



Faktencheck Klima- wandel, Landwirtschaft, Ernährung

Ina Meyer, Susanne Markytan

Wissenschaftliche Assistenz:
Dietmar Weinberger

März 2022

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Faktencheck Klimawandel, Landwirtschaft, Ernährung

Ina Meyer, Susanne Markytan

März 2022

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

**Im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation
und Technologie**

Begutachtung: Franz Sinabell

Wissenschaftliche Assistenz: Dietmar Weinberger

Der Agrarsektor ist von den Auswirkungen des Klimawandels direkt betroffen und trägt zur Freisetzung von Treibhausgasen (THG) bei. Der Landwirtschaft kommt somit eine entscheidende Bedeutung bei der Bewältigung der Klimakrise und in der Ernährungssicherheit zu. Eine steigende Nachfrage nach Agrarprodukten und eine wachsende Flächenkonkurrenz der Landwirtschaft mit Siedlungsstrukturen und agrarischen Rohstoffen für erneuerbare Energieträger führen potentiell zu einer Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktionssysteme mit negativen Auswirkungen auf die Ökosysteme und ihre Leistungen. Die Studie untersucht vor diesem Hintergrund anhand von Literatur und statistischen Daten vier thematische Schwerpunkte, die für eine Weichenstellung hin zu einer zukunftsfähigen Landwirtschaft von entscheidender Bedeutung sind: Erstens die Auswirkungen landwirtschaftlicher Produktion auf verschiedene Ökosystemleistungen, zweitens die agrarpolitischen und fiskalischen Rahmenbedingungen der landwirtschaftlichen Produktion in der EU und in Österreich, drittens die ökologischen Auswirkungen des internationalen Agrarhandels sowie viertens Politik- und Managementansätze für eine klimaorientierte und multifunktionale Landwirtschaft.

2022/3/S/WIFO-Projektnummer: 12120

© 2022 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Hersteller: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung,
1030 Wien, Arsenal, Objekt 20 • Tel. (+43 1) 798 26 01-0 • <https://www.wifo.ac.at/> • Verlags- und Herstellungsort: Wien

Verkaufspreis: 70 € • Kostenloser Download: <https://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/69435>

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	1
1. Einleitung	8
2. Funktionen der Landwirtschaft im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung	11
2.1 Definition von Ökosystemleistungen	12
2.2 Klassifizierung und Bewertung von Ökosystemleistungen	13
2.3 Nature's Contributions to People	15
2.4 Ökosystemleistungen im Kontext von Nahrungsmittelsystemen und Klimawandel	17
2.5 Kurzdarstellung relevanter Ökosystemleistungen	18
2.5.1 Biodiversität	18
2.5.2 Bereitstellung von Lebensraum	21
2.5.3 Bestäubung	22
2.5.4 Genetische Ressourcen	22
2.5.5 Landnutzung und Bodenschutz	22
2.5.6 Wasserbereitstellung und -qualität	24
2.5.7 Ernährungssicherheit und Gesundheit	26
2.5.8 Luftqualität und Gesundheit	29
2.5.9 Klimastabilität	31
2.5.10 Schutz vor Naturgefahren, Schädlingen und Krankheiten	33
2.5.11 Kulturelle Leistungen und Landschaftspflege	35
2.6 Zusammenfassung	36
3. Auswirkungen von Umweltauflagen auf die heimische Produktion	37
3.1 Historische Entwicklung der GAP	37
3.2 Kontextfaktoren der GAP-Förderungen	38
3.2.1 Umweltrelevante Gesetzgebung und Gründe der Teilnahme an Umweltprogrammen	39
3.3 Auswirkungen von Direktzahlungen auf die landwirtschaftliche Produktion am Beispiel Greening der 1. Säule	41
3.4 Trade-Offs ökologischer und ökonomischer Ziele der GAP am Beispiel der umwelt- und klimarelevanten Förderungen der 2. Säule	42
3.5 Produktions- und Produktivitätswirkungen der GAP-Förderungen	44
3.5.1 Auswirkungen auf einzelbetriebliche Einkommen und Produktionsentscheidungen	44
3.5.2 Gesamtwirtschaftliche Sicht	45
3.5.3 Folgen für den EU-Agrarhandel	47
3.6 Umweltregulierende Instrumente in der GAP-Periode 2023-2027	49
3.7 Ziele des Europäischen Green Deal	50
3.8 Mögliche Auswirkungen auf den Agrarsektor	52
3.9 Diskussion ausgewählter Maßnahmen des Green Deal und des Beitrags der GAP zur Zielerreichung	53

3.9.1	GAP Governance	54
3.9.2	Klimaschutz und internationaler Handel	55
3.9.3	Biologische Landwirtschaft	57
3.9.4	Nährstoffmanagement und Pestizide	57
3.9.5	Biodiversität	58
3.9.6	Nachhaltigkeit und Verbraucher	59
3.9.7	Just Transition	60
3.10	Zusammenfassung	61
4.	Regionaler versus Internationaler Handel mit Agrargütern	63
4.1	Agraraußenhandel und externe Umwelteffekte	63
4.2	Instrumente der Nachhaltigkeit im internationalen Agrargüterhandel	67
4.3	Internationale Wertschöpfungsketten und Konsumbasierte Treibhausgasbilanzierung	68
4.4	Lebenszyklusanalysen der Treibhausgasemissionen von Rindfleisch	70
4.5	Zusammenfassung	72
5.	Lösungsbeiträge der Landwirtschaft	75
5.1	Alternative Bewirtschaftungsverfahren und Kohlenstoffsequestrierung in Böden	76
5.1.1	Ökologischer Landbau	76
5.1.2	Kohlenstoffsequestrierung in Böden	78
5.2	Nachfrageseitige Handlungsoptionen: Änderung des Ernährungsverhaltens	82
5.3	Angebotsseitige Handlungsoptionen: Technologien für den Klimaschutz	83
5.3.1	Precision Farming	83
5.3.2	Gentechnik und Fleischersatzprodukte	84
5.4	Zusammenfassung	85
6.	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	86
7.	Literaturverzeichnis	88

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nutzung und Bereitstellung von Ökosystemleistungen durch den Agrarsektor	14
Abbildung 2: Verflechtungen zwischen Ökosystemen, Klima-, Nahrungsmittel-, und sozioökonomischem System	17
Abbildung 3: Verteilung der wichtigsten landwirtschaftlichen Belastungen für Lebensräume und Arten	20
Abbildung 4: Wasser – Treiber, Belastungen, Status, Ökosystemleistungen und Politikziele	26
Abbildung 5: Beitrag zu den Emissionen der EU-28 der Hauptquellsektoren 2018 der wichtigsten Luftschadstoffe	30
Abbildung 6: GAP-Ausgabenkategorien und Reformen	38
Abbildung 7: Anteil von Umwelt- und Klimaschutz an den Ausgaben für Ländliche Entwicklung (EU 27), 2018	43
Abbildung 8: Produktionsvolumina EU 27 und Österreich	46
Abbildung 9: Wachstumstreiber der globalen Agrarproduktion	47
Abbildung 10: Agrarhandel der EU 27	48
Abbildung 11: Österreichischer Agrarhandel nach KNO-Nomenklatur (Kap. 1-24), 2010-2020	64
Abbildung 12: Österreichischer Agrarhandel nach KNO-Nomenklatur (Kap. 1-24) mit MERCOSUR, 2010-2020	65
Abbildung 13: Agraraußenhandel nach Gütergruppen mit den MERCOSUR 5, 2010-2020	66
Abbildung 14: Integrierte Reaktionsoptionen in Bezug auf Klima, Land und Ernährung	75

Executive Summary

Der Agrarsektor ist von den Auswirkungen des Klimawandels direkt betroffen und trägt zugleich zur Freisetzung von Treibhausgasen (THG) bei. Durch wärmere Mittel- und Extremtemperaturen, veränderte Niederschlagsregime und erhöhte CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre wirkt sich der Klimawandel bereits heute nachteilig auf die Ernährungssicherheit aus.

Der Landwirtschaft kommt eine entscheidende Bedeutung bei der Bewältigung der Klimakrise und in der Ernährungssicherheit zu. Sowohl im Pariser Klimaübereinkommen als auch in den UN-Nachhaltigkeitszielen (SDGs) wird die Wichtigkeit betont, angesichts des Klimawandels die Ernährungssicherheit zu gewährleisten. Eine steigende Nachfrage nach Agrarproduktion und eine wachsende Flächenkonkurrenz mit Siedlungsstrukturen und agrarischen Rohstoffen für erneuerbare Energie führen zu einer Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktionssysteme mit potentiell negativen Auswirkungen auf die Ökosysteme und ihre Leistungen.

In der Landwirtschaft der EU 28 wurden 2019 427,6 Mt CO_{2eq} emittiert (10,5% der gesamten EU-Treibhausgasemissionen), davon 43,3% Methan (CH₄) aus der enterischen Fermentation (Österreich 56,8%), 38,4% Lachgas-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (N₂O; Österreich 27,6%) sowie 14,6% Düngbewirtschaftung (CH₄ und N₂O; Österreich 13,6%). Der Anteil der österreichischen Landwirtschaft an den gesamten Treibhausgasemissionen ist seit 1990 leicht zurückgegangen (von 10,4% auf 9,0%), wobei das Niveau im Zeitablauf ebenfalls eine leicht abnehmende Tendenz zeigt (von 8,1 auf 7,2 Mt CO_{2eq}). Von 1990 bis 2019 konnten die agrarischen Treibhausgasemissionen in Österreich im Vergleich zum EU 28-Durchschnitt (ca. -20%) nur um etwa 12% gesenkt werden.

Die Bereitstellung von Nahrungs- und Futtermitteln ist die Hauptfunktion der Landwirtschaft. Die Landwirtschaft erfüllt darüber hinaus andere wichtige Funktionen. Sie trägt zum Erhalt der Ökosystemleistungen bei, leistet einen Beitrag zur ländlichen Entwicklung und zur Landschaftspflege. Zu den von der Natur bereitgestellten Ökosystemleistungen zählen u. a. die Reinigung von Luft, Boden und Wasser, die Erhaltung fruchtbarer Böden oder die Bestäubung durch Insekten bzw. generell der Erhalt der Biodiversität. Ökosystemleistungen bilden die Grundlagen für das menschliche Wohlbefinden und die wirtschaftliche Entwicklung. Jede Interaktion des Menschen mit seinen Ökosystemen hat Auswirkungen auf die Integrität, Funktionsweise und Resilienz von Ökosystemleistungen. Als wichtigste Verbindung zwischen diesen Funktionen können das Ernährungs- und Landwirtschaftssystem dazu beitragen, mehrere Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDG) zu erreichen, wie u. a. Vermeidung von Armut und Hunger (SDG 2), Gesundheit und Wohlbefinden (SDG 3), Zugang zu sauberem Wasser (SDG 6), Verantwortungsvoller Konsum und Produktion (SDG 12) oder Klimaschutzmaßnahmen (SDG 13).

Agrar- und Lebensmittelfragen sind zunehmend bereichsübergreifend zu betrachten. Der Landwirtschaft kommt in der Erhaltung der Ökosystemleistungen wegen ihrer umfangreichen Flächennutzung eine bedeutende Rolle zu.

Regenerative Formen der Landwirtschaft (z. B. agrarökologisch, organisch, biodynamisch, integriert) bieten die Chance, Böden mit Kohlenstoff und Mikrobiota wiederherzustellen und aufzufüllen und als Kohlenstoffsенke zu stärken. Dies nützt auch der landwirtschaftlichen

Produktion, die von Ökosystemleistungen wie fruchtbarem Boden, Wasserverfügbarkeit oder Bestäubung profitiert.

Nicht alle Ökosystemleistungen haben einen Markt (wie Lebens- und Futtermittel, Biomasse), sondern sind öffentliche Güter (z. B. Agrobiodiversität, Wasserbereitstellung, Kulturlandschaften, Erholung und Erleben in der Natur). Die Kosten der Umweltfolgen etwa der Nahrungsmittelerzeugung sind selten in den Verbraucherpreisen eingerechnet. Bewertungstools ermöglichen es, den ökonomischen Wert für die Gesellschaft zu veranschaulichen und der Politik Instrumente zur Verfügung zu stellen, um die öffentlichen Güter bei Entscheidungsprozessen zu berücksichtigen.

Agrarische Produktionsentscheidungen hängen wegen der großen Bedeutung der Subventionen für die Einkommen, neben Änderungen von Technologie und Marktbedingungen, besonders von den agrar- und fiskalpolitischen Rahmenbedingungen ab. Die Agrarpolitik wiederum verfolgt ein breites Zielspektrum: Sie fördert die Effizienz und korrigiert Marktversagen, fördert die Einkommensgerechtigkeit, sorgt für die Bereitstellung öffentlicher Güter für die Gesellschaft und fördert die Ernährungssicherheit.

Während die nationalen und EU-Förderungen für die Landwirtschaft anfänglich v.a. auf die Produktionssteigerung und Einkommensstützung abzielte, gewinnt der Fokus auf die Entschädigung der Bereitstellung von ökologischen öffentlichen Gütern zunehmend an Bedeutung. Im Hinblick auf die Transformation zu einem nachhaltigen Landwirtschafts- und Ernährungssystem muss die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) umfassend dazu beitragen, die Landwirtinnen und Landwirte auch ökonomisch in die Lage zu versetzen, ihren Beitrag zur Erreichung der Ziele in Bezug auf Klima-, Tier- und Bodenschutz, Luft- und Wasserreinhaltung sowie Biodiversität zu leisten und die Umwelt umfassend zu schützen.

Die Komplexität sowie die wiederkehrenden Revisionen der EU-Förderstrukturen und der unterschiedlichen nationalen bzw. regionalen Umsetzungsmaßnahmen, aber auch unterschiedlichen Betriebsformen erschweren die Abschätzung der direkten Auswirkungen von Umweltauflagen auf die landwirtschaftliche Produktivität und die entsprechenden Umwelt- und Klimawirkungen. Umweltauflagen reduzieren manche Inputfaktoren (z. B. Land durch verpflichtende Blüh- und Brachflächen), hemmen die Produktivität (weniger Düngereinsatz) oder beschränken den Handel (Zölle für bestimmte Lebensmittel) bzw. erhöhen die Kosten der Produktionsfaktoren. Auf der Produzentenseite spielen u. a. die Erhöhung der Produktivität durch innovative Produktionsmethoden, sowie die Kosten für Inputfaktoren wie z. B. Rohöl- oder Düngemittelpreise eine Rolle. Aber auch die Wirkung von Maßnahmen wie die Quoten für Bioenergie aus Anbaubiomasse (Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2009/28/EG) nehmen Einfluss auf die Produktion. Und schließlich beeinflussen die durch den Klimawandel selbst ausgelösten Folgen entscheidend die Erträge der landwirtschaftlichen Produktion, negativ z. B. durch Erosion, Trockenheit, extreme Wetterereignisse, etc., aber auch positiv in gemäßigten Klimazonen.

Ein erheblicher Teil des EU-Haushalts ist für die Verwirklichung der klima- und umweltbezogenen Ziele der EU bestimmt. Für die meisten Umweltthemen, die auch die Landwirtschaft betreffen, gibt es EU-weite Richtlinien, wie z. B. die Wasserrahmenrichtlinie bzw. die Nitrat- und Pestizidrichtlinie, die Natura 2000 Richtlinie, die NEC-Richtlinie (Ammoniak), die

"Naturschutzrichtlinien" und die "Effort-Sharing Decision" für Treibhausgasemissionen in nicht-ETS Sektoren. Sie stehen hinsichtlich der Zielvorgaben in einem engen Kontext mit der Gemeinsamen Agrarpolitik.

Das umweltrelevante Fördersystem der GAP beruht auf dem "Provider-gets Principle" bzw. "Payment for Ecosystem Service" (PES), nachdem der Dienstleistungsanbieter (Betrieb) dafür die Bereitstellung einer Ökosystemleistung garantieren muss. Eine entscheidende Frage ist, ob die "richtigen" Anreize (Prämien, Förderungen) genügen, um freiwillig genug nachhaltige/umweltgerechte Produktion zu gewährleisten oder ob verpflichtende Gesetzgebung mehr Wirkung zeigt. Finanzielle Anreize (unterstützt durch Information und Beratung, begünstigt durch entsprechende technische und politische Maßnahmen) könnten die Adoption von Innovationen und einen Wandel landwirtschaftlicher Systeme in Richtung Agrarökologie und Biolandwirtschaft (bzw. nachhaltige Intensivierung) fördern und kommen den landwirtschaftlichen Einkommen zugute.

Der Landwirtschaftssektor hatte seit 2005 kaum Anteil an den Treibhausgasreduktionen in den Effort-Sharing-Sektoren, weswegen erhebliche Anpassungen erforderlich sind, um zur Erreichung des übergeordneten –55%-Ziels bis 2030 im Rahmen des Green Deal entsprechend beizutragen. Andere politische Maßnahmen sollen der GAP helfen, die derzeitigen Hindernisse für die Landwirtschaft bei der Erreichung ihrer Emissionsreduktionsziele zu überwinden, z. B. durch Ausbau des Emissionshandels, effektive CO₂-Bepreisung, Aufforstung, Kohlenstoffspeicherung, Biogaserzeugung und Solarpaneele. Die Analyse der Faktoren, die die Entwicklung der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen in der Vergangenheit erklärt haben zeigt, dass die Tierproduktion deutlich reduziert und die pflanzlichen Produktionssysteme weniger Düngemittel verwenden müssen.

Durch das Prinzip "öffentliches Geld für öffentliche Güter" gilt die 2. Säule der GAP als der ökologische und soziale Teil der EU-Agrarpolitik. Neben strukturellen und wettbewerbsfördernden Maßnahmen enthält sie bedeutende Umweltschutzmaßnahmen (Mindestens 30% für Umwelt- und Klimaziele). Der Anteil der Ausgaben für Ländliche Entwicklung für Umwelt und Klima betrug 2018 in der EU 27 55% und in Österreich 67%.

Die Ausgestaltung der Fördermaßnahmen für das Programm der Entwicklung des ländlichen Raums ist inhaltlich und regional wesentlich breiter gestreut als in der 1. Säule und daher kann es auch zu gegenläufigen Wirkungen kommen, also z. B. zu Trade-Offs zwischen ökonomischen und ökologischen Zielen. Modellschätzungen deuten darauf hin, dass die Ausgaben für ökologische Dienstleistungen die landwirtschaftliche Produktivität insgesamt verringern. In Hinblick auf die Emissionswirkung könnte die Erreichung des Ziels der Produktionssteigerung (damit höhere Wertschöpfung und Beschäftigung) mit einem höheren Energieverbrauch und Emissionsniveau aus der Bodennutzung, dem Düngermanagement und der Tierhaltung verbunden sein. Die Forcierung der Verwendung erneuerbarer Energieträger oder die Steigerung der Energieeffizienz reichen möglicherweise nicht aus, um durch andere Maßnahmen induzierte Erhöhungen von Treibhausgasen zu kompensieren. Seit dem Jahr 1995 werden in Österreich auf breiter Ebene extensive Bewirtschaftungsformen gefördert (z. B. biologische Landwirtschaft, Verzicht auf Mineraldünger und Pflanzenschutzmittel). Dies führt erwartungsgemäß zu einer Senkung der Durchschnittserträge, wie dies auch an verschiedenen Kulturarten (z. B. Menggetreide) in

einzelnen Bundesländern zu beobachten ist. Mehrere nicht-landwirtschaftliche Politiken der EU ziehen Land aus der EU-Produktion ab und erhöhen potentiell die Agrarpreise, wodurch mögliche GAP-Effekte, die die landwirtschaftliche Produktion erhöhen, kompensiert werden. Dazu gehören die Produktion von Biokraftstoffen und Biomasse, die klimarelevante Aufforstung, der Schutz von Lebensräumen aus Gründen der Biodiversität, und Verwendung von biologischen Rohstoffen für industrielle Zwecke.

Um den aktuellen gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Herausforderungen, nicht zuletzt durch COVID-19 und die Frage der Resilienz, zu begegnen, sieht der Gesetzesvorschlag für die künftige GAP-Periode 2023-2027 eine Abkehr von detaillierten Vorgaben auf EU-Ebene hin zu mehr Gestaltungsspielraum der Mitgliedstaaten vor, um die gemeinsamen Ziele an die lokalen Gegebenheiten angepasst erreichen zu können ("New Delivery Model"). In nationalen Strategieplänen für beide Säulen müssen Ziele umgesetzt werden, die alle drei Dimensionen (Wirtschaft, Umwelt und Soziales) der Nachhaltigkeit abdecken, sowie ein Querschnittsziel zu Wissen und Innovation enthalten.

Werden alle Maßnahmen dieser "grünen Architektur" ambitioniert ausgestaltet und an den übergeordneten Zielen im Zusammenhang mit dem Green Deal ausgerichtet, werden EU-weit Minderungswirkungen bis 2030 im Bereich von bis zu 101 Mio. t CO_{2eq} der landwirtschaftlichen Emissionen erwartet (ca. -26%), ein wesentlicher Teil davon über die Eco-Schemes (72 Mio. t CO_{2eq}) (vgl. Scheffler und Wiegmann, 2020).

Mit dem Europäischen Green Deal will die EU-Kommission Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent machen. Der Weg soll über eine effiziente Ressourcennutzung durch den Übergang zu einer sauberen und kreislaforientierten Wirtschaft sowie der Wiederherstellung der Biodiversität und der Bekämpfung der Umweltverschmutzung führen. Der Aktionsplan beinhaltet u. a. mehrere Teilstrategien: Vom Hof auf den Tisch ("Farm to Fork"), eine Biodiversitätsstrategie, ein Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft, die jeweils für die Landwirtschaft und ländliche Regionen relevante Probleme beinhalten. Teil des EU-Klimapakets ist auch eine Anpassung der EU-Verordnung über Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF). Ab 2026 sollen Kohlenstoffsinken von 310 Mio.t CO_{2eq} geschaffen werden und ab 2035 der gemeinsame Landnutzungssektor (AFOLU: Agriculture, Forestry and Other Land Use) klimaneutral sein.

Mit der Farm-to-Fork-Strategie soll das EU-Lebensmittelsystem zu einem globalen Maßstab für Nachhaltigkeit werden, jedoch unter der Gefahr, dass ein beträchtlicher Teil der Treibhausgas-minderung aber aufgrund von Leakage-Effekten erreicht wird.

Quantifizierte Ziele des Green Deal finden sich vorwiegend in der Farm-to-Fork-Strategie, u. a. in Bezug auf Pestizid- und Düngemiteleinsatz, Verwendung antimikrobieller Mittel, Anteil der biologisch bewirtschafteten Nutzflächen, Verbesserung des Tierschutzes, Erhöhung der biologischen Vielfalt und Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. Die ganze Wertschöpfungskette der Nahrungsmittelproduktion und -verarbeitung soll nachhaltig gestaltet, Lebensmittelbetrug und -verschwendung bekämpft werden.

Da die EU ein bedeutender landwirtschaftlicher Produzent und Teilnehmer am internationalen Agrarhandel ist, wird dieser Politikwechsel wahrscheinlich die internationalen Märkte für

landwirtschaftliche Agrarrohstoffe und folglich das gesamte Lebensmittel- und Landwirtschaftssystem beeinflussen. Modellierungsergebnisse verdeutlichen eine Reihe von Trade-Offs der ökologisch hochgesteckten Ziele des Green Deal für die Wirtschaft und die verschiedenen Akteure der Lebensmittelkette.

Die EU-Agrarproduktion könnte demnach sinken und die Endverbraucherpreise signifikant steigen. Die Erreichung dieser Ziele zieht grundsätzlich positive Umwelteffekte nach sich (u. a. –20 bis 30% weniger Treibhausgase, Reduktion bei Ammoniakemissionen und Bruttonährstoffüberschuss), jedoch unter der Gefahr, dass ein beträchtlicher Teil der Treibhausgasreduzierung aber aufgrund von Leakage-Effekten erreicht wird (vgl. Beckman et al., 2020; Barreiro-Hurle et al., 2021).

Ein Konsens besteht, dass die ambitionierten Ziele des Green Deal eine Notwendigkeit zur Umstellung von Ernährungsgewohnheiten und zur Reduktion von Lebensmittelverschwendung ebenso einschließen wie eine Abschwächung eventueller Leakage-Effekte durch geringere Produktionsniveaus in der EU. Das kann auf der Nachfrageseite erreicht werden durch Steuerreformen, Informationskampagnen, Green Procurement, konsequentes Labelling; auf der Produzentenseite durch angemessene Fördersysteme, Nutzung von Technologie und Beratung zur Produktivitätssteigerung sowie im Außenhandel durch Begrenzung nicht nachhaltiger Importe (mittels Zöllen, Standards) sowie nachhaltigkeitsfördernde Maßnahmen in den Ursprungsländern.

Die gesamtwirtschaftliche Bewertung, dass Handel den Wohlstand fördert und dadurch Chancen für Entwicklung und Austausch eröffnet, gilt auch für den Agraraußenhandel. Der internationale Agrarhandel wird durch Ausnutzung komparativer wirtschaftlicher Vorteile gestützt, wie günstige Standortbedingungen (Boden, Temperatur, Niederschlag), technisches Know-how, qualifizierte Fachkräfte, gute Infrastruktur für die landwirtschaftliche Produktion ebenso wie niedrige Produktionskosten. Die mit dem weltweiten Austausch von agrarischen Rohstoffen verbundenen externen Umwelteffekte in Drittstaaten sind insbesondere hinsichtlich der induzierten Treibhausgasemissionen kritisch zu sehen. Vor allem Effekte auf die Umwelt und die Arbeitsbedingungen in den Erzeugerländern stehen in der Kritik und sind relevante Faktoren für die Beurteilung der Nachhaltigkeit von internationalen Wertschöpfungsketten und Handelsbeziehungen.

Im internationalen Agrarhandel, der als Bindeglied zwischen landwirtschaftlichen Produktionsweisen in verschiedenen Teilen der Welt gilt, werden Kriterien wie Nachhaltigkeit und Resilienz bisher jedoch kaum berücksichtigt. Der internationale Handel mit Agrargütern könnte die Ziele der Nachhaltigkeit und Resilienz in der Nahrungsmittelproduktion positiv beeinflussen. Es kommt auf die Ausgestaltung der Handelsregime an. Als ein Mechanismus der Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien im internationalen Handel wird jüngst das Instrument des CO₂-Grenzausgleichsmechanismus diskutiert, der die Einfuhren in die EU mit einer Abgabe, die ihrem CO₂-Gehalt entspricht, belastet. Da er an den Emissionshandel der EU angelehnt werden soll, wird er jedoch nur auf Güter der ETS-Sektoren entfallen. Die Landwirtschaft gehört nicht dazu und unterliegt somit auch in naher Zukunft nicht den Regelungen eines CO₂-Grenzausgleichsmechanismus.

Der internationale Handel mit Agrargütern braucht Ansätze, um auf die Ziele der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft ausgerichtet zu werden. Ein möglicher Ansatzpunkt wäre es, das Thema Nachhaltigkeit in internationalen Handelsabkommen, etwa mit dem Mercosur, verbindlich zu verankern. Die Nachhaltigkeit von landwirtschaftlichen Produktionssystemen und der Schutz von Ökosystemen müssten von den Vertragsparteien von Handelsabkommen explizit vereinbart und überwacht werden. In der Literatur wird weiters vorgeschlagen, dass Unternehmen der Futtermittelindustrie und des Agrarhandels Verantwortung für einen nachhaltigen Agrarhandel übernehmen sollten. Entsprechende Sorgfaltspflichten könnten in europäischen und nationalen Lieferkettengesetzen wirksam und einklagbar verankert werden.

Nationale Treibhausgasinventuren berücksichtigen ausschließlich die produktionsbedingten Emissionen, die auf dem nationalen Hoheitsgebiet entstehen, und vernachlässigen die Treibhausgasemissionen des Verbrauchs von importierten Produkten und Vorleistungen. Die Handelsströme verlagern einen erheblichen Teil der Umweltbelastungen von den Verbrauchern zu den Produzenten. Fast ein Drittel des Materialverbrauchs und ein Viertel der globalen THG-Emissionen werden durch den Handel in andere Länder verlagert. Die EU-Länder verlagern weit mehr Umweltbelastungen in den Rest der Welt verglichen mit den Belastungen, die vom Rest der Welt in die EU verlagert werden. Um die Ziele des Pariser Klimaschutzübereinkommens zu erreichen, wird es nicht ausreichen, nur produktionsseitig die Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Vielmehr muss der Fokus verstärkt auch auf die konsumbasierten Treibhausgasemissionen gerichtet und somit die Gesamtheit der Emissionen von Konsumgütern und -dienstleistungen betrachtet werden.

Die Ansatzpunkte und Lösungsbeiträge der Landwirtschaft zu Klimaschutz und Resilienz in den Nahrungsmittelsystemen sind vielfältig und oftmals sektorübergreifend, d. h. systemisch wirksam (THG Emissionsreduktion in Energie, Industrie, Transport). EU-weit soll 2021 eine Carbon Farming-Initiative zur Förderung eines neuen Geschäftsmodells für klimafreundliche Praktiken in der Landbewirtschaftung starten. Außerdem soll ein Plan für ein integriertes Nährstoffmanagement entwickelt werden, mit dem bis 2030 die Nährstoffverluste um mindestens 50% und der Einsatz von Düngemitteln um mindestens 20% reduziert werden sollen.

Alternative Bewirtschaftungsformen können durch Humusaufbau die Reduktion von THG-Emissionen und eine nachhaltige Steigerung des C-Vorrats und der Wasserhaltekapazität in den Böden bewirken. Beispiele dafür sind der ökologische Landbau. Ein wichtiger potenzieller Beitrag ökologisch bewirtschafteter Systeme zur Eindämmung des Klimawandels liegt in der sorgfältigen Bewirtschaftung der Nährstoffe und damit in der Verringerung der N₂O-Emissionen aus den Böden. Der Biolandbau erbringt eine Vielzahl von erwünschten Ökosystemleistungen über den Klimaschutz hinaus. Systemübergreifende Ansätze wie Änderungen der Ernährungsgewohnheiten, insbesondere ein geringerer Konsum von tierischem Eiweiß, und eine Verringerung der Lebensmittelabfälle können die Nachteile eines höheren Flächenbedarfs des Biolandbaus ausgleichen.

Der ökologische Landbau bietet auch ein großes Potenzial für den Aufbau widerstandsfähiger und resilienter Nahrungsmittelsysteme angesichts von klimatischen Risiken wie Extremwetterereignissen durch den Aufbau der Bodenfruchtbarkeit mit organischen Stoffen. Die stetig wachsende Nachfrage nach biologisch erzeugten Lebensmitteln zusammen mit der Förderung aus

der 2. Säule der GAP ermöglichen einer steigenden Zahl von Betrieben in dieser Wertschöpfungskette eine wirtschaftliche Existenz zu etablieren.

Die Sequestrierung von Kohlenstoff bzw. die Erhöhung des "soil organic carbon" (SOC) durch Humusaufbau spielt eine wichtige Rolle bei der Diskussion über terrestrische Kohlenstoffsenken und Klimaschutz ("4-per-mille" Initiative). Die Größe des SOC-Pools ist eine von mehreren Qualitätsmaßstäben für die pflanzliche Produktion und die nationale und regionale Ernährungssicherheit. Eine verbesserte Bodenbewirtschaftung zur Vermeidung von Bodendegradation wird zunehmend angestrebt, um die Ernährungssicherheit für die wachsende Weltbevölkerung zu gewährleisten, mit dem Nebeneffekt, dass Kohlenstoff in den Böden gespeichert und damit Klimaschutz betrieben wird. Globale Klimamodelle deuten darauf hin, dass das Pariser Klimaziel nur mit negativen Emissionen, d. h. mit der Entfernung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre, erreicht werden kann.

Die Änderung des Ernährungsverhaltens ist in Hinblick auf den Flächenverbrauch sowie den virtuellen Flächenimport und die indirekten Landnutzungsänderungen bedeutsam. Der überwiegende Teil der Emissionen aus der Landwirtschaft stammt aus der Tierhaltung, insbesondere der Rinderhaltung. Daher ist zur Verringerung des Methanausstoßes notwendig, dass der Konsum und damit einhergehend die Produktion tierischer Lebensmittel zurückgehen. Flächenwirksame Änderungen im Ernährungsverhalten können eine geringere Produktivität des ökologischen Landbaus ausgleichen. Das gleiche gilt für die Verringerung von Nahrungsmittelabfällen. Die Internalisierung der Umweltkosten der Produktion von Lebensmitteln und Rohstoffen in die Verbraucherpreise würde aller Wahrscheinlichkeit nach die Nachfrage nach Produkten mit geringeren Umweltauswirkungen anregen.

Innovationen in der Lebensmittelproduktion können den Beitrag der Landwirtschaft zum Klimawandel und zu Landnutzungsänderungen verringern, etwa durch Methoden wie Präzisionslandwirtschaft oder vertikale Landwirtschaft. Das übergeordnete Ziel der Präzisionslandwirtschaft besteht darin, die Produktion zu optimieren, indem die Variabilität landwirtschaftlicher Systeme berücksichtigt und der Einsatz von Betriebsmitteln verringert wird, um unnötige Anwendungen zu vermeiden. Die vertikale Landwirtschaft zielt darauf ab, die Ernteerträge pro Flächeneinheit zu steigern und den Druck auf herkömmliche landwirtschaftliche Flächen zu verringern, indem bodenfreie Wachstumssysteme in streng kontrollierten Umgebungen eingesetzt werden.

Die Faktenlage zum Thema Landwirtschaft, Klimawandel und Ernährungssicherheit liefert überzeugende Beweise, dass die gegenwärtigen Ernährungssysteme nicht nachhaltig sind und dass ein grundlegender und systemischer Wandel in der Erzeugung und Verarbeitung der Nahrungsmittel erfolgen muss, um die landbasierten Ökosystemleistungen widerstandsfähig zu machen und damit die Ernährungssicherheit zu stärken. Einschlägige Literaturquellen empfehlen eine Abkehr von der industriellen, allein auf Produktivitätssteigerungen ausgerichteten Landwirtschaft durch ihre umfassende Ökologisierung. Agrarsubventionen sollten immer an ökologische Verbesserungen geknüpft werden, die möglichst auf multifunktionale Produktionssysteme setzen. Flächenbasierte Direktzahlungen sollten in Zahlungen für Ökosystemleistungen umgewandelt werden.

Das Agrar- und Ernährungssystem muss so ausgestaltet werden, dass die Steigerung der positiven Wirkungen und die Vermeidung schädlicher Effekte auf Klima, Umwelt, Biodiversität,

Tierwohl und menschliche Gesundheit im unternehmerischen Interesse der landwirtschaftlichen Produzenten liegen. Die Politik sollte ihr gesamtes Instrumentarium von der Regulierung über die Agrarverwaltung bis hin zur finanziellen Förderung kohärent anwenden und auch mit anderen Politikfeldern, wie u. a. der Handels-, Verbraucher-, oder Bildungspolitik abstimmen.

1. Einleitung

Der Agrarsektor ist von den Auswirkungen des Klimawandels direkt betroffen und trägt zugleich zur Freisetzung von Treibhausgasen (THG) und somit zum anthropogenen Klimawandel bei. Eine wachsende Zahl von Studien legt nahe, dass der Klimawandel die landwirtschaftliche Produktivität weltweit bereits über viele Mechanismen beeinträchtigt, vor allem durch wärmere Mittel- und Extremtemperaturen, veränderte Niederschlagsregime und erhöhte CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre. Dies wirkt sich bereits heute nachteilig auf die Ernährungssicherheit aus (Jägermeyr et al. 2021, Mbow 2019). Der Landwirtschaft kommt daher eine entscheidende Bedeutung bei der Bewältigung der großen klimatischen Veränderungen zu, mit denen wir derzeit konfrontiert sind und die sich in Zukunft wahrscheinlich noch verschärfen werden. Sowohl im Pariser Klimaübereinkommen als auch in den UN-Nachhaltigkeitszielen (SDGs) wird betont, wie wichtig es ist, angesichts des Klimawandels die Ernährungssicherheit zu gewährleisten (FAO 2019a).

Eine nachhaltige Klimaschutzstrategie im Bereich der Landwirtschaft erfordert Antizipation, Planung und langfristiges Denken sowohl hinsichtlich der Anpassung an den Klimawandel als auch in Hinblick auf die Vermeidung von Treibhausgasemissionen, und zwar von der Ebene der landwirtschaftlichen Betriebe bis hin zur transnationalen Ebene (Mbow 2019, Meyer und Sinabell 2011).

Nach Angaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)¹ wird etwa ein Viertel aller anthropogenen Treibhausgasemissionen weltweit durch die Land- und Forstwirtschaft sowie durch Landnutzungsänderungen verursacht. Die Mehrzahl der Länder räumt der Landwirtschaft infolgedessen eine bedeutende Rolle bei der Abschwächung und Anpassung an den Klimawandel ein. Nahezu 80% der ‚Nationally Determined Contributions‘ (NDC), der Beiträge zur Erfüllung der Verpflichtungen des Pariser Klimaabkommens, enthalten Aktionspläne zur Minderung des Klimawandels in der Landwirtschaft, während 90% der NDCs, die Anpassungsmaßnahmen vorsehen, den Agrarsektor als prioritären Bereich für Klimaschutzmaßnahmen ausweisen (FAO 2019a).

Darüber hinaus wirken eine Vielzahl wirtschaftlicher, politischer und sozialer Faktoren, einschließlich des weltweiten Handels und seiner räumlichen Trennung von landwirtschaftlicher Produktion und Konsum einerseits und seinen wirtschaftlichen und ökologischen Gewinnen bzw. Verlusten andererseits (IPBES, 2019) und beeinträchtigen die Ernährungssicherheit. In der Literatur werden die folgenden Rahmenbedingungen und globalen Megatrends zum Agrar- und Ernährungssektor identifiziert (u. a. EEA, 2019a; EEA 2015):

¹ Zwischenstaatliches Gremium für Klimaänderungen: <https://www.ipcc.ch/>.

- Aufgrund des Bevölkerungswachstums (auch innerhalb der EU) steigt der Bedarf an Lebensmitteln, Wasser und verbauten Landflächen
- Die Urbanisierung und zunehmende Versiegelung von produktiven Flächen bewirken, dass die Versorgung der Bevölkerung mit selbst produzierten Agrargütern (Subsistenz, Autarkie) an Bedeutung verliert. Dafür nimmt der Anteil der international gehandelten Lebensmittel sowie der Anteil der verarbeiteten Produkte und von Convenience Food zu.
- Wirtschaftswachstum verschafft breiten Bevölkerungsschichten steigende Einkommen, sodass die Nachfrage nach höherwertigen und energieintensiven Lebensmitteln (Fleisch, Milchprodukte, Pflanzenöle) steigt. Auch (medial vermittelte) Ernährungstrends und soziokulturelle Faktoren haben einen Einfluss auf den Ernährungsstil.
- Die verstärkte Verwendung agrarischer Rohstoffe als Energieträger und der Bedarf an Futtermitteln steigert die Nachfrage nach Agrargütern und Fläche zusätzlich.
- Steigende Nachfrage und Flächenkonkurrenz führt zu einer Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktionssysteme mit potenziell negativen Auswirkungen auf die Ökosysteme und ihre Leistungen
- Technologischer Fortschritt und Digitalisierung führen potenziell zu Produktivitätszuwächsen und Ressourceneffizienz
- Klimawandel, Belastung der Ökosysteme, Verlust der Biodiversität und Umweltzerstörung nehmen zu und beeinflussen die Resilienz der landwirtschaftlichen Produktionssysteme wie auch umgekehrt die moderne, industrielle Landwirtschaft zu Klimawandel, Belastung der Ökosysteme, Verlust der Biodiversität und Umweltzerstörung beiträgt.

Viele landwirtschaftliche Praktiken können verbessert werden, um die Anpassung an den Klimawandel im gesamten Ernährungssystem zu verbessern. Zu den Optionen auf der Angebots-/Produktionsseite gehören die Erhöhung der organischen Bodensubstanz und Erosionskontrolle, das Management von Anbauflächen, Viehzucht und Weideflächen sowie eine klimaorientierte Sortenwahl und Fruchtfolge für eine verbesserte Toleranz gegenüber Hitzestress und Dürre. Auf der Nachfrage-/Konsumseite können Verhaltensänderungen, wie z. B. eine gesunde und nachhaltige Ernährung mit reduziertem Verbrauch von tierischem Eiweiß und eine Verringerung von Nahrungsmittelverlusten und -abfällen, zur Klimawandelanpassung beitragen, indem sie die für die Nahrungsmittelproduktion benötigte zusätzliche Landfläche und die Vulnerabilität des Ernährungssystems verringern.

Maßnahmen der Anpassung an den Klimawandel stellen dabei häufig zugleich auch Managementpraktiken dar, die zu einer erhöhten Speicherung von Kohlenstoff im Boden sowie zu einer Verringerung der mit der landwirtschaftlichen Produktion einhergehenden Treibhausgasemissionen führen. Um Anpassung und Klimaschutz (Vermeidung des Klimawandels) in der Landwirtschaft und im Ernährungssystem zu ermöglichen, müssen anreizkompatible politische und institutionelle Rahmenbedingungen geschaffen werden (Mbow et al., 2019).

Vor diesem Hintergrund ist derzeit eine intensive und oftmals kontroverse Debatte zum Nexus Klimawandel, Landwirtschaft und Ernährungssicherheit zu beobachten. Entscheidende

Weichen für ein nachhaltiges Ernährungssystem müssen jetzt gestellt werden. Relevante Entscheidungen werden eine erhebliche Tragweite haben und müssen daher wissenschaftsbasiert getroffen werden. Die vorliegende Studie legt eine faktenbasierte Analyse zu vier zentralen Fragestellungen vor und will einen Beitrag für evidenzbasierte Entscheidungen in der Landwirtschaft leisten, indem sie Informationen zum aktuellen Stand des Wissens im Bereich Klimawandel, Landwirtschaft und Ernährung klar, prägnant und nachvollziehbar zusammenstellt.

Die vier behandelten thematischen Komplexe sind die folgenden:

- Ganzheitliche Betrachtung der Landwirtschaft: Welche anderen Umwelt- und Gesundheitsaspekte müssen – über die Auswirkungen auf den Klimawandel hinaus – bei einer gesamthaften Betrachtung der Landwirtschaft berücksichtigt werden?
- Auswirkungen von Umweltauflagen auf die heimische Produktion: Führen strengere Umweltauflagen dazu, dass in der EU nicht mehr landwirtschaftlich produziert werden kann? Wie steht das in Zusammenhang mit den nach wie vor umfangreichen Förderungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU?
- Regionalität vs. internationaler Handel mit Agrarprodukten: Stimmen Aussagen, wonach Rindfleisch, das aus Lateinamerika importiert wird, einen vielfach höheren CO₂-Fußabdruck aufweist, als in Österreich produziertes Fleisch und wie unterscheiden sich die CO₂-Fußabdrücke in unterschiedlichen (Mercosur) Herkunftsländern?
- Lösungsbeiträge der Landwirtschaft: Welchen Beitrag kann eine erhöhte CO₂-Speicherung in landwirtschaftlich genutzten Böden leisten? Können die von Agrarverbänden und manchen PolitikerInnen geforderten "Klimazölle" auf Lebensmittel eine Lösung darstellen?

2. Funktionen der Landwirtschaft im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung

Dieser Abschnitt geht der Frage nach, welche anderen Umwelt- und Gesundheitsaspekte über die Auswirkungen auf den Klimawandel hinaus bei einer gesamthafter Betrachtung der Landwirtschaft berücksichtigt werden sollten.

Die Bereitstellung von Nahrungs- und Futtermitteln ist die Hauptfunktion der Landwirtschaft. In den vergangenen Jahren hat sich die landwirtschaftliche Produktion von Biomasse darüber hinaus zu einer wichtigen erneuerbaren Energiequelle entwickelt. Aber die Landwirtschaft erfüllt auch andere wichtige Funktionen, trägt zum Erhalt der Ökosystemleistungen bei und leistet u. a. einen Beitrag zur ländlichen Entwicklung und zur Landschaftspflege. Ökosystemleistungen entstehen in Ökosystemen mit ihren Elementen, durch ökologische Prozesse und Funktionen, und stellen jene wahrgenommenen und für das menschliche Wohlbefinden wesentlichen Leistungen der Natur dar (Díaz et al., 2018; Potschin et al., 2016). Zu den von der Natur bereitgestellten Ökosystemleistungen zählen u. a. die Reinigung von Luft, Boden und Wasser, die Regulierung des Wasserabflusses, die Erhaltung fruchtbarer Böden oder die Bestäubung durch Insekten bzw. generell der Erhalt der Biodiversität. Zu den kulturellen Ökosystemleistungen – ein Konzept, um auf den nicht-materiellen Nutzen zu verweisen, den Menschen von Ökosystemen erhalten – zählen aber auch Naturräume für Erholung und naturbezogene Freizeitaktivitäten, sowie ästhetische und inspirierende Ökosystemleistungen. Ökosystemleistungen bilden also letztlich die Grundlagen für das menschliche Wohlbefinden und die wirtschaftliche Entwicklung. Jede Interaktion des Menschen mit seinen Ökosystemen² hat Auswirkungen auf die Integrität, Funktionsweise und Resilienz von Ökosystemleistungen (TEEB, 2018).

Als wichtigste Verbindung zwischen diesen können das Ernährungs- und Landwirtschaftssystem dazu beitragen, mehrere Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs)³ zu erreichen wie u. a. Vermeidung von Armut und Hunger (SDG 2), Gesundheit und Wohlbefinden (SDG 3), Zugang zu sauberem Wasser (SDG 6), Verantwortungsvoller Konsum und Produktion (SDG 12) oder Klimaschutzmaßnahmen (SDG 13; FAO, 2018b; Mbow et al.; 2019; Smith et al. 2019). Landwirtschaftliche Aktivitäten und deren Umweltrelevanz sind auch wichtige Faktoren für das Erreichen anderer politischer Ziele. Dazu gehören die Ziele der EU-Naturschutzgesetzgebung und der Biodiversitätsstrategie 2020 (insbesondere Ziel 3A) bzw. 2030; die auf Nachhaltigkeit orientierte Farm-to-Fork-Strategie der EU, welche bestätigen, dass Agrar- und Lebensmittelfragen zunehmend bereichsübergreifend sind⁴; Ziele in Bezug auf Luft-

² Ein Ökosystem ist ein Wirkungsgefüge von Lebewesen untereinander und mit ihrer Umwelt und wird gebildet aus Biotop (abgegrenzter Lebensraum einer Lebensgemeinschaft) und Biozönose (Biologie der Lebensgemeinschaften von Lebewesen innerhalb eines Biotops), <https://www.biodiversityaustria.at/infothek/biodiversitaet/>.

³ Die 2015 von den Vereinten Nationen verabschiedeten Ziele für nachhaltige Entwicklung enthalten eine Reihe von Zielen, die sich auf die biologische Vielfalt und die damit verbundenen Ökosystemleistungen im Kontext von Ernährung und Landwirtschaft beziehen, ebenso wie die im Jahr 2000 verabschiedeten Millenniumsentwicklungsziele (FAO, 2019a).

⁴ Der Aktionsplan des Green Deal (Anhang zu COM(2019) 640 final) zur Erreichung des Ziels der Klimaneutralität bis 2050 beinhaltet die Förderung einer effizienteren Ressourcennutzung durch den Übergang zu einer sauberen und

verschmutzung (Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen); Treibhausgasemissionen (Effort-Sharing- und LULUCF-Verordnung) und Wasserqualität (Wasserrahmenrichtlinie und Nitratrichtlinie).

2.1 Definition von Ökosystemleistungen

Es existieren mittlerweile unterschiedliche Definitionen von Ökosystemleistungen, die auf der Basis beruhen, diese zu klassifizieren und ökonomisch bewerten zu können.

Nach dem Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005) sind Ökosystemleistungen der Nutzen, den der Mensch aus Ökosystemen erhält und der sich auf das Wohlbefinden auswirkt. Sie werden durch Interaktionen innerhalb des Ökosystems erzeugt. Im Konzept der Finalen Ökosystemleistungen von Boyd und Banzhaf (2007) sind sie (im Gegensatz zu Funktionen und Prozessen) Bestandteile der Natur, die direkt genossen, verbraucht oder genutzt werden, um menschliches Wohlbefinden zu erzeugen. Intermediäre stellen eine Grundlage dafür dar, und der Nutzen ist hier nicht die Leistung, sondern ergibt sich daraus. Die Unterscheidung ergibt sich aus dem Kontext und dem daraus gezogenen Nutzen (z. B. ob Wasser zum Trinken oder zum Erholen genutzt wird).

Die von der Natur erbrachten Ökosystemleistungen sind von essentieller Bedeutung für Lebensqualität und Gesundheit, so wie fruchtbarer Boden, Trinkwasserverfügbarkeit, Schutz vor Naturgefahren und Krankheiten oder Erholung. Durch den Eingriff des Menschen wurden und werden viele dieser Umweltleistungen beeinträchtigt (MEA, 2005). Der Landwirtschaft kommt in der Erhaltung dieser Funktionen wegen ihrer umfangreichen Flächennutzung (80% der Fläche Österreichs sind Kulturlandschaft, etwa ein Drittel wird landwirtschaftlich genutzt [EU 27 ca. 40%; jeweils mit leicht abnehmender Tendenz]) eine bedeutende Rolle zu, z. B. bei Wasserqualität, Boden- und Klimaschutz, Sicherung der Artenvielfalt und der Kulturlandschaft. Bei nicht nachhaltiger Bewirtschaftung kann sie deren Fortbestand gefährden und dabei sich selbst und in der Folge der ganzen Gesellschaft schaden, z. B. weil sie sich auf die Anfälligkeit der Organismen für Krankheiten auswirken und dementsprechende chemische Eingriffe erfordern, die Wasser und Luft verschmutzen können. Regenerative Formen der Landwirtschaft (z. B. agrarökologisch, organisch, biodynamisch, integriert) bieten dagegen die Chance, Böden mit Kohlenstoff und Mikrobiota wiederherzustellen und aufzufüllen und als Kohlenstoffsenske zu stärken (TEEB, 2018). Umgekehrt zieht die Landwirtschaft auch Nutzen aus Ökosystemleistungen wie fruchtbaren Boden, Wasserverfügbarkeit oder Bestäubung. Das Verhältnis ist komplex, da natürliche Prozesse in der Landwirtschaft eine große Rolle spielen und die Leistungen der Landwirtschaft häufig an die Leistungen der Ökosphäre anschließen (Schwaiger et al., 2011; FAO, 2018b).

kreislaufforientierten Wirtschaft und die Wiederherstellung der Biodiversität. Im Zusammenhang mit der Agrarwirtschaft sollen der Einsatz nachhaltiger Praktiken wie Präzisionslandwirtschaft, ökologische Landwirtschaft, Agrarökologie, Agrarforstwirtschaft und strengere Tierschutzstandards ausgeweitet werden.

2.2 Klassifizierung und Bewertung von Ökosystemleistungen

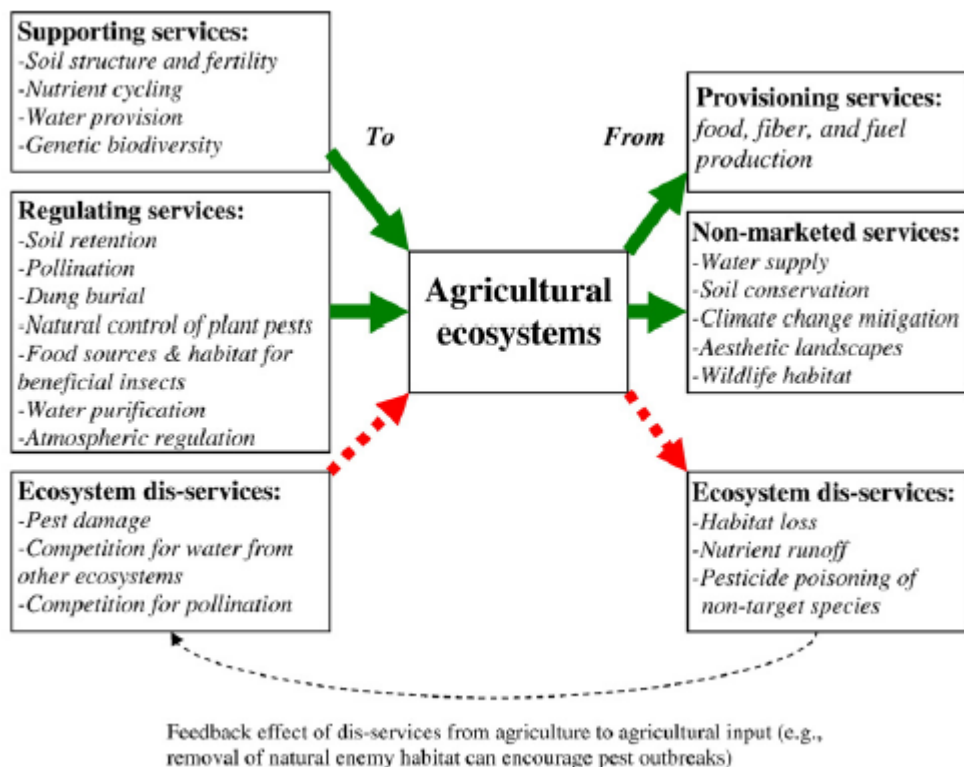
Nicht alle Ökosystemleistungen haben einen Markt (wie Lebens- und Futtermittel, Biomasse), sondern sind öffentliche Güter (wie Agrobiodiversität, Kulturlandschaften). Die Kosten der Umweltfolgen etwa der Nahrungsmittelerzeugung sind selten in den Verbraucherpreisen eingerechnet. Bewertungstools ermöglichen es, den ökonomischen Wert für die Gesellschaft zu veranschaulichen und der Politik Instrumente zur Verfügung zu stellen, um die öffentlichen Güter bei Entscheidungsprozessen zu berücksichtigen (vgl. FAO, 2018b).

Eine Klassifizierung der globalen Ökosystemleistungen wurde erstmals durch das UN Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) durchgeführt. Es handelt sich um einen anthropozentrischen Ansatz, der die Auswirkungen auf das menschliche Wohlbefinden mit allen Komponenten wie Sicherheit, Nahrung, Gesundheit, soziale Kontakte, Handlungsfreiheit in den Mittelpunkt rückt. Die Biodiversität ist dabei Grundlage der Ökosystemleistungen (MEA, 2005). Die vier Hauptkategorien der Ökosystemleistungen gliedern sich wie folgt:

- Basisleistungen (supporting services) der Natur: notwendig für die Erstellung aller anderen Ökosystemleistungen, wie Photosynthese, Nährstoffkreisläufe, Bodenbildung
- Selbstregulierende Leistungen (regulating services): der Nutzen aus der Regulierung von Ökosystemprozessen, wie Klimaregulierung, Luftreinigung, Wasseraufbereitung, Verhinderung von Überschwemmungen, Ausgleich bei Schädlingsbefall
- Versorgende Leistungen (provisioning services): Produkte, die aus den Ökosystemen erhalten werden, wie die Bereitstellung von Nahrungsmitteln, Trinkwasser, Holz, Brennstoffen
- Kulturelle Leistungen (cultural services): nicht-materielle Nutzen, wie Erholung, Erleben in der Natur, Spiritualität, kulturelles Erbe

Landwirtschaftliche Ökosysteme werden in erster Linie zur Optimierung der Bereitstellung von Nahrung, Futtermitteln und Brennstoffen bewirtschaftet (provisioning services) und liefern dabei auch gesellschaftlich erwünschte Nebenleistungen (non-market/cultural services, Zhang et al., 2007). Dabei hängen sie von vielen natürlichen Faktoren ab (regulating und supporting services), die die biophysische Kapazität der Agrarökosysteme (Wood et al., 2000), aber auch deren ökonomischen Wert bestimmen (z. B. durch Fertilität, Wasserversorgung). Andere Einflüsse reduzieren die Produktivität oder erhöhen die Kosten (z. B. Schädlinge), in die andere Richtung können ungünstige räumliche Voraussetzungen und falsche Bewirtschaftungsmethoden ebenfalls gesellschaftlich und ökologisch unerwünschte Folgen für die Biodiversität haben (dis-services, vgl. Abbildung 1). Dadurch gehen ökonomische Werte verloren, die im besten Falle auch in eine erweiterte Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung integriert werden sollten. Die Bewertung der Leistungen der Ökosysteme durch MEA (2005) ergab, dass sich nur die Nahrungsmittelversorgung (Produktionssteigerungen) und die Klimaregulierung (Kohlenstoffbindung) im untersuchten Zeitraum verbessert hatten, also überwiegend versorgende Leistungen, zuungunsten der anderen Funktionen. Die Verbesserung einer Ökosystemleistung kann also eine Verschlechterung einer anderen bedeuten, z. B. im Falle der konventionellen Nahrungsmittelproduktion kann der Einsatz von Düngemitteln oder Pflanzenschutzmitteln zur Erhöhung der Produktivität führen und zugleich die Wasserqualität negativ beeinflussen.

Abbildung 1: **Nutzung und Bereitstellung von Ökosystemleistungen durch den Agrarsektor**



Q: Zhang et al. (2007)

Veränderungen von Treibern, die indirekt die Natur bzw. Biodiversität beeinflussen, wie Bevölkerungsentwicklung, Politik, Technologie und Lebensstil, beruhen auf dem menschlichen Handeln und können sich auf anthropogene Treiber auswirken, die direkt wirken, wie z. B. Anwendung der Technologie, Nährstoffeintrag durch die Landwirtschaft, Klimawandel, invasive Spezies. Gemeinsam mit den natürlichen Treibern, die nicht direkt vom Menschen beeinflusst werden wie Wetterphänomene oder Erdbeben, führen sie zu Veränderungen von Ökosystemen und den Leistungen (vgl. MEA, 2005; Díaz et al., 2015).

Das Klassifikationsschema CICES (Common International Classification of Ecosystem Goods and Services) wird von der Europäischen Umweltagentur betrieben und ist mit den Konten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung kompatibel (SystEem of Environmental-Economic Accounting (SEEA)). Es wird u. a. im EU MAES (Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services) Prozess angewandt, in dem die Mitgliedstaaten der EU bis 2020 im Rahmen der Europäischen Biodiversitätsstrategie den Zustand von Ökosystemen und deren Leistungen kartieren und (ökonomisch) bewerten mussten (vgl. Schwaiger et al., 2011). Bis Ende 2021 soll eine einheitliche Methodik vorliegen. Das Konzept basiert auf dem Kaskadenmodell von Potschin und Haines-Young, (2011, 2016). Es ist eng verknüpft mit jenem von De Groot (2010), das vom 'Economics of Ecosystems and Biodiversity for Agriculture and Food programme' (TEEBAgriFood) eingesetzt wird, einer Initiative unter der Schirmherrschaft des Umweltprogramms der Vereinten

Nationen. Es wurde entwickelt, um in einem ganzheitlichen Ansatz zu ermöglichen, in der Agrarökonomie alle positiven und negativen Externalitäten entlang der komplexen Wertschöpfungsketten der Nahrungsmittelproduktion abzubilden und zu bewerten (TEEB, 2018).

Auch im "Dasgupta Review" (Dasgupta Report zur Ökonomie der Biodiversität, 2021) wird die Natur als Vermögenswert gesehen, genauso wie das produzierte Kapital (z.B. Straßen, Gebäude) und Sozialkapital (z. B. Gesundheit, Wissen): Ökosysteme verlieren an Wert, wenn sie falsch oder übermäßig genutzt werden, wobei aber die Wertminderung oft irreversibel ist, ein degradiertes Ökosystem nicht reproduziert werden kann und Ökosysteme auch abrupt zusammenbrechen können. Der Wert und der Verbrauch der Natur müsse demnach in die Berechnung von Volkswirtschaften miteinbezogen werden, um einen umfassenden Maßstab für nachhaltigen Wohlstand zu erhalten, den "integrativen Wohlstand" (inclusive wealth), der auch künftigen Generationen zugutekommt. Das menschliche Wirtschaftssystem und Wohlbefinden hängt direkt von den Ökosystemleistungen der Natur ab, die aber derzeit über deren regenerative Kapazitäten hinaus genutzt werden. Im Hinblick auf Biodiversität sei es notwendig, Investitionen in Nature-Based Solutions⁵ zu fördern und entsprechende politische Instrumentarien zu entwickeln. Zum Erhalt der Ökosysteme müsse die 30/30-Regel zur Anwendung kommen, nach der bis 2030 30% der Erdoberfläche (Wasser und Land) unter Schutz gestellt werden sollten.

2.3 Nature's Contributions to People

Die neueste Studie, die eine globale Bewertung von Ökosystemleistungen vornimmt, wurde von der Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) vorgestellt (Braumann et al., 2019). Sie baut ebenfalls vor allem auf dem MEA auf (Diaz et al., 2015), führt aber den weitergehenden Begriff der 'Nature's Contributions to People' (NCP) ein. Das Konzept der NCP wird in folgende Beitragskategorien gegliedert (Braumann et al., 2019):

1. Die Natur reguliert Umweltprozesse ("regulating services"), die sich auf die Filterung von Schadstoffen zur Bereitstellung von sauberer Luft und Trinkwasser sowie auf die Bindung von Kohlenstoff (Sequestrierung), der für den Klimaschutz wichtig ist, auswirken. So sind marine und terrestrische Ökosysteme die einzigen Senken für anthropogene Kohlenstoffemissionen, mit einer Bruttosequestrierung von 5,6 Gigatonnen Kohlenstoff pro Jahr (das entspricht etwa 60% der weltweiten anthropogenen Emissionen). Die Regulierung der Ozeanversauerung, der Schutz der Bodenqualität, die Bestäubung und Schädlingsbekämpfung sowie die Verringerung von Naturgefahren gehören weiters zu den NCP.
2. Die Natur spielt eine entscheidende Rolle bei der Bereitstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Energie, Wasser, Arzneimitteln und genetischen Ressourcen sowie einer Vielzahl von Materialien, die für das körperliche Wohlbefinden der Menschen und die Erhaltung der Kultur sowie für den wirtschaftlichen Mehrwert von grundlegender Bedeutung sind ("material services"). Der kombinierte Marktwert von Viehzucht und Fischerei belief sich etwa im Jahr 2016 auf fast 1,3 Billionen US-Dollar. Zwischen 25 und 50% der

⁵ Maßnahmen zum Schutz, zur nachhaltigen Bewirtschaftung und zur Wiederherstellung natürlicher oder veränderter Ökosysteme bei gleichzeitigem Nutzen für das menschliche Wohlbefinden und die biologische Vielfalt.

pharmazeutischen Produkte werden aus genetischen Ressourcen gewonnen; und etwa 70% der Krebsmedikamente sind natürliche oder von der Natur inspirierte synthetische Produkte.

3. Nicht-materielle Beiträge der Natur ("non-material services"), wie z. B. Inspiration und Lernen tragen zur physischen und psychologischen Erfahrung und Erholung bei ebenso wie zur Entwicklung von kultureller Identität. Der Tourismus in Schutzgebieten beispielsweise generiert jährlich schätzungsweise 600 Milliarden Dollar.

Regulatorische, materielle, und nicht-materielle Beiträge der Natur zur gesellschaftlichen Wohlfahrt sind nicht unabhängig voneinander, vielmehr stehen sie durch positive und negative Wechselwirkungen miteinander in Beziehung. Diese Beiträge treten sowohl in der Gegenwart als auch in der Zukunft unter geänderten Rahmenbedingungen auf. Daher ist die Natur von wesentlicher Bedeutung für die Erhaltung der Fähigkeit der Menschheit, angesichts einer ungewissen Zukunft Alternativen zu wählen.

Im IPBES Assessment Report (Braumann, 2019) wird im Zeitraum vor 1970 sowie von 1970 bis 2050 der weltweite Rückgang der Biodiversität durch menschliche Einflüsse aufgezeigt, der hauptsächlich auf Veränderungen bei der Nutzung von Land und Meer, die direkte Nutzung natürlicher Ressourcen und den Klimawandel zurückzuführen ist.

Was den Einfluss der Landwirtschaft betrifft, so wird ein markanter Einfluss der Grünen Revolution auf die natürlichen Ressourcen seit 1950 festgestellt. Die Grüne Revolution trieb nach dem Zweiten Weltkrieg die Intensivierung der Landwirtschaft voran, was einerseits zu einem raschen Rückgang der Arten in landwirtschaftlichen Lebensräumen und andererseits zur Ausbreitung invasiver Arten führte. Zugleich stieg der Anteil der Nettoprimärproduktion, den der Mensch für sich beanspruchte, weiter an (Krausmann et al., 2013).

Der Zustand und die jüngsten Tendenzen in den Land-, Süßwasser- und Meeresökosystemen weisen darauf hin, dass der Mensch seit den 1950er Jahren einen dominierenden globalen Einfluss auf die Natur gewonnen hat (Zeitalter des Anthropozäns; Steffen et al., 2015). Eine Bewertung des aktuellen Zustands und der Trends seit 1970 zeigt, dass die große Mehrheit der Indikatoren für Ökosysteme und biologische Vielfalt eine Verschlechterung der Struktur (d. h. Fläche und Zustand) um mindestens 1% pro Jahrzehnt aufweisen, wobei alle Indikatoren auf fast die Hälfte ihres natürlichen Ausgangsniveaus (Medianwert: 53,2%) gesunken sind (Purvis et al., 2019).

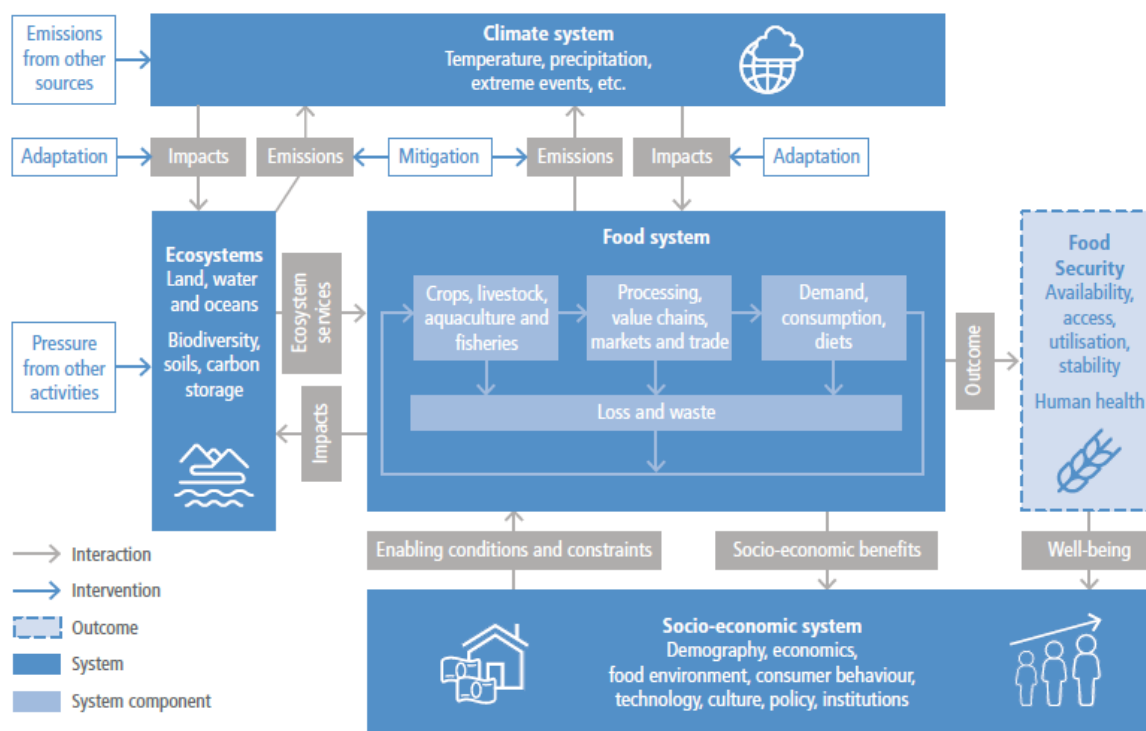
Da die Struktur der Ökosysteme den Rahmen für ökologische, evolutionäre und sozial-ökologische Prozesse bildet, gefährden diese Veränderungen potenziell die Fähigkeit der Natur, Ökosystemleistungen für die Gesellschaft bereitzustellen. Die Verschlechterung der Nature's Contribution to People wirkt sich in der Folge negativ auf die Wohlfahrt und Lebensqualität der Menschen aus.

Die große Mehrheit der Indikatoren für Ökosysteme und biologische Vielfalt weisen einen Rückgang auf. Es wird auch der Grad der Erreichung der UN SDGs und der Aichi Biodiversity Targets abgeschätzt.

2.4 Ökosystemleistungen im Kontext von Nahrungsmittelsystemen und Klimawandel

Mbow et al. (2019) zeigen einen Ansatz, bei dem Ernährungssysteme (inkl. Produktion, Transport, Verarbeitung, Verpackung, Lagerung, Einzelhandel, Verbrauch, Verlust und Abfall) im Mittelpunkt der Betrachtung stehen. Die Ernährungssicherheit wirkt als zentrale Leistung auf das menschliche Wohlbefinden. Andere Ökosystemleistungen beeinflussen das Ernährungssystem und Ökosysteme werden von diesem verändert. Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft können dazu beitragen, negative Auswirkungen des Klimawandels auf das Ernährungssystem und die Ökosysteme zu reduzieren. Minderungsmaßnahmen können Treibhausgasemissionen, die aus dem Ernährungssystem und den Ökosystemen stammen, senken. Im Gegensatz zu den Darstellungen von Ökosystemleistungen steht in dieser Betrachtung die Landwirtschaft als Teil des Nahrungsmittelsystems und ihre Klimaleistungen im Mittelpunkt und nicht die Biodiversität, womit sie als Einordnung in die anderen Kapitel dienen soll.

Abbildung 2: **Verflechtungen zwischen Ökosystemen, Klima-, Nahrungsmittel-, und sozioökonomischem System**



Q: Mbow et al. (2019).

Die vielfältigen Abhängigkeiten mit zahlreichen Rückkopplungsschleifen auf verschiedenen Ebenen zwischen Umweltsystemen (Ökosysteme und Klimasystem inklusive aller Komponenten wie Wasservorkommen, Luft, Boden, Biodiversität, Wetterphänomene, etc.) sind mit gesellschaftlichen Bedürfnissen wie Nahrungsmittelproduktion, Energiesicherheit und

Süßwasserversorgung verwoben (EEA, 2019c). Einerseits ist das globale Ernährungssystem ein wesentlicher Treiber des Klimawandels. Seit 1961 ist das Nahrungsangebot pro Kopf um mehr als 30% gestiegen, begleitet von einer höheren Produktivität, u. a. durch den Einsatz von Stickstoffdünger (etwa +800%) und Wasserressourcen für Bewässerung (mehr als +100%; Mbow et al, 2019). Diese Entwicklung ging mit einer Zunahme der weltweiten Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft in Höhe von +83% CO₂eq bzw. +54% CH₄ (jeweils 2019/1961) und +169% N₂O einher (2019/1963; FAOSTAT, 2021).

Die FAO (2018a) schätzt, dass bis 2050 etwa 50% (lt. Hunter et al., 2017, je nach sozioökonomischen und technischen Annahmen 25-100%) mehr Nahrungsmittel produziert werden müssen (auf etwa 6-12% mehr Ackerflächen), was auch beträchtliche Auswirkungen auf die THG-Emissionen, die Umwelt und Biodiversität hätte. Der Wasserbedarf könnte bei einer Weltbevölkerung von 10 Mrd. bis 2050 um 55% und der Energiebedarf bis 2040 um 30% ansteigen (EEA, 2020b).

Das Klimasystem wiederum hat komplexe Wechselwirkungen mit Ernährungssystemen, die durch Auswirkungen auf die Verfügbarkeit (Produktion), den Zugang (z. B. Preise), die Nutzung (z. B. Nährstoffqualität) und die Stabilität (z. B. durch Krisen) von Nahrungsmitteln zu Ernährungsunsicherheit führen können und damit zur Notwendigkeit für Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen durch die Landwirtschaft (Mbow et al., 2019). Die Landwirtschaft steht aber auch im Fokus anderer Ökosystemleistungen bzw. NCP, was im nachfolgenden Abschnitt 2.5 näher betrachtet wird.

2.5 Kurzdarstellung relevanter Ökosystemleistungen

Im Folgenden wird auf die wichtigsten Ökosystemleistungen und ihre Bedeutung für die globale bzw. europäische und ggf. österreichische Landwirtschaft eingegangen. Mit Ausnahme von Ernährungs- und Gesundheitsaspekten (als provisioning service) werden solche betrachtet, die nicht marktorientiert sind, d. h. nicht direkt die primäre Aufgabe der Landwirtschaft verfolgen, also die Erzeugung von Output wie Nahrungs- und Futtermittel, Holz und Energie, sondern von land- (und forst-)wirtschaftlichen Tätigkeiten direkt betroffen oder Folgen davon sind und dadurch in ihrer Qualität positiv oder negativ beeinflusst werden können (regulating und supporting services bzw. functions). Nachhaltigkeit kann als Querschnittsthema gesehen werden, da sie die Voraussetzung für die nicht-negativ beeinflussende Bewirtschaftung von Ökosystemen ist.

2.5.1 Biodiversität

Biodiversität ist die Variabilität zwischen lebenden Organismen (sowohl innerhalb als auch zwischen Arten) und den Ökosystemen, zu denen sie gehören (FAO, 2019b). Bis 2010 sind geschätzte 34% der globalen Biodiversität verloren gegangen, Prognosen zufolge 38-46% bis 2050 (IPBES, 2019), wobei die zukünftigen Raten des Artensterbens von moderaten Rückgängen bis hin zu 100-fachen Anstiegen gegenüber jenen des 20. Jahrhunderts variieren, abhängig von der Art, dem Grad der Landnutzungsänderung, dem Ausmaß des Klimawandels und Annahmen zur Migration (Pereira et al., 2010). Die stärksten Treiber waren bisher die Landwirtschaft, gefolgt von Forstwirtschaft, Infrastruktur, Urbanisierung (Landnutzungsänderung, Degradierung

und Fragmentierung) und Klimawandel. Im Zeitraum 2010-2050 werden dies voraussichtlich der Klimawandel, die Landwirtschaft und die Entwicklung der Infrastruktur sein (IPBES, 2018). Diese derzeitigen Trends untergraben Fortschritte bei 80% der von IPBES (2019) bewerteten Ziele für nachhaltige Entwicklung in relevanten Bereichen und viele der Aichi Biodiversity Targets.⁶

Die biologische Vielfalt, die zur Landwirtschaft und Nahrungsmittelproduktion beiträgt, ist einerseits Grundlage für viele andere Ökosystemleistungen (wie Bestäubung, Ernährung, Schutz vor Schädlingen) und macht Produktionssysteme und Lebensgrundlagen robuster gegenüber Schocks und Belastungen, auch den Auswirkungen des Klimawandels. Andererseits wird sie durch andere beeinflusst (wie Boden- und Wasserqualität), auf die landwirtschaftliche Praktiken wie Fruchtfolgen oder der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemittel unmittelbaren Einfluss haben. Biodiversität ist somit eine zentrale Ressource, um die Nahrungsmittelproduktion zu steigern bzw. sicherzustellen und gleichzeitig die negativen Auswirkungen auf die Umwelt zu begrenzen (FAO, 2019). Ein weiterer wichtiger Druck auf Biodiversität und Ökosysteme sind invasive gebietsfremde Arten (vgl. z. B. Rabitsch et al., 2016).

Die Intensität der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung ist entscheidend für zahlreiche Arten und Lebensräume in der Kulturlandschaft. Ein hoher Anteil semi-natürlicher Flächen (z. B. Brachland) ist dabei ein wichtiger Faktor. Die Agrarpolitik mit entsprechenden Förderungen (vgl. Kapitel 3 zur Gemeinsamen Agrarpolitik) und die Raumordnung mit planerischen Vorgaben zur Siedlungs- und Verkehrsentwicklung hat somit einen großen Einfluss. Eine zu intensive, mit zu hohem Dünger- und Pestizideinsatz arbeitende Landwirtschaft hat ebenso negative Auswirkungen auf Biodiversität und damit verbundene Ökosystemleistungen wie die Nutzungsaufgabe (BMLFUW, 2014; vgl. IPBES, 2018; EEA, 2020; Abbildung 3). Fast 50% aller Belastungen im Zusammenhang mit Umweltverschmutzung sind auf Luft-, Wasser- und Bodenbeeinträchtigungen durch die Landwirtschaft zurückzuführen (EEA, 2020a).

⁶ Die UN Convention on Biological Diversity (CBD) hat zum Ziel, die biologische Vielfalt zu erhalten, dem Bestandteile nachhaltig zu nutzen sowie die faire und gerechte Aufteilung der Vorteile, die sich aus der Nutzung genetischer Ressourcen ergeben. Mit dem Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 der Aichi Biodiversity Targets wurde vereinbart, diesen Rahmen in nationale Strategien und Aktionspläne umzusetzen (in Österreich im Rahmen der Biodiversitätsstrategie 2020+ bzw. EU-Biodiversitätsstrategie 2020). Ziel 3 bezieht sich auf die Optimierung der land- und forstwirtschaftlichen Nutzen für die biologische Vielfalt.

Abbildung 3: Verteilung der wichtigsten landwirtschaftlichen Belastungen für Lebensräume und Arten



Q: EEA (2020a). Die Größe der Quadrate und Schattierung zeigen den Prozentanteil der Belastungen für jede Gruppe. In Klammern stehen die Anzahl der gemeldeten Belastungen der EU-Mitgliedstaaten im Rahmen der Berichtspflichten der EU-Naturschutzrichtlinien. Hinweis: Landwirtschaft ist eine Level 1-Belastung, deren Aktivitäten Level-2 (hier werden nur die 8 wichtigsten dargestellt).

Die ökologische Landwirtschaft erbringt als nachhaltiges Landnutzungssystem verschiedenste gesellschaftlich wünschenswerte Leistungen, neben der Biodiversität auch Wasser-, Boden- und Klimaschutz, Ressourceneffizienz sowie Tierwohl. In Bezug auf Biodiversität fanden Sanders und Heß (2019) in einem umfassenden Studienvergleich heraus, dass die Vorteile für die Diversität von Flora und Fauna in temperierten Klimazonen gegenüber konventionellem Landbau deutlich sind. Etwa bei Feldvögeln waren die Artenzahl um 35% und die Abundanz um 24% (Mediane) höher (siehe Kapitel 5.1.1).

Aus der Halbzeitbewertung der Biodiversitätsstrategie 2020 (EC, 2015) geht hervor, dass die Opportunitätskosten für den Fall, dass das Kernziel der EU-Biodiversitätsstrategie bis 2020 nicht erreicht wird, auf bis zu 50 Mrd. Euro pro Jahr geschätzt werden. Der Wert von Insektenbestäubungsdiensten in der EU soll sich Schätzungen zufolge auf 15 Mrd. Euro pro Jahr belaufen (Österreich etwa 270 Mio. Euro; Burtscher-Schaden et al., 2020). Mit ca. 5,8 Mrd. Euro werden die

jährlichen Kosten für die Erhaltung des Natura-2000-Netzes der EU⁷ durch den wirtschaftlichen Nutzen weit aufgewogen, der durch Dienste wie Kohlenstoffspeicherung, Hochwasserschutz, Wasserreinigung, Bestäubung und den Schutz der Fischbestände erzeugt wird, und sich auf 200-300 Mrd. Euro jährlich belaufen soll. 2018 existierten auf 16% der gesamten landwirtschaftlichen Fläche der EU 28 Bewirtschaftungsverträge zur Unterstützung der Biodiversität und/oder von Landschaften und Wäldern⁸ im Rahmen der Focus Area 4a des Programms der Ländlichen Entwicklung, wobei große Unterschiede zwischen Mitgliedstaaten und Regionen bestanden. EEA (2020b) stellt für den Berichtszeitraum 2013-18 fest, dass Zustand und Trends von vollständig von Bewirtschaftungsmaßnahmen abhängigen Habitaten, schlechter sind als von nur teilweise abhängigen wie natürlichem Grünland.

Die Wirkungsevaluierung des Agrar-Umweltprogramms ÖPUL zeigt für Österreich, dass die im Rahmen der dort gesetzten Vorhabensarten (insbesondere die "Umweltgerechte und Biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung") biodiversitätsrelevante Rückgänge teilweise verlangsamen oder aufhalten konnte (BAB, 2019). Dennoch gibt es auch bei teilnehmenden Flächen und Betrieben der biologischen Wirtschaftsweise Hinweise auf einen generellen Rückgang der Biodiversität. Batáry et al. (2015) zeigen die Bedeutung von natürlichem oder naturnahem Lebensraum um oder innerhalb von Agroökosystemen und die Rolle von Agrarumweltmanagement für die Biodiversität. Der Schutz von bestäubenden Insekten war in ÖPUL bisher kein explizit formuliertes Ziel.

2.5.2 Bereitstellung von Lebensraum

Landwirtschaftliche Produktionssysteme sind einerseits wichtige Treiber für den Verlust von Lebensräumen (CBD-Secretariat, 2010), andererseits sind sie oft selbst bedeutende Habitate. In der Forstwirtschaft und Fischerei ist der Zusammenhang naheliegend, dass diese vielfältige natürliche oder naturnahe Ökosysteme bewirtschaften, die Lebensräume für eine große Anzahl von Arten bieten (FAO, 2019). Viele heute als naturschutzfachlich wertvoll angesehene Biotoptypen wurden insbesondere auch durch die traditionelle Land- und Forstwirtschaft geschaffen; zahlreiche Tier- und Pflanzenarten so wie ihre Habitate sind von der Fortführung einer extensiven Nutzung abhängig (BMLFUW, 2014). Am anderen Ende des Spektrums züchten viele Ackerbau-, Bauplantagen- und Tierhaltungssysteme nur eine oder nur sehr wenige domestizierte Arten und sind von naturnahen Landschaftsresten, die zur Lebensraumvielfalt beitragen würden, weitgehend befreit worden (FAO, 2019).

Auf der Landschaftsebene tragen Ackerbau und Viehzucht manchmal zur Vielfalt des "Mosaiks" der vorhandenen Lebensraumtypen bei. Die sogenannte konservierende Beweidung - der Einsatz von Weidetieren, um die Vegetation in einem Zustand zu erhalten, der geeigneten

⁷ Mit dem Schutzgebietsnetz Natura 2000 sollen die natürlichen Lebensräume Europas dauerhaft gesichert werden. Rechtliche Grundlagen des Biotop- und Artenschutzes innerhalb der Europäischen Union sind die Vogelschutz-Richtlinie (2009/147/EC) sowie die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) (EU-Naturschutzrichtlinien).

⁸ https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DashboardIndicators/Biodiversity.html?select=EU28_FLAG,1, abgerufen am 24.6.2021.

Lebensraum für bestimmte Arten von Wildtieren bietet - ist zu einer weit verbreiteten Praxis geworden, insbesondere in Europa (z. B. Woodland Trust, 2012; FAO, 2019).

2.5.3 Bestäubung

Bestäubung ist entscheidend für die Nahrungsmittelproduktion und verbindet natürliche Ökosysteme direkt mit landwirtschaftlichen Produktionssystemen. 35% der weltweiten Getreideproduktion ist von Bestäubern abhängig (Klein et al., 2007). In der EU benötigen etwa 84% der Nutzpflanzen und 78% der Wildblumen der gemäßigten Zonen zumindest teilweise tierische Bestäubung, und schätzungsweise 15 Mrd. Euro der jährlichen Agrarproduktion sind direkt auf Insektenbestäuber zurückzuführen (EC, 2018). Bewirtschaftete und wildlebende Bienen sind die Hauptanbieter von Bestäubungsleistungen, neben anderen Insekten, Vögeln oder Fledermäusen. Da bewirtschaftete Honigbienenbestände aufgrund von Milben und Überzüchtung in manchen Ländern zurückgehen, ist die Bedeutung von wildlebenden Bestäubern gestiegen. Diese sind aber u. a. aufgrund von Lebensraumverlust, Düngung und Pestiziden ebenfalls gefährdet. Die professionelle Bestäubungsimkerei hilft dabei, die Bestäubungsdienstleistung punktuell zu verbessern. Schulp et al. (2014) fanden heraus, dass das Vorhandensein von grünen linearen Elementen die Besuchswahrscheinlichkeit um 5-20% erhöhte, während sie in 12% der Anbauflächen die einzigen Lieferanten von Bestäubern waren, obwohl diese nur 0,5% der landwirtschaftlichen Fläche der EU einnahmen (vgl. z. B. Kremen et al., 2007 zu mobile-agent-based ecosystem services).

2.5.4 Genetische Ressourcen

Im Zusammenhang mit landwirtschaftlicher Lebensmittelproduktion beziehen sich genetische Ressourcen auf die Arten, die in einem bestimmten Sektor bewirtschaftet oder geerntet werden, z. B. pflanzliche, tierische, forstliche oder aquatische genetische Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft (FAO, 2019). Weltweit verschwinden auch lokale Sorten und Rassen von domestizierten Pflanzen und Tieren. Genetische Vielfalt ist aber Basis für die globale Ernährungssicherheit, da sie die Widerstandsfähigkeit vieler landwirtschaftlicher Systeme gegenüber Schädlingen, Krankheitserregern und dem Klimawandel stärkt, und sie trägt zur Ernährungsvielfalt bei (z. B. EEA, 2020b; FAO, 2015). Ursachen sind lt. EEA (2020b) u. a. Intensivierung und Industrialisierung der Tier- und Pflanzenproduktion, Verstädterung, Umweltdegradation und Landnutzungsänderung (z. B. Verlust von Weideland). Biologische Gemeinschaften werden sich sowohl in bewirtschafteten als auch in unbewirtschafteten Systemen innerhalb und zwischen Regionen immer ähnlicher (IPBES, 2018). Blitzer et al. (2012) zeigen, dass die (positiven und negativen) Spillovers von natürlichen in bewirtschaftete Flächen sehr gut dokumentiert sind, umgekehrt die Ausmaße bisher aber möglicherweise unterschätzt wurden. Zur Bedeutung von genetischen Ressourcen im Zusammenhang mit Klimaanpassung und -mitigation vgl. FAO (2015).

2.5.5 Landnutzung und Bodenschutz

Land und seine Böden sind Grundlage für die Produktion von Nahrungs-, Futtermitteln und Biomasse für die Energiegewinnung sowie für andere Ökosystemleistungen wie die Regulierung der Wasserqualität und -menge, Hochwasser-, Erosions- und Hitzeschutz, die Erhaltung der

Biodiversität und die Abschwächung des Klimawandels durch die Bindung von Kohlenstoff. Die zunehmende Konkurrenz um Land, nicht nachhaltige Praktiken und Schadstoffeinträge verursachen Bodendegradation in verschiedenen Formen (physisch, chemisch und biologisch). Geschätzt werden Kosten von mehr als 10% des jährlichen globalen Brutto Produkts durch den Verlust von Biodiversität und Ökosystemleistungen (IPBES, 2018).

Der Flächenverbrauch und die Bodenversiegelung gehen vor allem auf Kosten hochwertiger landwirtschaftlicher Flächen, was deren Produktionspotenzial verringert. Zwischen 2000 und 2018 betrafen 78%⁹ der Flächeninanspruchnahme (Verlust biologisch produktiven Bodens durch Verbauung) in der EU 28 landwirtschaftliche Flächen. Allerdings hat sich die Geschwindigkeit in den letzten Jahren verlangsamt (EU 1.000 km², auch in Österreich auf 42 km² im Jahr 2020, der versiegelte Anteil lag bei etwas über 40%)¹⁰. Die Landschaftsfragmentierung, z. B. durch Infrastruktur hat ebenfalls zugenommen, wovon vor allem unbewohnte oder verstreute ländliche Gebiete und Vorstädte betroffen sind (EEA, 2020b).¹¹ Agrarische Fläche nimmt aber grundsätzlich auch ab aufgrund von Aufforstung und der Umwidmung von Ackerland in Dauergrünland bzw. durch Nutzungsaufgabe.

Die wichtigsten direkten Ursachen für Bodendegradation (vom Menschen verursachte Prozesse, die zum Rückgang biologischer Vielfalt, Ökosystemfunktionen oder -leistungen führen) sind intensive Land- und Forstwirtschaft, Urbanisierung, Infrastruktur und Rohstoffindustrie sowie der Klimawandel. Die Auswirkungen finden oft räumlich und zeitlich getrennt von den Akteuren statt, die von der Übernutzung natürlicher Ressourcen profitieren (IPBES, 2018).

Intakte Böden sind die Grundvoraussetzung für die Herstellung gesunder Nahrungsmittel. Im Jahr 2013 stammten durchschnittlich 83% der Nahrung, die global pro Person und Jahr verzehrt werden, 93% der kcal und 80% der Proteine aus terrestrischer Produktion (Mbow et al, 2019). Aktivitäten in der Land- und Forstwirtschaft wirken sich direkt auf die Bodenqualität aus und beeinflussen Bodenerosion, Verdichtung, Gehalt an organischer Substanz und Gleichgewicht der Nährstoffe in den Böden, biologische Vielfalt, Bodenverschmutzung (Rückstände von Pflanzenschutzmitteln, Mineraldünger) oder Versalzung (EEIG, 2021c). Ein wichtiger Indikator ist der organische Kohlenstoffgehalt. Ist dieser zu niedrig, führt das in der Regel zu geringen Erträgen der Düngemittel (Rusinamhodzi et al., 2013), was wiederum zu schlechten Nährstoffbilanzen führt (FAO, 2018b). Gegenwärtig hat die Bodendegradation die Produktivität von 23% der globalen Landfläche verringert und zu einem Produktivitätsverlust von 5% geführt (Mbow et al., 2019; IPBES, 2018). Bis 2050 wird ein Rückgang der Ernteerträge um durchschnittlich 10% und in bestimmten Regionen um bis zu 50% prognostiziert (IPBES, 2018). Es gibt zunehmend Belege dafür, dass Land- und Bodendegradation große wirtschaftliche Folgen haben, während die Kosten für die Vermeidung von Schäden deutlich geringer sind (EEA, 2020b).

Die wachsende Nachfrage nach tierischem Eiweiß (global zwischen 2000 und 2050 voraussichtlich verdoppelt) und die rückläufige Viehhaltung auf Weideflächen (im Wettbewerb zu anderen Landnutzungen) kann einerseits zu Überweidung und andererseits zum verstärkten Einsatz

⁹ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/land-take-3/assessment>, abgerufen am 24.6.2021.

¹⁰ <https://www.umweltbundesamt.at/umwelthemen/boden/flaecheninanspruchnahme>, abgerufen am 24.6.2021.

von intensiven (landlosen) Viehproduktionssystemen führen. Etwa 76-79% des Geflügels und Schweinefleischs werden weltweit vollständig in intensiven Systemen aufgezogen. Während Intensivtierhaltungssysteme oft die relativen Treibhausgasemissionen reduzieren, können sie negative Auswirkungen auf Ökosystemleistungen haben, wie die Umwandlung natürlicher Ökosysteme in futtermittelproduzierende Anbauflächen (Anteil global derzeit etwa 30%). Abfallströme aus intensiven Produktionssystemen können zu Luftverschmutzung, Wasserverunreinigung und Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit führen (IPBES, 2018), etwa durch den Einsatz von Antibiotika.

Nachhaltige Bodenbewirtschaftungspraktiken können die Herausforderungen der landwirtschaftlichen Systeme sowohl bezüglich Ernährungssicherheit als auch Klimawandel angehen und mehr als ein Drittel des kosteneffizientesten Klimaschutzes liefern (Mbow et al., 2019).

Ökologische/Nachhaltige Intensivierung begegnet dem steigenden Ernährungsbedarf, indem sie Ökosystemleistungen nutzt, um die Produktion zu steigern und zu stabilisieren und den Bedarf an externen Inputs umweltschonend zu reduzieren (Resilienz gegen Schocks; vgl. z. B. FAO, 2020, zu COVID-19). Die Umwandlung von zusätzlichem Land für die Landwirtschaft soll vermieden werden, um andere Ökosystemleistungen zu erbringen (besonders wichtig sind hier auf Biodiversität beruhende Leistungen wie Bodenfruchtbarkeit, Schädlingsbekämpfung und Bestäubung; Bommarco et al., 2013, 2018). Nachhaltige Intensivierung ist ein Ziel, spezifiziert aber nicht, wie es erreicht werden könnte: z. B. durch die Kombination mit Agrarökologie, Bewirtschaftungspraktiken wie konservierende Landwirtschaft, Agroforstwirtschaft und integrierte Tier- und Pflanzenproduktionssysteme, oder durch den Einsatz von Precision Farming (Mbow et al., 2019).

Für Österreich wurden im Zeitraum 2013/14 bis 2017/18 eine Reihe von ungünstigen externen Effekten auf die Bodenbewirtschaftung beobachtet wie etwa die rückläufige Ackerfläche um über 25.000 ha durch Inanspruchnahme von Agrarflächen für nicht landwirtschaftliche Nutzung (v.a. Bodenversiegelung), die flächenmäßige Ausweitung erosionsgefährdeter Feldfrüchte um ca. 10.000 ha (von ca. 36% auf 38%) aufgrund der Nachfrage nach Soja und Mais sowie zunehmende Wetterextreme, v.a. Hitze- und Dürreperioden (BAB, 2019).

2.5.6 Wasserbereitstellung und -qualität

Wasser erfüllt mehrere, auch für andere Ökosystemleistungen, relevante Funktionen: elementarer Baustein physiologischer Prozesse im Produktionsablauf (Aufbau von Biomasse, ebenso in der Lebensmittelverarbeitung entlang der Wertschöpfungskette, wenn auch viel geringer als durch die Primärproduktion; FAO, 2018b); Medium der Stoffaufnahme (Grundwasser und Oberflächengewässer); Schadstofftransmitter (z. B. als saurer Regen und als Lösungsmittel für Abfallstoffe der Landwirtschaft, u. a. Pflanzenschutzmittelrückstände, Nitrat); Transportmittel (z. B. bei Wassererosion); Lebensraum von Arten (z. B. Feuchtwiesen); Element von Kulturlandschaften mit ästhetischem Wert (Kletzan-Slamanig et al., 2020).

Eine Reihe von kombinierten Bedrohungen ist für Süßwasserökosysteme vorherrschend, diese umfassen Landnutzungsänderungen einschließlich Wasserentnahme, Ausbeutung, Verschmutzung, Klimawandel und invasive Arten (IPBES, 2019; Abbildung 4). Veränderungen des künftigen Wasserangebots (Klimawandel) und der Wassernachfrage (sozioökonomische

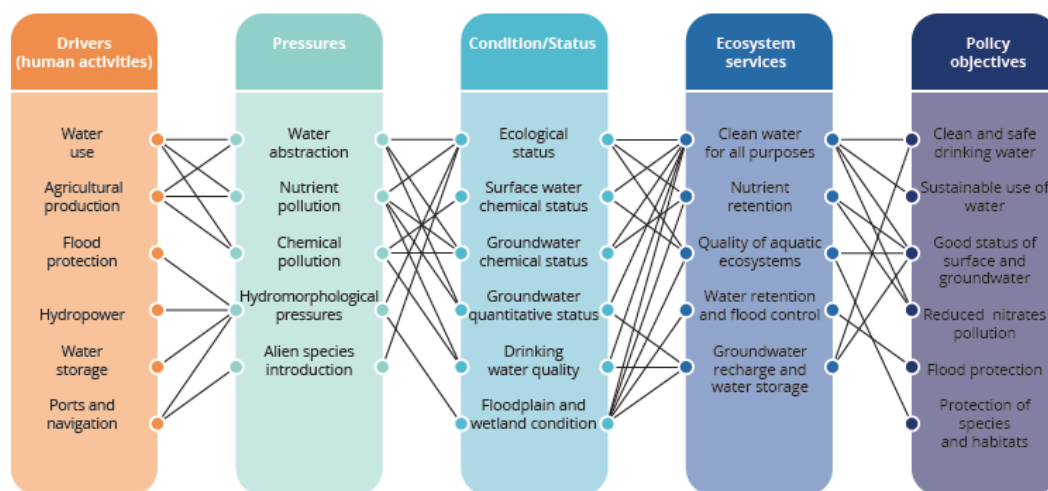
Entwicklung) haben Auswirkungen auf den Wasserstress, was in Kombination global zu einer Zunahme von Milliarden Menschen führen wird, die in wasserarmen Gebieten leben (Smith et al., 2019). Weiters wird der Bedarf an Hochwasserschutz oder Trockenheitsmanagement erhöht. Lösungen wie natürliche Wasserrückhaltmaßnahmen, Pufferstreifen, intelligente Wasserpreise, effizientere Bewässerungstechniken und Präzisionslandwirtschaft werden an Bedeutung gewinnen (EEA, 2019c).

Für Ernährung und Landwirtschaft genutzte Ökosysteme beeinflussen sowohl die Menge als auch die Qualität der Wasserversorgung. Die Landwirtschaft ist verantwortlich für 70% aller Süßwasserentnahmen weltweit, wovon 43% aus dem Grundwasser stammen (FAO, 2018b). Österreich ist dagegen ein sehr wasserreiches Land mit großen Trinkwasservorkommen und -reserven, von denen jährlich 3% genutzt werden. Davon nutzt die Landwirtschaft wiederum nur 5%, vor allem Grundwasser (vergl. BMNT, 2019). Die nationalen Bewertungen, die im Rahmen der zweiten Bewirtschaftungspläne für die Flusseinzugsgebiete gemäß der Wasserrahmenrichtlinie vorgenommen wurden, zeigen, dass nur 40% der europäischen Oberflächenwasserkörper einen guten ökologischen Zustand erreichen und Feuchtgebiete ebenso wie 80-90% der Überschwemmungsgebiete in hohem Maße degradiert sind (EEA, 2019c).

Die Stickstoffüberschüsse wurden europaweit in der Vergangenheit ebenso reduziert wie der Nährstoffeintrag aus Punktquellen in die Oberflächengewässer. Die Nährstoffeinträge aus diffusen Quellen (also vor allem aus der Landwirtschaft) treten daher in den Vordergrund. Der Dünger mit der größten Belastung ist Stickstoffdünger (Nitratdünger), der wegen seiner guten Löslichkeit leicht ins Grundwasser gelangen kann (Kletzan-Slamanig et al., 2020). Die Nitratkonzentrationen im Grundwasser und in den Flüssen gehen viel langsamer zurück als in Oberflächengewässern (EEA, 2019c). Daneben können auch Pflanzenschutzmittel Gewässer belasten.

Die Farm-to-Fork-Strategie und EU-Biodiversitätsstrategie streben eine Halbierung der Nährstoffüberschüsse (Stickstoff und Phosphor) an. Dieses Ziel soll durch Verbesserung der Nährstoffeffizienz bei gleichbleibender Bodenfruchtbarkeit erreicht werden. Dadurch soll es möglich sein, den Einsatz von Düngemitteln um 20% zu reduzieren. Die Landwirtschaft ist prinzipiell in der Lage, eine Halbierung des sektoralen Nährstoffüberschusses zu verkraften, ohne dass dies zu nennenswerten Ertragseinbußen führen muss (Isermeyer et al., 2020).

Abbildung 4: Wasser – Treiber, Belastungen, Status, Ökosystemleistungen und Politikziele



Note: BOD, biological oxygen demand.
Source: Modified from Maes et al. (2018).

Q: EEA (2019c).

2.5.7 Ernährungssicherheit und Gesundheit

Nahrungsmittelsysteme produzieren derzeit genug, um die globalen Ernährungsbedürfnisse zu befriedigen, allerdings ist der Zugang zu Nahrungsmitteln ungleich verteilt (TEEB, 2018). Selbst in der EU können sich 33 Mio. Menschen nicht einmal alle zwei Tage eine hochwertige Mahlzeit leisten (COM(2020) 381 final; Eurostat).

Ernährungssicherheit ist gegeben, wenn alle Menschen zu jeder Zeit physischen und wirtschaftlichen Zugang zu ausreichender, sicherer und nahrhafter Nahrung haben, die ihren Ernährungsbedürfnissen und -präferenzen für ein aktives und gesundes Leben entspricht (Welternährungsgipfel 1996). Die Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln bezieht sich dabei auf die Angebotsseite. Diese kann temporär durch Naturereignisse wie Trockenheit oder Überschwemmungen bzw. politische und wirtschaftliche Krisen, aber auch dauerhaft aufgrund mangelnder Einkommen oder anderer Faktoren unterbrochen sein. Selbst wenn genug produziert wird oder auf Lager ist, bestimmen die Qualität und der Nährwert der Nahrungsmittel den individuellen und kollektiven Ernährungszustand (vgl. FAO, 2008).

Sechs der zehn wichtigsten Risikofaktoren, die die Krankheitslast erhöhen, sind ernährungsbedingt (TEEB, 2018) In der EU kann einer von fünf Todesfällen (2017) auf ungesunde Ernährung zurückgeführt werden (COM(2020) 381 final). Mangelernährung beeinträchtigt die Lebensqualität, 88% der Länder sind von zwei oder drei Formen belastet (d. h. Mikronährstoffmangel, Verkümmern/Verschlackung, Übergewicht/Fettleibigkeit (WHO, 2017)). Daneben müssen als Risikofaktoren die Verschmutzung von Boden, Luft und Wasser, Lebensmittelverfälschung oder der Verlust von Nährstoffen durch die Kommodifizierung von Lebensmitteln berücksichtigt werden. Agrarlebensmittelsysteme können Krankheiten verursachen, die auch über Generationen

hinweg wirken (z. B. durch Chemikalien) oder die Gesundheit fördern, z. B. durch ökologische Landwirtschaftsprodukte oder Beigabe von Nährstoffen (TEEB, 2018).

Trotz aller bisherigen Erfolge bei der Verbesserung der Ernährung der Menschen und ihrer Gesundheit und Lebenserwartung sind die heutigen Lebensmittelsysteme immer stärker industrialisiert, globalisiert und von großen wirtschaftlichen Akteuren beherrscht, die in erster Linie Größenvorteile (Skaleneffekte) erzielen sowie wettbewerbsfähige, internationale Lieferketten mit hohem Transportanteil betreiben - Systeme, die nun auch zu unübersehbaren Misserfolgen führen (Swinburn et al., 2019). Diese landwirtschaftlichen Systeme neigen dazu, die Produktion von energiereichen Grundnahrungsmitteln zu begünstigen und nährstoffreichen Lebensmitteln nicht genügend Aufmerksamkeit zu schenken. In vielen Regionen sind Gemüse, Obst und tierische Lebensmittel oft teuer oder unzugänglich, was zu einer einseitigen, nährstoffarmen Ernährung führt. Darüber hinaus sind stark verarbeitete Lebensmittel eine treibende Kraft bei der weltweiten Adipositas-Pandemie; fast 2 Milliarden Menschen sind übergewichtig oder leiden an Adipositas. Das Lebensmittelsystem führt auch zu beispiellosen Umweltschäden, da es bis zu 29% der anthropogenen Treibhausgasemissionen verursacht und zu einer raschen Entwaldung, Bodendegradation und einem massiven Verlust an biologischer Vielfalt führt (Swinburn et al., 2019).

Obwohl Tiere ein integraler Bestandteil vieler gut funktionierender agrarökologischer Systeme sind und Dauerweiden, auf denen Tiere grasen, wichtige Kohlenstoffsinken sein können, trägt die Viehhaltung in hohem Maße zum Klimawandel bei (19% aller Treibhausgase, Swinburn et al., 2019). Die Treibhausgase stehen im Zusammenhang mit Methanemissionen aus der Darmfermentation, Lachgasemissionen aus der Ausbringung von Dung und Düngemitteln sowie dem erheblichen Aufwand für den Anbau von Getreide und Ölsaaten, die in der industriellen Viehzucht als Futtermittel verwendet werden. Die Viehhaltung beansprucht außerdem etwa 70% der weltweiten landwirtschaftlichen Nutzfläche und ist eine der Hauptursachen für die Abholzung der Wälder. Intensive Produktionssysteme tragen auch durch Abwässer und Luftverschmutzung erheblich zur lokalen Umweltverschmutzung bei (Swinburn et al., 2019).

Die weltweite Fleischerzeugung ist um das Vier- bis Fünffache gestiegen, von 71 Mio. Tonnen jährlich im Jahr 1961 auf 318 Mio. Tonnen im Jahr 2014, und sie wird den Prognosen zufolge bis 2050 weiter auf 455 Mio. Tonnen ansteigen (Swinburn et al., 2019). Dieser Anstieg spiegelt die wachsende Nachfrage wider, die sowohl auf das globale Bevölkerungswachstum als auch auf den Anstieg des Pro-Kopf-Verbrauchs von 20 kg auf 43 kg pro Person und Jahr zwischen 1961 und 2014 zurückzuführen ist, der mit steigenden Einkommen und veränderten Ernährungsgewohnheiten zusammenhängt. Dieses Niveau von Produktion und Konsum von rotem Fleisch ist eine wesentliche Triebkraft für die Entwicklung von Fehlernährung (Adipositas, Unterernährung) und Klimawandel.

Die Zusammenhänge zwischen übermäßigem Fleischkonsum und Fettleibigkeit und damit zusammenhängenden nicht übertragbaren Krankheiten (non communicable diseases, NCDs) sind ebenfalls bekannt. Übermäßiger Fleischkonsum kann zu Fettleibigkeit beitragen. Der Verzehr von rotem Fleisch (insbesondere von verarbeitetem Fleisch) wird mit einem erhöhten Risiko für NCDs wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Typ-2-Diabetes und einigen Krebsarten in Verbindung gebracht (Swinburn et al., 2019). Lebensmittel tierischen Ursprungs, einschließlich Fleisch,

sind eine reichhaltige Quelle für hoch bioverfügbare Mikronährstoffe, insbesondere für Kleinkinder, und leisten einen wichtigen Beitrag zu einer hochwertigen Ernährung, wenn sie in Maßen verzehrt werden.

Die Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) sehen die Beendigung der Unterernährung in all ihren Formen und die Gewährleistung des Zugangs zu nahrhaften Lebensmitteln für alle Menschen bis 2030 als wichtige globale Prioritäten vor.

In diesem Zusammenhang stehen auch die Lebensmittelverschwendung und -verluste, die neben der Reduktion der verzehrbaren Menge negative externe Effekte für die Gesellschaft mit sich bringen, wie z. B. Kosten für die Abfallentsorgung oder Mehrkosten für die Haushalte oder die Produktion von Treibhausgasen und den Verlust von knappen Ressourcen, die für die Produktion verwendet werden (FAO et al., 2020). 20% der Lebensmittelproduktion werden in der EU 28 verschwendet oder gehen verloren, 30% davon in den Produktions- und Verarbeitungssektoren, der Rest in Haushalten, Gastronomie und Einzelhandel (FUSIONS, 2021). Weltweit werden die Verluste auf etwa ein Drittel geschätzt, was auch dem Anteil der dadurch unnötig genutzten Landfläche oder 1-1,5% der globalen Energieressourcen bzw. 6-10% der vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen entspricht, u. a. durch Methangasbildung in Deponien (FAO, 2018b; Aulakh und Regmi, 2013).

Diese Aspekte sind relevant für das UN-Ziel 'Nachhaltige Produktions- und Konsummuster' (SDG 12), das eine 50-prozentige Reduzierung der Lebensmittelabfälle im Einzelhandel und im Verbrauchermarkt sowie eine Reduzierung der Lebensmittelverluste entlang der Produktions- und Lieferketten bis 2030 vorsieht. Ebenso ist das Ziel 'Kein Hunger/nachhaltige und sichere Lebensmittelversorgung' (SDG 2) betroffen, wobei bei Fortsetzung der aktuellen Trends bis 2030 von geschätzten 9 bis 10 Mrd. Menschen noch 840 Mio. (2019: 2 Mrd.) von mäßiger oder schwerer Ernährungsunsicherheit betroffenen sein werden (FUSIONS, 2021; FAO et al., 2020). Die Entwicklung hängt jedoch stark von den betrachteten Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) ab (vgl. Smith et al., 2019). Mit den derzeitigen Ernährungsmustern werden die ernährungsbedingten Gesundheitskosten (SDG 3) im Zusammenhang mit Sterblichkeit und nicht übertragbaren Krankheiten bis 2030 auf über 1,3 Billionen US-Dollar pro Jahr geschätzt, die ernährungsbedingten sozialen Kosten der Treibhausgasemissionen (betreffend SDG 13) auf mehr als 1,7 Billionen USD pro Jahr (FAO et al., 2020; Mbow et al., 2019).

Die Zahl der maßgeblichen Berichte, in denen grundlegende Änderungen der Lebensmittelsysteme gefordert werden, um sie gesünder, nachhaltiger und gerechter zu machen, ist groß und wächst schnell (u. a. Global Nutrition Report, 2020; IPES Food, 2015; Whitmee et al., 2015). Diese und andere Berichte haben einen Konsens darüber geschaffen, dass radikale Veränderungen im Lebensmittelsystem dringend erforderlich sind. Zu den Möglichkeiten und Empfehlungen, die sich aus diesen Berichten zur Förderung der planetarischen Gesundheit ("planetary health")¹² ergeben, gehören u. a. die Verringerung der Lebensmittelverschwendung, die

¹² "Planetary health" wird definiert als "the achievement of the highest attainable standard of health, wellbeing, and equity worldwide through judicious attention to the human systems—political, economic, and social—that shape the future of humanity and the Earth's natural systems that define the safe environmental limits within which humanity can

Erhaltung der Ökosysteme und die Umlenkung schädlicher Subventionen im Lebensmittel-, Agrar-, Fischerei- und Energiesektor (siehe Kapitel 3).

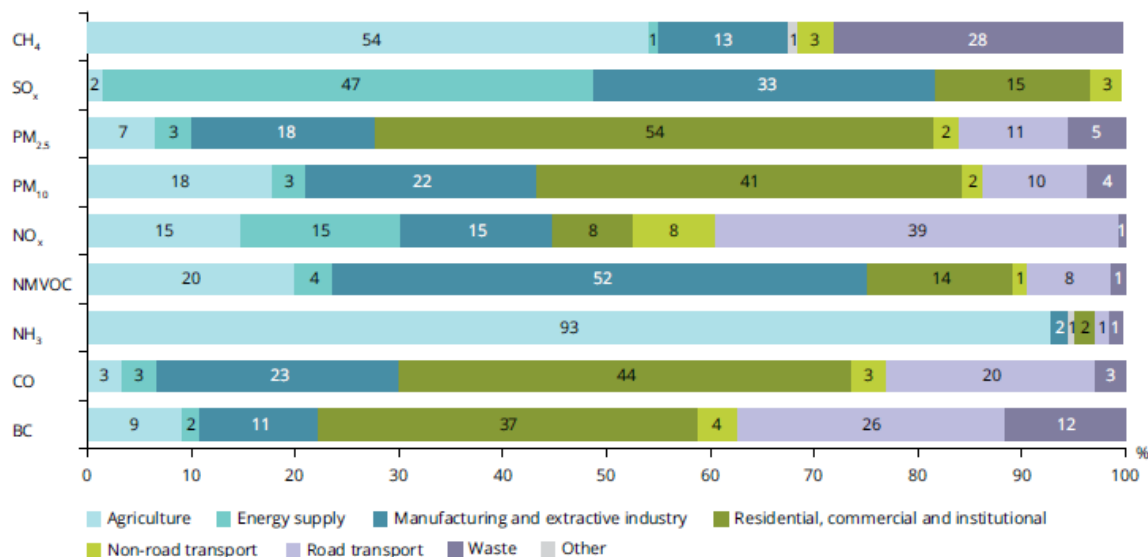
Mit der Farm to Fork Strategie will die EU bis 2030 Zugang zu gesunder und nachhaltiger Ernährung erleichtern, die Gesundheit und Lebensqualität der Verbraucher fördern und so die Gesundheitskosten für die Gesellschaft senken. Um Ernährungsunsicherheit und Erschwinglichkeit zu gewährleisten, sollen Verbrauchsmuster geändert, z. B. durch verpflichtende Nährwertangaben oder Kennzeichnung von ökologischen und sozialen Aspekten, aber auch durch Steueranreize, und Lebensmittelverschwendung um die Hälfte reduziert werden.

2.5.8 Luftqualität und Gesundheit

Die meisten Schadstoffe werden in Wirtschaftsbereichen wie Verkehr, Landwirtschaft, Energieerzeugung und -nutzung, Industrie oder Abfallwirtschaft freigesetzt. Die Luftverschmutzung beeinträchtigt die menschliche Gesundheit, die Vegetation und die Ökosysteme. Feinstaub (PM_{2,5}), Stickstoffdioxid (NO₂) und bodennahes Ozon (O₃) sind die schwerwiegendsten Schadstoffe in Europa in Bezug auf die Schädigung der menschlichen Gesundheit (EEA, 2019c, 2020a). Die Emissionen der meisten Hauptluftschadstoffe sind in Europa zwischen 2000 und 2018 zurückgegangen wenn auch nicht in allen Regionen und Sektoren gleich schnell. In der Landwirtschaft konnten die Luftschadstoffemissionen am wenigsten reduziert werden: Ammoniakemissionen (NH₃) haben von 2013 bis 2017 um etwa 3% zugenommen, sind seither aber leicht zurückgegangen (EEA, 2019c). 90% aller NH₃- und etwa 50% aller Methan-Emissionen in der EU 28 stammen aus dem Agrarsektor (EEA, 2020a; vgl. Abbildung 5). In Österreich etwa kann der langfristige Anstieg bei Ammoniak (2019 +3,2% seit 1990; jedoch –1,6% zu 2018) erklärt werden mit der steigenden Anzahl der Rinder, die in Laufställen gehalten werden, mehr Kühen mit höherer Milchleistungen und einem verstärkten Einsatz von Harnstoff als Stickstoffdünger (Anderl et al, 2021).

flourish. Put simply, planetary health is the health of human civilisation and the state of the natural systems on which it depends (Whitmee et al., 2015).

Abbildung 5: Beitrag zu den Emissionen der EU-28 der Hauptquellsektoren 2018 der wichtigsten Luftschadstoffe



Note: Only sectors contributing more than 0.5 % of the total emissions of each pollutant were considered.

Source: EEA (2020e; 2020f).

Q: EEA., 2020a.

Lebensmittel, die wir essen, beeinflussen nicht nur unsere eigene Gesundheit, sondern auch die Gesundheit derer, die sie produzieren. Anders als die bereits seit einigen Jahren umfassend untersuchten Umwelteinflüsse von Lebensmitteln, wie CO₂-Fussabdruck oder Land – und Wasserverbrauch, identifiziert eine Studie von Domingo et al (2021), welche einzelnen Lebensmittel und Ernährungsweisen den größten Einfluss auf die Luftverschmutzung haben. Um die gesundheitlichen Auswirkungen von tierischen Produkten zu erfassen, wurden alle Herstellungsfaktoren einbezogen, u. a. die Düngung von Futterpflanzen. Die Ergebnisse zeigen, dass allein in den USA 16.000 Todesfälle pro Jahr auf die Luftverschmutzung aus der Landwirtschaft zurückzuführen sind, 80% davon durch die Herstellung von tierischen Produkten wie Fleisch, Milchprodukten und Eiern. Ursache sind hohe Feinstaub- und Ozonkonzentration verursacht durch Methan- und Ammoniakemissionen als Vorläuferstoffe (Gibbens, 2021).

Die EEA (2019b) bezeichnet die Luftverschmutzung als das größte umweltbedingte Gesundheitsrisiko Europas. Im Jahr 2019 wurden in den 27 EU-Mitgliedstaaten nicht ganz 400.000 vorzeitige Todesfälle auf die Luftverschmutzung zurückgeführt (Österreich rund 6.000; EEA, 2021). Es wird erwartet, dass diese Zahl bis 2030 um mehr als die Hälfte gegenüber 2005 zurückgehen wird (vgl. "Zero pollution Action Plan"), während die Auswirkungen auf die Ökosysteme weniger stark abnehmen dürften. Hohe NH₃-Emissionen sind der Hauptgrund dafür, dass die Stickstoffablagerung in der Atmosphäre nach wie vor eine große Bedrohung für empfindliche Ökosysteme wie nährstoffarmes Grasland ist und voraussichtlich auch bleiben wird (EEA, 2019c). Hohe O₃-Konzentrationen schädigen die Pflanzenzellen und beeinträchtigen die Fortpflanzung und das Wachstum der Pflanzen, wodurch die Ernteerträge in der Landwirtschaft, das Wachstum der Wälder und die biologische Vielfalt verringert werden (EEA, 2020a).

Die Verbesserung der Luftqualität in der EU wird geregelt durch die Richtlinie über die Luftqualität (2008/50/EG) sowie die Richtlinie 2004/107/EG. Darin werden Luftqualitätsnormen festgelegt sowie, wo und wann diese Schadstoffe überwacht werden sollen. Die Richtlinie (EU) 2016/2284 (NEC-Richtlinie, National Emission Ceiling) legt wiederum die Reduktionsziele bestimmter grenzüberschreitender Luftschadstoffe fest. In Österreich wurde diese mit dem Emissionengesetz-Luft 2018 in nationales Recht umgesetzt.¹³

Wenn die EU-Mitgliedstaaten alle bestehenden sektoralen Rechtsvorschriften zur Regulierung der Luftverschmutzung und der Maßnahmen zur Erreichung der Klima- und Energieziele für 2030 umsetzen, könnten die Luftschadstoffemissionen ausreichend reduziert werden, um die Anforderungen der NEC-Richtlinie auf EU-Ebene im Jahr 2030 für alle Schadstoffe (außer Ammoniak) zu erfüllen (EC, 2021d). Im Rahmen des Europäischen Green Deal wird eine Überarbeitung der Luftqualitätsstandards überprüft, um sie stärker an die 2021 neu festgesetzten, strengeren Luftqualitätsrichtlinien Empfehlungen der WHO anzupassen.

Was die (besonders gesundheitsschädlichen) primären PM_{2,5}-Emissionen aus der Landwirtschaft betrifft, ist eine kostengünstige Maßnahme das Verbot der Verbrennung von landwirtschaftlichen Abfällen im Freien. Für eine nachhaltige Verringerung der NH₃-Emissionen existieren technische Lösungen, z. B. emissionsarme Techniken für die Ausbringung von Düngemitteln und Mineraldüngern sowie Strategien für die Tierfütterung. Die Entsorgung von Dung aus der Tierhaltung verursacht etwa 78% aller NH₃-Emissionen in der EU-28. Insgesamt 80% der Gülle stammen aus 4% der Betriebe mit mehr als 50 Großvieheinheiten (EC, 2021d; EEA, 2019c). Für CH₄-Emissionen sind ein effizienter Einsatz von Düngemitteln, die Einführung einer Präzisionslandwirtschaft, ein gesünderer Viehbestand und die Aufwertung organischer Abfälle durch Nutzung der anaeroben Vergärung zur Erzeugung von Biogas Beispiele für existierende Technologien.

Schätzungen von Domingo et al. (2021) zufolge könnten durch die Einhaltung entsprechender Empfehlungen allein in den USA jährlich 7.900 Todesfälle durch agrarische Luftverschmutzung verhindert werden; weitere 6.300 durch den Fokus auf Geflügel statt rotem Fleisch und bis zu 13.100 durch einen generell bewussteren, sparsamen Fleischkonsum.

2.5.9 Klimastabilität

Klimawandel beeinflusst die Nahrungsmittelproduktion, Ernährungssicherheit und Gesundheit: Direkt durch die Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Erträge als auch indirekt durch Effekte auf Ökosystemleistungen wie Wasserverfügbarkeit und -qualität, Auftreten von Schädlingen und Krankheiten sowie Bestäubungsdienste, aber auch die Veränderung des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre, die sich auf die Biomasse und die Qualität der Nahrungsmittel auswirkt (Mbow et al., 2019). Änderungen der Temperatur- und Niederschlagsmuster führen zu einer Verschiebung der Verbreitungsgebiete und auch zum Aussterben von Arten, wodurch sich die Zusammensetzung und die Funktionsweise von Ökosystemen ändert, was jedoch nicht zwangsläufig eine Verschlechterung darstellen muss (IPBES, 2018). Der Verlust von Biodiversität reduziert

¹³ Österreichs Informatives Inventory Report (Anderl et al., 2021) und die NFR-Tabellen stellen Österreichs offizielle Einreichung im Rahmen des UN-Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (LRTAP) und der NEC-Richtlinie dar.

aber die Fähigkeit von Ökosystemen, die für Ernährung und Landwirtschaft genutzt werden, Kohlenstoff zu binden, und damit die Möglichkeit, die Produktionssysteme im Interesse des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel zu modifizieren (FAO, 2015). Regional könnte die Produktion in Europa von einer längeren Vegetationsperiode mit höheren Erträgen bei einigen Nutzpflanzen profitieren. Wetterextreme wie Dürre, Starkregen und Hagel sowie Spätfrost wirken sich hingegen bereits heute negativ auf die landwirtschaftliche Produktion aus (für Österreich siehe www.hagel.at).¹⁴ Spätfrost, also Frostereignisse, die nach der Keimung bzw. dem Knospenaustrieb von krautigen und holzigen Pflanzen auftreten, haben erhebliche ökologische und wirtschaftliche Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft in den gemäßigten und borealen Regionen der Welt. Die durch Spätfrost verursachten Schäden an empfindlichen Pflanzenorganen beeinträchtigen das Wachstum, die Gesundheit, und die Vermehrungsfähigkeit von Pflanzen erheblich und verursachen in Nordamerika und Europa mehr wirtschaftliche Verluste in der Landwirtschaft als alle anderen klimabedingten Gefahren (Lamichhane, 2021). Eine Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion ist unabdingbar, um die klimabedingten Schäden und Produktivitätseinbußen abzumildern bzw. zu vermeiden.

Etwa 21-37% der globalen Treibhausgase sind dem Ernährungssystem zuzuschreiben: Im Mittel 2007-16 emittierte die Landwirtschaft (Ackerbau und Viehzucht) etwa 10-14%, die Landnutzung und Landänderung 5-14%, und die Lebensmittelverarbeitung, Einzelhandel und Konsummuster (einschließlich vor- und nachgelagerter Prozesse wie die Herstellung von chemischen Düngemitteln und Treibstoff) 5-10% der globalen THG-Emissionen (Mbow et al., 2019).

Insgesamt wurden 2019 durch die Landwirtschaft der EU 28 427,6 Mt CO_{2eq} emittiert (10,5% der gesamten EU-Treibhausgasemissionen), davon 43,3% Methan (CH₄) aus der enterischen Fermentation (Österreich 56,8%), 38,4% Lachgas-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (N₂O; Österreich 27,6%) sowie 14,6% Düngbewirtschaftung (CH₄ und N₂O; Österreich 13,6%). Die Netto-Kohlenstoffsенке aus Wäldern und anderen Grün- und landwirtschaftlichen Flächen (LULUCF) ist seit 1990 nach einem Anstieg in den letzten Jahren deutlich geschrumpft (2019 auf 243 Mt CO_{2eq}; Österreich 4,6 Mt CO_{2eq}), v.a. wegen alternder Wälder (vgl. Scheffler et al., 2020). Der Anteil der österreichischen Landwirtschaft an den gesamten Treibhausgasemissionen ist seit 1990 leicht zurückgegangen (von 10,4% auf 9,0%), wobei das Niveau im Zeitablauf ebenfalls eine leicht abnehmende Tendenz zeigt (von 8,1 auf 7,2 Mt CO_{2eq}). Von 1990 bis 2019 konnten die agrarischen Treibhausgasemissionen in Österreich im Vergleich zum EU 28-Durchschnitt (ca. -20%) nur um etwa 12% gesenkt werden. Bezieht man die Emissionen aus den vorgelagerten Bereichen, durch Landnutzungswandel für die Futtermittelproduktion oder den Energieverbrauch für die Produktion mineralischer Stickstoffdünger ein, so erhöht sich dieser Anteil auf bis zu 20%. Die Emissionen aus Ackerflächen infolge einer Landnutzungsänderung sind in den letzten Jahren erheblich gestiegen. Zwischen 2004 und 2018 ist der Anteil von

¹⁴ Meldung der österreichischen Hagelversicherung vom 31. Juli 2021: "3,5 Mio. Euro Gesamtschaden durch die gestrigen Hagelunwetter in der Steiermark, Tirol und Niederösterreich... Auf einer Fläche von insgesamt 16.000 Hektar wurden Ackerkulturen (Getreide, Mais, Kürbis, Kartoffel), Obst- und Gemüsekulturen sowie das Grünland teilweise massiv zerstört. In der Steiermark, die besonders betroffen war, wurden auch Glashäuser durch riesige Hagelschlossen beschädigt. Die Konsequenz: Ein Gesamtschaden in der Landwirtschaft in der Höhe von 3,5 Mio. Euro." www.hagel.at, abgerufen am: 12. August 2021.

Dauerweideland in Österreich von 60% auf 47% zurückgegangen, was dem Trend in der EU-27 entgegenläuft (EC, 2020c).

Die Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion kann klimabedingte Schocks, z. B. durch klimaresistente Sortenwahl oder alternative Produktionssysteme (extensiv, konservierend, Biolandbau) abpuffern (EEA, 2019c). Zugleich müssen Lebensmittelsysteme ihre THG-Emissionen reduzieren und Kohlenstoff binden, wenn die Ziele des Pariser Abkommens erreicht und die globale Erwärmung unter 2°C gehalten werden sollen. Die Minderungsleistungen der Land-, Forstwirtschaft und Landnutzung spielen besonders in Bezug auf Nicht-CO₂-Treibhausgase und die landbasierte Kohlenstoffbindung eine entscheidende Rolle. Auf der Nachfrageseite geht es insbesondere um Ernährungsgewohnheiten; die Vermeidung von Lebensmittelverlusten und -verschwendung setzt auf beiden Seiten an (Mbow et al., 2019). Optionen zur Minderung in Viehhaltungssystemen umfassen ein verbessertes Dung- und Weideflächenmanagement und bessere Fütterungspraktiken für Tiere (Mbow et al., 2019).

Einige Aktivitäten, die auf den Klimaschutz abzielen, können jedoch als unbeabsichtigte Folge direkt oder indirekt andere Ökosystemleistungen verschlechtern, z. B. durch verstärkten Einsatz von Herbiziden und Pestiziden bei der minimalen Bodenbearbeitung; Monokulturen auf zuvor nicht bewaldeten Lebensräumen; Ausdehnung von Bioenergiepflanzen auf zuvor natürlichen Flächen oder Nettoverschiebung von Ackerflächen in die natürliche Vegetation als Folge der zunehmenden Flächenkonkurrenz zwischen Nahrungsmittel- und Bioenergiepflanzen (IPBES, 2018). Insbesondere der steigende Wert von Bioenergie übt Druck auf Land, Ökosystemleistungen und die Preise für landwirtschaftliche Erzeugnisse, einschließlich Lebensmittel, aus (Mbow et al., 2019). Die Nachfrage nach Biokraftstoffen wird voraussichtlich aber nicht mehr so stark steigen wie im letzten Jahrzehnt, da die derzeitige Biokraftstoffpolitik eine weitere Expansion in den wichtigsten Erzeugerländern wahrscheinlich nicht unterstützen wird (OECD-FAO, 2020).

Zusätzlich zu den Minderungseffekten der Klimapolitik gab es bisher positive indirekte Effekte durch andere politische Maßnahmen, die nicht auf die Reduzierung von Treibhausgasemissionen abzielten, z. B. die Nitratrichtlinie, die Marktreform der Gemeinsamen Agrarpolitik und die Deponierichtlinie haben sich positiv auf die Reduzierung der Treibhausgasemissionen von CH₄ und N₂O ausgewirkt (EEA, 2019c).

2.5.10 Schutz vor Naturgefahren, Schädlingen und Krankheiten

Geophysikalische, hydrologische, meteorologische und biologische Naturgefahren wie Überschwemmungen, Dürren, schwere Stürme sowie tierische Schädlinge und Krankheiten verursachen in der wetter- und klimasensitiven Land- und Forstwirtschaft Produktionsausfälle und schädigen Boden und andere Vermögenswerte. Somit sind sie auch ein wichtiger Faktor für Ernährungsunsicherheit (OECD-FAO, 2021). Das Risiko dafür wird durch komplexe und interagierende Faktoren beeinflusst, die sich sowohl auf die Exposition als auch die Anfälligkeit von Ökosystemen auswirken. Letztere ist allgemein verbunden mit schlechter Landnutzungsplanung, Armut, Urbanisierung und Ökosystemdegradation (z. B. Sudmeier-Rieux et al., 2017; FAO, 2019).

Es wird geschätzt, dass in den Zeiträumen 1980-1999 und 2000-2019 etwa 87% bzw. 91% der durch Naturgefahren ausgelösten Katastrophen wetter- und klimabedingt waren (inkl. hydrologischer Ursachen; CRED-UNDRR, 2020; OECD-FAO, 2021) und die Häufigkeit und Schwere

dieser Einflüsse weiter zunehmen wird (IPCC, 2012). FAO (2021) schätzt die jährliche Höhe der Schäden in den 2010er Jahren auf 170 Mrd. US-Dollar.

Dürren wirken sich fast ausschließlich auf die Landwirtschaft aus, 82% aller durch sie verursachten Schäden und Verluste wurden zwischen 2008 und 2018 von der Landwirtschaft in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen getragen (FAO, 2021). Veränderte Niederschlagsmuster und eine größere Variabilität der Niederschläge stellen ein Risiko für die 70% der weltweiten Landwirtschaft dar, die von Regenwasser gespeist wird (CRED–UNDRR, 2020). In Österreich kommt die pflanzliche Produktion weitgehend ohne Bewässerung aus, der Anteil der bewässerten Fläche an der landwirtschaftlichen Fläche wird auf 2,3% geschätzt (wpa, 2010). Da die Phasen mit geringen Niederschlägen in den letzten Jahren aber deutlich zugenommen haben, wird die Bewässerung zunehmend eine wichtiger werdende Option zur Klimaanpassung (Kletzan-Slamanić et al., 2014).

Beim Erosions- und Hochwasserschutz spielen neben der Bewirtschaftung Faktoren wie Landschaftsstruktur und -form sowie Niederschlags- und Abflussregime eine wichtige Rolle (Sanders und Heß, 2019). Wälder, Feuchtgebiete und Grünland regulieren den Wasserfluss und vermindern das Risiko von Überschwemmungen. Vegetation kann physischen Schutz vor Wind, Regen, Schnee oder Sonne bieten und hilft damit, Gefahren wie Erdbeben zu verringern (FAO, 2019). Öffentlich finanzierter Hochwasserschutz wird vorrangig im Siedlungsbereich eingesetzt, während landwirtschaftliche Flächen in der Regel nicht gesondert geschützt werden, da der Wert der Schadenreduktion die Kosten quasi nie übersteigt (Sinabell et al., 2018b).

Schädlinge und Krankheiten beeinträchtigen die Lebensmittel- und Landwirtschaftsproduktion weltweit und können eine Bedrohung für die Bereitstellung von Ökosystemleistungen sein, genauso wie für die relevante Biodiversität, insbesondere von Arten, die auf kleine geografische Gebiete beschränkt sind. Abgesehen von ihren direkten Auswirkungen können diese auch indirekt Praktiken wie den übermäßigen Einsatz von Pestiziden, Feuer, Antibiotika oder Bodenbearbeitung auslösen (FAO, 2019).

Die Epidemiologie von Krankheiten wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst, darunter Klimawandel, Handel und Veränderungen in der Landnutzung (FAO, 2019). Es wird über eine zunehmende Anzahl von neu auftretenden Infektionskrankheiten bei Menschen, Tieren und Pflanzen berichtet, vor allem in Verbindung mit Lebensraumveränderungen (z. B. Jones et al., 2008; Hasell et al., 2017). Ein hohes Maß an Biodiversität dürfte mit einem hohen Maß an Erregerdiversität einhergehen (Morand und Lajaunie, 2017); die Zunahme von Epidemien jedoch durch Entwaldung und landwirtschaftliche Intensivierung verursacht werden, da diese die Kontakte zwischen Wild-, Haustieren und Menschen erhöhen (Keesing et al., 2010).

Neben Maßnahmen, die zur Abschwächung des Katastrophenrisikos per se dienen, wie Aufforstung, Biodiversitätsschutz, etc., muss, um ein nachhaltiges Wachstum der landwirtschaftlichen Produktion zu gewährleisten, ein Übergang von einem Risikobewältigungs- zu einem Resilienzansatz stattfinden, zur Verhinderung und Minderung der negativen Auswirkungen von Naturgefahren, gestützt durch Direktzahlungen, geförderte Instrumente zum Risikomanagement und technische Hilfe (OECD–FAO, 2021). COVID-19 könnte ein solcher Anlassfall sein: Bewegungs- und Handelsbeschränkungen haben die Migration von landwirtschaftlichen

Arbeitskräften und Absatzmärkte unterbrochen, die internationalen Lebensmittelpreise erhöht und damit die Agrarproduktion und die Lebensmittelsicherheit beeinträchtigt (FAO, 2021).

2.5.11 Kulturelle Leistungen und Landschaftspflege

Kulturelle Ökosystemleistungen sind in der Regel definiert als die immateriellen und nicht-materiellen Nutzen, die Ökosysteme bieten. Diese gehören zu den am meisten anerkannten und direkt wahrgenommenen Leistungen der Menschen und haben möglicherweise (abgesehen von der Deckung der Grundbedürfnisse durch Versorgende Ökosystemleistungen wie Nahrung und Brennstoffe) den direktesten Bezug zum Wohlbefinden (Hirons et al., 2016).

Sowohl landwirtschaftliche Produktionssysteme als Ganzes als auch ihre Komponenten (Nutzpflanzen, Vieh, Bäume und Wasserorganismen) können zu kulturellen Ökosystemleistungen beitragen, d. h. zu den ästhetischen, erholsamen, inspirierenden, spirituellen und erzieherischen Nutzen, die Menschen aus dem Kontakt mit Ökosystemen erhalten. Dazu gehören Wildökosysteme (Wildbeobachtung, Fischen, Jagen), Lebensmitteln und domestizierte Biodiversität (Kulinarik, lokale Produkte aus einheimischen Tier- und Pflanzenarten). Einige traditionelle Agrarlandschaften sind als kulturelles Welterbe (z. B. Wachau in Österreich)¹⁵ oder als global bedeutende landwirtschaftliche Kulturerbestätten¹⁶ ausgewiesen (FAO, 2019).

Kulturelle Ökosystemleistungen fördern tendenziell die Erhaltung von Landschaften und Praktiken, die sich über einen langen Zeitraum entwickelt haben. Wenn keine Veränderungen notwendig sind, z. B. wenn das Ziel ist, traditionelle Landnutzungen zu erhalten, dann können sie zur ökologischen Nachhaltigkeit beitragen. Wenn aber Veränderungen notwendig sind, z. B. zur Klimawandelanpassung, dann unterstützen sie nicht unbedingt Innovationen, da sie dazu neigen, die Beibehaltung von lange etablierten Praktiken zu fördern (Plieninger et al., 2015).

Bemühungen zur Steigerung der Produktionseffizienz haben zu einer tendenziellen Zunahme der Größe von Ackerlandparzellen in ganz Europa geführt, was oft mit einem Verlust von Landschaftselementen einhergeht (ETC-ULS, 2019), gleichzeitig wird die Bewirtschaftung von Agrarflächen in Randgebieten aufgegeben (z. B. Terres et al., 2015). Die Kartierung der Landbedeckung Europas 2018 zeigt, dass der Anteil der wichtigsten Formen in Europa seit 2000 relativ stabil sind (z. B. 25% Ackerland und Dauerkulturen, 17% Weiden, 34% Wälder)¹⁷. Die Struktur der Landschaftselemente (Hecken, Bäume, Gröben, etc.) gibt wichtige Informationen über die Vielfalt in der Kulturlandschaft (BMLFUW, 2014). Diese vielfältige Natur- und Kulturlandschaft Österreichs ist eine wesentliche Grundlage für den Erfolg des österreichischen Tourismus (BMLRT, 2018), jedoch ist etwa das Kulturlandschaftselement des Grünlandes im Berggebiet (Bergmähwiesen und Almweiden) von großflächiger Auflassung bedroht, seit Ende der 1990er hat sich deren Fläche mehr als halbiert (BAB, 2019).

¹⁵ <http://whc.unesco.org/en/list>

¹⁶ <http://www.fao.org/giahs/en/>

¹⁷ <https://www.copernicus.eu/en>

2.6 Zusammenfassung

Neben der Bereitstellung von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Biomasse zur Energieerzeugung erfüllt die Landwirtschaft auch andere wichtige Funktionen, trägt zum Erhalt der Ökosystemleistungen bei und leistet u. a. einen Beitrag zur ländlichen Entwicklung und zur Landschaftspflege. Das menschliche Wirtschaftssystem und Wohlbefinden hängt wiederum direkt von Ökosystemleistungen ab, d. h. jene wahrgenommenen und für das menschliche Wohlbefinden wesentlichen Leistungen der Natur. Diese sind von essentieller Bedeutung u. a. für Biodiversität, fruchtbaren Boden, Trinkwasserverfügbarkeit, Schutz vor Naturgefahren und Krankheiten, und somit für Lebensqualität und Gesundheit des Menschen.

Die große Mehrheit unterschiedlicher Indikatoren, die den Zustand von Ökosystemleistungen und biologischer Vielfalt klassifizieren und bewerten (z. B. UN Millenium Ecosystem Assessment, Common International Classification of Ecosystem Goods and Services, IPBES Assessment Report) weisen einen Rückgang auf, da die Ökosystemleistungen über deren regenerative Kapazitäten hinaus genutzt werden. Durch nicht nachhaltige und intensive Bewirtschaftung kann die Landwirtschaft deren Fortbestand gefährden und dabei sich selbst und der ganzen Gesellschaft schaden. Regenerative Formen der Landwirtschaft bieten dagegen die Chance, Mikrobiota und Kohlenstoffgehalt im Boden anzureichern. Biodiversität ist einerseits Grundlage für viele andere Ökosystemleistungen und macht Produktionssysteme und Lebensgrundlagen robuster gegenüber Schocks und Belastungen, auch den Auswirkungen des Klimawandels. Dieser beeinflusst wiederum die Nahrungsmittelproduktion, Ernährungssicherheit und Gesundheit: Direkt durch die Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Erträge als auch indirekt durch Effekte auf andere Ökosystemleistungen. Die Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion kann klimabedingte Schocks, z. B. durch klimaresistente Sortenwahl oder alternative Produktionssysteme abpuffern. Zugleich spielen Minderungsleistungen der Land-, Forstwirtschaft und Landnutzung besonders in Bezug auf Nicht-CO₂-Treibhausgase und die landbasierte Kohlenstoffbindung eine entscheidende Rolle. Auf der Nachfrageseite geht es insbesondere um Ernährungsgewohnheiten; die Vermeidung von Lebensmittelverlusten setzt auf beiden Seiten an.

Als wichtigste Verbindung zwischen dem Menschen und seinen Ökosystemen kann das Ernährungs- und Landwirtschaftssystem auch dazu beitragen, mehrere Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) zu erreichen. Landwirtschaftliche Aktivitäten und deren Umweltrelevanz sind ebenso wichtige Faktoren für das Erreichen anderer politischer Ziele wie jene der EU-Naturschutzgesetzgebung und der Biodiversitätsstrategie (bzw. die Aichi Biodiversity Targets der UN) sowie die auf Nachhaltigkeit orientierte Farm-to-Fork-Strategie der EU, welche bestätigt, dass Agrar- und Lebensmittelfragen zunehmend bereichsübergreifend sind.

Die Zahl der Berichte, in denen grundlegende Änderungen der Lebensmittelsysteme gefordert werden, um sie gesünder, nachhaltiger und gerechter zu machen, wächst schnell. Zu den Möglichkeiten und Empfehlungen, die sich daraus zur Förderung der "planetary health" ergeben, gehören u. a. die Verringerung der Lebensmittelverschwendung, die Erhaltung der Ökosysteme und die Umlenkung schädlicher Subventionen im Lebensmittel-, Agrar-, Fischerei- und Energiesektor in nachhaltige Formen (siehe Kapitel 3).

3. Auswirkungen von Umweltauflagen auf die heimische Produktion

Dieses Kapitel geht der Frage nach, ob strengere Umweltauflagen dazu führen, dass in der EU-Landwirtschaft nicht mehr wirtschaftlich produziert werden kann bzw. in welchem Zusammenhang strengere Umweltauflagen mit den nach wie vor umfangreichen Förderungen im Rahmen der GAP zu sehen sind.

Agrarische Produktionsentscheidungen hängen wegen der großen Bedeutung der Subventionen für die Einkommen, neben Änderungen von Technologie und Marktbedingungen, besonders von den agrar- und fiskalpolitischen Rahmenbedingungen ab.

Die Agrarpolitik wiederum verfolgt ein breites Zielspektrum: Sie fördert die Effizienz und korrigiert Marktversagen, fördert die Einkommensgerechtigkeit, sorgt für die Bereitstellung öffentlicher Güter für die Gesellschaft, und fördert die Ernährungssicherheit. Die Unterstützung für Landwirte reicht von Direktzahlungen zur Aufrechterhaltung landwirtschaftlicher Einkommen, ohne die Produktion zu beeinflussen, bis hin zu Subventionen für Betriebsmittel wie Strom, Wasser und Dünger. Diese Maßnahmen unterstützen die Anpassung an den Klimawandel und dessen Abschwächung durch die Landwirtschaft (FAO, 2018)

Während die nationalen und EU-Förderungen für die Landwirtschaft anfänglich v.a. auf die Produktionssteigerung und Einkommensstützung nach der Liberalisierung der EU-Agrarmärkte bzw. zur Absicherung gegen volatile Preisentwicklungen abzielte, gewinnt der Fokus auf die Entschädigung der Bereitstellung von ökologischen öffentlichen Gütern, mit denen auf dem Markt kein Gewinn erzielt werden kann, wie Klima- und Gewässerschutz oder Biodiversität sowie die Unterstützung für weniger intensive Landbewirtschaftung zunehmend an Bedeutung (Sinabell et al. 2011). Das Fehlen von entsprechenden Anstrengungen zur Vermeidung von Schäden an natürlichen Ressourcen und der Gesundheit (negative Externalitäten) könnten als implizite umweltkontraproduktive Subvention der Landwirtschaft gesehen werden (Matthews und Soldi, 2019). Insgesamt sollten im Rahmen einer "Environmental policy integration" alle öffentlichen Einnahmen- und Ausgabenentscheidungen in konsistenter Weise Umweltwirkungen berücksichtigen (Kletzan-Slamani und Köppl, 2016).

Im Hinblick auf die Transformation zu einem nachhaltigen Landwirtschafts- und Ernährungssystem muss die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) daher umfassend dazu beitragen, die Landwirtinnen und Landwirte auch ökonomisch in die Lage zu versetzen, ihren Beitrag zur Erreichung der Ziele in Bezug auf Klima-, Tier- und Bodenschutz, Luft- und Wasserreinhaltung sowie Biodiversität zu leisten und die Umwelt umfassend zu schützen.

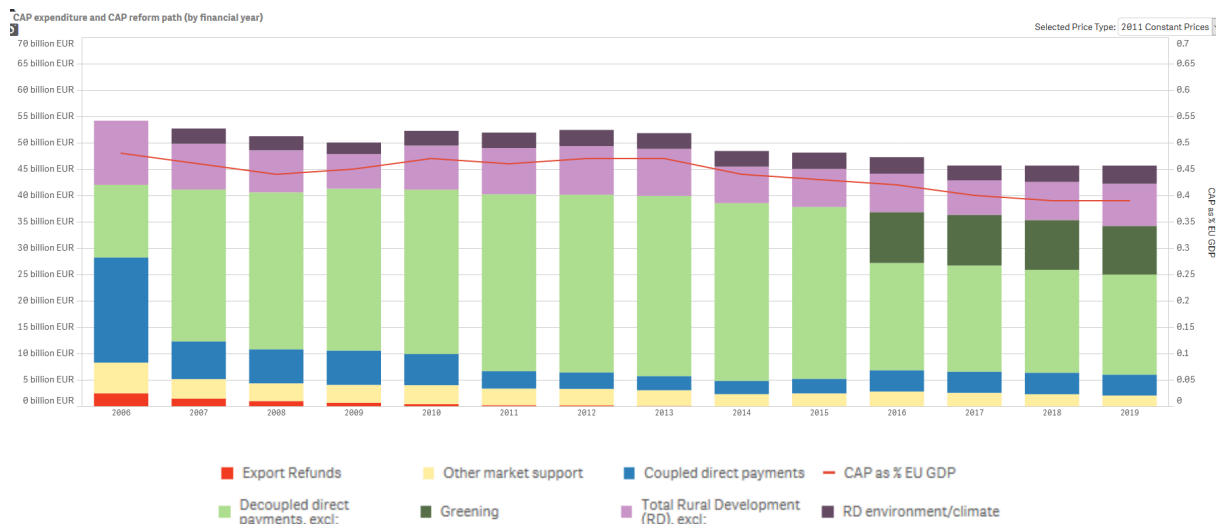
3.1 Historische Entwicklung der GAP

Das in den Anfängen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) vorrangige Ziel der gesicherten Lebensmittelversorgung in Europa ging aufgrund von Mindestpreisen und Abnahmegarantien in eine Überproduktion bei einzelnen Produkten über. Exportsubventionen führten zu negativen Auswirkungen im Außenhandel und durch Förderung ertragssteigernder Maßnahmen kam es zu hohen Umweltbelastungen. Ab der Binnenmarktreform 1992 näherten sich die Preise dem Weltmarktniveau an, als Ausgleich wurden Direktbeihilfen zur Einkommensstützung und die Politik zur Entwicklung des ländlichen Raums geschaffen (1. und 2. Säule). Schließlich wurden die

Förderungen von Produktionsmengen entkoppelt. Im Rahmen der GAP-Reform für die Periode 2014-2020 wurden diese aber wieder teilweise an Bedingungen mit umweltrelevantem Fokus geknüpft. Die zweite Basis der 1. Säule, die Gemeinsame Marktorganisation zur Marktstützung kommt heute nur noch in Krisenfällen zum Einsatz, seit 2013 wurden keine Exportsubventionen mehr eingesetzt, 2015 wurden diese aber von der WTO ohnehin untersagt.

Im Jahr 2021 macht die GAP mit 55,71 Mrd. EUR 33,1% des Haushalts der EU-27 aus (seit einigen Jahren mit abnehmender Tendenz), die Direktzahlungen zur Einkommensstützung und die Marktmaßnahmen (EAGFL) überwiegen dabei 76,8% (vgl. Abbildung 6). Der Anteil für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER, 2. Säule) beläuft sich auf 23,2%, durch Ko-Finanzierung der Mitgliedstaaten von bis zu 50% (wie in Österreich der Fall, was zu Kritik des Rechnungshofs führte¹⁸) sind die eingesetzten Mittel aber wesentlich höher (EP, 2021). Insgesamt bezieht Österreich jährlich 2,2 Mrd. Euro Agrarförderungen, davon überdurchschnittliche 1,1 Mrd. Euro für die Ländliche Entwicklung.

Abbildung 6: **GAP-Ausgabenkategorien und Reformen**



Q: https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DashboardIndicators/Financing.html?select=EU27_FLAG,1

3.2 Kontextfaktoren der GAP-Förderungen

Die Komplexität sowie die wiederkehrenden Revisionen der EU-Förderstrukturen und der unterschiedlichen nationalen bzw. regionalen Umsetzungsmaßnahmen, aber auch unterschiedlichen Betriebsformen erschweren die Abschätzung der direkten Auswirkungen von Umweltauflagen auf die landwirtschaftliche Produktivität und die entsprechenden Umwelt- und Klimawirkungen. Umweltauflagen reduzieren manche Inputfaktoren (z. B. Land durch verpflichtende Blüh- und Brachflächen), hemmen die Produktivität (weniger Düngereinsatz) oder beschränken den Handel (Zölle für bestimmte Lebensmittel, vgl. Beckmann et al., 2020; Ferrari et al.,

¹⁸ https://www.rechnungshof.gv.at/rh/home/home_6/Land- und Forstwirtschaft.html.

2021; CO₂-Bepreisung von Importen, vgl. Isermeyer et al., 2020) bzw. erhöhen die Kosten der Produktionsfaktoren (vgl. z. B. Menghi et al., 2014). Hinzu kommen aber andere Faktoren, wie auf der Absatzseite Veränderungen im Ernährungsverhalten etwa auch verstärkt durch die COVID-19-Pandemie hin zu mehr Regionalität und Nachhaltigkeit (vgl. EC, 2020a; OECD-FAO, 2020), Verunsicherung der Konsumenten aufgrund von Tierseuchen und Lebensmittelskandalen. Ebenso haben die Weltmarktpreise von Lebensmitteln und die globale Nachfrageentwicklung durch Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum Einfluss (vgl. z. B. Gocht et al., 2017; DG AGRI, 2017). Auf der Produzentenseite spielen u. a. die Erhöhung der Produktivität durch innovative Produktionsmethoden (z. B. OECD, 2019), sowie die Kosten für Inputfaktoren wie z. B. Rohöl- oder Düngemittelpreise eine Rolle. Aber auch die Wirkung von Maßnahmen wie die Quoten für Bioenergie aus Anbaubiomasse (Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2009/28/EG) nehmen Einfluss auf die Produktion und können somit anderen klimarelevanten Maßnahmen z. B. durch indirekte Landnutzungsänderungen (iLUC) entgegenwirken (z. B. Blanco-Fonseca et al. 2010; Matthews und Soldi, 2019). Dies gilt auch für andere Änderungen der Flächennutzung oder Bewirtschaftungsmethoden (vgl. Abschnitt 3.7 zum Green Deal). Weiters nimmt die voranschreitende Urbanisierung und Verbauung für Verkehrsflächen Einfluss auf die zu Verfügung stehende landwirtschaftlich nutzbare Fläche (Sinabell, 2016). Und schließlich beeinflussen die durch den Klimawandel selbst ausgelösten Folgen entscheidend die Erträge der landwirtschaftlichen Produktion, negativ z. B. durch Erosion, Trockenheit, extreme Wetterereignisse, etc., aber auch positiv in gemäßigten Klimazonen (z. B. FAO, 2019b; FAO, 2018).

3.2.1 Umweltrelevante Gesetzgebung und Gründe der Teilnahme an Umweltprogrammen

Ein erheblicher Teil des EU-Haushalts ist für die Verwirklichung der klima- und umweltbezogenen Ziele der EU bestimmt. Die EU integriert Umweltziele in viele ihrer Finanzierungsprogramme wie die Gemeinsame Agrarpolitik.

Für die meisten Umweltthemen, die auch die Landwirtschaft betreffen, gibt es EU-weite Richtlinien, wie z. B. die Wasserrahmenrichtlinie bzw. die Nitrat- und Pestizidrichtlinie, die Natura 2000 Richtlinie, die NEC-Richtlinie (Ammoniak), die "Naturschutzrichtlinien" und die Effort Sharing Decision für Treibhausgasemissionen. Sie stehen hinsichtlich der Zielvorgaben in einem engen Kontext mit der Gemeinsamen Agrarpolitik.

Für einige davon (z. B. jene im Zusammenhang mit Wasserverschmutzung) gilt das Verursacherprinzip. Im Gegensatz dazu beruht das umweltrelevante Fördersystem der GAP (für die freiwillige Teilnahme an Agrarumweltmaßnahmen bzw. Eco-Schemes, vgl. Abschnitt 3.6) auf dem "Provider-gets Principle" bzw. "Payment for Ecosystem Service" (PES), nachdem der Dienstleistungsanbieter (Betrieb) dafür die Bereitstellung einer Ökosystemleistung garantieren muss (vgl. Mauerhofer et al, 2013).

Auflagen können jedenfalls die betriebliche Produktivität beeinflussen etwa durch Einschränkung oder Verteuerung der Produktionsfaktoren, aber auch administrative Kosten.

Eine entscheidende Frage ist, ob die "richtigen" Anreize (Prämien, Förderungen) genügen, um freiwillig genug nachhaltige/umweltgerechte Produktion zu gewährleisten oder ob verpflichtende Gesetzgebung mehr Wirkung zeigt. Vorgeschriebene Mindestanforderungen sollten einen Anreiz bieten, auch weitergehende freiwillige klima- und umweltfördernde

Maßnahmen zu ergreifen. Mit dem "Greening" dürfte das weitgehend noch nicht gelungen sein (vgl. Abschnitt 3.3). Die Kombination aus Zielausrichtung, Anwendungsflexibilität und Beratung ist wichtig für den Erfolg von öffentlichen Zahlungen für Ökosystemleistungen (Meyer et al., 2015; vgl. Kapitel 2).

Eine Untersuchung des EURH (2020) zeigt, dass bspw. Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen mit geringeren Auflagen höhere Teilnahmequoten in größeren Gebieten aufweisen ("hellgrüne Maßnahmen", z. B. Verringerung der Beweidungsintensität, Begrenzung des Einsatzes von chemischen Düngemitteln). "Dunkelgrüne" Maßnahmen konzentrieren sich dagegen auf standort-spezifische Umwelt- und Biodiversitätsaspekte und erfordern von den Landwirten mehr Aufwand, zahlen aber auch mehr für die erbrachten Leistungen (was in intensiven und profitablen Gebieten wiederum schwer zu finanzieren wäre). Hinsichtlich Biodiversitätswirkung sind erstere weniger effektiv als letztere, woraus sich die Notwendigkeit einer wirkungsvollen Kombination aus Breite und Tiefe ableiten lässt. Zu Motivationen der freiwilligen Teilnahme an einfachen, breit gestreuten vs. zielgerichteten, komplexeren Agrarumweltmaßnahmen vgl. van Herzele et al. (2013).

Dass auch die Konsumenten eine freiwillige strengere Einhaltung von Umweltauflagen erwirken können, zeigt das Beispiel der ökologischen Landwirtschaft. 6,4% ihres Haushalts für Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen zahlte die EU 2014-2020 an den Biolandbau aus. Neben den unionsweiten Rechtsvorschriften setzen auf nationaler Ebene agierende Verbände zusätzliche, oft noch höhere Standards (Frick et al, 2019). Der Anteil an ökologisch bewirtschafteter Fläche in der EU betrug 2019 8,5%, beim gegenwärtigen Wachstum wären das bis 2030 15-18% (EC, 2021a). Am höchsten war er 2020 in Österreich (26,4% bzw. knapp 23% aller Betriebe)¹⁹. 65,5% der organischen Anbaufläche erhält GAP-Förderungen. Die positive Entwicklung in der EU – 2000 bis 2016 hat sich der Pro-Kopf-Konsum an Biolebensmitteln in der EU beinahe vervierfacht – ist v.a. auf die starke Nachfrage durch den Konsum und staatliche Fördermaßnahmen zurückzuführen. Die wachsende Nachfrage nach biologischen Lebensmitteln ist also der Treiber, kann aber teilweise nicht mehr durch die Binnenproduktion gedeckt werden. Der bedeutende österreichische Bio-Sektor zeigt, dass wirtschaftliche und ökologische Ziele Synergien bieten können. Da ein Neueinstieg aber erst wieder mit der neuen GAP-Periode ab 2023 möglich ist, wird sich zeigen, ob das inländische Angebot mit der stark wachsenden Nachfrage (2020 +23%) mithalten wird (vgl. Burtscher-Schaden et al., 2020).

Guyomard, Bureau et al. (2020) erläutern, dass kurzfristig die Anreize, auf agroökologische und ökologische Systeme umzustellen, gering sein können, da der Prozess der De-Intensivierung aufgrund geringerer Erträge zu einem Anstieg der Produktionskosten pro Einheit führt, vermutlich jedoch langfristig abgemildert durch Produktivitätssteigerungen, die Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit und die Stärkung der Ökosystemvorschriften. Die endgültigen Auswirkungen auf die Einkommen der Landwirte und -wirtinnen hängen von der Balance zwischen einem positiven Preiseffekt (je nachdem, wie viel die Bevölkerung bereit ist, für gesündere und umweltfreundlichere Lebensmittel zu zahlen) und einem negativen Kosteneffekt ab.

¹⁹ BIO AUSTRIA: Nachfrage nach Bio-Lebensmitteln 2020 hoch wie nie zuvor. <https://www.bio-austria.at/a/bauern/bio-austria-nachfrage-nach-bio-lebensmitteln-2020-hoch-wie-nie-zuvor/>.

Trotz zahlreicher Studien, die zeigen, dass etwa die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes (IPM) eine erhebliche Verringerung des Pestizideinsatzes ohne nennenswerte Ertragseinbußen ermöglichen ist die flächendeckende Anwendung von IPM aufgrund unterschiedlicher Faktoren für die LandwirtInnen in der EU schwierig umzusetzen (z. B. Lamichhane et al., 2016). Das ist neben natürlichen und regionalen Gegebenheiten auf wirtschaftliche Aspekte zurückzuführen wie Produktionsrisiken, Investitionsbedarf und Personalkosten für den Erwerb neuer Kenntnisse. Ergebnisse präventiver sind im Vergleich zu jenen kurativer Maßnahmen, die z. B. durch Pestizide erzielt werden, schwer zu beobachten und zu bewerten. Das lässt die Vermutung zu, dass die Rentabilität und Entwicklung der agrarökologischen Betriebe von Preisprämien und Direktbeihilfen abhängen.

3.3 Auswirkungen von Direktzahlungen auf die landwirtschaftliche Produktion am Beispiel Greening der 1. Säule

Eines der grundlegenden regulatorischen Instrumente der GAP zur Verfolgung von umwelt- und Klimaschutzziele ist die verpflichtende Cross-Compliance-Regelung, wodurch die meisten GAP-Zahlungen beider Säulen an Standards in Bezug auf die Erhaltung des guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustands (GLÖZ) der Flächen und Grundanforderungen an die Betriebsführung, gebunden sind (Vorschriften für Umweltschutz, Lebensmittelsicherheit, Tier- und Pflanzengesundheit sowie Tierschutz). Werden diese nicht erfüllt, können Kürzungen von 1% bis 5% der Direktzahlungen verhängt werden, was aber nur sehr selten eintritt und auch von nationalen GLÖZ-Standards bzw. Kontrollen abhängt (EURH, 2020). Mit der "Ökologisierungszahlung" (Greening) ist in der GAP-Periode bis 2020 erstmals eine Direktzahlung der 1. Säule rein ökologischer Natur, 30% davon sind für verpflichtende Ökologisierung zweckgebunden (EURH, 2017). Ökologische Agrarbetriebe erfüllen per Definition die Bedingungen. Mit den Maßnahmen "Erhalt von Dauergrünland", "Fruchtartendiversifizierung" sowie die "Bereitstellung von ökologischen Vorrangflächen" wurde ein Übergang zu einer Subventionspolitik etabliert, in der nicht mehr nur Anbauflächen und Erträge gefördert, sondern nichtbewirtschaftete Flächen verpflichtend vorgeschrieben werden. Ein beträchtlicher Anteil der Betriebe und der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) auf EU-27-Ebene sind von dieser Maßnahme betroffen (55% aller Betriebe und 86% LF).

Die meisten Modellsimulationen kommen zu dem Ergebnis, dass sowohl die ökologischen Auswirkungen wie Treibhausgasemissionen und Agrobiodiversität (z. B. Röder et al., 2019) als auch die ökonomischen Auswirkungen (z. B. Gocht et al., 2017) des Greening jedoch sehr gering ausfallen. Schätzungsweise finden nur auf ungefähr 5% der landwirtschaftlichen Fläche (EURH, 2017; Louhichi et al., 2017) in der EU Änderungen der Bewirtschaftungsmethoden statt. Bertoni et al. (2018) erkennen jedoch mittels georeferenzierter Daten einen starken Effekt in Regionen mit hochintensiver Landwirtschaft. Damit dient es vorrangig der Einkommensstützung (z. B. Hart et al., 2017). Die Auflagen konnten von den meisten Betrieben leicht erfüllt werden. Eine weitere Intensivierung der Landnutzung insbesondere in Gunstlagen war die Folge und somit eine Verschlechterung bei den THG-Emissionen, wie etwa die Zunahmen bei den Methan- und Lachgas-Emissionen seit 2013 zeigen (Burtscher-Schaden et al., 2020; Guyomard, Bureau et al., 2020). Die Biodiversitätswirkung ist laut EURH (2020) nicht ausreichend und sollte in der neuen GAP durch strengere Auflagen verbessert werden.

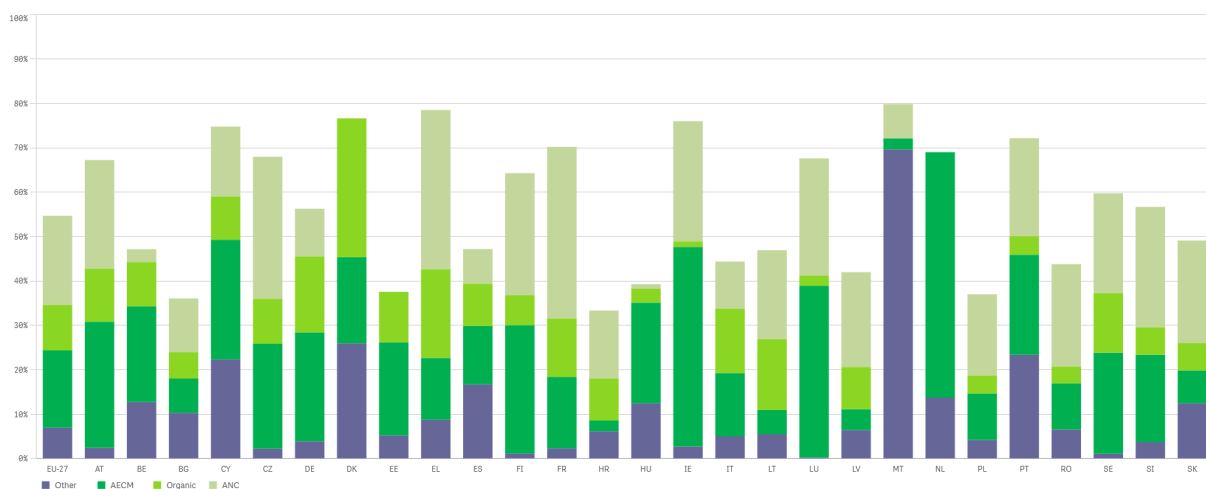
Kritik an den von der Produktion entkoppelten Direktzahlungen generell richtet sich auf die Bezugshöhe nach bewirtschafteten Flächen statt auf konkrete Umweltziele, und die entsprechend ungleiche Bedeutung je nach Produktivität je Hektar: in der Schweine- und Geflügelproduktion sowie im Wein- und Gartenbau ist die Bedeutung wesentlich geringer als im Ackerbau und in der Weidewirtschaft (Matthews, 2019). Die meisten Untersuchungen zeigen, dass Flächenprämien die Produktion nicht wesentlich beeinflussen. Wenn sie wie im Fall von Cross Compliance/Greening mit Auflagen verbunden sind, werden etwaige Anreize zur Produktionssteigerung durch die Compliancekosten unter Umständen wieder abgeschwächt. Es wird angenommen, dass die Initialkosten der Umsetzung von Auflagen höher sind als die langfristigen Kosten, da die Betriebe nach Einführung der jeweiligen EU-Vorschrift ihre Produktionsfaktoren neu kombinieren und die Effizienz aufgrund von größerem Umweltbewusstsein und vor allem wirtschaftlicher Optimierung erhöht wird. Da sie die Kosten von EU-Betrieben gegenüber Drittländern erhöhen (vgl. Menghi et al., 2014 für die Bereiche Umwelt, Tierwohl und Ernährungssicherheit) und sich auf die Preise auswirken, können sie zu Wettbewerbsnachteilen im Export und entsprechenden Rückgängen führen (vgl. z. B. Bezlepina et al., 2008, zum Milchsektor).

3.4 Trade-Offs ökologischer und ökonomischer Ziele der GAP am Beispiel der umwelt- und klimarelevanten Förderungen der 2. Säule

Im Gegensatz dazu umfasst die Politik zur Entwicklung des ländlichen Raums (die 2. Säule) standortspezifische, und daher regional sehr unterschiedlich ausgestaltete, vertragliche Maßnahmen, die sich auf definierte Ziele und Prioritäten beziehen und auf freiwilligen Verpflichtungen basieren. Landwirte sollen u. a. für klima- und umweltfreundliche Produktion entlohnt werden, wofür sie Förderungen für Mehrkosten und Einkommensminderung erhalten. Durch das Prinzip "öffentliches Geld für öffentliche Güter" gilt die 2. Säule der GAP als der ökologische und soziale Teil der EU-Agrarpolitik (Schulze et al., 2019). Die Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen und die Förderung ökologischer Landwirtschaft machen in den meisten EU-Ländern einen beträchtlichen Anteil der Ausgaben für die Ländliche Entwicklung aus (Abbildung 7). Neben strukturellen und wettbewerbsfördernden Maßnahmen enthält sie bedeutende Umweltschutzmaßnahmen (Mindestens 30% für Umwelt- und Klimaziele). Der Anteil der Ausgaben für Ländliche Entwicklung für Umwelt und Klima betrug 2018 in der EU 27 55% und in Österreich 67%²⁰ (z. B. in Österreich mit der ÖPUL 2015 die Maßnahmen zu Agrarumwelt- und Klimaschutz, die Tierschutz und Biologische Wirtschaftsweise bzw. Natura 2000-Flächen sowie Wasserrahmenrichtlinie). 82% der landwirtschaftlich genutzten Flächen Österreichs (ohne Almen) wurden im Jahr 2020 im ÖPUL gefördert (BMLRT, 2021).

²⁰ Organic Production - European Union 27 (excluding UK), https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DashboardIndicators/OrganicProduction.html?select=EU27_FLAG,1.

Abbildung 7: Anteil von Umwelt- und Klimaschutz an den Ausgaben für Ländliche Entwicklung (EU 27), 2018



Q: EC, Environment and Climate Action (Summary) - (European Union 27 excluding UK), https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DashboardIndicators/Environment.html?select=EU27_FLAG,1. – AECM: Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen, ANC: Gebiete mit naturbedingten oder anderen spezifischen Nachteilen.

Die Ausgestaltung der Fördermaßnahmen für das Programm der Entwicklung des ländlichen Raums ist inhaltlich und regional wesentlich breiter gestreut und daher kann es auch zu gegenläufigen Wirkungen kommen, also z. B. zu Trade-offs zwischen ökonomischen und ökologischen Zielen. Laut Schroeder et al. (2015) deuten Modellschätzungen darauf hin, dass die Ausgaben für ökologische Dienstleistungen die landwirtschaftliche Produktivität insgesamt verringern, hauptsächlich deshalb, weil die Bedeutung der Agrarumweltmaßnahmen andere Maßnahmen wie Investitionsbeihilfen und Wissenstransfer überwiegt, von denen man erwarten könnte, dass sie die Produktivität steigern (vgl. Dudu und Kristkova, 2017). In Hinblick auf die Emissionswirkung kommen Sinabell et al. (2019) in einer Evaluierung des Programms für Österreich zu dem Ergebnis, dass die Erreichung des Ziels der Produktionssteigerung (damit höhere Wertschöpfung und Beschäftigung) mit einem höheren Energieverbrauch und Emissionsniveau aus der Bodennutzung, dem Düngermanagement und der Tierhaltung verbunden ist. Die spezifischen Maßnahmen zur Senkung von Treibhausgasen, wie die Forcierung der Verwendung erneuerbarer Energieträger oder die Steigerung der Energieeffizienz reichen nicht aus, um durch andere Maßnahmen induzierten Erhöhungen von Treibhausgasen zu kompensieren. In einer Studie der TU Wien (2016) wird dagegen gezeigt, dass für die landwirtschaftlich genutzten Flächen Österreichs (2018 9,2%; EU-27 9,9%) in Natura 2000-Gebieten keine kausalen Zusammenhänge zu negativen Folgen für Landwirtschaftsbetriebe zu erkennen sind. Von 2002-14 gab es keine signifikanten Flächenänderungen im Vergleich zu Gebieten außerhalb von Natura 2000, dafür seien zusätzliche GAP-Förderungen im Bereich Naturschutz möglich, sowie auch durch die tendenziell ungünstige landwirtschaftliche Lage dieser Regionen. Agrarumweltmaßnahmen werden oft gerade in Gebieten unter hohem ökologischem Druck aufgrund intensiver Landwirtschaft weniger angenommen (Früh-Müller et al., 2018).

Seit dem Jahr 1995 werden in Österreich auf breiter Ebene extensive Bewirtschaftungsformen gefördert (z. B. biologische Landwirtschaft, Verzicht auf Mineraldünger und Pflanzenschutzmittel). Dies führt erwartungsgemäß zu einer Senkung der Durchschnittserträge, wie dies auch an verschiedenen Kulturarten (z. B. Menggetreide) in einzelnen Bundesländern zu beobachten ist.

Dieser Effekt überlagert einen anderen Effekt, und zwar die Verfügbarkeit von besserem Saatgut, von besseren Produktionsverfahren, von mehr Know-how. Die zuletzt genannten Faktoren führen tendenziell zu einer Erhöhung der Durchschnittserträge (z. B. Mais). Neben der Änderung der durchschnittlichen Hektarerträge müssen auch die Leistungszunahmen in der tierischen Produktion berücksichtigt werden. In der Fleischproduktion äußert sich dies durch eine bessere Futtermittelverwertung (weniger Futter je kg Zunahme), in der Steigerung der Nachzucht (mehr aufgezogene Ferkel pro Zuchtsau) und in der Steigerung der Milchleistung der Milchkühe.

Generell wird eine mäßige Entwicklung von Produktivitätskennzahlen wie Hektarerträgen oder Leistungsparametern in der Tierhaltung erwartet, die nahezu durchwegs unter der Trendentwicklung bleibt. Damit wird dem immer deutlicher ertragsmindernden Effekt der Klimaveränderung Rechnung getragen. Die Möglichkeit weiterer Leistungssteigerungen wird angesichts absehbarer Einschränkungen der Produktionstechnik durch Regulierung oder Konsumentenansprüche skeptisch gesehen.

3.5 Produktions- und Produktivitätswirkungen der GAP-Förderungen

3.5.1 Auswirkungen auf einzelbetriebliche Einkommen und Produktionsentscheidungen

Unternehmerisches Handeln wird neben dem Streben nach Umsetzung der Unternehmensziele auch wesentlich davon beeinflusst, wie unsicher die Rahmen- und Marktbedingungen in der Zukunft eingeschätzt und bewertet werden. Davon hängt die Bereitschaft ab, Investitionen zu tätigen, den Betrieb zu erweitern oder fortzuführen oder neue Einkommensquellen zu erschließen. Neben rein landwirtschaftlichen Politiken wirken sich auch etwa energiepolitische Maßnahmen auf die Energiepreise und die damit verbundenen Kosten aus; städtebauliche Regelungen beeinflussen die Verfügbarkeit von landwirtschaftlichen Flächen (Sinabell et al., 2018a).

Zu den wichtigsten Bestimmungsgrößen der Einkommen in der Landwirtschaft zählen neben Produktion und Vorleistungen die Brutto- und Nettowertschöpfung und die Berücksichtigung von öffentlichen Transfers. Das Faktoreinkommen misst die Entlohnung der Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital.

Die Agrarförderungen der GAP haben erheblichen Einfluss auf die agrarischen Einkommen. Die Flächenzahlungen haben (neben anderen Zielen, wie im Rahmen der Cross Compliance) zum Ziel, die niedrigen Durchschnittseinkommen in der Landwirtschaft im Vergleich zur Gesamtwirtschaft anzuheben, während die Förderungen der Ländlichen Entwicklung naturbedingte Benachteiligungen und Mehrkosten durch ein gesellschaftlich erwünschtes Produktionsverfahren ausgleichen.

Das durchschnittliche Faktoreinkommen betrug in Österreich zwischen 2005 und 2019 rund 19.000 Euro (etwa ein Fünftel über dem EU 28-Durchschnitt; CAP context indicators, 2019 update). Direktzahlungen und Zahlungen im Rahmen der ländlichen Entwicklung bilden in Österreich mit 48% (nur Direktzahlungen 26% 2018) zusammen im Durchschnitt einen erheblichen

Anteil des Einkommens (im Vergleich zum EU-Durchschnitt 2014-18 von 36%), insbesondere in als Berggebiete eingestuft Gebieten mit naturbedingten Benachteiligungen (EC, 2020). Tendenziell sinkt der Anteil der Direktzahlungen am landwirtschaftlichen Einkommen aber EU-weit.

3.5.2 Gesamtwirtschaftliche Sicht

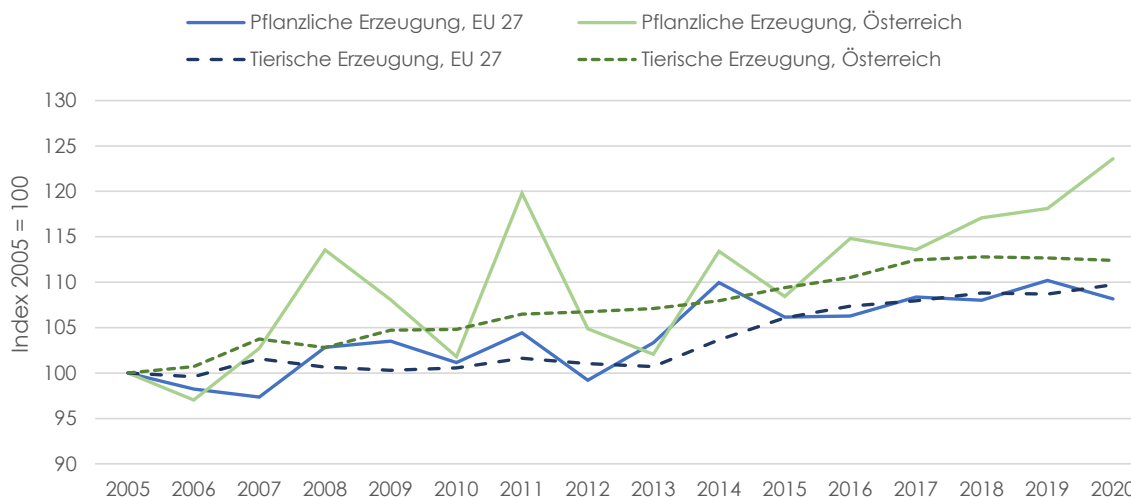
Die Effekte entkoppelter Direktzahlungen auf die Produktionsniveaus sind kleiner als jene der gekoppelten (Anteil noch etwa 10%, siehe Abbildung 6) und viel kleiner als bei Marktpreisstützungen. Gemeinsam mit produktivitätssteigernden Investitionen im Rahmen der zweiten Säule führen lt. Matthews und Soldi (2019) die GAP-Subventionen zu steigender Produktion und damit trotz nicht mehr existierender Marktpreisstützung oder anderer Exportsubventionen zu höheren Exporten, die am Weltmarkt die Preise senken. Schätzungen von Mittenzwei et al. 2012 sowie M'barek et al. (2020) deuten darauf hin, dass die Größenordnung auf der Aggregatsebene aber relativ gering ist und die EU-Produktion um etwa 5-6% über dem Niveau ohne GAP-Subventionen liegt. Weniger Intervention und Förderungen würden eine international wettbewerbsfähige Landwirtschaft ermöglichen, aber auch zu erhöhten Umweltkosten und Jobverlusten im Sektor führen (M'barek et al., 2020).

Mehrere nicht-landwirtschaftliche Politiken der EU (siehe Richtlinien) ziehen jedoch Land aus der EU-Produktion ab und erhöhen potenziell die Agrarpreise, wodurch mögliche GAP-Effekte, die die landwirtschaftliche Produktion erhöhen, kompensiert werden. Dazu gehören die Produktion von Biokraftstoffen und Biomasse, die klimarelevante Aufforstung, der Schutz von Lebensräumen aus Gründen der Biodiversität, und Verwendung von biologischen Rohstoffen für industrielle Zwecke. Das Wachstum der landwirtschaftlichen Produktion ist in der EU seit der Einführung der entkoppelten Direktzahlungen vergleichsweise niedrig (vgl. Matthews und Soldi, 2019). Im Jahr 2020 war die landwirtschaftliche Produktion in der EU weniger als 10% höher als im Jahr 2005, und ein Teil davon war ein Aufholprozess in den neuen Mitgliedstaaten (Abbildung 8). Das österreichische Wachstum ist besonders bei der pflanzlichen Erzeugung weit überdurchschnittlich. Die Getreideproduktion und der Anbau von Zuckerrüben haben dabei an Bedeutung verloren; die tierische Produktion zeigt dagegen leicht sinkende Tendenzen, wobei der relative Wert der Schweine- und Rinderproduktion abgenommen hat.

Für rund 30% (circa 56 Mio. ha) der landwirtschaftlichen Flächen in der EU 27 besteht zumindest ein mäßiges Risiko der Landaufgabe. Die tatsächliche Aufgabe landwirtschaftlich genutzter Flächen könnte bis 2030 insgesamt 2,9% entsprechen. Österreich gehört zu jenen Ländern in der EU mit dem höchsten Risiko der Bewirtschaftungsaufgabe, insbesondere in benachteiligten Gebieten. Entscheidend dafür sind auch die niedrigen Einkommen (EC, 2020c,d).

Aufgrund des Strukturwandels und des technologischen Fortschritts im Agrarsektor findet die landwirtschaftliche Produktion in der EU in weniger, größeren und kapitalintensiveren Betrieben mit weniger Beschäftigten statt. So ist die Gesamtzahl der landwirtschaftlichen Betriebe in der EU von 2005 bis 2016 um 28% gesunken, und es wird erwartet, dass sich der Konsolidierungsprozess fortsetzt (CE, 2016). In Österreich haben zwischen 2010 und 2016 11,3% der landwirtschaftlichen Betriebe aufgegeben, bis 2025 wird ein weiterer Rückgang um ein Viertel erwartet. Die Dynamik bei kleineren Betrieben ist dabei wesentlich höher (Burtscher-Schaden et al., 2020; LKÖ, 2016).

Abbildung 8: **Produktionsvolumina EU 27 und Österreich**



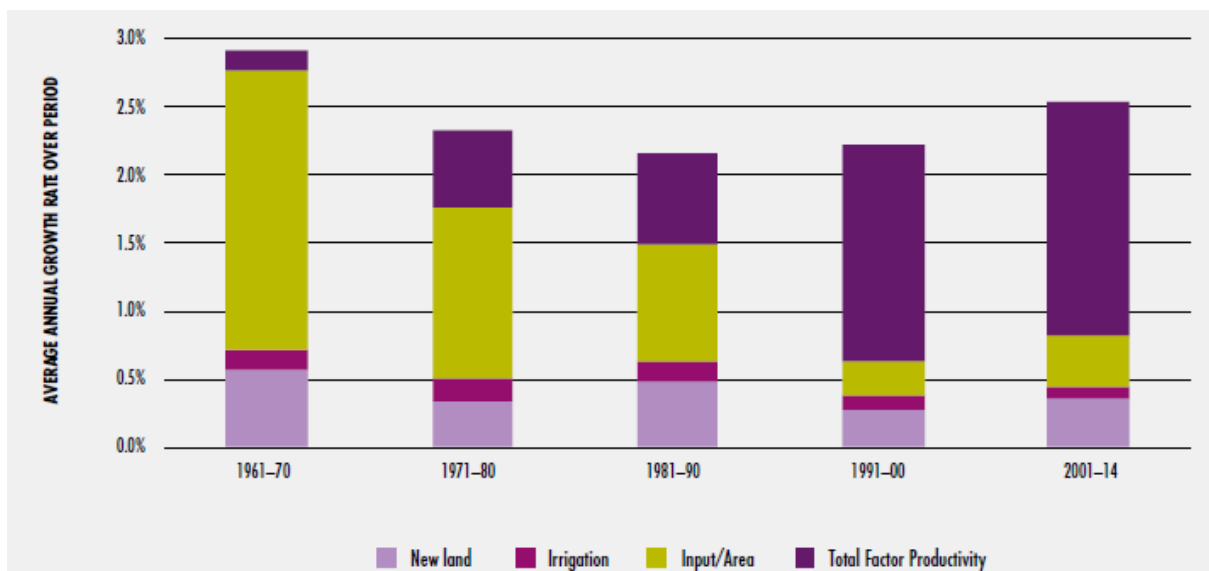
Q: LGR, Eurostat.

GAP-Zahlungen ziehen also offenbar nur potenziell zusätzliche Ressourcen (Land, Arbeit und Kapital) in den Agrarsektor. Ob die Gesamtproduktion steigt, hängt auch von der Produktivität (Effizienz) ab, mit der diese Ressourcen genutzt werden (Matthews et al., 2016). In der EU wird seit einiger Zeit ein relativ niedriges Produktivitätswachstum festgestellt: durchschnittliche jährliche Veränderung der Total Factor Productivity²¹ 2008-2018 in der EU 28 +0,8% (EU 27 +0,9%), Österreich +1,0%, DG AGRI). Als Erklärung dienen niedrige Forschungsausgaben für die produktive Landwirtschaft; ein Rückgang des natürlichen Kapitals wie des organischen Kohlenstoffs im Boden aufgrund schlechter landwirtschaftlicher Praktiken; die Auswirkungen der EU-Umweltpolitik wie die Förderung des ökologischen Landbaus und die Verpflichtung, bestimmte Flächen vorrangig für Naturschutzzwecke zu bewirtschaften sowie der potentielle Einfluss von Direktzahlungen auf die Verringerung der Effizienz (Matthews et al., 2016). F&E, Schulung und Beratung sind für die Verfolgung der Ziele zur Anpassung des Agrarsektors an den und zur Abschwächung des Klimawandels von großer Bedeutung. Verbesserungen in der Technologie und des Betriebsmanagements und deren Einsatz im Pflanzenbau und in der Viehzucht haben global dagegen zu einer erheblichen Steigerung der Gesamtfaktorproduktivität (TFP) geführt und etwa zwei Drittel des Anstiegs der weltweiten Agrarproduktion von 2001-14 ausgemacht,

²¹ Ein großes Manko herkömmlicher Maßstäbe für die Wirtschaftsleistung wie TFP besteht darin, dass nur die vermarkteten In- und Outputs berücksichtigt werden, während Umweltauswirkungen oder die kostenlose Bereitstellung von Ressourcen durch die Natur außer Acht gelassen werden. Das kann eine Ursache für systematische Verzerrungen bei Produktivitätsberechnungen sein und zu falschen politischen Schlussfolgerungen führen. Die OECD hat sich zum Ziel gesetzt, eine Reihe von "umweltbereinigten" TFP-Indikatoren (EATFP) zu erstellen (<https://www.oecd.org/agriculture/topics/network-agricultural-productivity-and-environment/>).

den Rest das Wachstum von Inputs wie Land, Arbeit, Dünger, Energie und Bewässerung (FAO, 2018; Abbildung 9).

Abbildung 9: Wachstumstreiber der globalen Agrarproduktion



Q: USDA, Economic Research Service, International Agricultural Productivity data product, as of October 2017. Inputs enthalten Dünger, Maschinen, Arbeit und andere. Übernommen aus FAO (2018).

Hinsichtlich Produktivität verbessert sich die österreichische Landwirtschaft vor allem aufgrund der Steigerung der Arbeits- und der Bodenproduktivität. Zugleich sind die Abschreibungen gestiegen (+11% von 2005 bis 2019); ein Zeichen für kontinuierliche Investitionen in Anlagegüter und Maschinen, was auch an den geringen Betriebsgrößen und der schwierig zu bewirtschaftenden Topografie liegen kann (EC, 2020c).

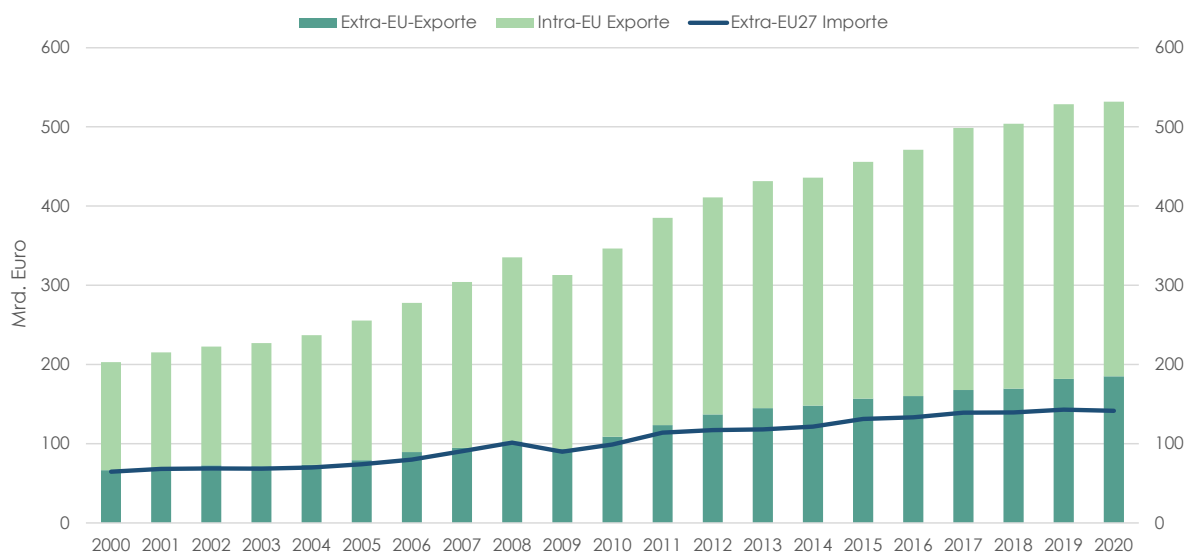
In business-as-usual Szenarien (ohne Berücksichtigung aktueller GAP-Verhandlungen und Green Deal Strategien) schätzt die Europäische Kommission (EC, 2020), dass der Gesamtwert der pflanzlichen bzw. tierischen Produktion der EU 28 im Zeitraum 2020-2030 voraussichtlich nominal um 21% bzw. 9% steigen wird. Im Prognosezeitraum soll die nominale landwirtschaftliche Gesamtproduktion um 14% anwachsen und im Jahr 2030 440 Mrd. Euro erreichen. Dies wird sowohl durch die Preise als auch durch die produzierten Mengen getrieben. Die Märkte für Milch, Weizen und Ölsaaten werden voraussichtlich weiter wachsen, während die Schweine- und Rindfleischproduktion zurückgehen dürfte, aber gleichzeitig nachhaltiger wird (auf Produzenten- und Konsumentenseite); der Fleischkonsum pro Kopf soll um 1,6% sinken Dienstleistungen und Nebentätigkeiten sollen ein wesentlicher Treiber des Produktionswachstums bleiben.

3.5.3 Folgen für den EU-Agrarhandel

Da erwartet wird, dass 90% der zusätzlichen Weltnachfrage nach Agrar- und Ernährungsprodukten in den nächsten Jahren außerhalb Europas generiert werden, werden Exporte in Drittländer für das Wachstum des Sektors entscheidend sein (DG AGRI, 2017). Ein langfristig

wachsender Anteil der EU-Agrarproduktion wird aus der EU exportiert (11,3% des Produktionswertes der Primärprodukte und 10,9% der Lebensmittelindustrie 2018). Die Exporte stiegen zwischen 2000 und 2020 um 155% zwischen den Mitgliedstaaten und um 178% in Drittländer (vgl. Abbildung 10).

Abbildung 10: **Agrarhandel der EU 27**



Q: Eurostat.

Die GAP-Reformen und die EU-Handelspolitik sowie strukturelle Veränderungen und der technologische Fortschritt haben dazu geführt, dass die Handelsbilanz mit Agrar- und Lebensmitteln seit 2010 positiv ist. Seit 2012 ist die EU der weltweit führende Exporteur von Agrar- und Ernährungsprodukten vor den USA und Brasilien (CE, 2016). Die steigende Wettbewerbsfähigkeit zeigt, dass eine Angleichung der Preise für Agrarprodukte der EU an die niedrigeren Weltmarktpreise grundsätzlich gelungen ist und erklärt die Diskrepanz zwischen Produktions- und Exportwachstum. Vor allem bei Weizen, Schweinefleisch und Milch sind die Ausfuhrmengen gestiegen. Für viele Produkte sind Entwicklungsländer ein wichtiger Absatzmarkt, wo sie mit den lokalen Anbietern konkurrieren.

Die EU ist auch der weltweit größte Importeur von Agrar- und Ernährungsprodukten und stark von Agrarimporten abhängig (2019 ein Fünftel der Getreide- und 1% der Fleisch- und Milchprodukte), was grundsätzlich ermöglicht, weniger intensiv zu wirtschaften. Das ist aber auch mit der Auslagerung von Umweltproblemen in die Ursprungsländer verbunden. Soja als Tierfutter, muss bspw. erst in die EU importiert werden und führt in Südamerika zu großflächigen Rodungen (vgl. Reichert und Thomsen, 2019; Fuchs et al., 2020). In den letzten Jahren hat die EU mehrere Handelsabkommen abgeschlossen. Für jenes mit Mercosur lag der finale Entwurf für die Nachhaltigkeitsprüfung erst rund ein Jahr nach der politischen Einigung vor, und es ist fraglich, ob dieser noch nachträglich einbezogen wird. Freiwillige und von der EU akkreditierte Zertifizierungssysteme sowie unternehmensinterne Programme schließen diese Lücke. Insbesondere ist

die EU auch der erste Handelspartner der am wenigsten entwickelten Länder (Least Developed Countries, LDCs, vgl. Matthews und Soldi, 2019). Die meisten Länder mit niedrigem Einkommen und alle am wenigsten entwickelten Länder genießen im Rahmen verschiedener Präferenzregelungen zollfreien Zugang für alle ihre Agrarexporte auf den EU-Markt (Matthews et al., 2016).

3.6 Umweltregulierende Instrumente in der GAP-Periode 2023-2027

Um den aktuellen gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Herausforderungen, nicht zuletzt durch COVID-19 und die Frage der Resilienz, zu begegnen, sieht der Gesetzesvorschlag für die künftige GAP-Periode²² eine Abkehr von detaillierten Vorgaben auf EU-Ebene hin zu mehr Gestaltungsspielraum der Mitgliedstaaten vor, um die gemeinsamen Ziele an die lokalen Gegebenheiten angepasst erreichen zu können ("New Delivery Model") kombiniert mit einer stärkeren Leistungsüberwachung von Seiten der Kommission auf Basis von Output-, Ergebnis- und Wirkungsindikatoren. In nationalen Strategieplänen für beide Säulen müssen neun Nachhaltigkeitsziele umgesetzt werden, die alle drei Dimensionen (Wirtschaft, Umwelt und Soziales) der Nachhaltigkeit abdecken, sowie ein Querschnittsziel zu Wissen und Innovation enthalten (EC, 2020b).

Das wie schon in vergangenen Reformen gekürzte Budget (rund 387 Mrd. Euro; 1. Säule -10%, 2. Säule -19%) soll zu 40% klimarelevant sein und eine stärkere Ausrichtung auf Umwelt- und Klimaschutzziele im Einklang mit dem Green Deal beinhalten (EP, 2021). Die drei vorgesehenen Politikinstrumente sind:

- die "Konditionalität" der Direktzahlungen, die die bisherigen Instrumente Cross-Compliance und Greening kombinieren: Einrichtung von Gewässerrandstreifen sowie ein Nährstoffmanagement-Tool und Schutz von kohlenstoffreichen Böden sind als neue Auflage vorgesehen. Ein teilweiser Ersatz dieser obligatorischen Standards durch freiwillige Zahlungen in einer der beiden GAP-Säulen würde laut EU-Kommission weniger positive Ergebnisse bringen (EC, 2020b).
- Die "Öko-Regelungen" (Eco-Schemes) der 1. Säule, die über die verpflichtenden Anforderungen hinaus zu nachhaltiger Landwirtschaft animieren sollen und den Mitgliedstaaten eine flexiblere Gestaltung der 1. Säule als bisher erlauben;
- sowie die umwelt- und klimaschutzrelevanten Regelungen der 2. Säule, die mindestens 30% ausmachen müssen (ring-fencing).

Werden alle Maßnahmen dieser "grünen Architektur" ambitioniert ausgestaltet und an den übergeordneten Zielen im Zusammenhang mit dem Green Deal ausgerichtet, werden Mindereffekte bis 2030 im Bereich von bis zu 101 Mio. t CO_{2eq} der landwirtschaftlichen Emissionen erwartet (ca. -26%), ein wesentlicher Teil davon über die Eco-Schemes (72 Mio. t CO_{2eq}).

²² Folgende Verordnungen mit direktem Bezug zur GAP wurden von der EU-Kommission vorgelegt: COM (2018) 392 final; COM (2018) 393 final; COM (2018) 394 final. Vorschlag der Kommission für den mehrjährigen Finanzrahmen: COM (2018) 322 final.

Eine stärker an den bisherigen Standards orientierte Ausrichtung würde dagegen nur zu Einsparungen von etwa 6% führen (Scheffler und Wiegmann, 2020).

3.7 Ziele des Europäischen Green Deal

Mit dem Europäischen Green Deal (COM(2019) 640 final) hat sich die EU in Hinblick auf die Pariser Klimaziele vorgenommen, Europa 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen. Der Weg soll über eine effiziente Ressourcennutzung durch den Übergang zu einer sauberen und kreislauforientierten Wirtschaft sowie der Wiederherstellung der Biodiversität und der Bekämpfung der Umweltverschmutzung führen (Anhang zu COM(2019) 640 final). Der Aktionsplan umfasst alle Wirtschaftszweige und beinhaltet mehrere Teilstrategien: Vom Hof auf den Tisch ("Farm to Fork") (COM(2020) 381), eine Biodiversitätsstrategie (COM(2020) 380), der Vorschlag eines Klimagesetzes (COM(2020) 80 final) sowie ein Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft (COM(2020) 98 final), die jeweils für die Landwirtschaft und ländliche Regionen relevante Probleme beinhalten.

Die Farm-to-Fork-Strategie versucht dabei, alle Aspekte der Nachhaltigkeit und die gesamte Lebensmittelkette zum Gegenstand politischen Handelns zu machen: das EU-Lebensmittelsystem soll zu einem globalen Maßstab für Nachhaltigkeit werden. Die ganze Wertschöpfungskette der Nahrungsmittelproduktion und -verarbeitung soll nachhaltig gestaltet, Lebensmittelbetrug und -verschwendung bekämpft werden. Verbraucherinnen und Verbraucher sollen u. a. durch besseres Labelling und ein nachhaltiges Mehrwertsteuersystem hin zu einer gesünderen Ernährungsweise gelenkt werden. Weiters sollen aus Drittländern eingeführte Lebensmittel den EU-Umweltnormen entsprechen, ein CO₂-Grenzausgleichssystem (Carbon Border Adjustment Mechanism) wurde bereits beschlossen. Die Nutzung von Big Data und Investitionen in umweltfreundliche und digitale Technologien und Verfahren sowie die Beratung dazu sollen gefördert werden.

Der CO₂-Grenzausgleichsmechanismus ist ein zentrales Element des im Juli 2021 vorgestellten "Fit for 55"-Pakets (Maßnahmen zur Senkung der Netto-Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55% gegenüber 1990). Vergleichsweise klimaschädlich produzierte Produkte aus Drittstaaten sollen in der EU damit künftig keinen Wettbewerbsvorteil mehr haben. Dazu wird für fünf energieintensive Produkte eine CO₂-Grenzabgabe eingeführt, darunter Stickstoffdünger, dessen Herstellung innerhalb der EU dem Emissionshandel unterliegt. Im Rahmen des Grenzausgleichs sollen für importierten Stickstoffdünger Zertifikate zum jeweiligen Preis des Treibhausgasemissions-Handels erworben werden (derzeit etwa 50 Euro/t CO₂). So soll verhindert werden, dass die Düngemittelproduktion aus der EU abwandert und Carbon Leakage stattfindet.

Teil des EU-Klimapakets ist auch eine Anpassung der EU-Verordnung über Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF). Ab 2026 sollen Kohlenstoffsinken von 310 Mio.t CO₂eq geschaffen werden und ab 2035 der gemeinsame Landnutzungssektor (AFOLU: Agriculture, Forestry and Other Land Use) klimaneutral sein. Einbezogen werden auch Nicht-CO₂-Emissionen wie Methan aus der Tierhaltung. Die EU-Waldstrategie sieht bis 2030 die Pflanzung von drei Milliarden Bäumen vor. In der Lastenteilungsverordnung werden schließlich auch der Landwirtschaft strengere Emissionssenkungsziele zugewiesen.

Quantifizierte Ziele des Green Deal finden sich ebenfalls vorwiegend in der Farm-to-Fork-Strategie und umfassen u. a. die Reduzierung des Einsatzes und Risikos von Pestiziden um 50% bzw. von Düngemitteln um mindestens 20% (bei –50% Nährstoffverlusten), den Rückgang beim Verkauf antimikrobieller Mittel für Nutztiere und die Aquakultur um 50%, den Anteil von 25% ökologisch bewirtschafteter Nutzflächen, die Erhöhung der Biodiversitätsflächen inkl. landwirtschaftlicher Flächen, die Einrichtung von 10% der landwirtschaftlichen Fläche als Landschaftselemente sowie unspezifischer Verbesserung des Tierschutzes, Erhöhung der biologischen Vielfalt, angemessener Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen.

Das stellt einen grundlegenden Wandel in der EU-Lebensmittel- und Agrarpolitik dar, mit entsprechenden Auswirkungen auf deren Struktur und Produktivität. Da die EU ein bedeutender landwirtschaftlicher Produzent und Teilnehmer am internationalen Agrarhandel ist, wird dieser Politikwechsel wahrscheinlich die internationalen Märkte für landwirtschaftliche Agrarrohstoffe und folglich das gesamte Lebensmittel- und Landwirtschaftssystem beeinflussen.

Die EU-Kommission misst bei der Umsetzung der Kernstrategien des Green Deal (Biodiversitäts- und F2F-Strategie) der GAP eine hohe Bedeutung bei und hat die entsprechenden Ziele auch in den Empfehlungen für die nationalen GAP-Strategiepläne festgehalten. Für die ökonomischen und ökologischen Folgen der neuen GAP-Periode (und deren Einbindung in den Green Deal) gibt es noch nicht viele quantitative Anhaltspunkte, da die Verhandlungen für die Ausgestaltung der Reformen sowie die Umsetzung der nationalen GAP-Strategiepläne ab 2023 mit Stand Mitte 2021 noch nicht abgeschlossen sind.

Der bereits vorgestellte Aktionsplan zur Förderung der ökologischen/biologischen Landwirtschaft etwa will EU-weit ein ausgewogenes Wachstum des Bio-Sektors sicherstellen (Anteile aktuell von 0,5% bis über 25% in den Mitgliedstaaten). Die entsprechenden nationalen Aktionspläne sollen die nationalen GAP-Strategiepläne um Maßnahmen in drei Schwerpunktbereichen (Nachfrage, Wertschöpfungskette, Nachhaltigkeit) ergänzen, die über die Landwirtschaft bzw. die GAP hinausweisen (wie z. B. Zertifizierung von Erzeugervereinigungen, Stärkung kleiner lokaler Verarbeitungsbetriebe, Forschung und Innovation, Tierschutz, etc.). Ergänzend zu den produktionsseitig ausgerichteten Förderungen der GAP ist der Aktionsplan auf die Sogwirkung der Nachfrage ausgerichtet (z. B. auch durch Green Public Procurement; EC, 2021a). Die EU-Kommission betont, dass ökologische Landwirtschaft "...natürlich nicht das einzige nachhaltige Bewirtschaftungssystem [ist]; solange sich aber die klimaeffiziente Landwirtschaft nicht umfassend durchsetzt, ist sie das einzige System, das durch eine verlässliche Zertifizierungsmethode anerkannt ist" (EC, 2021b).

Die Förderung der Bioökonomie und Kreislaufwirtschaft soll den Landwirtinnen und Landwirten neue Einkommensmöglichkeiten durch Diversifizierung und verbesserte Nutzung der vorhandenen Ressourcen ermöglichen. Weiters soll das Agricultural Knowledge and Innovation System (AKIS) und entsprechende Beratungsleistungen nachhaltige Praktiken auch hinsichtlich Pestizideinsatz und Verringerung des Einsatzes von Nährstoffen und antimikrobiellen Mitteln unterstützen. Ein Vorhaben ist ebenso, die Position der Urproduzenten in der Wertschöpfungskette v.a.

über Erzeugerorganisationen (durch sektorale Interventionen), aber auch durch rechtliche Handhabe zu stärken.²³

3.8 Mögliche Auswirkungen auf den Agrarsektor

Trotz der noch relativ unpräzise formulierten Zielsetzungen der Strategien des Green Deal nahmen der wissenschaftliche Dienst des US-Landwirtschaftsministeriums (Beckman et al., 2020) eine Folgenabschätzung der Maßnahmen aus der F2F- und Biodiversitätsstrategie bis 2030 auf globale Märkte und Ernährungssicherheit auf Produktebene vor. Es wird angenommen, dass die Produktivität sinken müsste, weil die reduzierten Inputfaktoren (wobei der 25%-Anteil der biologischen Landwirtschaft sowie Maßnahmen zu Emissionsreduktionen und Lebensmittelverschwendung nicht berücksichtigt werden) durch F&E nicht in derart kurzer Zeit ausgeglichen werden können. Die Verzögerungen zwischen Investitionen in landwirtschaftliche F&E und Produktivitätssteigerungen betragen mehr als zwei Jahrzehnte (Baldos et al., 2019). Fraglich ist auch, inwieweit die Verbraucher die Pläne zur Ernährungsumstellung und Reduktion von Lebensmittelverschwendung umsetzen. In allen drei betrachteten Szenarien (Einführung nur in der EU vs. EU plus einige von Exporten abhängige Länder vs. Global) würde die Agrarproduktion je nach Region beträchtlich sinken: in der EU von 12% ("Nur EU") bis 7% ("Global"), weltweit entsprechend von 1% bis 11%. Der globale Handel würde dadurch zurückgehen, auch wenn manche Länder wegen steigender Importerfordernisse profitieren könnten, die EU würde im Falle der globalen Adoption sogar um 2% mehr exportieren. Die Preise und Pro-Kopf-Lebensmittelkosten würden durch die verknappte Versorgung in den meisten jeweils betroffenen Regionen signifikant steigen (von 17% bis 53% in der EU). Die negativen Auswirkungen wären jedoch in Ländern mit der unsichersten Lebensmittelversorgung konzentriert (zur Problematik von GAP-Subventionen und dem Handel mit Entwicklungsländern siehe auch Matthews und Soldi, 2019).

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch eine Folgenabschätzung der EU-Kommission (Barreiro-Hurle et al., 2021), mit einem stärkeren Fokus auf Umweltauswirkungen. Bei der Verfolgung der Ziele des Green Deal könne es insbesondere zu Trade-Offs in Bezug auf das Produktionsniveau und Carbon Leakage kommen. Es werden in der Studie vier Bereiche mit der potenziell höchsten Wirkung der GAP betrachtet, eine Überschätzung der Effekte ist daher wahrscheinlich: Pestizide, Nitrate, Landschaftselemente und Biologische Landwirtschaft, jedoch ohne Berücksichtigung von Lebensmittelverschwendung, Ernährungsumstellung und Ökologischen Aktionsplan. Die Erreichung dieser Ziele hat grundsätzlich positive Umwelteffekte (u. a. –20% GHG mit gegenwärtiger GAP, –30% im neuen GAP-Rechtsvorschlag; auch Reduktion bei Ammoniakemissionen und Bruttonährstoffüberschuss). Weniger als 40% (ggw. GAP) bzw. 50% (neue GAP) der gesamten Treibhausgasmindeung sind auf die Einführung von neuen Technologien zurückzuführen, der Rest auf Veränderungen in der Zusammensetzung und im Umfang der Produktion. Diese Minderung wird zu einem beträchtlichen Teil aufgrund von Leakage-Effekten erreicht (70% bzw. 50%), allerdings unter der Annahme, dass die EU ohne internationale Rahmenbedingungen agiert. Hier wird auf die Notwendigkeit von Ernährungsstiländerungen und

²³ Siehe auch Richtlinie (EU) 2019/633 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. April 2019 über unlautere Handelspraktiken in den Beziehungen zwischen Unternehmen in der Lieferkette für landwirtschaftliche Erzeugnisse und Lebensmittel.

Reduzierung von Lebensmittelverschwendung verwiesen, um diese Effekte zu mindern. Die Ergebnisse zeigen auch einen Rückgang der EU-Produktion und Schwankungen bei Preisen und Einkommen für ausgewählte landwirtschaftliche Erzeugnisse. Die Erfüllung der Zielvorgaben für die Anbauflächen im ökologischen Landbau und die Verringerung der Bruttonährstoffüberschüsse sind die Hauptfaktoren für den Produktionsrückgang. Insgesamt steigt trotz der Zielvorgaben für nichtproduktive Landschaftselemente die bewirtschaftete Fläche wegen des Ausgleichs von Ertragseinbußen aufgrund der Umstellung auf ökologische Produktionsmethoden mit geringerem Pestizideinsatz. In der Viehwirtschaft schließlich dominiert das Ziel der Verringerung der Stickstoffbilanz die simulierten Auswirkungen auf die Tierbestände. Folglich sinkt das Fleischangebot um etwa 14% und das Rohmilchangebot um 10%. Die unmittelbar mit der Tierfütterung zusammenhängenden Anbauprodukte (Sojabohnen, Futtermittel auf Ackerland und Intensivgrünland) erfahren einen Rückgang.

Diese beiden Modellierungsergebnisse verdeutlichen eine Reihe von Trade-Offs der ökologisch hochgesteckten Ziele des Green Deal für die Wirtschaft und die verschiedenen Akteure der Lebensmittelkette (von den landwirtschaftlichen Erzeugern bis zu den Endverbrauchern).

3.9 Diskussion ausgewählter Maßnahmen des Green Deal und des Beitrags der GAP zur Zielerreichung

Die Erreichung der ambitionierten Ziele des Green Deal erfordern neben einer umfassenden Agrarreform auch eine radikale Abkehr von bisherigen Politiken, v.a. im Außenhandel und im Ernährungsbereich. Relative Einigkeit herrscht in der Literatur darüber, dass Landwirtschaft und Lebensmittelketten in der EU derzeit noch nicht in der Lage sind, die hochgesteckten Ziele und quantitativen Vorgaben des Green Deal in Bezug auf Klima, Umwelt, Ernährung und Gesundheit zu erfüllen, und dass die bisherigen Vorschläge der Kommission vom Juni 2018 entsprechend noch zielgerichteter ausgestaltet werden müssen.

Trade-Offs zwischen verschiedenen Klima- und Umweltzielen sowie ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen sollten dabei besondere Beachtung finden. So könnte die im Green Deal implizit vorgesehene Verringerung der Intensität der landwirtschaftlichen Praktiken und Systeme sowohl in der EU als auch im Ausland mehr landwirtschaftliche Flächen erfordern, mit negativen ökologischen Folgen. Weiters könnten sich mehrere Green-Deal-Ziele erheblich auf die landwirtschaftlichen Einkommen und auf die Verbraucherpreise auswirken. Vieles daher von der Handelspolitik und den Veränderungen im Verbraucherverhalten abhängen.

Angelehnt an Guyomard, Bureau et al. (2020) finden sich drei wesentliche Anknüpfungspunkte (vgl. auch Burtscher-Schaden et al., 2020; Fuchs et al., 2020; Barreiro-Hurle et al., 2020):

- Grundlegender Wandel der landwirtschaftlichen Systeme in Richtung Agrarökologie und Biolandwirtschaft (bzw. nachhaltige Intensivierung), begünstigt durch entsprechende technische und politische Maßnahmen. Diese eher auf biologische Kreisläufe als auf externe Inputs gestützten Systeme können den ökologischen Fußabdruck der Landwirtschaft erheblich verringern. Umweltschädliche Investitionsförderungen zur Ausweitung der Produktionskapazitäten ohne klimabezogene Auflagen sind zu vermeiden. Es besteht globaler Handlungsbedarf, um eine Verlagerung der Umweltverschmutzung in andere Regionen der Welt zu verhindern.

- Verringerung von Ineffizienzen, die zu einem übermäßigen Einsatz von Wasser, Düngemitteln, Pestiziden und Antibiotika führen. Innovationen sollen einen möglichen Produktivitätsverlust bei nachhaltigerer Bewirtschaftung verhindern. Mit Hilfe der Präzisionslandwirtschaft könnte bspw. der Einsatz von Pestiziden um 10 bis 20% und der Einsatz von Düngemitteln um 10% reduziert werden. Die Verwendung von Futtermittelzusätzen in der Rinderfütterung könnte zu einem Rückgang der damit verbundenen CH₄-Emissionen um 10% führen. Finanzielle Anreize (unterstützt durch Information und Beratung) würden die Adoption fördern und kommen den landwirtschaftlichen Einkommen zugute.
- Änderungen der Ernährungsgewohnheiten aus gesundheitlichen, klimatischen und ökologischen Gründen, besonders hinsichtlich eines reduzierten Fleischkonsums, sowie Reduktion der Lebensmittelverschwendung. Es ist von entscheidender Bedeutung, die GAP durch eine globale und kohärente Lebensmittelpolitik zu ergänzen, einschließlich Maßnahmen, die sich auf die Ernährungsweise konzentrieren.

3.9.1 GAP Governance

Um die zukünftige GAP mit den Zielen des Green Deals in Einklang zu bringen, ist neben inhaltlichen Fragen und quantitativen Zielvorgaben auch die Verwaltung der GAP-Fördermittel von Bedeutung.

Entscheidend ist die Ausgestaltung des neuen, flexibleren "New Delivery Model" sowie die ambitioniertere nationale Umsetzung der Mitgliedstaaten im Vergleich zum Status Quo ("No Backsliding"-Prinzip). Es besteht die Gefahr, dass sich aufgrund weitgehender Gestaltungsspielräume national oder regional niedrige Umweltstandards durchsetzen ("environmental competition"), da sich durch gekürzte Budgets und Wettbewerbsstreben "Race to the bottom"-Effekte (Umweltdumping) öffnen, wie schon beim leicht zu erfüllenden Greening beobachtet (Birkenstock und Röder, 2018: Überblick zur begleitenden politischen Debatte in Europa). Es könnte demnach auch zu sehr unterschiedlichen Förderhöhen für die Erbringung derselben Ökosystemleistung in unterschiedlichen Mitgliedstaaten kommen.

Insbesondere sollten die Auszahlungen der Agrarförderungen an die Zielerreichung geknüpft, und die rechtliche Verbindlichkeit der Zielvorgaben durch die Verbesserung ihrer Durchsetzung, Berichterstattung und Überwachung sichergestellt werden. Konditionalitätsanforderungen sollten tendenziell erhöht statt gelockert werden, ohne die Möglichkeit zahlreicher Ausnahmen. Sowohl der GLÖZ Nr. 2 zum Schutz von Feuchtgebieten und Torfmooren als auch GLÖZ Nr. 9 zu Landschaftselementen mit großer Vielfalt könnten etwa verbindlicher gestaltet werden. Daneben wird auch gefordert, dass die Anreize zur Teilnahme an den Eco Schemes und der 2. Säule hoch genug bleiben (vgl. z. B. AK, 2020; Guyomard, Bureau et al., 2020).

Zur generellen Ausgestaltung einer agrarumweltpolitischen "Maßnahmenarchitektur", um umweltpolitische Ziele mit minimalen Gesamtkosten zu erreichen, schlagen Isermeyer et al. (2020) vor, dort, wo das umweltpolitische Schutzgut eine räumlich explizite Schutzmaßnahme erfordert (z. B. beim Trinkwasserschutz), kleinteilige Regelungen. Beim Klimaschutz etwa sollten den Betrieben dagegen über Preissignale die umweltpolitischen Richtungen vorgegeben und der

Freiraum gelassen werden, für ihren Standort zu entscheiden, in welchem Umfang im jeweiligen Jahr das Schutzgut produziert wird.

Neben der Umsetzung der im Strategieplan enthaltenen Maßnahmen und ihrer finanziellen Dotierung wird vor allem auch die Akzeptanz unter Landwirtinnen und Landwirten darüber entscheiden, ob die an die GAP geknüpften ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Ziele erreichbar sind. Nicht zuletzt wird das Engagement der Erzeuger für die Umgestaltung der Produktionssysteme auch von den vertikalen Beziehungen in den Produktionsketten zwischen Erzeugern, Verarbeitern und Einzelhändlern abhängen. Auf Verbraucherseite liegt die Umsetzung wiederum besonders an der Bereitschaft, einen höheren Ausgabenanteil für Lebensmittel zu verwenden.

3.9.2 Klimaschutz und internationaler Handel

Die Emissionen in der Landwirtschaft sind nach einem deutlichen Rückgang ab 1990 in den 2010er-Jahren zwischenzeitlich wieder gestiegen (zuletzt allerdings 2019 –0,9% in der EU 28 bzw. –1,4% in Österreich, vgl. Abschnitt 2.5.8. Klimastabilität). Der Sektor hat damit seit 2005 kaum zu den Reduktionen in den Effort-Sharing-Sektoren beigetragen (EU-weit –1% bis 2018 bei einem Anteil von 17%; insgesamt –11%; EEA, 2020b), weswegen erhebliche Anpassungen zur Erreichung des 55%-Ziels bis 2030 (inkl. EU ETS, Verkehr, Landnutzung) erforderlich sind. Andere politische Maßnahmen sollen helfen, die derzeitigen Hindernisse für die Landwirtschaft bei der Erreichung ihrer Emissionsreduktionsziele zu überwinden, um die GAP bei der Schaffung von Anreizen für eine kosteneffiziente Emissionsreduzierung zu unterstützen. Neben dem Ausbau des Emissionshandels und einer effektiven CO₂-Bepreisung erwartet die EU-Kommission für den Agrarsektor mehr Aufforstung, Kohlenstoffspeicherung, Biogaserzeugung und Solarpaneele. Dazu muss der gesamte Kohlenstoff-Fußabdruck der EU-Landwirtschaft und des Lebensmittelsystems von der Erzeugung bis zum Verbrauch unter Berücksichtigung der Ein- und Ausfuhren von landwirtschaftlichen Erzeugnissen und Lebensmitteln bewertet werden. Unter diesem Gesichtspunkt ist es wichtig, sowohl die Kohlenstoffspeicherkapazität in landwirtschaftlichen Böden als auch die potentielle Rolle von Veränderungen in der Ernährung sowie "Carbon Leakage"-Effekte aufgrund eines reduzierten Viehbestands zu berücksichtigen (siehe Kapitel 4 und 5).

Die Analyse der Faktoren, die die Entwicklung der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen in der Vergangenheit erklärt haben, legt nahe, dass es schwierig sein wird, diese wesentlich zu verringern, wenn die Tierproduktion nicht deutlich reduziert wird und die pflanzlichen Produktionssysteme deutlich weniger Düngemittel verwenden. Tierische Produkte, die 27 bis 37% der Kalorienzufuhr in der typischen EU-Ernährung ausmachen, sind je nach Land die Quelle von 63 bis 69% der Treibhausgasemissionen und 66 bis 72% der landwirtschaftlichen Bodennutzung (Guyomard, Bureau et al., 2020).

Generell möchte die EU-Kommission die Handelspolitik auf Nachhaltigkeit ausrichten. Nachhaltigkeitsziele in Handelsabkommen sind allerdings schon jetzt gängige Praxis. Wesentlich größere Wirkung könnte Anspruch haben, künftig keine importierten Lebensmittel mehr zuzulassen, die nicht den einschlägigen EU-Umweltnormen entsprechen, sowie die Etablierung des CO₂-Grenzausgleichsystems. Letzteres zielt in erster Linie auf die im ETS enthaltenen Sektoren ab, könnte jedoch für den Agrar- und Lebensmittelsektor von besonderem Interesse sein, da sich

die EU-Erzeuger seit langem über ungleiche Wettbewerbsbedingungen in Bezug auf Umwelt- und Sicherheitsvorschriften auf internationaler Ebene beschweren (vgl. Isermeyer et al., 2020; Guyomard, Bureau et al., 2020).

UNFCCC, Agenda 2030 und WTO unterstützen den Grundsatz, dass Maßnahmen des Klima- und Umweltschutzes sowie für nachhaltige Entwicklung keine ungerechtfertigten Beschränkungen des Handels darstellen.²⁴ Allerdings ist die Anwendung der Regeln in Bezug auf die Behandlung von identischen Agrarprodukten, die sich nur in ihrem CO₂-Fußabdruck unterscheiden, ungeprüft. Eine Kohlenstoffsteuer könnte klimafreundlich sein, aber den Handel stärker einschränken als ein subventioniertes Sequestrierungsprogramm (FAO, 2018). Aus politischer Sicht kann der von der Europäischen Kommission im Rahmen des Green Deal vorgesehene Mechanismus zur Anpassung der Kohlenstoffgrenzwerte aus zwei Gründen gerechtfertigt sein: um Kohlenstoffverluste zu vermeiden, und um gleiche Wettbewerbsbedingungen zwischen europäischen Ländern und ausländischen Wettbewerbern zu gewährleisten.

Sämtliche CO₂-reduzierende Maßnahmen innerhalb der EU bergen jedenfalls die Gefahr der emissionsintensiven Produktionsverlagerung in Drittstaaten, besonders in der Rinderhaltung und dem Futtermittelanbau (z. B. Barreiro-Hurle et al, 2021; Beckman et al., 2020; Fuchs et al., 2020). Um dem entgegenzuwirken, entlohnt der Staat entweder die erwünschten öffentlichen Leistungen der Unternehmen (z. B. Tierwohlprämie) oder Importe werden finanziell belastet, sofern diese zu geringeren Standards als in der EU erzeugt wurden. In beiden Fällen könnten die Verbraucher dafür bezahlen, dass die Produktion trotz der (durch hohe Standards verursachten) Zusatzkosten in der EU verbleibt. Überschlägig ist etwa für Deutschland davon auszugehen, dass ein Tierwohlniveau, das die Ansprüche der Bevölkerungsmehrheit erfüllt, die Produktionskosten in der Landwirtschaft um 30% und die Verbraucherpreise für tierische Lebensmittel um 10% erhöhen würde, so dass die Produktions- und Verbrauchsmengen in diesem Segment um rund 5% zurückgehen könnten (Isermeyer et al., 2020).

Statt des angedachten CO₂-Grenzausgleichsystems, das technisch schwierig umzusetzen (vgl. FAO, 2018) und auch zu verhandeln wäre, wird vorgeschlagen, den Außenhandel multilateral durch pauschale Zollsätze zu begrenzen und dadurch mehr Spielräume für nationale bzw. EU-Nachhaltigkeitspolitiken zu gewinnen. Unabhängig davon, wie eine CO₂-Steuer auf die Landwirtschaft ausgestaltet wäre, würde sie unmittelbar dazu führen, dass die Preise für landwirtschaftliche Produkte entsprechend den Emissionen, die mit ihrer Produktion verbunden sind, steigen (FAO, 2018). Isermeyer et al. (2020) schlagen vor, diese Politiken über eine Anpassung der Mehrwertsteuersätze zu flankieren, damit neben den internen auch die externen ressourcenbezogenen Kosten der Erzeugung besser abgebildet werden.

Fuchs et al. (2020) sehen ein EU-Zertifizierungs- und Labellingsystem für alle importierten Agrargüter als eine Möglichkeit, in den Ursprungsländern die Standards zu heben. Sie schlagen die nachhaltige Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion zur Steigerung der Erträge und

²⁴ WTO Green Box: Zahlungen im Rahmen von Umweltprogrammen beschränken sich auf die zusätzlichen Kosten oder Einkommensverluste, die durch die Einhaltung von Bedingungen für Produktionsmethoden oder Betriebsmittel entstehen.

die Zulassung moderner Technologien vor wie jene des Gen-Editing (Crisp). Schon jetzt seien die Lebensmittelproduktionssysteme in der EU hochtechnologisch und effizient.

Bessere Methoden zur Messung des Kohlenstoffabbaus in der Landwirtschaft sollen Zahlungen an Landwirte für die geleistete Kohlenstoffbindung künftig ermöglichen. Auch private Unternehmen könnten am Erwerb solcher Zertifikate interessiert sein, um den Klimaschutz zu unterstützen und so den Landwirten einen zusätzlichen Anreiz für die CO₂-Sequestrierung zu bieten (EC, 2020).

3.9.3 Biologische Landwirtschaft

Biologische Landwirtschaft leistet einen systemischen Beitrag zu vielen Zielen der Farm-to-Fork-Strategie wie Klimaschutz, Verzicht auf chemisch-synthetische Pestizide und Düngemittel sowie Antibiotika (siehe Kapitel 5.1). Bei den Treibhausgasemissionen ist das Ergebnis jedoch nicht eindeutig, wenn die Ausweitung des ökologischen Landbaus eine Ausweitung der gesamten landwirtschaftlichen Fläche in der EU oder eine Erhöhung der Agrarimporte aus Drittländern erfordert, um das Produktions- und Verbrauchsniveau unverändert zu halten (was auch für die geplante Ausweitung der nichtproduktiven Flächen und Schutzräume gilt; vgl. Isermeyer et al., 2020). Die THG-Emissionen des ökologischen Landbaus sind im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft pro Hektar geringer, aber im Allgemeinen pro Kilogramm Produkt höher. Insgesamt muss sie daher jedenfalls mit einer weitergehenden Änderung im Konsum- und Ernährungsverhalten einhergehen (z. B. Guyomard, Bureau et al., 2020).

Um das EU-weite Bio-Ziel von 25% bis 2030 zu erreichen, braucht es in allen Mitgliedstaaten einen Zuwachs. Österreich kann schon bisher einen höheren Anteil ökologischer Landwirtschaft vorweisen als vorgesehen, was entscheidend von der Bio-Maßnahme innerhalb des Agrarumweltprogramms ÖPUL gestützt wurde. Nachdem dieses so nicht mehr fortgeführt wird, ist sicherzustellen, dass der zusätzliche Arbeitsaufwand für Biobäuerinnen und -bauern ausreichend finanziell abgedeckt wird, da sonst der Anteil der Bio-Betriebe in Österreich sogar sinken könnte (Burtscher-Schaden et al., 2021).

Eine Studie der BOKU (Schlatzer und Lindenthal, 2018) hält fest, dass selbst eine flächendeckende Umstellung auf biologische Landwirtschaft trotz geringerer Erträge/Leistungen im Vergleich zur konventionellen (34% im Ackerbau, über alle Tierarten um 10%) in Österreich die Versorgung der heimischen Bevölkerung sicherstellen könnte, wenn Lebensmittelabfälle und/oder der Fleischkonsum reduziert wird (bis 2080 Reduktion der vermeidbaren Lebensmittelabfälle um 50% und des Fleischkonsums um 25%; gegenwärtig –25% oder –10%). Bezüglich Ernährungsstil wäre das immer noch weniger als von der AGES empfohlen (–64% Fleischkonsum).

Die Ausweitung der ökologischen Landwirtschaft auf ein Viertel der landwirtschaftlichen Fläche in der EU verlangt sehr viel Know-How-Input. Eine subventionsinduzierte Ausdehnung kann allerdings zu einem Preisverfall in diesem Marktsegment führen und wiederum den Subventionsbedarf erhöhen.

3.9.4 Nährstoffmanagement und Pestizide

Der Bericht der Europäischen Umweltagentur (EEA, 2018) zeigt den Einfluss der Stickstoff- und Phosphorüberschüsse aus der Landwirtschaft dadurch, dass die Gewässer in einigen Regionen

Europas den guten ökologischen Zustand nicht erreichen. In Österreich sind rund 10% des Grundwassers mit Nitrat belastet und rund 8% mit Pestiziden; 18% der Oberflächengewässer weisen keinen guten ökologischen Zustand auf. Obwohl seit 1995 freiwillige Maßnahmen im Agrarumweltprogramm ÖPUL für den Grundwasserschutz angeboten werden, konnte bisher kein flächendeckender Schutz vor den Einträgen ins Grundwasser erreicht werden. Für besonders stark belastete Gebiete waren umfassende gesetzliche Maßnahmen notwendig, um in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten Grundwasserschutz so zu gestalten, dass die gesetzlichen Grenzwerte bei Nitrat und Pestiziden eingehalten werden können. Diese Erfahrungen zeigen, dass freiwillige Maßnahmen nicht unbedingt ausreichen, sondern verpflichtende Ökoregelungen in der GAP notwendig sind, um den Eintrag von Nährstoffen in die Umwelt zu reduzieren (AK, 2020). Österreich läuft laut EU-Kommission "in hohem Maße Gefahr", seine gesetzlichen Emissionsreduktionsverpflichtungen zu verfehlen, da die NH₃-Emissionen aus der Tierproduktion steigen, anstatt zu sinken (Burtscher-Schaden et al., 2020).

Isermeyer et al. (2020) sehen den Bedarf einer integrierten Nährstoffstrategie, die nicht allein auf den Indikator Grundwasser ausgerichtet ist, sondern alle Umwelteffekte sowie die Ressourceneffizienz der Düngung und auch das Thema Boden-Biodiversität in den Blick nimmt. Wenn der Pflanzenschutzmitteleinsatz aus Umweltschutzgründen generell verringert werden soll, wäre eine EU-weite Verteuerung der Pflanzenschutzmittel durch eine Steuer bzw. Abgabe in Betracht zu ziehen. Ebenso wie bei der Alternative, ein an den Emissionshandel angelehntes Handelssystem, sollte die Verteuerung nach Maßgabe der Umwelteigenschaften der Pflanzenschutzmittel differenziert werden.

3.9.5 Biodiversität

Intensive Landwirtschaftliche Systeme tragen die Hauptverantwortung für die Erosion der biologischen Vielfalt in den europäischen Agrarökosystemen. Mit den Ausnahmen Phosphor und Antibiotika deuten die bisherigen Trendentwicklungen darauf hin, dass es schwierig sein wird, andere Ziele des Green Deal ohne wesentliche Änderungen der derzeitigen Praktiken und Strategien zu erreichen (Guyomard, Bureau et al., 2020). In der Mitteilung zum Green Deal, der EU-Biodiversitäts- sowie der F2F-Strategie 2030 werden biodiversitätsbezogene Ziele genannt, die durch die Förderung nachhaltigerer Anbaumethoden und -systeme (ökologischer Landbau, Agroforstwirtschaft, Agrarökologie), deren Diversifizierung oder die Erhöhung der genetischen Vielfalt erreicht werden könnten. Es gibt jedoch kaum Hinweise darauf, wie sich dies in der künftigen GAP, insbesondere in den Nationalen Strategieplänen, niederschlagen würde.

Die aktuellen Greening-Maßnahmen hatten, wie bereits in Abschnitt 3.3 gezeigt, wenig positive Auswirkungen auf die Biodiversität, auch in Österreich. Das Potential wäre jedoch groß gewesen, weil es für alle Betriebe gilt, die GAP-Direktzahlungen aus der Ersten Säule erhalten wollen. Die GAP-Interventionen mit der höchsten belegbaren Biodiversitätswirkung waren bspw. in Österreich bisher die gering umgesetzte ÖPUL-Naturschutzmaßnahme (auf 3% der landwirtschaftlichen Nutzfläche, LN), vor allem im Ackerbau die ÖPUL-Biodiversitätsflächen (UBB-DIV auf 70% der LN, allerdings geringer in Intensivbauregionen) sowie die Regelungen zum Erhalt von Landschaftselementen wie Hecken und Einzelbäumen.

Die EU-Biodiversitätsstrategie 2030 sieht u. a. vor, mindestens 10% der landwirtschaftlichen Fläche mit Landschaftselementen so zu nutzen, dass hier die Bereitstellung von Lebensraum für Wildtiere und -pflanzen im Vordergrund steht. Laut Burtscher-Schaden et al. (2020) werden die für den Stopp des Artensterbens in der Landwirtschaft vorgesehenen Zielvorgaben in Österreich mit den geplanten Änderungen der GAP-(ÖPUL-)Förderarchitektur ab 2023 jedoch weiterhin verfehlt. Um diese zu erreichen, wären im Acker- wie Wiesenbau 10% ÖPUL-DIV-Flächen notwendig und weiters eine deutliche Anhebung der Prämienhöhen, um zur Teilnahme zu motivieren. Ebenso brauche es weitere Ansätze zur Stärkung der Weidewirtschaft und der Heuwirtschaft für Blumenwiesen.

Röder et al. (2018) weisen im Zusammenhang mit solchen Vorgaben auf den möglichen Verlust an Biodiversität hin, besonders, wenn aus ökonomischen Gründen mageres und schlecht zu bewirtschaftendes Grünland dauerhaft stillgelegt wird. Auch Isermeyer et al. (2020) sehen das Erreichen eines bestimmten Prozentwertes als kein geeignetes Kriterium. Die Herausforderung besteht darin, lokale Agrarlandschaften in Hinblick auf ein gesellschaftlich optimales Ergebnis weiterzuentwickeln und abseits des Ziels der biologischen Vielfalt auch andere Leistungen zu erbringen, z. B. Erosionsschutz, Klimaschutz, Bewässerung, Landschaftsbild, Fahrradwegenetz. Das sollte neben der Flächenumwandlung (nicht zwangsläufig Nicht-Nutzung) auch produktionsintegrierte Naturschutz-Maßnahmen einschließen.

Guyomard, Bureau et al. (2020) sehen im Hinblick auf Biodiversität mögliche Zielkonflikte zwischen verschiedenen Politiken: So steht etwa die im Vorschlag für saubere Energie enthaltene Aufforderung an die Landwirtschaft, eine größere Rolle als Lieferant erneuerbarer Energien zu spielen, nicht im Einklang mit den ehrgeizigen Zielen der EU-Biodiversitätsstrategie 2030, vor allem weil eine Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzfläche stattfinden könnte. Ebenso würde die Förderung biodiversitätsfreundlicher Formen der Landwirtschaft im Widerspruch zur Verringerung von Nicht-CO₂-THG-Emissionen stehen, wie z. B. Methanemissionen im Zusammenhang mit extensiven Weidehaltungssystemen für Rindfleisch.

3.9.6 Nachhaltigkeit und Verbraucher

Die Farm-to-Fork-Strategie enthält keine konkreten Hinweise darauf, welches Nachhaltigkeitsniveau in der Nahrungsmittelproduktion angestrebt wird und wie dieses gemessen, kontrolliert und sanktioniert werden kann. Vor allem größere Unternehmen der Lebensmittelindustrie veröffentlichen schon standardmäßig Nachhaltigkeitsberichte, die Einbeziehung der Urproduktion stellt dagegen eine Herausforderung dar. Die Landwirtschaft hat sehr viele externe Effekte, deren Bewertung nach Standort variiert, weswegen es eine breite Palette an Nachhaltigkeitskriterien aus den Bereichen Ökonomie, Ökologie, Soziales und Tierwohl benötigen würde. V.a. bei kleineren Betrieben könnte das zu einem erheblichen Mehraufwand führen. Weiters ist zu klären, ob Förderungen in der künftigen GAP nur an die Teilnahme am einzelbetrieblichen Nachhaltigkeitsmonitoring geknüpft werden oder sich auf ein bestimmtes Nachhaltigkeitsniveau beziehen (Isermeyer et al., 2020). Der Vorschlag der Kommission, von einem Informationsnetz landwirtschaftlicher Buchführungen (INLB) zu einem Informationsnetz über die Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe (FSDN) überzugehen, sollte dazu beitragen, die Beziehung zwischen landwirtschaftlicher Tätigkeit und der Umwelt besser darzustellen und würde ein

besseres Verständnis dafür ermöglichen, welche Verfahren in welchem regionalen und sektoralen Umfeld am besten funktionieren (Barreiro-Hurle, 2021).

In der F2F-Strategie werden eine stärker pflanzlich basierte Ernährung mit mehr Obst und Gemüse sowie ein besserer Tierschutz gefordert. Für Österreich empfiehlt die EU-Kommission hinsichtlich der Ausarbeitung des GAP-Strategieplans (EC, 2020c) die Umstellung auf eine stärker pflanzlich basierte (auf den Tierhaltungssektor entfallen 54% der landwirtschaftlichen Produktion Österreichs; EU-Durchschnitt: 42%) oder forstwirtschaftliche Erzeugung bzw. auf eine tierische Erzeugung mit einem geringeren ökologischen und klimatischen Fußabdruck und einem besseren Tierschutz. Der Sektor könne den Schwerpunkt auf tierische Erzeugnisse mit gesünderen Nährwertprofilen (z. B. salz- und fettärmer) legen (vgl. Burtscher-Schaden et al., 2020).

Kritisiert wird vielfach jedenfalls die fehlende Integration der Tierschutz- und Antibiotikagesetzgebung in die GAP und damit in die Formulierung der Nationalen Strategiepläne (z. B. EC, 2020b).

In der F2F-Strategie erkennt die Europäische Kommission, dass Lebensmittelverarbeiter, -dienstleister und Einzelhändler den Markt prägen und die Ernährungsgewohnheiten der Verbraucher beeinflussen. Die höheren Kosten für eine gesündere (also u. a. ohne Rückstände von Pestiziden oder Düngemitteln) und stärker pflanzlich orientierte Ernährung sind jedoch ein potentiell Hindernis, insbesondere für Haushalte mit geringem Einkommen. Die Preiserhebungen der AK zeigen etwa, dass der Einkauf von Biolebensmittel zu deutlich höheren Ausgaben für die Haushalte führt. Die Lebensmittelindustrie und der Einzelhandel müssen daher durch Produktreformen, verantwortungsvolles Marketing und Werbebeschränkungen einen Wandel hin zu wünschenswerteren Ernährungsmustern fördern. Als Entscheidungsgrundlage beim Kauf sind verbindliche Regelungen notwendig, die die Produktion nachhaltiger Lebensmittel garantieren und unerwünschte Praktiken verbieten; eine verbesserte Kennzeichnung von Lebensmitteln scheint begrüßenswert (AK, 2020). Öffentliche Maßnahmen, die das Bewusstsein der Verbraucher für die Auswirkungen der Lebensmittelauswahl schärfen, sowie die Anpassung der Verbraucherpreise, z. B. durch eine angedachte Steuerreform, sind erforderlich.

Es wird jedoch auch hier kein quantitatives Ziel oder eine Zielvorgabe genannt. Die Erfahrung aus einigen nationalen Initiativen (Steuern zur Förderung einer gesünderen Ernährung durch Preispolitik, Ampeln, Nährwertkennzahlen) zeigen aber, dass die Auswirkungen auf die Lebensmittelwahl durch die Verbraucher nach wie vor recht gering ist (Guyomard, Bureau et al., 2020).

3.9.7 Just Transition

Für den Lebensmittelsektor bedeutet ein "gerechter Übergang" die Gewährleistung angemessener Einkommen in der Landwirtschaft, einer ausgewogenen Verteilung der Wertschöpfung in der Lebensmittelkette, sicherer und erschwinglicher Lebensmittel mit hohem Nährwert für die Verbraucher, und eine ausgewogene Entwicklung zwischen den Mitgliedstaaten und Regionen. Die COVID-19-Pandemie hat die Frage der Ernährungssicherheit in den Vordergrund der Diskussionen gerückt (vgl. Guyomard, Bureau et al., 2020 und Abschnitt 2.5.7).

3.10 Zusammenfassung

Agrarische Produktionsentscheidungen hängen wegen der großen Bedeutung der Subventionen für die Einkommen, neben Änderungen von Technologie und Marktbedingungen, besonders von den agrar- und fiskalpolitischen Rahmenbedingungen ab. Im Hinblick auf die Transformation zu einem nachhaltigen Landwirtschafts- und Ernährungssystem muss die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) umfassend dazu beitragen, die Landwirtinnen und Landwirte auch ökonomisch in die Lage zu versetzen, ihren Beitrag zur Erreichung der Ziele in Bezug auf Klima-, Tier- und Bodenschutz, Luft- und Wasserreinhaltung sowie Biodiversität zu leisten.

Finanzielle Anreize, Information und Beratung, begünstigt durch entsprechende technische und politische Maßnahmen, könnten die Adoption von Innovationen und einen Wandel landwirtschaftlicher Systeme in Richtung Agrarökologie und Biolandwirtschaft fördern und kommen den landwirtschaftlichen Einkommen zugute. In manchen Fällen wird verpflichtende Gesetzgebung mehr Wirkung zeigen. Das Greening der 1. Säule der letzten GAP-Periode hatte wenig ökologisch und ökonomisch relevante Effekte. Die Ausgestaltung der Fördermaßnahmen für das Programm der Entwicklung des ländlichen Raums ist inhaltlich und regional wesentlich breiter gestreut und daher kann es zu unterschiedlichen Trade-Offs zwischen den Zielvorgaben kommen.

Um den aktuellen gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Herausforderungen, nicht zuletzt durch COVID-19 und die Frage der Resilienz, zu begegnen, ist in der künftigen GAP-Periode 2023-2027 eine Abkehr von detaillierten Vorgaben auf EU-Ebene hin zu mehr Gestaltungsspielraum der Mitgliedstaaten vorgesehen ("New Delivery Model"). Mit dem Europäischen Green Deal will die EU-Kommission Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent machen. Der Weg soll über eine effiziente Ressourcennutzung durch den Übergang zu einer sauberen und kreislauforientierten Wirtschaft sowie der Wiederherstellung der Biodiversität und der Bekämpfung der Umweltverschmutzung führen. Der Landwirtschaftssektor hat jedoch seit 2005 kaum zu den Treibhausgasreduktionen in den Effort-Sharing-Sektoren beigetragen, weswegen erhebliche Anpassungen zur Erreichung des 55%-Ziels bis 2030 erforderlich sind.

Ein einheitlicher Konsens besteht, dass die ambitionierten Ziele des Green Deal eine Notwendigkeit zur Umstellung von Ernährungsgewohnheiten und zur Reduktion von Lebensmittelverschwendung ebenso einschließen wie eine Abschwächung eventueller Leakage-Effekte durch geringere Produktionsniveaus in der EU. Das kann auf der Nachfrageseite erreicht werden durch Steuerreformen, Informationskampagnen, Green Procurement, konsequentes Labelling; auf der Produzentenseite durch angemessene Fördersysteme, Nutzung von Technologie und Beratung zur Produktivitätssteigerung sowie im Außenhandel durch Importbeschränkungen (Zölle, Standards) und nachhaltigkeitsfördernde Maßnahmen in den Ursprungsländern.

Es besteht globaler Handlungsbedarf, um eine Verlagerung der Umweltverschmutzung (Treibhausgasemissionen) von Europa in andere Regionen der Welt zu vermeiden. Außerdem sind Produktivitätssteigerungen im ökologischen Landbau und bei der Nährstoffbewirtschaftung erforderlich, die durch Präzisionslandwirtschaft, neue digitale Technologien und andere innovative Techniken erreicht werden können. Schließlich zeigen die erheblichen Auswirkungen auf die Preise, dass Änderungen im Verbraucherverhalten eine entscheidende Rolle spielen, um den ökologischen Fußabdruck des Lebensmittelkonsums zu verringern. Alles in allem zeigen die

ermittelten Herausforderungen bei der Erreichung der Umweltziele, dass die Kernelemente des GAP-Rechtsvorschlags zur grünen Architektur, einschließlich der Konditionalität, beibehalten, aber ambitionierter ausgestaltet werden müssen (Barreiro-Hurle et al., 2020).

4. Regionaler versus Internationaler Handel mit Agrargütern

Die mit dem weltweiten Austausch von agrarischen Rohstoffen und Gütern verbundenen externen Effekte in Drittstaaten sind Ansatzpunkt zahlreicher Analysen und Kritik in Wissenschaft, Zivilgesellschaft und Politik. Vor allem externe Effekte auf die Umwelt wie Landnutzungsänderungen in biodiversitätsreichen Ökosystemen wie dem Amazonas Regenwald, aber auch Arbeitsbedingungen und Menschenrechtsverletzungen in den Erzeugerländern, stehen in der Kritik und sind relevante Faktoren für die Beurteilung der Nachhaltigkeit von internationalen Wertschöpfungsketten und Handelsbeziehungen. Das Kapitel beleuchtet beispielhaft die Entwicklung des österreichischen Agraraußenhandels mit den Mercosur Ländern, diskutiert Aspekte der Nachhaltigkeit, Ansatzpunkte für die Messung von Treibhausgasemissionen in Drittstaaten (komsumbasierte Treibhausgasbilanzierung) und mögliche Instrumente für einen nachhaltigen Außenhandel mit Agrargütern. Am Beispiel von Rindfleisch werden die mit der nationalen und internationalen Erzeugung verbundenen THG-Emissionen diskutiert.

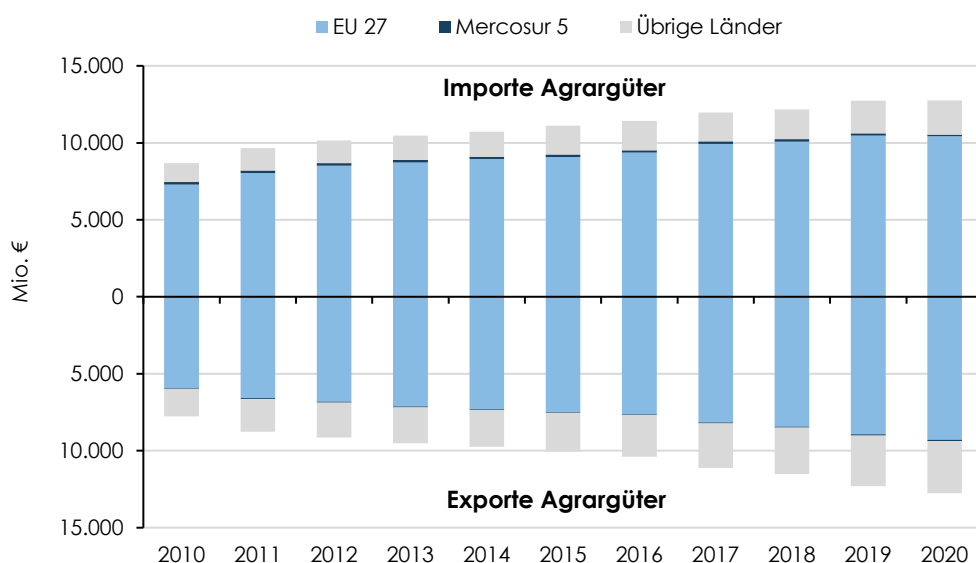
4.1 Agraraußenhandel und externe Umwelteffekte

Neben einem hohen Selbstversorgungsgrad setzt Österreich in vielen Bereichen der Agrarproduktion auf internationalen Handel mit Agrarerzeugnissen, vorwiegend mit der EU. Wenngleich die österreichische Produktion von Agrarerzeugnissen in vielen Bereichen, wie beispielsweise Getreide, Kartoffeln, Milch und Fleisch, einen hohen Selbstversorgungsgrad aufweist, ist Österreich als kleine Volkswirtschaft auf den internationalen Handel mit Agrarerzeugnissen angewiesen (Christen et al., 2021). Die österreichische Landwirtschaft trägt tendenziell immer weniger zur Sicherung der Versorgung mit Lebensmitteln und agrarischen Rohstoffen bei. Eine steigende Nachfrage steht einer stagnierenden Biomasseproduktion aufgrund des Verlustes an landwirtschaftlichen Flächen durch Verbauung und Umwandlung in Forstflächen gegenüber (Kettner-Marx et al., 2020).

Der Handel mit Agrargütern wuchs seit dem Jahr 2010 kontinuierlich. Die Importe von Agrargütern nahmen im Zeitraum 2010 bis 2020 wertmäßig um 47% und die Exporte von Agrargütern um 64% zu (Abbildung 10). Dabei dominiert bei weitem der Agrargüterhandel mit der EU 27; ca. 82% der Agrargüterimporte und 73% der Agrargüterexporte werden 2020 innereuropäisch abgewickelt. Der Handel mit den Mercosur 5 Ländern macht dabei einen sehr kleinen Anteil von weniger als 1% der Importe (0,85%) und ca. 0,6% der Exporte aus (2020).

Die gesamtwirtschaftliche Bewertung, dass Handel den Wohlstand fördert und dadurch Chancen für Entwicklung und Austausch eröffnet, gilt auch für den Agraraußenhandel. Dieser kann zum kulturellen Austausch beitragen, indem der Konsum nicht-heimischer Lebensmittel und Spezialitäten Einblicke in andere Essgewohnheiten ermöglicht (Christen et al., 2021). In erster Linie wird der internationale Handel jedoch durch die Ausnutzung komparativer, wirtschaftlicher Vorteile gestützt. Im Agrarbereich sind günstige Standortbedingungen (Boden, Temperatur, Niederschlag) sowie technisches Know-how, qualifizierte Fachkräfte und gute Infrastruktur für die landwirtschaftliche Produktion ebenso relevant wie die Produktionskosten. In Österreich zeigen sich im Agrarsektor aufgrund des hohen Grünlandanteils beispielsweise komparative Vorteile in der Milcherzeugung und Rindfleischproduktion (Christen et al., 2021).

Abbildung 11: **Österreichischer Agrarhandel nach KNO-Nomenklatur (Kap. 1-24), 2010-2020**



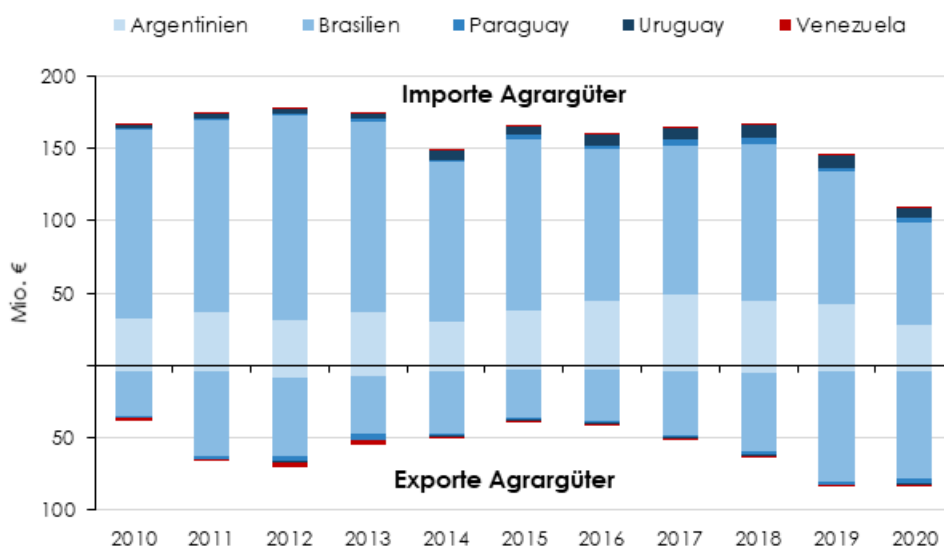
Q: WDS – WIFO-Daten-System, Macrobond. Daten abgerufen am 11. 11. 2021.

Die mit dem weltweiten Austausch von agrarischen Rohstoffen verbundenen externen Effekte in Drittstaaten sind Ansatzpunkt zahlreicher Diskussionen in der Öffentlichkeit und Politik. Vor allem Effekte auf die Umwelt und die Arbeitsbedingungen bei der Erzeugung stehen in der Kritik und sind relevante Faktoren für die Beurteilung der Nachhaltigkeit von internationalen Wertschöpfungsketten und Handelsbeziehungen. Agrargüterimporte aus dem globalen Süden und deren Auswirkungen auf Flächenverbrauch, Biodiversität und Treibhausgasemissionen sowie die Sozialstandards der Arbeitsbedingungen sind Gegenstand unterschiedlicher Untersuchungen. Dabei gelten Sojafuttermittel und Palmöl als beispielhaft für eine ganze Reihe von Nahrungsmitteln (Kaffee, Kakao, Zucker, Bananen) für deren landwirtschaftliche Produktion wertvolle Ökosysteme von globaler Bedeutung, wie etwa Tropenwälder und Savannen, zerstört werden - mit gravierenden Auswirkungen auf Biodiversität, Klimawandel, Umwelt und soziale Integrität. So wird beispielsweise Österreich – wie auch anderen Ländern des globalen Nordens – vorgeworfen, aufgrund seiner Importe von Sojafuttermitteln und Palmöl aus dem globalen Süden Treiber für globale Treibhausgasemissionen zu sein. Diese Treibhausgasemissionen werden jedoch nicht der heimischen Emissionsbilanz, sondern der Emissionsbilanz der Herkunftsländer zugerechnet (produktionsorientierte Bilanzierung). Eine Studie von Schlatzer et al. (2021) beziffert die Treibhausgasemissionen des Imports von Soja für Österreich auf ca. 3 Mio. t CO_{2eq}/Jahr und für den Import von Palmöl auf ca. 2 Mio. t CO_{2eq}/Jahr, wobei sich die Treibhausgasemissionen, die auf Palmöl für Agrotreibstoffe entfallen auf 1,5 Mio. t CO_{2eq} belaufen.

Die Abbildungen 11 und 12 zeigen beispielhaft die Verteilung des Agrargüterhandels Österreichs auf die Länder des Mercosur 5 (Abbildung 11) sowie die Verteilung auf die einzelnen Gütergruppen (Abbildung 12) in den Jahren 2010 bis 2020. Die beiden Flächenländer Brasilien und Argentinien dominieren bei weitem die Handelsbeziehungen Österreichs mit den fünf

MERCOSUR Ländern. Dabei ist festzustellen, dass die Importe von Agrargütern diesen Ländern im Zeitverlauf und insbesondere im Jahr 2020 deutlich zurückgegangen sind, während die Exporte von Agrargütern, insbesondere nach Brasilien, eine steigende Tendenz aufweisen. Der Agrargüterhandel betrifft die Warengruppen tierischen Ursprungs, pflanzlichen Ursprungs sowie Waren der Lebensmittelindustrie, die im Jahr 2020 zu etwa gleichen Teilen importiert wurden. Der Export betrifft zu einem überwiegenden Teil Waren der Lebensmittelindustrie.

Abbildung 12: Österreichischer Agrarhandel nach KNO-Nomenklatur (Kap. 1-24) mit MERCOSUR, 2010-2020



Q: WDS – WIFO-Daten-System, Macrobond. Daten abgerufen am 11.11.2021.

Soja ist neben der Rinderhaltung einer der wesentlichen Treiber für Waldbrände respektive Rodungen in Brasilien sowie für Umwandlungen von Savannen in Argentinien. Die durch Rodung für landwirtschaftliche Zwecke verfügbar gemachten Flächen werden hauptsächlich für die Produktion von Soja und Rindfleisch genutzt, um die europäische Nachfrage nach Fleisch zu befriedigen bei abnehmender heimischer Produktion. Die Nachfrage nach Rindfleisch und Soja aus Brasilien und Argentinien erweist sich nach einer Studie von Schlatzer und Lindenthal (2020) als besonders umweltschädlich, da die Produktion vielfach unter Einsatz von in der EU verbotenen Pestiziden erfolgt, die gesundheitlich und ökologisch als bedenklich gelten. Beide Länder weisen zudem einen sehr hohen und in den letzten Jahren gesteigerten Einsatz des Herbizids Glyphosat auf. Schlechte Fruchtfolgen und industrielle Landwirtschaft bewirken, dass die entwaldeten Flächen für die Sojaproduktion nur wenige Jahre nutzbar sind, woraus bei gleichbleibender (oder steigender) Nachfrage eine weitere zusätzliche Flächeninanspruchnahme resultiert. Dabei sind ca. 75% des nach Österreich importierten Soja gentechnisch verändert. Diese Art der industriellen Landwirtschaft zerstört die traditionelle Kleinlandwirtschaft und bewirkt eine Verschlechterung der Ernährungssouveränität und der Gesundheit der lokalen Bevölkerung mit weitreichenden Konsequenzen für die soziale Integrität der indigenen Bevölkerung (Schlatzer und Lindenthal, 2020).

Abbildung 13: **Agraraußenhandel nach Gütergruppen mit den MERCOSUR 5, 2010-2020**



Q: WDS – WIFO-Daten-System, Macrobond. Daten abgerufen am 11.11. 2021.

Der IPBES konstatiert, dass der globale Handel mit Agrarproduktion die Anbaufläche für sogenannte "Cash-Crops" vergrößere, was zu einer Verringerung der lokalen Pflanzenvielfalt führe und Menschen dazu zwingt, Wälder abzuholzen, ihren Lebensunterhalt auf marginalen Flächen zu leben oder die lokale biologische Vielfalt zu überstrapazieren (Purvis et al., 2019, ch2.2). Im internationalen Agrarhandel, der als Bindeglied zwischen landwirtschaftlichen Produktionsweisen in verschiedenen Teilen der Welt gilt und auch wechselseitige Einflüsse auf die Nachhaltigkeit ausübt, werden Kriterien wie Nachhaltigkeit und Resilienz²⁵ bisher allerdings kaum

²⁵ Resilienz bedeutet, dass ein Agrarsystem robust gegenüber Schocks und klimatischen Extremereignissen ist.

berücksichtigt (WBGU, 2020). Der internationale Handel mit Agrargütern könnte jedoch sehr wohl die Ziele der Nachhaltigkeit und Resilienz in der Nahrungsmittelproduktion positiv beeinflussen. Es kommt auf die Ausgestaltung der Handelsregime an (WBGU, 2020).

4.2 Instrumente der Nachhaltigkeit im internationalen Agrargüterhandel

Als ein Mechanismus der Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien im internationalen Handel wird jüngst das Instrument des CO₂-Grenzausgleichsmechanismus diskutiert (Dröge 2021). Ein CO₂-Grenzausgleichmechanismus belastet die Einfuhren in die EU mit einer Abgabe, die ihrem CO₂-Gehalt entspricht (Dröge, 2021). Die Einführung eines solchen Mechanismus würde beispielsweise die Landwirte und Landwirtinnen in der EU mit höheren Kosten für Mineraldünger belasten und somit gleiche Wettbewerbsbedingungen auch hinsichtlich von Nachhaltigkeitskriterien für ausländische und inländische Produzenten von Mineraldünger herstellen.

Die energieintensive Herstellung von Mineraldünger, der ein wesentliches Betriebsmittel der landwirtschaftlichen Produktion darstellt, unterliegt dem EU-Emissionshandel (ETS).²⁶ Die Düngemittelindustrie in der EU ist durch dieses System unilateral mit Kohlenstoffkosten konfrontiert. Da sie im internationalen Wettbewerb steht und weltweit wohl fast die Einzige ist, die Treibhausgas-kosten zu tragen hat, besteht das Risiko, dass sie ihre Produktion und damit ihre CO₂-Emissionen in unregulierte Nicht-EU Länder verlagert, was als Carbon Leakage bezeichnet wird.

Um in dieser und anderen Industriebranchen gleiche Wettbewerbsbedingungen zu gewähren und dem Carbon Leakage zu begegnen schlägt die EU-Kommission einen CO₂-Grenzausgleichsmechanismus für Importe vor. Der CO₂-Grenzausgleichsmechanismus wird als klimapolitischer Hebel betrachtet, der die Prinzipien der Nachhaltigkeit bzw. des Klimaschutzes auf die Importländer übertragen kann. Je mehr Staaten mit der EU klimapolitische Maßnahmen setzen, desto geringer wird der Bedarf, das Instrument auch einzusetzen. Werden Klimaschutz und Nachhaltigkeit auch in den Importländern erfolgreich umgesetzt, wird der Grenzausgleichsmechanismus überflüssig.

Die EU kann über derlei handelspolitische Maßnahmen Anreize für eine internationale Klimapolitik setzen. Da der Grenzausgleichsmechanismus an den Emissionshandel der EU angelehnt werden soll, wird er jedoch nur auf Güter bestimmter Sektoren entfallen, nicht auf alle Güter, welche die EU einführt. Die Landwirtschaft gehört nicht zu den Emissionshandelssektoren und unterliegt somit nicht den Regelungen des EU-Emissionshandels (EC 2021c). Der internationale Handel mit Agrargütern wird daher von etwaigen Regelungen eines CO₂-Grenzausgleichsmechanismus in absehbarer Zeit und in puncto Nachhaltigkeit und Klimaschutz nicht direkt betroffen sein. Vielmehr würde dies ausschließlich Sektoren betreffen, die unter die Regelungen des EU-Emissionshandelssystems fallen, wie etwa die Herstellung von Mineraldünger.

²⁶ Der Emissionshandel funktioniert nach dem "cap and trade"-Prinzip. Das bedeutet, dass es eine Obergrenze oder einen Grenzwert für die Gesamtmenge bestimmter Treibhausgase gibt ("Cap") und diese Obergrenze kontinuierlich gesenkt wird, um bestimmte Treibhausgasemissionsziele zu erreichen. Im Rahmen der Obergrenze erhalten oder kaufen die Unternehmen Emissionszertifikate, die sie je nach Bedarf untereinander handeln können, um so eine kosteneffiziente Verringerung von Treibhausgasen zu ermöglichen.

Der internationale Handel mit Agrargütern braucht daher alternative Ansätze, um auf die Ziele der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft ausgerichtet zu werden. Ein möglicher Ansatzpunkt wäre es, das Thema Nachhaltigkeit in internationalen Handelsabkommen, etwa mit dem Mercosur, verbindlich zu verankern. Die Nachhaltigkeit von landwirtschaftlichen Produktionssystemen und der Schutz von Ökosystemen müssten von den Vertragsparteien von Handelsabkommen daher explizit vereinbart und überwacht werden.

In diesem Kontext steht das EU-Mercosur Assoziierungsabkommen sowie der darin enthaltene Handelsteil seit Jahren in der Kritik. Das Handelsabkommen forciere Landnutzungsänderungen und Landnutzungskonflikte und erhöhe den Druck auf die Wälder und damit auf die CO₂-Senken sowie auf die indigene Bevölkerung (Fritz, 2017; Kehoe et al., 2019). Sowohl die Rindfleisch- als auch die Ethanolherzeugung sind demnach für substanzielle direkte und indirekte Landnutzungsänderungen verantwortlich, die mit der Ausbreitung von Rinderfarmen und Zuckerrohrfeldern einhergehen. Henders et al. (2015) berechnen, dass allein im Jahr 2011 Rindfleisch und Viehfutter in die EU importiert wurden, die mit mehr als 1000 km² Entwaldung in Brasilien einhergingen. Ein Rechtsgutachten zum Mercosur Abkommen kommt zu dem Ergebnis, dass sich gravierende Mängel des Abkommens im Bereich Umweltschutz und Menschenrechte nachhaltig nur durch eine Neuverhandlung beheben lassen (Hoffmann – Krajewski 2021). Einen Überblick über das Mercosur Handelsabkommen und Fragen der Nachhaltigkeit geben Grübler et al. (2020).

In der Literatur wird weiters vorgeschlagen, dass Unternehmen der Futtermittelindustrie und des Agrarhandels Verantwortung für einen nachhaltigen Agrarhandel übernehmen sollten. Entsprechende Sorgfaltspflichten könnten in europäischen und nationalen Lieferkettengesetzen wirksam und einklagbar verankert werden (Teller et al., 2021).

4.3 Internationale Wertschöpfungsketten und Konsumbasierte Treibhausgasbilanzierung

Nationale Treibhausgasinventuren berücksichtigen ausschließlich die produktionsbedingten Emissionen, die auf dem nationalen Hoheitsgebiet entstehen (z. B. United Nations Framework Convention for Climate Change UNFCCC, 2016) und vernachlässigen die Treibhausgasemissionen des Verbrauchs von importierten Produkten. Die Auswirkungen des internationalen Handels auf die THG-Emissionen in Drittstaaten, wie dem Mercosur, werden bei alleiniger Betrachtung der nationalen Treibhausgasbilanzen daher ausgeklammert.

Bei der konsumbasierten Bilanzierung werden die Emissionen aus der Produktion auf der Basis internationaler Wertschöpfungsketten hingegen den Verbrauchsländern zugerechnet. Der internationale Handel stellt jedoch eine Herausforderung für die konsumbasierte Bilanzierung von THG-Fußabdrücken dar, da Materialien unterschiedlicher Herkunft oft gemischt, verarbeitet und über mehrere Zwischenregionen gehandelt werden, bevor sie im Endverbrauchsland konsumiert werden (Sandström et al., 2018). Viele exportierte Güter werden nicht im Importland verbraucht, sondern weiter exportiert, und die durchschnittliche Anzahl der Grenzen, die von den exportierten Gütern überschritten werden, zeigt einen steigenden Trend (Zhang et al., 2017). Diese Handelsströme verlagern einen erheblichen Teil der Umweltbelastungen von den Verbrauchern zu den Produzenten. Fast ein Drittel des Materialverbrauchs und ein Viertel der

globalen THG-Emissionen werden durch den Handel in andere Länder verlagert (Wood et al., 2018). Die EU-Länder verlagern weit mehr Umweltbelastungen in den Rest der Welt durch den Import von Produkten, verglichen mit den Belastungen, die vom Rest der Welt in die EU verlagert werden (Steen-Olsen et al., 2012; Wood et al., 2018).

Um die Ziele des Pariser Klimaschutzübereinkommens zu erreichen, wird es nicht ausreichen, nur produktionsseitig die Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Vielmehr muss der Fokus verstärkt auch auf die konsumbasierten Treibhausgasemissionen gerichtet und somit die Gesamtheit der Emissionen von Konsumgütern und -dienstleistungen berücksichtigt werden, auch jene, die durch den Handel mit Vorleistungsgütern implizit in der inländischen Endnachfrage enthalten sind (Steininger et al., 2016). Das gilt besonders angesichts der weitreichenden Globalisierung mit tiefgreifenden internationalen Handelsverflechtungen und weltweiten Wertschöpfungsketten.

In den letzten Jahren wurde daher vermehrt auch die konsumbasierte Treibhausgasinventur berechnet und für Analysen des Klimaschutzes herangezogen. Diese berücksichtigt alle direkten und indirekten Treibhausgasemissionen des Endkonsums eines Landes. Auf nationaler, makroökonomischer Ebene versucht der EE-MRIO-Ansatz (umwelterweiterte (environmentally extended) multiregionale Input-Output-Modell Ansatz), die direkten und indirekten Treibhausgasemissionen aggregierter Produkt-Dienstleistungskategorien dem Endkonsum zuzuordnen (Peters und Hertwich, 2008). Der große Vorteil dieses Ansatzes liegt in der Rückverfolgung internationaler Handels- und Wertschöpfungsketten. Konsumbasierte Ansätze der Treibhausgasbilanzierung können einen substantziellen Informationsbeitrag zur Entwicklung von Strategien zur weltweiten Verringerung der Treibhausgasemissionen leisten (Kettner et al., 2017). So finden Barrett-Scott (2012) für Großbritannien höhere Treibhausgaseinsparungspotentiale für konsumseitige Klimaschutzmaßnahmen (z. B. im Bereich der Ernährungsumstellung, der Lebensdauer von Produkten, in der öffentlichen Beschaffung) als für produktionsseitige Ansätze (z. B. im Bereich Abfallvermeidung, Substitution von Rohstoffen, Recycling). Aus konsumbasierter Sicht liegen die gesamten THG-Emissionen in Österreich um 54% und die THG-Emissionen in der Landwirtschaft um ca. 33% höher als in der produktionsseitigen Inventur (Steininger et al., 2018).

Eine Methode, um die konsumbasierten Treibhausgasemissionen auf Produktebene zu berechnen ist die Lebenszyklusanalyse (LCA – Life Cycle Assessment). Der LCA-Ansatz versucht, die direkten und indirekten Treibhausgasemissionen einzelner Produkte und Dienstleistungen zu berechnen, die in der Herstellung, Produktion und Entsorgung anfallen (Finnveden et al., 2009). Hier werden z. B. alle Treibhausgasemissionen, die im Lebenszyklus eines Produktes emittiert werden, dem Land zugerechnet, in dem es gekauft und verbraucht wurde, unabhängig davon in welchem Land sie physisch während der Herstellung, Benutzung oder Entsorgung eines Gutes emittiert wurden. Der Vorteil besteht hier vor allem im hohen Detailgrad der Berechnungen und der bereitgestellten Information (Windsperger, 2015). Als nachteilig erweisen sich das hohe Ausmaß an benötigter Information und die damit einhergehende Komplexität und Unsicherheit sowie Aggregationsprobleme. LCA-Ergebnisse beschränken sich bisher zumeist auf einzelne Produktgruppen oder Dienstleistungen und sind auf nationaler oder gar weltweiter Ebene noch kaum verfügbar. Der große Vorteil dieses Ansatzes liegt in der Rückverfolgung internationaler Handels- und Wertschöpfungsketten.

Bei der Betrachtung von LCA Studien für bestimmte Produkte oder Produktgruppen und deren Vergleich ist zu beachten, dass in unterschiedlichen Studien zumeist keine einheitlichen Bezugsbasen, etwa THG-Emissionen je kg Produkt, pro Protein, je kWh oder MJ Energie, verwendet werden. Methodendetails wie Systemgrenzen und Allokationen bzw. Zurechnungen von Emissionen sind oft zu unterschiedlich, als dass die Ergebnisse direkt miteinander verglichen und gemeinsam verwendet werden könnten. Vielfach werden die THG-Bilanzen als CO_{2eq}-Emissionen pro kg Produkt gerechnet, da bestimmte Mengen an Produkten aus Gründen der Ernährungssicherung erzeugt werden müssen. Diese Sichtweise wird in jüngeren Arbeiten hinterfragt (Sanders und Heß, 2019), denn die Betrachtung der Produkteinheit belohnt intensive landwirtschaftliche Produktionsformen (hohe Erträge reduzieren im Zuge der LCA die Menge an CO_{2eq}/kg Ertragsgut), was die negativen Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit, Biodiversität und die Qualität der Gewässer u. a. ausklammert. Die Bezugsbasis Produkteinheit vernachlässigt somit die Bodenfläche als relevante Bezugsbasis und Ausgangspunkt einer nachhaltigen Landwirtschaft ebenso wie die Endlichkeit der landwirtschaftlichen Fläche bzw. des fruchtbaren Bodens und die Notwendigkeit deren nachhaltiger Nutzung. Somit sind nicht die Produkteinheiten und -mengen an den nicht nachhaltigen Konsummustern auszurichten, sondern es bedarf der Anpassung der Konsummuster an die limitierten landwirtschaftlichen Produktionsflächen.

Im Gegensatz zu den top-down makroökonomischen Ansätzen (z. B. Steininger et al., 2018), die aggregierte oder sektorspezifische konsumbasierte THG-Emissionen berechnen, bieten Lebenszyklusanalysen (LCA) die Möglichkeit, sehr detaillierte produktspezifische (bottom-up) THG-Emissionen zu kalkulieren. Hier zeigt sich u. a., dass Rindfleisch den höchsten CO₂-Fussabdruck aller landwirtschaftlichen Produkte besitzt (Gerber et al., 2013; Leip et al., 2010; Pieper et al., 2020) und daher in den letzten Jahren besonders ins Zentrum der Diskussion einer klimafreundlichen landwirtschaftlichen Produktion gerückt ist.

4.4 Lebenszyklusanalysen der Treibhausgasemissionen von Rindfleisch

Die umfassende Studie von Leip et al. (2010) legt eine Schätzung der Nettoemissionen von Treibhausgasen (und Ammoniak (NH₃)) aus dem Tierhaltungssektor in der EU gegliedert nach Tierarten, Tierprodukten und Tierhaltungssystemen auf der Basis von Wertschöpfungsketten (Lebenszyklusanalysen) vor. Diese umfassen auch Emissionen aus importierten Inputs und Emissionen aus Inputs, die in anderen Sektoren wie der chemischen Industrie oder dem Energiesektor entstehen (direkte und indirekte Emissionen des Viehhaltungssektors). Dabei werden die wichtigsten zur Nahrungsmittelerzeugung genutzten Tierarten betrachtet: (i) Rinder, (ii) Milchkühe, (iii) kleine Wiederkäuer (Schafe und Ziegen), (iv) Schweine und (v) Geflügel. Bei den betrachteten tierischen Erzeugnissen handelt es sich um a) Fleisch (Rind, Schwein, Geflügel und Fleisch von Schafen und Ziegen), b) Milch (Kuhmilch und Milch von Schafen und Ziegen) und c) Eier.

Zu den betrachteten Emissionsquellen gehören (i) die Tierhaltung im landwirtschaftlichen Betrieb einschließlich der enterischen Fermentation, Dungablagerung durch Weidetiere, Dungmanagement und Ausbringung von Mist auf landwirtschaftliche Flächen; ii) die Futtermittelproduktion einschließlich der Ausbringung von Mineraldünger, die Kultivierung organischer Böden, Ernterückstände und damit verbundene vorgelagerte industrielle Prozesse

(Düngemittelproduktion); iii) Energieverbrauch im landwirtschaftlichen Betrieb im Zusammenhang mit der Tierhaltung und der Futtermittelproduktion und den Energieverbrauch für den Transport und die Verarbeitung von Futtermitteln; (iv) Landnutzungsänderungen, die durch die Futtermittelproduktion (ausgenommen Grünland und Weiden) entstehen; und (v) Emissionen (oder Senken) der Landnutzung durch Änderungen der Kohlenstoffbindungsraten im Zusammenhang mit der Futtermittelproduktion (einschließlich Grünland und Beweidung).

Die Emissionen werden für die Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Distickstoffoxid (N₂O) berechnet.²⁷

Demnach belaufen sich die gesamten Treibhausgasemissionen der europäischen Viehwirtschaft im Jahr 2004 auf 661 Mio. t CO₂-Äq. 191 Mio. t CO₂-Äq (29%) stammen aus der Rindfleischproduktion, 193 Mio. t CO₂-Äq (29%) aus der Kuhmilchproduktion und 165 Mio. t CO₂-Äq (25%) aus der Schweinefleischproduktion, während alle anderen tierischen Erzeugnisse zusammen nicht mehr als 111 Mio. Tonnen (17%) der gesamten Emissionen ausmachen.

323 Mio. t CO₂-Äq (49%) der Gesamtemissionen werden im Agrarsektor verursacht, 136 Mio. t CO₂-Äq (21%) im Energiesektor, 11 Mio. t CO₂-Äq (2%) im Industriesektor und 191 Mio. t CO₂-Äq (29%) werden durch Flächennutzung und Flächennutzungsänderungen verursacht (Szenario II)²⁸, hauptsächlich in außereuropäischen Ländern.

181 Mio. Tonnen (27%) der Gesamtemissionen, die dem Tierhaltungssektor zugeordnet werden, werden in Form von Methan emittiert, 153 Mio. t (23%) als N₂O und 327 Mio. t (50%) als CO₂ (Szenario II).

Im EU-Durchschnitt belaufen sich die nach der Lebenszyklusanalyse berechneten THG-Emissionen aus dem Tierhaltungssektor (ohne Emissionen aus Energienutzung, Industrie und Landnutzungsänderungen) auf 67% der von den Mitgliedstaaten übermittelten Werte für die Landwirtschaft (nationale Treibhausgasbilanzen), wobei dieser Anteil in den Mitgliedsstaaten in einer Bandbreite von 63% bis 112% variiert. Rechnet man die Emissionen aus Energienutzung, Industrie und LULUC (Szenario II) hinzu, so verursacht die Viehzucht 137% der direkt vom Agrarsektor emittierten Emissionen (Zahlen der nationalen Treibhausgasinventuren).

Auf Produktebene belaufen sich die gesamten Treibhausgasemissionen von Wiederkäuern im EU-Durchschnitt auf etwa 20-23 kg CO₂-eq pro kg Fleisch (22,2 kg für Rindfleisch und 20,3 kg pro kg Schaf- und Ziegenfleisch), während die Produktion von Schweinefleisch (7,5 kg) und Geflügelfleisch (4,9 kg) aufgrund eines anderen Verdauungsprozesses und der fehlenden enterischen Fermentation weitaus geringere Emissionen aufweisen.

Die Länder mit den niedrigsten Emissionen pro kg Rindfleisch sind Österreich (14,2 kg) und die Niederlande (17,4 kg), während die höchsten Emissionen für Zypern (44,1 kg) und Lettland (41,8 kg) berechnet werden, was auf eine geringe Effizienz und hohe LULUC-Emissionen durch die Ausweitung der Anbauflächen im Inland (Lettland) oder einen hohen Importanteil (Zypern)

²⁷ Darüber hinaus werden in der Studie von Leip et al. (2010) die Emissionen von Ammoniak (NH₃) und Stickoxide (NO_x) geschätzt, da sie als Vorläufer des Treibhausgases N₂O und für die Luftverschmutzung und damit verbundene Probleme eine Rolle spielen.

²⁸ Es wurden unterschiedliche Szenarien (I-III) berechnet, siehe Leip et al. (2010).

zurückzuführen ist. Während die Niederlande vor allem mit niedrigen Methan- und N₂O-Raten THG-Emissionen einsparen, was auf eine effiziente und industrialisierte Produktionsstruktur hindeutet, gleicht Österreich die höheren Methanemissionen durch geringere Emissionen aus der Landnutzungsänderung (LULUC) aus, was auf einen hohen Selbstversorgungsgrad bei der Futtermittelproduktion und einen hohen Anteil von Gras in der Ernährung hindeutet. Beide Länder zeichnen sich jedoch durch hohe Fleischerträge aus, während z. B. die hohen Emissionen in Lettland in erster Linie auf sehr niedrige Fleischerträge und damit auf eine weniger effiziente Produktionsstruktur zurückzuführen sind. Im europäischen Vergleich kann Österreich in der Rindfleischproduktion daher auf komparative Vorteile im Bereich der THG-Emissionen verweisen (Leip et al. 2010).

Eine noch unveröffentlichte Studie von BOKU, Umweltbundesamt, ÖSF und WIFO (Kirchner et al., 2021) vergleicht und berechnet die THG-Emissionen bzw. den Carbon Footprint für Rindfleisch anhand von Lebenszyklusanalysen für die österreichische Rindfleischproduktion und des Imports von Rindfleisch aus Südamerika sowie anderen Ländern. Die Unterschiede bei der Rindfleischproduktion liegen demnach vor allem im Bereich der Fütterung. Der Einsatz von Futtermitteln im Vergleich zur Almwirtschaft verursacht deutliche THG-Differenzen. In dieser Untersuchung werden jedoch keine Landnutzungsänderungen berücksichtigt, die durch die Bereitstellung von Futtermitteln entstehen können, vor allen Dingen, wenn diese importiert werden, wie z. B. die Rodung des Amazonas-Regenwaldes für den Sojaanbau. Weitere Unterschiede ergeben sich aus den Transportdistanzen und Transportmitteln, die bei einer Lebenszyklusanalyse berücksichtigt werden.

Die eigenen Carbon Footprint Berechnungen dieser Studie zeigen einen Vorteil der heimischen Rindfleischproduktion gegenüber südamerikanischen Produktionssystemen, besonders wenn Transportemissionen berücksichtigt werden, d. h. pro kg Schlachtgewicht oder Rind ist der THG-Gehalt von Rindfleisch in Österreich signifikant niedriger als in Südamerika. Der Literaturvergleich weist auch darauf hin, dass Österreich nicht nur gegenüber Brasilien, sondern auch im europäischen Vergleich (siehe Leip et al., 2010) und im globalen Durchschnitt einen niedrigen Carbon Footprint für Rindfleisch aufweist. Da Österreich Netto-Exporteur von Rindfleisch ist, wirkt sich dies – im Vergleich zu einem hypothetischen Szenario ohne österreichischen Handel – positiv auf die globalen THG-Emissionen aus. Würde Österreich kein Rindfleisch exportieren und würden diese Exporte durch Produkte anderer Länder substituiert, wären die globalen Rindfleisch THG-Emissionen signifikant höher. Würde man die Kosten der THG-Emissionen global oder in der EU in der Rindfleischproduktion im Produktpreis berücksichtigen, so hätte die österreichische Landwirtschaft damit einen Wettbewerbsvorteil.

4.5 Zusammenfassung

Neben eines hohen Selbstversorgungsgrads setzt Österreich in vielen Bereichen der Agrarproduktion auf internationalen Handel mit Agrarerzeugnissen, vorwiegend mit der EU. Eine steigende Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten und Rohstoffen steht einer stagnierenden Biomasseproduktion aufgrund des Verlustes an landwirtschaftlichen Flächen durch Verbauung und Umwandlung in Forstflächen gegenüber. Der Handel mit Agrargütern wuchs seit dem Jahr 2010 kontinuierlich. Die Importe von Agrargütern nahmen im Zeitraum 2010 bis 2020

wertmäßig um 47% und die Exporte von Agrargütern um 64% zu. Dabei dominiert bei weitem der Agrargüterhandel mit der EU 27; ca. 82% der Agrargüterimporte und 73% der Agrargüterexporte werden 2020 innereuropäisch abgewickelt. Der Handel mit den Mercosur 5 Ländern macht dabei wertmäßig einen sehr kleinen Anteil von weniger als 1% der Importe (0,85%) und ca. 0,6% der Exporte aus (2020). Im Agrarbereich sind günstige Standortbedingungen (Boden, Temperatur, Niederschlag) sowie technisches Know-how, qualifizierte Fachkräfte und gute Infrastruktur für die landwirtschaftliche Produktion ebenso relevant wie die Produktionskosten. In Österreich zeigen sich im Agrarsektor aufgrund des hohen Grünlandanteils beispielsweise komparative Vorteile in der Milcherzeugung und Rindfleischproduktion (Christen et al. 2021, Leip et al., 2010; Kirchner et al, 2021).

Die mit dem weltweiten Austausch von agrarischen Rohstoffen verbundenen negativen Umwelteffekte in Drittstaaten sind Ansatzpunkt umweltorientierter Analysen. Sie berechnen die mit dem Import von Agrargütern verbundenen konsumbasierten Treibhausgasemissionen. Eine Studie von Schlatzer et al. (2021) beziffert die Treibhausgasemissionen des Imports von Soja für Österreich auf ca. 3 Mio. t CO_{2eq}/Jahr und für den Import von Palmöl auf ca. 2 Mio. t CO_{2eq}/Jahr. Konsumbasierte THG-Emissionen sind relevante Faktoren für die Beurteilung der Nachhaltigkeit von internationalen Wertschöpfungsketten und Handelsbeziehungen, werden jedoch nicht systematisch erhoben (im Gegensatz zu den produktionsbasierten THG-Emissionen). Aus konsumbasierter Sicht liegen die gesamten THG-Emissionen in Österreich um 54% und die THG-Emissionen in der Landwirtschaft um ca. 33% höher als in der produktionsseitigen Inventur (Steininger et al. 2018). Sojafuttermittel und Palmöl gelten als beispielhaft für eine ganze Reihe von Nahrungsmitteln (Kaffee, Kakao, Zucker, Bananen), für deren landwirtschaftliche Produktion wertvolle Ökosysteme von globaler Bedeutung, wie etwa Tropenwälder und Savannen, zerstört werden – mit gravierenden Auswirkungen auf Biodiversität, Klimawandel, Umwelt und soziale Integrität. Eine Studie von Kirchner et al. (2021) berechnet die THG-Emissionen bzw. den Carbon Footprint für Rindfleisch anhand von Lebenszyklusanalysen für die österreichische Rindfleischproduktion und den Import von Rindfleisch aus Südamerika sowie anderen Ländern. Die Carbon Footprint Berechnungen zeigen einen Vorteil der heimischen Rindfleischproduktion gegenüber südamerikanischen Produktionssystemen, besonders wenn Transportemissionen berücksichtigt werden, d. h. pro kg Schlachtgewicht oder Rind ist der THG-Gehalt von Rindfleisch in Österreich signifikant niedriger als in Südamerika. Die Literatur weist auch darauf hin, dass Österreich nicht nur gegenüber Brasilien, sondern auch im europäischen Vergleich (siehe Leip et al., 2010) und im globalen Durchschnitt einen niedrigen Carbon Footprint für Rindfleisch aufweist. Da Österreich Netto-Exporteur von Rindfleisch ist, wirkt sich dies – im Vergleich zu einem hypothetischen Szenario ohne österreichischen Handel – positiv auf die globalen THG-Emissionen aus.

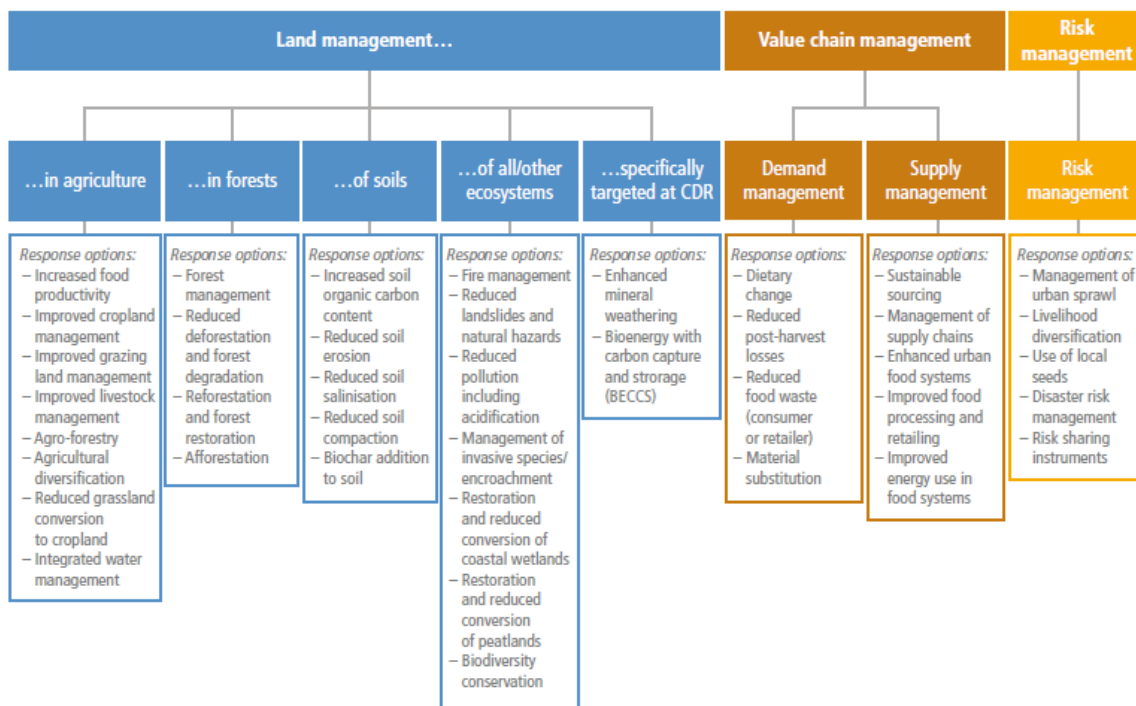
Im internationalen Agrarhandel, der als Bindeglied zwischen landwirtschaftlichen Produktionsweisen in verschiedenen Teilen der Welt gilt und auch wechselseitige Einflüsse auf die Nachhaltigkeit ausübt, werden Kriterien wie Nachhaltigkeit und Resilienz bisher noch kaum berücksichtigt (WBGU, 2020). Als ein Mechanismus der Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien im internationalen Handel wird jüngst das Instrument des CO₂-Grenzausgleichsmechanismus diskutiert (Dröge 2021). Der CO₂-Grenzausgleichsmechanismus wird als klimapolitischer Hebel betrachtet, der die Prinzipien der Nachhaltigkeit bzw. des Klimaschutzes auf die Importländer

übertragen kann. Die Einführung eines solchen Mechanismus würde beispielsweise die Landwirtschaft in der EU mit höheren Kosten für Mineraldünger belasten und somit gleiche Wettbewerbsbedingungen auch hinsichtlich von Nachhaltigkeitskriterien für ausländische und inländische Produzenten von Mineraldünger herstellen. Da der Grenzausgleichsmechanismus an den Emissionshandel der EU angelehnt werden soll, wird er jedoch nur auf Güter der ETS-Sektoren anwendbar sein, wozu der Landwirtschaftssektor selbst nicht gehört. Der internationale Handel mit Agrargütern wird daher von etwaigen Regelungen eines CO₂-Grenzausgleichsmechanismus in absehbarer Zeit und in puncto Nachhaltigkeit und Klimaschutz nicht direkt betroffen sein. Ein möglicher politischer Ansatzpunkt wäre es, das Thema Nachhaltigkeit in internationalen Handelsabkommen verbindlich zu verankern. Ein weiterer Ansatzpunkt wäre, die unternehmerische Sorgfaltspflicht in einklagbaren Lieferkettengesetzen festzuschreiben.

5. Lösungsbeiträge der Landwirtschaft

Die Ansatzpunkte und Lösungsbeiträge der Landwirtschaft zu Klimaschutz und Resilienz in den Nahrungsmittelsystemen sind vielfältig und oftmals sektorübergreifend, d. h. systemisch wirksam (THG Emissionsreduktion in Energie, Industrie, Transport). Zudem unterstützen sie die Resilienz in Nahrungsmittelsystemen und wirken positiv auf die Ernährungssicherheit. Smith et al. (2019) geben einen Überblick über integrierte Reaktionsmöglichkeiten, die zur Verfügung stehen, um die landbasierten Herausforderungen des Klimaschutzes, der Anpassung an den Klimawandel, der Landdegradierung und der Ernährungssicherheit anzugehen. Diese können in Optionen kategorisiert werden, die sich auf Land-, Wertschöpfungsketten- und Risikomanagement stützen (Abbildung 14). Die integrierten Reaktionsmöglichkeiten des Landmanagements werden in solche unterteilt, die in der Landwirtschaft, der Forstwirtschaft, im Bereich der Böden, und in anderen/allen Ökosystemen angewendet werden können. Zusätzlich wird hier auf die Möglichkeiten der Sequestrierungstechnologien hingewiesen. Die integrierten Optionen für das Management der Wertschöpfungskette stützen sich auf nachfrage- und angebotsseitige Maßnahmen. Schließlich werden übergreifende Maßnahmen des Risikomanagements aufgeführt.

Abbildung 14: Integrierte Reaktionsoptionen in Bezug auf Klima, Land und Ernährung



Q: Smith et al. (2019).

Um den Zielwert für die Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 55% (2030 gegenüber 1990) zu erreichen, sieht die EU-Kommission für den Agrarsektor künftig vor, mehr Aufforstung, Kohlenstoffspeicherung im Boden, Biogaserzeugung und Solarpaneele zu unterstützen. Außerdem soll ein Plan für ein integriertes Nährstoffmanagement entwickelt werden, mit dem

bis 2030 die Nährstoffverluste um mindestens 50% und der Einsatz von Düngemitteln um mindestens 20% reduziert werden sollen. 2021 soll eine Carbon Farming-Initiative zur Förderung eines neuen Geschäftsmodells für klimafreundliche Praktiken in der Landwirtschaft starten. Da davon ausgegangen wird, dass sich die Agrarmissionen in einem "business-as-usual"-Szenario kaum verändern würden (was einem Anstieg auf 20% der EU-Emissionen entspräche, sollte das Gesamtziel erreicht werden), soll v.a. die Gemeinsame Agrarpolitik mit einem klimaschutz-relevanten Anteil von 40% wesentlich zu einer Verbesserung der THG-Emissionen beitragen.

Scheffler et al. (2020) zeigen, dass nur unter Einbeziehung aller Ziele aus der Farm-to-Fork-Strategie Einsparungen von rund einem Fünftel CO_{2e} (gegenüber 2018) möglich wären. Identifiziert werden als Treiber die Reduktion der Stickstoffeinträge inkl. der Verringerung der Stickstoffüberschüsse, die Flächenbindung der Tierhaltung, insbesondere die Grünlandbindung für Wiederkäuer; die moorschonende Bewirtschaftung landwirtschaftlich genutzter organischer Böden und die Ausweitung von unbewirtschafteten Flächen und Agroforstsystemen.

Isermeyer et al. (2020) sehen für den Agrarsektor dagegen keine realistische Zielerreichung und schlagen daher für den Klimaschutz und die Planungssicherheit der Landwirte die Einbeziehung von Landwirtschaft und Landnutzung in den EU-weiten Emissionshandel (ETS) als geeignetes Instrument vor. Das würde im Falle der Etablierung eines EU-CO₂-Grenzausgleichsmechanismus auch die landwirtschaftlichen Produkte in Drittländern mit einem CO₂-Preis belegen und internationale Nachhaltigkeitsstandards im Agraraußenhandel etablieren sowie Verlagerungseffekte der Produktion in Drittstaaten mit geringeren ökologischen Standards und Carbon Leakage verhindern.

5.1 Alternative Bewirtschaftungsverfahren und Kohlenstoffsequestrierung in Böden

In der agrarischen Landnutzung muss neben der Anpassung der Sorten und der Bearbeitung an den bereits bestehenden Klimawandel ein Fokus auf die Reduktion von THG-Emissionen und eine nachhaltige Steigerung des C-Vorrats und der Wasserhaltekapazität in den Böden durch Humusaufbau gelegt werden. Hierzu bieten sich alternative Bewirtschaftungsmethoden an. Im Folgenden werden Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsaspekte des ökologischen Landbaus beleuchtet und die "4-per-mille" Initiative zur Sequestrierung von Kohlenstoff in Böden vorgestellt.

5.1.1 Ökologischer Landbau

Hinsichtlich des Umbaus des Ernährungssystems hin zu mehr Nachhaltigkeit und Resilienz kommen dem ökologischen Landbau vielfältige Aufgaben zu. Ein wichtiger potenzieller Beitrag ökologisch bewirtschafteter Systeme zur Eindämmung des Klimawandels liegt in der sorgfältigen Bewirtschaftung der Nährstoffe und damit in der Verringerung der N₂O-Emissionen aus den Böden. Die niedrigeren Emissionen der Bioproduktion im Vergleich zur konventionellen Produktion sind zudem auf den weitgehenden Verzicht von Sojafuttermitteln aus Tropenwald- und Savannenregionen zurückzuführen (Hörtenhuber et al., 2010, 2011; Opielka und Peter, 2017), die meistens zur Entwaldung und somit zu beträchtlichen Emissionen in diesen Regionen führen. Die Stärken des ökologischen Landbaus liegen damit hauptsächlich in der besseren

Ressourcenschonung, da das Anbausystem überwiegend auf betriebsinterne Ressourcen zurückgreift und den Einsatz von externen Hilfsstoffen begrenzt. Dies führt dazu, dass weniger fossile und mineralische Ressourcen verbraucht werden. Damit bietet die ökologische Landwirtschaft Alternativen zu energieintensiven Produktionsmitteln wie synthetischen Düngemitteln, denn diese sind im ökologischen Landbau ebenso wie Pestizide verboten (Scialabba und Müller-Lindenlauf, 2010).

Einer Meta-Studie von Skinner et al. (2014) zufolge liegen die N₂O-Emissionen des biologischen Landbaus bezogen auf die Fläche ackerbaulich genutzter Böden aufgrund des Verzichtes auf N-Mineraldünger um $497 \pm 162 \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{ha/a}$ geringer. Die ertragsbezogenen N₂O-Emissionen liegen jedoch wegen des geringeren Ertragsniveaus um $41 \pm 34 \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{ha/a}$ höher. Liegen die Erträge im biologischen Landbau um mehr als 17% unter denen im konventionellen Landbau, sind die N₂O-Emissionen je Ertragseinheit in letzterem dagegen geringer. Dieses vergleichsweise schlechtere Abschneiden des Biolandbaus liegt im geringeren Ertrag pro Hektar im Ackerbau begründet, was auf den ersten Blick gegen dieses Bewirtschaftungsform spricht. Die Differenz in der Produktivität zwischen konventionellem und ökologischem Landbau ist jedoch in hohem Maße kontextabhängig und von den System- und Standortmerkmalen ab, d. h. der Anbauregion, den klimatischen Bedingungen und den Kulturen determiniert (Seufert et al., 2012). Brückler et al. (2018) zeigen für Österreich, dass beispielsweise Bio-Sojabohnen in trockenen Gebieten weit über dem relativen Durchschnitt liegende Erträge aufweisen, die sogar das Niveau konventioneller Erträge um 9% übertreffen.

Nemecek et al. (2011) untersuchen für die Schweiz anhand einer Lebenszyklusanalyse die Umweltwirkungen von biologischem und konventionellem Landbau. In der Gesamtbeurteilung kommen sie zu dem Schluss, dass die Stärken des ökologischen Landbaus vor allem in der besseren Ressourcenschonung liegen, da das Anbausystem hauptsächlich auf betriebsinterne Ressourcen zurückgreift und den Einsatz von externen Hilfsstoffen begrenzt. Dies führt dazu, dass weniger fossile und mineralische Ressourcen verbraucht werden. Darüber hinaus ermöglicht der stark eingeschränkte Einsatz von Pflanzenschutzmitteln einerseits eine deutliche Reduzierung des Ökotoxizitätspotenzials und andererseits ein höheres Biodiversitätspotenzial. Diese insgesamt positive Bewertung gilt nicht für alle Bioprodukte: Einige Produkte wie z. B. Kartoffeln weisen höhere Umweltbelastungen auf als ihre Pendanten aus dem konventionellen Landbau.

Der Biolandbau erbringt eine Vielzahl von erwünschten Ökosystemleistungen über den Klimaschutz hinaus, welche bisher nicht eingepreist sind und welche diejenigen des konventionellen Landbaus übersteigen. Allerdings ist der Biolandbau aufgrund seiner geringeren Produktivität bei gleichem Produktoutput auf eine größere Landfläche angewiesen. Der Biolandbau muss daher, um als klimarelevante Alternative zum konventionellen Landbau zu bestehen, möglichst seine Produktivität bei gleichbleibend hohen Umweltstandards steigern. Im Gegensatz dazu muss der konventionelle Landbau eine Optimierung auf der Inputseite anstreben, um die Umweltbelastung pro produzierter Einheit zu minimieren (Nemecek et al., 2011).

Systemübergreifende Ansätze wie Änderungen der Ernährungsgewohnheiten, insbesondere ein geringerer Konsum von tierischem Eiweiß, und eine Verringerung der Lebensmittelabfälle können die Nachteile eines höheren Flächenbedarfes des Biolandbaus ausgleichen und nehmen

in der Diskussion einer nachhaltigen Landnutzung für die Produktion von Nahrungsmitteln eine zunehmend wichtige Rolle ein (siehe 5.2).

Da die Lachgasemissionen im Ackerbau auch von den klimatischen Bedingungen abhängen, gewinnen Bewirtschaftungssysteme mit geringeren Emissionen bei steigenden Temperaturen an Bedeutung. Einer Untersuchung von Foldal et al. (2019) zufolge führt die konventionelle Bewirtschaftung bei mittleren Jahrestemperaturen und Niederschlagsmengen zu höheren N₂O-Emissionen als die biologische Bewirtschaftung. Die biologische Landwirtschaft ist bei klimatischen Veränderungen aufgrund ihrer potentiell höheren Humuswerte in höherem Maße als konventionelle Bewirtschaftungssysteme in der Lage, Stickstoff im Pflanze-Boden-System zu halten und somit als klimaresilienter zu bezeichnen.

Ein weiteres großes Minderungspotenzial des ökologischen Landbaus liegt in der Kohlenstoffbindung in den Böden durch Humusaufbau (Scialabba und Müller-Lindenlauf, 2010, siehe 5.1.2).

Was die Anpassung an den Klimawandel anbelangt, so bietet der ökologische Landbau ein großes Potenzial für den Aufbau widerstandsfähiger/resilienter Nahrungsmittelsysteme angesichts von klimatischen Risiken wie Extremwetterereignissen, einerseits durch die Diversifizierung der Betriebe und andererseits durch den Aufbau der Bodenfruchtbarkeit mit organischen Stoffen.

Die stetig wachsende Nachfrage nach biologisch erzeugten Lebensmitteln zusammen mit der Förderung aus der 2. Säule der GAP ermöglichen einer steigenden Zahl von Betrieben in dieser Wertschöpfungskette eine wirtschaftliche Existenz zu etablieren (ZKL, 2021). Nach Auffassung der Zukunftskommission Landwirtschaft in Deutschland ist der ökologische Landbau das einzige Nachhaltigkeitsprogramm, das über einen nennenswerten und äußerst dynamischen Markt verfügt (ZKL 2021: 103).

Viele Innovationen in der ökologischen landwirtschaftlichen Praxis, z. B. in der mechanischen Unkrautbekämpfung oder der Mobilstallhaltung von Legehennen, in der Lebensmittelverarbeitung, z. B. die Reduktion von künstlichen Aromen, oder in der Vermarktung (vom Gemüse-Abobis hin zur Solidarischen Landwirtschaft) sind im Bereich der ökologischen Landwirtschaft entstanden und finden auch in Verbindung mit der konventionellen Landwirtschaft bereits Anwendung (ZKL, 2021).

5.1.2 Kohlenstoffsequestrierung in Böden

Eine verbesserte Bodenbewirtschaftung zur Vermeidung von Bodendegradation wird zunehmend angestrebt, um die Ernährungssicherheit für die wachsende Weltbevölkerung zu gewährleisten, mit dem Nebeneffekt, dass Kohlenstoff in den Böden gespeichert und damit Klimaschutz betrieben wird. Die Sequestrierung von Kohlenstoff bzw. die Erhöhung des "soil organic carbon" (SOC) durch Humusaufbau spielt eine wichtige Rolle bei der Diskussion über terrestrische Kohlenstoffsinken. Die Größe des SOC-Pools ist damit eine von mehreren Qualitätsmaßstäben für die pflanzliche Produktion und die nationale und regionale Ernährungssicherheit (Baumgarten et al., 2021).

Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels durch Landmanagement umfassen SOC-Sequestrierung in Ackerland, Grasland und Wäldern (Shukla et al., 2019). Konzepte zur Bewirtschaftung von Ackerland werden im Rahmen der "4 per mille Soils for Food Security and Climate" Initiative (kurz: "4-per-mille") diskutiert und beworben (Rumpel et al. 2018, Minasny et al., 2017; Chabbi et al., 2017). Die 4-Promille-Initiative²⁹, von Frankreich am 1. Dezember 2015 auf der COP 21 ins Leben gerufen, hat zum Ziel, den globalen Bestand an organischer Substanz im Boden um 0,4% pro Jahr als Ausgleich für die globalen Emissionen von Treibhausgasen aus anthropogenen Quellen zu steigern. Globale Klimamodelle deuten darauf hin, dass das Pariser Klimaziel nur mit negativen Emissionen, d. h. mit der Entfernung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre, erreicht werden kann. Es wird seit langem argumentiert, dass die Kohlenstoffbindung in Böden einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann (Lal, 2004). Zugleich wird der Kohlenstoffsequestrierung in Böden ein wichtiger Beitrag zur Ernährungssicherheit beigemessen.

Das "4-per-mille" Ziel berechnet sich wie folgt: Die jährlichen Treibhausgasemissionen aus fossilem Kohlenstoff belaufen sich auf 8,9 GtC und der globale C-Bestand im Boden bis 2 m Bodentiefe wird auf 2400 GtC geschätzt. Nimmt man das Verhältnis zwischen den globalen anthropogenen C-Emissionen und dem gesamten SOC-Bestand (8,9/2400), so ergibt sich ein Wert von 0,4% oder 4‰. Nimmt man die Landfläche der Welt mit 149 Mio. km² an, so gibt es schätzungsweise 161 t SOC pro Hektar. 4 Promille davon entsprechen also einer durchschnittlichen Sequestrierungsrate zum Ausgleich von Emissionen von 0,6 tC/ha/a (Minasny et al., 2017).

Der pauschale Wert von 4 Promille kann jedoch nicht überall angewendet werden, da die Böden in Bezug auf die Potentiale der C-Speicherung sehr unterschiedlich sind (z. B. Wüsten, Moore, Gebirge usw.). Die Bodenart, die oberirdische Vegetation, das Klima und die Geschwindigkeit, mit der die Bodenorganismen den Kohlenstoff verwerten, wirken sich gemeinsam auf die C-Speicherungspotentiale aus. Weltweite Studien haben die SOC-Speicherungsraten gemessen und sie deuten darauf hin, dass eine jährliche Rate von 0,2 bis 0,5 tC/ha Sequestrierung möglich erscheint, wenn Best Practice Bewirtschaftungsmethoden wie reduzierte Bodenbearbeitung in Kombination mit Leguminosen-Deckfrüchten angewandt wurden. Eine Studie über den globalen SOC-Bestand in Böden zeigt, dass einige Ackerflächen einen Gehalt aufweisen, der unterhalb kritischer Grenzen liegen (Stockmann et al., 2015). Die beste Strategie besteht infolgedessen darin, den SOC-Gehalt in diesen degradierten Gebieten wiederherzustellen, da dies die Treibhausgasemissionen ausgleicht und die Bodenbedingungen verbessert.

Die Initiative ruft alle Partner auf, praktische Maßnahmen zur Kohlenstoffspeicherung im Boden wie z. B. Agrarökologie, Agroforstwirtschaft, konservierende Landwirtschaft, Landschaftspflege usw. durchzuführen. Rumpel et al. (2018) entwickeln acht Schritte für die Umsetzung der "4-per-mille" Initiative:

Kohlenstoffverlust vermeiden: Der Schutz von Mooren hat oberste Priorität, um den vorhandenen Kohlenstoff im Boden zu halten. Diese enthalten zwischen 32% und 46% des gesamten Bodenkohlenstoffs. Dennoch wurden 10-20% der weltweiten Torfgebiete entwässert oder

²⁹ <https://www.4p1000.org/>

verbrannt und in landwirtschaftliche Flächen umgewandelt, insbesondere in tropischen Gebieten. Um Moore zu schützen, müssen die Regierungen das Abbrennen von Torfgebieten verbieten, ihre Nutzung in der Landwirtschaft einstellen oder Praktiken planen und durchsetzen, die den Torf durch anhaltende Nässe erhalten bzw. wieder vernässen. Degradierete Böden müssen wiederhergestellt werden durch die Kontrolle der Beweidung, das Ausbringen von Gründüngung oder den Anbau von Deckfrüchten (cover crops).

Förderung der Kohlenstoffaufnahme: Wissenschaftler müssen eine Reihe von Best Practice Maßnahmen entwickeln, um mehr Kohlenstoff in den Boden einzutragen. Bewährte Techniken sind die ganzjährige Bepflanzung des Bodens, die Zugabe von Ernterückständen wie Mulch, Stroh oder Kompost und die Minimierung von Bodenbearbeitungsmethoden wie Pflügen. Agroforstliche Systeme, Hecken und Feuchtgebiete können die Artenvielfalt und den Bodenkohlenstoff erhöhen. Der Anbau von stickstoffbindenden Pflanzen wie Bohnen, Luzerne und Raps reduziert den Bedarf an Mineraldünger. Die Böden brauchen regelmäßige Zufuhr von organischem Material. Regionale Strategien zur Erhöhung des Bodenkohlenstoffs müssen unter Berücksichtigung lokaler Bodentypen, klimatischer Bedingungen, der Geschwindigkeit des Klimawandels und sozioökonomische Kontexte entwickelt werden.

Monitoring, Berichterstattung und Überprüfung der Auswirkungen von Maßnahmen: Wissenschaftler und Landwirte müssen gesetzte Maßnahmen überprüfen und evaluieren. Das umfasst umfangreiche Felduntersuchungen einschließlich Probenentnahmen und Laboranalysen. Um genügend georeferenzierte Daten zu erhalten, die auch kleine Veränderungen des organischen Kohlenstoffs im Boden im Laufe der Zeit erfassen können, muss die Erhebung langfristig, für mindestens 10 Jahre, konzipiert werden.

Einsatz von Technologie: Fortschrittliche Instrumente für Bodenmessungen werden preisgünstiger, schneller und genauer. Die landwirtschaftlichen Betriebe sollten über ihre Maßnahmen, die durch Stichprobenkontrollen, Felderhebungen oder Fernerkundung verifiziert werden sollten, berichten. Daten über Bodentypen und meteorologische Variablen müssen ebenfalls erhoben werden.

Stakeholder einbeziehen: Die Öffentlichkeit sollte stärker für die Bedeutung des organischen Kohlenstoffs im Boden und für ihre Möglichkeiten, diesen in den landwirtschaftlichen Praktiken zu verbessern, sensibilisiert werden.

Koordinierung der Politiken: Politische Rahmenwerke für Böden und Klimawandel sollten kohärent ausgerichtet werden und zusammenarbeiten. Dazu gehören die Parteien, die an dem SDG Ziel 15 beteiligt sind - dem UN-Ziel für nachhaltige Entwicklung, mit dem die Bodendegradation bis 2030 gestoppt und umgekehrt werden soll - sowie das UN-Übereinkommen zur Bekämpfung der Wüstenbildung (United Nations Convention to Combat Desertification, UNCCD), das Ziele und Finanzmittel für die Beendigung der Bodendegradation und eine nachhaltige Landbewirtschaftung vorsieht. Wissenschaftler sollten den Ländern dabei helfen, die Ziele für den Bodenkohlenstoff in ihre Emissionspfade (Nationally Determined Contributions) im Rahmen des Pariser Abkommens zu integrieren. Um die landwirtschaftlichen Praktiken weltweit im Sinne der "4-per-mille" Strategie zu reformieren, sind Zielvorgaben und politische Maßnahmen erforderlich. Die Landwirte brauchen Anreize, um ihre Methoden zu ändern. Hierzu gehören

finanzielle Anreizmechanismen ebenso wie Kompensationsmaßnahmen für Stilllegungen, extensivere oder arbeitsintensivere Bewirtschaftungsweisen und Produktivitätseinbußen.

Politikinstrumente einsetzen: Politische Entscheidungsträger sollten Bodenkohlenstoff in den Emissionshandel und bei der Konzeption von CO₂-Steuern einbeziehen.

Paustian et al. (2016) schlagen vor, Anreize für Landwirte in Form von Regulierungen, Besteuerungen, Subventionen, Initiativen in den Lieferketten und Kohlenstoffmärkten zu schaffen, damit sie Bewirtschaftungspraktiken anwenden, die den Kohlenstoffgehalt des Bodens erhöhen können.

Die Zukunftskommission Landwirtschaft in Deutschland empfiehlt ein verstärktes Angebot von staatlich finanzierten Fördermaßnahmen. Dazu gehört u. a. die Förderung erweiterter und humusmehrender Fruchtfolgen sowie die Förderung eines Zwischenfruchtanbaus und des Anbaus von Leguminosen.

Während die positive Wirkung der Maßnahmen auf die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit eindeutig nachgewiesen ist, werden die kontinuierliche C-Akkumulation und ihre Dauerhaftigkeit durch eine angepasste Bodenbewirtschaftung kontrovers diskutiert. Es gibt u. a. Bedenken, ob die derzeitigen SOC-Bestände in einer wärmeren Welt aufrechterhalten werden können oder nicht (Baumgarten et al., 2021).

Österreichs Ackerflächen, Grünland, Wälder und Siedlungen enthalten 300 Mio. t SOC. Moorböden weisen die höchste SOC-Dichte auf (220 tC/ha), bedecken aber nur etwa 2% der Landesfläche. Waldböden speichern 106 tC/ha und stellen den größten Pool dar, da sie mehr als 4 Mio. ha (48% des Landes) bedecken. Intensiv und extensiv bewirtschaftetes Grünland bedeckt 0,8 Mio. ha (10% der Landfläche) und enthalten zwischen 91 und 113 tC/ha. Ackerland bedeckt 1,28 Mio. ha (15% der Landfläche) und enthält im Durchschnitt 62 tC/ha. Aufgrund der geographischen Heterogenität Österreichs in Bezug auf klimatische Bedingungen, Geologie und Böden sowie Topographie sind die regionalen Unterschiede in den SOC-Beständen groß (Baumgarten et al., 2021). Das Wissen um den Status quo der SOC-Bestände unter verschiedenen Landnutzungen ist zentral und dient als Referenz für die Bewertung der Relevanz bestimmter Maßnahmen, die den SOC-Bestand erhöhen sollen.

Maßnahmen zur Erhöhung des SOC-Bestands im Ackerland werden in Österreich seit 25 Jahren im Rahmen von Agrarumwelt- und Klimaprogrammen angewandt, um hohe SOC Bestände in hochproduktiven Agrar-Ökosystemen zu halten. Eine Ausnahme bilden Weinanbaugebiete. Die besonderen Standortbedingungen in niedriger Höhe und warmem Klima während der Vegetationsperiode, der geringe oberirdische Laubfall, oft in Verbindung mit einer bodenaggressiven Bodenbewirtschaftung führen zu geringen SOC-Beständen in diesen Gebieten (Baumgarten et al., 2021).

Das laufende österreichische Forschungsprojekt CASAS (Carbon Storage in Austrian Soils), gefördert durch das Austrian Climate Research Programme, entwickelt unter Stakeholderbeteiligung für Österreich ein langfristiges "4-per-mille" Managementszenario einschließlich möglicher Maßnahmenbündel für das klimaschonende Management in den Bereichen Forstwirtschaft, Gründlandbewirtschaftung und Ackerbau. Es werden die volkswirtschaftlichen Effekte eines

solchen Szenarios berechnet und die Co-Benefits dieser Maßnahmen analysiert. Die Ergebnisse werden Ende 2022 vorgelegt.

Die bedeutenden zusätzlichen Vorteile des Aufbaus und Erhalts des Humus für die Klimaresilienz der Landwirtschaft und die Ertragsfähigkeit ihrer Böden sowie die Bedeutung der Humusvermehrung bezüglich anderer Ziele, wie z. B. Ernährungssicherheit und Biodiversität, machen die Steigerung des Humusgehaltes zu einem zentralen agrarökologischen Handlungsfeld (ZKL, 2021).

5.2 Nachfrageseitige Handlungsoptionen: Änderung des Ernährungsverhaltens

Der überwiegende Teil der Emissionen aus der Landwirtschaft stammt aus der Tierhaltung, insbesondere der Rinderhaltung. Daher ist zur Verringerung des Methanausstoßes notwendig, dass der Konsum und damit einhergehend die Produktion tierischer Lebensmittel zurückgehen (ZKL, 2021). Die Änderung des Ernährungsverhaltens ist in Hinblick auf den Flächenverbrauch sowie den virtuellen Flächenimport und die indirekten Landnutzungsänderungen, z. B. für den Sojafuttermittelanbau bedeutsam, da ein hoher Milch- und Fleischkonsum mehr Fläche für die Futterproduktion benötigt und der Entwaldungsdruck, insbesondere in Biodiversitätshotspots tendenziell zunimmt (Isermeyer et al., 2020). Das bedeutet, dass eine signifikante Reduktion des Fleischkonsums in Ländern mit hohen Raten im Pro-Kopf-Konsum, und das schließt Österreich mit ein, eine Maßnahme ist, die eine signifikant positive Auswirkung auf die landwirtschaftlich bedingten THG-Emissionen haben kann (IPCC, 2019; Pieper et al., 2020). Aktuelle Berichte etwa der EAT-Lancet (Willet et al., 2019) und FOLU (2019) verweisen ebenfalls auf das transformative Potential, das in einer Reduktion der Nachfrage nach tierischen Produkten liegt.

Röös et al (2017) berechnen Auswirkungen von vier "Tierhaltungs-Szenarien" für die globale Flächennutzung und globale THG-Emissionen, die unterschiedliche Perspektiven widerspiegeln: ein Szenario "Intensivierung der Tierhaltung", ein Szenario "Übergang zur pflanzlichen Ernährung", ein Szenario "Übergang zu künstlichem Fleisch und Milchprodukten" und ein Szenario, in der die Tierhaltung auf die Verwendung von "ökologischen Reststoffen" beschränkt ist (Gras von Weiden, Lebensmittelabfälle, Lebensmittel und landwirtschaftliche Nebenprodukte). Im Ergebnis wird der Reduktion von Tierprodukten das größte Potential zugesprochen; es übersteigt das der Reduktion von Lebensmittelabfällen. Die Szenarien reflektieren in ihrer Bandbreite sowohl angebots- als auch nachfrageseitige Veränderungen in den Lebensmittelsystemen. Welches Gewicht diesen Ansätzen jeweils zukommt, hängt davon ab, welche Ziele für das Lebensmittelsystem vorrangig sind und inwieweit die Produktionssysteme und die Verbrauchsmuster für Veränderungen offen sind.

Der WBGU (2020) merkt an, dass die Transformation der Ernährungsgewohnheiten in den Industrieländern beginnen muss, da dort der hohe Fleischkonsum am stärksten von einem klimaverträglichen Maß abweicht. Hier konsumieren etwa 20% der Weltbevölkerung ca. 40% der globalen Nahrungsmittelproduktion. Der EAT-Lancet Bericht (Willet et al., 2019) schlägt eine "Planetary Health Diet" vor, die im Einklang mit der Einhaltung planetarischer Leitplanken steht. Diese beinhaltet einen erheblich geringeren Anteil an Tierprodukten, dafür wird etwa Hülsenfrüchten als Eiweißquelle ein höherer Anteil zugesprochen.

Flächenwirksame Änderungen im Ernährungsverhalten können eine geringere Produktivität des ökologischen Landbaus, der aufgrund seiner geringeren externen Inputs (Mineraldünger, Pestizide etc.) im Durchschnitt als nachhaltiger gilt, ausgleichen. Das gleiche gilt für die Verringerung von Nahrungsmittelabfällen. Nach Berechnungen von Schlatzer und Lindenthal (2018) kann bereits eine geringfügige Verringerung des gegenwärtigen Fleischkonsums um 10% oder eine 25%ige Reduktion der vermeidbaren Lebensmittelabfälle den gegenwärtigen Nahrungsmittelbedarf bei 100% Biolandbau für Österreich decken.

Die Internalisierung der Umweltkosten der Produktion von Lebensmitteln und anderen Gütern in die Verbraucherpreise würde aller Wahrscheinlichkeit nach die Nachfrage nach Produkten mit geringeren Umweltauswirkungen anregen. Isermeyer et al. (2020), weisen darauf hin, dass die Kosten des Zertifizierungsprozesses eines Produktes, das die verschiedenen Nachhaltigkeitskriterien auf allen Stufen der Wertschöpfungskette korrekt erfasst, im Vergleich zum erreichten Verbraucherverhalten immens wären. Ebenso müsste eine Steuer z. B. auf Zucker hoch genug sein, um Änderungen zu bewirken und Teil einer umfassenden nachhaltigen Steuerreform sein, die allen Marktbeteiligten die "wahren" Knappheiten bzw. Ressourcenverbräuche der Produktion aufzeigen. Die Zivilgesellschaft spielt daher eine wichtige Rolle bei der Bewusstseinsbildung für die Konsequenzen von Konsumententscheidungen (IPBES, 2018).

Der WBGU (2020) schlägt vor, die Potenziale für veränderte Ernährungsstile in den Industrieländern näher zu erkunden und Strategien zur Förderung eines Ernährungsstils aufzuzeigen, der mit weniger tierischen Produkten auskommt.

5.3 Angebotsseitige Handlungsoptionen: Technologien für den Klimaschutz

Verschiedene Technologien sind geeignet, die Effizienz der Nutzung der Biosphäre und der landwirtschaftlichen Flächen zu erhöhen, indem sie die Schädigung der Ökosysteme und ihrer Leistungen minimieren. Innovationen in der Lebensmittelproduktion können den Beitrag der Landwirtschaft zum Klimawandel und zu Landnutzungsänderungen verringern, etwa durch Methoden wie Präzisionslandwirtschaft oder vertikale Landwirtschaft, die sich durch einen verringerten Betriebsmitteleinsatz bzw. durch eine geringere Flächeninanspruchnahme auszeichnen. Die Widerstandsfähigkeit der Produktionssysteme kann wiederum durch Methoden wie die Erhöhung der Vielfalt mit molekularen Züchtungsverfahren verbessert werden. Auch gentechnisch veränderte Nutzpflanzen können zu mehreren dieser Ziele beitragen. Im Folgenden wird das Potenzial von Technologien für eine nachhaltige Landwirtschaft kurz dargelegt.

5.3.1 Precision Farming

Die Präzisionslandwirtschaft umfasst Fernerkundung, Informationssysteme, integrierte Techniken und Systeme sowie eine intelligente Landbewirtschaftung. Das übergeordnete Ziel besteht darin, die Produktion zu optimieren, indem die Variabilität landwirtschaftlicher Systeme berücksichtigt und der Einsatz von Betriebsmitteln verringert wird, um unnötige Anwendungen zu vermeiden (Dasgupta, 2021). Die Vorteile sind ein geringerer Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden, wodurch betrieblich Produktionskosten eingespart und die Umweltbelastung verringert wird sowie optimierte Erträge und eine bessere Bodengesundheit erzielt werden (FOLU, 2019). Bei der Präzisionslandwirtschaft geht es nicht nur darum, die Variabilität, d. h. die

Charakteristika von Pflanzen und Böden zu verstehen und in den Anwendungen zu berücksichtigen, sondern auch spezifische Charakteristika in der Viehzucht zu verstehen und entsprechende Produktionsverfahren anzuwenden. Die Präzisionslandwirtschaft kann dazu beitragen, die biologische Vielfalt und die Ökosystemleistungen zu erhalten und gleichzeitig Nahrungsmittel zu produzieren, indem sie das Verständnis für biologische Systeme und die natürliche Umwelt mit präzisiertem Management verbindet.

Die vertikale Landwirtschaft zielt darauf ab, die Ernteerträge pro Flächeneinheit zu steigern und den Druck auf herkömmliche landwirtschaftliche Flächen zu verringern, indem bodenfreie Wachstumssysteme in streng kontrollierten Umgebungen eingesetzt werden. Diese Technik hat das Potenzial, nicht nur den Flächenverbrauch, sondern auch den Wasserverbrauch und den Einsatz von Betriebsmitteln zu verringern. Die Nährstoffzufuhr erfolgt über hydroponische (Nährstoffzufuhr durch formulierte Flüssiglösungen), aquaponische (Nährstoffzufuhr durch Fische) oder aeroponische (Nährstoffzufuhr in Form von feinem Nebel) Systeme. Es werden keine Nährstoffe verschwendet, da Wasser und Luft durch die abgeschlossenen Systeme zirkulieren. Es werden keine Pestizide benötigt, da die Pflanzen in kontrollierten Wachstumseinrichtungen untergebracht sind. Die Vorteile für die Umwelt, die sich aus der Verringerung des Inputs und der Flächennutzung durch den Anbau von Pflanzen auf diese Weise ergeben, könnten erheblich sein (Dasgupta, 2021). Es stellen sich jedoch noch Fragen hinsichtlich der Intensität des Energieverbrauchs und der Vielfalt der Pflanzen, die damit angebaut werden können. Darüber hinaus fehlen Daten und Modellstudien, die darauf abzielen, die potenziellen Umweltvorteile der vertikalen Landwirtschaft für eine Reihe von Kulturpflanzen in großem Maßstab zu quantifizieren.

5.3.2 Gentechnik und Fleischersatzprodukte

Gentechnik wird von einigen Ländern zur Verbesserung von Nutzpflanzen eingesetzt, um deren Ertrag (etwa +22% bei Getreide), Resistenz und die Nährstoffqualität zu erhöhen. Der Einsatz von Agrochemikalien (etwa –37%) und die Umweltverschmutzung werden damit potenziell reduziert und die Ernährungssicherheit sowie die Produzentengewinne (ca. +68%) erhöht (Kumar, 2014; Klümper und Qaim, 2014). Gentechnisch veränderte Produkte sind unter politischen Entscheidungsträgern, Wissenschaftlern und Verbrauchern bezüglich ihrer möglichen Umwelt-, ökologischen und gesundheitlichen Risiken umstritten (z. B. Tsatsakis et al., 2017).

Die Erzeugung von Fleischsurrogaten und fleischähnlichen Produkten ohne Tierhaltung ist ein schnell wachsender Bereich, der das Potenzial hat, den Flächenverbrauch und die umweltschädlichen Inputs (im Vergleich zur herkömmlichen Fleischproduktion) erheblich zu reduzieren. Zelluläre Landwirtschaft und pflanzliches Fleisch sind die beiden wichtigsten Fleischalternativen.

Zahlreiche Unternehmen entwickeln pflanzliche Fleischersatzprodukte. Auf der Grundlage vergleichender Lebenszyklusanalysen von pflanzlichen und Rindfleisch-Burgern, erzeugt die Produktion von pflanzlichen Burgern 90% weniger Treibhausgasemissionen, benötigt 46% weniger Energie und 99% weniger Wasser und hat 93% weniger Auswirkungen auf die Landnutzung (Heller und Keoleian, 2018).

Künstliches Fleisch könnte eine alternative Lösung für die weltweit steigende Nachfrage nach Fleisch bieten. Selbst wenn die Produktionskosten für künstliches Fleisch in den kommenden Jahren sinken, wird dessen Mainstreaming weiterhin von der gesellschaftlichen Akzeptanz sowie von verlässlichen Lebensmittelsicherheitsprotokollen abhängen (EEA, 2019c). Es ist davon auszugehen, dass tief verwurzelte persönliche Vorlieben in Bezug auf Fleisch ein Hindernis für eine breite Nachfrage nach Fleischersatzprodukten darstellen.

5.4 Zusammenfassung

Verschiedene Technologien sind geeignet, die Effizienz der Nutzung der Biosphäre und der landwirtschaftlichen Flächen zu erhöhen, indem sie die Schädigung der Ökosysteme und ihrer Leistungen minimieren und den Einsatz von Betriebsmitteln optimieren. Neben den Ansätzen der Präzisionslandwirtschaft sowie neueren Technologien etwa der flächensparenden vertikalen Landwirtschaft gehören hierzu eine ganze Reihe von bodenschonenden Bewirtschaftungsmethoden, die zum Ziel haben, den Humusaufbau im Boden zu erhöhen. Hierzu gehören in erster Linie der ökologische Landbau sowie Ansätze im Bereich der "4-per-mille Soils for Food Security and Climate" Initiative (Rumpel et al., 2018; Minasny et al., 2017; Chabbi et al., 2017). Die 4-Promille-Initiative hat zum Ziel, den globalen Bestand an organischer Substanz im Boden um durchschnittlich 0,4% pro Jahr zu steigern - als Ausgleich für die globalen Emissionen von Treibhausgasen aus anthropogenen Quellen im Kontext der Ziele der Klimaneutralität. Globale Klimamodelle deuten darauf hin, dass das Pariser Klimaziel nur mit negativen Emissionen, d. h. mit der Entfernung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre, erreicht werden kann. Kohlenstoffbindung in Böden kann einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten (Lal, 2004) und zugleich wird der Kohlenstoffsequestrierung in Böden ein wichtiger Beitrag zur Ernährungssicherheit beigemessen.

Bewährte Techniken sind die ganzjährige Bepflanzung des Bodens, die Zugabe von Ernterückständen wie Mulch, Stroh oder Kompost und die Minimierung von Bodenbearbeitungsmethoden wie Pflügen. Agroforstliche Systeme, Hecken und Feuchtgebiete können die Artenvielfalt und den Bodenkohlenstoff erhöhen. Der Anbau von stickstoffbindenden Pflanzen wie Bohnen, Luzerne und Raps reduziert den Bedarf an Mineraldünger. Die Böden brauchen regelmäßige Zufuhr von organischem Material. Regionale Strategien zur Erhöhung des Bodenkohlenstoffs müssen unter Berücksichtigung lokaler Bodentypen, klimatischer Bedingungen, der Geschwindigkeit des Klimawandels und sozioökonomischer Kontexte entwickelt werden. Der Schutz von kohlenstoffreichen Moorgebieten sollte oberste Priorität haben ebenso wie die Wiederherstellung von denaturierten Böden. Diese Maßnahmen sind multifunktional und wirken sich zugleich positiv auf die Biodiversität aus.

Ziel einer Strategie für eine nachhaltige, bodenschonende und resiliente Landwirtschaft zum Aufbau von THG Senken in Böden sollte ein breites Portfolio an Maßnahmen sein, das neben angebotsseitigen Managementpraktiken durch nachfrageseitige Komponenten, etwa Veränderungen im Konsumverhalten hin zu einer reduzierten Nachfrage nach tierischen Lebensmitteln und weniger Lebensmittelabfälle, flankiert wird.

6. Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Die Faktenlage zum Thema Landwirtschaft, Klimawandel und Ernährungssicherheit liefert überzeugende Beweise, dass die gegenwärtigen Ernährungssysteme und der Handel mit Agrarprodukten nicht nachhaltig sind und dass ein grundlegender und systemischer Wandel in der Erzeugung und Verarbeitung der Nahrungsmittel erfolgen muss, um die landbasierten Ökosystemleistungen widerstandsfähig zu machen und die Ernährungssicherheit zu sichern. Hierzu ist ein umfassender Einsatz von Politikinstrumenten auf allen Ebenen (von der betrieblichen Ebene, der regionalen Ebene bis zur nationalen und supranationalen Ebene) erforderlich. Der Einsatz von kohärenten, an den Zielen einer nachhaltigen und klimaschonenden Landwirtschaft ausgerichteten Politikinstrumenten erfolgt bisher in nicht ausreichendem Maße; in vielen Bereichen sind noch kaum systemische politische Ansätze erkennbar, die Klimafolgen in politisches Handeln umzusetzen, oder es hemmen kontraproduktive Instrumente und Rahmenbedingungen die Transformation hin zu einer klima- und umweltbewussten Landwirtschaft.

Mehrere internationale Gremien (etwa WBGU, 2020) empfehlen eine Abkehr von der industriellen, allein auf Produktivitätssteigerungen ausgerichteten Landwirtschaft durch ihre umfassende Ökologisierung. Agrarsubventionen sollten stets an ökologische Verbesserungen geknüpft werden, die möglichst auf multifunktionale Produktionssysteme setzen. Flächenbasierte Direktzahlungen sollten in Zahlungen für Ökosystemleistungen umgewandelt werden.

Auch die Lancet Kommission (Swinburn et al., 2019) etwa führt die nur in rudimentären Ansätzen vorhandenen Fortschritte in den Bereichen Klimawandel und Fehlernährung auf politische Trägheit (policy inertia) zurück. Sie verwendet diesen Begriff für die kombinierten Auswirkungen von unzureichender politischer Governance und Steuerung, um politische Maßnahmen zur Bekämpfung der globalen Probleme zu ergreifen, den starken Widerstand mächtiger kommerzieller Interessen gegen diese Maßnahmen und die mangelnde Nachfrage nach politischen Maßnahmen durch die Öffentlichkeit zu überwinden und die Umsetzung der Empfehlungen von Expertengremien für wirksame Maßnahmen zu forcieren.

Die deutsche Zukunftskommission Landwirtschaft (ZKL, 2021) empfiehlt, das Ernährungssystem und die landwirtschaftliche Produktion so umzugestalten, dass die Vermeidung der aufgezeigten immensen volkswirtschaftlichen Kosten und ökologischen Schäden in betriebswirtschaftliche Nutzen überführt wird. Das Agrar- und Ernährungssystem sollte so ausgestaltet werden, dass die Steigerung der positiven Wirkungen und die Vermeidung schädlicher Effekte auf Klima, Umwelt, Biodiversität, Tierwohl und menschliche Gesundheit im unternehmerischen Interesse der landwirtschaftlichen Produzenten liegen. Die Politik ihrerseits sollte diese Entwicklung befördern und beschleunigen. Dazu sollte die Politik ihr gesamtes zur Verfügung stehendes Instrumentarium, von der Regulierung über die Agrarverwaltung bis hin zur finanziellen Förderung, kohärent anwenden und auch mit anderen Politikfeldern, wie u. a. der Handels-, Verbraucher-, oder Bildungspolitik abstimmen. Zudem empfiehlt die Kommission, von einer indikatorbasierten Input- auf eine wirkungsorientierte Prozess- und Outputsteuerung umzustellen sowie regionalen Kooperationen und zielgerichteten Erprobungsversuchen besondere Bedeutung beizumessen. Im Vordergrund der Empfehlungen der Zukunftskommission stehen die Beiträge der Landwirtschaft

zur Vermeidung des Klimawandels und für den Erhalt der Biodiversität. So sollte der Ausbau landwirtschaftlicher Treibhausgasenken (Moore, Humus) umgehend deutlich gesteigert werden.

7. Literaturverzeichnis

- AK (2020). Vom Hof auf den Tisch. Eine Strategie für ein faires, gesundes und umweltfreundliches Lebensmittelsystem. Positionspapier der Arbeiterkammer, Wien, Oktober 2020. <https://www.arbeiterkammer.at/interessenvertretung/wirtschaft/betriebswirtschaft/Farm-to-fork-Strategie.pdf>
- Anderl, M., Brendle, C., Gangl, M., Haider, S., Köther, T., Lampert, C., Mandl, N., Pazdernik, K., Perl, D., Pinterits, M., Poupa, S., Purzner, M., Schieder, W., Schmidt, G., Schodl, B., Titz, M., Wieser, M., Wankmüller, R., & Zechmeister, A. (2022). Austria's Informative Inventory Report (IIR) 2021. Umweltbundesamt Report Band 0762; S. 542, Wien. https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=2375&cHash=6736215fbce9a1ef6df8a6f34f288a75
- Aulakh, J. K., and Regmi, A. (2013). Post-harvest food losses estimation-development of consistent methodology: Introduction. FAO, Rome.
- BAB Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (2019). Evaluierung des Österreichischen Agrar-Umweltprogramms ÖPUL – Nationaler Detailbericht. https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:ed1ac333-1a16-44ba-b3d4-6c5455dd8c4c/Nationaler_Detailbericht_2019_OePUL.pdf
- Baldos, U. L. C., Viens, F. G., Hertel, T. W., & Fuglie, K. O. (2019). R&D Spending, Knowledge Capital, and Agricultural Productivity Growth: A Bayesian Approach. *American Journal of Agricultural Economics*, 101(1), 291–310. <https://doi.org/10.1093/ajae/aay039>
- Barreiro-Hurle, J., Bogonos, M., Himics, M., Hristov, J., Pérez-Domínguez, I., Sahoo, A., Salputra, G., Weiss, F., Baldoni, E., & Elleby, C. (2021). Modelling environmental and climatic ambition in the agricultural sector with the CAPRI model: Exploring the potential effects of selected farm to fork and biodiversity strategies targets in the framework of the 2030 climate targets and the post 2020 Common Agricultural Policy. Commission, E., Centre, J. R., Publications Office, Luxembourg, 2021. <https://doi.org/doi/10.2760/98160>
- Barrett, J., and Scott, K. (2012). Link between climate change mitigation and resource efficiency: A UK case study. *Global Environmental Change*, 22(1), 299–307. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.11.003>
- Batáry, P., Dicks, L. V., Kleijn, D., & Sutherland, W. J. (2015). The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, 29(4), 1006–1016. <https://doi.org/10.1111/cobi.12536>
- Baumgarten, A., Haslmayr, H.-P., Schwarz, M., Huber, S., Weiss, P., Obersteiner, E., Aust, G., Englisch, M., Horvath, D., Leitgeb, E., Foldal, C., Rodlauer, C., Bohner, A., Spiegel, H., & Jandl, R. (2021). Organic soil carbon in Austria – Status quo and foreseeable trends. *Geoderma*, 402, 115214. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115214>
- Beckman, J., Ivanic, M., Jelliffe, J. L., Baquedano, F. G., & Scott, S. G. (Hrsg.). (2020). Economic and Food Security Impacts of Agricultural Input Reduction Under the European Union Green Deal's Farm to Fork and Biodiversity Strategies. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.307277>
- Bertoni, D., Aletti, G., Ferrandi, G., Micheletti, A., Cavicchioli, D., & Pretolani, R. (2018). Farmland Use Transitions After the CAP Greening: A Preliminary Analysis Using Markov Chains Approach. *Land Use Policy*, 79, 789–800. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.012>
- Bezlepkin, I., Jongeneel, R., Brouwer, F., Dillen, K., Meister, A., Winsten, J., Roest, K., Demont, M. (2008). Costs of compliance with EU regulations and competitiveness of the EU dairy sector. European Association of Agricultural Economists, 2008 International Congress, August 26-29, 2008, Ghent, Belgium.
- Birkenstock M. und Röder. N. (2018). Gestaltung und Umsetzung der Gemeinsamen EU-Agrarpolitik ab 2021 - Übersicht über die politischen Debatten. Dessau: Umweltbundesamt, 66 Seiten, Texte UBA 108/2018.
- Blanco-Fonseca, M., Burrell, A., Gay, H., Henseler, M., Kavallari, A., R. M'barek, R., Pérez Domínguez, I. and Tonini A. (2010). Impacts of the EU biofuel target on agricultural markets and land use: a comparative modelling assessment, JRC Joint Research Centre scientific and technical report. <https://data.europa.eu/doi/10.2791/45105>
- Blitzer, E. J., Dormann, C. F., Holzschuh, A., Klein, A.-M., Rand, T. A., & Tscharntke, T. (2012). Spillover of functionally important organisms between managed and natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 146(1), 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.09.005>
- BMLFUW (2014). Biodiversitäts-Strategie Österreich 2020+, Wien, Dezember 2014. https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/naturschutz/biol_vielfalt/biodiversitaets_strategie_oe2020.html
- BMLRT (2018). 6th National Report of Austria, Convention on Biological Diversity. <https://www.cbd.int/doc/nr/nr-06/at-nr-06-en.pdf>

- BMLRT (2021). ÖPUL im Jahr 2020. Online verfügbar unter: https://www.bmlrt.gv.at/land/eu-agrarpolitik-foerderung/laendl_entwicklung/ausgewaehlte_programminhalte/oepul/OEPUL-im-Jahr-2020.html
- BMNT Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (o.J.). Trinkwasser und Wasserverbrauch, Onlineartikel verfügbar unter <https://info.bmlrt.gv.at/themen/wasser/nutzung-wasser/wasserversorgung/Trinkwasser.html>. Abgerufen am 09.03.2022.
- BMNT Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2019). Evaluierung des Österreichischen Agrar-Umweltprogramms ÖPUL – Nationaler Detailbericht im Rahmen der begleitenden Evaluierung des Ländlichen Entwicklungsprogramms 2014-2020. Eigenverlag, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen, Eigenverlag, Wien. file:///C:/Users/sinabell/AppData/Local/Temp/Nationaler_Detailbericht_2019_OePUL-1.pdf.
- Bommarco, R., Kleijn, D., & Potts, S. G. (2013). Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(4), 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.012>
- Bommarco, R., Vico, G., & Hallin, S. (2018). Exploiting ecosystem services in agriculture for increased food security. *Global Food Security*, 17, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.04.001>
- Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 63(2), 616–626. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.01.002>
- Brauman, K. A., Garibaldi, L. A., Polasky, S., Zayas, C. N., Aumeeruddy Thomas, Y., Brancalion, P., Declerck, F., Mastrangelo, M., Nkongolo, N., Palang, H., Shannon, L., Verma, M., & Shrestha, U. B. (2020). Chapter 2.3. Status and Trends -Nature's Contributions to People (NCP). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3832036>. In: IPBES. (ed.). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831674>
- Brückler, M., Resl, T., & Reindl, A. (2018). Comparison of organic and conventional crop yields in Austria. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, 68, 223–236. <https://doi.org/10.1515/boku-2017-0018>
- Burtscher-Schaden, H., Fehlinger, J., Forster, F., Reisenberger, B., Kuhn, Ch., & Wichmann, G. (2020). Fit für den Green Deal? Der GAP-Strategieplan am Prüfstand. Analyse der österreichischen Strategie für die Umsetzung der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU. BirdLife Österreich, GLOBAL 2000 und Österreichische Berg- und Kleinbäuerinnen Vereinigung in Zusammenarbeit mit Arbeiterkammer, Biene Österreich, Bioverband Erde & Saat und der Produktionsgewerkschaft PRO-GE. https://www.global2000.at/sites/global/files/GAP-Papier_0305_small.pdf.
- CBD Secretariat Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2010). Global Biodiversity Outlook 3, Montreal, Canada, 94 pages. <https://www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo3-final-en.pdf>
- CE Copenhagen Economics (2016). Impacts of EU trade agreements on the agricultural sector, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-51526-2.
- Chabbi, A., Lehmann, J., Ciais, P., Loescher, H. W., Cotrufo, M. F., Don, A., SanClements, M., Schipper, L., Six, J., Smith, P., & Rumpel, C. (2017). Aligning agriculture and climate policy. *Nature Climate Change*, 7(5), 307–309. <https://doi.org/10.1038/nclimate3286>
- Christen, E., Friesenbichler, K. S., Hudetz, A., Kettner-Marx, C., Meyer, I., & Sinabell, F. (2021). Außenhandel und nachhaltige Entwicklung in Österreich. Befunde auf der Grundlage von vorliegenden Quellen. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/69290>
- COM(2019)640 final, ANNEX to the COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS The European Green Deal, European Commission, Brussels, 2020.
- COM(2020)562, 'Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Stepping up Europe's 2030 climate ambition Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people', European Commission, Brussels, 2020.
- COM(2020)80, 'Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law)', European Commission, Brussels, 2020.
- COM(2020)380 final, 'Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions EU Biodiversity Strategy for 2030 Bringing nature back into our lives'. European Commission, Brussels, 2020.
- COM(2020)381 final, 'Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system'. European Commission, Brussels, 2020.

- CRED–UNDRR (2020). The Human Costs of Disasters: An Overview of the Last 20 Years (2000-2019), United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://www.preventionweb.net/publications/view/74124>.
- Dasgupta, P. (2021). The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. HM Treasury, London. <https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review>
- De Groot, R. D., Fisher, B., Christie, M., Aronson, J., Braat, L., Haines-Young, R., ... & Ring, I. (2010). Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. In: Kumar, P. (Ed.): The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB): Ecological and Economic Foundations. London, Washington: Earthscan, 10-40.
- DG Agri (DG Agriculture and Rural Development), 2017, Agricultural and Food Trade, European Union.
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Marín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K. M. A., Baste, I. A., Brauman, K. A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P. W., van Oudenhoven, A. P. E., van der Plaats, F., Schröter, M., Lavorel, S., ... Shirayama, Y. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359(6373), 270–272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>
- Domingo, N. G. G., Balasubramanian, S., Thakrar, S. K., Clark, M. A., Adams, P. J., Marshall, J. D., Muller, N. Z., Pandis, S. N., Polasky, S., Robinson, A. L., Tessum, C. W., Tilman, D., Tschöfen, P., & Hill, J. D. (2021). Air quality-related health damages of food. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(20), e2013637118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2013637118>
- Dröge 2021, Ein CO₂-Grenzausgleich für den Green Deal der EU. Funktionen, Fakten und Fallstricke, SWP-Studie, Stiftung Wissenschaft und Politik, Juli 2021, Berlin
- Dudu, H., & Kristkova, Z. (2017). Impact of CAP Pillar II Payments on Agricultural Productivity, EUR 28589 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-68723-5, doi:10.2760/802100, JRC106591. EC, 'Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030', COM(2014)15 final, European Commission, Brussels, 2014.
- EC (2011). Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Lebensversicherung und Naturkapital: Eine Biodiversitätsstrategie der EU für das Jahr 2020. Brüssel, 3.5.2011, KOM(2011) 244 endgültig. Europäische Kommission, Brüssel.
- EC (2015). REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL THE MID-TERM REVIEW OF THE EU BIODIVERSITY STRATEGY TO 2020, COM/2015/0478 final.
- EC (2018). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions — A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment (COM(2018) 673 final, Brussels, 11.10.2018).
- EC (2020a). EU agricultural outlook for markets, income and environment, 2020-2030. European Commission, DG Agriculture and Rural Development, European Commission, Brussels.
- EC (2020b). COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT, Analysis of links between CAP Reform and Green Deal SWD(2020) 93 final.
- EC (2020c). SWD(2020) 367 final, ARBEITSUNTERLAGE DER KOMMISSIONSDIENSTSTELLEN, Empfehlungen der Kommission für den GAP-Strategieplan Österreichs. Europäische Kommission, Brüssel.
- EC (2020d). Zusammenfassung der Studie *Die Herausforderung der Landaufgabe nach 2020 und Optionen für Ausgleichsmaßnahmen*. Fachabteilung Struktur- und Kohäsionspolitik Generaldirektion Interne Politikbereiche. <https://research4committees.blog/2021/02/04/the-challenge-of-land-abandonment-after-2020-and-options-for-mitigating-measures/>.
- EC (2021a). Europäischer Grüner Deal: Kommission stellt Maßnahmen zur Förderung der Bio-Produktion vor, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_21_1275.
- EC (2021b). MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN ÜBER EINEN AKTIONSPLAN ZUR FÖRDERUNG DER ÖKOLOGISCHEN/BIOLOGISCHEN PRODUKTION. COM(2021) 141 final/2. European Commission, Brussels.
- EC (2021c). Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing a carbon border adjustment mechanism. COM(2021) 654 final, Brussels, 14.7.2021.

- EC (2021d). Clean Air Outlook. Bericht der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und des Ausschuss der Regionen. Zweiter Ausblick zur Entwicklung der Luftqualität.
- EEA (2015) Die Umwelt in Europa, Zustand und Ausblick 2015, Synthesebericht, Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.
- EEA (2018, Perspectives on transitions to sustainability, EEA Report No 25/2017, European Environment Agency (<https://www.eea.europa.eu/publications/perspectives-ontransitions-to-sustainability>).
- EEA (2019a). Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe, EEA Report No 4/2019, European Environment Agency.
- EEA (2019b). Healthy environment, healthy lives: how the environment influences health and well-being in Europe, EEA Report No 21/2019, ISSN 1977-8449.
- EEA (2019c). The European environment - state and outlook 2020, Publications Office of the European Union, Luxembourg, , doi: 10.2800/96749.
- EEA (2020a). Air quality in Europe — 2020, EEA Report No 09/2020, ISSN 1977-8449.
- EEA (2020b). State of nature in the EU - Results from reporting under the nature directives 2013-2018, EEA Report, ISBN 978-92-9480-260-6. <https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-nature-in-the-eu-2020>.
- EEA (2021). Health impacts of air pollution in Europe, 2021, Briefing. <https://www.eea.europa.eu/publications/health-risks-of-air-pollution>, veröffentlicht am 15. Nov. 2021.
- EEIG Alliance Environment (2021c). Evaluation support study on the impact of the CAP on sustainable management of the soil, Executive summary, European Commission, Directorate-General for Agriculture and Rural Development, Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2762/487172>
- EP (Europäisches Parlament) (2021). Kurzdarstellungen zur Europäischen Union, Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP). <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/section/196/die-gemeinsame-agrarpolitik-gap->.
- ETC–ULS, 2019, Final report (D23) Task 1.8.2.5 — Work on agriculture in 2018, European Topic Centre on Urban, Land and Soil Systems.
- EU MAES, Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services, https://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/index_en.htm. Abgerufen am 9.6.2021.
- EURH (Europäischer Rechnungshof), 2017, Die Ökologisierung: eine komplexere Regelung zur Einkommensstützung, die noch nicht ökologisch wirksam ist, Sonderbericht, Nr. 21.
- EURH (Europäischer Rechnungshof), 2020, Biodiversity on farmland: CAP contribution has not halted the decline. Special Report 13/2020.
- Eurostat, EU-Statistik über Einkommen und Lebensbedingungen (EU-SILC), 2018, https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_mdcs03&lang=de.
- FAO, 2008, An Introduction to the Basic Concepts of Food Security, www.foodsec.org/docs/concepts_guide.pdf.
- FAO, 2015. Coping with climate change – the roles of genetic resources for food and agriculture. Rome., <http://www.fao.org/3/a-i3866e.pdf>.
- FAO, 2018, The State of Agricultural Commodity Markets 2018. Agricultural trade, climate change and food security. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. ISBN 978-92-5-130565-2.
- FAO, 2018a: The Future of Food and Agriculture: Alternative Pathways to 2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome,
- FAO, 2018b, Transforming Food and Agriculture to Achieve the SDGs: 20 interconnected actions to guide decision-makers. Technical Reference Document. Rome. 132 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- FAO, 2019a, Agriculture and climate change – Challenges and opportunities at the global and local Level – Collaboration on Climate-Smart Agriculture. Rome. 52 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. ISBN ISBN 978-92-5-131281-0.
- FAO, 2019b, The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. 572 pp. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>.

- FAO (2020). COVID-19 and the role of local food production in building more resilient local food systems. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1020en>
- FAO (2021). The impact of disasters and crises on agriculture and food security: 2021. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb3673en>.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, &WHO (2020). The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9692en>.
- FAO (o.J.). Incentives for Ecosystem Services: Supporting the transition to Sustainable Food Systems
- FAOSTAT (2021). Emissions Totals. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GI> (abgerufen am 12.08.2021).
- Ferrari, E., Chatzopoulos, T., Perez Dominguez, I., Boulanger P., Boysen-Urban K., Himics, M., M'barek, R. (2021). Cumulative economic impact of trade agreements on EU agriculture – 2021 update. EUR 30496 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-27157-4, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/501873>
- Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., & Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>
- Foldal, C.B., Kasper, M., Ecker, E., Zechmeister-Boltenstern, S. (2019). Evaluierung verschiedener ÖPUL 2292 Maßnahmen in Hinblick auf die Reduktion von Treibhausgasemissionen, insbesondere Lachgas, Endbericht. Universität für Bodenkultur, Wien.
- FOLU – The Food and Land Use Coalition (2019). Growing Better: Ten Critical Transitions to Transform Food and Land Use. London: FOLU. <https://www.foodandlandusecoalition.org/wp-content/uploads/2019/09/FOLU-GrowingBetter-GlobalReport.pdf>
- Frick, R., Stolze, M., & Willer, H. (2019). *Ökolandwirtschaft in der EU. Organisch und Dynamisch* [Kapitel aus Bericht]. Agrar-Atlas. <https://doi.org/10/1/frick-et-al-2019-agraratlas2019-S38-39.pdf>
- Fritz, T. (2017). Das EU-Mercosur-Abkommen auf dem Prüfstand, Soziale, ökologische und menschenrechtliche Folgen, Miserior Hilfswerk, Aachen, Dezember 2017.
- Frueh-Mueller, A., Krippes, C., Hotes, S., Breuer, L., Koellner, T., & Wolters, V. (2018). Spatial correlation of agri-environmental measures with high levels of ecosystem services. *Ecological Indicators*, 84, 364–370. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.008>
- Fuchs, R., Brown, C., & Rounsevell, M. (2020). Europe's Green Deal offshores environmental damage to other nations. *Nature*, 586(7831), 671–673. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-02991-1>
- FUSIONS (2021). Newsletter: European project FUSIONS releases EU-28 estimates of food waste levels and a Food Waste Quantification Manual, <http://www.eu-fusions.org/index.php/component/acymailing/archive/view/listid-1/mailid-38-european-project-fusions-releases-eu-28-estimates-of-food-waste-levels-and-a-food-waste-quantification-manual?tmpl=component>.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Faluccci, A., & Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. *Tackling Climate Change through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities*. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133417883>
- Gibbens, S. (2021). Luftverschmutzung: Tausende Tote durch Emissionen aus der Fleischproduktion, National Geographic, Veröffentlicht am 14. Mai 2021, Aktualisiert am 2. Juni 2021. <https://www.nationalgeographic.de/umwelt/2021/05/luftverschmutzung-tausende-tote-durch-emissionen-aus-der-fleischproduktion>
- Global Nutrition Report (2020). Action on equity to end malnutrition. Bristol, UK: Development Initiatives. <https://global-nutritionreport.org/>
- Gocht, A., Ciaian, P., Bielza, M., Terres, J.-M., Röder, N., Himics, M., & Salputra, G. (2017). EU-wide Economic and Environmental Impacts of CAP Greening with High Spatial and Farm-type Detail. *Journal of Agricultural Economics*, 68(3), 651–681.
- Götzl, M., Schwaiger, E., Sonderegger, G., Süßenbacher, E. (2011). Ökosystemdienstleistungen und Landwirtschaft - Erstellung eines Inventars für Österreich, REP-0355, Umweltbundesamt, Wien.
- Grübler, J., Reiter, O., & Sinabell, F. (2020). EU und Mercosur – Auswirkungen eines Abbaus von Handelsschranken und Aspekte der Nachhaltigkeit. *WIFO-Monatsberichte*, 93(11), 845–858.

- Guyomard, H., Bureau J.-C., Chatellier, V., Detang-Dessendre, C., Dupraz, P., Jacquet, F., Reboud, X., Requillart, V., Soler, L.-G., & Tysebaert, M. (2020). Research for AGRI Committee – The Green Deal and the CAP: policy implications to adapt farming practices and to preserve the EU's natural resources. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/629214/IPOL_STU\(2020\)629214_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/629214/IPOL_STU(2020)629214_EN.pdf)
- Hart, K. (Project Manager), et al. (2017). Evaluation study of the payment for agricultural practices beneficial for the climate and the environment: final report. Alliance Environment, Directorate-General for Agriculture and Rural Development (European Commission), & Thünen Institute. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2762/71725>
- Hassell, J. M., Begon, M., Ward, M. J., & Fèvre, E. M. (2017). Urbanization and Disease Emergence: Dynamics at the Wildlife–Livestock–Human Interface. *Trends in Ecology & Evolution*, 32(1), 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.09.012>
- Heller, M.C. and Keoleian, G.A. (2018). Beyond Meat's Beyond Burger Life Cycle Assessment: A detailed comparison between a plant-based and an animal-based protein source. CSS Report, University of Michigan: Ann Arbor 1-38.
- Henders, S., Persson, U. M., & Kastner, T. (2015). Trading forests: Land-use change and carbon emissions embodied in production and exports of forest-risk commodities. *Environmental Research Letters*, 10(12), 125012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/125012>
- Hirons, M., Comberti, C., & Dunford, R. (2016). Valuing Cultural Ecosystem Services. *Annual Review of Environment and Resources*, 41(1), 545–574. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085831>
- Hörtenhuber, S., Lindenthal, T., Amon, B., Markut, T., Kirner, L., & Zollitsch, W. (2010). Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems—Model calculations considering the effects of land use change. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25(4), 316–329. <https://doi.org/10.1017/S1742170510000025>
- Hörtenhuber, S. J., Lindenthal, T., & Zollitsch, W. (2011). Reduction of greenhouse gas emissions from feed supply chains by utilizing regionally produced protein sources: The case of Austrian dairy production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6), 1118–1127. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4293>
- Hoffmann, R.T., Krajewski, M. (2021). Rechtsgutachten und Vorschläge für eine mögliche Verbesserung oder Neuverhandlung des Entwurfs des EU-Mercosur-Assoziierungsabkommens, Studie im Auftrag von Misereor, Greenpeace, CIDSE, Mai 2021.
- Hunter, M. C., Smith, R. G., Schipanski, M. E., Atwood, L. W., & Mortensen, D. A. (2017). Agriculture in 2050: Recalibrating Targets for Sustainable Intensification. *BioScience*, 67(4), 386–391. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix010>
- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) (2018). Summary for policy-makers of the thematic assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. R. Scholes, L. Montanarella, A. Brainich, N. Barger, B. ten Brink, M. Cantele, B. Erasmus et al., eds. Bonn, Germany, Secretariat of the IPBES. https://ipbes.net/sites/default/files/spm_3bi_idr_digital.pdf
- IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Inter-governmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831674>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2019). IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems - Summary for Policy Makers. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- IPES Food (International Panel of Experts on Sustainable Food Systems), 2015, The new science of sustainable food systems: overcoming barriers to food systems reform. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015. <http://www.fao.org/agroecology/database/detail/en/c/453669/>.
- Isermeyer, F., et al., 2020, Auswirkungen aktueller Politikstrategien (Green Deal, Farm-to-Fork, Biodiversitätsstrategie 2030; Aktionsprogramm Insektenschutz) auf Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei, Thünen Working Paper 156, Braunschweig. https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_156.pdf

- Jägermeyr, J., Müller, C., Ruane, A. C., Elliott, J., Balkovic, J., Castillo, O., Faye, B., Foster, I., Folberth, C., Franke, J. A., Fuchs, K., Guarin, J. R., Heinke, J., Hoogenboom, G., Iizumi, T., Jain, A. K., Kelly, D., Khabarov, N., Lange, S., ... Rosenzweig, C. (2021). Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models. *Nature Food*, 2(11), 873–885. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00400-y>
- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451(7181), 990–993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
- Keesing, F., Belden, L. K., Daszak, P., Dobson, A., Harvell, C. D., Holt, R. D., Hudson, P., Jolles, A., Jones, K. E., Mitchell, C. E., Myers, S. S., Bogich, T., & Ostfeld, R. S. (2010). Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature*, 468(7324), 647–652. <https://doi.org/10.1038/nature09575>
- Kehoe, L., Reis, T., Virah-Sawmy, M., Balmford, A., Kuemmerle, T., & 604 SIGNATORIES. (2019). Make EU trade with Brazil sustainable. *Science*, 364(6438), 341–341. <https://doi.org/10.1126/science.aaw8276>
- Kettner-Marx, C., Kirchner, M., Kletzan-Slamanig, D., Köppl, A., Meyer, I., Sinabell, F., & Sommer, M. (2017). Schlüsselindikatoren zu Klimawandel und Energiewirtschaft 2017. Sonderthema: Konsumbasierte Treibhausgasemissionen. *WIFO-Monatsberichte*, 90(7), 563–580.
- Kettner-Marx, C., Kletzan-Slamanig, D., Köppl, A., Meyer, I., Sinabell, F. & Sommer, M. (2020). Schlüsselindikatoren zu Klimawandel und Energiewirtschaft 2020, in: *WIFO-Monatsberichte*, 2020, 93(7), 539-555.
- Kirchner, M., Pölz, W., Mayrhofer, H., Hickersberger, M., Scherfranz, V., & Sinabell, F. (2021, noch nicht veröffentlicht). Regionale versus internationale Bereitstellung von Agrargütern: eine Fallstudie zur Klimabilanz. Teilbericht des Projekts Resilienz im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.
- Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Kletzan-Slamanig, D., Kettner-Marx, C., & Sinabell, F. (2020). *Umsetzung der Wasserahmenrichtlinie in Österreich. Aktualisierung der ökonomischen Analyse der Wassernutzung*. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/67012>
- Kletzan-Slamanig, D., & Köppl, A. (2016). Umweltschädliche Subventionen in den Bereichen Energie und Verkehr. *WIFO-Monatsberichte*, 89(8), 605–615. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/58977>
- Klümper, W., & Qaim, M. (2014). A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. *PLOS ONE*, 9(11), e111629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111629>
- Krausmann, F., Erb, K.-H., Gingrich, S., Haberl, H., Bondeau, A., Gaube, V., Lauk, C., Plutzar, C., & Searchinger, T. D. (2013). Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(25), 10324–10329. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211349110>
- Kremen, C., Williams, N.M., Aizen, M.A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R.L., Packer, L., Potts, S.G., Roulston, T.H., Steffan-Dewenter, I., Vázquez, D.P., Winfree, R., Adams, L.D., Crone, E.E., Greenleaf, S.S., Keitt, T.H., Klein, A., Regetz, J., & Ricketts, T.H. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology letters*, 10 4, 299-314. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x>
- Kumar, S. (2014). Biosafety Issues of Genetically Modified Organisms. *Biosafety*, 3, e150. <https://doi.org/10.4172/2167-0331.1000e150>
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032>
- Lamichhane, J. R. (2021). Rising risks of late-spring frosts in a changing climate. *Nature Climate Change*, 11(7), 554–555. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01090-x>
- Lamichhane, J. R., Dachbrodt-Saaydeh, S., Kudsk, P., & Messéan, A. (2016). Toward a Reduced Reliance on Conventional Pesticides in European Agriculture. *Plant Disease*, 100(1), 10–24. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-15-0574-FE>
- Leip, A., Weiss, F., Wassenaar, T., Perez, I., Fellmann, T., Loudjani, P., Tubiello, F., Grandgirard, D., Monni, S., Biala, K. (2010). Evaluation of the livestock sector's contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS) - Final Report (No. AGRO-). European Commission, Joint Research Centre (JRC).
- LKÖ (Landwirtschaftskammer Österreich) (2016). Agrarischer Ausblick Österreich 2025.
- Louhichi, K., Ciaian, P., Espinosa, M., Perni, A. & Gomez y Paloma, S. (2017). Economic impacts of CAP greening: an application of an EU-wide individual farm model for CAP analysis (IFM-CAP), in *European Review of Agricultural Economics*. International Association of Agricultural Economists, 2015 Conference, August 9-14, 2015, Milan, Italy.

- M'barek, R., Barreiro-Hurle, J., Boulanger, P., Caivano, A., Ciaian, P., Dudu, H., Espinosa, M., Fellmann, T., Ferrari, E., Gomez y Paloma, S., Gorrin Gonzalez, C., Himics, M., Louhichi, K., Perni, A., Philippidis, G., Salputra, G., Witzke, P., Genovese, G. (2020), *Scenar 2030 - Pathways for the European agriculture and food sector beyond 2020* (re-edition), EUR 28797 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-16663-4, doi:10.2760/43791, JRC108449.
- Matthews, A., Salvatici, L., & Scoppola, M. (2016). *Trade Impacts of the Common Agricultural Policy*. IATRC Commissioned Paper 19. Minneapolis: International Agricultural Trade Research Consortium.
- Matthews, A., & Soldi, R. (2019). *Evaluation of the impact of the current CAP on the agriculture of developing countries*, European Committee of the Regions, Commission for Natural Resources.
- Matthews, A. (2019). *Direktzahlungen – Viel Geld für wenig Leistung*. In: *Agrar-Atlas, Daten und Fakten zur EU-Landwirtschaft*, 2. Auflage, 2019, ISBN 978-3-86928-188-9, S. 18-19. https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/landwirtschaft/landwirtschaft_agraratlas2019.pdf
- Mauerhofer, V., Hubacek, K., & Coleby, A. (2013). *From Polluter Pays to Provider Gets: Distribution of Rights and Costs under Payments for Ecosystem Services*. *Ecology and Society*, 18(4). <https://doi.org/10.5751/ES-06025-180441>
- Mbow, C., Rosenzweig, C., Tubiello, F., Benton, T., Herrero, M., Pradhan, P., Barioni, L., Krishnapillai, M., Liwenga, E., Rivera-Ferre, M., Sapkota, T., & Xu, Y. (2019). *IPCC Special Report on Land and Climate Change*. Chapter 5: Food Security.
- Menghi, A., Roest, K., Deblitz, C., von Davier, Z., Wildegger, B., de Witte, T., Strom, K., Garming, H., Dirksmeyer, W., Zimmer, Y., Bölling, D., Van Huylbroeck, G., & Mettepenningen, E. (2014). *Assessing farmers' costs of compliance with EU legislation in the field of environment, animal welfare and food safety*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5165.8723>
- Meyer, C., Reutter, M., Matzdorf, B., Sattler, C., & Schomers, S. (2015). *Design rules for successful governmental payments for ecosystem services: Taking agri-environmental measures in Germany as an example*. *Journal of Environmental Management*, 157, 146–159. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.03.053>
- Meyer, I. & Sinabell, F. (2011). *Agriculture in Climate Change, A background report of CIPRA*, Compact No. 2/2011, 28 pp. <https://www.cipra.org/en/publications/4729>
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington DC., World Resources Institute. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Minasny, B., Malone, B. P., McBratney, A. B., Angers, D. A., Arrouays, D., Chambers, A., Chaplot, V., Chen, Z.-S., Cheng, K., Das, B. S., Field, D. J., Gimona, A., Hedley, C. B., Hong, S. Y., Mandal, B., Marchant, B. P., Martin, M., McConkey, B. G., Mulder, V. L., O'Rourke, S., Richer-de-Forges, A.C., Odeh, I., Padarian, J., Paustian, K., Pan, G., Poggio, L., Savin, I., Stolbovoy, V., Stockmann, U., Sulaeman, Y., Tsui, C.-C., Vågen, T.-G., van Wesemael, B. & Winowiecki, L. (2017). *Soil carbon 4 per mille*. *Geoderma*, 292, 59–86. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.002>
- Mittenzwei, K., Britz, Wolfgang & Wieck, Christine. (2014). *Does the "green box" of the European Union distort global markets?*. *Bio-based and Applied Economics*. 3. 10.13128/BAE-13622. OECD-FAO (2020), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029*, FAO, Rome/OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/1112c23b-en>.
- Morand, S., & Lajaunie, C. (eds.) (2017). *Biodiversity and health. Linking Life, Ecosystems and Societies*. 1st Edition - November 22, 2017 London, Elsevier. ISBN: 9781785481154. <https://www.elsevier.com/books/biodiversity-and-health/morand/978-1-78548-115-4>
- Nemecek, T., Dubois, D., Huguenin-Elie, O., & Gaillard, G. (2011). *Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming*. *Agricultural Systems*, 104(3), 217–232. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.10.002>
- OECD (2019). *Innovation, Productivity and Sustainability in Food and Agriculture: Main Findings from Country Reviews and Policy Lessons*, OECD Food and Agricultural Reviews, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/c9c4ec1d-en>.
- OECD-FAO (2020), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029*, OECD Publishing, Paris/FAO, Rome, <https://doi.org/10.1787/1112c23b-en>.
- OECD-FAO (2021). *Building Agricultural Resilience to Natural Hazard-induced Disasters: Insights from Country Case Studies*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/49eefdd7-en>.
- Opielka, M. & Peter, S. (2017). *Soziale Nachhaltigkeit im Vergleich von ökologischer und konventioneller Landwirtschaft*, in: Michael Opielka/Ortwin Renn (Hrsg.), *Symposium: Soziale Nachhaltigkeit*. ISÖ-Text 2017-4, Siegburg: ISÖ 2017, S. 63-89.

- Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G. P., & Smith, P. (2016). Climate-smart soils. *Nature*, 532(7597), 49–57. <https://doi.org/10.1038/nature17174>
- Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proença, V., Alkemade, R., Scharlemann, J. P. W., Fernandez-Manjarrés, J. F., Araújo, M. B., Balvanera, P., Biggs, R., Cheung, W. W. L., Chini, L., Cooper, H. D., Gilman, E. L., Guénette, S., Hurr, G. C., Huntington, H. P., Mace, G. M., Oberdorff, T., Revenga, C., ... Walpole, M. (2010). Scenarios for Global Biodiversity in the 21st Century. *Science*, 330(6010), 1496–1501. <https://doi.org/10.1126/science.1196624>
- Peters, G. P., & Hertwich, E. G. (2008). CO2 Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy. *Environmental Science & Technology*, 42(5), 1401–1407. <https://doi.org/10.1021/es072023k>
- Pieper, M., Michalke, A., & Gaugler, T. (2020). Calculation of external climate costs for food highlights inadequate pricing of animal products. *Nature Communications*, 11(1), 6117. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19474-6>
- Plieninger, T., Bieling, C., Fagerholm, N., Byg, A., Hartel, T., Hurley, P., López-Santiago, C. A., Nagabhatla, N., Oteros-Rozas, E., Raymond, C. M., van der Horst, D., & Huntsinger, L. (2015). The role of cultural ecosystem services in landscape management and planning. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.02.006>
- Potschin, M. and R. Haines-Young (2016): Defining and measuring ecosystem services. In: Potschin, M., Haines-Young, R., Fish, R. and Turner, R.K. (eds) *Routledge Handbook of Ecosystem Services*. Routledge, London and New York, pp. 25-44. Available from: <http://www.routledge.com/books/details/9781138025080/>
- Potschin, M. B., & Haines-Young, R. H. (2011). Ecosystem services: Exploring a geographical perspective. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 35(5), 575–594. <https://doi.org/10.1177/0309133311423172>
- Purvis, A., Molnár, Z., Obura, D., Ichii, K., Willis, K., Chettri, N., Dulloo, M., Hendry, A., Gabrielyan, B., Gutt, J., Jacob, U., Keskin, E., Niamir, A., Öztürk, B., Salimov, R., & Jaureguiberry, P. (2019). *Chapter 2.2 Status and Trends –Nature*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3832006>
- Rabitsch, W., Genovesi, P., Scalera, R., Biata, K., Josefsson, M., & Essl, F. (2016). Developing and testing alien species indicators for Europe. *Journal for Nature Conservation*, 29, 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2015.12.001>
- Reichert, T. & Thomsen, B. (2019). Welthandel – Wachstum bei den anderen. In: *Agrar-Atlas, Daten und Fakten zur EU-Landwirtschaft*, 2. Auflage, 2019, ISBN 978-3-86928-188-9, S. 46-47. https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/landwirtschaft/landwirtschaft_agraratlas2019.pdf
- Röder, N., Ackermann, A., Baum, S., Birkenstock, M., Dehler, M., Ledermüller, S., Rudolph, S. & Schmidt, Th. (2019). Evaluierung der GAP-Reform aus Sicht des Umweltschutzes – GAPEval, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, TEXTE 58/2019. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-06-17_58-2019_gapeval.pdf
- Röös, E., Bajželj, B., Smith, P., Patel, M., Little, D., & Garnett, T. (2017). Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. *Global Environmental Change*, 47, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.001>
- Rumpel, C., Amiraslani, F., Koutika, L.-S., Smith, P., Whitehead, D., & Wollenberg, E. (2018). Put more carbon in soils to meet Paris climate pledges. *Nature*, 564(7734), 32–34. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-07587-4>
- Rusinamhodzi, L. (2015). Crop Rotations and Residue Management in Conservation Agriculture (S. 21–37). https://doi.org/10.1007/978-3-319-11620-4_2
- Sanders, J. & Heß, J. (Hsg.) (2019). Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep 65, DOI:10.3220/REP1576488624000. https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-report/Thuenen_Report_65.pdf
- Sandström, V., Valin, H., Krisztin, T., Havlík, P., Herrero, M., & Kastner, T. (2018). The role of trade in the greenhouse gas footprints of EU diets. *Global Food Security*, 19, 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.08.007>
- Scialabba, NE., & Müller-Lindenlauf, M. (2010). Organic agriculture in climate change, *Renewable Agriculture and Food Systems*: 25(2); 158–169, doi:10.1017/S1742170510000116.
- Scheffler, M., Wiegmann, K., Reichert, T. & Urrutia, C. (2020). Zusammenfassung der Kurzstudie: Verbesserung des Beitrags der Gemeinsamen Agrarpolitik zum Klimaschutz der EU.
- Scheffler, M., & Wiegmann, K. (2020). *Verbesserung des Beitrags der Gemeinsamen Agrarpolitik zum Klimaschutz in der EU*. Germanwatch e.V. <https://www.germanwatch.org/de/19356>

- Schlatzer, M., Drapela, T. & Lindenthal, T. (2021). Die Auswirkungen des österreichischen Imports ausgewählter Lebensmittel auf Flächenverbrauch, Biodiversität und Treibhausgasemissionen in den Anbauregionen des globalen Südens. Studie im Auftrag von Greenpeace und ORF Mutter Erde. Wien.
- Schlatzer, M. & Lindenthal, T. (2018). 100% Biolandbau in Österreich – Machbarkeit und Auswirkungen. Auswirkungen einer kompletten Umstellung auf biologische Landwirtschaft in Österreich auf die Ernährungssituation sowie auf ökologische und volkswirtschaftliche Aspekte, Endbericht, 22.5.2018.
- Schlatzer, M. & Lindenthal, T. (2020). Ökologische und soziale Auswirkungen der österreichischen Futtermittelimporte aus Übersee, Studie im Auftrag der Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22, Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL Wien) und Zentrum für globalen Wandel und Nachhaltigkeit, Universität für Bodenkultur Wien.
- Schroeder, L. A., Gocht, A., & Britz, W. (2015). The Impact of Pillar II Funding: Validation from a Modelling and Evaluation Perspective. *Journal of Agricultural Economics*, 66(2), 415–441. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12091>
- Schulp, C. J. E., Lautenbach, S., & Verburg, P. H. (2014). Quantifying and mapping ecosystem services: Demand and supply of pollination in the European Union. *Ecological Indicators*, 36, 131–141. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.07.014>
- Schulze, H., Moore, O. & Lorenzen, H.M. (2019). Sparen am falschen Ende. In: Agrar-Atlas, Daten und Fakten zur EU-Landwirtschaft, 2. Auflage, 2019, ISBN 978-3-86928-188-9, S. 16–17. https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/landwirtschaft/landwirtschaft_agraratlas2019.pdf
- Schwaiger, E., Färber, B., Kühnen, L., Stagl, S., Svehla-Stix, S., & Vogel, J. (2018). Bewertung von Ökosystemleistungen. Methodenvergleich Kosten-Nutzen-Analyse und Multikriterienanalyse anhand einer österreichischen Region. Umweltbundesamt, Wien, ISBN 978-3-99004-489-6.
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), 229–232. <https://doi.org/10.1038/nature11069>
- Shukla, P., Skea, J., Slade, R. van Diemen, R., Haughey, E., Malley, J., Pathak, M. & Pereira, J.P. (Eds.) (2019): Technical Summary. In: IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, P. 37-38. 2019 Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf>
- Sinabell, F. (2016). Wirtschaftliche Herausforderungen für die Landwirtschaft. Tagungsband 5. Umweltökologisches Symposium. Landwirtschaft 2030 - Auswirkungen auf Boden, Wasser und Luft. S.11-14. HBLA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal. https://raumberg-gumpenstein.at/jdownloads/Tagungen/Umweltökologisches_Symposium/Umweltökologisches_Symposium_2016/2u_2016_tagungsband_gesamt.pdf
- Sinabell, F., Bock-Schappelwein, J., Firgo, M., Friesenbichler, K. S., Piribauer, P., Streicher, G., Gerner, L., Kirchner, M., Kantelhardt, J., Niedermayr, A., Schmid, E., Schönhart, M., & Mayer, C. (2019). *Eine Zwischenbilanz zu den Wirkungen des Programms der Ländlichen Entwicklung 2014-2020*. WIFO - Universität für Bodenkultur Wien - Statistik Austria. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/61913>
- Sinabell, F., Schmid, E., & Schönhart, M. (2011). *Austrian Agriculture 2010-2030. Consequences of Measures to Mitigate Greenhouse Gases*. WIFO, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/58402>
- Sinabell, F., Schönhart, M., & Schmid, E. (2018a). *Austrian Agriculture 2020-2050. Scenarios and Sensitivity Analyses on Land Use, Production, Livestock and Production Systems*. WIFO - University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Institute for Sustainable Economic Development. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/61571>
- Sinabell, F., Sommer, M., & Kirchner, M. (2018b). *Volkswirtschaftliche Analyse der Hochwasserschutzinvestitionen des BMVIT. Aktualisierung*. WIFO. <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/61116>
- Skinner, C., Gattinger, A., Muller, A., Mäder, P., Fließbach, A., Stolze, M., Ruser, R., & Niggli, U. (2014). Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management—A global meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 468–469, 553–563. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.098>
- Smith, P., Nkem, J., Calvin, K., Campbell, D., Cherubini, F., Grassi, G., Korotkov, V., Hoang, A., Lwasa, S., McElwee, P., Nkonya, E., Saigusa, N., Soussana, J.-F., Taboada, M., Arias-Navarro, C., Cavalett, O., Cowie, A., House, J., Huppmann, D., & Vizzari, M. (2019). *IPCC SRCCL Chapter 6: Interlinkages between Desertification, Land Degradation, Food Security and GHG fluxes: synergies, trade-offs and Integrated Response Options*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/11/09_Chapter-6.pdf

- Steen-Olsen, K., Weinzettel, J., Cranston, G., Erzin, A. E., & Hertwich, E. G. (2012). Carbon, Land, and Water Footprint Accounts for the European Union: Consumption, Production, and Displacements through International Trade. *Environmental Science & Technology*, 46(20), 10883–10891. <https://doi.org/10.1021/es301949t>
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98. <https://doi.org/10.1177/2053019614564785>
- Steininger, K., Munoz, P., Karstensen, J., Peters, G.P., Strohmaier, R., Velázquez, E. (2018). Austria's consumption-based greenhouse gas emissions: Identifying sectoral sources and destinations, *Global Environmental Change*, 48, 226–242. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.011>
- Steininger, K. W., Lininger, C., Meyer, L. H., Muñoz, P., & Schinko, T. (2016). Multiple carbon accounting to support just and effective climate policies. *Nature Climate Change*, 6(1), 35–41. <https://doi.org/10.1038/nclimate2867>
- Stockmann, U., Padarian, J., McBratney, A., Minasny, B., de Brogniez, D., Montanarella, L., Hong, S. Y., Rawlins, B. G., & Field, D. J. (2015). Global soil organic carbon assessment. *Global Food Security*, 6, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2015.07.001>
- Sudmeier-Rieux, K., Fernández, M., Gaillard, J. C., Guadagno, L., & Jaboyedoff, M. (2017). Introduction: Exploring Linkages Between Disaster Risk Reduction, Climate Change Adaptation, Migration and Sustainable Development. In K. Sudmeier-Rieux, M. Fernández, I. M. Penna, M. Jaboyedoff, & J. C. Gaillard (Hrsg.), *Identifying Emerging Issues in Disaster Risk Reduction, Migration, Climate Change and Sustainable Development: Shaping Debates and Policies* (S. 1–11). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33880-4_1
- Swinburn, B. A., Kraak, V. I., Allender, S., Atkins, V. J., Baker, P. I., Bogard, J. R., Brinsden, H., Calvillo, A., De Schutter, O., Devarajan, R., Ezzati, M., Friel, S., Goenka, S., Hammond, R. A., Hastings, G., Hawkes, C., Herrero, M., Hovmand, P. S., Howden, M., Jaacks, L.M., Kapetanaki, A.B., Kasman, M., Kuhnlein, H.V., Kumanyika, S.K., Larijani, B., Lobstein, T., Long, M.W., Matsudo, V.K.R., Mills, S.D.H., Morgan, G., Morshed, A., Nece, P.M., Pan, A., Patterson, D.W., Sacks, G., Shekar, M., Simmons, G.L., Smit, W., Tootee, A., Vandevijvere, S., Waterlander, W.E., Wolfenden, L., Dietz, W. H. (2019). The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. *Lancet* (London, England), 393(10173), 791–846. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32822-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32822-8). Erratum in: *Lancet*. 2019 Feb 23;393(10173):746. PMID: 30700377.
- TEEB The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2018). Measuring what matters in agriculture and food systems: a synthesis of the results and recommendations of TEEB for Agriculture and Food's Scientific and Economic Foundations report. Geneva: UN Environment.
- Teller, F., Brandt, K., Thomson, B. (2021). Internationalen Agrarhandel nachhaltig gestalten, Das Beispiel Mercosur, Factsheet, Germanwatch, Arbeitsgemeinschaft bäuerliche Landwirtschaft, März 2021, <https://www.germanwatch.org/de/19978>.
- Terres, J.-M., Scacchiafichi, L. N., Wania, A., Ambar, M., Anguiano, E., Buckwell, A., Coppola, A., Gocht, A., Källström, H. N., Pointereau, P., Strijker, D., Visek, L., Vranken, L., & Zobena, A. (2015). Farmland abandonment in Europe: Identification of drivers and indicators, and development of a composite indicator of risk. *Land Use Policy*, 49, 20–34. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.06.009>
- Tsatsakis, A. M., Nawaz, M. A., Tutelyan, V. A., Golokhvast, K. S., Kalantzi, O.-I., Chung, D. H., Kang, S. J., Coleman, M. D., Tyshko, N., Yang, S. H., & Chung, G. (2017). Impact on environment, ecosystem, diversity and health from culturing and using GMOs as feed and food. *Food and Chemical Toxicology*, 107, 108–121. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.033>
- TU Wien et al. (2016). "Natura 2000 und Wirtschaft" - Regionale Wirkungen von Natura 2000-Schutzgebieten in Österreich: www.umweltdachverband.at/tu-wien-et-al-2016-natura-2000-und-wirtschaft-pdf.
- Van Herzele, A., Gobin, A., Van Gossum, P., Acosta, L., Waas, T., Dendoncker, N., & Henry de Frahan, B. (2013). Effort for money? Farmers' rationale for participation in agri-environment measures with different implementation complexity. *Journal of Environmental Management*, 131, 110–120. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.09.030>
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2020). Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Berlin. <https://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/landwende>
- Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A. G., de Souza Dias, B. F., Ezeh, A., Frumkin, H., Gong, P., Head, P., Horton, R., Mace, G. M., Marten, R., Myers, S. S., Nishtar, S., Ososky, S. A., Pattanayak, S. K., Pongsriri, M. J., Romanelli, C., ... Yach, D. (2015). Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *The Lancet*, 386(10007), 1973–2028. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1)

- WHO (2017). Global Nutrition Report. Geneva, WHO. <https://globalnutritionreport.org/reports/2017-global-nutrition-report/>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., Vries, W. D., Sibanda, L. M., ... Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- Windsperger, A. (2015). climAconsum – Modellierung von lebenszyklusbasierten Treibhausgasemissionen des österreichischen Konsums (7th Call Austrian Climate Research Programme, Publizierbarer Zwischenbericht KR14AC7K11791), Institut für Industrielle Ökologie, St. Pölten.
- Wood, R., Stadler, K., Simas, M., Bulavskaya, T., Giljum, S., Lutter, S., & Tukker, A. (2018). Growth in Environmental Footprints and Environmental Impacts Embodied in Trade: Resource Efficiency Indicators from EXIOBASE3. *Journal of Industrial Ecology*, 22(3), 553–564. <https://doi.org/10.1111/jiec.12735>
- Wood, S., Sebastian, K., Scherr, S.J. (2000). Pilot analysis of global ecosystems: Agroecosystems. Washington, DC, International Food Policy Research Institute and World Resources Institute.
- Woodland Trust. 2012. Woodwise: conservation grazing in woodland management. Grantham, UK, The Woodland Trust. <https://www.woodlandtrust.org.uk/publications/2012/09/wood-wise-woodland-conservation-grazing/>
- wpa (wpa Beratende Ingenieure) (2010). Evaluierung des Programms LE07-13 Abschätzung der bewässerten und bewässerungsbedürftigen landwirtschaftlichen Flächen sowie Integration der Daten in die INVEKOS-Datenbank. BMLFUW, Selbstverlag, Wien.
- Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64(2), 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.024>
- Zhang, Z., Zhu, K., & Hewings, G. J. D. (2017). The effects of border-crossing frequencies associated with carbon footprints on border carbon adjustments. *Energy Economics*, 65(C), 105–114.
- ZKL (2021). Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Empfehlungen der Zukunftskommission Landwirtschaft, Rangsdorf. <https://www.zklindialog.de/abschlussbericht-zukunftskommission-landwirtschaft.pdf>