auch international angewandt werden.
11. Die Ökologisierung der Landwirtschaft sollte in eine verbesserte integrierte Landschaftsplanung einbettet werden, die die Ansprüche der verschiedenen Landnutzungen und Schutzerfordernisse in einem gemeinsamen Gestaltungsprozess und an die lokalen Verhältnisse anpasst und zusammenführt. In Nordrhein-Westfalen kann dies durch Planungsinstrumente wie die überfachlich und überörtlich ausgerichtete Raumordnung rechtlich und planerisch umgesetzt werden. Dabei sollte v.a. die „Möglichkeit zur Planung und Ausweisung multifunktionaler Flächennutzungen durch das Planungsrecht als Leitbild und -konzept in nationales Planungs- bzw. Raumordnungsrecht und Planungsaktivitäten integriert werden“ (WBGU 2020, S.8). Grundsätzlich sollten die Schutzinteressen der Landschaftsplanung im Rahmen der Raumplanung höhere Bedeutung erlangen, z. B. in Form von Abwägungsdirektiven.
12. Neben mittelfristigen Anpassungen von Rechtsrahmen und finanziellen Anreizsystemen sollten rasch ambitionierte Nachhaltigkeitsstandards für alle biogenen Produkte entwickelt werden. In Kooperation mit internationalen Handelspartnern sollten diese auch für importierte Produkte angewendet werden. Dies kann als Grundlage für ein gemeinsames Nachhaltigkeitslabel dienen, das neben regionalen Erzeugnissen aus Nordrhein-Westfalen auch Produkten verliehen werden könnte, deren Lieferkette sich auch auf Partnerregionen mit vergleichbaren Nachhaltigkeitsstandards erstreckt.
13. Nachfrageseitig sollte der Flächen- und Ressourcenbedarf für die Ernährung verringert werden, v.a. durch das Setzen von Impulsen zur Veränderung von Ernährungsstilen hin zu einem reduzierten Konsum tierischer Produkte. Die von der EAT-Lancet-Kommission beschriebene „Planetary Health Diet“ kann als Referenz für eine gesunde Ernährung innerhalb planetarischer Leitplanken dienen. Dazu gehört eine konsequente Veränderung der Rahmenbedingungen, z. B. durch die Verankerung von Nachhaltigkeit in Ernährungsleitlinien und entsprechende öffentliche Beschaffung und Speisenangebote in öffentlichen Gemeinschaftsverpflegungen; die Unterstützung des bereits stattfindenden gesellschaftlichen Wertewandels zu tierproduktarmer Ernährung und die frühzeitige Prägung von Ernährungsbiografien (z. B. in öffentlichen Kindergärten und Schulen); sowie konsument*innengerechte Informationssysteme zu Umweltexternalitäten und nachhaltigen Lebensmittelangeboten. Weitere Potenziale bietet die Vermeidung von Lebensmittelverschwendung.

14. Nordrhein-Westfalen sollte sich quantifizierte Ressourcenverbrauchsziele setzen, Nachhaltigkeitsstandards für biogene Ressourcen entwickeln und stärken und eine Strategie für nachhaltiges Bauen mit Holz entwickeln, wobei öffentliches Bauen grundsätzlich mit (soweit wie möglich regionalem) Holz aus streng nachhaltigen Quellen erfolgen sollte. Zwar lässt sich die Nachhaltigkeit stofflicher und energetischer Biomassenutzungen aufgrund vielfältiger Verlagerungs- und Substitutionseffekte nicht isoliert bewerten. Verantwortungsvolle Biomassenutzung setzt aber voraus, die Knappheit innerhalb planetarischer Leitplanken nachhaltig produzierbarer Biomasse anzuerkennen. D.h., Biomassenutzungen, für die es klimafreundliche technische Alternativen gibt, sollten konsequent vermieden werden. Dies betrifft die meisten energetischen Anwendungen, bei denen vor der Biomassenutzung erst andere Optionen ausgeschöpft werden sollten. Nur dort, wo Energieträger mit hoher Energiedichte unentbehrlich und alternative Antriebe noch nicht absehbar verfügbar sind (z. B. Luft- oder Schifffahrt) oder als flexible Energiequelle (z. B. zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen im Stromnetz), ist der Einsatz von Bioenergie als Brückentechnologie sinnvoll. Dieser Einsatz sollte verantwortungsvoll und nachhaltig, d.h. auf Basis von Abfall- und Reststoffen und schließlich von Biomassenutzungskaskaden geschehen. Diese Voraussetzungen werden derzeit häufig nicht erfüllt. Analog sollten Holzrohstoffe mit maximalem Nutzen für den Klimaschutz (Materialsubstitution, langfristige Kohlenstoffbindung) eingesetzt werden und energetische Nutzungen erst am Ende einer möglichst langen stofflichen Nutzungskaskade stehen. Die sinnvollste Verwendung von Holz ist aus Klimaschutzsicht daher der Einsatz im Bausektor (solange die Nachhaltigkeit von Forstwirtschaft und Holzimporten abgesichert ist).
15. Die Ambition und Umsetzung verpflichtender Nachhaltigkeitsstandards sollte durch Fördermaßnahmen, Kampagnen und die Vorbildwirkung der öffentlichen Hand (als großer Verbraucher sowie Land- und Waldbesitzer) gestärkt werden. Solche Nachhaltigkeitsstandards lassen sich bspw. schon heute in der EU-Holzhandelsverordnung Nr. 995/2010 (flankiert durch das Holzhandelssicherungsgesetz) und in der Nutzung möglichst strenger freiwilliger Standards, z. B. von FSC-zertifiziertem Holz finden.
16. Eine ambitionierte Strategie für die großskalige Umsetzung nachhaltiger (Holz-)Bauweisen, gekoppelt an nachhaltige, möglichst regionale Roh- und Baustoffversorgung sollte entwickelt werden. Dabei sind Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft einzubinden. Öffentliches Bauen mit nachhaltigkeitszertifiziertem Holz sollte zum Standard gemacht werden.
17. Land- und Forstwirtschaft in die bestehenden Emissionshandelssysteme wie das EU-ETS einzubeziehen ist nicht sinnvoll, damit eine einseitige Ausrichtung auf den Klimaschutz auf Kosten der Biodiversität vermieden und die (ebenfalls nötige) Vermeidung von vergleichsweise kurzlebigen CH_4 und N_2O nicht mit einer massiven Reduktion von CO_2 -Emissionen verrechnet wird. Die zentrale Rolle von landwirtschaftlichen Böden

und Wäldern als CO₂-Speicher sollte durch eigene, klar von Emissionsreduktionen getrennte, Ziele und Strategien berücksichtigt werden. Eine separate Bepreisung von Treibhausgasen kann fallweise aber sinnvoll sein.

18. Eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung in der Landwirtschaft erfordert zum einen optimierte und effiziente Bewässerungsstrategien und eine klimagerechte Anpassung der angebauten Kulturpflanzenarten. Dazu gehören Anpassungen der Bodenbewirtschaftung, eine Auswahl von Kulturpflanzenarten und -sorten entsprechend der Wassernutzungseffizienz, eine präzise Bestimmung des Wasserbedarfs der Pflanzen, eine Überwachung der Wasserqualität sowie präzise Bewässerungsplanung. Zum anderen sollte für eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung die Wasserrückgewinnung und -wiederverwendung ausgebaut werden (dafür müssen neben den entsprechenden Aufbereitungstechnologien auch zusätzliche Speicherlösungen z. B. über Grundwasseranreicherung oder Wasserbecken entwickelt werden). Bislang ist die Nutzung von aufbereitetem Wasser zur landwirtschaftlichen oder urbanen Bewässerung in Deutschland nicht gesondert gesetzlich geregelt oder entsprechende Umsetzungsmaßnahmen definiert, auch fehlen Empfehlungen für die gute fachliche Praxis (minimale Anforderungen bestehen von Seiten der EU). Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) enthält die Verpflichtung, bis spätestens 2027 einen guten ökologischen, chemischen/qualitativen und quantitativen Zustand aller Gewässer zu erreichen. Zur Umsetzung sollte die Landwirtschaft eingebunden werden, z. B. durch eine Kostenbeteiligung entsprechend des Verursacherprinzips und durch die Förderung klimaangepasster Pflanzkulturen, der Schaffung von Gewässerrandstreifen/Uferrandstreifen, erosionsmindernder Bodenbearbeitungstechniken (etwa Mulch- oder Direktsaat) und Ökolandbau, Extensivierungsprogrammen, Verpflichtungen zu einer umfassenden Protokollierung der Wasserentnahmemengen, Wasserqualitätsmessungen/-monitoring und einer Intensivierung der Kooperationen zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft. Grundlegend ist die Definition einer lokal angepassten guten fachlichen Praxis v. a. in Bezug auf Düngung und Bewässerung notwendig.

1 Aktuelle Klima- und Umweltwirkungen sowie Ressourcenverbrauch der Landwirtschaft in NRW

Antwort auf Fragen

1. *Wie hoch ist der Anteil der deutschlandweiten Nahrungsmittelproduktion an der gesamten Klimagasemission in Deutschland und welchen Anteil hat die Landwirtschaft in der Lebensmittelkette an der Klimagasemission? Wie hoch ist die Klimagasemission dieser Bereiche in absoluten Zahlen?*
11. *Welchen Einfluss hat die nordrhein-westfälische Nahrungsmittelproduktion auf die Nutzung von Boden, Rohstoffen, Energie, etc. außerhalb von NRW?*
4. *Wie gestaltet sich die Energiebilanz in der nordrhein-westfälischen Landwirtschaft aus? In welchem Zusammenhang steht hierbei die nachgelagerte Nahrungsmittelinindustrie (z.B. Transportwege, Lagerung und Kühlung, Nutzung von Standortvorteilen etc.)?*

1.1 Klimawirkungen der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft in NRW nutzt neben lokalen Boden-, Wasser- und Ökosystemressourcen eine Vielzahl weiterer, nur zum Teil in NRW hergestellter Vorprodukte (z. B. Futter- und Düngemittel, Kraftstoffe, Energie). Sie ist Teil verschiedener überregionaler Verwertungsketten (z. B. Produktion/Weiterverarbeitung; Handel und Verbrauch von Nahrungsmitteln, Rohstoffen und Energie). Die Klima- und Umweltwirkungen verteilen und verlagern sich demzufolge auf mehrere Sektoren und geografische Regionen und Staaten. Sie sollten daher **nicht isoliert für die Landwirtschaft in NRW, sondern im systemischen Zusammenhang des globalen Ernährungs- und Rohstoffsystems betrachtet** werden. Neben Treibhausgasemissionen und Energieverbrauch des Ernährungssystems sind vor allem die Auswirkungen der Landwirtschaft in NRW auf Ökosysteme und Biodiversität zu beachten. Sie werden im Folgenden überblicksartig vorgestellt:

Die **direkten Emissionen der Landwirtschaft aus Tierhaltung und Bodennutzung in NRW** sind v.a. Lachgas (N_2O) und Methan (CH_4) aus Düngerausbringung, Verdauungsvorgängen, Mist- und Güllelagerung. Dies sind kurzfristig hochwirksame Treibhausgase (THG), die aber eine deutlich kürzere Verweildauer in der Atmosphäre aufweisen als CO_2 , was ihre Verrechenbarkeit einschränkt. In 2018 betragen die nordrhein-westfälischen Emissionen **7,6 Mt CO_2eq** (LANUV 2020). Davon entfielen 63 % auf die Tierhaltung (und davon wiederum 76 % auf Rinder; LANUV 2020, S. 24). Aufgrund relativ hoher Energie- und Industrieemissionen sind das zwar nur 2,9 % der THG-Emissionen in NRW, aber ein Anteil von **11,9 % an den bundesweiten Emissionen**, die direkt aus der Landwirtschaft (UBA 2020a, S.70) stammen, obwohl NRW nur einen Anteil von 8,9 % an den deutschen Landwirtschaftsflächen hat (Statistisches Bundesamt 2020a). Dies ist u.a. durch den hohen Nutztierbestand in NRW bedingt: Mit 122 Großvieheinheiten pro 100 ha Landfläche lag der flächenbezogene Viehbestand in NRW 2019 weit über dem gesamtdeutschen Schnitt von 75 ha und damit an der Spitze der 16 Bundesländer (Statistisches Bundesamt 2020b).

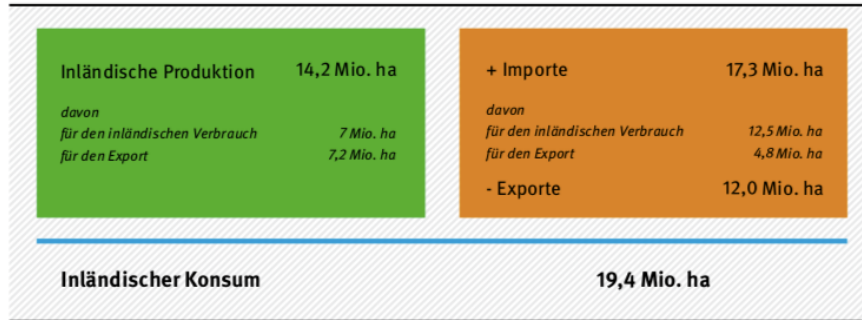
Dazu kommen **Emissionen aus Landnutzung bzw. Landnutzungsänderungen bei Acker- und Grünland**. Bundesweit emittierte die Landwirtschaft 2018 direkt 63,6 Mt CO₂eq, das sind 7,4 % der bundesweiten THG-Gesamtemissionen ohne Landnutzung (UBA 2020, S. 70). Hinzu kamen 32,6 Mt CO₂eq aus der Landnutzung, vor allem der Entwässerung organischer Böden im Acker- und Grünland (während Wälder als Kohlenstoffsinken wirken; UBA 2020, S. 532 ff.). Der Anteil für NRW liegt bei **0,5 Mt CO₂eq** (LANUV 2020, S. 25) und damit bei **1,5 % der bundesweiten Emissionen aus diesen Quellen**.

Der **Primärenergieverbrauch der Landwirtschaft** (und in vernachlässigbarem Umfang Forstwirtschaft und Fischerei) **und der Verarbeitung ihrer Produkte** (Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Getränken und Tabakprodukten) in Form von Gas, Strom, Kraftstoffen und weiteren Energieträgern lag 2016 in NRW bei **25,7 bzw. 45,4 Petajoule** (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2020). Aufgrund eines hohen Energieverbrauchs anderer Industriezweige in NRW entspricht dies zwar nur einem Anteil von 0,8 % bzw. 1,4 % am Primärenergieverbrauch der Wirtschaft in NRW, macht aber innerhalb der beiden Wirtschaftszweige **6,7 % bzw. 26 % des deutschen Primärenergieverbrauchs** aus (Statistisches Bundesamt 2020d). Wichtigste Energiequellen der verarbeitenden Ernährungsindustrie bundesweit sind dabei Gas und Strom mit Anteilen von 58 % bzw. 28 %, während Bioenergie, Erd- und Umweltwärme nur 1,2 % zum Energiebedarf beitragen. Wenn man vereinfachend die Emissionsintensität des Primärenergieverbrauchs von NRW zugrunde legt (AEE 2020) entspricht dies **Emissionen von 1,64 bzw. 2,90 Mt CO₂eq**.

Hinzu kommen THG-Emissionen für die **Herstellung von Düngemitteln und Pestiziden**. Insbesondere fällt hier die Ammoniaksynthese für stickstoffhaltige Düngemittel ins Gewicht, bei der (im Haber-Bosch-Verfahren) rund 1,5 t CO₂ pro Tonne Ammoniak (Möckel und Wolf 2020, S. 737) oder 1,8 t CO₂ pro Tonne Stickstoff freigesetzt werden. Sie gehört damit zu den größten Energieverbrauchern weltweit. In NRW wurden im Wirtschaftsjahr 2018/2019 **stickstoffhaltige Düngemittel** mit einem Stickstoffgehalt von 145.000 t abgesetzt (Statistisches Bundesamt 2020c), deren Herstellung demnach etwa **0,26 Mt CO₂-Emissionen** verursacht hat. Über die Klimawirkung der Herstellung und Anwendung von Stickstoffdünger hinaus belasten Stickstoffüberschüsse aus übermäßig eingesetzten Düngemitteln Gewässer bzw. das Grundwasser durch Nitrat und führen zu lokaler Luftverschmutzung sowie übermäßigem Nährstoffeintrag in sensible Ökosysteme (Ammoniak/NH₃).

Mit der Erzeugung von nach Deutschland importierten landwirtschaftlichen Produkte sind Flächenverbrauch im Ausland und z.T. erhebliche Klimafolgen und Umweltschäden verbunden, z. B. durch Entwaldungen. Dem stehen nicht im gleichen Umfang Flächen für die Produktion von landwirtschaftlichen Exportgütern gegenüber (Abb. 1): **Deutschland ist ein Nettoimporteur „virtueller Agrarflächen“**, einem Flächenbedarf des Konsums von Nahrungsmitteln von rund 19 Mio. ha stehen nur 14 Mio. ha, die im Inland für die Produktion genutzt werden, gegenüber (UBA 2018). **Der Konsum tierischer Nahrungsmittel belegt doppelt so viel Ackerland wie pflanzliche Ernährung** (Fischer et al. 2017).

Flächenbelegung im In- und Ausland für die Herstellung von Ernährungsgütern 2015 in Mio. ha



Quelle: Statistisches Bundesamt 2018, Flächenbelegung von Ernährungsgütern 2008-2015, Wiesbaden 2018

Abbildung 1: Flächenbelegung im In- und Ausland für die Herstellung von Ernährungsgütern. Quelle: UBA (2018), S. 24.

Vor allem durch den **Import von Futtermittel** entstehen THG-Emissionen: Deutschland kann insbesondere seinen Bedarf an Eiweißfuttermitteln nicht decken (BLE 2020). Daher wurden im Wirtschaftsjahr 2018/19 33% des Eiweißbedarfs in Futtermitteln durch Importe gedeckt, davon 51% durch Soja (Bohnen und Schrot) aus den USA, Brasilien und Argentinien (Deutscher Bundestag 2020). Die Nettoeinfuhrmenge lag bei 3,9 Mio. t Sojabohnenäquivalent, und damit bei ca. 2% der weltweit gehandelten Menge: Je nach angesetzttem Ertrag (Brasilien oder weltweiter Durchschnitt) entspricht dies rechnerisch einer **Anbaufläche von ca. 1,1-1,4 Mio. ha im Ausland** (Deutscher Bundestag 2020). Zum Vergleich: in Brasilien wuchs die Sojaanbaufläche zwischen den Durchschnittswerten für 2004-2006 und 2016-2018 um 11,8 Mio. ha (Deutscher Bundestag 2020); in 2018 wurden **0,75 Mio. ha Regenwald gerodet und dabei 440 Mio. t CO₂ freigesetzt** (Silva Junior et al. 2020). Auch wenn Deutschlands Importe nicht allein zu diesen Entwaldungen geführt haben, bewegt sich der deutsche Anteil am weltweiten Sojahandel durchaus in relevanten Dimensionen. Deutschland – und entsprechend NRW – tragen hier eine **Mitverantwortung**, insbesondere aufgrund von Verlagerungseffekten (WBGU 2020, Kap. 4.2.5). In Deutschland ermöglichen die importierten Futtermittel zwar die Haltung von mehr und produktiveren Nutztieren, sorgen aber auch für ein sehr hohes **Gülleaufkommen**, das von den natürlichen Kreisläufen der Agrarlandschaft lokal nicht mehr aufgenommen werden kann und somit zu Stickstoffüberschuss auf den Feldern, mit entsprechenden Problemen für Gewässer, Biodiversität und Klima führt (siehe unten).

Weitere CO₂-Emissionen sind z. B. mit **Transporten** von Produkten aus Landwirtschaft, Ernährungsindustrie und im Handel verbunden sowie mit der **Herstellung von Investitionsgütern** wie Maschinen, Anlagen und Gebäuden.

WBAE und WBW (2016) schätzen, dass die mit der Herstellung, Vermarktung und Zubereitung der 2006 in Deutschland verzehrten oder weggeworfenen Lebensmittel verbundenen THG-Emissionen in etwa **einem Viertel der deutschen Gesamtemissionen** entsprechen. Dies deckt sich mit jüngsten Schätzungen, die dem Ernährungssystem 21-37 % der globalen THG-Emissionen zuschreiben (Rosenzweig et al. 2020).

Aus der Zusammenstellung der Emissionsdaten wird ersichtlich, dass eine einheitliche, vollständige Datenbasis bislang fehlt. Daraus ergibt sich als erste Empfehlung:

1.2 Klimawirkungen des gesamten Ernährungssystems über Sektor- und Landesgrenzen hinweg regelmäßig erfassen und detailliert veröffentlichen

- Die Daten dafür liegen den Statistischen Ämtern vermutlich überwiegend bereits vor.
- Eine derart systemische Sicht würde größere Transparenz über den globalen Fußabdruck des aktuellen Ernährungsstils erzeugen sowie eine Verantwortungsübernahme aller Akteure und eine gemeinsame Strategie ermöglichen.

1.3 Sonstige Umweltwirkungen der Landwirtschaft in NRW

Zu den Klimawirkungen der intensiven Landwirtschaft bzw. des Ernährungs- und Energiesystems kommen die **schweren Auswirkungen auf Ökosysteme und Biodiversität**: Ökosysteme und Biodiversität befinden sich global (IPBES 2019) und in Deutschland (BfN 2020) in einer dramatischen Krise.

Für NRW kommt der **Bericht zur Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie von 2019** zu dem Schluss (Schlüter et al. 2019), dass von **34 Lebensraumtypen** im atlantischen Tiefland (mit Niederrheinischer Bucht/Tiefland und Westfälischer Bucht/Tiefland) nur 18% einen günstigen, aber **30% einen unzureichenden und 50% einen schlechten Erhaltungszustand** haben (nährstoffarme und nährstoffreiche Stillgewässer, Moore, Grünlandlebensräume sowie Auenwälder). Die 40 Lebensraumtypen im kontinentalen Bergland (mit Eifel, Sauer- und Siegerland, Bergischem Land und Weserbergland) sind 15 % in unzureichendem und 22 % in schlechtem Zustand. „Hauptursachen für die ungünstigen Einstufungen sind **Belastungen durch hohe Nährstoffeinträge, Störungen des Wasserhaushalts und die intensive Landnutzung**. Direkte oder indirekte Effekte des Klimawandels sind erkennbar, treten demgegenüber aber bisher zurück“, so Schlüter et al. (2019, S. 11).

Bei den 93 untersuchten Arten sieht es nicht besser aus: Im Tiefland wie im Bergland sind rund **30 % der Arten in unzureichendem und rund 30 % in schlechtem Zustand**; zu letzterer Gruppe gehören v.a. Arten, die auf extensiv genutzten Grünlandflächen leben (Schlüter et al. 2019). So ist beispielsweise **zwischen 1900 und 2000 ein Schwund von 58 Prozent der Schmetterlingsarten im Raum Düsseldorf zu konstatieren** (Lenz und Schulten 2005). Als wichtigste Ursachen werden genannt: „Flächenverbrauch und Änderungen in der Flächennutzung; weitere Entwertung noch verbliebener Freiflächen durch Industrialisierung und Intensivierung der Landwirtschaft, aber auch durch manche Freizeitaktivitäten; Ersetzung artenreicher wiesen durch artenarmes Grasland; Verlust nährstoffarmer, aber artenreicher Lebensräume als Folge der Verwehung von Stickstoffverbindungen durch intensive Düngung und gestiegenen Autoverkehr; Verschwinden ehemals durch Niederwaldwirtschaft entstandener naturnaher Strukturen bis auf Kleinflächen, wobei ein Ersatz durch artenreiche Waldränder weitgehend fehlt; Verlust des von vielen seltenen Arten benötigten Offenlandes durch Verbuschung, auch als Ergebnis falsch verstandenen Naturschutzes; Auswirkungen von Umweltgiften wie Breitband-Insektiziden (Insekten tötende Mittel) und Herbiziden (Unkrautbekämpfungsmittel), wobei Letztere zum Verschwinden der Futterpflanzen der Raupen vieler Schmetterlingsarten führten“ (Lenz und Schulten 2005, S. 26 f.).

2 Ökologisierung der Landwirtschaft für verbesserten Klima- und Biodiversitätsschutz

Bei den notwendigen grundlegenden Veränderungen in der Landwirtschaft sind Maßnahmen zu treffen, die sowohl eine Anpassung an den Klimawandel ermöglichen (Frage 2) als auch einen effektiven Beitrag zum Klima- (Frage 6) und zum Biodiversitätsschutz als Grundlage aller Ökosystemleistungen (Frage 12) leisten und dabei eine Versorgung mit gesunden Lebensmitteln ermöglichen (Frage 13). Wichtige Maßnahmen und Governance-Optionen (Fragen 5, 9 und 14) tragen zu mehr als einem dieser Ziele bei, sodass sie nachfolgend gemeinsam betrachtet werden:

Antworten zu

2. *Was sind die wichtigsten Maßnahmen im Ackerbau und in der Nutztierhaltung zur Anpassung an den Klimawandel? Wie sehen nachhaltige Bodenbewirtschaftung und Nutztierhaltung aus? Welche wissenschaftlichen Indikatoren können praktisch zur Messung eines einzelbetrieblich verantwortungsvollen Umgangs mit dem Boden bzw. in der Nutztierhaltung verwendet werden?* [keine Expertise zu Teil 2 und 3]
6. *Welche Reduktionsmöglichkeiten bei den Klimagasemissionen der Landwirtschaft gibt es? Welche Konzepte sind darüber hinaus geeignet, um Emissionen in der nordrhein-westfälischen Landwirtschaft zu reduzieren (z. B. Agroforstsysteme, Hybridlandwirtschaft etc.)?*
12. *Welchen Beitrag kann die Landespolitik leisten, Landnutzungskonkurrenzen zu überwinden? In welchem Umfang sind naturnahe Flächen wirtschaftlich nachhaltig nutzbar? Wie groß ist der Bedarf zum Schutz bzw. zur Renaturierung von Flächen?* [keine Expertise zur Quantifizierung für NRW]
13. *Welche Ansatzpunkte gibt es, dem hohen Flächenbedarf der tierischen Produktion, insbesondere für Futtermittel, von Nordrhein-Westfalen aus zu reduzieren? Inwiefern können alternative Proteinquellen dabei helfen und die höfische Kreislaufwirtschaft fördern?* [keine spezifische Expertise zu den Anbaupotentialen in NRW]
5. *Welche Rolle spielen klima- oder umweltschädliche Subventionen in der Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion in NRW und wie können diese sozialverträglich abgebaut werden?*
9. *Welche Effekte haben umweltpolitische Maßnahmen z. B. der GAP (u.a. Greening) auf Klima- und Ressourcenschutz und Biodiversität in NRW? Wie lässt sich deren Effektivität und Effizienz bewerten?*
14. *Was sind Nachhaltigkeitsstandards für „nachhaltige Ressourcennutzung“ in der Landwirtschaft? Inwiefern sind strengere Nachhaltigkeitsstandards in der Landwirtschaft aufgrund ihrer grundlegenden Bedeutung möglich und nötig?*

Angesichts der oben aufgezeigten Probleme sollten die bislang weitgehend monofunktional auf Produktion ausgerichteten Landwirtschaftssysteme in Richtung **ökologisch intensiver multifunktionaler Systeme** wie z. B. Agroforstwirtschaft transformiert und dabei **Menschen, agrarökologische Praktiken und die Erbringung von Ökosystemleistungen ins Zentrum** gestellt werden. Die umfassende Ökologisierung der Landwirtschaft in der EU, Deutschland und NRW sollte folgenden Grundsätzen folgen (vgl. WBGU 2020, Kap. 3.3.2.1):

- **Diversifizierung favorisieren:** Empfohlen wird eine Diversifizierung landwirtschaftlicher Produktionsmethoden: Sie ist bspw. durch eine erhöhte Anzahl an Kulturarten in Form räumlicher Mischung oder zeitlich aufeinanderfolgender Fruchtfolgen gekennzeichnet, die das Produktionsrisiko minimieren, die Anpassung an den Klimawandel verbessern, Ökosystemleistungen stärken, genetische Vielfalt bewahren, die Pflanzenproduktion mit der (gegenüber der aktuellen Situation reduzierten) Nutztierhaltung wiederverkoppeln und damit auch eine vielseitige Ernährung begünstigen.
- **Ökosystemleistungen erhalten und stärken:** Landwirtschaft ist maßgeblich auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen angewiesen, weil sie in großem Umfang u.a. Land und Wasser nutzt. Dies betrifft die Produktion von Agrargütern, die Bodenbildung, die Nährstoffkreisläufe, die Gewässerreinigung, Biodiversität, Kohlenstoffspeicherung, Landschaftsästhetik wie auch den Erosionsschutz. Landwirtschaft bzw. entsprechende finanzielle Anreize sollten auf die Erhaltung dieser Ökosystemleistungen ausgerichtet werden.
- **Ökologisch wertvolle Flächen erhalten sowie Integration von Schutz- und Nutzungsflächen stärken:** Ökologisch wertvolle genutzte Flächen, wie z. B. artenreiches (Dauer-)Grünland (Wätzold et al. 2020), sollten erhalten werden, einerseits durch Verhinderung des Umbruchs in Ackerland, andererseits durch fortgesetzte extensive Bewirtschaftung. Andere Flächen sollten der Nutzung entzogen oder weniger intensiv genutzt werden (z. B. Moore wieder vernässen, weitere Flächen renaturieren), um THG-Emissionen zu senken bzw. atmosphärischen Kohlenstoff zu binden und Biodiversität zu stärken. An Gewässern sollten dauerhafte Schutz- oder Brachestreifen angelegt und regionale Wildpflanzen gesät werden, die der Artenvielfalt, dem Biotopverbund, über den Aufbau von Nützlingspopulationen der ökologischen Schädlingsbekämpfung auf angrenzenden Agrarflächen und dem Gewässerschutz dienen (Wätzold et al. 2020). Der Flächenverbrauch für Siedlungen und Verkehr sollte weitgehend gestoppt werden.
- **Klima- und umweltschädliche Wirkungen unterbinden oder internalisieren:** Umwelteinflüsse der Landwirtschaft, wie z. B. der übermäßige Nährstoff- und Pestizideintrag in umliegende Ökosysteme und Grundwasser, THG-Emissionen aus der Düngerherstellung und -verwendung (Lachgas aus landwirtschaftlichen Böden), der Humusabbau aufgrund von Übernutzung sowie Erosion und Bodendegradation oder die Trockenlegung von Mooren, sollten unterbunden oder zumindest begrenzt und die hieraus resultierenden Kosten für die Bekämpfung des Klimawandels und des Biodiversitätsschutzes berücksichtigt und in Preisen abgebildet (internalisiert) werden.
- **Wissen, Daten und Technologien statt Mineraldünger und Pestizide:** Die Verringerung des (in der industriellen Landwirtschaft) hohen Einsatzes von fossilen Energieträgern, Mineraldüngern und chemisch-synthetischen Pestiziden kann Biodiversität erhalten und THG-Emissionen senken. Dies erfordert andere Methoden zur Sicherung oder Steigerung von Erträgen und andere Produktionssysteme. Der Einsatz von Wissen, z. B. zu biologischen, ökologischen und kulturtechnischen Maßnahmen, von Daten und (unter anderem digitalen) Technologien

(wie Drohnen, Präzisionslandwirtschaft, Biodünger, biologischem Pflanzenschutz) sowie erneuerbarer Energien und Kapital bietet Optionen und kann außerdem Arbeitsaufwand einsparen helfen.

- **Förderung einer kreislaufforientierten Landwirtschaft:** In einem zukunftsfähigen Landwirtschaftssystem sollten Dung und Pflanzenreste als wertvolle Ressourcen erkannt, Abfälle vermieden und Nährstoffe (inklusive Phosphor) recycelt werden. Um (Nährstoff-)Kreisläufe wieder schließen zu können, sollten die räumlich und teilweise soziokulturell entkoppelten Landwirtschaftssysteme neu verknüpft werden. Dafür ist unter anderem eine Reduktion der Tierbestände entsprechend der regional für Futtermittel und Gülle- und Mistausbringung zur Verfügung stehenden Flächen erforderlich.
- **Förderung der Klimaanpassung und Resilienz:** Die prognostizierten Ertragseinbrüche, z. B. durch erhöhte Niederschlagsvariabilität und Hitzestress im Zuge des Klimawandels, unterstreichen die Notwendigkeit resilienter diversifizierter Landwirtschaftssysteme. Auch das Auftreten von Pandemien (Covid-19), Tier- und Pflanzenkrankheiten und massenhaftem Schädlingsbefall verdeutlichen die wichtige Rolle der Resilienz in der Landwirtschaft und im Ernährungssystem insgesamt. Resilientere Systeme können z. B. geschaffen werden durch landwirtschaftliche Diversifizierung (siehe oben). Die Migrationsmöglichkeiten von Arten in der Landschaft sollten durch die Schaffung von Landschaftskorridoren und die Vermeidung großer monotoner Ackerflächen als Teil eines landschaftsplanerischen Gesamtkonzepts (Wätzold et al. 2020) verbessert werden. Außerdem ist eine Verkürzung und Entflechtung der Wertschöpfungsketten im internationalen Agrarhandel anzustreben.
- **Regional angepasste, partizipative und integrative Ansätze sowie verstärkte Beratung:** Landwirt*innen, Landwirtschafts- und Landschaftspflegeverbände sowie Umweltschutzorganisationen sollten in Forschung und Instrumentengestaltung einbezogen werden, um ihre Erfahrungen im Umwelt- und Naturschutz zu nutzen. So ließen sich praxistaugliche und lokal angepasste Innovationen für die Nachhaltigkeit implementieren und fördern, einschließlich der Gestaltungsmacht und des Empowerments der Menschen vor Ort.
- **Robuste und „lernende“ Politikinstrumente** ausprobieren und evaluieren: Robuste und lernende Politikinstrumente – rechtlich ggf. durch sog. Experimentierklauseln verankert – (Wätzold et al. 2020), sollten ausprobiert und in regelmäßigen Abständen (z. B. alle 2 Jahre) auf ihre Wirksamkeit hin evaluiert werden.

Es existiert eine **Vielzahl multifunktionaler landwirtschaftlicher Produktionssysteme**, die in eine Strategie zur Ökologisierung der Landwirtschaft eingebunden werden können. Durch sie können auch Landnutzungskonkurrenzen (Frage 12) in dem Sinne entschärft werden, dass sie jeweils zu mindestens zwei der vier Ziele Klimaschutz, Klimaanpassung, Biodiversitätserhaltung und Ernährungssicherung positiv beitragen (und zu keinem Ziel negativ). Beispiele sind Agrarökologie und klimasmarte Landwirtschaft als Metakonzepte, Agroforstwirtschaft, Agrophotovoltaik, Aquaponik, klimaschonende Bio- und Depotdünger, klimaschonender Ökolandbau, (boden-)konservierende

Landwirtschaft, ökologische Intensivierung, Anbau vergessener und unternutzter Kulturarten, Paludikultur (Landwirtschaft auf Moorböden), Permakultur als multifunktionales Gartenbausystem, nachhaltige Präzisionslandwirtschaft oder (peri-)urbane Landwirtschaft. Für eine Übersicht und Kurzbewertung siehe Tabelle in Anhang 1; für Details siehe WBGU (2020, Kap. 3.3.2.6).

Eine derartige Ökologisierung der Landwirtschaft erfordert eine erheblich **stärkere Integration von Agrar- und Umweltpolitik sowie der entsprechenden Instrumente (z. B. finanzielle Anreize, Ordnungsrecht oder Landschaftsplanung)**. Hier sollen fünf für die Landesebene wichtige Umsetzungsinstrumente hervorgehoben werden:

1. die nationale Umsetzung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU als zentrales finanzielles Anreizsystem, die von den Bundesländern mit ausgestaltet werden kann;
2. Schaffung eines Rechtsrahmens für Landwirtschaft, z. B. durch Novellierung des Landwirtschaftsgesetzes, der Agrar- und Umweltrecht besser verzahnt und Anforderungen konkretisiert, um so Vollzugsdefizite zu vermeiden;
3. Anreize oder Vorgaben für einen stärkeren Flächenbezug der Viehhaltung;
4. eine angepasste Raum- und Landschaftsplanung;
5. Nachhaltigkeitsstandards für alle biogenen Produkte und partnerschaftliche Anwendung auch auf Importe.

Für eine erfolgreiche Transformation des Umgangs mit Land sind weitere Maßnahmen erforderlich (WBGU 2020), die ihren Schwerpunkt eher auf Bundes-, EU- oder internationaler Ebene haben: z. B. adäquate CO₂-Preise für THG-Emissionen der Düngemittel- und Pestizidproduktion, die Energienutzung in der Landwirtschaft, Nahrungs- und Futtermittelindustrie oder der Erlass von umfassend anzuwendenden Nachhaltigkeitsstandards für alle international gehandelten biogenen Produkte in der Handelspolitik.

2.1 Landesspielräume bei der Ausgestaltung der „Grünen Architektur“ der GAP im deutschen Strategieplan für umfassende Ökologisierung der Landwirtschaft nutzen

Die Landwirtschaft in NRW und Deutschland wird maßgeblich durch das Subventionssystem der GAP geprägt (die folgende Darstellung beruht auf WBGU 2020, Kap. 3.3). Flächenbezogenen Direktzahlungen machen den Großteil der Subventionen aus (1. Säule), sind aber bisher nur an schwache ökologische Bedingungen geknüpft („Greening“; EU-Kommission 2020a): Anbaudiversifizierung (z. B. sind bei mehr als 30 ha Ackerland drei Kulturpflanzen mit bestimmten Flächenanteilen anzubauen); Erhaltung von Dauergrünland, das nicht in Ackerland umgewandelt werden darf; und ökologische Vorrangflächen (mit Bäumen, Hecken oder Brachen) mit einem Flächenanteil von mindestens 5 % bei Betrieben mit mehr als 15 ha Ackerfläche. Darüber hinaus werden in der 2. Säule freiwillige Maßnahmen zur Entwicklung ländlicher Räume und Agrarumwelt- und Klimaschutzmaßnahmen gefördert. Von den flächenbezogenen Zahlungen der GAP profitieren aktuell vor allem große landwirtschaftliche Betriebe (europaweit erhalten 1,8 % der Empfänger 32 % der Direktzahlungen, insgesamt rund 40 Mrd. €; Pe'er et al. 2019). Kleinere Betriebe und solche mit einem hohen Anteil

zugepachteter Flächen profitieren weniger. Umweltwirkungen wurden in der Vergangenheit v.a. durch Maßnahmen der 2. Säule erzielt, allerdings nur in kleinem Umfang, während die Greening-Maßnahmen kaum Veränderungen und damit keinen ökologischen Nutzen bewirkt haben (EuRH 2017; Pe'er et al. 2017). V.a. wurden durch letztere mehr Zwischenfrüchte und Leguminosen angebaut und dadurch die Bodenfruchtbarkeit durch Leguminosenanbau etwas gefördert, die grundlegenden ökologischen Defizite der Kulturlandschaft wurden allerdings nicht behoben (Hampicke 2018). Konkrete Ziele für die Bewertung der Greening-Maßnahmen fehlen (EuRH 2017): Viele Landwirte müssen ihre Praktiken nicht ändern, um die Greening-Zahlungen zu erhalten, die dadurch primär als Einkommensstütze dienen, aber die Komplexität der GAP erhöhten. Seit 2017 können Regierungen der Mitgliedstaaten bei Verstößen gegen Umweltauflagen zusätzlich zur Subventionskürzung auch verwaltungsrechtliche Sanktionen verhängen. Wie auch bei der Düngeverordnung bleiben allerdings erhebliche Vollzugsdefizite bei der Durchsetzung (WBGU 2020, S. 127). Um eine nachhaltige Landwirtschaft in der EU zu erreichen, wäre daher eine grundsätzliche Neuausrichtung der GAP notwendig (z. B. Pe'er et al. 2020; Leopoldina et al. 2020; WBAE 2018).

Die Verhandlungen zur GAP für die Jahre 2021–2027 sind auf EU-Ebene noch nicht abgeschlossen. Allerdings haben EU-Kommission, der Ministerrat und das Europäische Parlament jeweils Vorschläge vorgelegt, die sich in ihren Grundzügen ähneln und über die aktuell im Trilog verhandelt wird. Eine grundlegende ökologische Neuausrichtung der GAP wird vermutlich ausbleiben, da die flächenbezogenen Direktzahlungen der 1.Säule im Grundsatz erhalten bleiben sollen. Allerdings sind drei Instrumente („Grüne Architektur“) vorgesehen, bei deren Ausgestaltung im Rahmen nationaler Strategiepläne die Mitgliedstaaten (bzw. Bund und Länder) erheblich mehr Spielraum als in der letzten Förderperiode haben: In der 1. Säule bei den Minimalbedingungen, an die die Direktzahlungen geknüpft sind (Konditionalität) und freiwilligen Eco-Schemes sowie in der 2. Säule bei freiwilligen Agrarumweltschutz- und Klimaschutzmaßnahmen.

Diese Spielräume sollten soweit wie möglich im Sinne einer Ökologisierung der Landwirtschaft genutzt werden. Z. B. sollte die Konditionalität, die Mindestumweltstandards in die Fläche trägt, deutlich verschärft werden (über die bisher im Greening enthaltenen Standards hinaus); als Eco-Schemes sollten statt „lichtgrüner“ Maßnahmen, die auch ohne Subventionen durchgeführt würden (z. B. der Anbau von Raps als Fruchtfolgeglied beim bisherigen, kaum wirksamen „Greening“) nun „dunkelgrüne“ Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen gefördert werden, mit denen direkte Effekte bei der Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt erreicht werden können (z. B. Förderung artenreichen Grünlands über späte Mahd oder Beweidung; WBGU 2020). Dunkelgrüne Maßnahmen sollten trotz des höheren Verwaltungsaufwands weiterentwickelt werden, da sie meist effektiver die Biodiversität fördern (Lakner 2020; Armsworth et al. 2012). Weiterhin sollte Partizipationsmöglichkeiten in der neuen GAP bzw. der nationalen Umsetzung verankert und Aus- und Weiterbildung gefördert werden (WBGU 2020, Kap. 3.3.3.1).

Das BMU hat jüngst detaillierte Vorschläge zur Ausgestaltung der Grünen Architektur vorgelegt (BMU 2021), die den obigen Grundsätzen schon z.T. entsprechen und insgesamt zu begrüßen sind.

Auch die Konferenz der Umweltminister*innen der Länder haben ein Positionspapier entworfen, das zwar bisher nur in Auszügen öffentlich ist, aber in eine ähnliche Richtung zu gehen scheint.

Für die nächste Förderperiode schlägt der WBGU (2020) vor, die GAP in eine Gemeinsame Ökosystempolitik (GÖP) aufgehen zu lassen, die die Erbringung öffentlicher Güter wie Ökosystemleistungen vergütet und nach einem durchgängigen Konzept Mittel bereitstellt für eine nachhaltige Land- und Forstwirtschaft, zum Auf- und Ausbau von Schutzgebietssystemen, zur Renaturierung von Ökosystemen und ggf. zum Ausbau weiterer landbasierter Ansätze der CO₂-Entfernung.

2.2 Rechtsrahmen für Landwirtschaft stärken: auf bessere Verzahnung von Agrar- und Umweltrecht auf Bundesebene hinwirken, Vollzugsdefizite auch in NRW beseitigen

Das LANUV NRW kommt mit Blick auf den FFH-Bericht 2019 für NRW zu dem Schluss, dass „die Erhaltungsbedingungen für fast alle Lebensraumtypen und Arten [...] sehr stark von den Rahmenbedingungen der Landnutzung abhängig [sind]. Vor allem Auswirkungen von Nährstoffeinträgen und Beeinträchtigungen des Wasserhaushaltes sind durch Naturschutzmaßnahmen nur unzureichend zu verbessern. **Regelungen, Förderprogramme und Konzepte anderer Politikbereiche mit direkten und indirekten Auswirkungen auf die FFH-Schutzgüter** müssen daher weiter optimiert beziehungsweise konsequent umgesetzt werden“ (Schlüter et al. 2019, S. 17).

Für die Landwirtschaft in Deutschland gibt es **bisher keinen Rechtsrahmen, der die zentrale Rolle der Landwirtschaft bei der Erhaltung intakter Ökosysteme und ihrer Leistungen für den Menschen ausreichend berücksichtigt**. Das Landwirtschaftsgesetz von 1955 stellt Ernährungssicherung und die „soziale Lage“ der in der Landwirtschaft Beschäftigten in den Mittelpunkt. Die Biodiversität wird durch die EU-FFH- und das EU-Artenschutzrecht sowie das Naturschutz-, Boden-, Dünge- und Pflanzenschutzrecht geschützt. Die **Landwirtschaft wird aber v.a. beim Naturschutz- und Bodenrecht privilegiert**, wenn die Grundsätze der guten fachlichen Praxis eingehalten werden. Hier fehlt es an einer hinreichenden Konkretisierung der Pflichten, die somit für landwirtschaftliche Betriebe in der Praxis schwer zu befolgen sind. Außerdem „bestehen **Vollzugsdefizite**, d.h., ihre Einhaltung wird durch die zuständigen Aufsichtsbehörden zu wenig kontrolliert und Verstöße werden selten bzw. nicht ausreichend streng sanktioniert“ (Leopoldina et al. 2020, S. 42, eigene Hervorhebung). Eine Neuregelung sollte allerdings auf Bundesebene erfolgen, um gleichwertige Lebensverhältnisse zu gewährleisten und die Rechts- oder Wirtschaftseinheit zu wahren. NRW sollte sich daher zum einen **auf Bundesebene für eine Novellierung des Landwirtschaftsgesetzes einsetzen**, um Umwelt- und Naturschutz durch konkrete und kontrollierbare Standards im Agrarrecht zu stärken, sich für eine umweltschutzbezogene Betreiberpflicht für landwirtschaftliche Betriebe einsetzen und den Einsatz von Pestiziden und Düngern in Schutzgebieten und ihrer Umgebung durch Pufferzonen einschränken (Leopoldina et al. 2020, S. 51 f.). Ein positives Beispiel für eine agrarrechtliche Vorschrift mit Naturschutzcharakter findet sich im aktuellen Entwurf des Insektenschutzgesetzes, der vorsieht, einen neuen § 30a BNatSchG-E einzufügen, um das Ausbringen von Biozidprodukten z. B. in Naturschutzgebieten zu verbieten (DFG 2020, S. 7).

Ein solches Landwirtschaftsgesetz könnte die Förderinstrumenten der nächsten GAP-Periode (bzw. einer mittelfristigen, grundlegenden Überarbeitung der GAP hin zur Entlohnung von Ökosystemleistungen, siehe oben) – vor allem auch durch ordnungsrechtliche Maßnahmen – ergänzen und bis zu einer ökologisch ausgestalteten GAP überbrücken.

Neben Förderinstrumente könnten auch Lenkungsabgaben treten. Beispielsweise könnte der Eintrag von **Pestiziden** in die umliegenden Ökosysteme durch eine **gestaffelte Lenkungsabgabe** in Abhängigkeit von der Toxizität und Umwelteigenschaften nach dem Vorbild von Dänemark oder Frankreich reduziert werden (Finger et al. 2017).

Unabhängig von der Schaffung eines solchen Rechtsrahmens sollten **Vollzugsdefizite bei bestehenden Regelungen** z. B. im Boden- und Naturschutzrecht gegenüber der Landwirtschaft beseitigt werden. Neben einer Konkretisierung der „guten fachlichen Praxis“, die bessere Kontrollmöglichkeiten schaffen würde, und ausgeweiteten und verschärften Sanktionierungen v.a. auf Bundesebene beinhaltet dies einen **Ausbau der behördlichen Kontrollkapazitäten** (Leopoldina et al. 2020) auch in NRW.

2.3 Viehbesatzdichte durch Anreize oder Ordnungsrecht standortgerecht reduzieren

Viehbesatzdichte sollten durch Anreize oder Ordnungsrecht standortgerecht reduziert werden. Dies könnte beispielsweise durch die **Bindung aller Fördermittel an entsprechende Obergrenzen** für den flächenbezogenen Viehbestand erfolgen, oder durch ordnungsrechtliche Vorgaben (siehe oben). Weitere Maßnahmen zur Reduktion der Viehbestände betreffen die Nachfrageseite, insbesondere einen Ernährungsstilwandel (Abschnitt 3).

2.4 Ökologisierung der Landwirtschaft in integrierte Landschaftsplanung einbetten

Die schrittweise Ökologisierung der Landwirtschaft entsprechend der obigen Grundsätze ist anspruchsvoll. Sie erfordert etwa, dass die Ansprüche der verschiedenen Landnutzungen und Schutzanforderungen in einem gemeinsamen Gestaltungsprozess an die lokalen Verhältnisse angepasst zusammengeführt werden. In Deutschland kann dies durch Planungsinstrumente wie die überfachlich und überörtlich ausgerichtete Raumordnung rechtlich und planerisch umgesetzt werden. Dabei sollte v.a. die „Möglichkeit zur Planung und Ausweisung multifunktionaler Flächennutzungen durch das Planungsrecht als Leitbild und -konzept in nationales Planungs- bzw. Raumordnungsrecht und Planungsaktivitäten integriert werden“ (WBGU 2020, S. 8).

Raum- und Landschaftsplanung können die Erhaltung von Biodiversität und Ökosystemleistungen in der Kulturlandschaft fördern. Dies kann z. B. durch Strukturelemente (Hecken, Feldgehölze, Standgewässer usw.), die auch die Konkretisierung und Ausweisung von Flächen für Agrarumweltmaßnahmen erleichtern (z. B. erosionsgefährdete Hänge, austragsgefährdete Flächen; von Haaren et al. 2019) geschehen. Positivbeispiele hierfür sind regionale Landschaftsentwicklungskonzepte sowie das Arten- und Biotopschutzprogramm für Landkreise. Konzepte für Agrarlandschaften können Erfahrungen mit den naturschutzfachlichen Landschaftsplänen nutzen. Sie sollten dabei aber

„für Agrarlandschaften und über Zeigerarten hinaus auf die Vielfalt insgesamt erweitert werden und gleichzeitig landwirtschaftliche Belange berücksichtigen.“ (Leopoldina et al. 2020, S.53)

Grundsätzlich sollten die Schutzinteressen der Landschaftsplanung im Rahmen der Raumplanung höhere Bedeutung erlangen: „Eine integrative Gestaltung der Raumplanung im Sinne des integrierten Landschaftsansatzes setzt voraus, dass etwa Biodiversitätserhaltung, Klimawirkungen und anderen Ökosystemfunktionen ein höheres Gewicht in der Gesamtabwägung zukommt (Abwägungsdirektiven). Wirkungen von Flächenausweisungen etwa für den globalen Klimaschutz sollten zwingend zu berücksichtigen sein und die Raumordnung an Klimaschutzziele gebunden sein. Hier ist denkbar, dass dieser Ansatz mit Bindungswirkungen für die Planungsträger ausgestaltet wird. Die Multifunktionalität von Flächen selbst könnte [auch] in die Ausweisung von Gewerbe- und Industriegebieten integriert werden, indem sie an die Bereitstellung von Ausgleichsflächen gekoppelt wird, deren Nutzung oder Schutz [Landnutzungskonflikten] entgegenwirken. Außerdem sollte die Landschaftsplanung eine stärkere Bindungswirkung auch für die überfachliche, nicht sektorbezogene Raumordnung (z. B. auf kommunaler Ebene) entfalten und nicht nur als Informationsgrundlage dienen. Ähnlich wie es z. B. in der Landesförderung (mit EU-Kofinanzierung) für Regionen obligatorisch ist, einen regionalen Struktur- und Entwicklungsplan vorzulegen, sollten regionale Akteurskonsortien für bestimmte Förderschienen die Auflage erhalten, selbst das regional angepasste Konzept eines integrierten Landschaftsansatzes zu erarbeiten und vorzulegen. Jener Ansatz kann dann als Rahmen und Leitlinie für Entwicklungsmaßnahmen genutzt werden.“ (WBGU 2020, S. 273; siehe auch Kap. 4.2.3)

2.5 Nachhaltigkeitsstandards für alle biogenen Produkte entwickeln und in internationalen Kooperationsgemeinschaften auch für importierte Produkte anwenden

(Dieser Punkt ist mit den obigen Handlungsempfehlungen verbunden, adressiert aber insbesondere auch die Fragen 13 und 14.)

Die oben beschriebenen ökologischen Mindeststandards der GAP sind noch nicht hinreichend auf Nachhaltigkeit ausgerichtet. Entsprechende Ausgestaltungen durch den Bund und die Bundesländer werden Zeit erfordern. Nordrhein-Westfalen könnte daher ein Set an **ambitionierten Nachhaltigkeitsstandards für Land- und Forstwirtschaft bzw. biogene Produkte insgesamt** entwickeln. Diese könnten eine Richtschnur bieten, deren verbindlicher Geltungsbereich sukzessive ausgedehnt (z. B. durch die zu konkretisierenden GAP-Maßnahmen und Anreize) und stetig weiterentwickelt werden kann.

Solche Standards sollten **auch im Handel mit biogenen Produkten** eingeführt werden: Der nordrhein-westfälische Agrar- und Lebensmittelsektor hat hohes Gewicht in Deutschland, der EU und global als Exporteur und auch als Importeur von Rohstoffen und Vorprodukten Er trägt daher eine Mitverantwortung dafür, dass Umweltschäden nicht ins Ausland verlagert werden und ist mitverantwortlich für eine nachhaltige Land- und Forstwirtschaft bzw. einen nachhaltigen Umgang mit Land weltweit (siehe Abschnitt 1). Zugleich konkurrieren Produkte aus NRW z. T. mit Produkten aus EU- und nicht-EU-Ländern, in denen andere, häufig noch geringere Nachhaltigkeitsstandards gelten

(bzw. durchgesetzt werden). Wenn Nachhaltigkeitsstandards in NRW verschärft und gleichzeitig Subventionen wie die GAP konsequent auf die Honorierung öffentlicher Güter (wie Umwelt- und Klimaschutz) ausgerichtet werden, könnte dies Wettbewerbsnachteile und damit Einkommenseinbußen für Landwirte potenziell ausgleichen. Allerdings sollte einer weiteren internationalen Verlagerung von Umweltwirkungen und THG-Emissionen entgegengewirkt werden.

Hierfür wäre die Anwendung einheitlicher, strenger Nachhaltigkeitsstandards auf die eigene Produktion und auf importierte Produkte effektiv. Allerdings ist ein hohes Ambitionsniveau der deutschen und europäischen Standards politisch wohl kaum durchsetzbar, ihre Anwendung auf alle Importe langwierig und außerhalb der Kontrolle NRWs.

Diese Lücke könnte teilweise gefüllt werden durch **Partnerschaften zwischen Nordrhein-Westfalen und wichtigen Exportregionen in- und außerhalb der EU** unter Einbindung von Verbänden, Unternehmen, Wissenschaft und Zivilgesellschaft (insbes. im Umweltschutz). Gegenstand solcher internationaler Kooperationsgemeinschaften (WBGU 2020, Kap. 4.5) könnte z. B. die Einhaltung obiger Nachhaltigkeitsstandards im Gegenzug für administrative Erleichterungen, die Finanzierung von Umwelt- und Klimaschutzprogrammen und ein gemeinsames Nachhaltigkeitslabel sein.

Ein solches **gemeinsames Nachhaltigkeitslabel** könnte neben regionalen Erzeugnissen aus NRW auch Produkten verliehen werden, deren Lieferkette sich auch auf Partnerregionen mit vergleichbaren Nachhaltigkeitsstandards erstreckt (und mit einem möglichen Verbraucherlabel zur gesunden und nachhaltigen Ernährung verbunden werden, siehe Abschnitt 4). Die Vereinbarung und Anwendung der Standards möglichst auf Ebene (sub-)staatlicher Akteure, nicht nur für einzelne Produkte oder Lieferanten, ist zur Vermeidung von Verlagerungseffekten zwischen Flächen, Herstellern und Produkten wichtig (WBGU 2020, Kap. 4.2.5).

3 Nachfrageseite: Ernährung

Antwort zu

- 13. Welche Ansatzpunkte gibt es, dem hohen Flächenbedarf der tierischen Produktion, insbesondere für Futtermittel, von Nordrhein-Westfalen aus zu reduzieren? Inwiefern können alternative Proteinquellen dabei helfen und die höfische Kreislaufwirtschaft fördern?*

Die Produktion von Futtermitteln hat einen hohen Flächenbedarf, der insbesondere zur Deckung des Eiweißbedarfs durch den Import von Soja, aber auch von Raps, im nichteuropäischen Ausland entsteht (Abschnitt 1; BLE 2020; Deutscher Bundestag 2020). Zur Verringerung der Abhängigkeit von diesen Importen gibt es seit 2012 eine Eiweißpflanzenstrategie auf Bundesebene, die den Anbau heimischer Eiweißpflanzen wie z. B. Lupine und Ackerbohne fördern soll, ähnliche Ansätze werden auch von der EU verfolgt (BLE 2020). Doch auch eine weitgehende Substitution importierter eiweißhaltiger Futtermittel durch eigene Produktion (die derzeit noch nicht absehbar ist) ändert nichts am grundsätzlich hohen und ineffizienten Flächenverbrauch einer tierischen Ernährung:

Während für die Tierhaltung weltweit ca. 70 % der Acker- und Graslandflächen genutzt werden, lieferte sie nur 18 % der durch Menschen verbrauchten Kalorien und 37 % des Eiweißes. Die Verlustrate bei der Umwandlung von Eiweißen in Futtermitteln in tierisches Eiweiß beträgt durchschnittlich 82 % (Alexander et al. 2017). In Deutschland werden schon heute auf rund 60 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche Futtermittel angebaut und nur auf 22 % pflanzliche Nahrungsmittel.

Daher ist der wichtigste Ansatz zur Verringerung des Flächenbedarfs der Ernährung das Setzen von Impulsen zur Veränderung von Ernährungsstilen hin zu einem reduzierten Konsum tierischer Produkte. Die EAT-Lancet-Kommission beschreibt bspw. mit der „Planetary Health Diet“ (Willett et al. 2019) eine gesunde Referenzkost, die die Weltbevölkerung innerhalb planetarischer Leitplanken ernähren könnte. Ihre wichtigsten Bestandteile sind v.a. Vollkorngetreide, Hülsenfrüchte, Gemüse, Früchte, Nüsse und ungesättigte Öle. Dazu kommen in geringen bis mittleren Mengen Fisch und Geflügel, allerdings keine oder nur geringe Mengen an rotem oder verarbeitetem Fleisch, zugesetztem Zucker, raffiniertem Getreide und stärkehaltigem Gemüse. Dazu gehört eine konsequente Veränderung der Rahmenbedingungen, nachhaltigkeitsorientierte Normsetzung und Schaffung entsprechender Anreize für die Wirtschaft und Konsument*innen. Hierzu bietet sich z. B. an (aus WBGU 2020, Kap. 3.4.5):

3.1 Nachhaltige Ernährung durch mit der Planetary Health Diet (PHD) konforme Leitlinien konsequent zur Norm erheben

- Verankerung von Nachhaltigkeit in Ernährungsleitlinien.
- PHD-konformes Speisenangebot in öffentlichen Gemeinschaftsverpflegungen.
- Gebot der nachhaltigen Beschaffung im Bereich der öffentlich geförderten Beköstigung durchsetzen.

3.2 Trends zu tierproduktarmer Ernährung unterstützen und Ernährungsbiografien nachhaltig prägen

Die vielfältigen Initiativen, die sich nachhaltige Ernährung zum Ziel gesetzt haben, sollten sichtbar gemacht und unterstützt werden (z. B. Urban Gardening, Lebensmittelkooperativen). Ernährungsbiografien sollten frühzeitig nachhaltig geprägt werden (z. B. in öffentlichen Kindergärten und Schulen), um den bereits stattfindenden gesellschaftlichen Wertewandel weiter zu stützen.

3.3 Konsument*innen darin unterstützen, nachhaltige Ernährungsstile zu praktizieren

Es sollte die Entwicklung eines konsument*innengerechten Informationssystems zur Kennzeichnung von Umweltexternalitäten gefördert werden.

Es sollte ein Zertifikat „Nachhaltiges Lebensmittelangebot“ für den Einzelhandel (= Angebot entspricht den Grundlagen der PHD) entwickelt werden, um NRW-spezifische, regionale Produkte und damit regionale Kreisläufe zu stärken, und es im Zusammenhang mit internationalen Partnerschaften für nachhaltige Importe zu verwenden (siehe Abschnitt 2.5).

Flankiert werden könnten diese Maßnahmen durch Impulse des Bundes, z. B. zur Einpreisung von Umweltkosten im Lebensmittelsektor (WBGU 2020, Kap. 3.4.5), die auch NRW umsetzen sollte.

Weitere Potenziale bietet die Vermeidung von Lebensmittelverschwendung, auf die hier nicht eingegangen werden kann. Auch einige der in Abschnitt 1 genannten Maßnahmen zur Ökologisierung der Landwirtschaft, z. B. zur Reduktion der Viehbesatzdichte (Flächenbindung der Tierhaltung) beeinflussen Angebot und Preise tierischer Produkte und haben einen indirekten Effekt auf Ernährungsstile (sowie auf die Wertschätzung tierischer Produkte und damit auf Lebensmittelverschwendung).

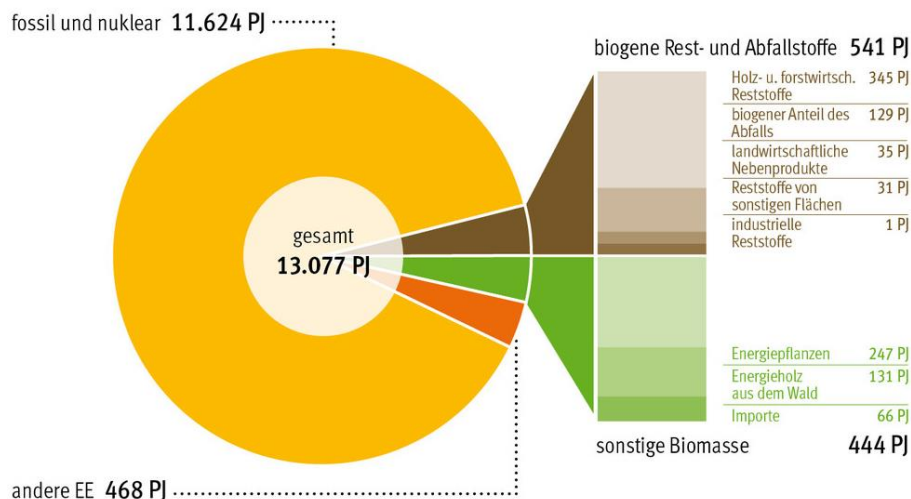
4 Nachfrageseite: Biomasse als Ressource – verantwortungsvolle stoffliche und energetische Nutzungen

Antworten zu

3. *Wie nachhaltig und klimaschützend ist die in NRW bestehende landwirtschaftliche erneuerbare Energieproduktion?*
10. *Welches Potenzial haben Wirtschaftswälder für den Klimaschutz?
Welche Maßnahmen können kurz- und langfristig getroffen werden, um die Wälder auf die zukünftigen Herausforderungen vorzubereiten? [Nicht beantwortet.]
Ist es sinnvoll die Land- und Forstwirtschaft in den CO2-Zertifikatehandel einzubinden? Welche Herausforderungen bestehen?*

Die Nachhaltigkeit der energetischen Biomassenutzung für Wärme, Strom oder Kraftstoffe **lässt sich weder pauschal für alle Quellen und Formen der Bioenergie noch isoliert vom landwirtschaftlichen Produktionssystem bzw. dem Ernährungs- und Rohstoffsystem bewerten**, da es vielfältige Substitutions- und Verlagerungsmöglichkeiten bei Biomasseproduktion und deren Nutzung gibt. Zum Teil werden Abfall- und Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft sowie biogene Siedlungs- und Industrieabfälle zur Produktion von Energie und Kraftstoffen verwendet (Abb. 2), wie z. B. Gülle zur Biogaserzeugung. Hierbei sollte aber nicht übersehen werden, dass eine nachhaltige Landwirtschaft, die Ökosysteme intakt erhält, z.T. weniger dieser Stoffe produzieren und/oder sie in Kreisläufen z.T. anderweitig nutzen würde (es also keine Abfälle wären).

Darüber hinaus werden nach wie vor große Mengen Anbaubiomasse energetisch verwendet (Abb. 2): 2018 belegten sie 2,43 Mio. ha oder 14,6 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Deutschland. Hinzu kommt die energetische Nutzung von rund 50 % der Holzrohstoffe (26 % des Waldholzes; FNR 2020). Bei Mais für die Biogas- oder Raps für die Biokraftstofferzeugung (5,9 % bzw. 3,5 % der Agrarfläche; FNR 2020) können die Gär- bzw. Pressreste als Dünger bzw. Tierfutter eingesetzt werden, was die Wirtschaftlichkeit erhöht. Letzteres wäre in einer ökologisierten Landwirtschaft ggf. ebenfalls nur in geringerem Maßstab möglich. Wichtiger ist jedoch, dass die heute für Bioenergie- und Futtermittelproduktion genutzten Flächen auch zur Produktion pflanzlicher Nahrungsmittel genutzt werden könnten. In Kombination mit einem Wandel hin zu weniger tierproduktlastigen Ernährungsstilen (Abschnitt 3) kann dies den weltweiten Flächenbedarf des deutschen Konsums (Abschnitt 1) reduzieren und damit zu mehr Nachhaltigkeit weltweit beitragen.



Quelle: FNR nach AFC, AGEb, DBFZ, KTBL, Mantau (2015)

© FNR 2015

Abbildung 2: Primärenergieverbrauch und Bioenergie 2014 in Deutschland; Quelle: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2015.

Dazu kommt, dass die Nutzung von Bioenergie und Biokraftstoffen aktuell überwiegend in Bereichen erfolgt, in denen sie zwar emissionsintensive fossile Energieträger ersetzt, aber bessere Alternativen zur Emissionsminderung bereitstünden. Aufgrund der akuten Krise der Biodiversität weltweit, der Klimakrise, des Ernährungsbedarfs und der daraus resultierenden Knappheit nachhaltig produzierbarer Biomasse sollten **Nutzungen, für die es klimafreundlichere technische Alternativen gibt, vermieden werden** (nach WBGU 2020, Kap. 3.5): Dies trifft auf die meisten energetischen (und einige industrielle) Anwendungen zu, in denen **vor der Biomassenutzung erst andere Optionen ausgeschöpft** werden sollten. Hier kommt v.a. die Senkung der Energienachfrage (Energieeffizienz, Gebäudedämmung, Mobilitätsverhalten; IPCC 2014, 2018; Grubler et al. 2018) in Betracht. Zur Stromerzeugung sind Windkraft und Photovoltaik (PV) mittlerweile sehr günstig. Die PV ist in Deutschland bis zu vierzigfach flächeneffizienter als Bioenergie (Fraunhofer ISE 2020). Sie kann auch in Kombination mit Ackerbau eingesetzt werden (Agrophotovoltaik, siehe Anhang 1; Fraunhofer ISE 2020). Wärme kann durch Solar- und Geothermie und strombasiert bereitgestellt werden, inkl. Wärmepumpen und mit Strom erzeugtem Wasserstoff oder ggf. Methan (Götz et al. 2016). Auch die Nutzung von Holzrohstoffen sollte hier unbedingt verringert werden. Im landgebundenen Transport sollten die Verlagerungen auf effizientere Verkehrsträger und weitgehende Elektrifizierung Vorrang haben gegenüber der Verwendung von Biokraftstoffen (SRU 2017, Kap. 4; Connolly et al. 2014; Kreyenberg et al. 2015). In manchen Anwendungen ist eine Elektrifizierung aufgrund der erforderlichen Energiedichte noch nicht möglich oder effizient, z. B. in der Luft- und Schifffahrt. Hier können Energieträger wie Wasserstoff oder synthetische Kraftstoffe eingesetzt werden. Ein schwankendes Stromangebot aus Wind und PV kann perspektivisch vermehrt durch Batterien oder Wasserstoff bzw. Power-to-X-Technologien ausgeglichen werden.

In letzteren Fällen – also **wo Energieträger mit hoher Energiedichte unentbehrlich sind, oder als flexible Energiequelle benötigt werden** – kann der Einsatz von Bioenergie als Brückentechnologie

zwar sinnvoll sein (Reid et al. 2020; Bogdanov et al. 2019). Dies sollte **aber verantwortungsvoll und nachhaltig, v.a. auf Basis von Abfall- und Reststoffen** (acatech et al. 2019) und **von Biomassenutzungskaskaden** geschehen. Diese Bedingungen **sind derzeit häufig nicht erfüllt**.

In Kombination mit Carbon Capture and Storage (CCS) kann Bioenergie dann ggf. auch einen Beitrag zur Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre leisten. Dies würde einen weiteren von mehreren Ansätzen zur Schaffung neuer Senken darstellen. Realistische, nachhaltig mit Biodiversitäts- und Ernährungssicherung vereinbare Bioenergie-CCS-Potenziale liegen aber deutlich unterhalb dessen, was in manchen Szenarien mit weiter wachsendem Energie- bzw. Ressourcenverbrauch nötig wäre (IPCC 2018: Szenarien P3, P4; Roe et al. 2019). Sie sollten daher bzgl. der Gesamtwirkungen weiter erforscht und im Sinne eines Risikomanagements begleitet werden, nicht aber im Zentrum von Klimaschutzstrategien stehen.

Zu Frage 10, Teil 1: Welches Potenzial haben Wirtschaftswälder für den Klimaschutz?

Dies ist analog zu Frage 3 zu beantworten: Auch Wirtschaftswälder bzw. Holzrohstoffe sollten so genutzt werden, dass sich durch Substitution anderer Materialien und langfristige Bindung des in Holz enthaltenen Kohlenstoffs (für die es nicht viele andere Möglichkeiten gibt) ein möglichst großer Nutzen für den Klimaschutz ergibt. Energetische Nutzungen sollten erst am Ende einer möglichst langen stofflichen Nutzungskaskade stehen. Die sinnvollste Verwendung von Holz ist aus Klimaschutzsicht daher der Einsatz im Bausektor (WBGU 2020, Kap. 3.5.3). Dadurch können nicht nur sehr emissionsintensive Materialien (u.a. Beton und Stahl) in großen Mengen ersetzt, sondern auch Kohlenstoff für sehr lange Zeiträume gespeichert werden. Allerdings sollte grundsätzlich die Nachhaltigkeit der Forstwirtschaft verbessert und auch für importiertes Holz abgesichert werden: Lebensraum- und Biodiversitätserhaltung in Wäldern sollten hoch priorisiert und die durch Forstwirtschaft entstehenden Emissionen (inkl. solcher aus Böden) sowie die Speicherleistungen von Forsten und intakten Wäldern berücksichtigt werden (Hennenberg 2019; Lewis et al. 2019). Als übergeordnete Maßnahmen zur nachhaltigen Nutzung biogener Ressourcen eignen sich beispielsweise:

4.1 Quantifizierte Ressourcenverbrauchsziele setzen

Ein übergeordnetes Ziel für Programme zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs insgesamt, und des Biomasse- und damit assoziierten Flächen- und Umweltverbrauchs im Speziellen (Abb. 1), könnte festgesetzt werden. Hierzu könnte NRW sich **quantifizierte Ziele für den Gesamtressourcen- und darin enthaltenen Biomasseverbrauch und dessen schrittweise Reduktion** setzen. Zwischenziel könnte sein, dass die in NRW unter Berücksichtigung des Handels verbrauchte Biomasse die in NRW produzierte Biomasse nicht länger übersteigt (oder analog für die zur Produktion benötigten bzw. zur Verfügung stehenden Flächen).

4.2 Nachhaltigkeitsstandards für biogene Ressourcen stärken

Die Ambition und Umsetzung verpflichtender Nachhaltigkeitsstandards sollte durch Fördermaßnahmen, Kampagnen und die Vorbildwirkung der öffentlichen Hand (als großer Verbraucher sowie Land- und Waldbesitzer) gestärkt werden. Solche Nachhaltigkeitsstandards lassen sich bspw. schon heute in der EU-Holzhandelsverordnung Nr. 995/2010 (in Deutschland flankiert durch das Holzhandelssicherungsgesetz) und in der Nutzung möglichst strenger freiwilliger Standards, z. B. von FSC-zertifiziertem Holz finden. Vergleiche auch die Empfehlungen in Abschnitt 2.

Insbesondere nachhaltiges Bauen und Sanieren mit Holz kann z. B. durch folgende Maßnahmen gefördert werden (WBGU 2020, Kap 3.5):

4.3 Strategie für nachhaltiges Bauen mit Holz entwickeln

- Eine ambitionierte Strategie entwickeln für die großskalige Umsetzung nachhaltiger (Holz-)Bauweisen, gekoppelt an nachhaltige, möglichst regionale Roh- und Baustoffversorgung. Dabei sind Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft einzubinden.
- Öffentliches Bauen mit nachhaltigkeitszertifiziertem Holz zum Standard machen.
- Bauträger, wo immer möglich, an den Umweltkosten des konventionellen Bauens beteiligen bzw. Holzbau bei Förderungen und Auflagen entsprechend attraktiver machen.
- Ordnungsrechtliche und finanzielle Anreize zu Materialeffizienz und Wiederverwendung von Baumaterialien.
- Wissensvermittlung zu Materialien, Bauweisen, Normen und Zertifizierungen sowie Kreislaufoptionen. Ingenieurs- und duale Ausbildungsgänge sowie Fortbildungen zum nachhaltigen Bauen (und nicht nur von Branchenverbänden) ausbauen.
- Regelmäßige Überprüfung, Weiterentwicklung und ggf. Vereinfachung baulicher Vorschriften, um auch nach der Überarbeitung der Landesbauordnung bzgl. Holzbau von 2018 weitere Hemmnisse abzubauen und neue Erkenntnisse und Technologien aufzunehmen.
- Anknüpfungspunkte bietet auch die neue EU-Kreislaufwirtschaftsstrategie und das „neue europäische Bauhaus“, das die EU-Kommission im Januar gestartet hat.

Zu Frage 10, Teil 2: Welche Maßnahmen können kurz- und langfristig getroffen werden, um die Wälder auf die zukünftigen Herausforderungen vorzubereiten?

Keine Expertise bzw. detaillierte forstwirtschaftliche Methoden nicht untersucht.

Zu Frage 10, Teil 3: Ist es sinnvoll die Land- und Forstwirtschaft in den CO₂-Zertifikatehandel einzubinden? Welche Herausforderungen bestehen?

Land- und Forstwirtschaft in die bestehenden Emissionshandelssysteme wie das EU-ETS einzubeziehen ist **nicht sinnvoll**. (Für eine ausführliche Analyse und Referenzen siehe WBGU 2020, Kap. 3.1).

Erstens ist eine schnelle und umfassende Neuausrichtung von Land- und Forstwirtschaft (Abschnitt 2) nicht nur für den Klimaschutz, sondern insbesondere auch für die **Erhaltung der Biodiversität**

erforderlich. Eine **einseitige Ausrichtung auf Klimaschutz ist unbedingt zu vermeiden**. Die Neuausrichtung sollte nicht vom Preis für Emissionszertifikate abhängig gemacht werden.

Zweitens entstehen direkt in der Landwirtschaft vor allem Emissionen von **CH₄ und N₂O** (Abschnitt 1), die zwar sehr potente Treibhausgase sind, aber eine deutlich geringere Lebensdauer in der Atmosphäre haben als CO₂. Sie sollten dringend reduziert werden, **ihr Abbau kann aber die massive Reduktion von CO₂-Emissionen mit dem Ziel, die Emissionen auf null zu bringen nicht ersetzen und sollte mit dieser nicht verrechnet werden**. Auch bestünde die Gefahr, dass dadurch die Verringerungen von CO₂-Emissionen durch fundamentale Transformationen in anderen Sektoren verzögert und Klimaschutz dadurch insgesamt teurer würde.

Drittens spielen landwirtschaftliche Böden und Wälder bzw. Forsten eine **zentrale Rolle als CO₂-Speicher**. Diese sollten erhalten und ausgebaut werden, v.a. durch entsprechende Bodenbearbeitung und Renaturierung von Wäldern, die u.a. auch der Biodiversität dient und damit eine „Mehrgewinnstrategie“ darstellt; dies sollte z. B. gerade nicht durch Forstplantagen geschehen (Lewis et al. 2019). Aber auch ein solcher Ausbau kann und sollte eine zügige **Verringerung von CO₂-Emissionen in anderen Sektoren nicht ersetzen** oder weiter verzögern. Die Speicherpotenziale sind begrenzt und ihre Permanenz unsicher. Für die CO₂-Entfernung aus der Atmosphäre sollten eigene, klar von Emissionsreduktionen getrennte, Ziele gefasst und schnell eine eigene Strategie entwickelt werden. Diese sollte auf ein breites Portfolio von z.T. noch weiter zu erforschenden, nicht nur landbasierten und eigenständig zu finanzierenden, Maßnahmen setzen (WBGU 2020, Kap. 3.1; Minx et al. 2018).

Anders als das Einbeziehen von Land- und Forstwirtschaft in bestehende Emissionshandelssysteme kann eine **separate** Bepreisung von Treibhausgasen fallweise aber sinnvoll sein. Auch sollten Emissionen adäquat bepreist werden, die z. B. bei der Herstellung von Düngemitteln und Pestiziden, dem Kraftstoffeinsatz und Energieverbrauch in Land- und Forstwirtschaft und Lebensmittelindustrie entstehen. Gleiches gilt für Emissionen, die bei der Errichtung von Wirtschafts- und Industriegebäuden, v.a. bei konventioneller Bauweise entstehen.

5 Wassermanagement in der Landwirtschaft

Antworten zu

16. [Teil 1:] *Wie lassen sich die zunehmenden Trockenheitsprobleme im Ackerbau aber auch der Grünlandnutzung lösen? Wie kann regional und lokal im Sinne einer nachhaltigen Wasserbewirtschaftung für die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen gesorgt werden?*
[Teil 2:] *Welche Wasserqualitäten sind erforderlich?*
17. [Teil 1:] *Welche Anforderungen werden an die Landwirtschaft im Zuge der Umsetzung der WRRL (Gewässerrenaturierung, Sedimenteinträge, Wirkstoffeinträge, Vernässung, Gemeindegebrauch) gestellt?*
[Teil 2:] *Wie kann sie als Partner bei der Umsetzung eingebunden werden?*

Zu Frage 16 Teil 1:

5.1 **Optimierte(s) und effiziente(s) Bewässerungssteuerung/-management/-strategien und klimagerechte Anpassung der landwirtschaftlich angebauten Feldfrüchte/Kulturpflanzenarten für eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung**

Flörke et al. (2018) erwähnt Optimierungsstrategien für die Wassernutzung in 80 % der Wassereinzugsgebiete, für welche konkurrierende urbane und landwirtschaftliche Nutzungen in Zukunft (2050) auftreten könnten. Dort könnten Verbesserungen der Wassernutzungseffizienz in der Landwirtschaft genügend Wasser für die städtische Nutzung freisetzen. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass in der Landwirtschaft ein substantielles Verbesserungspotential in der Nutzung von Wasser besteht.

Folgende Maßnahmen könnten für eine optimierte Bewässerungssteuerung von Relevanz sein (gemäß EU-Kommission, 2018):

- **Bodenbewirtschaftung:** Physikalisch-chemische Bodeneigenschaften haben einen großen Einfluss auf den Wasserbedarf und die Bewässerungsplanung. Wesentliche Bodenparameter sind unter anderem Tiefe, Wasserhaltevermögen und Versickerungsgeschwindigkeit. Das Wasserhaltevermögen des Bodens hängt von der Struktur und dem Anteil organischer Substanz ab. Der Anteil organischer Substanz kann mithilfe geeigneter Fruchtfolgen und durch Zusätze organischer Substanz, Dung usw. angehoben werden. Die effektive Bodentiefe wird erhöht, indem die verdichteten Bodenschichten mit Pflanzlöchern durchstoßen werden und den Wurzeln der Pflanzen damit Zugang zu einer größeren Wassermenge im Boden verschafft wird. Die Verdunstungsrate des Wassers aus dem Boden kann unter Anwendung der Minimalbestelltechnik (z. B. Bearbeitung zwischen den Reihen) oder durch Bestreuen mit Düngererde oder Bedecken des Bodens mit Plastikfolie gesenkt werden;
- **Auswahl der Kulturpflanzenarten und -sorten entsprechend der Wassernutzungseffizienz:** Auswahl von Genotypen, die widerstandsfähig gegenüber Wasserknappheit oder Wassersalzgehalt sind und sich besser für die Defizitbewässerung eignen;
- **Bestimmung des Wasserbedarfs der Pflanzen:** Präzise Berechnung des pflanzlichen Wasserbedarfs auf Grundlage der Evapotranspiration der Pflanzen im Verhältnis zur Wachstumsphase

der Pflanzen sowie den Witterungsverhältnissen;

- **Beurteilung der Wasserqualität:** Die physikalischen und chemischen Parameter des Wassers sollten überwacht werden, um sicherzustellen, dass den Pflanzen Wasser hoher Qualität zur Verfügung steht. Was die physikalischen Parameter angeht, sollte das Wasser mit Umgebungstemperatur und hinreichend sauber abgegeben werden (z. B. können Partikel und/oder Schwebstoffe Verstopfungen der Bewässerungsgeräte verursachen). Hinsichtlich der chemischen Parameter ist eine hohe Konzentration löslicher Salze für die Zusetzung der Bewässerungsgeräte verantwortlich und kann zusätzliche Wassermengen zur Vermeidung von Salzablagerungen im Wurzelbereich erfordern. Darüber hinaus kann eine hohe Konzentration bestimmter Elemente, z. B. Schwefel (S) und Chlor (Cl), Toxizitätsprobleme bei den Pflanzen hervorrufen und sollte daher sorgfältig kontrolliert werden;
- **Präzise Bewässerungsplanung, um die Wasserversorgung auf die Evapotranspiration der Pflanzen abzustimmen.** Umgesetzt werden kann dies mithilfe der Wasserbilanzmethode und/oder über Bodenfeuchtesensoren.
- **Anwendbarkeit** (EU-Kommission, 2018): Diese bewährte Umweltmanagementpraxis kann von allen Betrieben angewendet werden, die Bewässerungssysteme einsetzen, vor allem von Betrieben, die sich in trockenen Gebieten befinden. Für manche Maßnahmen fallen gegebenenfalls Investitions- und Betriebskosten an, die für kleine Betriebe ein Hindernis darstellen können. Diese Kosten werden jedoch unter Umständen durch die Einsparungen aufgrund des geringeren Wasserverbrauchs und in manchen Fällen durch gesteigerte Gewinne dank höherer Erträge aufgewogen.

5.2 Wasserwiederverwendung für eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung

Durch die Rückgewinnung und Wiederverwendung von Wasser können Probleme mit Wasserressourcen effizient und nachhaltig überwunden werden. Dies kann geschehen, indem neue Quellen für eine qualitativ hochwertige lokale Wasserversorgung geschaffen werden und daher bereits knappe Süßwasserressourcen teilweise ersetzt werden (Alcalde-Sanz und Gawlik 2014; Iglesias und Garrote 2015; Garrote 2017; Water Reuse Europe 2018; EU-Kommission 2020b). Durch die Erweiterung des lokalen Portfolios verfügbarer Wasserressourcen um bisher nicht genutzte Ressourcen sowie durch die Substitution hochwertiger Wasserressourcen durch Mehrfachnutzungen könnte der Druck auf angespannte Frischwasserressourcen deutlich reduziert werden.

Deshalb ist die Wiederverwendung von Abwasser in mehreren Sustainable Development Goals (SDGs) zu einem wesentlichen Ziel geworden, insbesondere in den Bereichen ‚Clean Water‘ und ‚Sanitation‘ (United Nations 2015, Ziel 6).

Dazu zählt u. a. die Wiederverwendung von Regenwasser oder weitergehend aufbereitetem Klarwasser für landwirtschaftliche Bewässerungszwecke (Iglesias und Garrote 2015; Schwaller et al. 2020; Schwaller et al. in review).

Für eine Wiederverwendung von Regenwasser oder weitergehend aufbereitetem Klarwasser für

landwirtschaftliche Bewässerungszwecke müssen zur Abdeckung des Spitzenbedarfs Speichersysteme vorgesehen werden. Das heißt, dass zur Anpassung der Landwirtschaft an die Klimaveränderungen (längere, extremere Trockenperioden, aber auch extreme Niederschlagsereignisse) evtl. zusätzliche Speicherlösungen angedacht werden müssen (z. B. über Grundwasseranreicherung, oder Wasserbecken [Schwaller et al. 2020]).

Zu Frage 16 Teil 2 (Welche Wasserqualitäten sind erforderlich?):

Normen und Anforderungen/Vorschriften zu Wasserqualitäten in der landwirtschaftlichen Bewässerung in Abhängigkeit der Schutzgüter, nach Geltungsbereich

Als besonders wichtige Schutzgüter sind im Bewässerungskontext der Boden, das Grundwasser, die Oberflächengewässer und die menschliche Gesundheit, aber auch die bewässerte Pflanze selbst zu nennen. Weiterhin müssen die verschiedenen Transferpfade zwischen diesen Schutzgütern berücksichtigt werden. Basierend auf den genannten Schutzgütern sind Rechtsbereiche des Umweltschutzes, des Verbraucher- und Gesundheitsschutzes sowie der Produkthaftung tangiert (Seis et al. 2016).

Nachfolgend sind sowohl die existierenden nationalen und internationalen Gesetze, Verordnungen oder Richtlinien im Zusammenhang mit den Rechtsbereichen des Umweltschutzes, des Verbraucher- und Gesundheitsschutzes sowie der Produkthaftung zusammengetragen. Die schließt auch die Anforderungen an Bewässerungswasser für entsprechende Nutzungen im landwirtschaftlichen sowie im urbanen Bereich ein (2 in Anhang 2).

Die identifizierten Anforderungen berücksichtigen nationale und internationale Regelwerke bzw. Verordnungen und Empfehlungen, aber auch nutzerspezifische Erfordernisse für unterschiedliche alternative Wassernutzungen. Speziell für die Wasserwiederverwendung für Bewässerungszwecke gibt es weltweit unterschiedliche Anforderungen an die Wasserqualität und an die Aufbereitungstechnologien. Dabei liegt der Fokus vor allem auf hygienisch relevanten mikrobiologischen Parametern (Fäkalindikatoren, Bakterien, Viren). Für Bewässerungsanwendungen, die indirekt über eine Grundwasseranreicherung erfolgen, müssen auch organische Spurenstoffe (Haushalts- und Industriechemikalien, Pharmaka) und andere Inhaltsstoffe (Nitrat, etc.) soweit reduziert werden, dass eine Beeinträchtigung der Grundwasserqualität nicht zu besorgen ist. Durch die Einhaltung der Grenzwerte, die in existierenden Gesetzen und Verordnungen festgelegt wurden, sollen negative Konsequenzen für die jeweiligen Schutzgüter (Boden, Grund- und Oberflächenwasser, menschliche Gesundheit, Pflanze) auf ein minimales Niveau gesenkt werden. Speziell für die Bewässerung definierte Regelwerke mit Anforderungen an die Wasserqualität dienen der Gewährleistung einer für Mensch sowie Umwelt unbedenklichen Beregnung (mit aufbereitetem Wasser). Bislang ist jedoch in Deutschland konkret die Nutzung von aufbereitetem Wasser zur landwirtschaftlichen oder urbanen Bewässerung nicht gesondert gesetzlich geregelt und entsprechende Umsetzungsmaßnahmen sind im deutschen Abwasserrecht noch nicht definiert (Seis et al. 2016). In diesem Zusammenhang betonten auch Seis et al. (2016) die Notwendigkeit einer Ergänzung des gesetzlich verbindlichen

Rahmens um Empfehlungen für die gute fachliche Praxis bei der Bewässerung mit aufbereitetem Wasser. Allerdings gibt es seit Mai 2020 nun erstmalig minimale Anforderungen für eine Wasserwiederverwendung zur landwirtschaftlichen Bewässerung von Seiten der EU (EU-Kommission 2020b).

Zu Frage 17 (Anforderungen an die Landwirtschaft durch die WRRL), vor allem Teil 2 (Umsetzung):

Von der Landwirtschaft gehen v.a. folgende qualitative Gewässerbelastungen aus:

- diffuse Einträge von Stickstoff in das Grundwasser;
- diffuse Einträge von Stickstoff und Phosphat in Oberflächengewässer;
- mit geringerer Relevanz: Punktförmige Einträge von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer, oder auch ins Grundwasser.
- Oft übermäßig starke Nutzung von Grundwasser für landwirtschaftliche Bewässerungszwecke (hohe Entnahmemengen), oder
- ungewollte künstliche Anreicherung von Grundwasser (bei übermäßiger Bewässerung oder undichten Speichern etc.).

5.3 Landwirtschaft als Partner bei der Umsetzung der WRRL

Die Landwirtschaft sollte als Partner bei der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL) und des deutschen Gewässerschutzrechts betrachtet und eingebunden werden:

- Kostenbeteiligung entsprechend des Verursacherprinzips
- Förderung von klimaangepassten Pflanzkulturen, wie z. B. wassergenügsamen Kulturen (EU WRRL 2010)
- Schaffung von Gewässerrandstreifen/Uferrandstreifen – Bedeutung und Flächenbereitstellung (Thorsten Becker 2017)
- Nutzung erosionsmindernder Bodenbearbeitungstechniken, wie etwa der Mulch- oder Direktsaat
- Teilnahme an Extensivierungsprogrammen
- Öko-Landbau
- Intensivierung der bereits bestehenden Kooperationen zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft
- Verpflichtung zu einer umfassenden Protokollierung der Wasserentnahmemengen aus Oberflächen- oder Grundwasserkörpern durch die Landwirtschaft
- Wasserqualitätsmessungen/-monitoring (Nitrat etc.)

Erarbeitung und Festlegung einer guten fachlichen Praxis, speziell angepasst an die lokale landwirtschaftliche Bewässerung, v. a. in Bezug auf die Düngung und Bewässerung. Dies sollte insbesondere dem Risiko einer Akkumulation und Verfrachtung von umwelt- oder gesundheitsschädlichen Schadstoffen in den Schutzgütern Boden, Grundwasser sowie der angebauten Kultur Rechnung tragen.

Anhang 1 zu Abschnitt 2, Frage 12

Tabelle 1: Übersicht verschiedener landwirtschaftlicher Produktionssysteme, die als Komponenten einer Ökologisierung der Landwirtschaft „Mehrgewinne“ erzeugen können, indem sie zu Klimaschutz (mitigation, KM), Klimaanpassung (adaptation, KA), Biodiversitätserhaltung (B) und/oder Ernährungssicherung (E) beitragen. Die Bewertungen in Spalte 2 geben nicht das absolute Ausmaß, sondern Schwerpunkte des Beitrags des jeweiligen Systems an. Eintritt und Ausmaß der Effekte sind außerdem ausgestaltungsabhängig. Details siehe WBGU (2020, Kap. 3.3.2.6). Quelle: WBGU (2020), S.170/171.

| Komponente | Mehrgewinn* | Kurzbeschreibung | Gegenwärtige Bedeutung in* | | Geographische Eignung bzw. Potenzial |
|--|---|--|----------------------------|---------------------|--|
| | | | Industrieländern | Entwicklungsländern | [Weltweites Carbon Dioxide Removal (CDR) Potenzial] |
| 1. Agrarökologie | KM: + KA: +++ B: +++ E: ++ | Dieses Metakonzept umfasst das gesamte Ernährungssystem und beinhaltet zahlreiche Methoden und Techniken für eine ökologisch und sozial nachhaltige Landwirtschaft, vor allem in kleinbäuerlichen Systemen weltweit. Innovationen gehen idealtypisch von Praktiker*innen und ihren Erfahrungen aus, werden dann in die Wissenschaft eingespeist und gemeinsam weiterentwickelt. | + | +++ | Weltweites Potenzial, vor allem in kleinbäuerlichen Strukturen. |
| 2. Klimasmarte Landwirtschaft | KM: +++ KA: ++ B: 0 oder - E: ++ | Klimasmarte Landwirtschaft ist ebenfalls ein Metakonzept, das zahlreiche Techniken mit dem Fokus Produktivitätssteigerung, Klimaschutz und Klimaanpassung in sich vereint. Es stellt eine einflussreiche weltweite Sammelbewegung für solche Ansätze dar, ohne scharfe Definitionen oder Indikatoren, bezogen auf gentechnische, chemikalienbasierte, aber auch agrarökologische und biologische Innovationen für industrielle und für kleinbäuerliche Landwirtschaft. | ++ | ++ | Weltweites Potenzial, Gefahr des greenwashing |
| 3. Agroforstwirtschaft | KM: +++ Bä: +++ B: +++ E: ++ | Produktionssystem, das durch die Integration von Bäumen, Sträuchern usw. auf landwirtschaftlichen Flächen und in der Agrarlandschaft die Produktion und die Ernährung diversifiziert (FAO, 2015b). | ++ | +++ | Potenzial vor allem in trockneren Regionen (Ruppert et al., 2020) [0,1–5,7 Gt CO ₂ pro Jahr (Roe et al., 2019)] |
| 4. Agrophotovoltaik | KM: +++ KA: +++ B: 0 E: +++ | Kombination von Photovoltaikanlagen und Produktion von Nahrungsmitteln auf derselben Fläche. So kann mit Agrophotovoltaik gleichzeitig Wasser gespart, Sonnenlicht für die Energiegewinnung genutzt und Schatten für geeignete Anbausorten bzw. Nutztiere gespendet werden. | + | + | Potenzial in semiariden und ariden Regionen sowie generell in ländlichen Regionen (dezentrales Energiesystem) |
| 5. Aquaponik | KM: + KA: ++ B: ++ E: +++ | Verbindung der Technologien der zirkulierenden Systeme für die Aquakultur und der Hydroponik in einem geschlossenen Kreislaufsystem (Junge et al., 2017). Rice-Fish-Farming beruht auf Nassreis-systemen bei Beckenbewässerung inklusive Fischhaltung. | +++ | ++ | Aquaponik an Standorten möglich, die sonst für landwirtschaftliche Nutzung eher ungeeignet sind, wie (sub-)urbane Gebiete (auf Dächern, Fabrikgelände) |
| 6. Biokohle | KM: ++ KA: + B: + E: ++ | Kohlenstoffreiches Produkt, das durch die Erhitzung von Biomasse (z.B. landwirtschaftlicher Abfall- oder Nebenprodukte) unter Ausschluss von Sauerstoff hergestellt wird und u. a. in den Boden zur langfristigen Fixierung von Kohlendioxid eingebracht werden kann (Teichmann, 2014). | + | ++ | [Umwandlung von Biomasse in schwer abbaubare Biokohle 0,3–4,9 Gt CO ₂ pro Jahr (Roe et al., 2019)] |
| 7. Klimaschonende Bio- und Depotdünger | KM: ++ KA: ++ B: 0 E: ++ | Neue grüne Herstellungsverfahren für Mineraldüngung und Herstellung sowie Verwendung von Biodünger aus Mikroorganismen sparen Emissionen ein und regenerieren Böden. Bei Depotdüngern werden organische Reste mit Mineraldüngemitteln verpresst. | + | + | Techniken zur Verbesserung der Klimabilanz von Mineraldüngern. Bei Biodünger und Depotdüngern bis zu 50% Einsparungen. |

(Fortsetzung Tabelle 1)

| | | | | | |
|---|---|--|------------------------------------|-----|--|
| 8. Klima-schonender Ökolandbau | KM: + KA: +++ B: +++ E:+++ | Schließung des Nährstoffkreislaufs durch die Verwendung hofeigener Dünger- und Futtermittel. Keine Anwendung von Mineraldüngern und chemisch-synthetischen Pestiziden. Humus wird angereichert (Senke) und das Bodenleben erhalten. Die Produkte werden durch Anbauverbände zertifiziert. Die Produktpreise sind höher und die Erträge etwas geringer als im konventionellen Landbau. | +++ | + | Wegen der Zertifizierung und höheren Preisen für Konsument*innen eher für wohlhabendere Länder geeignet. Die Entsprechung in Entwicklungsländern ist die Agrarökologie. |
| 9. (Boden-)konservierende Landwirtschaft | KM: ++ KA: +++ B: ++ E: +++ | Durch pfluglose, minimale Bodenbearbeitung, permanente Bodenbedeckung und Fruchtfolgen wird CO ₂ sequestriert (jedoch nur in den oberen Bodenschichten) und der Boden geschützt. Dies verbessert auch weitere Bodeneigenschaften, stoppt Boden-erosion und fördert das Bodenleben. Erträge sind zumeist höher bis sehr viel höher als im konventionellen Landbau mit Pflug. | +++ (mit Herbizidresistenztechnik) | +++ | Nur ohne Einsatz von Breitbandherbiziden (z.B. Glyphosat) eine Mehr-ertragsstrategie. Für den großräumigen Einsatz werden alternative Verfahren der Beikrautregulierung gesucht. |
| 10. Ökologische Intensivierung – Beispiel Reis | KM: +++ KA: + B: 0 E: +++ | Das System verspricht mehr Output mit weniger Input und ist daher eine Form der Präzisionslandwirtschaft. Bei der Reisisintensivierung (SRI) kann der Aufwand für Betriebsmittel drastisch reduziert werden. Die Wurzeln bilden sich bei weiteren Pflanzabständen besser aus, die Nährstoffausnutzung ist höher und somit sind es auch die Erträge (um 20%). | + | +++ | In allen Reisanbaugebieten ++, plus Spill-Over-Effekte auf vermutlich alle anderen Ackerkulturen (inklusive Baumwolle). |
| 11. Anbau vergessener und unternutzter Kulturarten | KM: 0 KA: + B: +++ E: +++ | Anbau vor allem von Fruchtbäumen und Gemüsekulturen, deren Verbreitung in indigenen Gesellschaften rückläufig ist. Die Kulturarten sind meist einfach anzubauen und ihre Wiederaufnahme bietet Mehr-erträge (gesunde Ernährung, Anpassung an den Klimawandel, Erhaltung genetischer Ressourcen). | + | ++ | In alle Regionen der Welt; viele hundert bis tausende von Kulturarten weltweit verfügbar. |
| 12. Paludikultur – Landwirtschaft auf Moorböden | KM: +++ KA: 0 B: ++ E: ++ | Trockengelegte Moore werden wieder-vernässt und so bewirtschaftet, dass sie langfristig als CO ₂ -Senken erhalten bleiben, gleichzeitig hohe Erträge abwerfen und Biodiversität erhalten. | +++ | + | |
| 13. Permakultur als multifunktionales Gartenbausystem | KM: 0 KA: ++ B: ++ E: ++ | Intensives, diversifiziertes Gartenbau-system, das auf die höchstmögliche Ausnutzung des Sonnenlichts abzielt und daher auf Höhenzonierungen beruht. | + | + | Insbesondere als Gartenbau-system. |
| 14. Nachhaltige Präzisionslandwirtschaft | KM: ++ KA: + B: + oder 0 E: +++ | Inputs werden über digitale (und analoge) Systeme entsprechend der Bedürfnisse der Pflanzen und der Bodenqualität effizient ausgebracht. Die Technik sollte dabei an die Produktion angepasst werden und nicht umgekehrt (kleinräumige digitale Landwirtschaft, pixel cropping; Gebbers und Adamchuk, 2010). | +++ | + | Die digitalen Systeme sind prinzipiell weltweit einsetzbar. |
| 15. (Peri-)urbane Landwirtschaft | Ob das Trilemma ausbalanciert wird, hängt von der Ausgestaltung ab. | Nutzung des (peri-)urbanen Raums für intensive Nahrungsmittelproduktion, insbesondere Gemüsekulturen über (1) kleinteiliges urban gardening, (2) High-Tech Lösungen, (3) mit dem Ziel der Stärkung der Verbindung zwischen Land und Stadt und einer Ökologisierung des Umlands. | + | + | Kurzfristig primär flankierend zum Ernährungswandel, mittelfristig über technologische Lösungen. |

Anhang 2 zu Abschnitt E, Frage 16

Tabelle 2: Übersicht zu nationalen und internationalen Gesetzen, Verordnungen oder Richtlinien im Zusammenhang mit den Rechtsbereichen des Umweltschutzes, des Verbraucher- und Gesundheitsschutzes sowie der Produkthaftung, als auch die Anforderungen an Bewässerungswasser für entsprechende Nutzungen im landwirtschaftlichen sowie im urbanen Bereich. Diese Anforderungen/Vorschriften müssen möglicherweise auch im Zusammenhang mit der Nutzung von (weitergehend aufbereitetem) Klarwasser für die landwirtschaftliche oder urbane Bewässerung berücksichtigt werden.

Grün hinterlegt = Qualitative Anforderungen speziell für Bewässerungswasser;
 Gelb hinterlegt = Anforderungen, die indirekt bei der Bewässerung zu berücksichtigen sind;
 Türkis hinterlegt = Anforderungen, die speziell im Zusammenhang bei Wiederverwendung von weitergehend aufbereitetem Klarwasser zusätzlich berücksichtigt werden müssen;
 Grau hinterlegt = Sonstige Anforderungen.

| Rechtlicher Geltungsbe- reich | Schutz- gut | Gesetz, Verordnung bzw. Richtli- nie | Inhaltliche Kurzzusammenfassung | |
|----------------------------------|---|---|--|---|
| Deutschland (rechtlich bindend) | Grundwasser, Oberflächengewässer, Boden | Abwasserverordnung (2020) | <ul style="list-style-type: none"> • Mindestanforderungen für das Einleiten von Abwasser in Gewässer • Anforderungen an Errichtung, Betrieb und Benutzung von Abwasseranlagen • Mindestanforderungen an Behandlung und Ablaufqualität für häusliches und kommunales Abwasser | |
| | | Bundes-Bodenschutzgesetz (1998) | <ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltige Sicherstellung und Wiederherstellung der Funktionen des Bodens (als Lebensgrundlage für Menschen, Tiere, Pflanzen, Bodenorganismen) • Nur bedingt anwendbar für Bewässerung mit weitergehend aufbereitetem Klarwasser, da sich Fragestellungen damit im Bereich Vorsorge bewegen, während BBodSchG v. a. nachsorgend ist (Umgang Altlasten etc.) | |
| | | Düngegesetz (2009) und Düngeverordnung (2017) | <ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung einer guten fachlichen Praxis bei der Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten, Pflanzenhilfsmitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen • Ziel: Minimierung stofflicher Risiken durch diese Anwendung + Erhaltung Bodenfruchtbarkeit + Einhaltung Grundwasserschutz (Schwellenwert Nitrat 50 mg/l) • Verpflichtung des Landwirtes zu einer Flächenbilanz über Zufuhr und Entnahme von Stickstoff | |
| | | Grundwasserverordnung (2010) | <ul style="list-style-type: none"> • Grundwasserschutz gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe wie Nitrat, Pestizide, Arsen, Cadmium, Blei, Quecksilber usw. | |
| | | Oberflächengewässerverordnung (2016) | <ul style="list-style-type: none"> • Schutz der Oberflächengewässer und Verpflichtung zur Erreichung eines guten ökologischen und chemischen Zustandes nach EU WRRL (2010). • Verschlechterungsverbot für Oberflächenwasserkörper, die zur Trinkwasserversorgung genutzt werden | |
| | Verbraucher- und Gesundheitschutz | | EU WRRL (2010) und Grundwasserrichtlinie (2006) | <ul style="list-style-type: none"> • Verpflichtung, bis spätestens 2027 einen guten ökologischen, chemischen/qualitativen und quantitativen Zustand aller Gewässer (einschließlich Meeresgewässer bis zu einer Seemeile von der Küste entfernt) zu erreichen • Verschlechterungsverbot des Grundwassers |
| | | | WHG (2009) und BayWG (2010) | <ul style="list-style-type: none"> • Schutz und Nutzung von Oberflächengewässern und Grundwasser, Vorschriften über den Ausbau von Gewässern und die wasserwirtschaftliche Planung sowie den Hochwasserschutz |
| | | | Bayerische Badegewässerverordnung (2008) und EU-Badegewässerrichtlinie (2006) | <ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung v. a. der gesundheitlichen Risiken ausgehend von mikrobiellen Belastungen (Indikatororganismen <i>E. coli</i> und Enterokokken) • Umsetzung der Richtlinie in nationales Recht 2008 |
| | | | Produkthaftungsgesetz (2017) | <ul style="list-style-type: none"> • Produkthersteller kann für etwaige Schäden am Leib, Leben oder Eigentum haftbar und schadenersatzpflichtig gemacht werden |
| | | | Rückstands-Höchstmengenverordnung (2010) EU-Kommission (2006) | <ul style="list-style-type: none"> • Gewährleistung der Lebensmittelsicherheit • Begrenzung der Konzentration von beim Anbau eingesetzten Hilfsstoffen (Pflanzenschutz-, Dünge- und sonstige Mittel) in Erzeugnissen • Festsetzung der Höchstgehalte bestimmter Kontaminanten in Lebensmitteln |

| | | | |
|--------------------------|--|------------------------------------|---|
| Deutschland (empfehlend) | Verbraucher- und Gesundheitsschutz, Grundwasser, Oberflächengewässer, Boden: konkrete Anforderungen an Bewässerungswasser | Trinkwasserverordnung (2020) | <ul style="list-style-type: none"> • Ziel: Keine nachteilige Beeinflussung der menschlichen Gesundheit durch Trinkwasser → Trinkwasser ist hygienisch einwandfrei • Trinkwasser frei von Krankheitserregern, Grenzwerte für potentiell humantoxische chemische Stoffe + Indikatorparameter |
| | | DIN 19650 | <ul style="list-style-type: none"> • Hygieneanforderungen für Bewässerungswasser in Landwirtschaft, Gartenbau, Landschaftsgestaltung sowie Park- und Sportanlagen • Qualitätsanforderungen für Bewässerungswasser aus dem natürlich vorkommenden Oberflächen- und Grundwasser • Zusätzlich können Regenwasser, Abwasser und Trinkwasser zur Bewässerung verwendet werden |
| | | DIN 19684-10 | <ul style="list-style-type: none"> • Die Verwendung von behandeltem Abwasser ist möglich • Spezifikation der qualitativen und quantitativen Anforderungen an Bewässerungswasser in Abhängigkeit von den Anwendungsbedingungen (Klima, Boden, Pflanzen) |
| | | DWA-M 590 | <ul style="list-style-type: none"> • Grundsätze und Richtwerte zur Beurteilung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung |
| | | Qualitätsanforderungen des Handels | <ul style="list-style-type: none"> • U. a. abhängig von Vermarktung: als Bioprodukt oder konventionell?, frei von Gentechnik?, etc. |
| Europa (empfehlend) | Verbraucher- und Gesundheitsschutz, Grundwasser, Oberflächengewässer, Boden: Anforderungen speziell an aufbereitetes Abwasser zum Bewässerungseinsatz im urbanen oder landwirtschaftlichen Bereich | TLL (2010) | <ul style="list-style-type: none"> • Empfehlungen für die Bewässerungspraxis im Bundesland Thüringen • Anforderungen an Bodenschutz und Nutzpflanzen berücksichtigt • Hygienische Anforderungen angelehnt an DIN 19650 |
| | | EU-Kommission (2020b) | <ul style="list-style-type: none"> • Definition der verschiedenen Klassen der Wasserqualität des aufbereiteten Wassers sowie der zulässigen Verwendungs- und Bewässerungsmethoden für jede Klasse • Definitionen, die insbesondere auf mikrobiellen Wasserqualitätsparametern basieren • Mindesthäufigkeiten und Leistungsziele der Überwachung des zurückgewonnenen Wassers • Im Rahmen dieser Verordnung werden auch Vorschläge für spezifische vorbeugende Maßnahmen zur Risikobegrenzung vorgeschlagen. |
| | | ISO 16075 | <ul style="list-style-type: none"> • Bestehend aus drei Teilen • Erster Teil ("The basis of a reuse project for irrigation"): Vergleichbar mit den Beschreibungen DIN 19684-10, bezieht sich jedoch im Gegensatz dazu speziell auf die Verwendung von aufbereitetem Abwasser zur Bewässerung • Zweiter Teil ("Development of the project"): Vorschläge zur Wasserqualität von aufbereitetem Abwasser in Abhängigkeit von der Abwasserqualität oder der möglichen Nutzung. Basierend auf den Richtlinien der USEPA (2012) und World Health Organization (2006) → Multi-Barriere-Konzept. Diese (redundanten) Barrieren minimieren die Gesundheitsrisiken, die durch die Krankheitserreger entstehen, die mit dem Verzehr von mit aufbereitetem Wasser bewässerten Produkten oder mit dem Zugang zu Bereichen, welche mit aufbereitetem Wasser bewässerten werden, verbunden sind. |
| | | ISO 20761 | <ul style="list-style-type: none"> • Dritter Teil ("Components of a reuse project for irrigation"): Beschreibung der Komponenten, die für ein Wasserwiederverwendungsprojekt erforderlich sind, z. B. Wasserspeicher, zusätzliche Aufbereitungstechnologien, Rohrleitungssysteme und Bewässerungsanlagen. • Risikobewertung bei der Wiederverwendung von aufbereitetem Abwasser (nicht trinkbarem Wasser) in urbanen Gebieten • Beschreibung von Parametern und Methoden zur Bewertung der öffentlichen Akzeptanz für eine Abwasserwiederverwendung • Verwendung in verschiedenen Phasen bei Wasserwiederverwendungsprojekten (z. B. Planung, Betrieb und Nachbewertung) |
| | | USEPA (2012) | <ul style="list-style-type: none"> • Überlegungen zur Planung und zum Management • Arten der Wasserwiederverwendung • Staatliche Regulierungsprogramme für die Wiederverwendung von Wasser • Regionale Unterschiede bei der Wiederverwendung von Wasser • Behandlungstechnologien zum Schutz der öffentlichen Gesundheit und der Umwelt • Finanzierung von Wasserwiederverwendungssystemen • Öffentlichkeitsarbeit, Teilnahme und Konsultation • Globale Erfahrungen bei der Wiederverwendung von Wasser |

Global (empfehlend)

World Health Organization
(2006)

- Bewertung des Gesundheitsrisikos
- Gesundheitsbasierte Ziele
- Gesundheitsschutzmaßnahmen
- Überwachung und Systembewertung
- Soziokulturelle Aspekte
- Umweltaspekte
- Wirtschaftliche und finanzielle Überlegungen
- Politische Aspekte
- Planung und Umsetzung

Literaturverzeichnis

- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina und Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (2019): Biomasse im Spannungsfeld zwischen Energie- und Klimapolitik. Strategien für eine nachhaltige Bioenergienutzung. Stellungnahme. acatech, Leopoldina, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften, München, Halle und Mainz.
- AEE – Agentur für Erneuerbare Energien (2020): Föederal Erneuerbar: Landesinfo Nordrhein-Westfalen. Abgerufen von https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/NRW/kategorie/klimaschutz/auswahl/1052-spezifische_co2-emis/#goto_1052 am 15.1.2021.
- Alcalde-Sanz, L.; Gawlik, B. M. (2014): Water reuse in Europe. Relevant guidelines, needs for and barriers to innovation: a synoptic overview. Luxembourg: EUR-OP (JRC scientific and policy reports, 26947).
- Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Finnigan, J., Moran, D. und Rounsevell, M. D. A. (2017): Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agricultural Systems* 153, 190–200.
- Armsworth, P. R., Acs, S., Dallimer, M., Gaston, K. J., Hanley, N. und Wilson, P. (2012): The cost of policy simplification in conservation incentive programs. *Ecology Letters* 15 (5), 406–414.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2020). Die Lage der Natur in Deutschland: Ergebnisse von EU-Vogelschutz- und FFH-Bericht. Mai 2020, Bonn.
- BLE – Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2020): Bericht zur Markt- und Versorgungslage Futtermittel 2020. BLE, Bonn.
- Bogdanov, D., Farfan, J., Sadovskaia, K., Aghahosseini, A., Child, M., Gulagi, A., Oyewo, A. S., de Souza Noel Simas Barbosa, L. und Breyer, C. (2019): Radical transformation pathway towards sustainable electricity via evolutionary steps. *Nature Communications* 10 (1), 1077.
- Connolly, D., Mathiesen, B. V. und Ridjan, I. (2014): A comparison between renewable transport fuels that can supplement or replace biofuels in a 100% renewable energy system. *Energy* 73, 110–125.
- Deutscher Bundestag (2020): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Steffi Lemke, Uwe Kekeritz, Harald Ebner, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/22377 – Sojaimporte nach Deutschland. Drucksache 19/23345 des Deutschen Bundestags, Berlin.
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (2020): Stellungnahme der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zum Referentenentwurf eines „Gesetzes zum Schutz der Insektenvielfalt in Deutschland“. DFG, Bonn
- DIN 19650: Bewässerung - Hygienische Belange von Bewässerungswasser - Februar 1999.
- DIN 19684-10: Bodenbeschaffenheit - Chemische Laboruntersuchungen - Teil 10: Untersuchung und Beurteilung des Wassers bei Bewässerungsmaßnahmen - Januar 2009.
- DWA-M 590: Grundsätze und Richtwerte zur Beurteilung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung.
- EU-Kommission: Beschluss (EU) 2018/813 der Kommission vom 14. Mai 2018 über das branchenspezifische Referenzdokument für bewährte Umweltmanagementpraktiken, branchenspezifische Umweltleistungsindikatoren und Leistungsrichtwerte für den Agrarsektor gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung (EMAS). Abgerufen von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018D0813&from=DE>, am 1/11/2021.
- EU-Kommission (2006): Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln.
- EU-Kommission (2020a): Nachhaltige Bodennutzung (Ökologisierung) – Nachhaltige Bodennutzung, wie Landwirte finanziell davon profitieren. Abgerufen von https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agriculturalpolicy/income-support/greening_de am 12.9.2020. EU-Kommission, Brüssel.
- EU-Kommission (2020b): Regulation of the European Parliament and of the Council on minimum requirements for water reuse. Abgerufen von https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2019-0071_EN.pdf, am 5/15/2020.
- EuRH – Europäischer Rechnungshof (2017): Sonderbericht – Die Ökologisierung: eine komplexere Regelung zur Einkommensstützung, die noch nicht ökologisch wirksam ist. Europäische Union, Brüssel.

- Finger, R., Böcker, T., Möhring, N. und Dalhaus, T. (2017): Lenkungsabgaben auf Pflanzenschutzmittel. *Recherche Agronomique Suisse* 8 (5), 176–183.
- Fischer, G., Tramberend, S., Bruckner, M., & Lieber, M. (2017). Quantifying the land footprint of Germany and the EU using a hybrid accounting model. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2015): Potentiale von Rest- und Abfallstoffen. Abgerufen von <https://bioenergie.fnr.de/bioenergie/biomasse/biomasse-potenziale/potenziale-von-rest-und-abfallstoffen> am 15.1.2021.
- FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2020): Basisdaten Bioenergie Deutschland 2021. FNR, Gülzow-Prüzen
- Flörke M., Schneider C. und McDonald R. I. (2018): Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. In *Nat Sustain* 1 (1), pp. 51–58. DOI: 10.1038/s41893-017-0006-8.
- Fraunhofer ISE (2020). Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Download von www.pv-fakten.de, Fassung vom 19.12.2020.
- Garrote L. (2017): Managing Water Resources to Adapt to Climate Change: Facing Uncertainty and Scarcity in a Changing Context. In *Water Resources Management* 31 (10), pp. 2951–2963. DOI: 10.1007/s11269-017-1714-6.
- Götz, M., Lefebvre, J., Mörs, F., Koch, A. M.-D., Graf, F., Bajohr, S., Reimert, R. und Kolb, T. (2016): Renewable Power-to-Gas: a technological and economic review. *Renewable Energy* 85, 1371–1390.
- Grubler, A., Wilson, C., Bento, N., Boza-Kiss, B., Krey, V., Mc-Collum, D. L., Rao, N. D., Riahi, K., Rogelj, J. und De Stercke, S. (2018): A low energy demand scenario for meeting the 1.5 C target and sustainable development goals without negative emission technologies. *Nature Energy* 3 (6), 515–527.
- Hampicke, U. (2018): Fazit – das gesellschaftliche Kernproblem. In: Hampicke, U. (Hrsg.): *Kulturlandschaft-Äcker, Wiesen, Wälder und ihre Produkte*. S. 251-258. Springer, Heidelberg und Berlin.
- Hennenberg, H., Böttcher, H., Wiegmann, K., Reise, J. und Fehrenbach, H. (2019): Kohlenstoffspeicherung in Wald und Holzprodukten. *AFZ – Der Wald* 17, 36–39.
- Iglesias A. und Garrote L. (2015): Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. In *Agricultural Water Management* 155, pp. 113–124. DOI: 10.1016/j.agwat.2015.03.014.
- IPBES – Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2019). *The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2014): *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, Cambridge und New York.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2018): *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C Above Pre-Industrial Levels and related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Summary for Policymakers*. IPCC, Genf.
- ISO 16075: Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects 2015.
- ISO 20761: ISO 20761: Water reuse in urban areas — Guidelines for water reuse safety evaluation — Assessment parameters and methods.
- Kreyenberg, D., Bergk, F., Dünnebeil, F., Heidt, C., Knörr, W., Raksha, T., Schmidt, P., Weindorf, W., Naumann, K. und Majer, S. (2015): Erneuerbare Energien im Verkehr. Potenziale und Entwicklungsperspektiven verschiedener erneuerbarer Energieträger und Energieverbrauch der Verkehrsträger. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Berlin.
- Lakner, S. (2020): Was kann die Gemeinsame Agrarpolitik der EU (GAP) zum Biodiversitätsschutz beitragen? Loccum: Loccumer Landwirtschaftstagung.
- LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2020): *Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen 2018*. LANUV-Fachbericht 105, LANUV, Recklinghausen.
- Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (2020): *Biodiversität und Management von Agrarlandschaften – Umfassendes Handeln ist jetzt wichtig*. Leopoldina und Union der deutschen Akademien der Wissenschaften, Halle und Mainz.

- Lenz, N. und Schulten, D. (2005): Tagfalter (Lep., Hesperioidea et Papilionoidea) im Gebiet der Landeshauptstadt Düsseldorf um 1900 und um 2000: Ein Beispiel für alarmierende Artenverarmung im 20. Jahrhundert. *Melanargia*, 17, 19 – 29.
- Minx, J. C., Lamb, W. F., Callaghan, M. W., Fuss, S., Hilaire, J., Creutzig, F., Amann, T., Beringer, T., de Oliveira Garcia, W. und Hartmann, J. (2018): Negative emissions – Part 1: Research landscape and synthesis. *Environmental Research Letters* 13 (6), 1–29.
- Möckel, S. und Wolf, A. (2020) Düngung bleibt weiterhin eine ökologische, rechtliche und politische Herausforderung. *Natur und Recht* 42: 736–746.
- Pe'er, G., Lakner, S., Müller, R., Passoni, G., Bontzorlos, V., Clough, D., Moreira, F., Azam, C., Berger, J., Bezak, P., Bonn, A., Hansjürgens, B., Hartmann, L., Kleemann, J., Lomba, A., Sahrbacher, A., Schindler, S., Schleyer, C., Schmidt, J., Schüler, S., Sirami, C., von Meyer-Höfer, M., und Zinggrebe, Y. (2017): Is the CAP Fit for purpose? An evidence based fitness-check assessment. German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv) Halle-Jena-Leipzig, Leipzig.
- Pe'er, G., Zinggrebe, Y., Moreira, F., Sirami, C., Schindler, S., Müller, R., Bontzorlos, V., Clough, D., Bezak, P. und Bonn, A. (2019): A greener path for the EU Common Agricultural Policy. *Science* 365 (6452), 449–451.
- Pe'er, G., Bonn, A., Bruelheide, H., Dieker, P., Eisenhauer, N., Feindt, P. H., Hagedorn, G., Hansjürgens, B., Herzon, I. und Lomba, A. (2020): Action needed for the EU common agricultural policy to address sustainability challenges. *People and Nature*, doi:10.1002/pan3.10080, 1–12.
- Reid, W. V., Ali, M. K. und Field, C. B. (2020): The future of bioenergy. *Global Change Biology* 26 (1), 274–286.
- Roe, S., Streck, C., Obersteiner, M., Frank, S., Griscorn, B., Drouet, L., Fricko, O., Gusti, M., Harris, N. und Hasegawa, T. (2019): Contribution of the land sector to a 1.5 °C world. *Nature Climate Change* 9, 817–828.
- Rosenzweig, C., Mbow, C., Barioni, L.G., Benton, T.G., Herrero, M., Krishnapillai, M., Liwenga, E.T., Pradhan, P., Rivera-Ferre, M.-G., Sapkota, T., Tubiello, F.N., Xu, Y., Contreras, E.M. und Portugal-Pereira, J. (2020): Climate change responses benefit from a global food system approach. *Nature Food* 1, 94–97 (2020).
- Schwaller C., Helmreich B., Gerdes H. und Drewes J. E. (2020): Abschlussbericht: Forschungsvorhaben „Nutzwasser – Gewinnung und Einsatzmöglichkeiten am Beispiel der Schweinfurter Trockenplatte“ (AZ: 52-4429-10).
- Schwaller C., Hoffmann G., Hiller C. X., Helmreich B. und Drewes J. E. (in review): Inline dosing of powdered activated carbon and coagulant prior to ultrafiltration at pilot-scale – Effects on trace organic chemical removal and operational stability. In *Chemical Engineering Journal*.
- Seis W., Lesjean B., Maaßen S., Balla D., Hochstrat R. und Düppenbecker B. (2016): Rahmenbedingungen für die umweltgerechte Nutzung von behandeltem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung. In *Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit*, p. 196. Abgerufen von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_34_2016_rahmenbedingungen_fuer_die_umweltgerechte_nutzung_von_behandeltem_abwasser_0.pdf, am 6/19/2020.
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2017): Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor. Sondergutachten. SRU, Berlin.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2020): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder, Primärenergieverbrauch 2016 nach Wirtschaftszweigen in tiefer Gliederung und Bundesländern. Abgerufen von <http://www.statistikportal.de/de/ugrdl/ergebnisse/energie#alle-ergebnisse> am 15.1.2021.
- Statistisches Bundesamt (2020a): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei: Flächennutzung in den Bundesländern. Fachserie 3, Reihe 5.1. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2020b): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei: Viehbestand, 3.November 2019. Fachserie 3, Reihe 4.1. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2020c): Produzierendes Gewerbe : Düngemittelversorgung, Wirtschaftsjahr 2019/2020. Fachserie 4, Reihe 8.2. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2020d): Umweltökonomische Gesamtrechnungen - Energiegesamtrechnung 2000-2018, Stand 4. Dezember 2020. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Schlüter, R., Kaiser, M. Kolk, J., König, H., Komanns, H., Rühl, J. und Schiffgens, T. (2019): Gradmesser für den Zustand der Natur in Nordrhein-Westfalen: FFH-Bericht 2019. *Natur in NRW* 03/2019: 10-17.
- Silva Junior, C.H.L., Pessôa, A.C.M., Carvalho, N.S. et al. (2020): The Brazilian Amazon deforestation rate in 2020 is the greatest of the decade. *Nature Ecology & Evolution*, online publiziert am 21. Dezember 2020, <https://doi.org/10.1038/s41559-020-01368-x>.

- Thorsten Becker L. N.-W. (2017): Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in NRW. Abgerufen von <https://www.landwirtschaftskammer.de/Landwirtschaft/wasserschutz/gewaesserentwicklung/pdf/lwk-wrrl-beispiele-2017.pdf>, am 1/11/2021.
- TLL (2010): Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft: Bewässerungsqualität - Hygienische und chemische Belastung, Themenblatt-Nr.: 52.06. Abgerufen von https://www.db-thueringen.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbt_derivate_00020405/Bew%c3%a4sserungswasserqualit%c3%a4t.pdf, am 7.10.2020.
- UBA – Umweltbundesamt (2018): Daten zur Umwelt, Ausgabe 2018: Umwelt und Landwirtschaft. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- UBA – Umweltbundesamt (2020a): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2020, Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2018, UN-FCCC-Submission. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- United Nations (2015): Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Abgerufen von https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf am 10/6/2020.
- USEPA (2012): US Environmental Protection Agency: Guidelines for Water Reuse.
- Wätzold, F., Feindt, P.H., Bahrs, E. Hamm, U., Isselstein, J., Schröder, S., Wagner, S., Wedekind, H. Wolters, V., Dauter, J., Engels, E.-V., Engels, J., Tholen, E., Backes, G., Brandt, H., Graner, A., Herdegen, M., und Wolf, H. (2020): Wie die Politik auf die Bedrohung der Biodiversität in Agrarlandschaften durch den Klimawandel reagieren kann. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats für Biodiversität und Genetisch Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- Water Reuse Europe (2018): Water Reuse Europe Review. Abgerufen von https://www.water-reuse-europe.org/wp-content/uploads/2018/08/wre_review2018_final.pdf, am 6/23/2020.
- WBAE – Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz und WBW – Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten des WBAE und des WBW. September 2016, Berlin.
- WBAE – Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz (2018): Für eine gemeinwohlorientierte Gemeinsame Agrarpolitik der EU nach 2020: Grundsatzfragen und Empfehlungen. Stellungnahme. WBAE, Berlin.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2020): Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration. WBGU, Berlin.
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Sibanda, L. M., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S. E., Reddy, K. S., Narain, S., Nishtar, S. und L., M. C. J. (2019): Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 393, 447–492.
- World Health Organization (2006): Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, Volume 4. Excreta and Greywater Use in Agriculture. Geneva: World Health Organization. Abgerufen von <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=284771>.