

Die Tierhaltung im Spannungsfeld von Klimaschutz und betrieblicher Wertschöpfung – Eine regionale Betrachtung auf Basis der Kopplung zweier Modelle

Animal husbandry in the field of tension between climate protection and farm value creation –
A regional view based on the coupling of two models

**Stefan Kirchweger^{1*}, Andreas Mayer², Jochen Kantelhardt³, Stefan Hörtenhuber⁴, Lisa Kaufmann²,
Wolfgang E. Baaske¹ und Christian Lauk²**

¹ Studienzentrum f. internationale Analysen (STUDIA), Schlierbach, AT

² Institut für Soziale Ökologie, Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften,
Universität für Bodenkultur Wien, AT

³ Institut für Agrar- und Forstökonomie, Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften,
Universität für Bodenkultur Wien, AT

⁴ Institut für Nutztierwissenschaften, Universität für Bodenkultur, Wien, AT

*Correspondence to: kirchweger@studia-austria.com

Received: 10 Januar 2021 – Revised: 15 Mai 2022 – Accepted: 10 Juni 2022 – Published: 3 Oktober 2022

Zusammenfassung

Sowohl für den Klimaschutz als auch für die regionale agrarische Wertschöpfung spielt die Tierhaltung eine wichtige Rolle. In dieser Studie wurden ausgewählte Landnutzungsszenarien für die Region Steyr-Kirchdorf erstellt und die Veränderungen der Treibhausgasemissionen und der betrieblichen Wertschöpfung untersucht. Dafür wurde ein regionales biophysisches Treibhausgasmodell mit einem agrarökonomischen Landnutzungsmodell gekoppelt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Veränderung der Ernährungsgewohnheiten zu einer signifikanten Reduktion der Treibhausgasemissionen führen kann. Aufgrund des hohen Stellenwerts der Tierproduktion in der Fallstudienregion würde dies jedoch auch einen erheblichen Rückgang der Wertschöpfung bewirken, wenn entlang der Wertschöpfungskette keine ausgleichenden Maßnahmen getroffen werden. Eine solche Maßnahme könnte die Erhöhung der Bioproduktion sein, diese braucht jedoch entsprechende ökonomische Rahmenbedingungen.

Schlagerworte: Tierhaltung, Landnutzung, Klimaschutz, agrarische Wertschöpfung, regionale Modellierung

Summary

Animal husbandry plays an important role both in climate protection and in the value added of the regional agricultural production. In this study, selected land use scenarios were generated for the Steyr-Kirchdorf region and the changes in greenhouse gas emissions and the value added on farm level were investigated. For this purpose, a regional biophysical model was coupled with an agro-economic model. Results show that a change in dietary habits lead to a significant reduction in GHG-emissions. However, due to the high importance of livestock production in the case study region, this would result in a significant decrease in the value added unless no compensatory measures are taken along the value chain. One such measure could be the promotion of organic production but this requires appropriate economic framework conditions.

Keywords: Animal husbandry, land use, climate change mitigation, agricultural value added, regional modeling

1 Einleitung

Die Umsetzung des Pariser Abkommens, die Erderwärmung auf 2°C, idealerweise sogar auf 1,5 °C zu begrenzen, stellt große Herausforderungen an alle Wirtschaftssektoren, insbesondere aber an den agrarischen Sektor (Roe et al., 2019; Warszawski et al., 2021). Eine Studie im Auftrag der Europäischen Kommission zeigt, dass bei Einhaltung des 2-Grad-Ziels im Jahr 2050 hauptsächlich die Landwirtschaft noch Emissionen verursacht, welche allerdings durch eine Zunahme der Waldflächen beziehungsweise Veränderungen im Waldmanagement kompensiert werden müssten (European Commission, 2018). Wenngleich die Ziele klar formuliert wurden, bleibt unklar, wie diese tatsächlich erreicht werden können. So erfordert eine Transformation des gesamten Ernährungssystems in Richtung Nachhaltigkeit nicht nur technologische und nachhaltige Innovationen in der Produktion, sondern auch die Umsetzung konsumseitiger Maßnahmen, wie z.B. einen Wechsel hin zu einer klimafreundlichen Ernährung mit weniger tierischen Produkten (Bais-Moleman et al., 2018).

Insgesamt stellt sich die Frage, wie einzelne Länder oder Regionen diese Ziele erreichen können und welchen Beitrag diese zu einer solchen Entwicklung liefern können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass urbane und rurale Gegenden völlig anders geartete Herausforderungen meistern müssen. Es stellen sich zwei Fragen: Erstens, wie können globale Ziele auf eine regionale Ebene übertragen werden, oder, wie würde der Beitrag von Regionen zur Emissionsreduktion aussehen? Zweitens, wie lassen sich Zielkonflikte zwischen Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft und Wertschöpfung minimieren? Besonders herausfordernd dürfte die Erreichung der vorgeschlagenen Ziele für Regionen sein, die aufgrund natürlicher Standortbedingungen nahezu ausschließlich von einer vergleichsweise emissionsintensiven Tierhaltung geprägt sind.

Die heimische landwirtschaftliche Produktion ist zentral für die Versorgungssicherheit mit Lebensmitteln in Österreich. Dabei fielen vom Gesamtproduktionswert der Landwirtschaft im Jahr 2019 48% auf die tierische Erzeugung (BMLRT, 2020). Rund 75% der landwirtschaftlichen Flächen in Österreich werden für die Produktion von Futtermittel verwendet und zusätzlich 18% des verfütterten Eiweißes als Sojabohnen aus Brasilien, Argentinien und den USA importiert (BMLRT, 2020; 2021). Die Produktion von tierischen Lebensmitteln auf Basis von Futtermitteln die auf Ackerflächen wachsen hat durch die niedrige Konversions-effizienz einen höheren Flächenverbrauch und somit hohe CO₂-Emissionen (Hou et al., 2016). Gleichzeitig trägt die Tierhaltung zur Emission von CH₄ bei. Ein Rückgang der Tierhaltung würde nicht nur den Ausstoß von THG-Emissionen reduzieren, sondern auch Flächen zur Generierung von Kohlenstoffsenken freimachen z.B. durch Wiederbewaldung (Bastin et al., 2019; Doelman et al., 2020), wobei hier wiederum negative Folgen entstehen können (McElwee et al., 2020). Neben den zahlreichen Vorteilen einer Reduktion von Produktion und Konsum tierischer Lebensmittel für Gesund-

heit und Umwelt (Godfray et al., 2018; Aloui et al., 2018), bewirkt die Reduktion der Tierhaltung, ceteris paribus, auch einen Rückgang der regionalen Wertschöpfung in den vor- und nachgelagerten Bereichen der Landwirtschaft aber vor allem am landwirtschaftlichen Betrieb und verstärkt damit den ohnehin signifikanten Rückgang von landwirtschaftlichen (Klein-)Betrieben, vor allem in Berggebieten in Europa (Hinojosa et al., 2016).

Während der trade-off zwischen Klimaschutz und betrieblicher Wertschöpfung in den letzten Jahren vor allem einzelbetrieblich untersucht wurde (Kiefer et al., 2014; Zehetmeier et al., 2020), gibt es nur wenige Studien, die diese Fragestellung auf kleinräumlicher Ebene analysieren. Eine kleinräumliche Betrachtung ermöglicht es, auf regionale Gegebenheiten (z.B. Agrarsysteme, topographische Gegebenheiten) einzugehen. In dieser Studie werden ausgewählte Szenarien für regionale Landnutzungssysteme und der daran gekoppelten tierischen Produktion im Hinblick auf mögliche Emissionsreduktionen und Wertschöpfungsänderungen in einer kleinräumigen Region untersucht. Die Quantifizierung der regionalen Treibhausgasemissionen und der Wertschöpfung erfolgt, indem ein regionales Modell zur Bilanzierung von Biomasseflüssen und Treibhausgasen mit einem agrarökonomischen Landnutzungsmodell gekoppelt wird.

2 Methodische Vorgehensweise

2.1 Biophysische Modellierung

Flächenbedarf, Biomasseflüsse und damit verbundene Treibhausgasemissionen in der Region werden auf Basis eines biophysischen Modells bilanziert. Dieses berechnet die regionalen landwirtschaftlichen Biomasseflüsse zwischen primärer Erzeugung und finalem Konsum und den damit verbundenen Flächenbedarf in Abhängigkeit zentraler, produktions- und konsumseitiger Parameter des Landnutzungssystems. Auf Basis dieser Biomasse- und Flächenbilanzierung berechnet das Modell die szenariospezifischen, mit Landnutzung und Tierhaltung verbundenen Treibhausgasemissionen auf Basis der IPCC Guidelines und ergänzender Methoden. Parameter wie regionale Bevölkerung, Pro-Kopf-Ernährung und Lebensmittelabfälle, regionaler Nettohandel, landwirtschaftliche Erträge und Anteil biologischer Landwirtschaft können im Modell angepasst und die Auswirkungen dieser Veränderungen auf Treibhausgasemissionen untersucht werden.

Zur Modellierung wurde das österreichweite Modell *BioClim.at* regionsspezifisch adaptiert. Eine detaillierte Beschreibung des Modells findet sich bei Le Noe et al. (2022). Im Folgenden werden die spezifischen Anpassungen für die Region Steyr-Kirchdorf beschrieben. Datengrundlage waren Hanika (2010) für Bevölkerung, sowie BMNT (2019) und IACS Austria für landwirtschaftliche Erträge, Produktionsmengen und Flächen im Basisjahr (Jahresdurchschnitt 2013-2015). Flächenerträge im Jahr 2050 wurden durch lineare Fortschreibung vergangener Ertragsentwicklungen in der konventionellen Landwirtschaft in Österreich hergeleitet,

wobei entsprechende Ertragssteigerungen auch im Biolandbau angenommen wurden. Ein Indikator, dass eine solche Ertragsentwicklung prinzipiell nicht unmöglich wäre ist, dass das für 2050 angenommene Ertragsniveau bereits jetzt in Sortenversuchen erreicht wird (AGES, 2021) und der Unterschied zwischen konventioneller und biologischer Landwirtschaft in Fallstudien zum Teil deutlich kleiner ist als in der derzeitigen Praxis (Seufert et al., 2012). Die regionale Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten für Ernährung und andere Zwecke (Energie und Industrie) wurde aus österreichischen Pro-Kopf-Werten (BMLFUW, 2014) und regionaler Bevölkerung (Hanika, 2010) hergeleitet. Koeffizienten für Verarbeitung von Lebensmitteln (z.B. Ausmahlungsgrad, Ölausbeute) basieren auf österreichischen Versorgungsbilanzen (BMLFUW, 2014). Für die Berechnung der Treibhausgase wurden ebenfalls österreichspezifische Emissionsfaktoren verwendet. Der regionale biophysische Nettohandel wurde aus dem Saldo zwischen modelliertem regionalem Konsum und landwirtschaftlicher Produktion hergeleitet. Da die Viehwirtschaft ein zentraler Faktor sowohl für den Verbrauch an Futtermitteln und somit für die regionale Kulturartenzusammensetzung als auch für die mit der Verdauung verbundenen Treibhausgasemissionen ist, wurde ein besonderer Schwerpunkt auf spezifischen Futtermittelbilanzen der Fallstudienregion gelegt.

2.2 Agrarökonomische Modellierung

In der agrarökonomischen Modellierung werden regionaltypische Verfahren aus der tierischen und pflanzlichen Produktion festgelegt (22 tierische und 62 pflanzliche Verfahren). Die Verfahren unterscheiden sich nach Tier- und Kulturarten, in der Wirtschaftsweise (biologisch, konventionell) wie auch in der Intensität und der Mechanisierung. Für alle Verfahren werden, basierend auf BAB (2021a) beziehungsweise LFL (2021), Leistungs- und Ertragsdaten erhoben. Für die tierischen Verfahren werden der Bedarf an Futtermitteln mit Hilfe verfahrensspezifischer Rationen sowie Energie- und Mengenbedarfe ermittelt und die dafür notwendigen Grünland- und Ackerfutterflächen abgeleitet. Zur Berechnung der Veränderungen in der regionalen Wertschöpfung der Landwirtschaft in den entwickelten Szenarien werden den tierischen und pflanzlichen Verfahren regionstypisch angepasste Standarddeckungsbeiträge zugeordnet. Für die Grünland- und Ackerfutterflächen werden variable Kosten angesetzt und als verfahrensinterne Kosten in den tierischen Deckungsbeiträgen berücksichtigt. Betriebliche Kompensationszahlungen zur Erbringung etwaiger Ökosystemleistungen wurden in dieser Modellierung nicht berücksichtigt.

Die Aggregation auf die regionale Ebene erfolgt, indem zuerst die Anzahl an tierischen Verfahren, basierend auf empirischen Daten zur Tierhaltung, ermittelt und mit empirischen Daten zur Landnutzung validiert wird. Dies ergibt die gesamte Grünland- und Ackerfutterflächen in der Region. Auf den weiteren Ackerflächen wird eine durchschnittliche regionstypische Kulturartenzusammensetzung, basierend auf den empirischen Landnutzungsdaten, angenommen. Die em-

pirischen Daten entstammen der Gemeindedatenbank (BAB, 2021b). In einem weiteren Schritt wird die Produktion an tierischen Produkten auf regionaler Ebene aggregiert und den gesamten Futtermittelbedarfen gegenübergestellt. Daraus lassen sich die regionalen Futtermittelbilanzen ableiten.

2.3 Modellkopplung und Ergebnisparameter

Für das Jahr 2050 werden in verschiedenen Szenarien zentrale Stellschrauben des Landnutzungs- und Ernährungssystems systematisch variiert (siehe dazu Punkt 2.4 und 2.5) und die Auswirkungen auf Landnutzung und THG-Emissionen mit Hilfe des biophysischen Modells errechnet. Die daraus resultierenden Landnutzungsänderungen und der Bedarf an tierischen Produkten dienen als Input-Parameter für die agrarökonomischen Modellierung. Dort verändern diese, gemeinsam mit Hilfe von Parametern zum technologischen Fortschritt, zur Entwicklung des Biolandbaus und zum Biomassebedarf, die durchschnittliche Kulturartenzusammensetzungen am Ackerland und die Anzahl tierischer Verfahren in der Region. Dadurch lassen sich die Veränderungen in der betrieblichen Wertschöpfung pro Jahr, basierend auf den kulturartenspezifischen Deckungsbeiträgen, ermitteln.

2.4 Landwirtschaftliche Strukturen und Klimaziele in der Fallstudienregion

Als Fallstudienregion dient die Region Steyr-Kirchdorf im südlichen Oberösterreich. Sie hat mit den Städten Steyr und Kirchdorf an der Krems zwei regionale Zentren. Die landwirtschaftliche Produktion findet in den umliegenden Gebieten statt, wobei in der südlichen Bergregion vor allem Dauergrünland und somit Kuhmilch- und Rindfleischproduktion und im nördlichen Teil der Region Ackerbau und Schweinefleischproduktion vorherrschend ist. Weitere, derzeit in der Region relevante, aber weniger bedeutende landwirtschaftliche Produkte sind Hühnereier und -fleisch, Schafmilch und -fleisch sowie Ziegenmilch.

Regionale Emissionsziele für den Bereich Landwirtschaft und Aufforstung bis 2050, die in der Region Steyr-Kirchdorf im Rahmen des 1,5°C beziehungsweise 2°C-Ziels erreicht werden müssten, wurden durch ein Downscaling von entsprechenden EU-weiten Emissionsszenarien hergeleitet (European Commission, 2018). Prinzip dieses Downscaling ist, dass jede Region in der EU ihre landwirtschaftlichen Emissionen im gleichen Ausmaß reduziert (-55% im Zeitraum 2014-2050) und Aufforstung gegebenenfalls auf extensivem Grünland stattfindet. Für das Jahr 2050 ergibt sich daraus ein regionales Netto-Emissionsziel von 18 kt CO₂-eq (<1,5°C) bzw. 49 kt CO₂-eq (<2°C) für die territorialen Emissionen aus Landwirtschaft und Negativ-Emissionen durch Verwaltung oder Aufforstung.

2.5 Szenarien

Im Hinblick auf diese Ziele werden die Effekte unterschiedlicher Transformationen im Landwirtschafts- und Ernäh-

Tabelle 1: Gestaltung der unterschiedlichen Szenarien

Szenarien	1	2			3			4		
Szenario-varianten	-	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Ernährung	-20% TP	EAT-Lancet	ÖGE	konstant	EAT-Lancet	ÖGE	konstant	EAT-Lancet	ÖGE	konstant
Außenhandel	konstant	EAT-Lancet	ÖGE	Null	EAT-Lancet	ÖGE	Null	EAT-Lancet	ÖGE	Null
Agrarsystem	+20% Bio	linear	linear	linear	50% Bio	50% Bio	50% Bio	50% Bio	50% Bio	50% Bio
Rinderration	konstant	konstant	konstant	konstant	konstant	konstant	konstant	RF	RF	RF

Ernährung: -20% TP: Reduktion von Tierprodukten um 20%; EAT-Lancet: Diätsempfehlungen der LANCET, Planetary Health Diet der EAT-Lancet Commission (Willett et al. 2019); ÖGE: Ernährungsempfehlung der ÖGE; konstant: gleich wie in der Ausgangssituation; Regionaler Außenhandel: siehe Ernährung; Agrarsystem: +20% Bio, Erhöhung des Bioanteils um 20%; Hohertrag, linear: lineare Fortschreibung von Ertragssteigerungen, 50% Bio: Erhöhung des Bioanteils auf 50%; Rinderration: konstant: siehe Ernährung, RF: raufutterbasierte Ration.

Quelle: Eigene Darstellung.

runssystem anhand von 10 unterschiedlichen Szenarien für das Jahr 2050 untersucht (siehe Tab. 1). Szenario 1 stellt ein business as usual (BAU) Szenario dar, bei dem angenommen wird, dass basierend auf das Basisjahr 2015 sich bis 2050 die tierische Produktion um 20 % reduziert sowie die biologische Wirtschaftsweise um 20 % erhöht. In den weiteren Szenarien werden die Auswirkungen folgender Faktoren auf Landnutzung, tierische Produktion, THG-Emissionen und Wertschöpfungsveränderung simuliert: die Szenarien 2, 3 und 4 unterscheiden sich hinsichtlich Agrarsystem (Anteil Bio) und Rinderrationen (Anteil Raufutter). In den Szenariovarianten a, b und c wurde jeweils der Konsum landwirtschaftlicher Produkte durch Änderung der Ernährung und des Außenhandels variiert. Während in Szenario 2 die Ernährung auf die Diätsempfehlungen der Planetary Health Diet der EAT-Lancet Commission¹ (Variante a), die Ernährung auf die Diätsempfehlungen der Österreichischen Gesellschaft für Ernährung (ÖGE, b) beziehungsweise der Netto-Außenhandel auf Null reduziert (c) wird, steigt in Szenario 3 der Bioanteil für diese Varianten auf 50 % und in Szenario 3 zusätzlich der Raufutteranteil in der Rinderration. Der Biomassebedarf (incl. industrielle Biomassenutzung) wurde auf Basis eines konstanten Pro-Kopf-Verbrauchs an die Bevölkerungsveränderung angepasst.

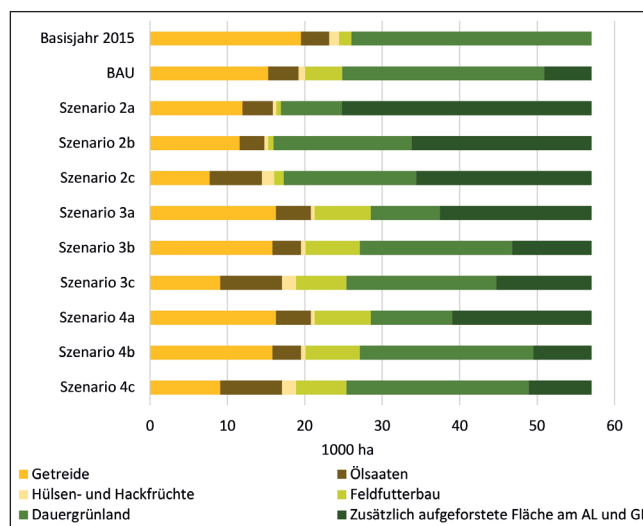
3 Ergebnisse

3.1 Landnutzung und tierische Produktion

Im Basisjahr 2015 wird jeweils die Hälfte der landwirtschaftlichen Flächen als Acker- beziehungsweise als Grünland genutzt. In allen Szenarien werden weniger Flächen benötigt als im Basisjahr, freie Flächen werden zur Kohlenstoffsequestrierung aufgeforstet. In den Szenariovarianten a und b, welche durch Veränderungen Ernährungsgewohnheiten in der Studienregion als auch in den Export Zielregionen eine geringere tierische Produktion aufweisen, reduziert sich der Flächenbedarf (-35% bis -39%). Bei einer Erhöhung des Anteils an Bioflächen steigt der Flächenbedarf an Ackerland je-

doch leicht an (+4% bis +10%). Nur in Variante c, in welcher die Exporte verringert werden, reduziert sich die Ackerfläche im Vergleich zum Basisjahr, wiederum mit der stärksten Reduktion im Szenario mit konventionellen Anbaumethoden. Dauergrünland wird in allen Szenarien, bedingt durch die geringere Nachfrage nach Milch und Rindfleisch, reduziert (-75% bis -66% in Variante a, -24% bis -43% in Varianten b und c). Die freiwerdenden Flächen sind in allen Szenarien beträchtlich (von 7.500 ha bis zu 32.200 ha), in Szenarien mit einem höheren Anteil an Bioflächen oder einem höheren Raufutteranteil jedoch geringer.

Abbildung 1: Landwirtschaftliche Flächennutzung und aufgeforstete Fläche am Ackerland (AL) und Grünland (GL) in der Ausgangssituation und in den unterschiedlichen Szenarien in 1.000ha für die Region Steyr-Kirchdorf



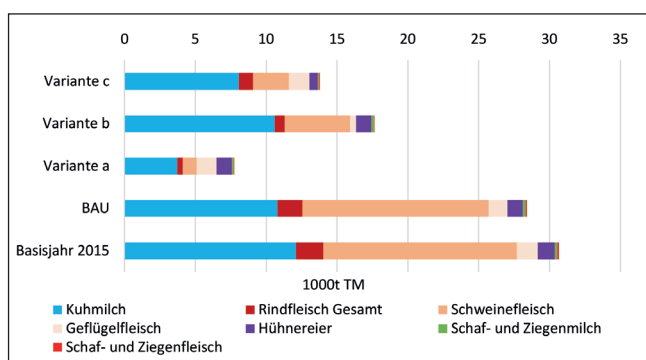
Quelle: Eigene Darstellung.

Die modellierte tierische Produktion ist in Abb. 2 dargestellt und beträgt in der Ausgangssituation knapp über 30 tausend Tonnen Trockenmasse (t TM), davon entfallen der Großteil auf die Kuhmilchproduktion (ca. 12.100 t TM) und auf die Schweinefleischproduktion (ca. 13.600 t TM). Der Rest verteilt sich auf Rind-, Hühner-, Schaf- und Ziegenfleisch, bzw.

¹ Siehe dazu Willett et al. 2019.

Hühnereier, Schaf- und Ziegenmilch. Die Auswirkungen der konsumseitigen Veränderungen haben lediglich einen Einfluss auf die Varianten a, b und c der Szenarien und sind daher in den Szenarien 2, 3 und 4 jeweils unverändert. Die Kuhmilchproduktion sinkt vor allem in den Varianten a und c und bleibt in der Variante b, aufgrund des höheren Stellenwerts von Milchprodukten in dieser Ernährungsempfehlung dieser Variante, annähernd gleich. Erhebliche Produktionsrückgänge gibt es beim Rind- und Schweinefleisch. Die Veränderungen bei den anderen Produktgruppen sind marginal.

Abbildung 2: Tierische Produktion in der Ausgangssituation, dem business as usual (BAU) Szenario und in den unterschiedlichen Szenariovarianten (a,b,c) in 1000 Tonnen (t) Trockenmasse (TM) pro Jahr für die Region Steyr-Kirchdorf

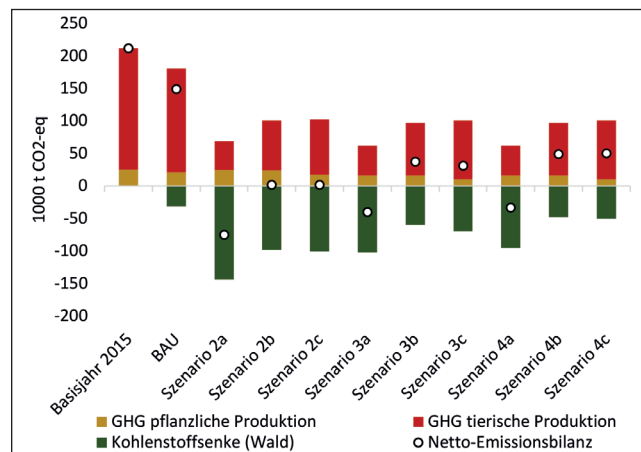


Quelle: Eigene Darstellung.

3.2 THG-Emissionen

Laut dem hier verwendeten Modell verursachte die landwirtschaftliche Produktion in der Region Steyr-Kirchdorf im Basisjahr 2015 rund 183.000 t CO₂-eq (Abbildung 3). Nahezu 90% der gesamten Emissionen stammen dabei aus der Tierproduktion, dies spiegelt die wichtige Rolle der Haltung von Wiederkäuern in dieser Region wider. Entsprechend zeigt sich, dass die tierische Produktion ein effektiver Hebel zur Emissionsreduktion in der Region Steyr-Kirchdorf ist. Zusätzlich zu den direkten Emissionsreduktionen bewirkt ein Rückgang der absoluten Produktionsvolumina eine beträchtliche CO₂-Senke. Ist diese im BAU Szenario noch relativ gering, so steigt sie in den Szenarien auf ca. 48.000 t CO₂-eq bis zu 143.000 t CO₂-eq. Diese beträchtliche Senke führt in allen Szenariovarianten a zu einer absoluten CO₂-Senke, sowie in allen Szenarien 2 Varianten zu nahezu Null Netto-Emissionen. In den Szenarien 3 und 4, bzw. den Varianten b und c liegen die Netto-Emissionen etwas höher, zwischen 31.000 t CO₂-eq und 51.000 t CO₂-eq. Alle Szenarien (inklusive BAU) führen zu beträchtlichen Reduktionen der Netto-Emissionen, in ausgewählten Szenarien würden die vorgeschlagenen Emissionsziele sogar deutlich übererfüllt werden.

Abbildung 3: Treibhausgasimpakts von pflanzlicher und tierischer Produktion, die Kohlenstoffsenke durch die Ausweitung von Waldflächen und die gesamte Netto-Emissionsbilanz für das Basisjahr 2015 und die weiteren Szenarien



Quelle: Eigene Darstellung.

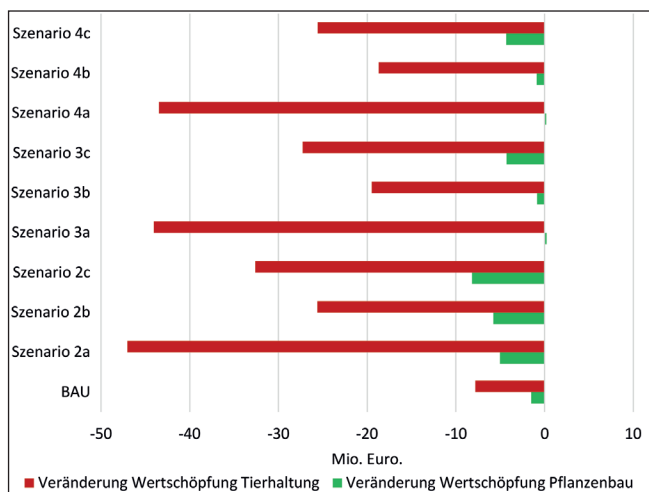
3.3 Agrarökonomische Auswirkungen

Bereits im BAU Szenario für 2050 zeigt sich sowohl in der Tierhaltung als auch im Pflanzenbau ein leichter Rückgang der regional erzielten Wertschöpfung (insgesamt von ca. 78 Mio. Euro auf 69 Mio. Euro). Weitaus stärker fallen die Rückgänge für die Szenariovariante a aus: die Wertschöpfung reduziert sich hier ohne die Anpassungsmaßnahmen (Szenario 2) im Bereich der Tierhaltung um ca. 47 Mio. Euro (ca. 75%) und im Bereich des Pflanzenbaus um ca. 5 Mio. Euro (ca. 33%). Durch Anpassungsmaßnahmen wie einem höheren Bioanteil (Szenario 3) können die Verluste in der Tierhaltung um ca. 3 Mio. Euro und beim Pflanzenbau um ca. 5 Mio. Euro reduziert werden. Die Szenariovariante b hingegen verursacht in Szenario 2 nur die Hälfte der Wertschöpfungsverluste in der Tierhaltung als Variante a (ca. 26 Mio. Euro), die Verluste im Pflanzenbau sind hingegen höher (ca. 6 Mio. Euro). Durch die Steigerung des Bioanteils verringern sich die Verluste um 6 bzw. um 5 Mio. Euro. In der Szenariovariante ohne Außenhandel (c) liegen die Verluste in der Tierhaltung zwischen den anderen beiden Varianten (ca. -33 Mio. Euro) und sind im Pflanzenbau mit ca. 8 Mio. Euro am höchsten. Eine weitere Umstellung auf raufutterbasierte Rinderfütterung bringt in allen drei Szenarien ohne zusätzliche Vermarktungsanreize nur eine minimale Verbesserung für die Wertschöpfung.

Zur Kompensation der Wertschöpfungsverluste der Betriebszweige Kuhmilch und Schweinefleisch wurden basierend auf der in der Ausgangssituation geltenden Marktpreisen² Berechnungen zur jeweils notwendigen Preisänderungen erstellt. Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem in den Szenarien

2 Angenommene Brutto-Marktpreise: Kuhmilch konventionell: 0,38 Euro/kg; Kuhmilch biologisch: 0,50 Euro/kg; Schweinefleisch konventionell: 1,64 Euro/kg Schlachtgewicht; Schweinefleisch biologisch: 3,25 Euro/kg Schlachtgewicht

Abbildung 4: Veränderung der betrieblichen Wertschöpfung der Tierhaltung und des Pflanzenbaus in den unterschiedlichen Szenarien zur Ausgangssituation für die Region Steyr-Kirchdorf



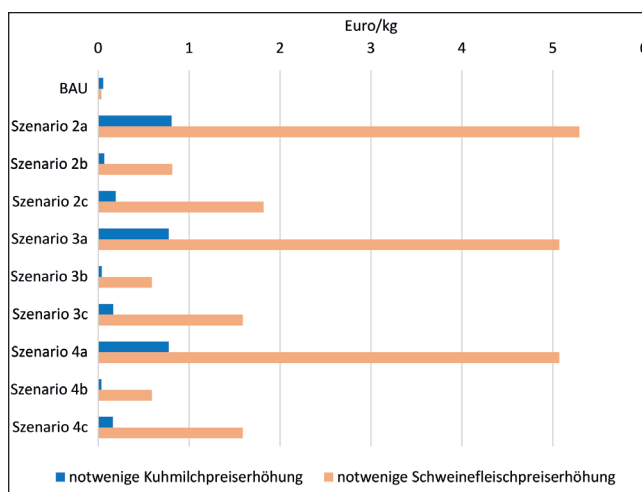
Quelle: Eigene Darstellung.

riovarianten a massive Preiserhöhungen (Kuhmilch ca. 0,8 Euro pro kg, Schweinefleisch ca. 5,3 Euro pro kg Schlachtgewicht) notwendig wären, um die Verluste auszugleichen. Signifikant geringere Preiserhöhungen bräuchte es hingegen in der Variante b, wo eine Milchpreissteigerung von 0,04 bis 0,07 Euro bereits zur Kompensation ausreichen würde. Bei Schweinefleisch wären hier zwischen 0,59 und 0,82 Euro pro kg nötig. In Variante c sind die notwendigen Preiserhöhungen minimal höher als in Variante b. Die Wirkungen eines höheren Bio- oder Raufutteranteils sind gering.

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

In der hier vorgestellten Studie werden die Wirkungen ausgewählter Szenarien auf die Landnutzung in der Region Steyr-Kirchdorf, sowie die mit der Landnutzung(-sänderung) verbundenen Treibhausgasemissionen und die Wertschöpfungen untersucht. Die Szenarien reichen von einer Umstellung auf gesündere Ernährungsweise bis hin zu höheren Anteilen von Bioproduktion und raufutterbasierten Rationen. Insbesondere eine grundlegende Veränderung der Ernährungsgewohnheiten bei gleichzeitiger Veränderung der Produktion inner- und außerhalb der Region würde eine signifikante Reduktion der Treibhausgasemissionen bewirken, da die Reduktion des Anteils an tierischen Produkten in der menschlichen Ernährung, wie von der EAT Lancet Kommission empfohlen, einen signifikanten Rückgang der Tierproduktion bewirken würde. Aufgrund des hohen Stellenwerts der Tierproduktion in der Region Steyr-Kirchdorf und des umfangreichen Beitrags dieser zur lokalen Wertschöpfung würde dies jedoch auch einen erheblichen Rückgang der landwirtschaftlichen Wertschöpfung, aber auch jener in den vor- und nachgelagerten Bereichen, bewirken, soweit entlang der Wertschöpfungskette keine ausgleichenden Maß-

Abbildung 5: Notwendige Preisänderungen für Kuhmilch und Schweinefleisch um die Wertschöpfungsunterschiede zur Ausgangssituation in den jeweiligen Produktionszweigen ausgleichen zu können



Angenommene Brutto-Marktpreise in der Ausgangssituation: Kuhmilch konventionell: 0,38 Euro/kg; Kuhmilch biologisch: 0,50 Euro/kg; Schweinefleisch konventionell: 1,64 Euro/kg Schlachtgewicht; Schweinefleisch biologisch: 3,25 Euro/kg Schlachtgewicht
Quelle: Eigene Darstellung.

nahmen getroffen werden (van der Ploeg et al., 2019; Moschitz et al., 2021).

Die Wertschöpfungsverluste können durch eine Umstellung auf die biologische Produktion teilweise kompensiert werden. Der höhere Bioanteil in der Produktion erfordert jedoch, bedingt durch geringere Erträge und zusätzlich erforderliche Leguminosenflächen zur Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit, einen höheren Flächenbedarf und verringert somit das C-Sequestrationspotential durch Aufforstung. Dennoch können die angestrebten Klimaziele, zumindest das 2 °C-Ziel, auch in den 50%-Bio-Szenarien erreicht werden. Ein mögliches Hindernis dabei ist jedoch die möglicherweise fehlende Kaufbereitschaft der Konsument*innen aufgrund der höheren Preise für Bioprodukte, bzw. die möglicherweise geringe Bereitschaft der Betriebsleiter*innen auf biologische Produktion umzustellen. Einfacher zu realisieren wäre wohl die Erhöhung des Raufutteranteils in der Rinderration, wobei die entstandenen Wertschöpfungsverluste auf diese Weise kaum gemindert werden könnten bzw. das Emissionseinsparungspotential gering ist (Kiefer et al., 2014; Zehetmeier et al., 2020). Würde jedoch diese Anpassung mit einer extensiveren Bewirtschaftung von Grünland und Almen, womöglich in Verbindung mit Waldweidewirtschaft, umgesetzt, so könnten sich durch die notwendige Flächenausweitung die Emissionseinsparungspotentiale verringern jedoch weitere positive Effekte für Biodiversität, Tourismus und Lebensqualität in der Region ergeben.

Die Studie zeigt, dass eine ganzheitliche Betrachtung der landwirtschaftlichen Produktion, inklusive der vor- und nachgelagerten Bereiche, notwendig ist, um zukünftige Herausforderungen wie veränderte Ernährungsgewohnheiten adäquat bewerten zu können. Nur so kann gezeigt werden,

dass, neben den konsumseitigen Veränderungen auch produktionstechnische Anpassungen notwendig sind, um Zielkonflikte zwischen Klimaschutz und Erzielung betrieblicher Wertschöpfung möglichst gering zu halten. Insbesondere in Regionen wie Steyr-Kirchdorf, in denen ein maßgeblicher Teil der Nutzfläche aus Grünland besteht, ermöglicht die Tierhaltung die Nutzung von Flächen, welche nicht für die direkte Produktion von Nahrungsmitteln geeignet sind. Zusätzlich stellt Grünland, vor allem wenn es extensiv genutzt wird, eine wichtige Kohlenstoffsene dar (Conant et al. 2017; Abdalla et al. 2018). Eine Verringerung der lokalen Tierhaltung kann jedoch dazu führen, dass diese Lebensmittel vermehrt importiert werden müssen und negative Umweltwirkungen auf diese Weise externalisiert werden würden (Fuchs et al., 2020). Ein stärkerer Fokus auf eine regional angepasste Ernährung (ÖGE) und eine regionale Versorgung mit qualitativen hochwertigen Lebensmitteln kann einer solchen Entwicklung entgegenwirken.

Die in diesem Beitrag vorgestellten Szenarien sind ein erster Schritt, um die Auswirkungen zukünftig möglicher Entwicklungen eines klimafreundlichen Ernährungssystems auf die regionale landwirtschaftliche Wertschöpfung quantifizieren zu können. Allerdings vernachlässigen die dargestellten Szenarien sowie die gewählte statische Modellierung die Handelsbeziehungen der untersuchten Region mit anderen Regionen sowie etwaige Angebots- und Nachfragedynamiken in der Preisgestaltung. Dazu bedarf es zukünftig der Entwicklung kleinräumiger, dynamischer Marktmodelle. Weiters werden in der Kulturartenzusammensetzung dieser Szenarien weder Fruchtfolgebestimmungen noch relative Wettbewerbsfähigkeiten und weitere Faktoransprüche der einzelnen Kulturen berücksichtigt, diese sollen jedoch in der Weiterentwicklung der Modellkopplung Eingang finden. Letztlich zeigt diese Art der Modellierung den zukünftigen biophysischen Optionenraum, erlaubt eine Abschätzung der Größenordnung einzelner Stellschrauben, und ermöglicht damit eine Bewertung des Veränderungspotentials einzelner Maßnahmen, zentral für EntscheidungsträgerInnen für die Gestaltung der Zukunft, allerdings ohne Information dazu wie man diese Ziele erreicht – eine klare Aufgabe an die Politik. Trotz dieser Beschränkungen geben die hier präsentierten Szenarien und Ergebnisse einen ersten Einblick in regionsspezifische Wirkungen veränderter Ernährungsgewohnheiten und Landnutzungsvorgaben.

Die vorliegende Studie zeigt auch, dass es zukünftig erforderlich sein wird, den Fokus in der Landnutzung nicht ausschließlich auf Produktion oder Klimaschutz zu legen, sondern auch die Erbringung anderer Ökosystemdienstleistungen zu berücksichtigen. Zu nennen sind die Erhaltung von Habitaten für mehr Biodiversität sowie von attraktiven Landschaften für eine hohe Lebensqualität für die lokale Bevölkerung und den Tourismus. Erst durch eine ausgeglichene, regional angepasste Kombination an unterschiedlichen und von der Gesellschaft entsprechend entlohnten Ökosystemdienstleistungen kann ein nachhaltiges Ernährungssystem bei Sicherung landwirtschaftlicher Wertschöpfung gewährleistet werden. Bewirtschaftungssysteme, die Agro-

forstsysteme, Streuobstwiesen, extensive Grünlandbewirtschaftung, Beweidung und die Bewirtschaftung von kleinen Schlägen beinhalten, erbringen neben der Lebensmittelproduktion auch andere Ökosystemdienstleistungen.

Nichtsdestotrotz können die oben diskutierten Anpassungen die ermittelten Wertschöpfungsverluste nicht ausgleichen. Daher ist auch zukünftig die Beibehaltung einer geeigneten Förderpolitik von Bedeutung, insbesondere die Gewährung von Kompensationszahlungen zur Erbringung von Ökosystemleistungen ist wichtig. Derartige Zahlungen müssten jedoch die C-Sequestration mit einzubeziehen, sowie auf einen ausgeglichenen Mix an Ökosystemleistungen achten. Zusätzlich ist darauf hinzuwirken, dass durch entsprechende Veränderung im Konsumverhalten von der Landwirtschaft erbrachte Ökosystemdienstleistungen auch durch Konsumenten abgegolten werden. Das Finden innovativer Vermarktungswege kann hier sicherlich einen Beitrag dazu leisten. Der Fokus auf Regionalität und die Abgeltung der verschiedenen Ökosystemleistungserbringung in der Wertschöpfungskette sind dafür zentral.

Danksagung

Diese Studie wurde im Rahmen des durch die ÖAW geförderten Projekts ZEAFOLU (Zero emissions from agriculture, forestry and other land use in the Eisenwurzen and beyond), dem LTSEr und dem EU Horizon 2020 Projekt 773901 “Understanding and improving the sustainability of agro-ecological farming systems in the EU” (UNISECO) unterstützt. Die zugrundeliegenden Daten können nach Anfrage bei den Autor*innen eingesehen werden.

Literatur

- Abdalla, M., Hastings, A., Chadwick, D. R., Jones, D. L., Evans, C. D., Jones, M. B., Rees, R. M. und Smith, P. (2018) Critical review of the impacts of grazing intensity on soil organic carbon storage and other soil quality indicators in extensively managed grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 253, 62–81. 10.1016/j.agee.2017.10.023.
- AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit) (2021) Österreichische Beschreibende Sortenliste 2021 Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2021. Wien.
- Aloui, T., Naceur, M., Rachid, B., Hajer, M., Hechlef, H. und Hedhli, M. (2018) Environmental Impacts of Bovine Meat Production. *Journal of Dairy & Veterinary Sciences*, 8, 1–7. 10.19080/JDVS.2018.08.555742.
- BAB (Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen) (2021a) IDB Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. URL: <https://idb.agrarforschung.at/default.html> (03/2021).
- BAB (Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen) (2021b) Gemeindedatenbank. Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen.

- Bais-Moleman, A. L., Schulp, C. J. E. und Verburg, P. H. (2018) Assessing the environmental impacts of production- and consumption-side measures in sustainable agriculture intensification in the European Union. *Geoderma*, 338, 555-567. 10.1016/j.geoderma.2018.11.042.
- Bastin, J-F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., Zohner, C. M. und Crowther, T. W. (2019) The global tree restoration potential. *Science* 365, 76–79. 10.1126/science.aax0848.
- BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft) (2014) Grüner Bericht 2014. Wien: BMLFUW.
- BMLRT (Bundesministerin für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus) (2020) Grüner Bericht 2020. Wien: BMLRT.
- BMLRT (Bundesministerin für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus) (2021) Österreichische Eiweißstrategie, Abschlussbericht. Wien: BMLRT.
- BMNT (Bundesministerin für Nachhaltigkeit und Tourismus) 2019) Grüner Bericht 2020. Wien: BMNT.
- Conant, R. T., Cerri, C. E. P., Osborne, B. B. und Paustian, K. (2017) Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis. *Ecological Applications*, 27, 662–668. 10.1002/eap.1473.
- Crowder, D. W. und Reganold, J. P. (2015) Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. *PNAS*, 112, 24, 7611-7616. 10.1073/pnas.1423674112.
- Doelman, J. C., Stehfest, E., van Vuuren, D. P., Tabeau, A., Hof, A. F., Braakhekke, M. C., Gernaat, D. E. H. J., van den Berg, M., van Zeist, W.-J., Daioglou, V., van Meijl, H. und Lucas, P. L. (2020) Afforestation for climate change mitigation: Potentials, risks and trade-offs. *Global Change Biology*, 26, 1576–1591. 10.1111/gcb.14887.
- European Commission (2018) A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. In-depth analysis in support of the Commission Communication Com (2018) 773. Brussels: European Commission.
- Fuchs, R., Brown, C. und Rounsevell, M. (2020) Europe's Green Deal offshores environmental damage to other nations. *Nature*, 586, 671–673. 10.1038/d41586-020-02991-1.
- Godfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T. J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R. T., Scarborough, P., Springmann, M. und Jebb, S. A. (2018) Meat consumption, health, and the environment. *Science*, 361, 6399. 10.1126/science.aam5324.
- Hanika, A. (2010) Kleinräumige Bevölkerungsprognose für Österreich 2010-2030 mit Ausblick bis 2050 („ÖROK-Prognosen“). Teil 1: Endbericht zur Bevölkerungsprognose. Wien: Österreichische Raumordnungskonferenz.
- Hinojosa, L., Napoléone, C., Moulery, M. V. und Lambin, E. F. (2016) The “mountain effect” in the abandonment of grasslands: Insights from the French Southern Alps. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, 115–124. 10.1016/j.agee.2016.01.032.
- Hou, Y., Bai, Z., Lesschen, J. P., Staritsky, I.G., Sikirica, N., Ma, L., Velthof, G. L. und Oenema, O., (2016) Feed use and nitrogen excretion of livestock in EU-27. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 218, 232–244. 10.1016/j.agee.2015.11.025.
- Kiefer, L., Menzel, F. und Bahrs, E. (2014) The effect of feed demand on greenhouse gas emissions and farm profitability for organic and conventional dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 97, 12, 7564–7574. 0.3168/jds.2014-8284.
- LFL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2021) LfL Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, <https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html> (03/2021)
- Le Noe J., Gingrich S., Pichler M., Nicolas, R., Kaufmann, L., Mayer, A. und Lauk, C. (2022) Combining Biophysical Modeling and Social Theory Pledges for a Re-Embedding of the Agri-Food System in 2050 in Austria. *Social Science Research Network Electronic Journal*, 10.2139/ssrn.4000332.
- McElwee P., Calvin K., Campbell D., Cherubini, F., Grassi, G., Korotkov, V., Le Hoang, A., Lwasa, S., Nkem, J., Nkonya, E., Saigusa, N., Soussana, J.-F., Taboada, M.A., Manning, F., Nampanzira, D. und Smith, P. (2020) The impact of interventions in the global land and agri-food sectors on Nature's Contributions to People and the UN Sustainable Development Goals. *Global Change Biology*, 26, 4691–4721. 10.1111/gcb.15219.
- Moschitz, H., Muller, A., Kretschmar, U., Haller, L., de Porras, M., Pfeifer, C., Oehen, B., Willer, H. und Stolz, H. (2021) How can the EU Farm to Fork strategy deliver on its organic promises? Some critical reflections. *Euro-Choices*, 20, 30-36. 10.1111/1746-692X.12294.
- Roe, S., Streck, C., Obersteiner, M., Frank, S., Griscom, B., Drouet, L., Fricko, O., Gusti, M., Harris, N., Hasegawa, T., Hausfather, Z., Havlík, P., House, J., Nabuurs, G.-J., Popp, A., Sánchez, M.J.S., Sanderman, J., Smith, P., Stehfest, E. und Lawrence, D. (2019) Contribution of the land sector to a 1.5 °C world. *Nature Climate Change* 9, 817–828. 10.1038/s41558-019-0591-9
- Seufert, V., Ramankutty, N. und Foley, J.A. (2012) Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485, 7397, 229-232. 10.1038/nature11069.
- van der Ploeg, J.D., Barjolle, D., Bruil, J., Brunori, G., Costa Madureira, L.M., Dessein, J., Drag, Z., Fink-Kessler, A., Gasselin, P., Gonzalez de Molina, M., Grolach, K., Jürgens, K., Kinsella, J., Kirwan, J., Knickel, K., Lucas, V., Marsden, T., Maye, D., Migliorini, P., Milone, P., Noe, E., Nowak, P., Parrott, N., Peeters, A., Rossi, A., Schermer, M., Ventura, F., Visser, M. und Wezel, A (2019) The economic potential of agroecology: empirical evidence from Europe. *Journal of Rural Studies*, 71, 46–61. 10.1016/j.jrurstud.2019.09.003.
- Warszawski, L., Kriegler, E., Lenton, T.M., Gaffney, O., Jacob, D., Klingensfeld, D., Koide, R., Mánuez Costa, M., Messner, D., Nakicenovic, N., Schellnhuber, H. J.,

- Schlosser, P., Takeuchi, K., van der Leeuw, S., Whiteman, G. und Rockström, J. (2021) All options, not silver bullets, needed to limit global warming to 1.5 °C: a scenario appraisal. *Environmental Research Letters*, 16, 064037. 10.1088/1748-9326/abfeec.
- 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., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S.E., Srinath Reddy, K., Narain, S., Nishtar, S. und Murray, C. (2019) Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems“. *The Lancet* 393, 10170, 447–92. 10.1016/S0140-6736(18)31788-4.
- Zehetmeier, D., Läpple, H., Hoffmann, B. Zerhusen, B., Strobl, M., Meyer-Aurich, A. und Kapfer, M. (2020) Is there a joint lever? Identifying and ranking factors that determine GHG emissions and profitability on dairy farms in Bavaria, Germany. *Agricultural Systems*, 184, 102897. 10.1016/j.agsy.2020.102897.

