

**KLIMAGRAR –
Neue Methoden der Begleitforschung
am Beispiel des klimagerechten Handelns
in der Landwirtschaft**

Tarek Kemper

Univ.-Diss.

**zur Erlangung des akademischen Grades
„Doctor rerum naturalium“
(Dr. rer. nat.)
in der Wissenschaftsdisziplin Geoökologie**

**eingereicht an der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
Institut für Umweltwissenschaft und Geographie
der Universität Potsdam**

Potsdam, den 20. Juli 2023

Soweit nicht anders gekennzeichnet, ist dieses Werk unter einem Creative-Commons-Lizenzvertrag Namensnennung 4.0 lizenziert.
Dies gilt nicht für Zitate und Werke, die aufgrund einer anderen Erlaubnis genutzt werden.
Um die Bedingungen der Lizenz einzusehen, folgen Sie bitte dem Hyperlink:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Hauptbetreuer und 1. Gutachter:
Prof. Dr. Hubert Wiggering, Universität Potsdam

Zweitbetreuer und 2. Gutachter:
Prof. Dr. Andreas Koch, Paris Lodron Universität Salzburg

3. Gutachter:
Prof. Dr. Hans-Hennig von Grünberg, Universität Potsdam

Datum der mündlichen Prüfung: 20. Juli 2023

Online veröffentlicht auf dem
Publikationsserver der Universität Potsdam:
<https://doi.org/10.25932/publishup-60192>
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-601924>

Kurzzusammenfassung

In Forschungsprogrammen werden zahlreiche Akteure mit unterschiedlichen Hintergründen und fachlichen Expertisen in Einzel- oder Verbundvorhaben vereint, die jedoch weitestgehend unabhängig voneinander durchgeführt werden. Vor dem Hintergrund, dass gesamtgesellschaftliche Herausforderungen wie die globale Erwärmung zunehmend disziplinübergreifende Lösungsansätze erfordern, sollten Vernetzungs- und Transferprozesse in Forschungsprogrammen stärker in den Fokus rücken. Mit der Implementierung einer Begleitforschung kann dieser Forderung Rechnung getragen werden. Begleitforschung unterscheidet sich in ihrer Herangehensweise und ihrer Zielvorstellung von den „üblichen“ Projekten und kann in unterschiedlichen theoretischen Reinformen auftreten. Verkürzt dargestellt agiert sie entweder (1) inhaltlich komplementär zu den jeweiligen Forschungsprojekten, (2) auf einer Metaebene mit Fokus auf die Prozesse im Forschungsprogramm oder (3) als integrierende, synthetisierende Instanz, für die die Vernetzung der Projekte im Forschungsprogramm sowie der Wissenstransfer von Bedeutung sind. Zwar sind diese Formen analytisch in theoretische Reinformen trennbar, in der Praxis ergibt sich in der Regel jedoch ein Mix aus allen dreien.

In diesem Zusammenhang schließt die vorliegende Dissertation als ergänzende Studie an bisherige Ansätze zum methodischen Handwerkszeug der Begleitforschung an und fokussiert auf folgende Fragestellungen: Auf welcher Basis kann die Vernetzung der Akteure in einem Forschungsprogramm durchgeführt werden, um diese effektiv zusammenzubringen? Welche weiteren methodischen Elemente sollten daran ansetzen, um einen Mehrwert zu generieren, der die Summe der Einzelergebnisse des Forschungsprogrammes übersteigt? Von welcher Art kann dann ein solcher Mehrwert sein und welche Rolle spielt dabei die Begleitforschung?

Das erste methodische Element bildet die Erhebung und Aufbereitung einer Ausgangsdatenbasis. Durch eine auf semantischer Analyse basierenden Verschlagwortung projektbezogener Texte lässt sich eine umfassende Datenbasis aus den Inhalten der Forschungsprojekte generieren. Die Schlagwörter werden dabei anhand eines kontrollierten Vokabulars in einem Schlagwortkatalog strukturiert. Parallel dazu werden sie wiederum den jeweiligen Projekten zugeordnet, wodurch diese thematische Merkmale erhalten. Um thematische Überschneidungen zwischen Forschungsprojekten sichtbar und interpretierbar zu machen, beinhaltet das zweite Element Ansätze zur Visualisierung. Dazu werden die Informationen in einen Netzwerkgraphen transferiert, der sowohl alle im Forschungsprogramm involvierten Projekte als auch die identifizierten Schlagwörter in Relation zueinander abbilden kann. So kann zum Beispiel sichtbar gemacht werden, welche Forschungsprojekte sich auf

Basis ihrer Inhalte „näher“ sind als andere. Genau diese Information wird im dritten methodischen Element als Planungsgrundlage für unterschiedliche Veranstaltungsformate wie Arbeitstagungen oder Transferwerkstätten genutzt. Das vierte methodische Element umfasst die Synthesebildung. Diese gestaltet sich als Prozess über den gesamten Zeitraum der Zusammenarbeit zwischen Begleitforschung und den weiteren Forschungsprojekten hinweg, da in die Synthese unter anderem Zwischen-, Teil- und Endergebnisse der Projekte einfließen, genauso wie Inhalte aus den unterschiedlichen Veranstaltungen. Letztendlich ist dieses vierte Element auch das Mittel, um aus den integrierten und synthetisierten Informationen Handlungsempfehlungen für zukünftige Vorhaben abzuleiten.

Die Erarbeitung der methodischen Elemente erfolgte im laufenden Prozess des Begleitforschungsprojektes KLIMAGRAR, welches der vorliegenden Dissertation als Fallbeispiel dient und dessen Hintergründe in der Thematik Klimaschutz und Klimaanpassung in der Landwirtschaft im Text ausführlich erläutert werden.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	7
Einleitung	8
1. Begleitforschung	11
1.1. Inter- und transdisziplinäres Arbeiten sowie verschiedene Modi der Wissensentwicklung .	14
1.1.1. Interdisziplinarität und Transdisziplinarität.....	15
1.2. Exkurs: Orchestrieren.....	19
2. KLIMAGRAR und das Forschungsprogramm.....	20
2.1. Hintergrund: Globale Erwärmung.....	20
2.1.1. Treiber der globalen Erwärmung.....	22
2.1.2. Die Zahlen in Deutschland	23
2.1.3. Kohlenstoffsinken in Deutschland.....	24
2.1.4. Folgen der globalen Erwärmung	26
2.2. Hintergrund: Klimapolitik.....	27
2.2.1. Internationale Umweltpolitik mit Fokus auf Klima	28
2.3. Hintergrund: Klimagerechte Landwirtschaft.....	32
2.3.1. Landwirtschaft in Zahlen.....	33
2.3.2. Klimagerechtes Handeln in der Landwirtschaft	34
2.4. Das Forschungsprogramm.....	37
2.4.1. Begleitforschung KLIMAGRAR.....	39
2.4.2. Exkurs: Landwissenschaften als Schnittstelle	43
3. Methodik	45
3.1. Datengrundlage	46
3.2. Verschlagwortung	47
3.2.1. Semantische Analyse.....	48
3.2.2. Merkmalszuweisung.....	51
3.3. Visualisierung.....	53
3.3.1. Visualisierung der Klassifikationssystematik.....	53
3.3.2. Visualisierung als Schlagwortwolke	55
3.3.3. Visualisierung als Netzwerkgraph.....	57
3.4. Arbeits- und Informationsplattform	60
3.4.1. Themengeleitete visuelle Navigation	63
3.5. Veranstaltungsformate mit Begleitforschung.....	64
3.5.1. Auftakttreffen	65
3.5.2. Arbeitstagungen der Themencluster	67

3.5.3.	Transferwerkstätten	71
3.5.4.	Landwirteforen	73
3.5.5.	Werkstätten.....	74
3.5.6.	Begleitkreis zur Begleitforschung	75
3.5.7.	Koordinatorentreffen	75
3.5.8.	Abschlussveranstaltung	75
3.6.	Zusammenführung von Ergebnissen auf der Metaebene	76
3.6.1.	Synthese als Methode der Begleitforschung	77
4.	Diskussion und Schlussfolgerungen.....	79
4.1.	Zukünftige Begleitforschung.....	79
4.1.1.	Begleitforschung oder Forschungsbegleitung – über Begriffe Akzente setzen.....	80
4.1.2.	Voraussetzungen für die Forschungsbegleitung.....	81
4.1.3.	Forschungsprojekte im Kontext einer Forschungsbegleitung	81
4.1.4.	Datenmanagement in Forschungsprogrammen (und darüber hinaus)	83
4.1.5.	Personelle Besetzung der Forschungsbegleitung	83
4.1.6.	Formale Veranstaltungsformate	84
4.1.7.	Zeitmanagement	85
4.1.8.	Forschungsbegleitung als Forschungsprojekt.....	85
4.1.9.	Ergebnisprozess in einer Forschungsbegleitung.....	86
4.2.	Mehrwert der Forschungsbegleitung.....	89
4.2.1.	Mehrwert Synthese	89
4.2.2.	Mehrwert Transfer.....	90
4.2.3.	Mehrwert Kernthemen.....	92
4.2.4.	Mehrwert als Katalysator	94
4.2.5.	Mehrwert als Vermittler	96
4.2.6.	Mehrwert Datenmanagement und -austausch.....	96
	Fazit.....	97
	Literaturverzeichnis.....	100
	Anhänge	108

Abkürzungsverzeichnis

AFOLU	Agriculture, forestry and other land use; Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BPB	Bundeszentrale für Politische Bildung
CAP/GAP	Common Agricultural Policy; Gemeinsame Agrarpolitik (der EU)
COP	Conference of the Parties (of the UNFCCC); Klimakonferenz
CRF	Common Reporting Framework/Format; Einheitliche Bilanzierungsgrundlage
DDC	Dewey-Dezimalklassifikation
EbA	Ecosystem-based Adaptation; Ökosystem(leistungs)basierte Anpassung
EEA	European Environmental Agency; Europäische Umweltagentur
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
FuE	Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
GAB	Grundanforderungen an die Betriebsführung
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik der EU
GLÖZ	Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand
GWP	Global Warming Potential; Treibhauspotential
IEA	International Energy Agency; Internationale Energieagentur
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change; Weltklimarat
IPCC-NGGIP	IPCC National Greenhouse Gas Inventories Program
LULUCF	Land use, land use change and forestry; Landnutzung, Landnutzungswandel und Forstwirtschaft
NbS	Nature-based Solutions; Naturbasierte Lösungsansätze
NDC	Nationally Determined Contributions; National festgelegte Beiträge
NIR	National inventory report; Nationaler Inventarbericht
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development; Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
SDG	Sustainable Development Goals; UN-Nachhaltigkeitsziele
SES	Sozioökologische Systeme
TFI	Task Force on National GHG Inventories; Arbeitsgruppe Nationale Inventarberichterstattung
UNEP	United Nations Environment Program; UN-Umweltprogramm
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change; UN-Klimarahmenkonvention
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen
WCED	World Commission on Environment and Development; Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundtland-Kommission)
WMO	World Meteorological Organization; Weltwetterorganisation

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Konzeptionelle Idee der Qualitätskriterien inter- und transdisziplinärer Forschung im Überblick (nach Defila & Di Giulio, 1996).	18
Abb. 2: Die Keeling-Kurve. Diese Kurve (engl. Keeling-Curve) bildet die seit 1958 auf dem Vulkan Mauna Loa auf Hawaii (auf etwa 3400 m Höhe) gemessenen Werte der CO ₂ -Konzentration in der Atmosphäre ab (Keeling et al., 2005). Benannt ist sie nach dem initiierten Forscher Charles David Keeling. Die Keeling-Kurve steht sinnbildlich für den menschengemachten Klimawandel, da die hier abgetragene CO ₂ -Konzentration in unmittelbarem Zusammenhang mit der steigenden globalen Mitteltemperatur steht.	21
Abb. 3: Übersicht über die weltweiten Netto-Emissionen der bedeutendsten Treibhausgase (THG) Kohlenstoffdioxid (CO ₂), Methan (CH ₄), Distickstoffmonoxid (N ₂ O) sowie Fluorgase (F-Gase) von 1990 bis 2019 (IPCC, 2022a). Aus dieser Abbildung wird deutlich, dass die Emissionen aller hier betrachteten THG über die Jahre hinweg kontinuierlich angestiegen sind.	22
Abb. 4: Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Ökosysteme weltweit. In Europa wirkt sich die globale Erwärmung nicht nur auf die Struktur der Ökosysteme (an Land, im Süßwasser, im Ozean) aus, sondern führt auch zu einer Verschiebung des Artenspektrums und zu einer veränderten Phänologie (IPCC, 2022b).	26
Abb. 5: Überblick über maßgebliche klimapolitische Rahmensetzungen auf unterschiedlichen politischen Ebenen.....	32
Abb. 6: Die in das Forschungsprogramm „Klimaschutz in der Landwirtschaft und Anpassung der Agrarproduktion an die Folgen der Erderwärmung“ involvierten Projekte (Projektkronyme). Die jeweilige Projektkachel gibt außerdem Auskunft über die Projektkoordination sowie ein Schlagwort zum thematischen Schwerpunkt.	38
Abb. 7: Die Anteile der theoretischen Reinformen der Begleitforschung (Defila & Di Giulio, 2016; Kaufmann-Hayoz, 2013) wie sie im Forschungsprojekt KLIMAGRAR umgesetzt wurden.....	40
Abb. 8: Die methodischen Elemente, die im Rahmen der vorliegenden Dissertation erarbeitet wurden.	45
Abb. 9: Der Prozess der Verschlagwortung. Zunächst wurden Textdateien semantisch analysiert, um eine Vielzahl separater Schlagwörter zu identifizieren. Diese Schlagwörter wurden zum einen auf Basis eines kontrollierten Vokabulars in einem strukturierten Schlagwortkatalog festgehalten und zum anderen den jeweiligen Forschungsprojekten, aus deren Kontext sie stammen, als thematische Merkmale zugeordnet. Mit jedem neuen projektbezogenen Text kann dieser Prozess wiederholt werden.	48
Abb. 10: Am Beispiel des Schlagwortes Gülle wird die Systematik der Schlagworterfassung im Schlagwortkatalog skizziert. Für das Schlagwort Gülle wurde das Synonym Flüssigmist mitaufgenommen. Mit Wiki-Prinzip ist hier gemeint, dass im Zusammenhang mit der Verschlagwortung die Wikipedia genutzt wurde, um im Sinne der Nutzerfreundlichkeit so schnell und einfach wie möglich eine gemeingültige Bedeutung hinter jedem einzelnen Schlagwort erfassen zu können und damit auch für Transparenz zu sorgen.	50
Abb. 11: Von den drei Förderlinien Boden, Pflanzenbau und Tierhaltung in die fünf integralen Themenkomplexe (1) Boden, (2) Bodenfruchtbarkeit & Pflanzenernährung, (3) Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung, (4) Pflanzenschutz & Tiergesundheit sowie (5) Tierhaltung, Tierernährung & Tierzucht.	52
Abb. 12: Ein Ausschnitt aus der Klassifikationssystematik basierend auf der Dewey-Dezimalklassifikation. Auf Basis von Dezimalzahlen werden in dieser Systematik Themenbereiche abgebildet bzw. hierarchisch sortiert. Die übergreifende Kategorie Landwirtschaft (63) fächert sich in mehrere Subkategorien auf, darunter die Tierhaltung (636). Wiederum eine Subkategorie tiefer finden sich die mit den Förderlinien Boden (631.4) und Pflanzenbau (631.5) vergleichbaren Schlagwörter. Folgt man in dieser Systematik dem Schlagwort Pflanzenbau, so reihen sich wiederum solche ein, die farblich unterschiedlichen Basiskategorien zugeordnet wurden (z.B. 631.51; Bodenbearbeitung).	54
Abb. 13: Die KLIMAGRAR-Schlagwortwolke. Die Inhalte der Forschungsprojekte werden durch die Schlagwörter dargestellt. Neben der charakteristischen farblichen Konvention wird auf den ersten Blick deutlich, dass Themen rund um den Klimawandel besonders prominent sind, gefolgt von Boden, Pflanzenbau, Tierhaltung aber auch Schlagwörtern wie Pflanzenschutz, Fernerkundung oder Wirtschaftsdünger.	56
Abb. 14: Netzwerkgraph der KLIMAGRAR-Projektgemeinde. Das kleine Fenster linker Hand zeigt den gesamten Netzwerkgraphen mit insgesamt 229 Knoten, davon 197 Schlagwörter und 32 Projekte.	

Der rot markierte Ausschnitt wird stark vergrößert dargestellt und lässt erkennen, dass die Projekte viereckig, die Schlagwörter rund sowie die Verbindungslinien (Kanten) zwischen den Knoten in grau dargestellt sind. In rot ist beispielhaft die Verbindung eines Projektes mit einem Schlagwort hervorgehoben.....	59
Abb. 15: Webseite des Forschungsprojektes BEWAMO. Neben einer Kurzbeschreibung ist eine Vielzahl an Informationen über die Projektinhalte und -ergebnisse zu finden. Zusätzlich dazu wird ein Ausschnitt der Schlagwortwolke für das jeweilige Projekt gezeigt, wobei sich die Größe der jeweiligen Schlagwörter auf die Grundgesamtheit bezieht und nicht die Einzelinteressen des jeweiligen Projektes am größten dargestellt werden.....	62
Abb. 16: Netzwerkgraph als visuelle Navigation in der KLIMAGRAR-Website. Zur Verortung im Netzwerk ist die Größe der integralen Themenkomplexe verändert worden. Nutzer der Website konnten diesen Graphen nutzen, um darin nach Schlagwörtern und Projekten, die damit im Zusammenhang stehen, zu suchen. Per Klick gab es ebenfalls die Möglichkeit, wiederum auf die jeweiligen Projektseiten und, bei Klick auf ein Schlagwort, zu einer Listenansicht der verbundenen Projekte zu gelangen. Erreichbar ist dieses Netzwerk unter https://www.unter-2-grad.de/graph/ (Stand 03.02.2023).....	64
Abb. 17: Eine Übersicht über unterschiedliche Veranstaltungsformate im KLIMAGRAR-Kontext. Es wird aufgezeigt, dass im Rahmen der Begleitforschung gleichermaßen die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Projekte gestärkt wurde (v.a. Arbeitstagungen), wie auch transdisziplinäre Vorgänge verfolgt wurden (v.a. Transferwerkstätten).	67
Abb. 18: (a) Schlagwortwolke mit den Schlagwörtern zum Inhalt des Förderprojektes GREENWINDOWS4.0. Die Größe eines Schlagwortes wird durch die Repräsentativität im Gesamtkontext des Forschungsprogrammes bestimmt. Das heißt, wenn im konkreten Projektkontext zum Beispiel das Schlagwort Mineralisierung/ N_{\min} eine größere Rolle spielt als die Tierhaltung, so wird die Größe dennoch über die projektübergreifende Gesamtmenge ermittelt. (b) Ausschnitt aus dem Netzwerkgraphen für das Förderprojekt GREENWINDOWS4.0.	69
Abb. 19: Typische Agenda für eine KLIMAGRAR-Arbeitstagung mit den unterschiedlichen Arbeitsblöcken.	69
Abb. 20: Die Roadmap der KLIMAGRAR-Tätigkeiten. Aufgelistet sind alle Veranstaltungen, die im Laufe der KLIMAGRAR-Projektarbeit konzipiert und durchgeführt wurden. Die Veranstaltungen wurden farblich mit den jeweiligen Themenkomplexen verbunden, wobei blau für die Koordination der Begleitforschung steht. Die rot beschriebenen Termine mussten aufgrund der Corona-Pandemie verschoben werden.....	76
Abb. 21: Das Synthesegebäude der Begleitforschung. Die Synthese baut auf dem Fundament der Verschlagwortung und der Vernetzung auf und zieht sich dann durch alle anderen Aktivitäten der Begleitforschung. Deutlich wird, dass die Synthese stetig, also im gesamten Verlauf, immer wieder erfolgt und somit auch fortwährend Handlungsempfehlungen an die jeweiligen Akteure gegeben werden können.	78
Abb. 22: Das Beispiel Bodenfeuchte. Hier als Knotenpunkt im KLIMAGRAR-Netzwerkgraphen.	93
Abb. 23: Der Knotenpunkt Pflanzenschutz. Stellvertretend für Schlagwörter wie Schädlinge und Pflanzenkrankheiten zeigt dieser Knotenpunkt das Cluster rund um die Thematik auf.	95

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die Sektoren des Common Reporting Format als Quellgruppen nach den überarbeiteten 2006er Richtlinien des IPCC. Im Kontext dieser Arbeit besonders relevant ist der Sektor CRF 3 AFOLU. Dieser beinhaltet sowohl die landwirtschaftlichen Quellgruppen (CRF 3.A und CRF 3.C) als auch die der Landnutzung und Forstwirtschaft (CRF 3.B und CRF 3.D), auch LULUCF genannt.	30
Tabelle 2: Treibhauspotentiale der Gase CH ₄ und N ₂ O im Vergleich zu CO ₂ sowie deren Veränderungen mit wachsendem Kenntnisstand. Hervorgehoben sind die Werte, die bei der offiziellen deutschen Berichterstattung verwendet wurden.	30

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

Einleitung

In einer Zeit mit gesamtgesellschaftlichen Herausforderungen wie der globalen Erwärmung entsteht eine gehobene Erwartungshaltung an Akteure im wissenschaftlichen Umfeld. Der Druck, Lösungswege aufzuzeigen gilt und steigt für alle Akteure gleichermaßen, die in Forschungsprogramme involviert sind und solche Problematiken adressieren. Im Kontext von Forschungsprogrammen, auch mit Blick auf die sich verändernden Anforderungen an die Wissenschaft, obliegt es der Forschungsförderung, zusätzlich zu den „üblichen“ Forschungsprojekten beispielsweise ein weiteres Projekt einzusetzen, das bestimmte Aufgaben im Forschungsprogramm übernimmt, die üblicherweise nicht im Fokus der einzelnen Forschungsprojekte stehen. Dieser weitere Akteur wird in der allgemeinen, wenn auch wenigen Literatur als *Begleitforschung* bezeichnet (Christensen et al., 2016; Defila & Di Giulio, 2016; Weith et al., 2019). Auch wenn es keine einheitliche Definition für den Terminus *Begleitforschung* gibt (Fiedeler et al., 2010), herrscht zumindest Übereinstimmung hinsichtlich des inter- und transdisziplinären Charakters, den diese innehat (Weith et al., 2019). Daraus resultiert auch der spezielle Aufgabenbereich einer Begleitforschung, der vor allem übergeordnete Tätigkeiten wie Vernetzungs- und Transferaktivitäten vorsieht und sich damit von dem Wirkungsbereich der „üblichen“ Forschungsprojekte unterscheidet, die zumeist einen inhaltlichen, an einer wissenschaftlichen Fragestellung orientierten Fokus haben. Die Herangehensweisen und methodischen Elemente der Begleitforschung können dabei unterschiedlich sein und sind im Wesentlichen abhängig von ihrer Ausrichtung und vom Kontext, in dem sie stattfindet. Sowohl im Themenbereich nachhaltiges Flächenmanagement (Bock et al., 2012; Weith et al., 2019), der Entwicklung im ländlichen Raum (Kundolf et al., 2016; Küpper et al., 2014) als auch im Zusammenhang mit innovativen Formaten wie Reallaboren (Defila & Di Giulio, 2018; Schöpke et al., 2016) ist die Begleitforschungsarbeit bereits eingesetzt und durchgeführt worden. Die unterschiedliche Ausrichtung oder die Art der Begleitforschung lässt sich nach Defila und Di Giulio (2016) und Kaufmann-Hayoz (2013) in drei analytisch trennbare Reinformen aufgliedern: Sie kann *komplementär* zu anderen Projekten agieren, auf der Metaebene fungieren (*meta*) oder als synthetisierender Akteur auftreten (*Synthese*). Außerdem schlagen Defila und Di Giulio (2018) drei Dimensionen vor, anhand dessen der Mehrwert, den eine Begleitforschung generiert, gemessen werden kann: *Konsens*, *Integration* und *Diffusion*. Diese kurze Aufzählung lässt darauf schließen, dass nicht nur die Formen und Herangehensweisen der Begleitforschung variieren, sondern auch die damit zusammenhängenden methodischen Elemente. Um die Möglichkeiten zu untersuchen, wie eine Begleitforschung durch von ihr angestoßene Vernetzungsprozesse zur Erweiterung des

Gesamtergebnisses eines Forschungsprogramms beitragen kann, dient das Forschungsprojekt mit dem Akronym KLIMAGRAR als Fallbeispiel.

In diesem Kontext knüpft die vorliegende Dissertation als ergänzende Studie an bisherige Ansätze zum methodischen Handwerkszeug der Begleitforschung an und widmet sich vor allem den folgenden Fragestellungen: Auf welcher Basis kann die Vernetzung der Akteure in einem Forschungsprogramm durchgeführt werden, um diese effektiv zusammenzubringen? Welche weiteren methodischen Elemente sollten daran ansetzen, um einen Mehrwert zu generieren, der die Summe der Einzelergebnisse des Forschungsprogrammes übersteigt? Von welcher Art kann dann ein solcher Mehrwert sein und welche Rolle spielt dabei die Begleitforschung? Dabei stehen die Neu- und Weiterentwicklung methodischer Elemente der Begleitforschungsarbeit im Mittelpunkt.

Auf der Basis projektbezogener Textdateien wie Projektanträge und Projektskizzen, die semantisch analysiert werden, werden die jeweiligen Forschungsprojekte mit inhaltlichen Merkmalen versehen. Außerdem entsteht auf dieser Basis ein umfassender Schlagwortkatalog, in dem alle identifizierten Schlagwörter strukturiert, basierend auf einem kontrollierten Vokabular, erfasst werden. Auf Basis der themenbasierten Merkmale der Projekte innerhalb eines Forschungsprogrammes wird die Vernetzung der Akteure initiiert und mithilfe eines Netzwerkgraphen visualisiert. Dies ist die Grundlage für einen stetigen Syntheseprozess, der maßgeblich durch verschiedene Veranstaltungsformate gestützt wird.

Am Beispiel des vom BMEL im Rahmen des Innovationsprogramms geförderten Forschungsprogramms „Klimaschutz in der Landwirtschaft und Anpassung der Agrarproduktion an die Folgen der Erderwärmung“, werden diese methodischen Elemente der Begleitforschung im Rahmen der Dissertation präsentiert und in der direkten Anwendung vorgestellt.

Das Begleitforschungsprojekt mit dem Akronym KLIMAGRAR stellt für das BMEL ein Pilotprojekt dar, weil (1) diese Begleitforschung selbst als ein Forschungsprojekt mit eigenen Forschungszielen konzipiert und damit ein Projekt unter vielen weiteren im Forschungsprogramm war, weil (2) die Begleitforschung bereits vor Beginn der Förderung der anderen 32 BMEL-Projekte eingesetzt wurde, um den gesamten Prozess vernetzend und integrativ begleiten zu können und weil (3) im Rahmen dieses Prozesses methodische Elemente entwickelt wurden, wie die semantische Analyse der Antragstexte der jeweiligen Projekte, die Vernetzung dieser Projekte auf Basis der identifizierten thematischen Schwerpunkte sowie die Nutzung dieser Informationen zur Etablierung von Veranstaltungsformaten. Da die methodischen Elemente im laufenden Forschungsprozess entwickelt und zeitgleich angewandt

wurden, kam es immer wieder zu Anpassungen und Neujustierungen der Arbeitsweise. Dieser prozessuale Charakter des Ansatzes erklärt den sich durch alle Kapitel der vorliegenden Dissertation ziehenden diskursiven Stil.

Die neuen methodischen Elemente sollen eine Herangehensweise für die Begleitforschung ermöglichen, die es gewährleistet, ein Zusammenwirken der Akteure auf Basis konkreter Inhalte zu etablieren. Gleichzeitig soll aufgezeigt werden, dass durch die Implementierung einer Begleitforschung die Prozesse innerhalb eines Forschungsprogramms optimiert werden können und am Ende ein Mehrwert als Gesamtergebnis erzielt werden kann, der mehr darstellt, als die reine Summe aller Einzelergebnisse.

Die inhaltliche Gliederung der vorliegenden Dissertation beginnt in Kapitel 1 mit der Einführung in die theoretischen Hintergründe der Begleitforschung. Im folgenden Kapitel werden das Fallbeispiel der Begleitforschung KLIMAGRAR sowie dessen Hintergründe ausführlich beschrieben. Die methodischen Elemente und ihre Anwendung im Kontext dieser Begleitforschung werden in Form eines Ergebnisses im dritten Kapitel vorgestellt. In Kapitel 4 werden die Inhalte der vorigen Kapitel analysiert und diskutiert und Rückschlüsse gezogen. Daraus resultiert auch die Einschätzung des Mehrwertes einer Begleitforschung aus unterschiedlichen Betrachtungswinkeln.

1. Begleitforschung

Die Integration eines Begleitforschungsprojektes in ein Forschungsprogramm¹ gibt einem Projektträger und der Forschungsförderung die Möglichkeit, zusätzliche Impulse hinsichtlich der Ausgestaltung des Forschungsprogrammes und des übergeordneten Kenntnisgewinns zu setzen. Doch was verbirgt sich eigentlich hinter dem Begriff Begleitforschung?

Die Begleitforschung kann ein zusätzliches Projekt oder ein beauftragter Akteur innerhalb einer Forschungsgemeinde² sein. Nach Defila und Di Giulio (2016) und Kaufmann-Hayoz (2013) kann zwischen drei theoretischen, analytisch trennbaren Reinformen der Gestaltung und Umsetzung der Begleitforschung unterschieden werden:

- (1) Die Begleitforschung agiert als inhaltlich ergänzende Instanz zu den thematisch orientierten Förderprojekten („komplementär“),
- (2) die Begleitforschung agiert als prozessorientierte Instanz, deren Schwerpunkt in der Erforschung der Prozesse und Dynamiken innerhalb des Forschungsprogramms selbst liegt („meta“) oder
- (3) die Begleitforschung agiert als integrierende, synthetisierende Instanz und verstärkt die Diffusion der Forschungsergebnisse, indem sie die Vernetzung im Forschungsprogramm und den Transfer nach „draußen“, also in die Gesellschaft, die Praxis, die Politik etc. fördert („Synthese“).

Wird aus Sicht der Projektförderung nach Bekanntmachung und Beginn eines Forschungsprogrammes deutlich, dass einzelne thematische Schwerpunkte zu wenig oder gar nicht besetzt sind, kann eine Begleitforschung in komplementärer Rolle eingesetzt werden (1). In diesem Fall liegt der Fokus darauf, inhaltliche Lücken im Forschungsprogramm hinsichtlich des ursprünglich verfolgten Themenkomplexes zu schließen. So agiert die Begleitforschung wie ein zusätzliches und parallel zu den anderen laufendes Forschungsprojekt. Ein charakteristisches Merkmal für diese Form ist, dass diese Begleitforschung ihre Arbeit in der Regel später als die anderen Projekte aufnimmt, um gezielt auf offen gebliebene Fragestellungen eingehen zu können.

Parallel zu, und gewissermaßen isoliert von, den übrigen Projekten, auf der Metaebene, agiert eine Begleitforschung, wenn sie sich auf die Erforschung der Prozesse innerhalb des

¹ Der Begriff *Forschungsprogramm* bezeichnet den Zusammenschluss der drei Bekanntmachungen, also der Förderlinien Boden, Pflanzenbau und Tierhaltung (s. Kap. 2.4; vgl. Defila und Di Giulio (2018)). Als Forschungsgemeinde wird im Kontext der vorliegenden Dissertation demnach die umfassende Zahl der involvierten Akteure bezeichnet.

² Ähnlich wie der Begriff *Forschungsprogramm* wird der Begriff *Forschungsgemeinde* in der vorliegenden Dissertation mit Bezug auf alle in das Forschungsprogramm involvierten Projekte und Einzelpersonen genutzt und dient vor allem der sprachlichen Differenziertheit.

Forschungsprogrammes fokussiert (2). Das heißt, in diesem Fall werden die Forschungsprojekte selbst und u.a. deren Zusammenarbeit zum Gegenstand der Forschung. Gerade mit Blick auf künftige Forschungsförderung kann eine solche Begleitforschung eingesetzt werden, um Einblicke in die ablaufenden Prozesse zu erhalten und Erkenntnisse zur Optimierung zu gewinnen.

Am stärksten in die Geschehnisse innerhalb des Forschungsprogrammes involviert ist die Begleitforschung im Sinne der dritten theoretischen Reinform (3), die auf eine Förderung der Vernetzung der Akteure sowie die Synthesebildung abzielt. Außerdem setzt sie sich für die Sichtbarkeit, beispielsweise durch die Vertretung des Forschungsprogrammes in unterschiedlichen Kontexten, und den Transfer der Ergebnisse des Forschungsprogrammes ein. Zielt die Forschungsförderung auf einen Mehrwert ab, der über individuelle Projektergebnisse hinausgehen soll, eignet sich diese dritte Form der Begleitforschung. Im Gegensatz zu den anderen beiden Formen existiert diese also nicht parallel und weitestgehend unabhängig von den übrigen Projekten, sondern kooperiert mit diesen. Sie nutzt ihre Position, um die Zusammenarbeit innerhalb der Projektgemeinde zu stärken, animiert, moderiert und begleitet diese Prozesse (Defila & Di Giulio, 2016).

Die drei vorgestellten Reinformen der Begleitforschung sind zwar analytisch voneinander zu trennen, in der Umsetzung werden sie jedoch häufig vermischt bzw. miteinander kombiniert. Für die KLIMAGRAR-Begleitforschung und damit im Zuge dieser Dissertation wurden diese Ansätze zum Ausgangspunkt, um daran mit eigenen methodischen Ansätzen anzuknüpfen und so die Arbeitsweise und den Methodenkasten einer Begleitforschung um einige Elemente zu erweitern (siehe Kap. 3).

Neben den unterschiedlichen Formen der Begleitforschung, die sich meist von den übrigen Projekten unterscheiden, gestaltet sich auch die Rolle oder Verortung innerhalb des Forschungsprogrammes anders. Diese wird immer mit Bezug auf die anderen Forschungsprojekte festgelegt, sei es als Reaktion auf inhaltliche Lücken im Forschungsprogramm, als prozessorientierter Beobachter auf der Metaebene oder als vernetzender Akteur inmitten der Forschungsgemeinschaft. Geht es für die Begleitforschung darum, komplementär zu den Förderprojekten inhaltliche Lücken zu füllen, ist eine besondere Interaktion mit den weiteren Akteuren nicht notwendig. Baut der Erkenntnisgewinn jedoch auf den Teil- und Endergebnissen der Förderprojekte auf, so entsteht eine gewisse Interdependenz. Ungeachtet dessen kann eine Begleitforschung nicht nur einzig und allein agieren, um Ergebnisse Anderer abzugreifen, während der dabei gewonnene, erweiterte Erkenntnisgewinn keinen Mehrwert für die ursprünglichen Forschungsprojekte im übrigen Forschungsprogramm erkennen lässt. Geht

es um die Prozesse, die in einem Forschungsprogramm stattfinden, sind die Forschungsprojekte selbst Gegenstand der Untersuchungen, gleichbedeutend mit der o.g. Abhängigkeit. Für diejenige Art der Begleitforschung, die die Zusammenarbeit innerhalb des Forschungsprogrammes verstärken und Synergien schaffen will, zeichnen Defila und Di Giulio (2018, S. 100) das treffende Bild von einer „arrangierten Heirat“ – das heißt, die Forschungsprojekte und auch die Begleitforschung müssen kooperieren, ohne den ausdrücklichen Wunsch beider Seiten. Letzten Endes muss es der Begleitforschung im Verlauf der Zusammenarbeit gelingen, für alle Beteiligten den Mehrwert erkennbar zu machen.

Diese unterschiedliche Verortung im Sinne der Rolle, die die Begleitforschung zwischen den unterschiedlichen Akteuren annimmt, spiegelt sich auch im Umgang mit den Fördermittelgebern wider. Dabei ist die Art und Weise des Umgangs sehr davon abhängig, welche Zielsetzung verfolgt wird. Je aktiver die Begleitforschung in der Forschungsgemeinde auftritt und je integrativer gearbeitet wird, desto mehr potentielle Spannungspunkte entstehen zwischen Begleitforschung und Projektförderung. Ein Beispiel dafür ist die Integrität der Begleitforschung, wenn es um vertrauliche Inhalte aus den Forschungsprojekten geht. Logischerweise hat die Projektförderung ein Interesse an allen Informationen aus den Projekten, insbesondere an denen, an sie selbst nicht unbedingt gelangt, während die Begleitforschung in interne Prozesse involviert sein kann. Andererseits kann der verkürzte Kommunikationsstrang zum Fördermittelgeber im Sinne eines effektiveren Transfers aus der Wissenschaft zu politischen Entscheidungsträgern auch für die Projektgemeinde von Vorteil sein (s.a. Kap. 4.1.6).

In ausgewählten Forschungskontexten wurden bereits unterschiedliche Formen der Begleitforschung eingesetzt (u.a. Defila & Di Giulio, 2018; Weith et al., 2019). Einige Autoren haben im Zuge dessen von ihren Erfahrungen aus der eigens durchgeführten Begleitforschung berichtet, sich mit Prozessen der Begleitforschung oder zumindest mit ähnlichen Herangehensweisen befasst. In der internationalen Literatur findet man z.B. überwiegend den Begriff *accompanying research* (Christensen et al., 2016; Fiedeler et al., 2010; Weith et al., 2019) – eine einheitliche, deckungsgleiche Definition dessen, was genau die Begleitforschung ausmacht, gibt es jedoch nicht. Dass dabei auch der sprachliche Wechsel aus dem Deutschen ins Englische eine Rolle spielen kann, wird u.a. von Fiedeler et al. (2010) beschrieben, mit dem Hinweis darauf, dass es im Grunde keine inhaltlich äquivalente Übersetzung des deutschen Wortes Begleitforschung ins Englische gäbe und man sich deshalb mit der wortwörtlichen Übersetzung *accompanying research* weiterhelfe. Weith et al. (2019) stellen ihrerseits den Versuch an, *accompanying research* als eine Art der Wissenschaft zu definieren, die an der

Schnittstelle zwischen Politik und Wissenschaft agiert und dabei Teil einer Forschungsgemeinde ist und andere Mechanismen verfolgt als die „herkömmlichen“ Forschungsprojekte. Sie wird als relationales Konzept bezeichnet, weil es für die Begleitforschung immer auch darum geht, die Aktivitäten im Forschungsprogramm miteinander in Beziehung zu setzen (Fiedeler et al., 2010). Wehrden et al. (2019) beschreiben *accompanying research* als eine Meta-Methode, die, wie bereits vorher anklang, nicht die üblichen Herangehensweisen verfolgt, wie etwa die Datenakquise und -prozessierung, sondern im Kern Forschungsbeziehungen betrachtet. Mittlerweile wird auch seitens der Bundeszentrale für politische Bildung (BPB) im Politlexikon eine Definition der Begleitforschung angeboten. Dort heißt es, Begleitforschung sei „eine wissenschaftliche Arbeit mit dem Ziel, Daten und Informationen zu gewinnen, die es erlauben, die Wirksamkeit und den Nutzen wirtschaftlicher, technischer oder politischer Maßnahmen und Programme abzuschätzen, um diese ggf. zu ändern oder zu beenden“ (Schubert & Klein, 2021).

Demnach gibt es unterschiedliche Auffassungen von Begleitforschung, ihrer Rolle (z.B. in einem Forschungsprogramm) und der Art und Weise, wie sie zum Erkenntnisgewinn in einer Forschungsgemeinde beiträgt. Besonders ist der methodische Charakter, der eine Begleitforschung prägt. Wie die Begriffe *Vernetzung*, *Synthese* und *Transfer* schon suggerieren, geht es um übergreifende, um integrationsorientierte Arbeiten, die Zielstellungen jenseits von disziplinären Grenzen ins Auge fassen und die Adressatengruppe um nichtwissenschaftliche Akteure erweitert. Kurzum, diese Form der Begleitforschungsarbeit ist interdisziplinäre und oftmals auch transdisziplinäre Arbeit.

1.1. Inter- und transdisziplinäres Arbeiten sowie verschiedene Modi der Wissensentwicklung

Im vorherigen Kapitel klang bereits mehrfach an, dass sich der inhaltliche wie auch der methodische Fokus einer Begleitforschung von dem eines „üblichen“ Forschungsprojektes unterscheidet. Generell könnte man auch sagen, dass mit der Begleitforschung, wie sie im vorliegenden Beispiel KLIMAGRAR (s. Kap. 2.4.1) durchgeführt wurde, der Versuch unternommen wird, die Konzentration auf reine wissenschaftliche Disziplinen und deren Inhalte zu durchbrechen und diese zu gemeinsamen, disziplinübergreifenden Fragestellungen zur Zusammenarbeit zu führen. Auch wenn beispielsweise von Wehrden et al. (2019) der Begriff *Begleitforschung* nicht explizit erwähnt wird, so beschreiben sie die Rolle eines inter- oder transdisziplinären Vermittlers, der integrative Forschungsansätze fördert, und damit sehr ähnliche Prozesse verfolgt, wie sie zum Beispiel in der dritten Reinform von Defila und Di Giulio (2016) und Kaufmann-Hayoz (2013) beschrieben werden. Das kann zumindest als

Hinweis darauf gewertet werden, wie eng die Begriffe *Begleitforschung* sowie *Inter- und Transdisziplinarität* miteinander verknüpft sind. Dazu gilt es einen kurzen theoriegeleiteten Exkurs zu machen.

1.1.1. Interdisziplinarität und Transdisziplinarität

Um sich der Unterscheidung dieser Begriffe zu nähern, rückt zunächst folgende Frage in den Blick: Was ist eigentlich eine *Disziplin*? Nach Defila und Di Giulio (1998) bezeichnet der Begriff *Disziplin* einen bestimmten, eingegrenzten Teil der Wissenschaft, der fest umrissen und von anderen unterscheidbar ist. Die heutigen wissenschaftlichen Disziplinen sind historisch entstanden, sie wandeln sich jedoch nach wie vor (Mittelstraß, 2005). Einzelne Teildisziplinen brechen aus der ursprünglichen Disziplin aus und bilden eine neue. Zur Identität einer Disziplin gehören demnach unter anderem ein relativ homogener Kommunikationszusammenhang wie auch ein bestimmtes Paket an Wissen und Methoden sowie eine eigene Fachsprache (ebd.). Mit Blick auf die Art und Weise der Wissensproduktion (engl. *knowledge production*) haben Gibbons et al. (1994) eine Unterteilung vorgeschlagen und die als disziplinär zu verstehenden Vorgänge als *Modus I* bezeichnet. Dieser *Modus I* ist gekennzeichnet als die „traditionelle“ Form der Erkenntnisgewinnung mit Fokus auf fachspezifische Probleme und eher rein kognitive Kontexte – insbesondere anwendungsferne Grundlagenforschung.

Mit den Worten von Mittelstraß (2005, S. 19) bedarf es jedoch anderer Ansätze, „wenn uns die Probleme, wissenschaftliche wie außerwissenschaftliche, nicht den Gefallen tun, sich selbst disziplinär oder gar fachlich zu definieren.“ Interdisziplinarität oder interdisziplinäre Ansätze durchbrechen die fachspezifischen (disziplinären) Grenzen und werden vor allem durch fächerübergreifende Kooperationen definiert. Dabei kommen (mindestens) zwei Parteien mit unterschiedlichen fachlichen Hintergründen zusammen und arbeiten gemeinsam auf ein bestimmtes Ziel hin. Der Kern der interdisziplinären Zusammenarbeit liegt darin, gemeinsam an genau den Teilaspekten von Themenkomplexen zu arbeiten, die für alle relevant sind, also gemeinsame Nenner in disziplinübergreifenden Themenbereichen zu finden (Defila & Di Giulio, 1998). Diese gemeinsamen Nenner haben möglicherweise in den jeweiligen Disziplinen unterschiedliche Bedeutungen oder sind von unterschiedlicher Relevanz, trotzdem können mehrere Fachbereiche dazu beitragen.

Anhand eines Exkurses im Zusammenhang mit der Begleitforschung KLIMAGRAR und den weiteren Projekten aus dem später vorgestellten Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (s. Kap. 2) lässt sich verdeutlichen, wie eine solche interdisziplinäre Zusammenarbeit zu einem Themenkomplex aussehen kann. Das

Beispiel der Stickstoffproblematik, das im Forschungsprogramm als ein zentraler Themenkomplex identifiziert wurde (s. Kap. 3.5.2.1), führte verschiedene Forschungsprojekte zusammen, die ihren Schwerpunkt in unterschiedlichen Disziplinen hatten. Jeweils in Einzeldisziplinen wurden Möglichkeiten erforscht, die Düngerapplikation in der Bodenbewirtschaftung zu optimieren und damit zu reduzieren. Manche befassten sich mit pflanzenbaulichen Maßnahmen wie dem Zwischenfruchtanbau, um den nach der Ernte noch im Boden befindlichen Stickstoff im System zu halten, mit positiven Auswirkungen auf die Minderung der Emission von Distickstoffmonoxid sowie die Verringerung der Nitrat- auswaschung. In der Pflanzenzüchtung sollten unter anderem Weizengenotypen selektiert werden, die bei reduzierter Stickstoffdüngung keine Ertragseinbußen vorweisen. Und auch in der Tierhaltung spielte dieses Thema in unterschiedlicher Weise eine Rolle, zum einen in der Fütterung und dem Proteingehalt in Futterpflanzen, zum anderen bei Verdauungsprozessen und den Ausscheidungen, die wiederum Stickstoff enthalten (z.B. in Form von Harnstoff) – und damit schloss sich der Kreislauf. Üblicherweise werden solche Themen losgelöst voneinander in einzelnen (Teil-)Disziplinen wie der Tierernährung oder dem Pflanzenbau betrachtet und Lösungen für einzelne Stellschrauben im bestehenden System verfolgt. Ein interdisziplinär angelegter Forschungsansatz bietet hier die Möglichkeit, die Forschung zu den jeweiligen Themen aus den Einzeldisziplinen heraus zu nehmen und in den übergeordneten Kontext der Stickstoffproblematik mit vor- und nachgeschalteten Problematiken zu stellen. Nach Hicks und Katz (1996) gibt es – zumindest aus heutiger Sicht – bereits seit mehreren Jahrzehnten einen Trend hin zu mehr interdisziplinärer Forschung im wissenschaftlichen System. Dieser Trend wird von Bruce et al. (2004)³ mit dem verstärkten Aufkommen gesellschaftlicher Problemfelder in ebendieser Zeit in Zusammenhang gestellt. Problemfelder, die nicht einzeldisziplinär zu lösen sind und daher interdisziplinäre Forschungsansätze mit integrativem Charakter benötigen.

Als ein Teil interdisziplinärer Arbeit oder auch als Untergliederung dieses Arbeitsfeldes wird die Transdisziplinarität verstanden (Defila & Di Giulio, 2018). Pohl und Hirsch Hadorn (2007) attestieren transdisziplinärer Forschung insbesondere dann eine Relevanz, wenn es um ein gesamtgesellschaftliches Problem geht, es hinsichtlich des Problems gewisse Unsicherheiten oder Erkenntnislücken gibt sowie die genaue Ursache des Problems umstritten ist und für die involvierten Akteure eine Menge auf dem Spiel steht. Auch Defila und Di Giulio (1998) bemühen diesen Kontext zur Lösung gesellschaftlicher Probleme, verdeutlichen aber

³ Es waren auch diese Autoren (Bruce et al., 2004), die im Zuge eines europäischen Forschungsprogramms (European Commission's Fifth Framework Program (FP5)) als eine Art interdisziplinäres Integrationsprojekt agierten und im Rahmen einer Projekt-Evaluierung Erkenntnisse hinsichtlich der Motivation für, des Mehrwertes von, aber auch der Hürden für interdisziplinäre Forschung gewannen (s.a. Kap. 4.1).

das Verhältnis von Wissenschaft und Praxis, also meist anwendungsorientierter Forschung. Ganz im Sinne der in dieser Arbeit anhand des Fallbeispiels KLIMAGRAR adressierten übergeordneten Thematik des Klimaschutzes und der Klimaanpassung in der Landwirtschaft (s. Kap. 2) beschreiben sie anwendungsorientierte Forschung als „oft interdisziplinäre Forschung, die gemeinsam mit den Anwenderinnen und Anwendern entwickelt und durchgeführt wird. Sie überschreitet in diesem Fall die Grenzen des Wissenschaftssystems und wird dann „transdisziplinär“ genannt“ (Defila & Di Giulio, 1998, S. 115). Dazu passt auch das Gegenstück zu Gibbons et al. (1994) Erkenntnisgewinnung nach *Modus I*, nämlich der sogenannte *Modus II*, als eine (zumindest damals) neue Form der Wissensproduktion in einem transdisziplinären, breiter gefassten Kontext. Im Kontrast zum ersten Modus geht es hier um anwendungsorientierte Forschung, die transdisziplinäre Vorgehensweisen und damit das Überschreiten der „Grenzen des Wissenschaftssystems“ mit einschließt. Andere Autoren, wie zum Beispiel Bruce et al. (2004), haben den Ansatz der unterschiedlichen Modi von Gibbons et al. (1994) zusätzlich auf Interdisziplinarität per se abgebildet. Transdisziplinäre Forschung bringt in vielerlei Hinsicht Mehrwerte mit sich: Zunächst ist ein positiver Effekt, dass die Komplexität eines (gesellschaftlich relevanten) Problems greifbar gemacht wird und unterschiedliche Auffassungen eines Problems seitens unterschiedlicher Akteursgruppen in Betracht gezogen werden können (Pohl & Hirsch Hadorn, 2007). Letzten Endes kann so ein Prozess entstehen, der Kenntnisse und Praktiken hervorbringt, die zum Allgemeinwohl beitragen. Defila und Di Giulio (2015) betonen außerdem die Einbindung der (zukünftigen) Nutzer bzw. „Umsetzer“ der im Forschungsprogramm adressierten Inhalte, im Gegensatz zur Einbindung von „Stakeholdern“. Dabei geht es darum, neben den (wissenschaftlich) zertifizierten Experten auch solche mit Erfahrungswerten in den Prozess einzubinden.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird ein Verständnis von Interdisziplinarität und Transdisziplinarität zugrunde gelegt, das so dem Ansatz von Defila und Di Giulio (1998) folgt: Interdisziplinarität gilt als integrationsorientierte Kooperation zwischen Akteuren unterschiedlicher Fachdisziplinen. Transdisziplinarität involviert die akteursbezogene, anwendungsorientierte Sichtweise und stellt so eine besondere Form der problemorientierten Interdisziplinarität dar.

Die Begleitforschungsarbeit vereint interdisziplinäre wie transdisziplinäre Aspekte, indem sie integrativ arbeitet und Akteure unterschiedlicher Bereiche vereint. Begleitforschungsarbeit tritt vor dem Hintergrund komplexer gesellschaftlicher Problemstellungen als problemorientierter, interdisziplinär agierender Akteur in Erscheinung. Dieser (neue) Forschungsmodus ist aus der Entwicklung erwachsen, dass „die Wissenschaft“

gesellschaftliche Probleme nicht (nur) heruntergebrochen auf disziplinäre Sichtweisen angehen, sondern sich diesen übergreifend in ihrer Komplexität stellen sollte. Dieses problemorientierte Design der Forschung kann auch in einem transdisziplinären Ansatz verfolgt werden (s.u.). Vergleichbar mit der vorher beschriebenen Begleitforschung, verlangt problemorientierte interdisziplinäre Forschung den Beteiligten einiges ab: Die Problemlösung kann nur wirklich gelingen, wenn eine tatsächliche Integration stattfindet, die wiederum durch intensive Kommunikation und Zusammenarbeit bedingt ist. Aus Einzeldisziplinen kommend gilt es, eine einheitliche Sprache und Problemsicht zu etablieren und den Transfer in die Gesellschaft, vor allem in die Praxis, hinein zu stärken – womit sich der Kreis zu Gibbons et al. (1994) und einem neuen Modus der Wissensgewinnung schließt.

Zusätzlich zu der disziplinorientierten Forschung in den herkömmlichen Forschungsprojekten kommt also mit einem Projekt, das durch inter- und transdisziplinäre Ansätze geprägt ist, eine weitere, spezielle Dimension hinzu. Um letzten Endes zu einem gemeinsamen Ergebnis zu gelangen, das mehr ist als die reine Aneinanderreihung von Einzelergebnissen, und, damit diese problemorientierte Herangehensweise zur Lösung gesellschaftlich relevanter Probleme beitragen kann, haben Defila und Di Giulio (1996) einen konzeptionellen Ansatz vorgeschlagen, der im Grunde einen Kriterienkatalog zur Qualitätskontrolle inter- und transdisziplinärer Arbeit umfasst.

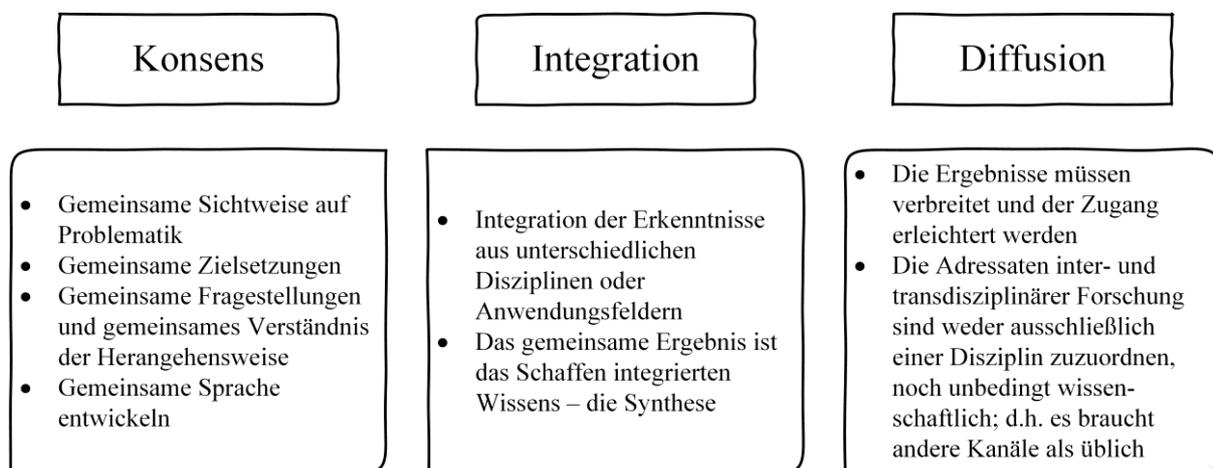


Abb. 1: Konzeptionelle Idee der Qualitätskriterien inter- und transdisziplinärer Forschung im Überblick (nach Defila & Di Giulio, 1996).

Diese drei Voraussetzungen oder auch Ebenen der inter- und transdisziplinären (Zusammen-)Arbeit sind in Abbildung 1 dargestellt. Die erste davon ist der *Konsens* und umfasst die Etablierung einer gemeinsamen Sprache, einer Art gemeinsamen Identität zwischen den Akteuren. Innerhalb eines Forschungsprogrammes bedeutet das unter anderem, dass sich alle in den einzelnen Projekten involvierten Akteure mit dem Forschungsprogramm und den

übrigen Projekten identifizieren. Diese Basis kann man nutzen, um eine gemeinsame Sichtweise zu schaffen und daraus gemeinsame Zielsetzungen abzuleiten. Die zweite Ebene ist die *Integration* als wesentlicher Baustein dieser problemorientierten Forschung. Es geht darum, im Laufe des gesamten Forschungsprozesses, also von Beginn an, eine integrative Denkweise einfließen zu lassen und an die Rolle jedes einzelnen Bausteins im Gesamtsystem zu denken – wiederum eine Parallele zum o.g. relationalen Konzept der Begleitforschung (Fiedeler et al., 2010). Defila und Di Giulio (1996) heben an dieser Stelle hervor, dass genau der Fokus auf inter- und transdisziplinäre Forschung einen Nerv in einem Umfeld treffen kann, das in disziplinerorientierter Forschung feststeckt. Drittens ist vor allem eine Begleitforschung gefordert, diese rein disziplinerorientierten Prinzipien aufzubrechen und den Mehrwert eines inter- bzw. transdisziplinären Vorgehens zu verdeutlichen. Außerdem kann für dieses Qualitätskriterium, also eine zielorientierte, themengeleitete Arbeitsebene, eine von Beginn an verfolgte Vernetzung der Akteure eine ganz wichtige Rolle spielen und die Synthesebildung (auf Basis der Integration) entscheidend stärken. Anhand dieser Beschreibung wird auch deutlich, dass das gemeinsame Produkt in Form eines Gesamtergebnisses des Forschungsprogrammes mehr ist als nur die reine Addition der Einzelergebnisse. Die dritte Voraussetzung ist die *Diffusion*, also die Verbreitung und das zur Verfügung stellen dieser Synthese. Dass es bei inter- und transdisziplinärer Arbeit andere Kanäle der Wissensvermittlung bzw. der Verbreitung von Ergebnissen benötigt, wird durch die anders geartete Forschungspraxis deutlich. Diese Grundprinzipien werden in Kapitel 3 wieder aufgenommen und mit dem methodischen Baukasten im Rahmen der Begleitforschung KLIMAGRAR gespiegelt.

1.2. Exkurs: Orchestrieren

Um die beschriebenen Eigenschaften einer Begleitforschung vor allem mit Blick auf die Vernetzung der Akteure nachzuvollziehen, lässt sich der Begriff des *Orchestrierens* heranziehen. Gerade mit Blick auf Innovationsnetzwerke ist die Verwendung des Begriffs nicht neu. Dhanaraj und Parkhe (2006) beschreiben solche Orchestrateure als Akteure, die ein besonderes Augenmerk auf den Wissensaustausch in einem Netzwerk legen, z.B. indem eine gemeinsame Identität geschaffen wird – ein Kriterium für inter- und transdisziplinäre Arbeit (s. Kap. 1.1.1). Andere Autoren benutzen zwar nicht den Terminus *Orchestrator* (stattdessen: *Vermittler*), beschreiben aber sehr ähnliche Eigenschaften eines solchen Akteurs im Zusammenhang mit komplexen, „sozio-technischen“ Veränderungen, die eine koordinierte Herangehensweise (van Lente et al., 2003) und deshalb die Vernetzung von Akteuren unterschiedlicher Disziplinen erfordern (Batterink et al., 2010). Allerdings wird der Begriff *Orchestrieren* gerade auch im

umweltpolitischen Kontext als eine Art der indirekten Führungsform verstanden (Abbott & Bernstein, 2015). In diesem Zusammenhang gleicht der *Orchestrator* jedoch mehr einem Strippenzieher, der wiederum Vermittler einsetzt, um Prozesse, wie sie im Rahmen dieser Arbeit beschrieben werden, anzuregen.

In Verbindung mit der Landwirtschaft, vor allem hinsichtlich der Vernetzung von Wissenschaft und Praxis, taucht das *Orchestrieren* ebenfalls auf (Initiativkreis Agrar- und Ernährungsforschung, 2021). Gemeint ist ein Akteur, der besonders mit Blick auf sogenannte Forschung-Praxis-Netzwerke den Transformationsprozess orchestriert.

Dieser kurze Exkurs soll verdeutlichen, wie wichtig diese Rolle in einer Menge unterschiedlicher Akteure mit verschiedenen Hintergründen und Interessen ist. Und, dass dafür die Ausgestaltung der Arbeit in dieser Rolle entscheidend ist.

2. KLIMAGRAR und das Forschungsprogramm

Anschließend an die theoretischen Grundlagen zur Begleitforschung, werden in diesem Kapitel mit der globalen Erwärmung und der klimagerechten Landwirtschaft zunächst die thematischen Hintergründe für das Forschungsprogramm eingeführt. In der Folge geht es um das für die vorliegende Dissertation wesentliche Fallbeispiel der Begleitforschung KLIMAGRAR selbst, in dessen Rahmen die Methodik der Begleitforschung (s. Kap. 3) entwickelt und angewandt wurde.

2.1. Hintergrund: Globale Erwärmung

In der vorliegenden Dissertation wird der Begriff *globale Erwärmung* anstelle von *Klimawandel* bevorzugt, um dem sauberen Umgang mit den Begrifflichkeiten Rechnung zu tragen. *Globale Erwärmung* impliziert schon in der Bedeutung einen der Aspekte, die die Entwicklung seit Beginn der Industrialisierung Mitte des 18. Jahrhunderts im Vergleich mit früheren Situationen in der Klimageschichte besonders macht: Diese Erwärmung ist ein globales und kein lokales oder regionales Phänomen (Neukom et al., 2019). Seit dem Ende der jüngsten Kaltzeit – im Norden Europas die Weichselkaltzeit vor etwa 11.700 Jahren (Walker et al., 2009) – haben sich mit Beginn des Holozäns sehr stabile klimatische Verhältnisse eingestellt. Dass sich diese Situation nun, verglichen mit den zeitlichen Dimensionen der Erdgeschichte, außerordentlich schnell verändert, hat vor allem einen Grund: Die vom Menschen ausgehende Emission von Treibhausgasen (THG), insbesondere Kohlenstoffdioxid (CO₂).

Mauna Loa Observatory, Hawaii Monthly Average Carbon Dioxide Concentration

Data from Scripps CO₂ Program Last updated August 2022

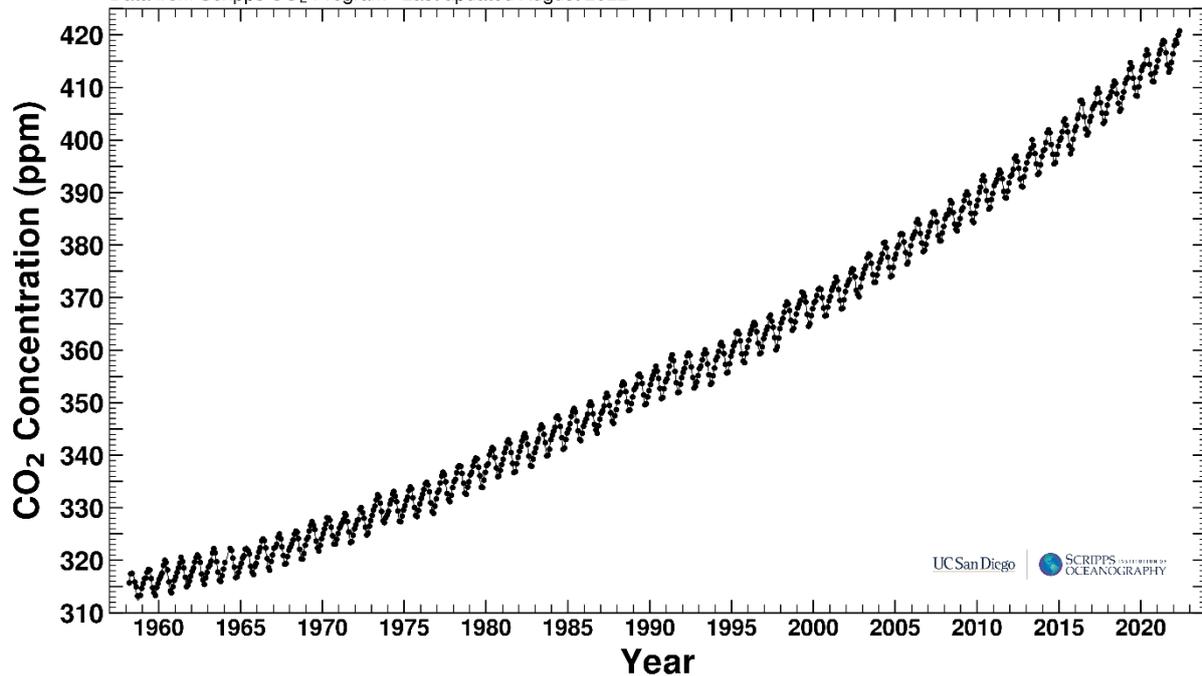


Abb. 2: Die Keeling-Kurve. Diese Kurve (engl. Keeling-Curve) bildet die seit 1958 auf dem Vulkan Mauna Loa auf Hawaii (auf etwa 3400 m Höhe) gemessenen Werte der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre ab (Keeling et al., 2005). Benannt ist sie nach dem initiiierenden Forscher Charles David Keeling. Die Keeling-Kurve steht sinnbildlich für den menschengemachten Klimawandel, da die hier abgetragene CO₂-Konzentration in unmittelbarem Zusammenhang mit der steigenden globalen Mitteltemperatur steht.

Dieser Umstand wird auch mit der Bezeichnung *menschengemachter* (oder *anthropogener*) *Klimawandel* deutlich gemacht. Den Einfluss des Menschen hier hervorzuheben ist wichtig, denn das Klima der Erde schwankt seit Millionen von Jahren zwischen kälteren und wärmeren Perioden (Willeit et al., 2019) – auch ohne Zutun des Menschen. Doch die Rahmenbedingungen, die der Veränderung im Zuge der heutigen globalen Erwärmung zugrunde liegen, zeigen die Bedeutung des Menschen als treibende Kraft auf. Hauptsächlich durch die Energiegewinnung mit fossilen Brennstoffen liegt die heutige CO₂-Konzentration in der Atmosphäre deutlich über den Werten der letzten mehreren hunderttausend Jahre (Lüthi et al., 2008; Petit et al., 1999). Wie stark die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre angestiegen ist, zeigt beispielsweise die nach dem Klimaforscher Charles David Keeling benannte Keeling-Kurve seit Ende der 1950er Jahre (Keeling et al., 2005; Abb. 2). Seitdem ist die Konzentration im globalen Mittel um über 100 ppm auf mittlerweile über 420 ppm (etwa 0,042 Volumenprozent der Erdatmosphäre) angestiegen. In den letzten ca. 800.000 Jahren lag diese nie über 300 ppm (Lüthi et al., 2008). Mit der steigenden Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre geht die stetig steigende globale Mitteltemperatur einher. Im neuesten, sechsten Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), auch als *Weltklimarat* bezeichnet, wird konstatiert, dass jedes einzelne der letzten vier Jahrzehnte

wärmer als das vorangegangene und als jedes andere seit mindestens 1850 war (IPCC, 2021). In der Zeitspanne zwischen 2011 und 2020 war die mittlere globale Temperatur um 1,09°C (Unsicherheitsintervall von 0,95 bis 1,20°C) höher als in der Periode von 1850 bis 1900.

2.1.1. Treiber der globalen Erwärmung

Global net anthropogenic emissions have continued to rise across all major groups of greenhouse gases.

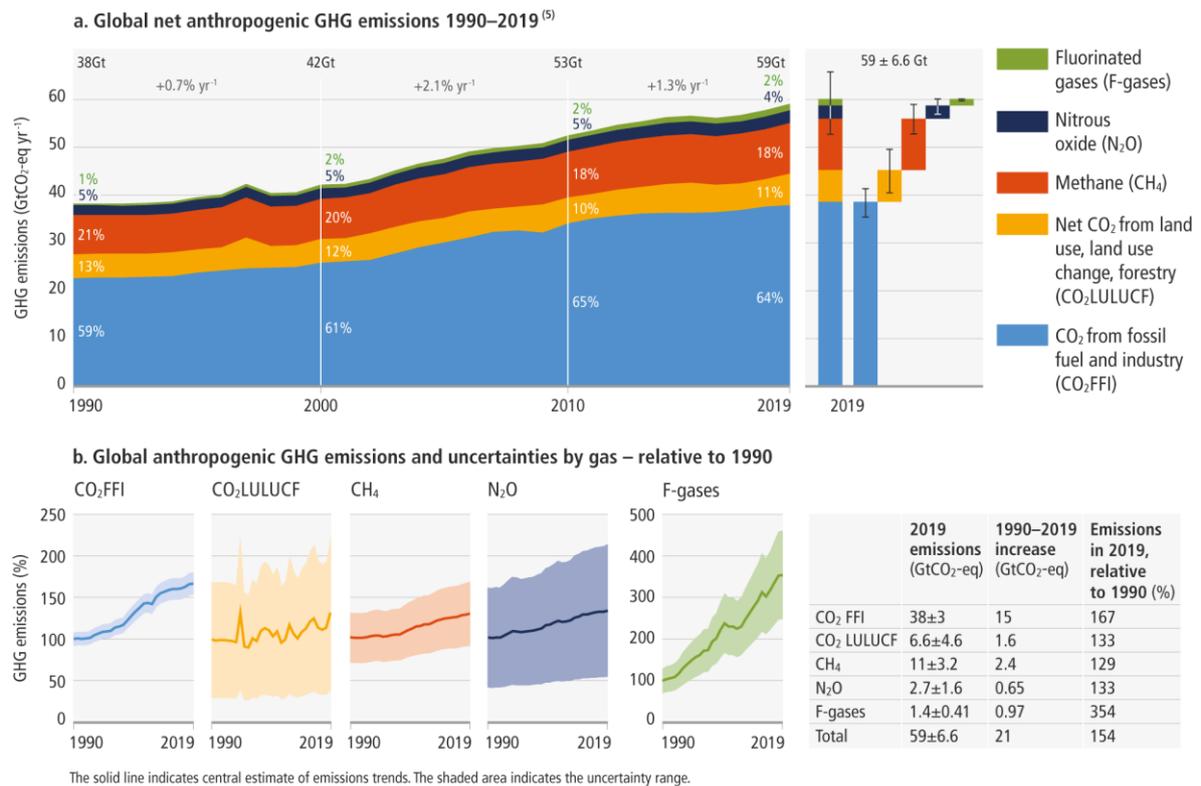


Abb. 3: Übersicht über die weltweiten Netto-Emissionen der bedeutendsten Treibhausgase (THG) Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O) sowie Fluorgase (F-Gase) von 1990 bis 2019 (IPCC, 2022a). Aus dieser Abbildung wird deutlich, dass die Emissionen aller hier betrachteten THG über die Jahre hinweg kontinuierlich angestiegen sind.

Die globale Erwärmung wird im Wesentlichen durch zwei Prozesse induziert: Zum einen durch die Emission von Treibhausgasen aus sogenannten THG-Quellen, zum anderen durch die Zerstörung von THG-Senken – beide Vorgänge führen dazu, dass sich die Konzentration der Treibhausgase, allen voran CO₂ (s. Abb. 2 und Abb. 3), in der Atmosphäre kontinuierlich erhöht hat und weiterhin erhöht. Das mengenmäßig bedeutendste Treibhausgas CO₂ entsteht vor allem durch die Verwendung fossiler Brennstoffe wie Kohle, Öl und Gas in der Energiewirtschaft, im verarbeitenden Gewerbe, im Transport und Verkehr, in sonstigen Gebäuden, Fahrzeugen und Maschinen und vielem mehr. Gleichzeitig führt die Landnutzungswandel, wenn etwa Waldflächen gerodet werden, um Siedlungsfläche zu schaffen oder wenn Moore entwässert werden, um diese landwirtschaftlich zu nutzen, zum kontinuierlichen Verlust der

Treibhausgasen. Das heißt, die natürliche Fähigkeit der Ökosysteme, Kohlenstoff zu speichern, verringert sich oder geht verloren.

Mengenmäßig weniger relevant, dafür aber um ein Vielfaches klimawirksamer, sind die Treibhausgase Methan (CH_4) und Distickstoffmonoxid (N_2O). Um die THG insgesamt miteinander vergleichbar zu machen, werden sie über festgelegte Zeiträume mit einem für das jeweilige Gas spezifischen Treibhauspotential (vgl. Tabelle 2) in sogenannte CO_2 -Äquivalente (CO_2eq) umgerechnet. Obwohl die atmosphärischen Konzentrationen von Methan (1909,9 ppb⁴) und Distickstoffmonoxid (335,4 ppb⁵) deutlich geringer sind, haben die beiden THG einen bedeutenden Anteil an der globalen Erwärmung (s. Abb. 3). Im thematischen Kontext dieser Arbeit sind diese beiden Gase besonders relevant, da ein Großteil der Methan-Emissionen und ein noch größerer Anteil der N_2O -Emissionen in landwirtschaftlichen Prozessen entsteht (vor allem in der Nutztierhaltung und der Bearbeitung landwirtschaftlich genutzter Böden). Neben diesen drei hauptsächlich betrachteten THG, fallen mehr und mehr auch die sogenannten F-Gase (Fluorgase) ins Gewicht, die als Ersatzprodukte für die seit den Beschlüssen des Montreal-Protokolls 1987 verbotenen Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) zum Einsatz kommen. Aus Abbildung 3 geht hervor, dass die globalen Werte für alle Gase weiterhin ansteigen.

2.1.2. Die Zahlen in Deutschland

Der aktuelle Nationale Inventarbericht (NIR; s. Kap. 2.2.1.1.2) zu den Treibhausgasemissionen in Deutschland zeigt auf, dass die Gesamtemissionen im Jahr 2020 etwa 728 Megatonnen (Mt) CO_2eq betragen (Umweltbundesamt, 2022a), wovon über 87 % auf CO_2 entfielen (ca. 639 Mt), knapp 7 % und 4 % auf Methan (ca. 49 Mt CO_2eq) bzw. Distickstoffmonoxid (ca. 28 Mt CO_2eq). In dieser Angabe ist Landnutzung nicht berücksichtigt. Das ist deswegen ein wichtiger Hinweis, als dass in Deutschland, wie auch in Europa, insbesondere Wälder noch als Treibhausgasen fungieren. In Abbildung 3 (a, in orange) hingegen werden im weltweiten Vergleich auch CO_2 -Emissionen aus ebendieser Landnutzung aufgezeigt. Das heißt, anders als in Deutschland und Europa, übertrifft die Emission der natürlichen Ökosysteme, maßgeblich durch Landnutzungsänderung, deren potentielle Senkenfunktion. Die dort abgebildeten Anteile der jeweiligen Gase sind deshalb nur bedingt mit den hier präsentierten Zahlen vergleichbar. Es wird aber trotzdem deutlich, dass der relative Anteil des CO_2 in Deutschland deutlich größer ist als im internationalen Mittel. Die CO_2 -Emissionen, die vor allem aufgrund der hohen

⁴ Global Monitoring Laboratory, Stand vom 05.08.2022 (Dlugokencky, o.J.–a).

⁵ Global Monitoring Laboratory, Stand vom 05.08.2022 (Dlugokencky, o.J.–b).

Nachfrage nach Energie entstehen, können absehbar durch die Nutzung alternativer Energien ersetzt werden. In der Landwirtschaft, in der etwa 65 % der deutschen Methan- und etwa 77 % der N₂O-Emissionen entstehen, können die natürlichen Prozesse nicht so leicht durch alternative Herangehensweisen ersetzt werden. Entsprechend ist davon auszugehen, dass der landwirtschaftliche Anteil an den Gesamtemissionen in den nächsten Jahren steigen wird.

2.1.2.1. THG-Emissionen in der deutschen Landwirtschaft

Aus dem genannten NIR (Umweltbundesamt, 2022a) geht ebenfalls hervor, dass die Landwirtschaft in Deutschland im Jahr 2020 für 56,1 Mt CO₂eq verantwortlich war, was einem Anteil von etwa 7,7 % an den Gesamtemissionen entsprach. Gut 61 % (33,25 Mt CO₂eq) davon gehen auf die Tierhaltung und das nachgeschaltete Wirtschaftsdüngermanagement (die sogenannte *Entmistung*) zurück, etwa 39 % (22,85 Mt CO₂eq) entstammen der Düngung. Den größten Anteil in der Tierhaltung machte die Rinderhaltung mit insgesamt etwa 84 % aus, sowohl im größten Posten, der Verdauung, in der hauptsächlich Methan entsteht, als auch in der Entmistung, in der sowohl CH₄ als auch N₂O entstehen. Lediglich die Schweinehaltung machte noch einen relevanten, aber kleineren Teil der Entmistung aus (knapp 11 %). In der Düngung stechen vor allem die direkten N₂O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden heraus (ca. 14 Mt CO₂eq), zu deren Anteil unter anderem, zu etwa gleichem Maße, die Ausbringung von Wirtschafts- und Mineraldünger beiträgt (je etwa 27 %). Indirekte N₂O-Emissionen durch atmosphärische Deposition und Auswaschung sowie Abfluss von Stickstoff spielte ebenfalls eine, wenn auch kleinere Rolle (ca. 4,63 Mt CO₂eq).

2.1.3. Kohlenstoffsinken in Deutschland

Ökosysteme sind über natürliche Prozesse in der Lage, Kohlenstoff langfristig zu speichern. Wo Kulturpflanzen wie Getreide lediglich über die Vegetationsperiode hinweg durch Photosynthese Kohlenstoff in Form von Biomasse speichern, diesen aber durch die Ernte und Weiternutzung wieder abgeben, sind vor allem Wälder, aber auch Landschaftselemente wie Hecken, in der Lage, Kohlenstoff langfristig in ober- und unterirdischer Biomasse zu speichern (u.a. Drexler et al., 2021). Und insbesondere Moore gelten als bedeutender terrestrischer Kohlenstoffspeicher (u.a. Frolking et al., 2011), zumindest solange sie vom Menschen unberührt bleiben und nicht drainiert werden. Generell dürfen auch landwirtschaftlich genutzte Böden in ihrer Rolle als Kohlenstoffsinken nicht unterschätzt werden (Lal, 2016), vor allem, weil ein hoher Anteil an organischem Kohlenstoff gleich mehrere positive Effekte bringt, zum Beispiel durch die Stärkung der Wasserhaltefähigkeit des Bodens und die Minderung von Erosionsrisiken. Auch aus klimapolitischer Sicht sind landwirtschaftlich genutzte Böden als

natürliche Kohlenstoffspeicher beispielsweise durch die „4per1000“-Initiative im Rahmen der 21. Klimakonferenz in Paris 2015 in den Blickpunkt geraten. Infolge der Ergebnispräsentation der mehrere Jahre dauernden, deutschlandweiten Bodenzustandserhebung im Jahr 2018 wurde die Rolle landwirtschaftlicher Böden als größter terrestrischer Speicher für organischen Kohlenstoff – der Hauptbestandteil des sogenannten Humus – hervorgehoben. Daraus entstand der Appell, die Speicherfähigkeit der Böden zu erhalten und möglichst zu stärken, um zusätzlich Kohlenstoff langfristig speichern zu können. Doch wie steht es um die natürlichen Kohlenstoffsinken in Deutschland und welche Rolle spielt dabei die Landwirtschaft?

Im Jahr 2020 sind vor allem in den Böden und der Biomasse der Wälder sowie in Form von Holzprodukten ca. 54,5 Mt CO₂eq gespeichert worden (Umweltbundesamt, 2022a). Das bedeutet, dass der Wert in der reinen Bilanzierung negativ ist. Auch wenn man sich beispielsweise die Teilquellgruppe Grünland anschaut, stellt man fest, dass auf mineralischen Böden, auf denen eine Grünlandnutzung stattfand, Kohlenstoff gespeichert werden konnte. Dem gegenüber stehen jedoch die Emissionen aus sogenannten organischen Böden, vormals nasse Moorböden, die trockengelegt und dann als Acker- oder Grünland genutzt werden. Als Grünland genutzte organische Böden setzten 2020 zum Beispiel etwa 27,5 Mt CO₂eq, als Ackerland genutzte organische Böden etwa 11,4 Mt CO₂eq frei (ebd.) – fast ausschließlich CO₂-Emissionen. Vor allem diese Emissionen sorgen dafür, dass der sogenannte LULUCF-Sektor (Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forst; vgl. Tabelle 1) in der endgültigen Netto-Bilanz keine so große Kohlenstoffsinke mehr darstellt und den mit THG-Emissionen verbundenen Landwirtschaftssektor kaum noch entlasten kann. Auch zeigen diese Zahlen auf, dass der Anteil der Landwirtschaft, je nach Interpretationslage, auch deutlich größer ausgelegt werden kann als lediglich 7,7 % der Gesamtemissionen.

2.1.4. Folgen der globalen Erwärmung

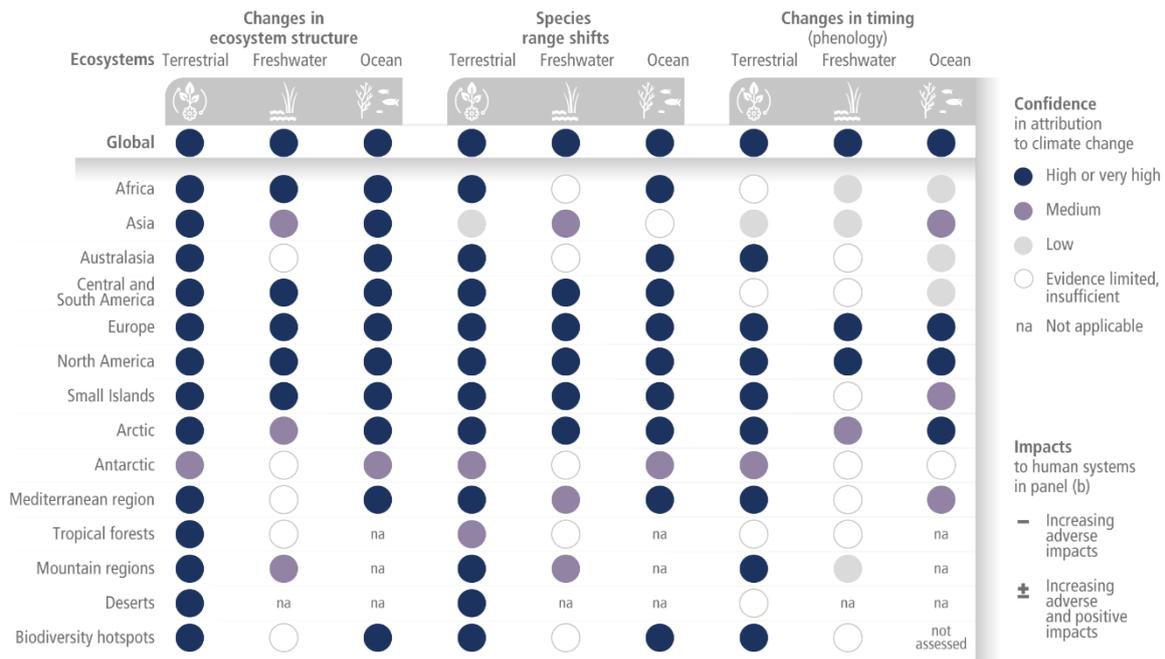


Abb. 4: Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Ökosysteme weltweit. In Europa wirkt sich die globale Erwärmung nicht nur auf die Struktur der Ökosysteme (an Land, im Süßwasser, im Ozean) aus, sondern führt auch zu einer Verschiebung des Artenspektrums und zu einer veränderten Phänologie (IPCC, 2022b).

Ganz grundsätzlich sind die Folgen der globalen Erwärmung überall auf der Welt zu spüren. Die Landwirtschaft als Wirtschaftssektor ist unmittelbar abhängig von Geofaktoren (wie u.a. Klima und Wasserhaushalt), die die natürlichen Rahmenbedingungen für landwirtschaftliche Produktion darstellen. Durch diese Abhängigkeit ist sie stark von den Folgen der globalen Erwärmung betroffen. Dem Kontext dieser Arbeit folgend widmet sich das Kapitel im Folgenden hauptsächlich der Landwirtschaft in Europa und Deutschland. Schon in dieser räumlichen Eingrenzung sind die Folgen regional sehr unterschiedlich ausgeprägt, wirken sich jedoch hauptsächlich negativ aus (European Energy Agency, 2019). Der Pflanzenbau wie auch die Nutztierhaltung sehen sich Veränderungen gegenüber, v.a. geprägt durch veränderte Niederschlagsmuster und räumliche wie auch zeitliche Wasserverfügbarkeit (trockenere Sommer, feuchtere Winter). Gleichzeitig führt die beschriebene Erwärmung zu einem vermehrten Auftreten von Extremereignissen wie Hitzewellen, Starkregen, Dürren, Spätfrösten und anderen Extremen (European Energy Agency, 2019; IPCC, 2021). Für die Landwirtschaft besonders relevant sind auch damit einhergehende, indirekte Folgen der globalen Erwärmung, etwa durch die Neuetablierung oder das verstärkte Auftreten bereits vorhandener Schädlinge und Krankheiten, die durch veränderte klimatische Verhältnisse begünstigt werden. Andere praktische Auswirkungen treffen ebenfalls insbesondere die Landwirtschaft, wenn beispielweise die Temperaturen in den Wintermonaten kaum noch unter den Gefrierpunkt

sinken und damit für manche Winterkulturen wichtige Prozesse nicht oder nur vermindert stattfinden (Wu et al., 2017). Durch Veränderungen bedingte Extreme wie Spätfröste können die vermeintlichen Vorteile einer verlängerten Vegetationsperiode (vgl. Abb. 4), zum Beispiel für den Gartenbau, durch ihre Auswirkungen auf die Planbarkeit landwirtschaftlicher Arbeiten torpedieren (European Energy Agency, 2019). Seit vielen Jahren bewährte Methoden des biotechnischen Pflanzenschutzes, wie Pheromon-Fallen, werden beispielsweise durch steigende Temperaturen beeinträchtigt (El-Sayed et al., 2021). Bereits in den vergangenen Jahren (mit leichter Ausnahme 2021) haben die Böden in Deutschland unter der anhaltenden Dürre gelitten, die mit einem großen Wasserdefizit und dem Verlust der Bodenfeuchte einherging (Boergens et al., 2020). Ein Trend, der sich in Zukunft weiter intensivieren dürfte (Grillakis, 2019; Hari et al., 2020).

Alles in allem sieht sich die Landwirtschaft bereits heute einer steigenden Vielfalt an Problematiken gegenüber, die im Sinne der Klimaanpassung angegangen werden müssen. Die klimapolitischen Entscheidungen der kommenden Jahre werden maßgeblich mitbestimmen, in welchem Ausmaß sich die beschriebenen Folgen noch verstärken, auf welchen Zukunftspfad sich die Menschheit begeben wird (Lee et al., 2021). Aber selbst wenn die gesteckten Klimaziele erreicht werden können und der globalen Erwärmung bei 1,5° Einhalt geboten wird, muss sich die Landwirtschaft auf weitere Veränderungen einstellen. Dabei gilt, dass jedes Bisschen mehr Erwärmung einen verstärkenden Effekt auf Extremereignisse wie Starkregen oder Dürre hat (IPCC, 2021).

Vor diesem Hintergrund wird umso deutlicher, dass die Landwirtschaft, schon um ihretwillen, zur Reduzierung der THG-Emissionen beitragen muss. Gleichzeitig müssen Wege zur Anpassung an die Folgen der globalen Erwärmung gefunden werden.

2.2. Hintergrund: Klimapolitik

Die im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Inhalte zeigen auf: Seitens der Politik stellte und stellt sich nach wie vor die Aufgabe, einerseits die Emission von Treibhausgasen zu reduzieren, um der globalen Erwärmung Einhalt zu gebieten, andererseits mit zunehmender Erwärmung auch die Anpassung an deren Folgen in den Fokus zu rücken. Diese Unterscheidung zwischen Minderung der THG-Emission als Klimaschutz und der Anpassung an die Folgen der globalen Erwärmung soll hier noch einmal verdeutlicht werden, da der Begriff Klimaschutz häufig synonym für beides genutzt wird, genau genommen aber die Emissionsminderung adressiert. Mit fortschreitender Zeit, der kontinuierlich steigenden

Konzentration an THG in der Atmosphäre und der damit einhergehenden globalen Erwärmung ist die Klimaanpassung in den vergangenen Jahren immer präsenter geworden.

2.2.1. Internationale Umweltpolitik mit Fokus auf Klima

Dass die Interventionen der Menschen in natürliche Prozesse, auch durch Landnutzung und deren Änderung, Auswirkungen auf die atmosphärische Komposition der Gase haben könnten, hat beispielweise bereits Alexander von Humboldt vermutet – zu Beginn des 19. Jahrhunderts (Humboldt, 1844, 1850). Ein halbes Jahrhundert später hat der schwedische Chemiker und Physiker Svante Arrhenius eine steigende CO₂-Konzentration in der Atmosphäre mit einer Erhöhung der Temperatur in Zusammenhang gestellt (Arrhenius, 1896). Der Club of Rome, ein Zusammenschluss von Experten aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen, veröffentlichte im Jahr 1972 die vielbeachtete Studie „Die Grenzen des Wachstums“ (Meadows et al., 1972), in der vor allem die Notwendigkeit einer nachhaltigen Entwicklung, zugleich aber auch die Klimawirksamkeit von Treibhausgasen adressiert wurde. Geprägt wurde der Begriff *nachhaltige Entwicklung* aber erst mit der Veröffentlichung des sogenannten *Brundtland-Berichtes* 1987 (World Commission on Environment and Development, 1987), auf dessen Grundlage die Einberufung der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung erfolgte. Auf dieser, auch *Erdgipfel* genannten Konferenz im Jahr 1992, sind einige für die internationale Umweltpolitik entscheidende Ergebnisse erzielt worden, darunter die Agenda 21, die Grundlage für die später formulierten 17 UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung sowie die Klimarahmenkonvention (UNFCCC).

2.2.1.1. Die Klimarahmenkonvention und der IPCC

Für die Bemühungen im Klimaschutz und in der Klimaanpassung wurde aus klimapolitischer Sicht der Grundstein mit der Verabschiedung der Klimarahmenkonvention gelegt. Vier Jahre zuvor wurde der sogenannte Weltklimarat (IPCC) als zwischenstaatliche Institution vom UN-Umweltprogramm (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) gegründet, der im Jahr 1990 den ersten seiner mittlerweile sechs Sachstandsberichte zum Status des Klimas veröffentlichte und damit die wissenschaftliche Grundlage für die Inhalte der Klimarahmenkonvention lieferte. Auch wenn die Informationen rund um die globale Erwärmung damals noch nicht so ausgereift waren wie heute, wurde in der Charta der Klimarahmenkonvention bereits festgehalten, dass die THG-Emissionen der Vertragsparteien mindestens auf das Level des Basisjahres 1990 zurückgesetzt werden müssen (United Nations, 1992).

2.2.1.1.1. Naturwissenschaftliche Grundlagen – die Sachstandsberichte

Im Kern besteht die Aufgabe des Weltklimarates darin, naturwissenschaftliche Grundlagen hinsichtlich der globalen Erwärmung zusammenzutragen, was er mit sogenannten Sachstandsberichten wiederholt in einem fünf bis acht Jahre dauernden Zyklus erfüllt. Für die Bewältigung dieser Aufgabe werden international tausende Wissenschaftler in drei Arbeitsgruppen zusammenberufen, die jeweils einen anderen Schwerpunkt der Sachstandsberichte bearbeiten. Arbeitsgruppe 1 (WG1) widmet sich den wissenschaftlichen Grundlagen der globalen Erwärmung, Arbeitsgruppe 2 (WG2) den Auswirkungen, der Anpassung und der Vulnerabilität sowie Arbeitsgruppe 3 (WG3) der Minderung der THG-Emissionen und der Eindämmung der globalen Erwärmung im Ganzen.

2.2.1.1.2. Treibhausgasbilanzierung

Im Rahmen dieser Aufgaben ist der IPCC noch für einen weiteren, für die Klimapolitik bedeutenden Bereich zuständig: Die Treibhausgasbilanzierung, die auch für die Umsetzung der Ziele im Rahmen folgender internationaler Übereinkommen wichtige Informationen liefert. Bereits im Jahr 1991 wurde für diesen Zweck das IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme (IPCC-NGGIP) aufgelegt, das zunächst in Zusammenarbeit der WG1 und der internationalen Energieagentur (IEA) sowie der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) übernommen wurde. Im Jahr 1998 wurde diese Konstellation durch die Task Force on National Greenhouse Gas Inventories (TFI) abgelöst. Die Aufgabe dieses Zweiges des IPCC ist die Erarbeitung einer international abgestimmten Methodik zur nationalen Treibhausgasbilanzierung. So wurden 1997 in Kyoto die ersten Richtlinien⁶ für die Nationalen Inventarberichte verabschiedet. In mehreren Stufen wurden diese Richtlinien erneuert und dem fortschreitenden wissenschaftlichen Kenntnisstand angepasst. Seither wurden zwei weitere Richtlinien⁷ zur Erfassung der Treibhausgase verabschiedet. In diesem Prozess wurde das sogenannte Common Reporting Framework mit dem Common Reporting Format (CRF) für einzelne Sektoren aufgebaut, geändert und fortgeschrieben (vgl. Tabelle 1).

CRF 1	Energie
<i>CRF 1.A</i>	Fossile Brennstoffe
<i>CRF 1.B</i>	Diffuse Emissionen
CRF 2	Industrieprozesse und -erzeugnisse
CRF 3	Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Landnutzung (AFOLU)
<i>CRF 3.A</i>	Viehhaltung
<i>CRF 3.C</i>	Sammelquellen und Nicht-CO ₂ -Quellen auf dem Land

⁶ Die sog. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

⁷ Die sog. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories und schließlich das sog. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Letztere beziehen auch die sog. Good Practice Guidance 2000 sowie die Good Practice Guidance on LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry) mit ein.

<i>CRF 3.B</i>	Landnutzung, Landnutzungswandel und Forstwirtschaft (LULUCF)
<i>CRF 3.D</i>	Sonstige (Holzerzeugnisse, N ₂ O aus Böden)
CRF 4	Abfall

Tabelle 1: Die Sektoren des Common Reporting Format als Quellgruppen nach den überarbeiteten 2006er Richtlinien des IPCC. Im Kontext dieser Arbeit besonders relevant ist der Sektor CRF 3 AFOLU. Dieser beinhaltet sowohl die landwirtschaftlichen Quellgruppen (CRF 3.A und CRF 3.C) als auch die der Landnutzung und Forstwirtschaft (CRF 3.B und CRF 3.D), auch LULUCF genannt.

Die genannten Emissionszahlen in den Kapiteln 2.1.2 und 2.1.3 basieren auf dem deutschen Nationalen Inventarbericht aus dem Jahr 2022 (Umweltbundesamt, 2022a). Die Berichterstattung erfolgt jedes Jahr über die gesamte Zeitspanne beginnend in 1990 (mit wenigen Ausnahmen) bis zu zwei Jahre vor Einreichung. Das heißt, die offiziellen Zahlen des deutschen Inventarberichtes, der 2022 veröffentlicht wurde, reichen bis 2020. Es ist wichtig zu erwähnen, dass von Jahr zu Jahr die zugrundeliegenden Methoden weiterentwickelt werden, sodass mit jedem neuen Inventarbericht die gesamte Zeitreihe rückläufig aktualisiert wird. Zusätzlich zu diesen Zahlen veröffentlicht das Umweltbundesamt bereits Trendtabellen (Umweltbundesamt, 2022b), die sogar ein Jahr weiter reichen als in den Nationalen Inventarberichten, ansonsten aber identisch sind.

Im Kontext der Inventarisierung der Treibhausgas-Emissionen taucht auch das sogenannte Treibhauspotential (GWP) der einzelnen Gase auf. Über einen bestimmten Emissionsfaktor werden die jeweiligen THG über unterschiedliche Zeiträume miteinander vergleichbar gemacht. Wie die Richtlinien zur Berichterstattung wurde auch das Treibhauspotential der einzelnen Gase mit sich verbesserndem Kenntnisstand im Laufe der Jahre angepasst. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Veränderung der Werte über die Jahre, hervorgehoben sind jene Werte, die bei der deutschen Berichterstattung genutzt wurden.

Veröffentlichung		Zeithorizont	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
IPCC 2006 GL	2006	GWP-100	1	25	298
IPCC AR5	2014	GWP-100	1	28	265
IPCC AR6	2022	GWP-100	1	27,9	273

Tabelle 2: Treibhauspotentiale der Gase CH₄ und N₂O im Vergleich zu CO₂ sowie deren Veränderungen mit wachsendem Kenntnisstand. Hervorgehoben sind die Werte, die bei der offiziellen deutschen Berichterstattung verwendet wurden.

2.2.1.2. Kyoto-Protokoll

Das 1997 zusätzlich zur Klimarahmenkonvention beschlossene Kyoto-Protokoll gilt als Meilenstein in der Klimapolitik. Es trat zwar erst im Jahr 2005 in Kraft, legte aber völkerrechtlich bindende Zielwerte für die Reduzierung der THG-Emissionen in Industrienationen fest. Der Bezugszeitraum für die angestrebte Reduzierung um 5,2 % gegenüber 1990 galt von 2008 bis 2012. Danach sollte es eine zweite Periode von 2013 bis 2020 mit neuen Zielen geben – dieses Vorhaben geriet jedoch zur Farce, da erst mit Ende des Bezugszeitraums

überhaupt ausreichend Vertragsparteien des Kyoto-Protokolls diese zweite Verpflichtungsperiode akzeptierten und der zweite Bezugszeitraum damit praktisch wirkungslos war.

2.2.1.3. *Pariser Übereinkommen*

Umso bedeutender war das Ergebnis der 21. Klimakonferenz (COP21) 2015 in Paris. Wieder ging es darum, für den Folgezeitraum nach dem Kyoto-Protokoll, also ab 2020, Zielsetzungen für die internationale Staatengemeinschaft festzulegen. Das verabschiedete Pariser Übereinkommen beinhaltet eine Vielzahl an Maßnahmen, davon sind zwei zentrale Ziele hinsichtlich der THG-Emissionen hervorzuheben: Zum einen wurde beschlossen, die globale Erwärmung auf weniger als 2° und möglichst auf 1,5° zu begrenzen. Zum anderen wurde beschlossen, dass in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts global eine Balance zwischen Treibhausgasquellen und -senken hergestellt werden soll. Im Gegensatz zum Kyoto-Protokoll bezieht das Pariser Übereinkommen die gesamte Staatengemeinschaft hinsichtlich der Minderung der THG-Emissionen ein, nicht nur die Industrienationen. Teil des Pariser Übereinkommens sind sogenannte *nationally determined contributions* (NDC), in denen die Vertragsstaaten ihre eigenen Zielsetzungen kommunizieren, die jedoch nicht völkerrechtlich bindend sind. Diese NDCs können als Erfahrungswert der jahrzehntelangen klimapolitischen Verhandlungen verstanden werden, da sie als „contributions“, also als Beiträge und nicht als Verpflichtungen, interpretiert werden und damit den Grad der Akzeptanz deutlich gesteigert haben.

2.2.1.4. *UN-Nachhaltigkeitsziele*

Neben den Entwicklungen in der Klimapolitik wurde auch die umfassende Umweltpolitik – eine Klammer, die auch die Klimapolitik miteinschließt – weiterentwickelt, die unmittelbar mit der globalen Erwärmung zusammenhängt, politisch gesehen aber seit jeher mindestens teilweise entkoppelt betrachtet wurde. Ebenfalls im Jahr 2015 wurden auf dem Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals, SDG) verabschiedet. Eines dieser Ziele (SDG 13) richtet sich konkret an die Bekämpfung der globalen Erwärmung.

2.2.1.5. *Klimapolitik in Deutschland*

Die Anfänge der Klimapolitik in Deutschland werden durch die Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ markiert, die 1987 einberufen wurde und münden heute in dem Klimaschutzplan 2050, dem Klimaschutzprogramm 2030 sowie dem nationalen Klimaschutzgesetz. Außerdem gehört Deutschland zu den Unterzeichnerstaaten der UNFCCC, des Kyoto-Protokolls wie auch des Pariser Übereinkommens.

2.2.1.5.1. Klimaschutzplan 2050

Bereits vor dem Pariser Übereinkommen wurden die Grundsteine für den deutschen Klimaschutzplan 2050 gelegt, der dann knapp ein Jahr nach der COP21 abgeschlossen wurde und die dort festgehaltenen Beschlüsse berücksichtigte. Konkret genannt ist das Etappenziel der Minderung der THG-Emissionen um 55 % bis 2030, mit unterschiedlichen Anteilen in den verschiedenen Handlungsfeldern, wie etwa der Landwirtschaft. Diese soll laut Klimaschutzplan eine Minderung um 31 bis 34 % gegenüber dem Basisjahr 1990 erreichen, was einer Reduzierung auf die maximale Menge von 61 Mt CO₂eq entspräche. Gleichzeitig wird der LULUCF-Sektor hinsichtlich der Minderungsziele nicht eingeschlossen, sondern nur der Erhalt und die Stärkung der natürlichen Senkenfunktion hervorgehoben. An sich bietet der Klimaschutzplan 2050 die Grundlage für die Ausgestaltung der Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen in Deutschland.

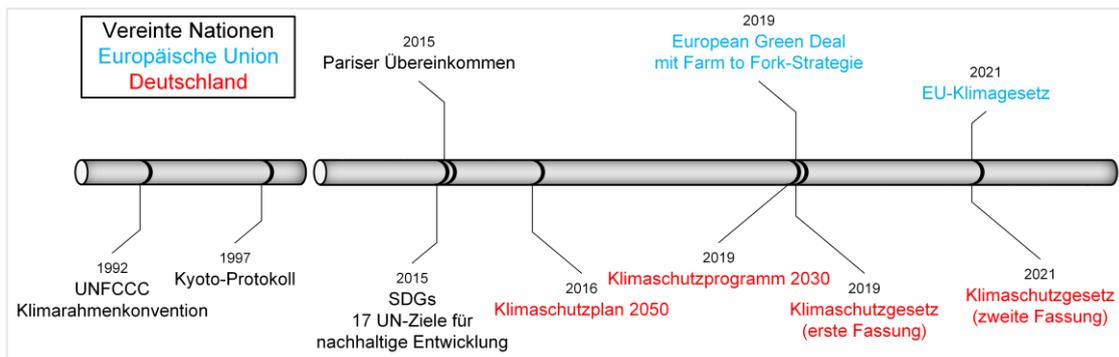


Abb. 5: Überblick über maßgebliche klimapolitische Rahmenseetzungen auf unterschiedlichen politischen Ebenen.

Der in diesem Kapitel ausführlich dargestellte klimawissenschaftliche und klimapolitische Hintergrund verdeutlicht den Handlungsbedarf in allen Sektoren. Im Folgenden wird der Fokus nun auf die Landwirtschaft gelegt und die Eckpunkte einer klimagerechten Landwirtschaft markiert. Dazu werden Elemente der begleitenden Agrarpolitik aufgezeigt.

2.3. Hintergrund: Klimagerechte Landwirtschaft

Mit der klimagerechten Landwirtschaft soll die Brücke zwischen der Klimapolitik und den notwendigen Maßnahmen hinsichtlich Klimaschutz und Klimaanpassung in der Landwirtschaft geschlagen werden. Zunächst gilt es jedoch, einen Blick auf einige Kennzahlen in der Landwirtschaft in Deutschland zu werfen, um die im Anschluss vorgestellten Maßnahmen einordnen zu können.

2.3.1. Landwirtschaft in Zahlen⁸

Gemäß der Landwirtschaftszählung 2020 des Statistischen Bundesamtes (Destatis, o.J.) bewirtschaften in Deutschland knapp 1 Million Menschen in über 260.000 Betrieben etwa 16,6 Millionen ha landwirtschaftlicher Fläche. Unterscheidet man die betriebswirtschaftliche Ausrichtung der einzelnen Betriebe, so machen Futterbaubetriebe den größten Anteil aus (ca. 40 %), gefolgt von Ackerbaubetrieben (ca. 33 %), während zum Beispiel Dauerkulturbetriebe (z. B. Weinbau) und Gartenbaubetriebe nur je 7 % bzw. 2 % darstellen (ebd.). Der Weizen war auch 2020 das wichtigste Getreide zur Körnergewinnung, mit einer Anbaufläche von fast 3 Millionen ha, gefolgt von der Gerste mit etwa 1,5 Millionen ha (ebd.). Bei den Ölfrüchten dominierte der Winterraps mit knapp 1 Million ha sowie bei den Pflanzen zur Grünernte der Mais mit etwa 2,2 Millionen ha Anbaufläche. Leguminosen wie Klee oder Luzerne wurden vor allem zur Grünernte angebaut (337.000 ha, ebd.). Auf etwa 107.000 Betrieben wurden Zwischenfrüchte angebaut, dabei überwog der Winterzwischenfruchtanbau gegenüber dem Sommerzwischenfruchtanbau, wobei einige Betriebe beides nutzten. Insgesamt etwa 1,5 Millionen ha galten als ökologisch bewirtschaftete Fläche, davon knapp 47 % Ackerland und 53 % Dauergrünland – das waren unter 10 % der Gesamtfläche (ebd.).

Der Viehbestand in Deutschland wurde rein von der Anzahl von Geflügel dominiert, dazu gab es 2020 knapp 26 Millionen Schweine und etwa 11 Millionen Rinder. 7,6 % der Rinder und lediglich 0,8 % der Schweine unterlagen ökologischer Wirtschaftsweise, wohingegen der Anteil bei Ziegen beispielsweise fast einem Drittel entsprach (ebd.).

Zwischen März 2019 und Februar 2020 sind insgesamt über 123 Millionen m³ flüssigen Wirtschaftsdüngers wie Gülle oder Jauche auf Acker- und Dauergrünlandflächen ausgebracht worden, der Großteil davon mit Schleppschlauch bzw. Schleppschuh-Verfahren und nur ein Bruchteil mit Schlitztechnik. Die Lagerung von flüssigem Wirtschaftsdünger erfolgte über diesen Zeitraum hinweg unter anderem in über 48.000 Betrieben in Lagereinrichtungen mit fester Abdeckung, aber auch in etwa 15.000 Betrieben komplett ohne Abdeckung (ebd.).

Dieser kursorische Überblick soll eine Idee davon vermitteln, wie die praktische Realität hinter der Thematik in dieser Arbeit aussieht und wo die Umsetzung einer klimagerechten Landwirtschaft ansetzen muss.

⁸ Die Zahlen in diesem Kapitel entstammen der Landwirtschaftszählung 2020 des Statistischen Bundesamtes (Destatis, o.J.).

2.3.2. Klimagerechtes Handeln in der Landwirtschaft

Klimagerecht zu handeln bedeutet für die Landwirtschaft zum einen, die Minderung der Emission von Treibhausgasen voranzutreiben. Zum anderen geht es um die Anpassung an die Folgen der globalen Erwärmung und darum, die Resilienz der landwirtschaftlichen Produktion gegenüber klimawandelbedingten Veränderungen zu stärken. Bezogen auf Sozioökologische Systeme (SES), beschreibt der Begriff *Resilienz* deren Fähigkeit, trotz Veränderung oder Störung (wie etwa der globalen Erwärmung), eine bestimmte, vom Menschen präferierte Zusammensetzung an Ökosystemleistungen aufrecht zu erhalten, ehe das SES in einen anderen Systemzustand mit einem neuen Set an Ökosystemleistungen übergeht (Biggs et al., 2012; Carpenter et al., 2001). Mit anderen Worten heißt das, durch klimagerechtes Handeln soll die Vulnerabilität gegenüber den von der globalen Erwärmung induzierten Veränderungen reduziert werden. Dabei rücken vor allem naturbasierte Lösungen⁹ (engl. Natur-based Solutions, NbS) in den Vordergrund, deren Grundlage auf Ökosystemen und deren Leistungen hinsichtlich des Umgangs mit gesellschaftlichen Herausforderungen wie der globalen Erwärmung besteht (Cohen-Shacham et al., 2016). Durch Ökosystemleistungen Synergien zu schaffen und damit kosteneffektive Lösungen zu suchen, ist auch Teil der Bestrebungen zum Erreichen der UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung (Wood et al., 2018).

2.3.2.1. Klimaanpassung in der Landwirtschaft

In der Landwirtschaft geht es vor allem darum, die Kenntnisse über die Veränderungen (s. Kap 2.1.4) zu nutzen, um beispielsweise mit anhaltender Trockenheit und verringerter Wasserverfügbarkeit umgehen zu können. Mit Blick auf die Folgen der globalen Erwärmung spricht man auch von ökosystembasierter Anpassung (engl. Ecosystem-based Adaptation, EbA), die u.a. Maßnahmen wie eine Diversifizierung des Anbaus oder die Implementierung von Agroforststrukturen in der Landwirtschaft mit einschließt (IPCC, 2022b). Diversifizierung im Pflanzenbau stärkt die Resilienz im Sinne des Ausfalls einzelner Kulturen, etwa bedingt durch Schädlingsbefall und wirkt sich in Form einer diversen Fruchtfolge positiv auf den Boden aus. Die Kombination von Ackerbau und Forstwirtschaft, also die Agroforstwirtschaft, trägt nicht nur zur Diversifizierung bei, sondern wirkt sich u.a. positiv auf die Wasserhaltefähigkeit der Böden aus und reduziert die Erosionsanfälligkeit. Gleichzeitig entstehen durch langfristige Kohlenstoffspeicherung Synergien zur THG-Minderung (Jose, 2009). Auch der Begriff

⁹ Die Forstwirtschaft liefert aktuell ein lehrreiches Beispiel, wie eine Bewirtschaftung mit wenig Bezug zu natürlichen Systemen im Zusammenhang mit der globalen Erwärmung zum Fallstrick werden kann. Der Borkenkäferbefall in Europa zeigt die Schwächen von naturfernen Fichten- und Kiefernforsten auf (Seidl et al., 2015). Verstärkt durch mildere Wintertemperaturen und extreme Wetterlagen, sind diese Systeme äußerst vulnerabel und kaum resilient gegenüber dem Schädlingsbefall.

Agroökologie (engl. agroecology) deutet in diesem Zusammenhang auf eine verstärkte Rückbesinnung auf natürliche Prozesse hin, stellt also ebenfalls EbA-Maßnahmen in den Vordergrund (Altieri et al., 2015). Durch den verstärkten Fokus auf die Bodenfruchtbarkeit und damit auch auf den Humusgehalt lassen sich Synergien zwischen bestimmten Faktoren, wie der Wasserhaltefähigkeit, der Erosionsminderung, der Kapazität, Nährstoffe im System zu halten, aber auch einer natürlichen Regulierung hinsichtlich Schädlingen und Krankheiten schaffen.

Zusätzlich zu naturbasierten Lösungen zur Anpassung sind weitere Maßnahmen hinsichtlich der Anpassung nützlich, beispielsweise mit Blick auf die Resistenzzüchtung gegenüber Schädlingen und Krankheiten sowie Wetterextremen (Miedaner & Juroszek, 2021; Vukasovic et al., 2021), aber auch technische Weiterentwicklungen im Bereich Robotik und Fortschritte in der Digitalisierung, die eine kleiner strukturierte, standortangepasste landwirtschaftliche Produktion unterstützen.

2.3.2.2. *Klimaschutz in der Landwirtschaft*

Die Werte in der Treibhausgasbilanzierung (s. Kap. 2.1.2.1) legen das Potential in der Landwirtschaft offen und zeigen, wo die Minderung der THG-Emissionen ansetzen muss – trotz des mit etwa 7,7 % vergleichsweise geringen Anteils an den Gesamtemissionen (in Deutschland). Auch hier sind, beispielsweise im Ackerbau, Synergieeffekte durch naturbasierte Maßnahmen zu erreichen, die teils schon im vorigen Kapitel zur Anpassung beschrieben wurden. Struktureiche, beispielsweise durch Hecken und Sträucher ergänzte Acker können Kohlenstoff festlegen (Drexler et al., 2021). Möglichkeiten ergeben sich ebenfalls mit einer Diversifizierung der Fruchtfolgen, zum Beispiel durch die Integration von Leguminosen, die in der Lage sind, Luftstickstoff zu binden, verfügbar zu machen und damit potentiell den Düngemittelbedarf für Folgekulturen zu reduzieren (Olivares et al., 2013). Auch hier können technische Fortschritte die aktuellen Vorgehensweisen optimieren, vor allem indem der Nährstoffbedarf von Boden und Pflanze präziser identifiziert wird (Heinemann & Schmidhalter, 2021) und dadurch eine Reduzierung der Düngemittelgabe erzielt werden kann.

Setzt man die Zahlen der Landwirtschaftszählung 2020 (s. Kap. 2.3.1) mit den THG-Emissionen in Verbindung, so drängt sich verstärkt die Tierhaltung in den Blickpunkt. Technische Maßnahmen können auch hier das Drehen an bestehenden Stellschrauben im System ermöglichen, beispielsweise in der Lagerung von Wirtschaftsdünger (Overmeyer & Büscher, 2021) oder, bereits vorher in der Kette, durch die Beimischung von Methan-Inhibitoren in der Fütterung von Wiederkäuern (Schilde et al., 2021).

Nichtsdestotrotz bleiben die Tierhaltung und insbesondere die Milchproduktion bedeutende Faktoren hinsichtlich der THG-Emissionen, aber auch mit Blick auf den

Ressourcenverbrauch. Zuletzt werden deshalb Stimmen lauter, die eine Reduzierung der Tierzahlen fordern, bzw. eine Anpassung der räumlichen Verteilung im Zusammenhang mit überhaupt zur Verfügung stehenden Flächen (Zukunftskommission Landwirtschaft, 2021). Einen „neuen“ Umgang mit tierischen Nahrungsmitteln sowie eine „neue“ Integration der Tierhaltung und deren Produkte in Kreislaufsysteme beschreiben van Zanten et al. (2018) als Basis des nachhaltigen Konsums tierischer Produkte. Letzten Endes geht es um eine Transformation der Tierhaltung, die gleichermaßen mit einer Transformation des Ernährungsverhaltens einhergehen muss (Willett et al., 2019).

Einer Transformation wird auch die zukünftige landwirtschaftliche Nutzung von Mooren unterliegen, wenn es darum geht, die Wasserstände sukzessive wieder zu erhöhen, um vor allem CO₂- und N₂O-Emissionen zu reduzieren, gleichzeitig aber eine schonende Nutzung weiterhin zu gewährleisten (Günther et al., 2020; Martens et al., 2021).

Die angesprochenen Aspekte im Lichte des klimagerechten Handelns sind nur einige unter vielen weiteren Ansätzen, die immer wieder unter Berücksichtigung regionaler oder sogar lokaler Gegebenheiten betrachtet werden müssen.

2.3.2.3. *Politische Rahmensetzung*

Die politischen Voraussetzungen für grundlegende Veränderungen in der Landwirtschaft, wie sie in den vorangegangenen Kapiteln skizziert wurden, legt die Gemeinsame Agrarpolitik der EU (GAP, engl. Common Agricultural Policy, CAP). Seit Inkrafttreten im Jahr 1962 wurde die GAP im Zuge mehrerer Reformprozesse an jeweils aktuelle Gegebenheiten angepasst und besteht heute aus einem 2-Säulen-Modell. Die erste Säule beinhaltet hauptsächlich flächengebundene Direktzahlungen, die an Cross-Compliance Regelungen (EU, 2003; Swinbank, 1999) gekoppelt sind und mehrere Standards der Grundanforderungen an die Betriebsführung (GAB) und zur Erhaltung der Flächen in gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (GLÖZ) erfüllen müssen (EU, 2003; Art. 4 u. 5). Die GLÖZ-Standards adressierten dabei beispielsweise Themen wie Bodenerosion, organische Substanz im Boden und die Vermeidung der Zerstörung von Lebensräumen (ebd.; Anhang IV). Mit der zweiten Säule wird die Förderung der ländlichen Entwicklung adressiert. Mit der Reform von 2013, die bis 2022 die Agrarpolitik bestimmt¹⁰, rückten Klima- und Naturschutzmaßnahmen noch weiter in den Vordergrund. 30 % der Fördermittel der ersten Säule sollten als sogenannte Greening-Maßnahmen zur Ökologisierung der Direktzahlungen beitragen. Darunter fallen Maßnahmen wie die Anbaudiversifizierung, der Erhalt von Dauergrünland sowie die Ausweisung von

¹⁰ Die aktuelle Förderperiode ist, v.a. aufgrund von Verzögerungen im Gesetzgebungsverfahren, um zwei Jahre bis Ende 2022 verlängert worden, ehe die neue Förderperiode (2023-2027) beginnt (EU, 2020).

bestimmten Prozentsätzen sogenannter ökologischer Vorrangflächen (EU, 2013a). Das *Greening* ist eine freiwillige Komponente der 1. Säule, nach wie vor gibt es die flächenbezogenen Betriebsprämien. Auch freiwillig ist die Inanspruchnahme der in der 2. Säule finanzierten *Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen* (EU, 2013b) oder der Förderung für ökologischen/biologischen Anbau (ebd.; Art. 29).

Die Entwicklungen in der Agrarpolitik der EU zeigen, dass im Laufe der Zeit einige Anreizpunkte für umweltschonende landwirtschaftliche Produktionsweisen geschaffen wurden. Gleichzeitig hat sich jedoch die Situation – sei es hinsichtlich der globalen Erwärmung (s. Kap. 2.1), sei es hinsichtlich der immer stärker schwelenden Problematik des Verlustes der Artenvielfalt (IPBES, 2019) – verschlechtert. Unter anderem aus diesem Grund sind viele der bisherigen Maßnahmen als unzureichend für die anstehenden Aufgaben beurteilt worden (Dupraz & Guyomard, 2019; OECD, 2010; Pe'er et al., 2017).

2.4. Das Forschungsprogramm

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) setzte aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung ein Forschungsprogramm unter dem Titel „Klimaschutz in der Landwirtschaft und Anpassung der Agrarproduktion an die Folgen der Erderwärmung“ auf. Dabei wurden 32 Forschungsprojekte (vgl. Abb. 6) aus den Bereichen Boden¹¹, Pflanzenbau¹² und Tierhaltung¹³ gefördert, die allesamt einen Beitrag zur Erreichung der Ziele des auf der 21. Klimakonferenz (COP21) getroffenen Übereinkommens von Paris (s. Kap. 2.2.1.3) sowie des nationalen Klimaschutzplans 2050 (s. Kap. 2.2.1.5.1) anstrebten. Im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung wurden vor allem solche Forschungsprojekte finanziell unterstützt, die auf technische und nicht-technische Innovationen in der Landwirtschaft in Deutschland abzielten. Dabei lag der Fokus unter anderem auf anwendungsorientierten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FuE) sowie einer stärkeren Vernetzung der Akteure und dem Wissenstransfer.

Die 32 Forschungsprojekte waren mit wenigen Ausnahmen Verbundvorhaben und bestanden aus mehreren Teilprojekten, die über ganz Deutschland, in Einzelfällen sogar darüber

¹¹ BAnz AT 16.11.2016 B3: Richtlinie über die Förderung von Innovationen im Themenbereich Boden als Beitrag zum Klimaschutz gemäß Pariser Abkommen (COP 21) und zur Anpassung an Klimaänderungen im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung, vom 3. November 2016.

¹² BAnz AT 16.11.2016 B2: Richtlinie über die Förderung von Innovationen in der Pflanzenproduktion als Beitrag zum Klimaschutz gemäß Pariser Abkommen (COP 21) und zur Anpassung an Klimaänderungen im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung, vom 3. November 2016.

¹³ BAnz AT 16.11.2016 B1: Richtlinie über die Förderung von Innovationen in der Tierhaltung als Beitrag zum Klimaschutz gemäß Pariser Abkommen (COP 21) und zur Anpassung an Klimaänderungen im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung, vom 3. November 2016.

hinaus, verteilt waren. Dabei reichte die Bandbreite der unterschiedlichen involvierten Personen von Wissenschaftlern über Verbandsvertreter und Unternehmer bis hin zu Landwirten. Die Anzahl der Partner in den Forschungsverbänden war heterogen, in manchen Projekten gab es neben der Projektkoordination keinen weiteren Partner, bei anderen waren es mehr als fünf Teilprojekte. In den meisten Fällen entstammten die Koordinatoren dieser Projekte der Wissenschaft (vor allem Universitäten und Ressortforschungsinstitute des BMEL), aber passend zum zugrundeliegenden Innovationsprogramm fanden sich auch Unternehmen in der Rolle der Projektkoordination (s. Abb. 6). Dasselbe gilt für die anderen Teilprojekte innerhalb der Projektverbände, auch hier fanden sich universitäre Einrichtungen, Forschungsinstitute, Unternehmen, Praxisbetriebe und viele mehr.

BEWAMO · Boden Humboldt-Universität zu Berlin	FUNGISENS · Pflanzenschutz Universität Hohenheim, Stuttgart	6-R-KONZEPT · Tierernährung Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
CARBOCHECK · Boden Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig	GETREIDEPROTEKT · Pflanzenschutz JKI, Kleinmachnow	ASAP · Tierhaltung SF-Soeppenberg GmbH, Hünxe
FUZZYFARMER · Bodenfruchtbarkeit Universität Hohenheim, Stuttgart	HYDRONZO · Pflanzenbau Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V. (IGZ), Großbeeren	BLUECOW · Tierzucht Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN), Dummerstorf
GREENWINDOWS4.0 · Bodenfruchtbarkeit Technische Universität München	KLIMAKOM · Pflanzenschutz JKI, Dossenheim	CERATOVIR · Tiergesundheit Friedrich-Loeffler-Institut – Bundesforschungs- institut für Tiergesundheit (FLI), Greifswald
GÜLLEBEST · Bodenfruchtbarkeit Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig	MAGIC-EFFICIENCY · Pflanzenzüchtung Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg	METHANIKUH · Tierernährung FLI, Braunschweig
KLIMABIOHUM · Bodenfruchtbarkeit FVH Förderverband Humus e.V., Zossen b. Berlin	MINTHG · Pflanzenbau Humboldt-Universität zu Berlin	MORES · Tierzucht Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
SOCMONIT · Boden Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ), Halle (Saale)	MODELLOWN · Pflanzenzüchtung NPZ Innovation GmbH, Holtsee	REMISSIONDAIRY · Tierernährung Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V. (vit), Verden (Aller) & Deutscher Verband für Leistungs- und Qualitätsprüfung e.V. (DLQ), Bonn
SoFI · Boden RLP AgroScience GmbH, Neustadt a. d. Weinstraße	OPTAKLIM · Pflanzenbau JKI, Kleinmachnow	RESRAMA · Tiergesundheit JKI, Münster/Westf
SOIL-DE · Boden Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI), Braunschweig	PROGRAMM · Pflanzenschutz JKI, Braunschweig	SAFT · Tierhaltung Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
VITISOIL · Boden Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn	SIMKLIMA · Pflanzenschutz Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP), Bad Kreuznach	
	TEMPER · Pflanzenschutz BTL Bio-Test Labor GmbH Sagerheide, Sanitz b. Rostock	
	THG-ZWIFRU · Pflanzenbau Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	
	WINEFFIZIENT · Pflanzenzüchtung Justus-Liebig-Universität Gießen	
		KLIMAGRAR · Begleitforschung Universität Potsdam

Legende:

PROJEKTAKRONYM · HAUPTTHEMA Koordinierende Stelle

Abb. 6: Die in das Forschungsprogramm „Klimaschutz in der Landwirtschaft und Anpassung der Agrarproduktion an die Folgen der Erderwärmung“ involvierten Projekte (Projektakronyme). Die jeweilige Projektkachel gibt außerdem Auskunft über die Projektkoordination sowie ein Schlagwort zum thematischen Schwerpunkt.

Der übergeordneten Zielstellung des Forschungsprogramms nach zu urteilen, hatte jedes Forschungsprojekt einen Beitrag zum Klimaschutz in der Landwirtschaft und/oder zur Anpassung der Agrarproduktion an die Folgen der Erderwärmung zum Ziel. Dabei bezogen sich die projekteigenen Zielstellungen meist auf bestimmte fachliche Themenbereiche. Im Bereich Boden streckte sich die Bandbreite der adressierten Themen von der Erfassung organischer Bodensubstanz mit unterschiedlichen Methoden, über die Präzisierung der Düngemittelgabe, gesteuert über genauere Kenntnis des aktuellen Nährstoffbedarfs des Bodens

sowie der Pflanze und die emissionsarme Ausbringung des Wirtschaftsdüngers, bis hin zur langfristigen Speicherung von Kohlenstoff in Weinbergböden sowie der landwirtschaftlichen Nutzung von Moorstandorten unter Wiederherstellung eines gewissen Wasserstandes. Im Bereich Pflanzenbau stand die Anpassung an die globale Erwärmung im Fokus: Themen rund um Schädlinge und Krankheiten wie Früherkennung, Monitoring, biotechnischer Pflanzenschutz, aber auch Resistenzzüchtung waren Kernthemen einiger Projekte. Im Sinne des Klimaschutzes widmete sich ein Teil der Züchtung aber auch dem Umgang mit reduzierter Stickstoffverfügbarkeit. Gleichmaßen ging es um den Umgang mit sich verändernden klimatischen Verhältnissen, mit längeren Dürreperioden und Hitzestress und die Erfassung neuer Anbaustrategien für die Zukunft. Forschung zu Gewächshäusern fand ebenso statt, wie zur Nutzung von Zwischenfrüchten im Ackerbau und deren Potential, die Emission von Treibhausgasen unterschiedlicher Quellen zu reduzieren. Auch in der Förderlinie Tierhaltung waren Schädlinge und Krankheiten ein zentrales Thema, außerdem ging es insbesondere um die Reduzierung der Emission von Treibhausgasen wie Methan und N₂O.

Zusätzlich zu diesen fachlich orientierten Forschungsprojekten wurde noch ein weiteres Projekt gefördert, das sich im Wesentlichen mit der Vernetzungs- und Transferarbeit im Forschungsprogramm auseinandersetzte: Die Begleitforschung KLIMAGRAR.

2.4.1. Begleitforschung KLIMAGRAR

Zur Umsetzung der Begleitforschungsarbeit wurde für die fünfjährige Laufzeit von August 2017 bis August 2022 eine neue Arbeitsgruppe an der Universität Potsdam gegründet, die in das Institut für Umweltwissenschaften und Geographie eingegliedert wurde. Diese Arbeitsgruppe wurde *Landwissenschaften* genannt (vgl. Kapitel 2.4.2.2). Der Titel des Forschungsprojektes KLIMAGRAR, der ursprünglich „Forschungsbegleitung COP in der Landwirtschaft“ lautete¹⁴, ließ gänzlich den für das Forschungsprogramm zentralen Begriff *Klima* vermissen. Deshalb wurde dieser unmittelbar nach Aufnahme der Tätigkeit in „Forschungsbegleitung für klimagerechtes Handeln in der Landwirtschaft“ verändert und entsprach damit auch dem von Anfang an gewählten Akronym KLIMAGRAR. Die Nähe zur Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (s. Kap. 2.2.1.1) und dem auf der 21. UN-Klimakonferenz (COP21) 2015 verabschiedeten Übereinkommen von Paris sowie dem darin festgehaltenen Zwei-Grad-Ziel (möglichst 1,5 Grad), spiegelt sich zudem in der Domain der KLIMAGRAR-Website *unter-2-grad* wider (vgl. Kap. 3.4).

¹⁴ Förderkennzeichen beim Projektträger Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE): 28-1-91.093-16.

Diese Rahmenbedingungen hinsichtlich der Thematik rund um Klimaschutz und Klimaanpassung in der Landwirtschaft machten von Beginn an deutlich, dass sowohl Expertise hinsichtlich der übergeordneten Thematik im Forschungsprogramm, als auch Sichtweisen aus unterschiedlichen disziplinären Blickwinkeln erforderlich sein würden. Dieser Aussicht folgend, wurde die Arbeitsgruppe Landwissenschaften interdisziplinär besetzt. Sie bestand zunächst aus einem Geologen mit sehr viel umwelt- und agrarwissenschaftlicher Expertise und mit Erfahrungen in der Politikberatung, einem Astrophysiker, der zum einen umfassendes technisches Knowhow, zum anderen aber auch Erfahrungen aus dem Verlagswesen mitbrachte sowie einer Landschaftsökologin, die insbesondere im Kontext Innovationen und Nachhaltigkeit Erfahrung mitbrachte. Im weiteren Verlauf kam ein Geograph mit langjähriger Expertise darin, an der Schnittstelle unterschiedlicher Teildisziplinen zu arbeiten und Problematiken mit einer systemischen Denkweise anzugehen, hinzu. Dass eine solche, heterogene Besetzung ein ausschlaggebender Faktor für die erfolgreiche Durchführung dieser Art von Arbeit sein kann, beschreiben beispielsweise auch Weith et al. (2019) aus ihrer Erfahrung mit Begleitforschung.

Der erste oberflächliche Blick auf das abgebildete Themenspektrum im Forschungsprogramm (s. Abb. 6) unterstreicht die Sinnhaftigkeit einer interdisziplinär aufgestellten Begleitforschung. Hinsichtlich des aktiven Tätigkeitsfeldes und mit Blick auf die bereits angesprochenen, von (Defila & Di Giulio, 2016; Kaufmann-Hayoz, 2013) ausgearbeiteten, theoretischen Reinformen der Begleitforschung (s. Kap. 1), entsprach die Umsetzung in KLIMAGRAR ebenfalls einem Querschnitt, jedoch mit unterschiedlichen Anteilen der einzelnen Formen (s. Abb. 7).

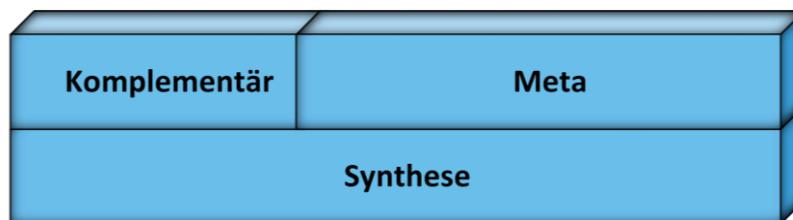


Abb. 7: Die Anteile der theoretischen Reinformen der Begleitforschung (Defila & Di Giulio, 2016; Kaufmann-Hayoz, 2013) wie sie im Forschungsprojekt KLIMAGRAR umgesetzt wurden.

Begleitforschung in inhaltlich komplementärer Form machte dabei den kleinsten Teil aus. Die Förderung des Projektes KLIMAGRAR begann bereits vor den einzelnen Forschungsprojekten, so dass zu diesem Zeitpunkt inhaltliche Lücken noch nicht absehbar waren. Trotzdem kristallisierten sich im Verlauf eines solchen Forschungsprogramms Themen heraus, die entweder gar nicht berücksichtigt wurden oder aber Expertise von außerhalb des Forschungsprogramms benötigten. Für diese Art der inhaltlichen Komplementierung zeichnete

KLIMAGRAR durchaus verantwortlich (in Kapitel 4.2.3.1 wird beispielhaft auf das Thema Bodenfeuchte eingegangen, das genau diese Komplementierung aufzeigt).

Ähnlich verhält es sich mit der Meta-Form der Begleitforschung. Die Prozesse, die innerhalb eines Forschungsprogramms ablaufen, können auf unterschiedlichste Weise untersucht werden. In einem Forschungsprogramm, das Themen mit Bezug zur Anpassung an sich verändernde klimatische Bedingungen abdeckt, spielt es beispielsweise eine Rolle, wie die einzelnen Projekte zu Beginn an Klimadaten für Zukunftsszenarien kommen und welchen Austausch es innerhalb der Forschungsgemeinde dazu gibt. Man kann diesen Gedanken auf den generellen Umgang mit Daten erweitern. Dabei geht es nicht nur um die Daten, die wie im Fall der Klimaprojektionen lediglich genutzt und nicht selber generiert werden, sondern auch um solche, die im Verlauf der Projektarbeiten erhoben bzw. akquiriert, analysiert und interpretiert werden und die sich im Grunde dazu eignen, anderswo (in Deutschland) beispielsweise als Kalibrierungs- bzw. Validierungsdaten genutzt zu werden.

Das Hauptaugenmerk der KLIMAGRAR-Begleitforschung lag jedoch in der aktiven Vernetzung der Akteure im Forschungsprogramm als Grundstein für inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit. Obwohl es projektübergreifend Zielvorstellungen hinsichtlich des Klimaschutzes in der Landwirtschaft gab, sind einzelne Projekte per se nicht darauf ausgerichtet, über ihren Horizont hinweg Ergebnisse bzw. einen Mehrwert zu schaffen oder ihre Arbeiten in einen größeren Kontext zu stellen. Erst durch die Vernetzungstätigkeiten der Begleitforschung und die daraus resultierende Bereitschaft bei den Aktivitäten der Begleitforschung mitzuwirken, kommen die übergreifenden, interdisziplinären Kollaborationen zustande. Dass dieser Prozess kein Selbstläufer ist, wird sicherlich für jeden deutlich, der bereits in einem Forschungsprojekt mitgewirkt hat. Arbeitspakete, Ziele, Abläufe, Budgets und vor allem zeitliche Rahmen sind streng geplant, da bleibt meist wenig übrig, um noch zusätzlich im interdisziplinären Austausch aktiv zu werden oder sich anderweitig den Aktivitäten, die eine Begleitforschung zusätzlich einbringt, zu widmen. An diesem Punkt wird umso deutlicher, dass die Begleitforschung zum einen ein grundlegendes Verständnis hinsichtlich der Inhalte des Forschungsprogramms mitbringen muss, als auch zum anderen die Fähigkeit, den beteiligten Forschungsprojekten aufzuzeigen, wie der Mehrwert der Zusammenarbeit aussehen kann. Hier deutet sich auch ein großes Hindernis für diese Art der Arbeit an: Das gängige „System Wissenschaft“, in dem v.a. Fachpublikationen die Hauptwährung darstellen, hat in vielen Teilen noch nicht die notwendige Offenheit für inter- und transdisziplinäre Austausche, die nicht zwangsläufig in einer gemeinsamen Veröffentlichung münden. Weith et al. (2019) betonen zum

Beispiel explizit, dass die Aussicht auf gemeinsame Publikationen ein Schlüssel zum Erfolg ihrer Begleitforschungsarbeit gewesen ist.

Ein weiter Auftrag dieser Begleitforschung bestand darin, aus den prozessualen sowie den fachlichen Erkenntnissen Schlüsse zu ziehen, Handlungsempfehlungen zu generieren und diese an „die Politik“ weiter zu geben. Das heißt, es sollten konkret solche Forschungsfragen und -felder identifiziert und kommuniziert werden, die großes Potential hinsichtlich Klimaschutz und Klimaanpassung in der Landwirtschaft haben. Gleichwohl ging es darum, Aussagen zur Optimierung der Forschungsförderung treffen zu können, da die Zeit im Sinne des Klimaschutzes zu handeln immer knapper wird (vgl. Kap. 2.1). Die synthetisierende Leistung der Begleitforschung spiegelt sich vor allem darin wider, dass Einzelbausteine aus den jeweiligen Forschungsprojekten aus den Fachdisziplinen herausgehoben wurden, um dann im breiteren Kontext – also auf der Metaebene – in einer systemischen Betrachtung eine andere Rolle einzunehmen. Dabei gilt es, diese Vorgehensweise deutlich von der Aufgabe einer Beurteilung oder Evaluation abzugrenzen. Ein Begleitforschungsprojekt kann und sollte nicht in der Rolle sein, die wissenschaftliche Arbeit der einzelnen Projekte zu beurteilen und zu evaluieren. Da Vertrauen und bisweilen auch Diskretion zwei äußerst wichtige Grundvoraussetzungen für die erfolgreiche Zusammenarbeit in einem Forschungsprogramm sind, kann die Begleitforschung eine solche Aufgabe nicht im Auftrag der Projektförderung übernehmen (Defila & Di Giulio, 2018; Weith et al., 2019). Das würde zwangsläufig dazu führen, dass Akteure aus den Forschungsprojekten weder offen über den Erkenntnisstand ihrer Arbeiten berichteten, noch anders geartete Schwierigkeiten kommunizierten. Gleichwohl spielte eine Art Bewertung der konkreten Projekterkenntnisse im Zusammenhang mit der übergeordneten Zielvorgabe eine Rolle, ohne aber auf Einzelprojektebene reduziert zu werden. Das heißt, der Beitrag dieses Forschungsprogramms sollte auf einer Metaebene erfasst, insgesamt jedoch die Rolle dieser Forschung bei der Suche nach Lösungen in Sachen Klimaschutz und Klimaanpassung betrachtet werden. Diese Interpretation der Erkenntnisse auf der Metaebene ist das, was in diesem Zusammenhang als Synthese bezeichnet wird (s. Kap. 3.6.1). Forschungsergebnisse werden in einen Kontext gestellt und systemisch betrachtet, wodurch ein Mehrwert zusätzlich zu den Einzelergebnissen generiert wird. Diese Syntheseleistung, die fortwährend stattfindet, bildet dann die Grundlage für das Formulieren von Handlungsempfehlungen.

Ausgehend von dieser Arbeitsgruppe, hat die Begleitforschung KLIMAGRAR ihre Tätigkeiten im Forschungsprogramm „Klimaschutz in der Landwirtschaft und Anpassung der

Agrarproduktion an die Folgen der Erderwärmung“ durchgeführt – in Zusammenarbeit mit den bereits genannten 32 Förderprojekten (s. Abb. 6).

2.4.2. Exkurs: Landwissenschaften als Schnittstelle

Der Aspekt, dass die Arbeitsgruppe Landwissenschaften an der Universität Potsdam in die Lehreinheit Geoökologie eingegliedert war, dass unter anderem Landschaftsökologen in die Arbeit involviert waren und dass die Arbeit im Projekt KLIMAGRAR besonders darauf angelegt war, interdisziplinäre Zusammenarbeit zu fördern und systemische Ansätze zu verfolgen, war kein Zufallsprodukt. Die Landschaftsökologie¹⁵ als eigene wissenschaftliche Disziplin ist ein grundlegend interdisziplinär geprägtes Feld. Allein schon der Begriff *Landschaftsökologie* selbst setzt sich aus zwei weiteren zusammen, die unterschiedliche Blickwinkel zugrunde legen, zum einen die *Landschaft* und zum anderen die *Ökologie*.

2.4.2.1. *Landschaft und Ökologie – Landschaftsökologie*

Der Begriff *Landschaft*, als der ganzheitliche Charakter einer bestimmten Gegend, wurde schon vor über 200 Jahren von Alexander von Humboldt, gewissermaßen dem Gründervater der modernen wissenschaftlichen Geographie, geprägt. Dass Landschaften bestimmte Bereiche der Erdoberfläche beschreiben, die durch sehr ähnliche Strukturen und Funktionsmuster gekennzeichnet sind, kam unter anderem mit Ernst Neef (1967) in die Diskussion. Geprägt wurde in diesem Zusammenhang auch die Bezeichnung der *Geofaktoren*, die als solche einer Landschaft zugrunde liegen bzw. die Voraussetzung für eine bestimmte Landschaft und landschaftliche Ausprägung sind. Das Ganze ist dann ein Zusammenspiel aus Relief, Boden, Klima, Wasserhaushalt, Flora und Fauna sowie, ganz entscheidend, dem Menschen und seinen Eingriffen in die Landschaft (Bastian, 2001). Leser (1997) beschreibt ein Landschaftsökosystem als die räumliche Ausprägung biotischer, abiotischer und anthropogener Komponenten, die eine funktionelle Einheit bilden und als Lebensumwelt des Menschen fungieren. Bastian (2001) resümiert aus den Entwicklungen in der Definition des Landschaftsbegriffs sowie der Gewissheit, dass vermehrt Umweltproblematiken zum Vorschein kämen, dass die Landschaft immer weiter als ein komplexes, in höchstem Maße integriertes System zu verstehen sei.

Die *Ökologie* als Lehre des Zusammenwirkens von Organismen und deren abiotischer Umwelt, ist als wissenschaftlicher Terminus mit dieser Bedeutung durch Ernst Haeckel (1866)

¹⁵ Der Begriff Geoökologie wurde einst als Synonym zum Begriff Landschaftsökologie vorgestellt, allerdings hat sich daraus, vor allem in Deutschland, ein Teilbereich der Landschaftsökologie entwickelt, der insbesondere abiotische Prozesse, wie den Wasserhaushalt, adressiert (Bastian, 2001).

geprägt worden. Wiederum Alexander von Humboldt hat gewissermaßen ökologische Fragestellungen adressiert, indem er sich bei seinen Beobachtungen oftmals auf das Zusammenwirken und die gegenseitige Beeinflussung des Menschen und anderer Organismen mit den vorherrschenden Umweltbedingungen konzentrierte.

Das Verständnis von Landschaft, mit einem räumlichen Blickwinkel (quasi in der Horizontalen) und das der Ökologie, als funktionaler, eher vertikaler Blickwinkel, vereinte der deutsche Biogeograph Carl Troll zum Ende der 1930er Jahre in dem Begriff *Landschaftsökologie*. Seitdem haben sich zwei unterschiedliche Stränge der Landschaftsökologie entwickelt, die grob in eine nordamerikanische und eine zentral- und osteuropäische Sichtweise gegliedert werden können (Bastian, 2001). Der grundlegende Unterschied zwischen diesen Sichtweisen ist, dass die Landschaftsökologie in der nordamerikanischen Idee stärker biologisch geprägt ist, wohingegen die zentral- und osteuropäische Idee mehr dem geographischen, räumlichen Ansatz folgt.

Aber zurück zu den Parallelen zur interdisziplinären Begleitforschung. Neben den Bemühungen, Umweltfragestellungen möglichst systemisch zu betrachten und durch die Einbindung unterschiedlicher Perspektiven (respektive Fachdisziplinen), also der Integration von Wissen, um einen Mehrwert zu generieren, der über die Summe der Einzelteile hinausgeht, ähnelt die Herangehensweise in der Landschaftsökologie der Begleitforschungsarbeit. Auch, dass in der Landschaftsökologie neben Grundlagenforschung die Nähe zur Anwendung vorhanden ist, wenn es zum Beispiel um praktischen Umweltschutz geht, zeigt Parallelen zur Begleitforschung auf – so nimmt die Landschaftsökologie für sich in Anspruch, auch transdisziplinär zu sein. Neben diesen wissenschaftstheoretischen Ähnlichkeiten gibt es aber natürlich auch, wenn nicht sogar noch deutlichere, inhaltliche Überschneidungen zwischen der Landschaftsökologie und dem Fokus des in dieser Arbeit im Zentrum stehenden thematischen Bezugs des Forschungsprogramms. Klimaschutz und Klimaanpassung müssen bestenfalls als Lösungen im natürlichen System daherkommen und dabei landschaftsökologische Erkenntnisse nutzen. Daraus ließe sich schließen, dass das landwirtschaftliche System, mit all seinen Facetten, wieder deutlicher in den Landschaftskontext gehievt werden sollte.

2.4.2.2. *Landwissenschaften*

Um die beschriebenen Aspekte mit den verschiedenen Facetten des Agrarsektors, also dem Gefüge von Agrarwissenschaft, Agrarökonomie und Agrarpolitik in Zeiten einer mindestens dualen Krise aus globaler Erwärmung und dem Verlust der Biodiversität zu vereinen und die KLIMAGRAR-Begleitforschung in einem passenden Umfeld zu platzieren, wurde eigens ein neuer Begriff formuliert: die *Landwissenschaften*. Darin sollten die Begriffe *Land*, *Landschaft*

und *Landwirtschaft* als drei Skalen und Aspekte des *Landes* in einem Begriff verschmelzen. Ein Begriff, der für ein Fachgebiet steht, das eine neue Identifikation erzeugt, neue Verknüpfungen herausfordert und damit eine neue Schnittstelle zwischen der Landschaftsökologie und der Landwirtschaft gewährleistet, vor allem als Zugang für und in die landwirtschaftliche Praxis (s.a. Kemper et al., 2023) Damit ist zudem der Schritt hinein in die immer wieder geforderte wie auch angestrebte multifunktionale Landwirtschaft gegeben (Vgl. Wiggering et al., 2003).

3. Methodik

Vor dem Hintergrund des beispielgebenden Forschungsprojektes KLIMAGRAR und mit Blick auf die in Kapitel 1 vorgestellten theoretischen Grundlagen einer Begleitforschung ist die Grundlage geschaffen, um an die einzelnen methodischen Elemente der Begleitforschung heranzuführen, die im Rahmen der vorliegenden Dissertation erarbeitet wurden.

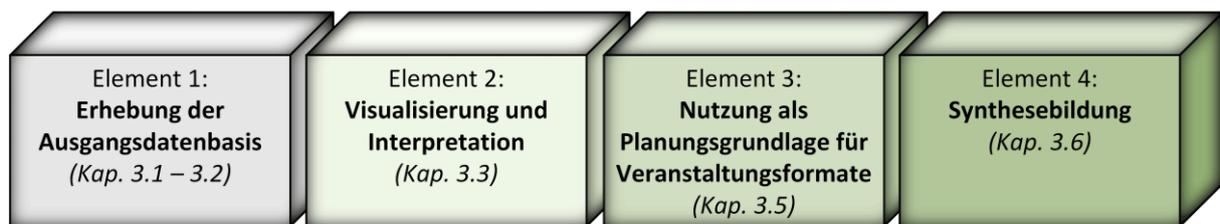
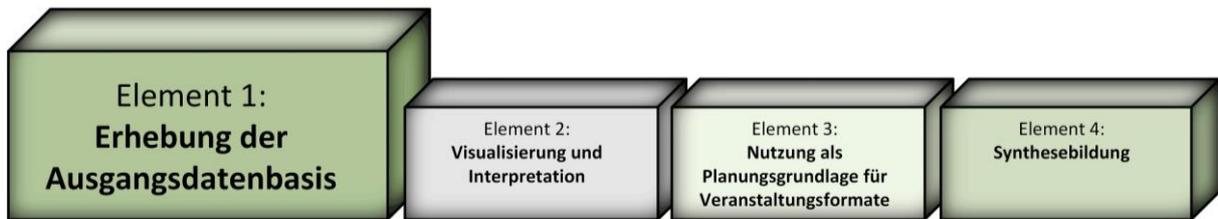


Abb. 8: Die methodischen Elemente, die im Rahmen der vorliegenden Dissertation erarbeitet wurden.

Dass die methodischen Elemente dieser Begleitforschungsarbeit im laufenden Prozess entwickelt und gleichzeitig angewandt wurden, verleiht diesem Kapitel den Charakter eines ersten Ergebnisblocks. Die grundsätzliche Unterscheidung der methodischen Elemente gliedert sich wie folgt auf (s. Abb. 8): (1) die Erhebung der Ausgangsdatenbasis als ein neues Element der Begleitforschung. (2) Die Visualisierung und Interpretation der thematischen Zusammenhänge zwischen den Forschungsprojekten sowie (3) dessen Nutzung als Planungsgrundlage für unterschiedliche Veranstaltungsformate. (4) Die Synthese als methodisches Element der Begleitforschung, das von Beginn an Teil des Prozesses war und auf den Ergebnissen und Erkenntnissen der anderen methodischen Elemente aufbaute.

3.1. Datengrundlage



Für die Begleitforschungsarbeit benötigte es von Beginn an eine Vielzahl an Informationen über die Projekte im Forschungsprogramm. Das beinhaltete zum Beispiel Metadaten wie Projektakronyme, -teilnehmer oder -laufzeiten – also Informationen, die für ein Projekt, das Vernetzungs- und Transferaufgaben verfolgt, schon zu Beginn zur Kontaktaufnahme und Verortung der Forschungsprojekte wichtig sind. Im weiteren Verlauf können diese Informationen mit Themenschwerpunkten in Verbindung gesetzt werden und Ansatzpunkte für die Vernetzung geben. Die zweite und für diese Arbeit essentielle Art der Informationen bezog sich deshalb auf die Forschungsinhalte der Förderprojekte: Welche Themen standen im Vordergrund? Welche Methoden wurden verfolgt, um Projektziele zu erreichen? Welche Daten wurden genutzt oder im Laufe der Projektarbeit generiert?

Als Primärquelle für diese Informationen dienten zunächst die Projektanträge und Antragsskizzen, die nach Bekanntgabe der Förderlinien erstellt wurden und aufgrund derer auch die Bewilligung der Forschungsprojekte erfolgte. Diese Schriftstücke enthalten immer detaillierte Informationen über die beteiligten Akteure, Verortung der Projektarbeit, auch mit Blick auf vorangegangene Arbeiten, sowie Arbeitspläne und -pakete. Außerdem werden die Ziele und geplanten Methoden und die erwarteten Ergebnisse der Vorhaben vorgestellt sowie eine inhaltliche Verortung im Themenkomplex des Forschungsprogramms vorgenommen. Da sich die KLIMAGRAR-Projekte im Kontext des Programms zur Innovationsförderung des BMEL bewegten, verfolgten die Projekte generell anwendungsorientierte Forschungsinhalte und Anwendungen zur Implementierung in den landwirtschaftlichen Alltag und weniger Grundlagenforschung per se. Unabhängig davon beinhalteten die projektbezogenen Texte die als Ausgangspunkt für diese Arbeit wichtigsten Informationen: Textdaten, die einen umfassenden Einblick in Inhalte und Methoden verschafften. Gab es noch zu Beginn der Förderperiode lediglich die Antragstexte, so hat sich dieser Datenfundus mit voranschreitender Laufzeit um sogenannte Factsheets, also inhaltliche Abfrageformulare zum Zwischenstand der Projektarbeiten seitens der Begleitforschung, die regelmäßig in die Projekte gestreut wurden, vergrößert. Außerdem erweiterte sich der potentielle Datenfundus mit fortschreitender Laufzeit der Projekte um Publikationen im wissenschaftlichen oder anderen fachlichen Kontexten.

3.2. Verschlagwortung

Die bereits beschriebenen Förderlinien in diesem Forschungsprogramm zeigen eine erste, noch relativ oberflächliche thematische Einordnung der Projekte auf: Boden, Pflanzenbau und Tierhaltung (vgl. Abb. 6). Die aus förderpolitischen Gründen vereinfachte Aufteilung der Bekanntmachungen in die einzelnen Förderlinien kommt mit der besonderen Aufmerksamkeit für den Bereich Boden daher, der hier, neben den klassischen agrarwissenschaftlichen Themen Pflanzenbau und Tierhaltung, einen eigenen Themenkomplex markiert. Trotzdem lässt diese inhaltliche Kategorisierung noch keine größeren Rückschlüsse auf die spezifischeren Themen der Projekte zu, genauso wenig gibt es offensichtliche thematische Überschneidungen zwischen den Projekten, die unter der jeweiligen Förderlinie gefördert werden, die zur Vernetzung der einzelnen Projekte dienen könnten.

Um dem Anspruch gerecht werden zu können und als vernetzendes Element in diesem Forschungsprogramm zu wirken, war es notwendig, die formale Einteilung der Bekanntmachungen aus der Antragsphase aufzubrechen und die thematischen Überschneidungen der Projekte anders sichtbar zu machen. Es ging darum, möglichst umfassend Themen herauszustellen, die sich als potentielle Knotenpunkte für bi- oder multilaterale Verknüpfungen zwischen Projekten eigneten. Deshalb und ausgehend von einer Datenlage in Form von Texten wurde eine Verschlagwortung ins Auge gefasst. Diese Verschlagwortung, die im Rahmen dieser Arbeit aufgebaut wurde, ist im Grunde ein mehrstufiger, sich wiederholender Prozess (Abb. 9). Die Verschlagwortung, auch als Indexierung bezeichnet, als Methode in der Informationsverarbeitung zielt darauf ab, aus Textdateien Schlagwörter oder auch sogenannte Deskriptoren zu identifizieren, die die inhaltliche Erschließung von Dokumenten begünstigen.

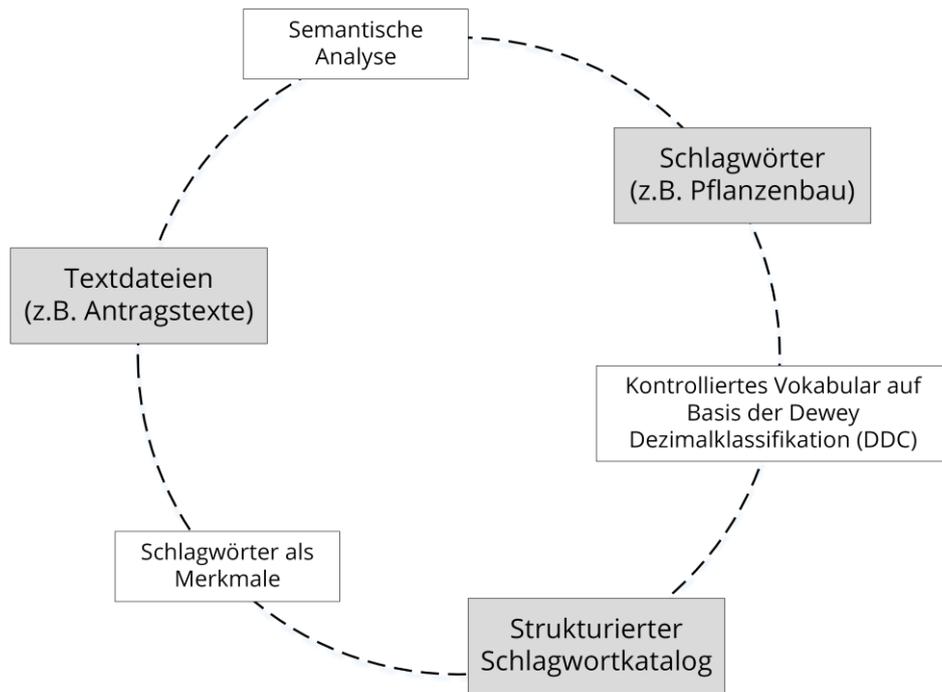


Abb. 9: Der Prozess der Verschlagwortung. Zunächst wurden Textdateien semantisch analysiert, um eine Vielzahl separater Schlagwörter zu identifizieren. Diese Schlagwörter wurden zum einen auf Basis eines kontrollierten Vokabulars in einem strukturierten Schlagwortkatalog festgehalten und zum anderen den jeweiligen Forschungsprojekten, aus deren Kontext sie stammen, als thematische Merkmale zugeordnet. Mit jedem neuen projektbezogenen Text kann dieser Prozess wiederholt werden.

3.2.1. Semantische Analyse

Um aus den Textdateien die Schlagwörter zu filtern, gibt es generell vielfältige Möglichkeiten. Im üblichen wissenschaftlichen Publikationsprozess werden seitens der Autoren mittlerweile in der Regel Schlagwörter genannt, die stellvertretend für den Inhalt der Arbeit stehen. Dies geschieht in allererster Linie vor dem Hintergrund, Suchvorgänge zu optimieren, indem die Leserschaft im Idealfall schon vor dem Lesen weiß, ob der Textinhalt von Interesse sein wird oder nicht. Dass die Antragstexte der Forschungsprojekte in der Folge als Ausgangsbasis für die analytische Arbeit der Begleitforschung genutzt werden sollten, wurde bei der Erstellung dieser noch nicht berücksichtigt. Deshalb wurden auch noch keine, diese Prozesse begünstigenden Vorkehrungen getroffen, so dass logischerweise auch nicht das halbe Dutzend Schlagwörter bereitgestellt wurde, wie es im besagten Fall der Fachpublikationen zum Standard gehört. Weiterhin orientieren sich Antragstexte üblicherweise entlang einer bestimmten formalinhaltlichen Gliederung, die für eine themenbasierte Analyse jedoch keinen besonderen Mehrwert hat. In anderen Zusammenhängen wird mit der Verarbeitung und Auswertung von Textdateien insbesondere das *Text-Mining* verbunden (Liddy, 2000). In diesem Fall werden Texte hauptsächlich durch Algorithmen verarbeitet, die in der Lage sind, Texte extrem auf ihre Kerninhalte einzukürzen. Dabei stellen sie aber vor allem die Themen dar, die allein aufgrund ihrer häufigen Nennung als wichtig identifiziert werden oder aus denen sich bestimmte Muster

bzw. Positionen ableiten lassen (vgl. auch *sentiment analysis* (Medhat et al., 2014)). Da die Identifizierung anhand der reinen Häufigkeit des Auftretens eines Schlagwortes jedoch nicht die in dieser Arbeit benötigte Breite der Themen abdecken kann, wurde hier kein bestehender Algorithmus genutzt. Für das Ziel, alle Akteure in einem Forschungsprogramm umfassend auf Basis ihrer thematischen Nähe zu vernetzen, eigneten sich demnach die genannten Herangehensweisen, also die inhaltliche Verortung allein über eine Handvoll Schlagwörter sowie Text-Mining per se, nicht, weil sie der inhaltlichen und kontextbasierten Tiefe der Analyse, die für die anschließenden Vernetzungsprozesse benötigt wird, nicht gerecht werden können.

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation musste ein Schlagwort bestimmte Eigenschaften aufweisen, zu denen eben nicht nur die Häufigkeit des Gebrauchs zählte, sondern auch inhaltliche, kontextspezifische Kriterien. Dieser Ansatz folgt der Theorie von Scott und Tribble (2006), die eine sogenannte *Keyness* zu den besonderen Eigenschaften eines Schlagwortes zählen. *Keyness* bezieht sich dabei auf die Qualität eines Schlagwortes, genauer gesagt die *Wichtigkeit*, die *Relevanz* und die *Repräsentativität* in Bezug auf den gegebenen Kontext. Deshalb wurden die Texte systematisch semantisch erschlossen und analysiert. Bei der Identifizierung von Schlagwörtern ging es ganz besonders um die Bedeutung der Textinhalte im Kontext des Themenfeldes des Forschungsprogrammes. Dieses grundsätzliche Prinzip der semantischen Analyse wurde bereits in ähnlichen Themenfeldern angewandt, beispielsweise hinsichtlich der Bedeutung des Begriffs *Landschaft* im jeweiligen Kontext (Wojtkiewicz & Heiland, 2012). Die Art und Weise, wie Schlagwörter betrachtet und aus den Texten heraus identifiziert wurden, ist stark an die systematische Inhaltserschließung im Bibliothekswesen angelehnt. Das, was am Ende als kontrolliertes Vokabular bezeichnet wird, fußt unter anderem auf der Dewey-Dezimalklassifikation (s. u.a. Satija, 2013; Sweeney, 1983), einem Klassifikationssystem, das Dezimalzahlen nutzt und dadurch beliebig erweiterbar ist. Diese flexibel erweiterbare Systematik ist ein Grund dafür, dass das Klassifikationssystem, bereits im 19. Jahrhundert von Melvil Dewey entwickelt, nach wie vor in vielen öffentlichen und Nationalbibliotheken weltweit verbreitet ist. Dass der Verschlagwortung insgesamt eine systematische Herangehensweise als Basis dient, war vor allem aus zwei Gründen wichtig: Zum einen um die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten, zum anderen auch aus pragmatischen Gründen: Bei der inhaltlichen Erschließung eines Textes gibt es eine Vielzahl an Hürden, über die insbesondere Maschinen fallen und die folgend aufgezeigt werden.

Ein Schlagwort muss per Definition nicht unbedingt nur ein einziges Wort, sondern kann auch eine Wortverbindung sein (z.B. *Landwirtschaft* und *landwirtschaftlich genutztes Moor*). Schon dieser Umstand erschwert den Vorgang einer systematischen Verschlagwortung

beispielsweise durch automatisierte Algorithmen, weil nicht nur auf das Wort selbst, sondern auf den direkten Kontext vor und hinter einem Wort geachtet werden muss. Eine weitere Hürde stellen sogenannte Homonyme und Synonyme dar. Bei der korrekten Erfassung von Schlagwörtern muss die Grundregel sein, dass jedes Schlagwort, jede Bedeutung genau ein einziges Mal auftaucht. Homonyme (Wörter, die für mehrere Begriffe stehen; z.B. *Land*) und Synonyme (Wörter, die unterschiedlich sind aber dieselbe Bedeutung haben; z.B. *Feld* und *Acker*) müssen mindestens zu Beginn des Prozesses klar definiert und dann unter einem Schlagwort gebündelt werden. Darunter fallen letzten Endes auch neue Wortfindungen oder bestimmte Ausdrucksformen, die in manchen Sprachregionen oder Fachrichtungen üblich sind. Aus dieser systemischen Herangehensweise entstand dann das sogenannte kontrollierte Vokabular, ein Katalog aus individuellen, „einzigartigen“ Schlagwörtern.

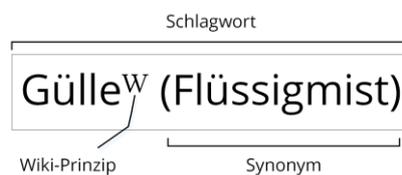


Abb. 10: Am Beispiel des Schlagwortes Gülle wird die Systematik der Schlagwörterfassung im Schlagwortkatalog skizziert. Für das Schlagwort Gülle wurde das Synonym Flüssigmist mitaufgenommen. Mit Wiki-Prinzip ist hier gemeint, dass im Zusammenhang mit der Verschlagwortung die Wikipedia genutzt wurde, um im Sinne der Nutzerfreundlichkeit so schnell und einfach wie möglich eine gemeingültige Bedeutung hinter jedem einzelnen Schlagwort erfahren zu können und damit auch für Transparenz zu sorgen.

Die Verschlagwortung, die im Rahmen der Arbeit für den gesamten Themenbereich klimagerechtes Handeln in der Landwirtschaft aufgebaut wurde, wurde händisch durchgeführt. Das heißt, die o.g. projektbezogenen Texte wurden semantisch analysiert und die identifizierten Schlagwörter in einem Schlagwortkatalog in *Microsoft Word* abgelegt. Ganz konkret bedeutet das, dass die genannten Texte Satz für Satz auf Schlagwörter untersucht wurden, die im Zusammenhang mit der Thematik des Forschungsprogrammes stehen. Diese initiale, händische Herangehensweise war notwendig, da in dieser Arbeit erstmals ein Schlagwortkatalog erarbeitet wurde, der das komplette Themenspektrum rund um Landwirtschaft und globale Erwärmung umfasst und es noch keinen Ansatz gab, an den man hätte anknüpfen können. Der Prozess an sich, Projektantragstexte und andere projektbezogene Dokumente einer semantischen Analyse zu unterziehen, Schlagwörter zu kartieren und diese auf Basis des kontrollierten Vokabulars in einem Schlagwortkatalog zu erfassen, ist zeitaufwendig und erfordert eine hohe Genauigkeit sowie eine gewisse Expertise im Themenkomplex der Anwendung.

Übergreifend bringt die Verschlagwortung zwei große Vorteile mit sich, die hier gesondert hervorgehoben werden sollen:

- (1) Gemessen an einem Forschungsprogramm mit 32 Forschungsverbänden, die über 100 Teilprojekte aus unterschiedlichen Bereichen der Landwirtschaft in ganz

Deutschland vereinen, wird der Fokus auf einige wenige, in diesem Kontext relevante Schlagwörter gelegt. Dadurch wird der Fülle an Themen zumindest zum Teil die Komplexität genommen.

- (2) Gleichzeitig schafft der vorgestellte Ansatz eine neue Objektivität mit Bezug auf die Forschungsthemen, da eine unabhängige Instanz, also die Begleitforschung, mit Hilfe der semantischen Analyse thematische Schlagwörter in einer bisher nicht dagewesenen Breite identifiziert und damit auch Themen sichtbar machen kann, die für den Erfolg der Arbeit und als Grundlage der Vernetzung entscheidend sein, ansonsten jedoch in der Prominenz anderer Inhalte untergehen können.

Mit einem Schlagwortkatalog, dem ein kontrolliertes Vokabular zugrunde liegt, war der Grundstein für die eigentliche Vernetzungsarbeit der Begleitforschung gelegt.

3.2.2. Merkmalszuweisung

Die Sammlung und stetige Weiterentwicklung dieses Schlagwortkatalogs war der erste Schritt. Daran anknüpfend musste die Verbindung der einzelnen Projekte mit den jeweiligen Schlagwörtern, sozusagen als thematische Merkmale, hergestellt werden. Jedes einzelne Schlagwort, das mithilfe der semantischen Analyse aus dem Projektkontext heraus identifiziert wurde, stellte potentiell ein Bindeglied zwischen mehreren Forschungsprojekten dar. Ein wichtiger Aspekt dieser Art der Vernetzung ist, dass so Verbindungen unabhängig von disziplinärer oder institutioneller Zugehörigkeit, also rein auf Basis der Themen, aufgetan wurden. Die thematischen Überschneidungen sollten gemeinsame Ausgangspunkte für interdisziplinäre Diskussionsansätze sichtbar machen. Als erstes wurde die ursprüngliche, grobe Einteilung in die Förderlinien Boden, Pflanzenbau und Tierhaltung „aufgebrochen“ und in tiefer liegende, inhaltliche, integrale Themenkomplexe eingeordnet, die sich wie folgt aufgliedern: (1) Boden, (2) Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenernährung, (3) Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, (4) Pflanzenschutz und Tiergesundheit, (5) Tierhaltung, Tierernährung und Tierzucht (s. Abb. 11). Auch wenn so auf den ersten Blick wiederum starre Themenkomplexe gebildet wurden und sich noch keine richtige Bandbreite an Themen für die Vernetzung aufzeigte, ergaben sich bereits Verbindungen zwischen Projekten, die nicht unter derselben Förderlinie gefördert wurden.

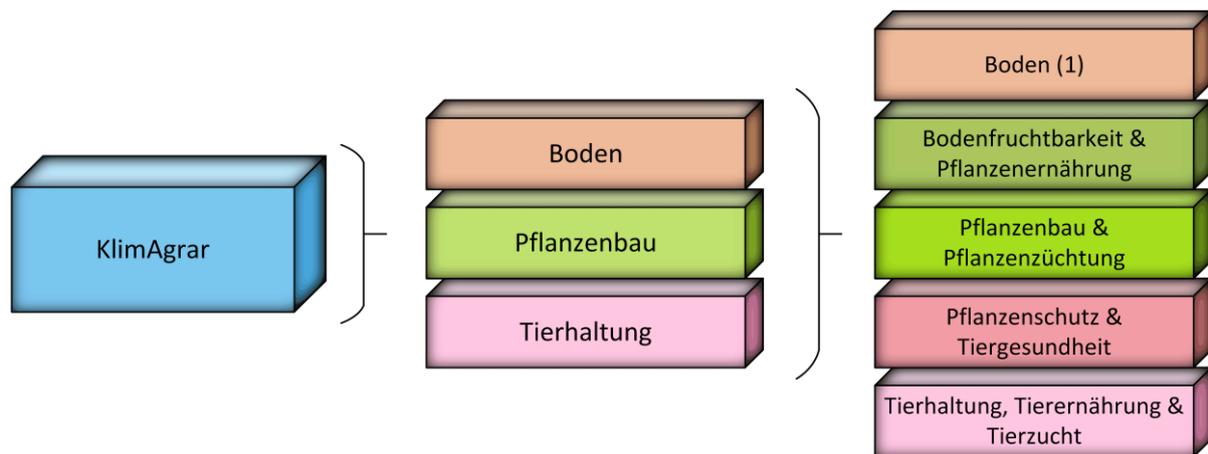


Abb. 11: Von den drei Förderlinien Boden, Pflanzenbau und Tierhaltung in die fünf integralen Themenkomplexe (1) Boden, (2) Bodenfruchtbarkeit & Pflanzenernährung, (3) Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung, (4) Pflanzenschutz & Tiergesundheit sowie (5) Tierhaltung, Tierernährung & Tierzucht.

Um dann im nächsten Schritt weitere thematische Übereinstimmungen zwischen den Projekten zu identifizieren, die über die Zuordnung in die Themenkomplexe hinausgingen, wurden die erfassten Schlagwörter als inhaltliche Merkmale zugeordnet. Im Prinzip heißt das nichts anderes, als dass die Forschungsprojekte eine weitere inhaltliche Dimension erhielten, die ihre Themenvielfalt in Form von Schlagwörtern repräsentierte.

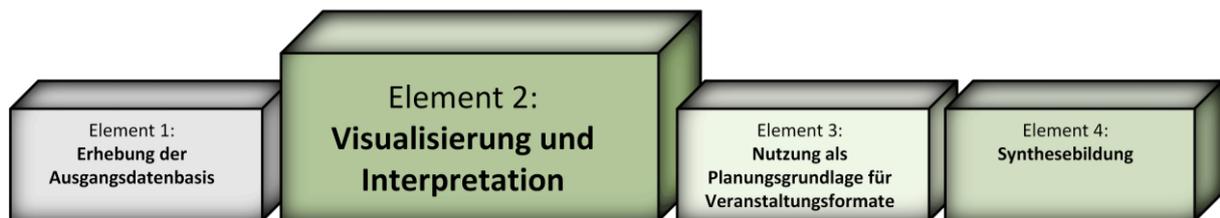
Auch wenn die Schlagwörter zunächst alle im selben Prozess erarbeitet wurden, wurde eine Unterscheidung des „Typs“ der Schlagwörter vorgenommen. Dafür wurde festgelegt, diese in einzelne Kategorien einzuteilen: Hauptbegriffe und Sachschlagwörter. Die sogenannten Hauptbegriffe waren unter anderem stellvertretend für den Teilbereich des klimagerechten Handelns, mit dem sich ein Projekt auseinandersetzt: *Klimawandel (Globale Erwärmung)*, *Folgen der globalen Erwärmung (Klimafolgen)*, *Anpassung an die globale Erwärmung (Klimaanpassung)* sowie *Minderung der Treibhausgasemissionen (Klimaschutz)*.

Zu den Sachschlagwörtern gehörten neben den zuvor angesprochenen Themenkreisen alle inhaltlichen Schlagwörter, die zwar unterschiedlichen Fachrichtungen entstammten (Landwirtschaft, Landnutzung, Geowissenschaften, Umweltwissenschaften etc.), aber im Rahmen dieses Forschungsprogramms einen Bezug zur Landwirtschaft haben (eine Gesamtübersicht bietet der Schlagwortkatalog im Annex I). Die Kategorie der Sachschlagwörter macht den größten Fundus aus, denn hier wurden alle Schlagwörter verzeichnet, die aus den Projektkontexten heraus identifiziert wurden. Dies ist auch die Ebene, die für die Vernetzung der Projekte genutzt wurde, weil sich möglichst umfassend Knotenpunkte zwischen den Projekten ergeben.

Zusätzlich zu den thematischen Schlagwörtern haben die Projekte auch noch weitere Merkmale, die sich zuordnen lassen. Dazu gehören unter anderem konkrete Methoden, die angewandt wurden (z.B. *Sensorik (Sensortechnik)*, *Monitoring*, *Modellierung* etc.), aber auch

die schon vorher angesprochenen Metadaten (Wer war im Projekt involviert? Wo wurde es durchgeführt? Wo befanden sich Untersuchungsstandorte?). Dadurch ergeben sich nicht nur weitere Verknüpfungspunkte zwischen den Projekten, sondern auch eine Art grundlegende Ontologie für jeden Akteur in diesem Forschungsprogramm.

3.3. Visualisierung



Nach der Identifizierung der Schlagwörter sowie deren Zuordnung zu den jeweiligen Projekten, galt es im nächsten Schritt, die Inhalte graphisch sichtbar zu machen. Die visuelle Veranschaulichung ist im Rahmen der vorliegenden Dissertation als ein wesentlicher Baustein der Begleitforschungsarbeit zu bewerten, da sie zum einen die Grundlage weiterer Ansätze bildete (s. Kap. 3.5) und zum anderen als Navigationstool für jeden nutzbar gemacht wurde. Vor diesem Hintergrund gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, um Inhalte, insbesondere Schlagwörter, abzubilden.

Eine grundlegende Komponente, die im Zusammenhang mit KLIMAGRAR kontinuierlich geprägt wurde, war die wiederkehrende farbliche Einteilung der Förderlinien und der thematischen Kategorien. Die farbliche Abgrenzung der Forschungsprojekte fällt dem Betrachter dabei direkt ins Auge: So symbolisiert die Farbe braun Projekte aus der Förderlinie Boden, grün die des Pflanzenbaus und rosa die aus der Tierhaltung. Die Begleitforschung ist in blau dargestellt (vgl. Abb. 6).

Diese farbliche Unterscheidung der jeweiligen Förderlinien ermöglichte in Abbildungen jeglicher Art die intuitive Unterscheidung zwischen den ursprünglichen Förderlinien, was insbesondere dann relevant war, wenn Schlagwörter mit Projekten aus unterschiedlichen Förderlinien in Verbindung gebracht werden und so disziplinübergreifende Anknüpfungspunkte deutlicher aufgezeigt werden konnten. Darauf aufbauend werden in den folgenden Unterkapiteln Möglichkeiten zur Visualisierung vorgestellt.

3.3.1. Visualisierung der Klassifikationssystematik

Um einen ersten Einblick in die graphische Darstellung der Verschlagwortung zu geben, wurde zunächst die Überlegung verfolgt, die Verortung der Förderlinien in der zugrundeliegenden

Klassifikationssystematik zu visualisieren. Wie Abbildung 12 zeigt, kann eine solche Darstellung durchaus nützlich sein, um die Schlagwörter in einer geordneten Struktur, hier in einem Baumdiagramm, abzubilden. Wie mit Bezug auf die Dewey-Dezimalklassifikation (DDC) beschrieben (s. Kap. 3.2), werden die einzelnen Schlagwörter in Dezimalzahlen hierarchisch geordnet. Aus der Abbildung ist erkennbar, wo sich die drei Förderlinien Boden, Pflanzenbau und Tierhaltung, hervorgehoben gemäß der farblichen Konvention, in der Struktur einordnen. Es ist ebenfalls zu erkennen, dass sich aus der Kategorie Landwirtschaft (63) mehrere Subkategorien eröffnen, darunter auch die Tierhaltung (636). Eine weitere Ebene (Subkategorie) tiefer sind die zwei anderen Förderlinien Boden (631.4) und Pflanzenbau (631.5) verortet. Das heißt nichts weiter, als dass die Förderlinien, die als solche (aus formaler, förderpolitischer Sicht) hierarchisch gesehen auf derselben, höchsten Stufe stehen, eingebettet in die DDC auf unterschiedlichen Ebenen der themenbasierten Klassifizierung zu finden sind. In dem Auszug aus der Baumstruktur sind nicht nur die Förderlinien farblich hervorgehoben, sondern auch die Schlagwörter nach der jeweiligen Basiskategorie. Das heißt, Pflanzenbau (631.5) gehört in dieselbe Basiskategorie wie beispielsweise die Punkte 631.52-55, daher die grüne Farbe. Es zeigt sich, dass (1) die Themen als „Titel“ der Förderlinien nicht unbedingt hierarchisch gesehen an oberster Stelle stehen und vor allem, dass (2) diese Themenbereiche gar nicht sauber voneinander zu trennen zu sind.

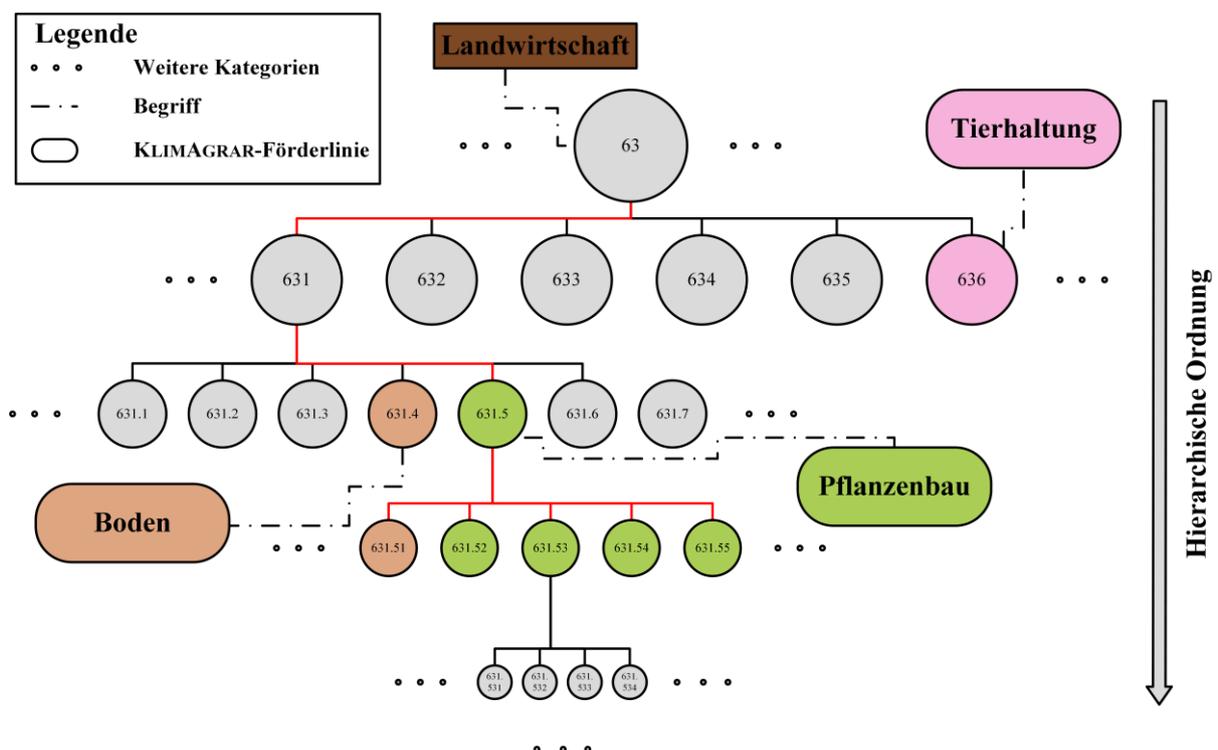


Abb. 12: Ein Ausschnitt aus der Klassifikationssystematik basierend auf der Dewey-Dezimalklassifikation. Auf Basis von Dezimalzahlen werden in dieser Systematik Themenbereiche abgebildet bzw. hierarchisch sortiert. Die übergreifende Kategorie Landwirtschaft (63) fächert sich in mehrere Subkategorien auf, darunter die Tierhaltung (636). Wiederum eine Subkategorie tiefer finden sich die mit den Förderlinien Boden (631.4) und Pflanzenbau (631.5) vergleichbaren Schlagwörter.

Folgt man in dieser Systematik dem Schlagwort Pflanzenbau, so reihen sich wiederum solche ein, die farblich unterschiedlichen Basiskategorien zugeordnet wurden (z.B. 631.51; Bodenbearbeitung).

Trotz der übersichtlichen Darstellung und hilfreichen Strukturierung in Form des Baumdiagramms eignet sich diese Art der Visualisierung der Themen mit Blick auf die Vernetzung der Forschungsprojekte nicht. Das liegt ganz einfach an der Struktur eines solchen Diagramms, das linear (oder auch vertikal) von Kategorie in Subkategorie in Subsubkategorie und so weiter verläuft, aber keine Möglichkeit zur horizontalen Vernetzung aller Schlagwörter bietet. Genau an diesem Punkt galt es dann anzusetzen.

3.3.2. Visualisierung als Schlagwortwolke

Eine häufig genutzte Methode zur Visualisierung von Textinhalten ist die Erstellung von Schlagwortwolken. Mit diesen lassen sich mehrere Eigenschaften der Inhalte hervorheben: Zum einen kann man wieder durch die farbliche Konvention hervorheben, welche Schlagwörter derselben Kategorie zuzuordnen sind, zum anderen hat man durch die Größe und Position der einzelnen Schlagwörter die Möglichkeit Aussagen über die Wichtigkeit eines Schlagwortes im Gesamtthemenkomplex zu treffen und sichtbar zu machen. Abbildung 13 zeigt eine 200 Schlagwörter umfassende Schlagwortwolke, die den einzelnen Forschungsprojekten zugeordnet wurden. Diese 200 Schlagwörter bilden eine Teilmenge des Schlagwortkatalogs ab, der zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit rund 2170 Schlagwörter umfasst (s. Annex I).

Ein Blick auf diese Schlagwortwolke reicht aus, um deutlich den inhaltlichen Kern des Forschungsprogrammes zu erkennen: Zum einen sind die größten Schlagwörter in der Mitte der Wolke Hauptbegriffe, die den Kontext des klimagerechten Handelns in der Landwirtschaft widerspiegeln, zum anderen Fachbegriffe unter anderem aus den Themenfeldern der Basiswissenschaften, der Umweltwissenschaften und natürlich der Landwirtschaft. Das Schlagwort Klimawandel ist mit $n = 40$ das am häufigsten genannte, gefolgt von der Minderung der Treibhausgasemissionen (Klimaschutz; $n = 28$) sowie der Anpassung an die globale Erwärmung (Klimaanpassung; $n = 17$). Dass ein Wort 40 Mal zugeordnet werden konnte, hat mit der Grundgesamtheit der Forschungsprojekte zu tun, die in diesem Fall berücksichtigt wurde. Zusätzlich zu den 32 KLIMAGRAR-Forschungsprojekten wurden 8 weitere vom BMEL, aber außerhalb dieses Forschungsprogrammes geförderte Projekte aus dem thematischen Umfeld einbezogen. Es wird deutlich, dass nicht nur alle Projekte den Klimawandel klar in ihren Texten benennen, sondern auch, dass es Projekte gibt, die sich entweder mit der Minderung der THG-Emissionen, der Anpassung an die globale Erwärmung oder auch mit beidem auseinandersetzen. Auch die drei als Förderlinien titulierten Themenbereiche Boden ($n = 11$), Pflanzenbau ($n = 16$) und Tierhaltung ($n = 11$) sind prominent zu finden. Daneben

stechen unter anderem auch Schlagwörter wie *Sensorik* (n = 12), *Fernerkundung* (n = 10), *Wirtschaftsdünger* (n = 9), *Futtermittel* (n = 8) sowie *Weizen* (n = 8) hervor. Auf der anderen Seite werden auch Schlagwörter abgebildet, die im Gesamtkontext aufgrund der Häufigkeit ihres Auftretens nicht repräsentativ für das komplette Themenspektrum zu sein scheinen. Beispielsweise sind da Schlagwörter wie *Moor* (n = 1), *Gärung* (n = 1), *Recycling* (n = 1) oder *Wasserwirtschaft* (n = 1) zu nennen.



Abb. 13: Die KLIMAGRAR-Schlagwortwolke. Die Inhalte der Forschungsprojekte werden durch die Schlagwörter dargestellt. Neben der charakteristischen farblichen Konvention wird auf den ersten Blick deutlich, dass Themen rund um den Klimawandel besonders prominent sind, gefolgt von Boden, Pflanzenbau, Tierhaltung aber auch Schlagwörtern wie Pflanzenschutz, Fernerkundung oder Wirtschaftsdünger.

Die Abbildung in Form einer Schlagwortwolke birgt den Vorteil, dass auf einen Blick die Inhalte eines Forschungsprogrammes darstellbar sind, gleichzeitig liefert sie eine sichtbare Auswertung der Häufigkeit des Auftretens im Forschungskontext. Je größer die Schlagwörter, desto repräsentativer sind sie inhaltlich für die laufenden Forschungsprojekte. Außerdem bildet die Wortwolke auch das Gegenteil ab: Themen, die in einem Forschungsprogramm in diesem Kontext als wichtig erachtet werden könnten, aber in der Gesamtmenge unterrepräsentiert bleiben. Für die Vernetzung der Forschungsprojekte lässt sich aus dieser Art der Abbildung ein ähnlicher Schluss ziehen: Je größer das Wort, desto mehr Projekte verbindet ein Schlagwort miteinander. Theoretisch lässt sich an dieser Stelle bereits ableiten, welche Themen als Knotenpunkte für einen Großteil der Projekte nützen und welche eher exklusiv bearbeitet werden.

3.3.3. Visualisierung als Netzwerkgraph

Trotz der vorgestellten Möglichkeiten zur graphischen Darstellung war für die tiefergehende Visualisierung der Vernetzung eine andere Art der Darstellung notwendig, die das Gesamtgefüge sichtbar und Verbindungslinien, also Relationen, zwischen den Projekten transparent und interaktiv nachvollziehbar machen konnte.

Vor allem in den Sozialwissenschaften werden in einer solchen Konstellation Netzwerkanalysen genutzt, um Beziehungen zwischen zwei und/oder mehreren Elementen – Einzelpersonen, Einrichtungen, Gesellschaften usw. – analysieren und interpretieren zu können (Wasserman & Faust, 1994). Von der graphischen Darstellung her denkend, wird ein Netzwerk als eine bestimmte, abgegrenzte Anzahl an Akteuren, den *Knoten*, und der zwischen ihnen verlaufenden *Kanten*, also direkten Verbindungen, definiert (Jansen, 2003). Im Fallbeispiel der vorliegenden Dissertation verkörpern die BMEL-Forschungsprojekte sowie die zugeordneten Schlagwörter die Knoten, die über Kanten miteinander verbunden sind.

Durch die Überführung der Informationen in einen Netzwerkgraphen lässt sich dieses relationale Geflecht demnach visualisieren. Diese Herangehensweise bot die Möglichkeit, Verbindungen zwischen Forschungsprojekten und thematischen Schlagwörtern zu veranschaulichen und daraus Erkenntnisse für die weitere Begleitforschungsarbeit zu ziehen. Wo in einem sozialen Netzwerk möglicherweise unterschiedliche Formen der Beziehungen bestehen, steht in diesem Kontext lediglich die Arbeit an einem bestimmten Thema im Mittelpunkt, also die Verbindung zwischen Schlagwort und Forschungsprojekt. Dabei kann ein Schlagwort genauso mit mehreren Projekten verbunden sein, wie ein Projekt mit mehreren Schlagwörtern. Um im Netzwerkgraphen zusätzlich zu den Verbindungslinien auf die Wichtigkeit einzelner Knoten aufmerksam zu machen (gemessen an der Menge ein- und ausgehender Kanten), kann man sich die Größe der jeweiligen Knoten zunutze machen. Unterschiedliche Gruppen von Akteuren (Schlagwörter und Projekte) ließen sich zudem durch unterschiedliche Symbole bzw. Farben kennzeichnen, auch wenn Farben nach dieser Diktion im Rahmen der Arbeit bereits zur Unterscheidung innerhalb einer Gruppe dienen. Auch ohne die Visualisierung lassen sich durch eine Netzwerkanalyse bestimmte Merkmale eines solchen Netzwerks herausarbeiten. Die reine Anzahl der Kanten, die aus einem Knoten hervorgehen sowie dort eintreffen, wird durch die sogenannte *Gradzentralität* (engl. *degree*; auch *Degree-Zentralität*) ausgedrückt. Gibt es unterschiedlich gerichtete Verbindungen zwischen den einzelnen Knoten, so unterscheidet man diese auch noch (*in-degree* und *out-degree*). Die Gradzentralität ist also ein Indikator dafür, welchen Stellenwert ein Knoten im Gesamtgefüge des Netzwerks hat (Gamper, 2020). Für Vernetzungsprozesse in einem Forschungsprogramm ist sie damit eine entscheidende Maßzahl,

weil sie die Eignung eines Knotens als gemeinsamer Nenner aufzeigt. Allerdings gilt es bei der Interpretation zu beachten, dass insbesondere die Gradzentralität der Schlagwörter fokussiert werden sollte, da jene der Forschungsprojekte nicht zwangsläufig die Relevanz widerspiegelt, sondern im Zweifelsfall „nur“, dass vergleichsweise viele Inhalte abgedeckt werden. Das kann auch daraus resultieren, dass in den zugrundeliegenden Textdateien sehr detailliert auf Inhalte und Umstände eingegangen wurde, so dass per se eine größere Menge an Schlagwörtern identifiziert wurde. Weitere Maßzahlen, mit der sich Aussagen über das Gefüge bzw. die „Position“ eines Akteurs im Netzwerk treffen lassen, sind die *Zentralität* (engl. *centrality*), die *Zwischengehörigkeit* (engl. *betweenness*) und die *Nähe* (engl. *closeness*) (Borgatti, 2005; Freeman, 1978; Gamper, 2020; Watts & Strogatz, 1998). Die *Nähe* beispielsweise ist ein Indikator für die Nähe eines Knotens zu allen anderen im Netzwerk und fußt dabei auf allen direkten und indirekten Verbindungen. Die Zentralität lässt Aussagen über die Position, eben die Zentralität, von Knoten im Netzwerk zu (Gamper, 2020). Aus Sicht der Begleitforschung hat die Visualisierung des Netzwerks noch mindestens einen weiteren Output, der beispielsweise als Planungsgrundlage für Veranstaltungsformate genutzt werden konnte. Da in einem solchen Netzwerk Projekte mit jeweils unterschiedlichen Schlagwörtern verbunden sind, ergibt sich für alle eine bestimmte Position. Je ähnlicher sich die Projekte anhand ihrer Inhalte sind, desto näher positionieren sie sich auch im Netzwerk. So ergeben sich durch das Netzwerk bestimmte Cluster von Projekten rund um einzelne Themenkomplexe.

Abbildung 14 zeigt einen solchen Netzwerkgraphen, der alle 32 BMEL-Forschungsprojekte und die zugeordneten Schlagwörter abbildet. Der Graph besteht insgesamt aus 229 Knoten, davon 197 Schlagwörter (kreisförmig) und 32 Projekte (quadratisch). Die 667 Kanten sind in hellem grau dargestellt. Die charakteristischen Farben braun, grün und rosa treten wieder auf, auffallend groß sind jedoch die blauen *Knoten*, die Schlagwörter aus dem Bereich Klimaschutz darstellen. Die großen Knotenpunkte (*Klimawandel*, *Klimaanpassung*, *Klimaschutz*) in dieser Abbildung sind vergleichbar mit der Größenordnung in der Schlagwortwolke (Abb. 13), auch wenn in dem Netzwerkgraphen ausschließlich die 32 Projekte aus dem direkten KLIMAGRAR-Umfeld eingebunden sind (ohne die Zusatzprojekte, die in der Schlagwortwolke mit aufgenommen sind). Neben den genannten Farben erkennt man unter anderem auch noch dunkelbraun und dunkelblau, die für die Themenbereiche *Landwirtschaft* bzw. *System Erde* stehen. Die Schlagwörter *Boden*, *Pflanzenbau* und *Tierhaltung* stechen ebenfalls heraus, während auffällt, dass die Verbindungslinien zwischen den Bereichen *Boden* und *Pflanzenbau* (linke Seite des Netzwerkgraphen) stärker miteinander verwoben sind, als jeweils mit der Tierhaltung. Auch wenn sich Schlagwörter gleicher Farbe

vorzugsweise geclustert darstellen, durchbrechen immer wieder einzelne Schlagwörter diese Anordnung (z.B. *Pflanzenernährung* im Bereich *Boden*).

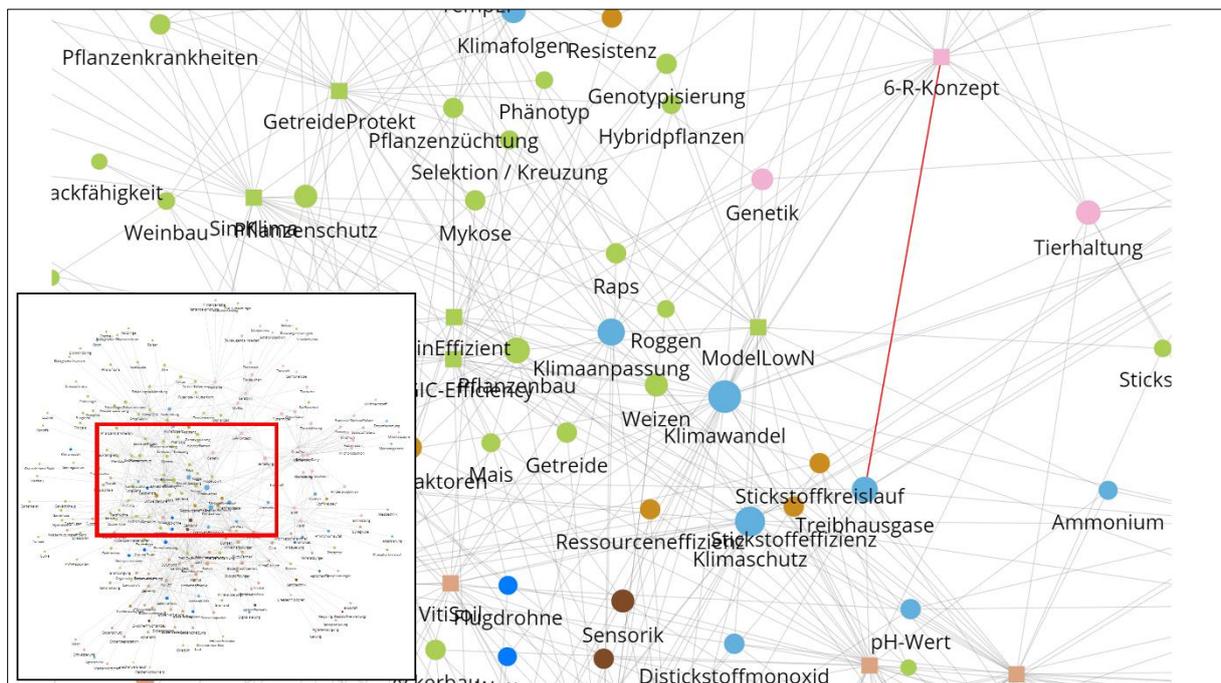


Abb. 14: Netzwerkgraph der KLIMAGRAR-Projektgemeinde. Das kleine Fenster linker Hand zeigt den gesamten Netzwerkgraphen mit insgesamt 229 Knoten, davon 197 Schlagwörter und 32 Projekte. Der rot markierte Ausschnitt wird stark vergrößert dargestellt und lässt erkennen, dass die Projekte viereckig, die Schlagwörter rund sowie die Verbindungslinien (Kanten) zwischen den Knoten in grau dargestellt sind. In rot ist beispielhaft die Verbindung eines Projektes mit einem Schlagwort hervorgehoben.

Der Netzwerkgraph als Visualisierungstool hatte für die Begleitforschung zwei maßgebliche Verwendungen, die in den folgenden Unterkapiteln wieder aufgegriffen werden. Die erste war die Verwendung für die Begleitforschungsarbeit selbst, als Grundlage einer tieferen thematischen Clusterung der Projekte, die beispielsweise dann in Form von Arbeitstagen zusammengebracht wurden (für die konkrete Aufschlüsselung siehe Kapitel 3.5.2) – anstelle der vormals eher oberflächlichen thematischen Einordnung. Die andere war die Bereitstellung dieser Anwendung für alle Beteiligten im Forschungsprogramm und darüber hinaus, als visuelles Navigationstool integriert in die KLIMAGRAR-Website (s. Kap. 3.4.1). Generell geht man in der Netzwerkanalyse davon aus, „dass die Struktur der sozialen Netzwerke [...] und soziale *Outcomes* [...] voneinander abhängig sind und sich gegenseitig beeinflussen“ (Gamper, 2020, S. 111). Die Annahme, dass das auch auf die Struktur und das Gesamtergebnis eines Forschungsprogrammes zutrifft, bekräftigte die Nutzung dieses Konzeptes.

3.3.3.1. Software

Der zugrundeliegende Datensatz enthält die Verbindungen zwischen Projekten und Schlagwörtern in tabellarischer Form. Diese Form ist um eine beliebige Anzahl an Spalten erweiterbar, die wiederum im Prozess der Visualisierung und Auswertung eine Rolle spielen

können. Für die Erstellung des Netzwerkgraphen wurde die Programmiersprache *R* genutzt. Mithilfe von einer Vielzahl an Paketen, in die bestimmte Funktionen eingebettet sind, bietet *R* viele Möglichkeiten für unterschiedlichste Anwendungen. Im Falle der vorliegenden Dissertation bot die Nutzung von *R* unter anderem die Vorteile, dass es eine freie Software ist sowie grundsätzlich die Möglichkeit bietet, Elemente als HTML-Seiten zu exportieren. Letzteres war von besonderem Interesse, weil der Netzwerkgraph als Navigationstool in die Projektwebsite integriert werden sollte (s. Kap. 3.4.1). Die Vorbereitung der in *R* einzulesenden Tabellen erfolgte in *Microsoft Excel*. Für die weitere Verarbeitung in *R* wurde überwiegend das Paket *igraph*¹⁶ genutzt, ehe der Netzwerkgraph mithilfe des Paketes *visNetwork*¹⁷ erstellt wurde. Im Annex II ist das *R*-Script einzusehen, das dem Netzwerkgraphen (Abb. 14) zugrunde liegt.

Die Pakete *visNetwork* und *igraph* sind (wie alle Pakete in *R*) jeweils selbst als Art Bibliothek zu verstehen, in der Funktionen für bestimmte Anwendungsbereiche gesammelt werden. Einige dieser Funktionen bieten nützliche und vor allem individuell anpassbare Optionen für die Erstellung des KLIMAGRAR-Netzwerkgraphen. Beispielsweise kommt auch hier wieder die farbliche Konvention zum Tragen, die mit den jeweiligen Themen verbunden werden kann. Zusätzlich dazu lassen sich die Kanten- und Knotengrößen manuell steuern oder eben mit bestimmten Werten versehen, so dass die Knoten mit zunehmender Anzahl ein- und ausgehender Verbindungen größer werden und damit deren Wichtigkeit im Netzwerk repräsentieren. Durch die thematischen Attribute, die zuvor jedem Forschungsprojekt zugeordnet wurden, findet jedes Element seinen Platz im Netzwerkgraphen. Logischerweise sammeln sich Projekte mit ähnlichen Forschungsinhalten an ähnlichen Positionen im Netzwerkgraphen – eine Information, die für spätere Planungen besonders wichtig war (s. Kap. 3.5).

3.4. Arbeits- und Informationsplattform

Ein weiterer wichtiger Baustein der Arbeit einer Begleitforschung war der Aufbau einer Plattform, auf der Informationen rund um das Forschungsprogramm transparent gemacht und verbreitet werden sowie eine Vernetzung der konkret beteiligten Projekte erfolgen konnten. Zu den Informationen gehörten Hintergründe hinsichtlich der Klimaschutzthematik, solche zu den jeweiligen Projekten und zur Arbeit der Begleitforschung. Dies wurde unter Nutzung der quillcodeoffenen Content-Management-Software (CMS) *WordPress* unter der Hauptdomain

¹⁶ Paket „igraph“, Version 1.3.5. Dokumentation online unter: <https://cran.r-project.org/web/packages/igraph/igraph.pdf> (Stand: 28.07.2023).

¹⁷ Paket „visNetwork“, Version 2.1.2. Dokumentation online unter: <https://cran.r-project.org/web/packages/visNetwork/visNetwork.pdf> (Stand: 28.07.2023).

unter-2-grad.de umgesetzt. Der öffentliche Bereich der Website war für jeden Nutzer frei zugänglich. Zusätzlich dazu wurde unter der Subdomain *intern.unter-2-grad.de* ein auf registrierte Nutzer beschränkter, interner Bereich vorgesehen, der als forschungsprogramminterne Austausch- und Diskussionsplattform dienen sollte. Da es sich um ein deutschlandweites BMEL-Forschungsprogramm handelte, war eine zentrale Plattform, auf der alles gebündelt wurde, ein wichtiger Faktor, um allen Akteuren den gleichen Zugang zu allen Inhalten zu gewähren. In Zeiten einer Pandemie wie der Corona-Krise¹⁸ wurde ein virtuelles Netzwerk umso wichtiger. Alle 32 Forschungsprojekte sowie die Begleitforschung KLIMAGRAR wurden auf einzelnen Projektseiten mit Informationen zum Inhalt und zu den Metadaten dargestellt. Mit fortschreitender Projektlaufzeit wurde eine Vielzahl digital verfügbarer Medien aufgenommen, wie Fachliteratur, Poster- und PowerPoint-Präsentationen, Podcasts und Videos. Zusätzlich zu einem Kurztext zum Projektinhalt, ist die Schlagwortwolke auf jedes Einzelprojekt zugeschnitten worden (Abb. 15), so dass auch mit einem Blick die Inhalte eines jeden Projektes visuell zu erfassen waren.

¹⁸ Der Beginn der Corona-Krise im Frühjahr 2020 hat sich auch auf die Arbeit der Begleitforschung ausgewirkt: Für mehrere Monate mussten alle KLIMAGRAR-Aktivitäten virtuell durchgeführt werden, ein Umstand, der zwar zum einen die Vernetzung der Forschungsgemeinde erschwert hat, zum anderen jedoch den Zugang zu Veranstaltungen im Rahmen von KLIMAGRAR erleichtert hat.

3.4.1. Themengeleitete visuelle Navigation

Eine wesentliche Funktion, die in dieser Plattform umgesetzt wurde, war die Implementierung einer visuellen Navigationsmöglichkeit durch die Themen der Forschungsprojekte. Auf Basis der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Verschlagwortung, der Zuordnung der Themen als Merkmale und der Visualisierung in Form eines Netzwerkgraphen war der Grundstein für die visuelle Navigation durch die Website gelegt. Die Grundidee dabei war, in erster Linie nicht projekt- oder förderlinienbezogen durch die Website zu navigieren, sondern die Themen und die vielfältigen thematischen Überschneidungen in den Vordergrund zu stellen. In Abbildung 16 ist der Netzwerkgraph dargestellt, der letzten Endes in die Website integriert wurde, um Nutzern eine mausklickbasierte „Reise“ durch die Themenbereiche zu ermöglichen. Zusätzlich konnte aus dem Netzwerk heraus wiederum jede Projektseite aufgerufen werden. Ferner wurde eine in listenform dargestellte Zuordnung der Projekte zu den jeweiligen Schlagwörtern zur Verfügung gestellt. Eine detaillierte Schrittfolge der visuellen Navigation durch die Website ist im Annex III dokumentiert. Für den Zweck der visuellen Navigation wurde die Darstellung des ursprünglichen Netzwerkgraphen (Abb. 14) in Abbildung 16 hinsichtlich des Layouts und der Größe der einzelnen Knotenpunkte leicht verändert, um das Bild, das Nutzer bei Erreichen des Netzwerkes erwartete, etwas übersichtlicher zu gestalten und somit den Einstieg über die großen Themenkreise zu betonen. Inhaltlich basieren die Graphen auf derselben Datengrundlage.

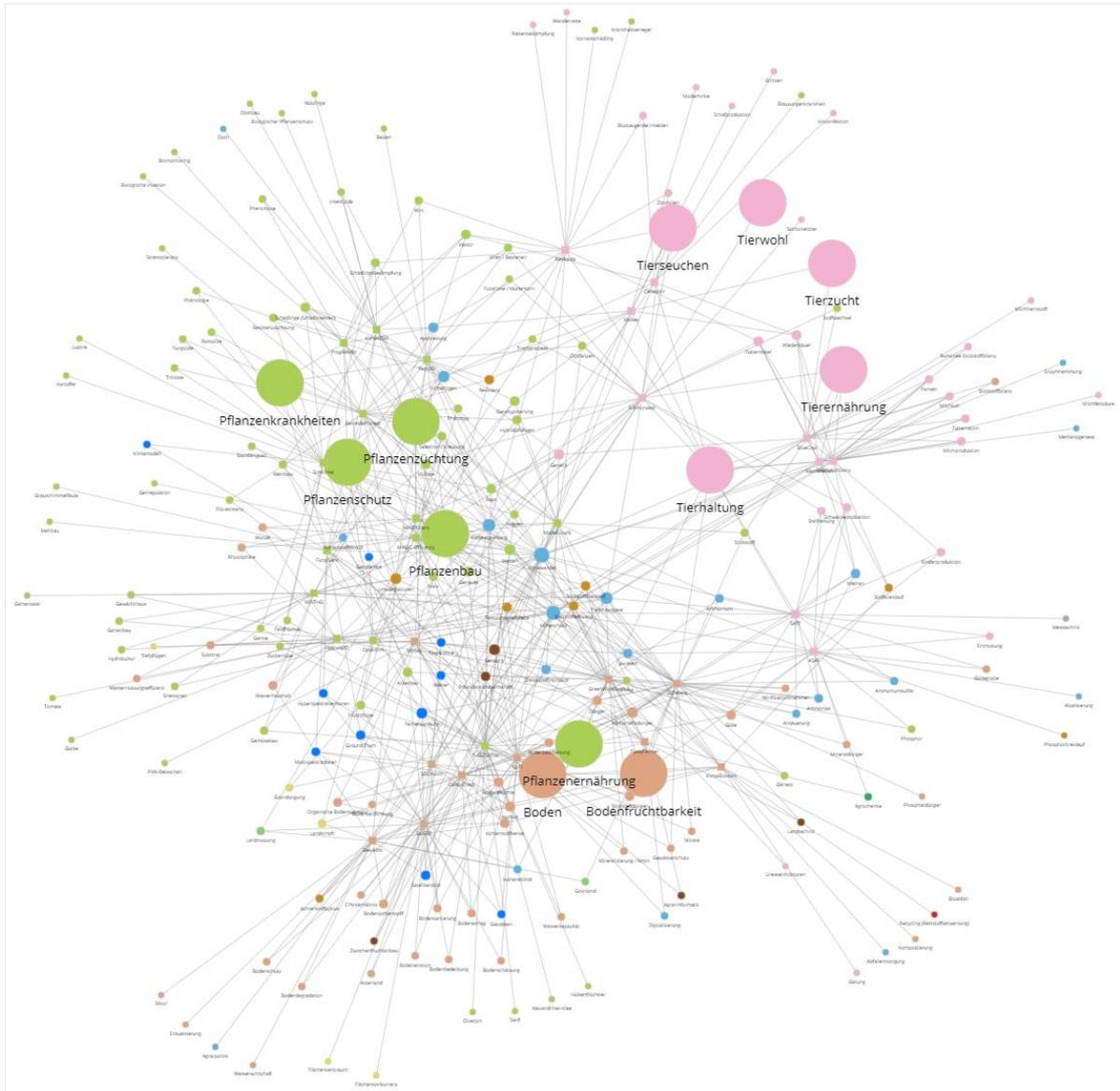
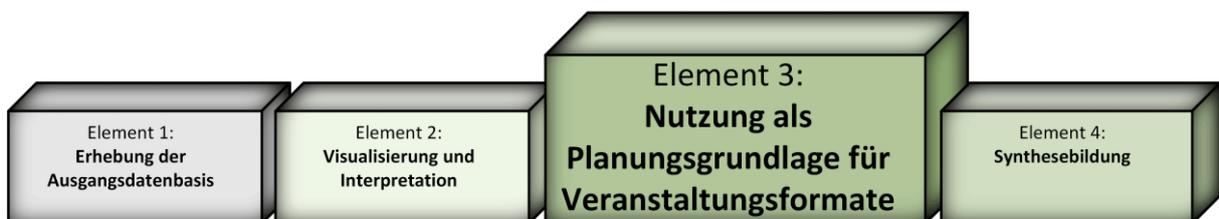


Abb. 16: Netzwerkgraph als visuelle Navigation in der KLIMAGRAR-Website. Zur Verortung im Netzwerk ist die Größe der integralen Themenkomplexe verändert worden. Nutzer der Website konnten diesen Graphen nutzen, um darin nach Schlagwörtern und Projekten, die damit im Zusammenhang stehen, zu suchen. Per Klick gab es ebenfalls die Möglichkeit, wiederum auf die jeweiligen Projektseiten und, bei Klick auf ein Schlagwort, zu einer Listenansicht der verbundenen Projekte zu gelangen. Erreichbar ist dieses Netzwerk unter <https://www.unter-2-grad.de/graph/> (Stand 28.07.2023).

3.5. Veranstaltungsformate mit Begleitforschung



Alle Verarbeitungsstufen und erarbeiteten Elemente, die bisher vorgestellt wurden, fügen sich beginnend mit der Verschlagwortung, über die Zuordnung der Schlagwörter als Merkmale der einzelnen Projekte bis zur Visualisierung der Vernetzung und Implementierung in die Website

im Gesamtkontext zusammen. In diesem Kapitel werden Veranstaltungsformate vorgestellt, die darauf aufsetzten und im Rahmen der Begleitforschung KLIMAGRAR genutzt bzw. teilweise eigens konzipiert wurden. Für die initiale Festlegung sowohl der Themen (vor allem der Arbeitstagungen) als auch der Teilnehmer an den unterschiedlichen Veranstaltungen wurde auf das ausgearbeitete inhaltliche Spektrum wie auch auf die Themencluster zurückgegriffen. Zusätzlich zu thematisch fokussierten Veranstaltungen, wurden auch Formate etabliert, die mehr formalen Charakter besaßen und auf den Prozess der Arbeit im Forschungsprogramm, gemeinsam mit der Begleitforschung, abzielten.

3.5.1. Auftakttreffen

Die aktive Vernetzungsarbeit begann im Februar 2019 in Form von einer physischen Auftaktveranstaltung, die sich an alle Akteure im Forschungsprogramm richtete. Der Fokus lag darauf, die Akteure (insbesondere die Projektkoordinatoren) aus den Forschungsprojekten miteinander bekannt zu machen, über die Themenvielfalt aufzuklären und in erster Linie auch vorzustellen, was die Forschungsgemeinde von der Begleitforschung zu erwarten hatte. Insbesondere weil dieses Konzept der Begleitforschung im Zusammenhang mit dem BMEL ein Pilotprojekt war, galt es, sowohl die Rolle der Begleitforschung als auch den Mehrwert für die gesamte Projektgemeinde herauszustellen, um eine gemeinsame Basis für die Zusammenarbeit zu schaffen. Jedem Projektkonsortium wurde dabei die Gelegenheit gegeben, die wesentliche Zielsetzung in einem Kurzstatement vorzustellen und in thematischen Clustern auf „offener Bühne“ zu diskutieren. Damit wurde ein erstes Zusammenführen der Thematiken forciert. Ganz grundsätzlich ist eine Auftaktveranstaltung für alle Beteiligten ein wichtiges Signal der Zusammengehörigkeit, vor allem dann, wenn sie bis dato noch nicht offensichtlich ist und trägt damit zur Identitätsstiftung bei.

Schon infolge dieses ersten Treffens zeigte sich, einhergehend mit der Textdatenverarbeitung im Hintergrund, dass die ursprünglich geplanten, zwei bis drei großen Clustertreffen für eine umfassende, interdisziplinäre Diskussion vielfältiger Inhalte nicht ausreichen würden. Zwar wurde bereits im Rahmen des Auftakttreffens die Gruppierung der Projekte nach Förderlinien durchbrochen und, für Diskussionsphasen, eine Einteilung nach den fünf integralen Themenkomplexen vorgenommen (s. Abb. 11), trotzdem zeigte sich in den Gesprächen, dass die Projekte mit ihren Inhalten mehrere Themenkomplexe streiften. Deshalb war dieses Auftakttreffen der Startschuss für eine größere Reihe an thematischen Arbeitstagungen, die weitaus besser die Themenvielfalt im Forschungsprogramm abdeckten und die jedem Forschungsprojekt die Möglichkeit gaben, sich zu unterschiedlichen Inhalten einzubringen.

Dass die ursprünglich (in der Projektantragsphase) seitens der Begleitforschung geplanten großen Clustertagungen zu den Förderlinien damit ad acta gelegt wurden, bedeutete eine nicht unwesentliche Veränderung im Projektplan. Das unterstreicht die Notwendigkeit, dass diese Art der Arbeit in und mit einem Forschungsprogramm ein Prozess ist, der flexibel anpassbar bleiben muss. Es gilt zu bedenken, dass der Arbeitsinhalt einer Begleitforschung maßgeblich von ihrem Umfeld bestimmt wird, das vorher, vor allem in der Beantragungsphase der Projekte, in seiner Ganzheit noch nicht einzuschätzen ist und deshalb ein stringenter Ablauf kaum planbar, geschweige denn einhaltbar ist.

Die neuen Veranstaltungsformate im Rahmen des Forschungsprogramms wurden sorgfältig ausgearbeitet und waren durch unterschiedliche thematische Ausrichtungen, unterschiedliche Adressaten wie auch unterschiedliche Zielsetzungen geprägt. Zusätzlich zu den Veranstaltungen für den multilateralen Austausch gab es immer die Möglichkeit für bilaterale Austausche zwischen Forschungsprojekten und der Begleitforschung.

Blaupause für die Planung einer KLIMAGRAR-Veranstaltung
<ul style="list-style-type: none"> ☼ Erarbeitung eines Hintergrundpapiers und eines Programms. ☼ Organisation seitens KLIMAGRAR oder in Zusammenarbeit mit anderen Förderprojekten. ☼ Bei gemeinsamer Organisation war die Einrichtung eines Förderprojektes der Veranstaltungsort.¹⁹ ☼ Bekanntmachung und Einladung zur Veranstaltung hauptsächlich über die Website. ☼ Die Teilnahme war grundsätzlich freiwillig. ☼ Zum Thema passende Projekte wurden gesondert herausgestellt, die Teilnahme war aber für alle Förderprojekte offen. ☼ Das Teilnehmerfeld umfasste nicht nur Akteure aus den Förderprojekten (hauptsächlich Wissenschaftler), sondern auch andere, wie Politiker und Praktiker. ☼ Im Anschluss wurde seitens KLIMAGRAR eine Nachlese erarbeitet, in der die wichtigsten Inhalte und Handlungsempfehlungen dokumentiert wurden. ☼ Darüber hinaus wurden die Projekte angehalten, in den jeweiligen thematischen Clustern weiter zu agieren und eigens weiter Veranstaltungen durchzuführen.

¹⁹ Dieser Vorgang musste mit Beginn der Corona-Krise angepasst werden. Zwar änderte sich nichts an der gemeinsamen Vorbereitung und „Ausrichtung“, die Tagungen fanden dann jedoch virtuell statt.

Arbeitstagen	Transferwerkstätten	Landwirteforen	Werkstätten
Organisation			
<ul style="list-style-type: none"> • KLIMAGRAR gemeinsam mit Förderprojekt(en) 	<ul style="list-style-type: none"> • Meist durch KLIMAGRAR 	<ul style="list-style-type: none"> • KLIMAGRAR gemeinsam mit Förderprojekt(en) 	<ul style="list-style-type: none"> • KLIMAGRAR gemeinsam mit Förderprojekt(en)
Themenbereich			
<ul style="list-style-type: none"> • 9 Themencluster aus den Inhalten der Projekte (z.B. Stoffkreisläufe und Ressourceneffizienz) 	<ul style="list-style-type: none"> • Themenfeld, das nicht unbedingt direkt aus dem Projektkontext kommen muss (z.B. Agrarpolitik) 	<ul style="list-style-type: none"> • Eher auf das Gesamtgefüge bezogener Themenumfang (z.B. Milch und Klima) 	<ul style="list-style-type: none"> • Speziellere Themen mit Relevanz für das Forschungsprogramm (z.B. Klimamodellierung)
Teilnehmerfeld			
<ul style="list-style-type: none"> • Themencluster wird bewusst angesprochen • Teilnahme offen für alle Projekte (v.a. Wissenschaft) 	<ul style="list-style-type: none"> • Offen für alle Projekte • Alle Akteure aus Politik, Wissenschaft und Praxis • Input aus Fachkreisen 	<ul style="list-style-type: none"> • Offen für alle Projekte und darüber hinaus • Praxis, Wissenschaft, Politik, Beratung etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Teilnahme für bestimmte Akteure • Teilnahme auf Einladung
Verfolgtes Ziel			
<ul style="list-style-type: none"> • Betrachtung der Projektarbeiten im Kontext eines Themenclusters • Vernetzung und Förderung der interdisziplinären Zusammenarbeit • Handlungsempfehlungen generieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Wissenstransfer von Akteur zu Akteur hinsichtlich eines bestimmten Themas • Transdisziplinärer Austausch im Forschungsprogramm, auch mit Akteuren außerhalb KlimAgrar 	<ul style="list-style-type: none"> • Gezielter Austausch zwischen Landwirten, Wissenschaftlern und Politikern • Offener Diskurs über Vorstellungen und Anwendbarkeit der Forschungsinhalte 	<ul style="list-style-type: none"> • Fachlicher Austausch zwischen den Forschungsprojekten zu spezifischen Themen • Erstellung eines Leitfadens, wie mit bestimmten Fachthemen umzugehen ist

Abb. 17: Eine Übersicht über unterschiedliche Veranstaltungsformate im KLIMAGRAR-Kontext. Es wird aufgezeigt, dass im Rahmen der Begleitforschung gleichermaßen die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Projekte gestärkt wurde (v.a. Arbeitstagen), wie auch transdisziplinäre Vorgänge verfolgt wurden (v.a. Transferwerkstätten).

3.5.2. Arbeitstagen der Themencluster

Am häufigsten wurde das Format der Arbeitstagen genutzt. Die aus dem Netzwerkgraphen (s. Abb. 14) identifizierten, thematisch spezifischeren Cluster deckten die folgenden übergeordneten Themenkomplexe ab:

- ☼ Fernerkundung und Geodateninfrastruktur für die Landwirtschaft
- ☼ Stoffkreisläufe und Ressourceneffizienz
- ☼ Schädlinge und Krankheiten
- ☼ Pflanzenzüchtung
- ☼ Landwirtschaft 4.0
- ☼ Tierwohl in der Nutztierhaltung
- ☼ Futter
- ☼ Strategien im Pflanzenbau
- ☼ Produktionswirtschaft und Ernährungssicherung²⁰

Die Basis für diese Cluster-Arbeitstagen waren die aus dem Netzwerkgraphen ersichtlichen thematischen Cluster, das heißt Gruppen von Projekten, die sich um bestimmte Themen

²⁰ Diese Arbeitstagen wurden geplant, sind jedoch letztendlich entfallen. Hauptgrund dafür war, dass der anvisierte Termin bereits zu nah am Ende der involvierten Forschungsprojekte lag und sich der Fokus der Akteure bereits zu verschieben begann.

sammelten. Meistens waren es mehrere Schlagwörter, die in einer umfangreichen Arbeitstagung zusammengeführt wurden.

Die gemeinsame Planung der Veranstaltungen mit jeweils thematisch berührten Akteuren galt von Anfang an als wichtiger Baustein. Dieses Vorgehen hatte mehrere Hintergründe: (1) Die Begleitforschung brachte zwar ein gewisses Hintergrundwissen hinsichtlich der vielfältigen Themen mit, die Experten waren jedoch in den Projekten selbst und damit tief im Themenbereich tätig. So gab es neben dem vernetzenden Element (KLIMAGRAR) immer einen fachlich fundierten Organisator einer Arbeitstagung. Die Intention hinter den Arbeitstagungen war, das vorhandene Expertenwissen im Forschungsprogramm so zu nutzen und miteinander in Verbindung zu bringen, dass am Ende Handlungsempfehlungen für jeden Bereich erarbeitet werden konnten. (2) Die gemeinsame Planung einer Arbeitstagung eröffnete zudem einen besonderen Umgang mit den Akteuren. Außerdem bekamen die Themenkomplexe auch eine andere Tragweite im Kontext des Forschungsprogrammes, weil es aus „der Mitte der Projekte heraus“ kam und nicht von oben aufoktroiert wurde. Die Kombination aus der fachlichen Expertise in den Forschungsprojekten und dem synthetisierenden Fokus der Begleitforschung sollte im Rahmen solcher Arbeitstagungen dazu führen, dass gemeinsam an Zielvorstellungen gearbeitet werden konnte, die über die einzelnen Projektergebnisse hinausgingen und aus förderpolitischer Sicht auch für zukünftige Forschung relevant sind. (3) Ein letzter, aber sehr wichtiger Aspekt war das Vertrauen in die Arbeit der Begleitforschung. Grundsätzlich steht und fällt die Vernetzungs- und Transferarbeit mit dem Vertrauen der Projektgemeinde in die Begleitforschung und damit zum einen die Bereitschaft, sich aktiv zu beteiligen und zum anderen zum Beispiel auch die Motivation, offen über noch unveröffentlichte Inhalte zu sprechen. Da das Vertrauen nicht von vornherein gegeben sein kann – eher umgekehrt, da ein zusätzlicher, fremder Akteur zur üblichen Forschungslandschaft und den üblichen Forschungsaufgaben hinzukam –, war der Zusammenschluss mit den Forschungsprojekten ein integraler Baustein, eben auch als grundlegende vertrauensbildende Maßnahme.

3.5.2.1. Fallbeispiel: Planung und Durchführung einer Arbeitstagung

Die Vorgehensweise im Rahmen einer Arbeitstagung soll in diesem Kapitel am Beispiel des Themenkomplexes Stoffkreisläufe und Ressourceneffizienz vorgestellt werden. Diese Arbeitstagung folgte einer gemeinsamen Initiative der Begleitforschung KLIMAGRAR sowie dem

jeweiligen Themenkomplex und seine Bedeutung hinsichtlich der Bemühungen in Klimaschutz und Klimaanpassung und steckten danach die Ziele für die Tagung ab. Der zweite Block der Arbeitstagungen drehte sich dann konkret um die Teilnehmer. Jedes Projekt hatte die Möglichkeit, einen kurzen Einblick in die bisherigen Projektarbeiten zu geben und dabei den Bezug zum Thema der Arbeitstagung herzustellen. Im Fall der Stoffkreisläufe und Ressourceneffizienz wurden vor allem Projekte anvisiert, die neben den beiden namengebenden Schlagwörtern (*Stoffkreislauf* und *Ressourceneffizienz*) mit solchen wie *Stickstoffkreislauf*, *Kohlenstoffzyklus* oder *Wasserhaushalt* umgingen. Dieser Ansatz fußte auf der Vernetzung der Begleitforschung und zielt auf die interdisziplinäre Zusammenarbeit ab. Letzten Endes wurden Akteure aus sehr unterschiedlichen Disziplinen gemeinsam in eine Veranstaltung geführt, um projektübergreifend über Themen zu diskutieren, die sie in ihren Einzelprojekten sehr spezifisch angingen. Zum Beispiel spielte der Stickstoffkreislauf zum einen bei den Pflanzenernährern eine große Rolle, zum anderen aber auch in der Tierzucht, die sich wiederum mit der Menge an ausgeschiedenem Stickstoff (in Form von Harnstoff) auseinandersetzte.

An diesem Punkt muss festgehalten werden, dass also Vertreter unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen zusammenkamen, um einen bestimmten Themenkomplex im Kontext des klimagerechten Handelns in der Landwirtschaft aus verschiedenen Blickwinkeln zu diskutieren. Genau auf dieser Zwischenbilanz fußte der dritte programmatische Block, in dem zum einen nochmal die Potentiale der jeweiligen Projekte im Gesamtkontext herausgestellt werden sollten, zum anderen aber auch etwaige gemeinsame Vorgehensweisen im Anschluss an die Arbeitstagung. Damit ging der Grad der Vernetzung noch einen Schritt über ein reines Bekanntmachen hinaus und förderte die Zusammenarbeit zwischen den Projekten hinsichtlich bestimmter Themenbereiche. In diesem konkreten Beispiel wäre anzuführen, dass die vielen Einzelprojektarbeiten, die den Stickstoffkreislauf streiften, zusammengeführt wurden und man gemeinsam wie interdisziplinär über die Bedeutung dessen aus den unterschiedlichen Blickwinkeln diskutierte. Weil alle Akteure Teilbausteine lieferten, konnte dann als gemeinsame Vorgehensweise etwa die übergeordnete Betrachtung des Stickstoffkreislaufs in Erwägung gezogen werden, so dass alle ihren Teilbereich als Glieder dieses Zyklus verstanden. Es ginge also darum, eine Art interdisziplinäres Stickstoff-Konsortium zu bilden, das dieses Thema ständig begleiten sollte, um nicht nur (projektbedingt) Einzelbausteine anzugehen, sondern systemische Prozesse zu verfolgen. Nachdem die Teilnehmer ihre Projektarbeiten im thematischen Kontext vorgestellt und gemeinsam über Potentiale und Möglichkeiten zur Zusammenarbeit diskutiert hatten, sollte ein vierter Block Raum für die Planung weiterer Arbeitsschritte geben. Damit waren keine projektinternen Schritte gemeint, sondern

gemeinsame Schritte im übergeordneten Sinne mit Blick auf das Themencluster. Der letzte und nachhaltigste Block einer solchen Arbeitstagung war die Formulierung von Handlungsempfehlungen – für die Wissenschaft, für die Politik wie auch für die Praxis. Im Grunde war das ein Thema, das zu jeder Zeit in der Arbeitstagung mitschwang, weil im Hintergrund die Diskussionsinhalte und Kernpunkte protokolliert wurden. Nicht unwesentlich dabei war, dass diese Protokolle im Nachgang zu den Veranstaltungen in Form von „Nachlesen“ verschriftlicht und mit den darin ausformulierten Handlungsempfehlungen der Forschungsgemeinde wie auch dem Fördermittelgeber zur Verfügung gestellt wurden. Damit wurde der Transfergedanke, auch wenn folgend dazu ein eigenes Format vorgestellt wird, von Anfang an mit in jede Veranstaltung genommen, so dass die übliche Linearität, die Ergebnisse erst am Ende der Projektlaufzeiten an die jeweiligen Akteure zu adressieren, bewusst durchbrochen wurde.

3.5.3. Transferwerkstätten

Der Fokus in diesem Format lag anders als bei den Arbeitstagungen weniger auf einem Austausch der Projektakteure basierend auf den Projektinhalten, sondern vielmehr, der Bezeichnung folgend, auf dem Transfer von Wissen zu einem bestimmten Thema über die einzelnen Ebenen hinweg. Insbesondere während der Projektlaufzeit boten diese Transferwerkstätten als transdisziplinäre Veranstaltungen auch den Nährboden für Diskussionen, die über die Projektgrenzen hinweg liefen. Damit konnte die Anwendungsorientierung der Forschung in den Mittelpunkt gestellt werden. Die Planung in diesem Format erfolgte meist solitär, in den häufigsten Fällen durch die Begleitforschung. Im Laufe der Projektarbeit wurden mehrere Transferwerkstätten durchgeführt, und zwar zu folgenden Themen:

- ☼ Forum für Landwirte I
- ☼ Agrarklimapolitik
- ☼ Transferwerkstatt für Doktoranden
- ☼ Resiliente IT-Infrastruktur in der Landwirtschaft (KLIMAGRAR nur Mitorganisator)
- ☼ Forum für Landwirte II
- ☼ Milch und Klima

Der inhaltliche Kern dieser Transferwerkstätten hatte natürlich konkreten Bezug zum Forschungsprogramm. Es wurden aber Themen in den Fokus gestellt, die eher hintergründig eine maßgebliche Rolle spielten und von externen Akteuren als Experten für bestimmte Themenbereiche vorgestellt wurden oder in denen bestimmte Akteure als Mittler zwischen unterschiedlichen Gruppen fungierten. Das war auch ein wesentlicher Unterschied zu den

Arbeitstagungen, die schon fachbezogen bestimmte Inhalte aus der Projektgemeinschaft heraus anvisierten.

Zwei Ausnahmen, weil sie an ein explizites Publikum gerichtet waren, bildeten die Transferwerkstatt für Doktoranden, die im Folgenden noch genauer beleuchtet werden soll, sowie die Foren für Landwirte, die als eigenes Format im Kapitel 3.5.4 vorgestellt werden. Mit Ausnahme der Doktorandenwerkstatt war die Teilnahme an den Transferwerkstätten grundsätzlich offen für alle in die Projekte involvierten Akteure.

3.5.3.1. Fallbeispiel: Agrarklimapolitik

In einem Forschungsprogramm, das einen Beitrag zu klimagerechtem Handeln in der Landwirtschaft anvisiert, spielte der Aspekt der übergeordneten Klimapolitik im Agrarbereich eine wichtige Rolle. Um diesen Aspekt stärker in den Vordergrund zu rücken, aber auch, um eine gemeinsame Ausgangslage hinsichtlich des Kenntnisstands zu ermöglichen, quasi eine gemeinsame Sprache zu sprechen, wurde eine Transferwerkstatt zum Thema Agrarklimapolitik angeboten. Dabei standen vor allem zwei Aspekte der Agrarklimapolitik im Vordergrund: (1) Die Erfassung der Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft auf deutscher wie auf internationaler Ebene, um aufzuzeigen, wo der Bereich Landwirtschaft einzuordnen ist und in welchen Quellgruppen der Beitrag zur Emissionsminderung erfolgen kann und muss. (2) Die Rahmenbedingungen seitens der Politik, in die die Forschungsvorhaben eingebettet waren. Die Referenten für diese Transferwerkstatt waren mit Ausnahme eines Beitrags der Begleitforschung nicht explizit Teil des Forschungsprogramms, dafür aber Experten für den jeweiligen Themenbereich (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Stabstelle Klima des Johann Heinrich von Thünen-Institut sowie Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH).

Mit dieser Transferwerkstatt im Rahmen des Forschungsprogramms wurden das allgemeine Verständnis über bestimmte, den Forschungsinhalt betreffende Hintergründe geschärft und gleichzeitig gemeinsame Vorstellungen hinsichtlich Handlungsempfehlungen geschaffen.

3.5.3.2. Fallbeispiel: Transferwerkstatt für Doktoranden

Einen besonderen Stellenwert im Zuge des Formates Transferwerkstätten nahm jene für Doktoranden ein. Der Schritt, ein Veranstaltungsformat explizit für Doktoranden anzubieten, ergab sich aus den ersten Erfahrungen mit den themenbezogenen Arbeitstagungen (s. Kap. 3.5.2). Auch wenn diese Veranstaltungen grundsätzlich für alle Mitarbeiter in den Forschungsprojekten zugänglich waren, war die Teilnahme von jungen Wissenschaftlern eher die

Ausnahme als die Regel. Mit der Transferwerkstatt explizit für Doktoranden sollte ein Unterformat geschaffen werden, das diese Adressatengruppe anspricht. Aus Sicht der Begleitforschung generell und im Zeichen des Transfercharakters gab es dafür mehrere Beweggründe: Die Vernetzung als zentrales Element der Begleitforschung ist grundsätzlich dann am nachhaltigsten, wenn bereits junge Wissenschaftler davon profitieren. Je früher ein interdisziplinäres Netzwerk aufgebaut werden kann, desto größer ist das Potential, dass sich systemische, fachdisziplinübergreifende Denkweisen und Kooperationen aufbauen. Gleichzeitig steht der Transferaspekt im Vordergrund, der in einer angewandten Wissenschaft wie der Agrarwissenschaft, die ein stetig steigendes Interesse innerhalb der (größtenteils fachfremden) Gesellschaft erfährt, bedeutsam ist. Gemeinsam wurden Strategien erarbeitet, wie Forschungsinhalte in die Gesellschaft hinein kommuniziert werden können, gerade wenn die Adressaten nicht aus einem akademischen Kontext stammen. Um diesen Transfer hinein in die Gesellschaft zu wagen, wurde im Zuge dieser Arbeit ein besonderes Transferformat entwickelt: der *KLIMAGRAR-Transfer-Podcast*. In diesem Podcast haben junge Wissenschaftler in wenigen Minuten die Inhalte ihrer Arbeit vorgestellt und versucht, diesen in die gesellschaftlichen Herausforderungen der Zeit einzuordnen und insbesondere für eine nicht-wissenschaftliche Öffentlichkeit verständlich zu machen. Die Podcasts waren als Produkt der Begleitforschungsarbeit und des Forschungsprogramms (dabei aber insbesondere auch als Teil dieser Dissertation) wie alle zu den Projekten gehörende Medien auf den jeweiligen Projektseiten abrufbar (siehe Annex V).

3.5.4. Landwirteforen

Wie bereits im vorherigen Kapitel angedeutet, gab es neben der Transferwerkstatt für Doktoranden ein weiteres besonderes Transferformat: Das Forum für Landwirte. Die Hauptakteure in einer klimagerechten Landwirtschaft sind logischerweise die Landwirte – um diesem Fakt Rechnung zu tragen und um die wissenschaftliche Diskussion noch deutlicher mit der Praxis zu spiegeln, war es wichtig, zumindest ein Veranstaltungsformat zu etablieren, in dem Landwirte die tragende Rolle spielten und ihre Erfahrungen aus der Praxis einbringen konnten. Es war ein besonderes Transferformat, weil über alle Ebenen hinweg Inhalte rund um die Thematik des Forschungsprogramms zur Diskussion gestellt wurden. Dabei sollten bestimmte Fragestellungen offen diskutiert werden, unter anderem diese:

- ☼ Sind die Forschungsvorhaben aus Sicht der Landwirte umsetzbar?
- ☼ Sind politische Rahmenbedingungen aus Sicht der Landwirte richtig gesetzt, um die Umsetzung der Forschungsergebnisse zu unterstützen?

- ❁ Sind die Vorstellungen der Landwirte aus wissenschaftlicher und politischer Sicht realisierbar?
- ❁ Wie lässt sich der Dialog zwischen Wissenschaft, Politik und Landwirtschaft grundlegend verändern, so dass alle an einem Strang ziehen?

Mit diesem Format sollte denjenigen eine Stimme gegeben werden, die als Adressaten im Mittelpunkt der Forschung stehen, die die Ergebnisse aus solchen Forschungsprogrammen in der Praxis umsetzen müssen. Auch für die Begleitforschung war dieser Austausch extrem wertvoll, vor allem mit Blick auf das Formulieren von Handlungsempfehlungen für zukünftige Forschung und Vorgehensweisen. Allerdings sollten Foren dieser Art bereits in Erwägung gezogen werden, bevor überhaupt ein Forschungsprogramm aufgesetzt wird oder zumindest bevor Forschungsprojekte Fördermittel erhalten. Im Sinne einer optimierten Forschungsförderung wäre dies ein sinnvoller Schritt, um die Umsetzung der Erkenntnisse deutlich zu beschleunigen und Forschung zielgerichteter anzusetzen. Im Umkehrschluss würde eine solche Vorgehensweise die Mitwirkung an Forschungsprojekten aus Sicht der Landwirte attraktiver machen.

3.5.5. Werkstätten

Für ganz bestimmte, eher technische oder spezifische Inhalte wurde ein zusätzliches Format eingeführt: Die Werkstatt. Im Laufe der Projektarbeiten wurden immer wieder Themenbereiche identifiziert, die für mehrere Projekte relevant waren, aber nicht unbedingt einen inhaltlichen, sondern einen grundsätzlichen, rahmengebenden oder auch methodischen Charakter hatten. Anders als in den Transferwerkstätten kam das Knowhow in diesen Fällen jedoch aus den Projekten selbst und nicht von externen Experten. Mit Bezug zum Forschungsprogramm war eine beispielhafte Thematik für so eine Werkstatt die Datenlage rund um Klimaszenarien und Modellierung. Viele Forschungsprojekte arbeiteten an der Anpassung der Landwirtschaft an die Folgen der globalen Erwärmung. Um das konsequent und vor allem abgestimmt tun zu können, wurde eine einheitlich verfügbare Datengrundlage als besonders hilfreich angesehen.

Die Einheitlichkeit der Eingangsparameter hat auch einen wichtigen Stellenwert in der nachträglichen Auswertung der Ergebnisse eines solchen Forschungsprogrammes, wenn sich diese im Sinne der zugrundeliegenden Szenarien besser vergleichen ließen. Abhängig von dem (möglichst frühen) Zeitpunkt, an dem eine solche Werkstatt durchgeführt wird, können die Inhalte noch Einfluss auf die Projektarbeiten nehmen.

3.5.6. Begleitkreis zur Begleitforschung

Eines der formalen Formate, die mehr auf den Prozess der Begleitforschung ausgerichtet waren, war der sogenannte Begleitkreis. Dieses Format sollte einen ständigen Austausch zwischen der Begleitforschung und der politischen Ebene (hier das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und der Projektträger Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) gewähren. In der Theorie sollten die Vorgänge im Forschungsprogramm regelmäßig reflektiert werden, um bestimmte Vorgehensweisen flexibel an sich ergebende Bedingungen anzupassen.

3.5.7. Koordinatorentreffen

Ein weiteres Element in der Reihe der formalen Veranstaltungsformate waren die Treffen der Projektkoordinatoren. Diese, von der Begleitforschung konzipierten und organisierten Treffen, wurden genutzt, um in regelmäßigen Abständen – mindestens einmal im Jahr – über die Fortschritte wie auch die Pläne der gemeinsamen Arbeit zu informieren. Die Begleitforschung hat diese Treffen außerdem dafür genutzt, über eigens konzipierte Factsheets einen Zwischenstand aus den Projekten in Erfahrung zu bringen, um ggf. auch Inhalte oder bestimmte Fehlstellen zu identifizieren, die im Gesamtkontext stärker adressiert werden müssten. Gleichzeitig bot sich dieses Format an, Akteure aus allen Projektkonsortien zu versammeln und den Aspekt der Gemeinsamkeit zu stärken.

3.5.8. Abschlussveranstaltung

Als Pendant zum Auftakttreffen, das den Startschuss für die aktive Vernetzungsarbeit markierte, wurde im November 2021 eine Abschlussveranstaltung veranstaltet. Diese Tagung stand nochmals ganz im Zeichen des Forschungsprogramms und sollte vor allem zwei zentrale Ziele abdecken: Erstens erhielt jedes Forschungsprojekt die Möglichkeit, den Fortschritt zu präsentieren – also gewissermaßen den Beitrag zum Klimaschutz und/oder zur Klimaanpassung in der Landwirtschaft. Für diese Veranstaltung wurde eine marktähnliche Situation entworfen, die für eine besondere Atmosphäre im Sinne der Ausstellung der Innovationen sorgte. Zweitens wurden seitens der Begleitforschung durch den Stil der Moderation und die Diskussion der Beiträge die Brücken zwischen den Projekten und ihren Innovationen herausgestellt. Parallel dazu wurde der Rundgang durch die Projektergebnisse virtuell im Netzwerkgraphen begleitet, um die Zusammenhänge auch visuell zu unterstreichen. Insbesondere die Marktplatzatmosphäre unterschied den Charakter der Veranstaltung von einer üblichen wissenschaftlichen Tagung. Dies war auch für den Transfergedanken förderlich, da der Zugang zu den Projektergebnissen einfacher gestaltet wurde.

Einen kompletten Überblick über die Abläufe und Veranstaltungen während der gesamten Projektdauer der Begleitforschung KLIMAGRAR zeigt Abbildung 20.

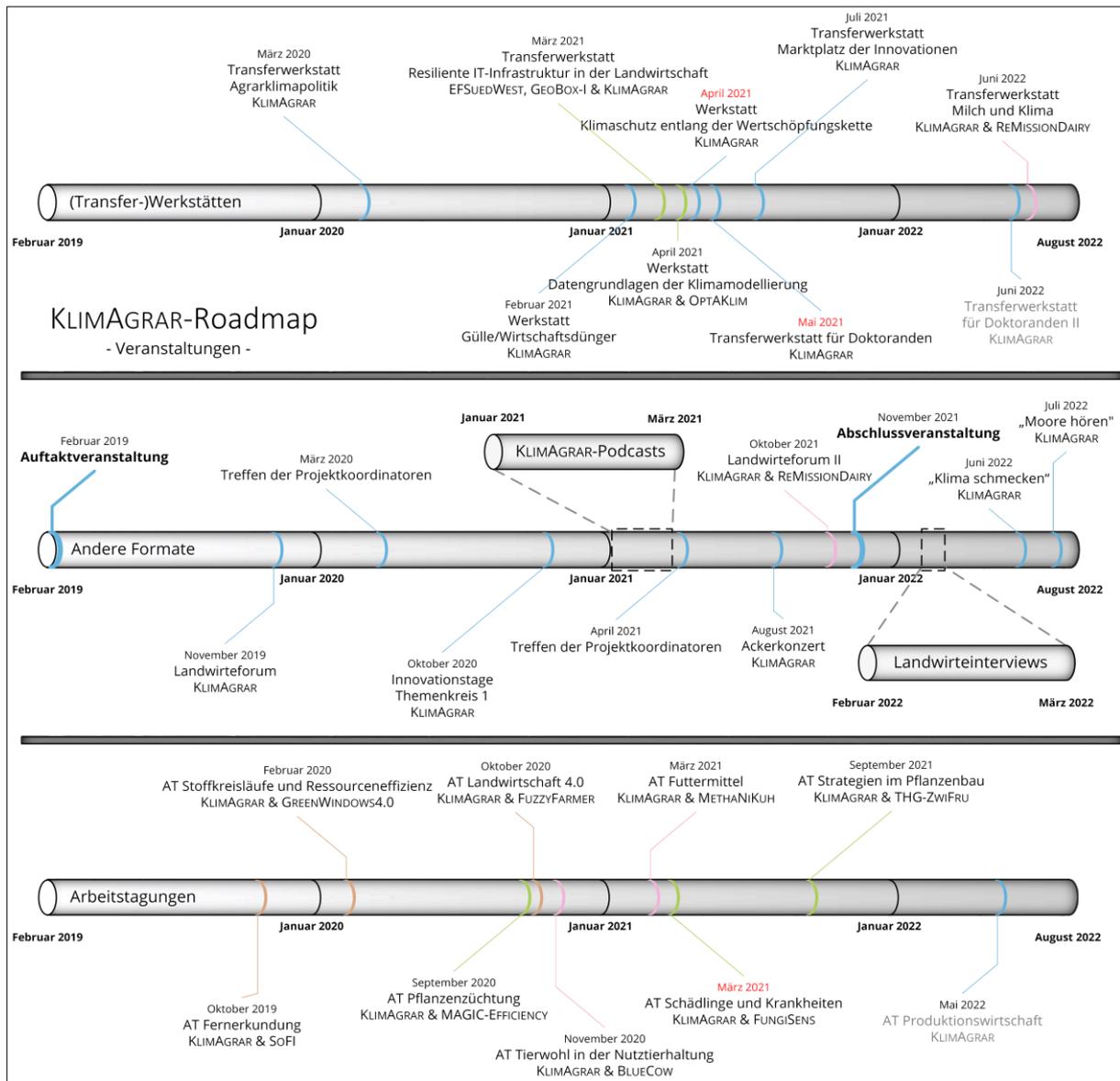


Abb. 20: Die Roadmap der KLIMAGRAR-Tätigkeiten. Aufgelistet sind alle Veranstaltungen, die im Laufe der KLIMAGRAR-Projektarbeit konzipiert und durchgeführt wurden. Die Veranstaltungen wurden farblich mit den jeweiligen Themenkomplexen verbunden, wobei blau für die Koordination der Begleitforschung steht. Die rot beschriebenen Termine mussten aufgrund der Corona-Pandemie verschoben werden.

3.6. Zusammenführung von Ergebnissen auf der Metaebene



Wie in den vorangegangenen Kapiteln aufgezeigt, wurde über die Verschlagwortung und Vernetzung der Grundstein gelegt, verschiedene Veranstaltungsformate zielgerichtet einzusetzen und eine weitere Vernetzung der Akteure im Forschungsprogramm zu stärken. Ein neben den Vernetzungs- und Transferaktivitäten weiteres integrales Element der Begleitforschung baute sukzessive auf den genannten Elementen auf: Die Synthese der (Zwischen-)Ergebnisse aus den Forschungsprojekten sowie eine analytische Einordnung der Ergebnisse des Forschungsprogramms. Mit Blick auf die Begleitforschung KLIMAGRAR also hinsichtlich des Beitrags zu einer klimagerechten Landwirtschaft in Deutschland. Der Fokus war dabei stets auf die Metaebene gerichtet, also nicht auf Einzelprojektebene. Wie in Kapitel 1 näher beschrieben, gehörte die Bewertung einzelner Projektarbeiten und Herangehensweisen nicht in den Aufgaben- und Kompetenzbereich der Begleitforschung. Ähnlich wie bei der Evaluierung der wissenschaftlichen Arbeiten in einem Forschungsprogramm, die eine Begleitforschung ebenfalls nicht übernehmen sollte (Defila & Di Giulio, 2018), ist davon auszugehen, dass ein solches Missverhältnis hinsichtlich des Kompetenzbereiches die Vertrauensbasis untergräbt. Vielmehr lag der Kern in der Analyse und Synthese der Ergebnisse im Kontext der übergeordneten Fragestellung. Durch die synthetisierende Arbeit auf der Metaebene konnte die Begleitforschung eigene Ergebnisse aufbauend auf den Erkenntnissen aus den Projekten kreieren, die einen zusätzlichen Mehrwert aus dem Forschungsprogramm darstellten, der über die Summe der Einzelteile hinausging. Teil dieser Synthesearbeit waren auch die, zum Beispiel in den thematischen Arbeitstagen, gemeinsam erarbeiteten Handlungsempfehlungen.

Die Synthesearbeit ist dabei nicht oder nur teilweise mit anderen gängigen wissenschaftlichen Methoden wie der Metaanalyse oder der Metasynthese zu vergleichen (s. Kap. 4.1.9). Die Synthese als Methode der Begleitforschung, und damit als Methode eines auf inter- und transdisziplinäre Arbeit ausgerichteten Vernetzungs- und Transfervorhabens, weist besondere Merkmale auf, die sich unter anderem in einem allgegenwärtigen Prozess widerspiegeln. Der gesamte Rahmen des Arbeitsumfeldes, in dem die Synthese entsteht, weist bereits besondere Merkmale auf, die eben eine Herangehensweise mit anderen gängigen wissenschaftlichen Methoden erschwert.

3.6.1. Synthese als Methode der Begleitforschung

„Eine Synthese zu bilden bedeutet, im Zusammenführen der Ergebnisse der Einzelprojekte neues Wissen zu generieren“ (Defila et al., 2006, S. 117). Die Synthesebildung gilt als zentraler Methodenbaustein der Begleitforschung. Dabei wird die Synthese nicht als solitäre, nachgeschaltete Aufgabe zum Ende eines Forschungsprogrammes verstanden, sondern als ein

Prozess, der allgegenwärtig, von Beginn an stattfindet. Für alle Förderprojekte in diesem Forschungsprogramm, auch für das Projekt KLIMAGRAR, ging es darum, einen Beitrag zum klimagerechten Handeln in der Landwirtschaft zu leisten. Auf Einzelprojektebene wurde das konkret verfolgt durch individuelle Forschungsbeiträge zu Klimaanpassung und Klimaschutz. Auf der Metaebene erfolgte dieser Beitrag durch die integrative, synthetisierende Arbeit der Begleitforschung. Für letztere bildeten die Einzelprojektarbeiten und -ergebnisse die wichtigste Arbeitsgrundlage. Es bleibt an dieser Stelle zu unterscheiden, dass jedes Einzelprojektergebnis selbstverständlich auch für sich alleinstehen konnte und musste. Die Synthese der Begleitforschung ergänzt diese einzelnen Ergebnisse um ein projektübergreifendes Ergebnis des Forschungsprogramms – es ist also mehr als ein bloßes, kontinuierliches Zusammentragen der Erkenntnisse (s.a. Donnelly et al., 2018).



Abb. 21: Das Synthesegebäude der Begleitforschung. Die Synthese baut auf dem Fundament der Verschlagwortung und der Vernetzung auf und zieht sich dann durch alle anderen Aktivitäten der Begleitforschung. Deutlich wird, dass die Synthese stetig, also im gesamten Verlauf, immer wieder erfolgt und somit auch fortwährend Handlungsempfehlungen an die jeweiligen Akteure gegeben werden können.

Alle vorangegangenen methodischen Teilblöcke, beginnend bei der Verschlagwortung, über die Identifizierung von Themenclustern, die Vernetzung, das Zusammenbringen der Projektteilnehmer in verschiedenen Formaten, bis hin zu ständigen bi- oder multilateralen Austauschen zwischen den Projekten, waren Teil und Quelle für Informationen zur Durchführung der

Synthesearbeit (s. Abb. 21). Immer wieder wurden (Zwischen-)Ergebnisse integriert und gemeinsam diskutiert, beispielsweise im Rahmen der Arbeitstagen, die vor Auslaufen der jeweiligen BMEL-Projekte stattfanden. Das heißt aber nicht, dass zwangsläufig jedes einzelne Ergebnis aus den Forschungsprojekten in die integrative Arbeit einfließen musste. Genauso wenig heißt es aber, dass in den Syntheseprozess ausschließlich Projektergebnisse einfließen – das gesamte Wissen der Akteure spielte eine Rolle (vgl. Defila et al., 2006). Letzteres hat auch einen Einfluss auf die Einordnung der Inhalte in den übergreifenden Kontext. Allein in den Veranstaltungsformaten, zum Beispiel den Arbeitstagen, wurden Forschungsergebnisse immer wieder interdisziplinär diskutiert und in den Kontext eines bestimmten, projektübergreifenden Themenkomplexes gestellt. In diesen Diskussionen kristallisierten sich neue Erkenntnisse heraus, die nicht per se zum Fokus der Förderprojekte gehörten, aber durch die Vernetzung der jeweiligen Akteure und die Integration der unterschiedlichen Ergebnisse und Sichtweisen entstanden. Nicht zuletzt wurden auf dieser Basis Handlungsempfehlungen formuliert, um Anregungen für zukünftige Forschungsförderung zu geben.

4. Diskussion und Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Dissertation wurden zwei wesentliche Ergebnisstränge verfolgt:

- (1) Die im Fokus stehende Weiterentwicklung des Methodenkastens einer Begleitforschung, dessen Elemente direkt in den Prozess der Projektarbeit einfließen. Daher soll dieses abschließende Kapitel genutzt werden, um einige Schlüsse aus der neu bzw. weiter entwickelten Herangehensweise zu ziehen.
- (2) Der zweite, aber weniger im Fokus stehende Ergebnisstrang richtete sich auf die konkreten Beiträge des gesamten Forschungsprogrammes zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung in der Landwirtschaft.

Schlussendlich sind beide Ergebnisstränge jedoch miteinander verknüpft. Letzten Endes gilt es, Empfehlungen für zukünftige Vorgehensweisen zu formulieren, um auf Basis der entwickelten Methodik einen Beitrag zur Optimierung von Forschungsförderungs- und Forschungsdurchführungsstrukturen zu leisten, auch um eine Basis für eine konkretere Quantifizierung des Beitrags eines Forschungsprogramms zu bereiten.

4.1. Zukünftige Begleitforschung

In der Diskussion um Begleitforschungsansätze im Rahmen von Forschungsprogrammen, aber auch im Sinne von großen Verbundvorhaben (vgl. Defila et al., 2006), wurde die Rolle bzw. die Funktion, die ein solcher Akteur übernimmt, mit der in der vorliegenden Dissertation

vorgestellten Methodik nochmals verändert und neu definiert. Aufgezeigt wurde, dass eine Begleitforschung, die selbst als Forschungsprojekt konzipiert war, eine inhalts- bzw. textbasierte Datengrundlage als Ausgangspunkt für eine Vielzahl weiterer Arbeitsschritte und Prozesse innerhalb des betreffenden Forschungsprogrammes aufbauen konnte. Die Begleitforschung wurde zu einem Akteur, der sowohl auf inhaltlicher Ebene, zum Beispiel durch die diversen Arbeitstagungen, gemeinsam mit den Projekten agierte, als auch auf der übergeordneten Ebene, durch die integrative, synthetisierende Arbeit. Aus dieser Entwicklung heraus wurde der Entschluss getroffen, neben der *Begleitforschung* die Bezeichnung *Forschungsbegleitung* für diese Art der Arbeit zu prägen.

4.1.1. Begleitforschung oder Forschungsbegleitung – über Begriffe Akzente setzen

Von der Begrifflichkeit her kommend, und ohne die in Kapitel 1 hinlänglich vorgestellten Aspekte und Charakterzüge einer Begleitforschung zu kennen, drängt sich der Eindruck einer begleitenden Forschung auf, die zwar einen Bezug zu bestimmter Forschung hat, aber eher außerhalb der üblichen Forschungsgemeinde verortet ist und für die der Aspekt Forschung nicht primär im Fokus steht. Der Begriff *Forschungsbegleitung* hingegen suggeriert, dass es von Beginn (z.B. eines Forschungsprogramms) an einen begleitenden Akteur gibt, der mitten im Geschehen ist, der alle anderen forschenden Akteure, wie die Förderprojekte in einem umfassenden Forschungsprogramm, begleitet und gleichzeitig selbst Forschungsbeiträge liefert. Dabei ist die Forschungsbegleitung ein Förderprojekt, das unterstützend wirkt, die Vernetzung der Akteure im Forschungsprogramm ständig vorantreibt und Forschungsarbeiten und -ergebnisse in einer Synthese integriert, um, gemeinsam mit der Forschungsgemeinde, den Beitrag zu einer projektübergreifenden Zielstellung zu steigern (Mehrwert). Wie beispielsweise auch Weith et al. (2019) beschreiben, kann dieser Beitrag auf unterschiedlichen Ebenen erfolgen, die sich in diesem Fall auf zwei grundsätzlichen Ebenen zusammenführen lassen: (1) rein ergebnisorientiert anhand bestimmter Fragestellungen, die im Verbund besser beantwortet werden können und (2) handlungsorientiert, vor allem auf die Optimierung zukünftiger Vorhaben gerichtet. Der Begriff des *Orchestrierens* (vgl. Kapitel 1.2) steht sinnbildlich für die Rolle einer Forschungsbegleitung. Unterstützt durch die Verschlagwortung, die umfassende inhaltliche Aufbereitung der Forschungsprojekte und die Vernetzung über gemeinsame Themen, war es möglich – wie in einem Orchester – die Akteure aus den Forschungsprojekten in möglichst sinnstiftender Weise zusammenzubringen – zusammenspielen zu lassen – und so interdisziplinäre Austausche und Problemlösungsstrategien zu verfolgen.

4.1.2. Voraussetzungen für die Forschungsbegleitung

Sobald seitens der Projektförderung das Einsetzen einer Forschungsbegleitung anvisiert wird, sollten Vorkehrungen in der Planung eines Forschungsprogramms getroffen werden, die diese Arbeit begünstigen können. Dabei stechen hinsichtlich der Förderprojekte vor allem die folgenden Bereiche heraus: bereits die Begleitung der Antragsphase sowie der von vornherein zu definierende Umgang mit Daten und Datengrundlagen. Auch für die Planung der Forschungsbegleitung gibt es bestimmte Aspekte, die im Vorhinein bedacht werden sollten. Aus der anvisierten Rolle der Forschungsbegleitung ergeben sich weitere Punkte, wie die zeitlichen Rahmen, die (womöglich institutionelle) Verortung und die Verstetigung der Arbeiten.

Übergeordnet gibt es jedoch weitere Hürden, die einer erfolgreichen und langfristigen Implementierung inter- und transdisziplinärer Forschung im Wege stehen können, wie zum Beispiel die Richtlinien des wissenschaftlichen Systems und die echte, über eine mündliche Zusage hinausgehende, intrinsische Motivation und Bereitschaft seitens der Wissenschaftler, über die eigenen Projektgrenzen hinweg zu schauen sowie Ergebnisse und Erkenntnisse zu teilen. Es gilt daher, von vornherein die Erwartungen zu definieren und den Rahmen verbindlich abzustecken.

4.1.3. Forschungsprojekte im Kontext einer Forschungsbegleitung

Bei einer stark inhaltlich orientierten Forschungsbegleitung ist die inhaltliche Analyse der eingebundenen Projekte die Basis für alle weiteren Vorgehensweisen (s. Kap. 3). Um diese Analyse zu unterstützen, können bereits vor der Antragsphase bestimmte Weichen gestellt werden. Ein Aspekt ist eine Anpassung der Antragsformulare an die Gegebenheiten im Forschungsprogramm. Es geht nicht darum, den üblichen Charakter der formalen Antragspapiere zu verändern, sondern bestimmte Inhalte in dafür vorgesehenen Abschnitten deutlicher kenntlich zu machen. Meistens werden vergangene Arbeiten zu den Hintergründen abgefragt und die Beiträge des geplanten Vorhabens zur aktuellen Fragestellung sowie die geplanten Forschungsarbeiten selbst. In einer Textanalyse, die automatisiert ablaufen könnte, ist eine klare Positionierung und Trennung der Inhalte vorteilhaft. Dasselbe gilt für einzelne Arbeitspakete, die von unterschiedlichen Projektpartnern bearbeitet werden und ins Gesamtergebnis der Projekte einfließen. Bindet man die inhaltlichen Informationen an die Arbeitspakete und die dafür zuständigen Akteure bzw. Institutionen, ergäbe sich die Möglichkeit, mit vergleichsweise wenig Aufwand eine tiefere Vernetzung durchzuführen. Würde beispielsweise jedes Einzelprojekt in einem Verbundprojekt zu seinem Arbeitspaket 10-15 Schlagwörter aus einem

kontrollierten Vokabular aussuchen und „zuweisen“ können, ließe sich eine Vernetzung der Akteure deutlich effizienter gestalten. Somit hätte man die Möglichkeit, bereits zu Beginn eines Forschungsprogrammes interdisziplinäre Konsortien zu bestimmten Themenbereichen zu bilden. Konkret könnte der im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Schlagwortkatalog (Annex I) als Grundlage für derartige Auswahlmechanismen dienen. Gleichzeitig würden so neue Schlagwörter sofort prominent auffallen, nämlich dann, wenn diese noch nicht im Schlagwortkatalog enthalten wären. Dies wäre auch unter einem weiteren Gesichtspunkt relevant: Forschungsprojekte sind in der Regel zeitlich begrenzte Verbünde. Im Prinzip müsste die thematische Einordnung also nicht auf Projekt- sondern auf Akteursebene (individuelle Personen) erfolgen, um, unabhängig von Forschungsprojekten, Themen sichtbar zu machen und zu erhalten.

Gewissermaßen auch in den Kontext der Antragsstellung fallen Überlegungen, die Vergleichbarkeit und Abrechenbarkeit der im Laufe der Projekte erarbeiteten Erkenntnisse und Ergebnisse zu vereinfachen. Gibt es, wie in dem beispielgebenden Forschungsprogramm dieser Arbeit, ein übergeordnetes Ziel, wie das Erreichen eines Beitrages zum Klimaschutz bzw. zur Klimaanpassung, erscheint eine einheitliche Ausgangslage der unter dieser Zielvorstellung geförderten Forschungsprojekte sinnvoll. Sowohl im Klimaschutz als auch in der Klimaanpassung, das ist nicht nur in der Landwirtschaft der Fall, böten sich deutschland-, EU- oder weltweite Standards als Ausgangsbasis an. Bestimmte Minderungsziele an Quellgruppen der internationalen Berichterstattung zu knüpfen, um aufzuzeigen, welches Potential die jeweilige Forschungsarbeit birgt, klingt nur logisch (s.a. Kap. 2.2.1.1.2). Gleichermäßen ließe sich die Ausgangsbasis, von der aus Klimaanpassungsmaßnahmen verfolgt werden, vereinheitlichen. Insbesondere in Fragestellungen rund um die globale Erwärmung müsste man zu Beginn eines Forschungsprogramms festlegen, welche Klimaszenarien unter welchen sozioökonomischen Entwicklungen zugrunde gelegt werden bzw. jedes Projekt mit diesen grundlegenden Daten ausstatten, sodass alle umfangreiche Ergebnisse auf ähnlicher Basis konstruieren, die sich je nach Szenario vergleichen ließen. Im Zuge der Projektarbeiten und der Diskussion im Rahmen einer KLIMAGRAR-Werkstatt ist aus der Kooperation mehrerer Forschungsprojekte ein Papier entstanden, das zentrale Kenngrößen einer solchen Vereinheitlichung von Datengrundlagen enthält, vor allem mit Blick auf Klimaprojektionen²².

²² Das entstandene Formular zu Datengrundlagen der Klimamodellierung kann auf der KLIMAGRAR-Website unter [https://intern.unter-2-grad.de/wp-content/uploads/2021/02/KlimAgrar-WS_Klimaprojektionen_\(Abfrageformular\).pdf](https://intern.unter-2-grad.de/wp-content/uploads/2021/02/KlimAgrar-WS_Klimaprojektionen_(Abfrageformular).pdf) eingesehen werden (Stand: 28.07.2023).

4.1.4. Datenmanagement in Forschungsprogrammen (und darüber hinaus)

Der Umgang mit Forschungsdaten ist ein sensibler Aspekt eines jeden wissenschaftlichen Projektes. Vor allem sind es die Rechte an solchen Daten, die aus Gründen der wissenschaftlichen Weiterqualifikation oder aber generell während Projektlaufzeiten und teilweise auch danach unter Verschluss gehalten werden. Da Fachpublikationen von Rang nach wie vor die wertvollste Währung im wissenschaftlichen System darstellen, gestaltet sich der freizügige Umgang mit diesen sehr zurückhaltend. Trotzdem werden im Zuge der Arbeiten rund um die globale Erwärmung solche Stimmen lauter, die eine Vernetzung, ein Zusammenführen von Daten in bestimmten Themenbereichen, fordern. Auch im Rahmen eines Forschungsprogrammes mit einer Vielzahl an Einzelprojekten kann neben der Vernetzung auf Basis von Themen, eine Vernetzung auf Datenbasis gewinnbringend sein. Besonders junge Wissenschaftler, die für ihre Ausarbeitungen Validierungs- und Kalibrierungsdaten benötigen, könnten von einer breiteren Datenverfügbarkeit profitieren. Mit Blick auf die Optimierung der Forschungsförderung hat diese Idee ebenfalls ihre Berechtigung: Es erscheint sinnvoll, transparent mit Forschungsdaten umzugehen, auch um Bestrebungen zu durchbrechen, dass an unterschiedlichen Orten, in unterschiedlichen Institutionen parallele Datenstrukturen zu denselben Themenbereichen aufgebaut werden und damit mehrfach Kapazitäten für ein und dieselbe Sache belegt werden. In diesem Kontext gilt es, verfügbare, klare Rahmenbedingungen zu nutzen und weiter genau auf das beschriebene Ansinnen zuzuschneiden.

4.1.5. Personelle Besetzung der Forschungsbegleitung

An vielen Stellen in der vorliegenden Dissertation heißt es, dass bestimmte Vorgehensweisen grundlegend für weitere, daran anknüpfende Prozesse sind. In der Gesamtbetrachtung ist das auch eine wichtige Erkenntnis, denn die methodische Ausarbeitung ist ein prozessualer Vorgang. Es gibt jedoch eine Komponente, ohne die ein Großteil der Schritte zwar in der Theorie existierten, jedoch entscheidende Punkte verloren gingen. Es geht dabei um die Voraussetzungen für die Besetzung einer Forschungsbegleitung. Schon mehrfach wurde verdeutlicht, dass aus thematischer, inhaltlicher Sicht zweifellos eine interdisziplinäre, aber fachlich fundierte Besetzung wichtig ist.

Unabdingbar für die erfolgreiche Umsetzung der Forschungsbegleitung ist jedoch, dass sie ihrer Funktion als vernetzendes Element tatsächlich gerecht werden kann, vor allem, wenn es wie im Beispiel dieser Arbeit darum geht, diese Strukturen überhaupt erst aufzubauen. Dafür ist es äußerst nützlich, Multiplikatoren, die in der betreffenden Szene einen gewissen Bekanntheitsgrad innehaben, zu involvieren. Es braucht Handelnde, die sich bewusst sind, mit

ihrer Arbeit und ihren Forderungen auch empfindliche Nerven zu treffen. Es braucht Handelnde, die neben wissenschaftlich fundierten Kenntnissen auch über gewisse soziale Kompetenzen verfügen, die in dieser Gemengelage äußerst wichtig sein können. So, wie thematische Schlagwörter sinnbildlich als Knotenpunkte für mehrere Forschungsprojekte stehen, stehen bestimmte Personen, im Sinne sozialer Netzwerke, sinnbildlich für die Verknüpfung verschiedener Gruppen.

Die umfangreiche Begleitung eines Forschungsprogrammes über mehrere Jahre hinweg benötigt Überzeugungsarbeit, vor allem in der Anfangsphase, solange der Mehrwert des Zusammenwirkens noch nicht absehbar ist. Sowohl in einem Auftakttreffen (s. Kap. 3.5.1) als auch in ersten bilateralen Gesprächen stand dieser Aspekt im Zentrum. Die Erkenntnis über den Mehrwert der Forschungsbegleitung konnte nur im laufenden Prozess gewonnen werden. Insbesondere wenn die inter- und, noch deutlicher, wenn transdisziplinäre Arbeit gefördert werden soll, spielt der Umgang mit Akteuren, die ganz unterschiedliche Hintergründe, Erfahrungen und Erwartungen haben, eine große Rolle. Diese Gemengelage muss moderiert werden können. Mit anderen Worten heißt das, die Arbeit einer Forschungsbegleitung ist keineswegs ein Selbstläufer. Es gibt keine allgemeingültige Blaupause, viele Prozesse benötigen immer wieder Impulse seitens der Forschungsbegleitung, um weiter verfolgt zu werden.

4.1.6. Formale Veranstaltungsformate

Da eine Forschungsbegleitung nicht nur als ein Vernetzungs- und Transferprojekt auf Ebene der Forschungsprojekte auftritt, sondern auch eine besondere Verbindung in die Politik hinein hat (vgl. Kap. 1), wurde mit einem regelmäßigen Treffen zwischen der Forschungsförderung und der Forschungsbegleitung eine Plattform für den direkten Austausch geschaffen. Ein solches Format ist gewissermaßen als weiterer Baustein der transdisziplinären Arbeit zu verstehen, in dem die politischen Entscheider in Vorgänge einbezogen wurden. Diese hätten sowohl eigene Belange in die Arbeit des Forschungsprogramms einfließen lassen als auch andersherum einen direkteren Draht zur „Stimmung“ in den Projekten haben können. Im besten Fall wäre dieses als *Begleitkreis* (s. Kap. 3.5.6) bezeichnete Format als eine Art „Think Tank“ zu verstehen, in dem alle beteiligten Akteure ergebnisoffen zusammenkommen.

Im Zusammenhang mit KLIMAGRAR wurde das Format jedoch mehr als einer Art Kontrollgremium hinsichtlich des dynamischen Anpassungsprozesses der Begleitforschungsarbeit genutzt. Dies hemmt den kooperativen Charakter der ursprünglichen Idee des Begleitkreises. Um also für beide Seiten Vorteile aus diesem Format zu ziehen, darf die Kontrolle der Begleitforschungsarbeit nicht im Vordergrund stehen.

4.1.7. Zeitmanagement

Schon aus den vorigen Kapiteln lässt sich der Schluss ziehen, dass eine Forschungsbegleitung, die einen derart breit gefächerten Fokus hat, für ihre Umsetzung einen umfangreichen Zeitrahmen benötigt. Idealerweise beginnt die Arbeit der Forschungsbegleitung in der Antragsphase der Forschungsprojekte, um die angesprochenen initialen Vernetzungsaspekte einzustellen. Mit Blick auf das Fallbeispiel in dieser Arbeit ergab sich durch das frühzeitige Einsetzen der Forschungsbegleitung auch die Möglichkeit, im Voraus an internationalen Fachtagungen im Rahmen der Klimarahmenkonvention (Klimakonferenz und Nebenorgan für wissenschaftliche und technische Fragen (SBSTA)) teilzunehmen, um auch diese Entwicklungen und Erwartungen mit einzubeziehen.

Auch die Etablierung der Zusammenarbeit mit und unter den Forschungsprojekten benötigt Zeit. Unabhängig von einer Verzögerung durch die Corona-Pandemie lässt sich schließen, dass die Hochphase der Veranstaltungen mit fortgeschrittener Projektlaufzeit erfolgte (vgl. Abb. 20). Logischerweise liegt dieser Umstand auch darin begründet, dass die Forschungsbegleitung selbst ihre Aktivitäten im Prozess entwickelt hat. Nichtsdestotrotz sind die Vernetzungsaktivitäten und das Einsetzen der Formate besonders dann gewinnbringend, wenn in den Projekten bereits erste Erkenntnisse gewonnen wurden. Ausgehend von drei- bis vierjährigen Projektzyklen bleibt es trotzdem ein Balanceakt, die Vernetzung in einer solchen Weise zu initiieren, dass diese Strukturen auch in der Endphase und darüber hinaus Bestand haben. Dabei ist festzuhalten, dass die Bereitschaft, noch an Veranstaltungen mitzuwirken, gegen Ende der Projektlaufzeiten deutlich abnimmt – vor allem, weil sich der Fokus der Akteure bereits auf neue Projektkonsortien verschiebt. Umso wichtiger ist es deshalb, die Strukturen für die Forschungsbegleitung so früh wie möglich im Forschungsprogramm zu etablieren.

Außerdem sollte die Forschungsbegleitung über die Laufzeit der Projekte hinaus wirken, um die Synthese mit einem ganzheitlichen Blick auf die Ergebnisse der Forschungsprojekte abschließen zu können. Dabei könnte es von Vorteil sein, die Arbeit der Forschungsbegleitung zu institutionalisieren, ohne aber ihren Charakter als Forschungsprojekt zu verlieren. Basierend auf den Erkenntnissen dieser Arbeit erscheint es sehr sinnvoll, die bestehenden Strukturen zu erhalten und darauf aufzubauen (s.a. Weith et al., 2019).

4.1.8. Forschungsbegleitung als Forschungsprojekt

Forschungsbegleitung als Forschungsprojekt zu gestalten kann sich im Prozess als sehr nützlich erweisen. Die Einbindung in eine universitäre Einrichtung birgt die Möglichkeit, identifizierte

inhaltliche Lücken über Kapazitäten der Forschungsbegleitung zu füllen. In Form von Abschlussarbeiten sind dabei Themenbereiche adressiert worden, die in konkretem Bezug zu Inhalten aus dem Forschungsprogramm standen, wie zum Beispiel eine Analyse des Treibhausgasemissionskalkulators (TEKLa) der niedersächsischen Landwirtschaftskammer²³ oder Methoden zur Erfassung der Kohlenstoffspeicherung von Wäldern²⁴ und Agroforstsystemen²⁵. Wie außerdem am Beispiel Bodenfeuchte demonstriert wird (s. Kap. 4.2.3.1), wurden diese Kanäle zur Erweiterung des Kenntnisstands im Forschungsprogramm genutzt.

Gleichmaßen lässt sich beispielsweise durch die Integration in die Lehre ein neues Bewusstsein für diese Art der Forschung etablieren. Inter- und transdisziplinäre Forschungsarbeit sowie der Transfer von wissenschaftlichen Erkenntnissen muss, wie in Kapitel 1 beschrieben, gewisse Hürden überwinden, um Akzeptanz unter den Akteuren, aber auch ganz grundsätzlich im wissenschaftlichen System zu erreichen (vgl. Bruce et al., 2004). Dabei kann eine frühzeitige Integration in Lehrtätigkeiten nützlich sein.

4.1.9. Ergebnisprozess in einer Forschungsbegleitung

Dass die Synthese als Methode zur Analyse und Einordnung des Ergebnisses ausgestaltet und genutzt wurde (s. Kap. 3.6.1 und Annex VI), liegt auch darin begründet, dass sich andere gängige Methoden wie die Metaanalyse oder die Metasynthese im Zusammenhang mit dem vorgestellten Forschungsprogramm aus mehreren Gründen nicht eigneten und deshalb ein anderer Weg zur Erzielung von Ergebnissen verfolgt werden musste.

Vor allem die Metaanalyse findet als Methode im wissenschaftlichen Kontext häufig Verwendung. Dabei geht es in der Regel um eine statistische Analyse einer Vielzahl von (empirischen) Ergebnissen, die auf Forschung zu einem bestimmten Themenbereich beruhen (Glass, 1976), mit dem Ziel, eine Vielzahl an Forschungsergebnissen zu aggregieren und auf eine übersichtliche Anzahl an Effektgrößen zu reduzieren. Die Metasynthese hingegen ist eine weniger prominente Methode, die häufig in medizinischen Kontexten genutzt wird, um qualitative Forschungsergebnisse in einen gemeinsamen Kontext zu stellen und zu interpretieren (Dawson, 2019). In den folgenden Kapiteln wird die Anwendbarkeit der Methoden im Kontext dieser Arbeit diskutiert.

²³ Maret Ellinghausen (2022, Masterarbeit an der Universität Potsdam): „Klimarechner in der Landwirtschaft – ein Treibhausgasbilanzierungstool auf dem Prüfstand“.

²⁴ Michael Bader (2022, Masterarbeit an der Universität Potsdam): „Bilanzierung der Kohlenstoffspeicherung von Wäldern mittels Klimarechner“.

²⁵ Konrad Ackermann (2022, Bachelorarbeit an der Universität Potsdam) „Kohlenstoff-Speicherpotenzial der Gehölzbiomasse in Agroforstsystemen“.

4.1.9.1. *Entscheidung gegen eine Metaanalyse*

Eine Metaanalyse hätte die Möglichkeit bieten können, eine größere Menge einzelner Ergebnisse, die allesamt an bestimmten Parametern und einer bestimmten Thematik ausgerichtet sind, zu aggregieren und statistisch aufzuarbeiten. Da alle Forschungsprojekte im KLIMAGRAR-Kontext an Fragestellungen zum Klimaschutz arbeiteten, war eine übergeordnete Fragestellung sogar vordefiniert. Eine Metaanalyse hätte dazu dienen können, festzustellen, wie und durch welche Methoden ein besonders großes Potential als Beitrag zum Klimaschutz ausgeschöpft werden könnte und wo Stellschrauben für zukünftige Forschung lägen. Auch wenn die Grundgesamtheit mit $n = 32$ (Projekte) von Anfang an vergleichsweise klein war, wurde anfangs im Kontext der beschriebenen Forschungsbegleitung tatsächlich ins Auge gefasst, diese Methode zu anzuwenden. Insbesondere weil man davon ausging, quantitativ erfassbare, messbare Ergebnisse seitens der Forschungsprojekte zu erhalten. Ein Referenzsystem zur Einordnung der Projektbeiträge bot sich ebenfalls an: Das Common Reporting Framework des IPCC und die darauf aufbauende THG-Bilanzierung der Bundesrepublik Deutschland. Wie in Kapitel 2.2.1.1.2 beschrieben, entstehen Treibhausgase in unterschiedlichen Quellgruppen – eine davon ist die Landwirtschaft –, deren Subquellgruppen (und wiederum deren THG-Emissionen) über bestimmte Prozesse im System kalkuliert werden. Dadurch gibt es grundsätzlich die Möglichkeit, jeden Beitrag zur Minderung der THG-Emissionen im Rahmen der Bilanzierung einzuordnen und so mindestens ein Potential hinsichtlich der Bedeutung im Klimaschutz abzuleiten.

Im Laufe der Projektarbeit wurde jedoch klar, dass eine klassische Metaanalyse nicht das probate Mittel zur Analyse der Ergebnisse in diesem Forschungsprogramm sein konnte. Die Gründe für diese Schlussfolgerung werden in den folgenden Kapiteln kurz beschrieben und gleichermaßen eine Empfehlung gegeben, auf welcher Grundlage eine derartige Methodik in Zukunft angewandt werden könnte.

4.1.9.1.1. *Mitigation und Adaptation (Vergleich von Äpfeln mit Birnen)*

Die Arbeiten im Forschungsprogramm setzten sich mit Blick auf die Klimafragestellungen aus zwei Hauptkomponenten zusammen: Die Anpassung an die Folgen der globalen Erwärmung und die Minderung der THG-Emissionen. Schon dieser Umstand verkleinerte die Ausgangsbasis für eine Metaanalyse, da vor allem im Bereich der Anpassung keine quantitativ messbaren Forschungsergebnisse zu erwarten waren, sondern Maßnahmen, die die Resilienz der landwirtschaftlichen Produktion hinsichtlich der Folgen der globalen Erwärmung stärken sollten.

4.1.9.1.2. Fehlende quantitative Zielsetzung

Als problematisch für eine Auswertung im Sinne einer Metaanalyse stellte sich die fehlende Einheitlichkeit in den Zielsetzungen der Forschungsprojekte dar. Nur vereinzelt gab es konkrete Ziele (und dann auch Projektergebnisse), die einen messbaren Beitrag zur Minderung der THG-Emissionen in einer der Quellgruppen lieferten. Beispiele, wie die Reduzierung der Emission von Methan aus Verdauungsprozessen der Wiederkäuer durch Einsatz bestimmter Inhibitoren in der Fütterung (Schilde et al., 2021), die zumindest einen bestimmten Aspekt betreffen und sogar einen quantitativen Beitrag suggerieren, waren eher die Ausnahme. Teilweise wurden Minderungsziele darüber anvisiert, der Praxis bestimmte Beratungs- und Entscheidungstools zur Verfügung zu stellen, die optimales, klimagerechtes Handeln unterstützen sollen – damit aber weder eine bestimmte Stellschraube im System ansprechen noch konkrete (also in Zahlen gefasste) Minderungspotentiale aufweisen können.

4.1.9.2. *Metasynthese*

Im Gegensatz zur Metaanalyse liegt der Kern der Metasynthese in der Interpretation qualitativer Erkenntnisse. Es geht um die interpretative Integration und Synthese von qualitativen Erkenntnissen aus der Primärforschung (Beck, 2009). Auch hier spielt das Zusammenfassen von Ergebnissen eine Rolle, die in vielfachen Studien zu einem bestimmten Themenfeld durchgeführt wurden, allerdings vor allem im Sinne einer Interpretation. Das Augenmerk liegt nicht darauf, eine Vielzahl von Forschungsergebnissen auf eine Handvoll auswertbarer Parameter bzw. Effektgrößen zu reduzieren. Vielmehr ist die Metasynthese eine Herangehensweise, um, durch Interpretation, den Erkenntnisprozess zu verstärken (Thorne et al., 2004). Sandelowski und Barroso (2003) beschreiben die (qualitative) Metasynthese als eine Methode, die qualitative Forschungsarbeiten integriert und, anders als das bloße Aggregieren der Einzelteile, durch die Interpretation dieser Arbeiten einen zusätzlichen Erkenntniszuwachs bringt.

Die hier in Kürze dargestellten Hintergründe zur Metasynthese zeigen auf, weshalb diese als methodischer Ansatz grundsätzlich zu einem Teil der Überlegungen hinsichtlich der vorliegenden Forschungsbegleitung geworden ist. Da es im Kern darum geht, Erkenntnisse aus der Forschung nicht allein zu aggregieren, sondern zu integrieren und durch die Interpretation zu neuen Erkenntnissen zu gelangen, ergeben sich Überschneidungen zu den Methoden der Forschungsbegleitung. Die Metasynthese basiert jedoch ebenfalls auf einer Vielzahl qualitativer Studien zu einem bestimmten Phänomen, noch dazu auf abgeschlossenen Arbeiten, im Sinne einer nachgeschalteten Methode, und konnte deswegen nicht die passende Methode für die im Rahmen einer Begleitforschung anvisierten Zielvorstellungen sein – obschon sich das Theoriegebilde teilweise überschneidet.

Aus dieser Betrachtung lässt sich schlussfolgern, dass die Arbeit einer Forschungsbegleitung zwar generell die Möglichkeit bietet, die Ergebnisse eines Forschungsprogramms im Kontext einer bestimmten Fragestellung zu analysieren, diese Aufgabe aber insbesondere in einer ständig begleitenden und reflektierenden Rolle tut. So ergibt sich die Möglichkeit, schon im laufenden Forschungsprozess erste Schlüsse aus der Gemengelage innerhalb eines Forschungsprogrammes zu ziehen und diese mit den Forschungsprojekten zu teilen. Gleichzeitig lässt sich der Gesamtbeitrag des betreffenden Forschungsprogrammes qualitativ einordnen (s. Kap. 4.2.1 und Annex VI).

4.2. Mehrwert der Forschungsbegleitung

Die Erfassung des Mehrwertes einer Forschungsbegleitung ist im Sinne der üblichen empirischen Forschung nicht trivial. Natürlich stechen bestimmte Maßnahmen heraus, wie die Vernetzung der Akteure auf inhaltlicher Ebene, die – auch wenn das wiederum trivial klingt – ohne einen Akteur, der dies aktiv initiiert und aufrechterhält, nicht in der vorgestellten Form stattfinden würde. Auch die im laufenden Prozess begonnene und zum Ende hin abgeschlossene Arbeit der Synthese auf der Metaebene gehört sicherlich zu den greifbaren Mehrwerten, die eine Forschungsbegleitung vorweisen kann.

Gleichwohl entstehen auf Basis dieser Prozesse bestimmte Entwicklungen, die zwar mit der Forschungsbegleitung in Verbindung gebracht werden können, die aber lediglich als solche beschrieben werden können und die mitnichten reproduzierbar sind. In Anlehnung an die in Kapitel 4.1.1 kurz dargelegten unterschiedlichen Ebenen, betrifft das insbesondere die handlungsorientierte Ebene. Der Grund dafür ist einfach erklärt: Im Laufe der Zeit entsteht eine gewisse Dynamik inmitten eines solchen Forschungsprogramms, die unweigerlich auch von den involvierten Akteuren selbst abhängig ist. In den folgenden Abschnitten werden einige Entwicklungen vorgestellt, die diesen Mehrwert der Forschungsbegleitung aus der Dynamik heraus aufzeigen und auf konkrete Anwendungsfälle aus dem Fallbeispiel KLIMAGRAR bezogen sind.

4.2.1. Mehrwert Synthese

Das eigentliche Produkt und damit der greifbare, ergebnisorientierte Mehrwert der Forschungsbegleitung ist die Synthese. Im Verlaufe dieser Arbeit wurde aufgezeigt, dass diese Synthese mehr als ein dynamischer Prozess zu verstehen ist, denn als starres Ergebnis der Forschungsarbeit. Über die gesamte Arbeit der Forschungsbegleitung hinweg flossen immer wieder (Teil-)Ergebnisse, Diskussionsstände und manchmal auch nur Ideen aus den unterschiedlichen Veranstaltungsformaten (s. Kap. 3.5) in diesen Syntheseprozess ein. Trotz der

Dynamik muss dieser Prozess zum Ende hin zusammengefasst werden. Auch eine solche Zusammenfassung kann unterschiedliche Formen annehmen. Beispielsweise lassen sich in einem Veranstaltungsformat wie der vorgestellten Abschlussveranstaltung (s. Kap. 3.5.8) die gesammelten Syntheseergebnisse einbringen und die einzelnen Projektarbeiten und -ergebnisse abschließend anhand ihrer Themen zusammenführen. Dies kann zusätzlich in Form eines Berichtes erfolgen, wie er auch im Fallbeispiel KLIMAGRAR verfasst wurde (Annex VI). So können auf Basis des Syntheseprozesses Handlungsempfehlungen für zukünftige Forschungsförderung abgeleitet und formuliert werden. Diese beziehen sich zum Teil auf forschungspolitische Aspekte, die aus Sicht der mehrjährigen Forschungsbegleitung wichtige Bausteine zum Erreichen der gesetzten Ziele eines Forschungsprogramms markieren. Des Weiteren adressieren die Handlungsempfehlungen Inhalte, die (in diesem Falle die Agrar-)Politik in Zukunft angehen sollte, die wiederum direkt oder indirekt die Praxis, aber auch die Wissenschaft betreffen.

Gleichzeitig kann die Forschungsbegleitung die Projektarbeiten und -ergebnisse auf der Metaebene in Beziehung zu den gesteckten Zielen setzen, also die Wirkungskraft des Forschungsprogramms analysieren und Empfehlungen formulieren. Durch den dynamischen Prozess ergibt sich gleichermaßen die Möglichkeit, auch in der laufenden Forschungsarbeit im Forschungsprogramm noch Anpassungen vorzunehmen oder bestimmte Inhalte gemeinsam in den Blickpunkt zu nehmen, die zwar für mehrere Vorhaben wichtig sind, sonst aber solitär angegangen werden müssten.

Mit Bezug auf die KLIMAGRAR-Forschungsbegleitung entstand so abschließend ein Dokument, das, unter Einbeziehung der Arbeiten in den Forschungsprojekten, aber auch der sich im externen Umfeld entwickelnden Agrarforschung, eine Einordnung des Standes mit Blick auf Klimaschutz und Klimaanpassung in der Landwirtschaft vornimmt und gleichzeitig Empfehlungen für nächste Schritte, vor allem in den Ebenen Politik und Wissenschaft, liefert. Ohne die Projektarbeiten im Einzelnen zu bewerten kann es so gelingen, diese im größeren Kontext wahrzunehmen, ihren Mehrwert im Gesamtkomplex herauszuheben und dennoch, gemeinsam mit den beteiligten Akteuren, notwendige weitere Schritte zu identifizieren.

4.2.2. Mehrwert Transfer

Die Transferaktivitäten, die eine Forschungsbegleitung im Rahmen eines Forschungsprogrammes anstoßen und ausführen kann, sind aus unterschiedlichen Betrachtungswinkeln als wichtig zu erachten. Schon zuvor wurden komplexe, für die gesamte Gesellschaft relevante Probleme – wie die globale Erwärmung – als guter Nährboden für inter- und transdisziplinäre Arbeit beschrieben (u.a. Pohl & Hirsch Hadorn, 2007). Ein auf den Transfer ausgerichteter

Akteur wie die Forschungsbegleitung kann diese Komponente in einem durchaus anwendungsorientierten Forschungsfeld beitragen und dabei den Transfer in unterschiedlichste Richtungen initiieren. Wissenschaft – Praxis, Praxis – Wissenschaft, Praxis – Politik, Wissenschaft – Gesellschaft und viele weitere. Transparenz und der ehrliche Umgang mit „der Wissenschaft“ sind sensible Felder, denen Rechnung getragen werden muss. Gleichzeitig kann der Wissenstransfer dafür sorgen, die Umsetzungsprozesse von wissenschaftlichen Erkenntnissen (Innovationen) zu beschleunigen – ebenfalls ein Aspekt der angesichts der voranschreitenden globalen Erwärmung, wie auch der damit verbundenen Einhaltung ambitionierter Ziele wichtig ist. Insbesondere das Beispiel der Transferpodcasts junger Wissenschaftler (s. Kap. 3.5.3.2 und Annex V) konnte aufzeigen, dass zwar seitens der Wissenschaftler die Notwendigkeit für diese Art der Wissensvermittlung erkannt wird, es aber noch viel zu wenige (anerkannte) Möglichkeiten zur Umsetzung gibt. Eine Forschungsbegleitung kann ihre Kapazitäten dazu nutzen, diese Möglichkeiten zu eröffnen und damit wiederum ihren Mehrwert für die Akteure im Forschungsprogramm verdeutlichen. Dass die Kommunikation über unterschiedliche Aspekte der Forschung – beispielsweise der Art wissenschaftlich zu arbeiten oder die wissenschaftlichen Erkenntnisse an sich – in Richtung der Gesellschaft schon jetzt wichtig ist und in Zukunft noch wichtiger sein wird, geht mit den großen Krisen der Zeit einher. Ob globale Erwärmung, der Verlust der Biodiversität oder eine Pandemie wie COVID-19 – immer richtet sich die Problematik und damit auch ein wesentlicher Aspekt der Problemlösung an die gesamte Gesellschaft.

Mit Blick auf das thematische Umfeld des BMEL-Forschungsprogrammes wurden seitens der Forschungsbegleitung mehrere transdisziplinäre Formate initiiert, die explizit auf den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Gesellschaft abzielten. Diese Formate sind zwar inhaltlich an den Themenkomplex des klimagerechten Handelns gekoppelt, lassen sich in der Idee aber auch auf andere thematische Inhalte ummünzen.

4.2.2.1. Ackerkonzerte

Unmittelbar am Ort der Lebensmittelproduktion, also auf dem Acker, wurde die Bühne für das Ackerkonzert aufgebaut, um im Zuge dessen auf verschiedene Thematiken rund um die Lebensmittelproduktion, die Emission von Treibhausgasen und die Rolle des Ernährungsverhaltens aufmerksam zu machen und mit der Zuhörerschaft ins Gespräch zu kommen. Dieses neue Format wurde genutzt, um den Wissens- und Ergebnistransfer aus den Projekten heraus in die Gesellschaft umzusetzen und das Bewusstsein der Menschen hinsichtlich des Hebels ihrer Entscheidungsfindung zu aktivieren.

4.2.2.2. „Klima schmecken“

Mit einer Brot- und Weinverkostung, umrahmt von einer Diskussion über klimaschutzrelevante Themen, die mit den Produkten im Zusammenhang stehen, sollte der Bezug zu Aspekten der globalen Erwärmung hergestellt werden. Aus den unterschiedlichen Blickwinkeln eines Wissenschaftlers, eines Bäckermeisters sowie eines Lebensmitteleinzelhändlers wurde dabei die gesamte Prozesskette, von der landwirtschaftlichen Produktion, über die Verarbeitung bis hin zur Vermarktung der Produkte sowie des Kaufentscheidens der Konsumenten adressiert. Mit einer solchen Veranstaltung können die verschiedenen Hebel im Sinne des Klima- aber auch des Naturschutzes, die die Verbraucher letzten Endes dann doch haben, aufgezeigt werden. Diese Art des Transfers eignet sich ebenfalls sehr gut, um vielfache Synergien aufzuzeigen, die ein verantwortungsvoller Umgang mit Lebensmitteln im Alltag haben kann.

4.2.2.3. „Moore hören“

Das Vorhaben „Moore hören“ ist eine gemeinschaftliche Produktion von Wissenschaftlern und Künstlern, in dem Aspekte der globalen Erwärmung in der Landschaft hörbar gemacht werden sollen. Dabei werden neu entwickelte Sensoren genutzt, um Biodaten aus Pflanzen und Treibhausgasen auszulesen, zu konvertieren und – mit vielfältigen Field Recordings aus der Natur orchestriert – hörbar zu machen. Im Fokus stehen die Moorlandschaften, die in den vergangenen Jahrzehnten für die Nutzung entwässert wurden und deren Wiedervernässung sinnbildlich für anstehende Transformationsprozesse in der Landwirtschaft steht und zielt auf die Wahrnehmung dieser Problematik durch die Gesellschaft ab.

4.2.2.4. *Landwirteinterviews*

Ein Format, dass die Praktiker in diesem Themenfeld mehr in den Fokus rücken sollte, war das Landwirteinterview. Als ein Ergebnis der Zusammenarbeit mit den Forschungsprojekten kann die Durchführung von Landwirteinterviews gewertet werden. Die Interviews mit Landwirten, die in unterschiedlicher Form in den jeweiligen Projekten mitgewirkt haben, standen ebenfalls im Lichte des Transfergedankens. Es ging darum zu evaluieren, wie sich aus Sicht der Landwirte die Einbindung in Forschungsprojekte noch besser gestalten ließe, um in Zukunft den Transferweg und den Weg für Innovationen in den landwirtschaftlichen Alltag so kurz wie möglich zu gestalten.

4.2.3. Mehrwert Kernthemen

Die stark auf den Inhalten der involvierten Forschungsprojekte basierende Arbeit der Forschungsbegleitung kann noch weitere Mehrwerte erzeugen, die im Wesentlichen in der inhaltsbezogenen Arbeit begründet liegen. Spiegelt man die Themenvielfalt, die als Ergebnis

auf der einen und den Experten außerhalb des Forschungsprogrammes auf der anderen Seite herzustellen. Daraus entstanden gemeinsame Arbeiten, die neuen Forschungsmethoden wurden sukzessive in manchen Forschungsprojekten integriert und damit eine neue Möglichkeit zur flächendeckenden Erfassung der Bodenfeuchte aufgezeigt.

An dieser Stelle wurde seitens der Forschungsbegleitung zum einen durch die Verschlagwortung und Vernetzung der Projekte der Bedarf an dieser Thematik aufgezeigt und gleichzeitig der interdisziplinäre Austausch mit externen Experten in die Wege geleitet.

4.2.4. Mehrwert als Katalysator

Wenn eine Forschungsbegleitung als zusätzlicher Akteur zu den „üblichen“ Forschungsprojekten in ein Forschungsprogramm involviert ist, kann das auch verstärkende Effekte auf bestimmte Themenkomplexe entfalten. Zum einen, da die Forschungsbegleitung ihre Rolle als synthetisierendes Element wahrnimmt und die individuellen Forschungsarbeiten und -ergebnisse zusammenführt. Zum anderen, durch die besondere Kommunikationsebene zur Projektförderung, können Inhalte deutlich gezielter in den politischen Diskurs getragen werden. Die Basis, um diese Vorgänge in die Wege zu leiten, ist wiederum die umfassende inhaltliche Ausgangslage, mit der die Forschungsbegleitung gezielt Forschungsprojekte zu Themen zusammenführt.

kennen die Akteure das thematische Umfeld und können ihre eigenen Ergebnisse in den jeweiligen Kontext einordnen. Auch wenn dieser Prozess einiges an Vorlaufzeit und Vorbereitung benötigte, ist der Mehrwert einer auch auf inhaltlicher Ebene agierenden Forschungsbegleitung herauszuheben. Der interdisziplinäre Austausch zu Inhalten, die allesamt im Kontext einer übergeordneten Thematik betrachtet werden, wird gefördert, während gleichzeitig systemische, umfassende Lösungsansätze verfolgt werden.

4.2.5. Mehrwert als Vermittler

Wenn viele Akteure mit unterschiedlichen Hintergründen aufeinandertreffen und dann noch verschiedene Interessen mitbringen, kann so manche inhaltliche Diskussion im Keim ersticken, bevor sie überhaupt ergebnisorientiert geführt wird. Auch in einer solchen Situation kann eine Forschungsbegleitung von Nutzen sein, die als unvoreingenommener und unabhängiger Akteur eine gewisse Pufferrolle einnimmt. Insbesondere dann, wenn es darum geht, verhärtete Fronten miteinander zu vereinen. Ein konkretes Beispiel für eine solche Thematik, die essentiell ist hinsichtlich der zukünftigen Bemühungen im Klimaschutz in der Landwirtschaft und die grundsätzlich für Spannung sorgt, ist die Milchwirtschaft. Mit dem Veranstaltungsformat der Transferwerkstatt konnte die Forschungsbegleitung die Zusammenführung von Landwirten, Akteuren aus der Wissenschaft und der Politik sowie Vertretern von Molkereien umsetzen und eine Plattform bieten. So ließ sich neben der Diskussion von unterschiedlichen Erwartungshaltungen zumindest im Keim ein aufeinander abgestimmter Kurs für die Zukunft erarbeiten.

Mit einer Forschungsbegleitung, die aktiv den Transfer fördert und die um die Einbindung möglichst vieler, für die erfolgreiche Implementierung der wissenschaftlichen Erkenntnisse in das alltägliche Geschäft beteiligter Akteure bemüht ist, ist eine erhebliche Verkürzung der an ein Forschungsprogramm anschließenden Schritte möglich.

4.2.6. Mehrwert Datenmanagement und -austausch

Der in Kapitel 4.1.4 beschriebene Aspekt des Datenmanagements ist einer, bei dem die Forschungsbegleitung als Schnittstelle fungieren könnte. Möglich wäre, die angesprochene Vernetzung auf Basis von Daten zu einer Art Datenbörse zu erweitern. Die Verfügbarkeit von Kalibrierungs- und Validierungsdaten, die häufig ein limitierender Faktor ist (insbesondere für die Skalierung von Forschungsergebnissen), könnte so erheblich verbessert und in bestehende Strukturen der Vernetzung integriert werden. Selbstverständlich wäre dafür ein geschützter Bereich zu schaffen, der einen sensiblen Umgang mit den Daten gewährleistet. Der interne, nur für Akteure aus dem Forschungsprogramm zugängliche Bereich der Arbeits- und Informations-

plattform (s. Kap. 3.4) wurde genau unter diesen Voraussetzungen angelegt. Das vorangegangene Beispiel der Bodenfeuchte (s. Kap. 4.2.3.1) zeigt, dass, aufbauend auf Erkenntnissen, die aus einer solchen Zusammenführung von verfügbaren Daten gezogen werden, weitere Schritte geplant werden können, um etwaige Fehlstellen zu adressieren oder neue Kooperationen zu schaffen.

Fazit

Mit der Forschungsbegleitung nimmt ein neuer, etwas anderer Akteur Einfluss auf das Geschehen im Forschungsprogramm. Ohne konkretes thematisches Ziel, dafür vielmehr mit Fokus auf den Forschungsprozess und die Optimierung der Bedingungen für ein erkenntnis- und umsetzungsstarkes Forschungsprogramm, profitiert eine Forschungsbegleitung von einer klaren, fundierten und transparenten Herangehensweise. Diese wurde im Rahmen der vorliegenden Dissertation um einige methodische Elemente erweitert und bietet eine Vielzahl an Möglichkeiten, um entscheidende Prozesse in der Gemengelage Politik-Wissenschaft-Praxis anzuregen, zu moderieren und zu beschleunigen.

Die Basis liegt auf der umfassenden inhaltlichen Analyse von Forschungsprojekten, wodurch thematische Anknüpfungspunkte zwischen Forschungsprojekten aus unterschiedlichen Disziplinen herausgearbeitet und in einem zweiten Schritt visualisiert werden. Die netzwerkgraphische Darstellung legt den Fokus auf bestimmte Themencluster, die in diesem Kontext einen großen Stellenwert einnehmen und dann als Ausgangslage für projektübergreifende Arbeitstagen und weitere Veranstaltungen genutzt wurden. Aus diesen thematischen Überschneidungen bilden sich Fachkonsortien, die über Disziplin- und Projektgrenzen hinausgehen.

Da ein Forschungsprogramm eine Vielzahl an Experten für viele verschiedene Bereiche versammelt, bietet dieses Vorgehen die Möglichkeit, das Expertenwissen zu bündeln und, mit Blick auf die Ergebnisse des gesamten Forschungsprogramms, einen Mehrwert zu generieren. Dieser Mehrwert entsteht zusätzlich zu den unabhängig aller Vernetzungs- und Transferaktivitäten erzielten Einzelergebnissen der Projekte. Aus der Meta-Perspektive werden unterschiedliche Denkweisen und Hintergründe in interdisziplinären Arbeitstagen zusammengeführt. Als vernetzendes Element schlägt die Forschungsbegleitung Brücken zwischen den unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen, zwischen Praktikern und Wissenschaftlern und Politikern. Der Mehrwert einer Forschungsbegleitung zeigt sich auf unterschiedlichen Ebenen, bestärkt durch die methodische Weiterentwicklung. Eine Synthese, die alle im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Kanäle einbezieht, enthält Empfehlungen für

politische Entscheider hinsichtlich zukünftiger forschungspolitischer Planungen und Entscheidungen. Gleichmaßen hat die Synthese eine inhaltliche Tiefe, die eine Bewertung der durchgeführten Forschungsarbeiten auf der Metaebene, im Gesamtkontext des Forschungsprogrammes ermöglicht. Im Sinne weiterer Empfehlungen werden damit auch Fehlstellen oder unzureichend abgedeckte Forschungsfelder aufgezeigt. Aus der direkten Umsetzung im Forschungsprozess konnten darüber hinaus Schlussfolgerungen gezogen werden, wie Forschungsförderung per se und die Aufstellung einer Forschungsbegleitung in Zukunft optimiert werden könnte.

Die Anwendung der im Rahmen dieser Dissertation erarbeiteten Methodik ist weder auf einen bestimmten Themenkomplex, noch auf das Umfeld Forschungsförderung begrenzt und könnte auch darüber hinaus – im Rahmen einer Forschungsbegleitung oder auch nicht – zum Einsatz kommen.

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Dissertation unterstützt haben. Insbesondere in der Endphase der Arbeit war der vielfache Input im Sinne des Korrekturlesens von ganz großem Wert.

Besonderer Dank gilt der (ehemaligen) Arbeitsgruppe Landwissenschaften an der Universität Potsdam. Die unzähligen Sitzungen und Diskussionen über Ideen und deren Umsetzung haben immer wieder Einfluss auf den Umgang mit dieser Arbeit genommen, mir neue Betrachtungsweisen ermöglicht und die Ausarbeitung enorm erleichtert.

Ein besonderes Dankeschön gilt dabei meinem Kollegen Dietmar Schallwisch, der mir im Zuge dieser Arbeit und vor allem in der Austüftung der Methodik immer mit Rat und Tat zur Seite stand. Das ausgeprägte Maß an Perfektion und Akribie, mit dem Du Aufgaben angeht und erledigst, ist zu einer Art Vorbild geworden.

Für sein Verständnis und den unkomplizierten Umgang rund um die Fertigstellung meiner Dissertation möchte ich auch meinem zweiten Betreuer Professor Andreas Koch von der Universität Salzburg großen Dank aussprechen.

Das letzte und größte Dankeschön gilt meinem Erstbetreuer Professor Hubert Wiggering. Als „Sparringpartner“ für jegliche Art von inhaltlicher und auch mal weniger inhaltlicher Diskussion, warst Du eine sehr große Hilfe. Deine ausgeprägt menschliche Art und, dass Du Deinen Mitarbeitern Einstellungen und Eigenschaften vorlebst und weitergibst, wie bei all dem Fokus auf die Forschungsarbeit auch andere Lebensinhalte nicht zu vernachlässigen, ist vor allem in einer so kleinen Arbeitsgruppe sehr wertvoll. Danken möchte ich Dir ausdrücklich auch für Deine Verlässlichkeit sowie für Deine Beharrlichkeit im gesamten Prozess der Erstellung dieser Arbeit.

Es hat Spaß gemacht, ein Teil dieses besonderen Forschungsprojektes gewesen zu sein und diese Art der Forschungsbegleitung mit geprägt zu haben.

Literaturverzeichnis

- Abbott, K. W. & Bernstein, S. (2015). The High-Level Political Forum on Sustainable Development: Orchestration by Default and Design. *Global Policy*, 6(3), 222–233. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12199>
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A. & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869–890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Arrhenius, S. (1896). XXXI. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 41(251), 237–276.
- Baroni, G., Scheffele, L. M., Schrön, M., Ingwersen, J. & Oswald, S. E. (2018). Uncertainty, sensitivity and improvements in soil moisture estimation with cosmic-ray neutron sensing. *Journal of Hydrology*, 564, 873–887. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.07.053>
- Bastian, O. (2001). Landscape Ecology - towards a unified discipline? *Landscape Ecology*, 16, 757–766. <https://doi.org/10.1023/A:1014412915534>
- Batterink, M. H., Wubben, E. F., Klerkx, L. & Omta, S. (2010). Orchestrating innovation networks: The case of innovation brokers in the agri-food sector. *Entrepreneurship & Regional Development*, 22(1), 47–76. <https://doi.org/10.1080/08985620903220512>
- Beck, C. T. (2009). Metasynthesis: a goldmine for evidence-based practice. *AORN journal*, 90(5), 701–2, 705–10. <https://doi.org/10.1016/j.aorn.2009.06.025>
- Biggs, R., Schlüter, M., Biggs, D., Bohensky, E. L., BurnSilver, S., Cundill, G., Dakos, V., Daw, T. M., Evans, L. S., Kotschy, K., Leitch, A. M., Meek, C., Quinlan, A., Raudsepp-Hearne, C., Robards, M. D., Schoon, M. L., Schultz, L. & West, P. C. (2012). Toward Principles for Enhancing the Resilience of Ecosystem Services. *Annual Review of Environment and Resources*, 37(1), 421–448. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-051211-123836>
- Bock, S., Hinzen, A., Zwicker-Schwarm, D. & Libbe, J. (2012). *Forschung für und mit Kommunen: Zur transdisziplinären Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis am Beispiel des BMBF-Förderschwerpunkts REFINA: Wirkungsanalyse im Rahmen des Vorhabens Projektübergreifende Begleitung REFINA - gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung*. Deutsches Institut für Urbanistik. Berlin.
- Boergens, E., Güntner, A., Dobsław, H. & Dahle, C. (2020). Quantifying the Central European Droughts in 2018 and 2019 With GRACE Follow-On. *Geophysical Research Letters*, 47(14). <https://doi.org/10.1029/2020GL087285>
- Borgatti, S. P. (2005). Centrality and network flow. *Social Networks*, 27(1), 55–71. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2004.11.008>
- Bruce, A., Lyall, C., Tait, J. & Williams, R. (2004). Interdisciplinary integration in Europe: the case of the Fifth Framework programme. *Futures*, 36(4), 457–470. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.003>
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M. & Abel, N. (2001). From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems*, 4(8), 765–781. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>
- Christensen, D. R., Hansen, L. E., Krøgholt, I. & Stage, C. (2016). The participatory researcher: developing the concept of ‘accompanying research’. *Nordisk kulturpolitisk tidsskrift*, 19(1), 116–136. <https://doi.org/10.18261/ISSN2000-8325-2016-01-07>
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. & Maginnis, S. (2016). *Nature-based solutions to address global societal challenges*. IUCN International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>

- Dawson, A. J. (2019). Meta-synthesis of Qualitative Research. In P. Liamputtong (Hrsg.), *Handbook of Research Methods in Health Social Sciences* (S. 785–804). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5251-4_112
- Defila, R. & Di Giulio, A. (1996). Interdisziplinäre Forschungsprozesse. In R. Kaufmann-Hayoz (Hrsg.), *Umweltproblem Mensch: Humanwissenschaftliche Zugänge zu umweltverantwortlichem Handeln* (S. 79–129). Haupt.
- Defila, R. & Di Giulio, A. (1998). Interdisziplinarität und Disziplinarität. In J.-H. Olbertz (Hrsg.), *Zwischen den Fächern — über den Dingen?* (S. 111–137). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-90935-0_6
- Defila, R. & Di Giulio, A. (2015). Integrating knowledge: Challenges raised by the “Inventory of Synthesis”. *Futures*, 65, 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2014.10.013>
- Defila, R. & Di Giulio, A. (2016). Wie es begann - Vom Begleiten und Beschreiten gemeinsamer Wege. In R. Defila & A. Di Giulio (Hrsg.), *Transdisziplinär forschen - Zwischen Ideal und gelebter Praxis: Hotspots, Geschichten, Wirkungen* (1. Aufl., S. 9–23). Campus Verlag.
- Defila, R. & Di Giulio, A. (2018). What Is It Good For? Reflecting and Systematizing Accompanying Research to Research Programs. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 27(1), 97–104. <https://doi.org/10.14512/gaia.27.S1.17>
- Defila, R., Di Giulio, A. & Scheuermann, M. (2006). *Forschungsverbundmanagement: Handbuch für die Gestaltung inter- und transdisziplinärer Projekte*. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- Destatis. (o.J.). *Landwirtschaftszählung 2020*. Deutsches Statistisches Bundesamt. Abgerufen am 2. September 2022 von https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Landwirtschaftszaehlung2020/_inhalt.html
- Dhanaraj, C. & Parkhe, A. (2006). Orchestrating Innovation Networks. *Academy of Management Review*, 31(3), 659–669. <https://doi.org/10.5465/amr.2006.21318923>
- Dlugokencky, E. (o.J.–a). *Global CH4 Monthly Means*. NOAA/GML. Abgerufen am 2. September 2022 von https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_ch4
- Dlugokencky, E. (o.J.–b). *Global N2O Monthly Means*. NOAA/GML. Abgerufen am 2. September 2022 von https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_n2o/
- Donnelly, C. A., Boyd, I., Campbell, P., Craig, C., Vallance, P., Walport, M., Whitty, C. J. M., Woods, E. & Wormald, C. (2018). Four principles to make evidence synthesis more useful for policy. *Nature*, 558(7710), 361–364. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-05414-4>
- Drexler, S., Gensior, A. & Don, A. (2021). Carbon sequestration in hedgerow biomass and soil in the temperate climate zone. *Regional Environmental Change*, 21(3). <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01798-8>
- Dupraz, P. & Guyomard, H. (2019). Environment and Climate in the Common Agricultural Policy. *EuroChoices*, 18(1), 18–25. <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12219>
- El-Sayed, A. M., Ganji, S., Gross, J., Giesen, N., Rid, M., Lo, P. L., Kokeny, A. & Unelius, C. R. (2021). Climate change risk to pheromone application in pest management. *Die Naturwissenschaften*, 108(6), 47. <https://doi.org/10.1007/s00114-021-01757-7>
- EU Verordnung (EG) NR. 1782/2003 des Rates vom 29. September 2003 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe und zur Änderung der Verordnungen [...], Amtsblatt der EU L270 (2003).
- EU Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über die Förderung der ländlichen Entwicklung durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1698/2005, Amtsblatt der Europäischen Union L347 (2013).
- EU Verordnung (EU) Nr. 1307/2013 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 17. Dezember 2013 mit Vorschriften über Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im

- Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik und zur Aufhebung der Verordnung [...], Amtsblatt der Europäischen Union L347 (2013).
- EU Verordnung (EU) 2020/2220 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Dezember 2020 mit Übergangsbestimmungen für Förderung aus dem Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und dem Europäischen Garantiefonds für die Landwirtschaft (EGFL) in den Jahren 2021 und 2022 und zur Änderung der Verordnungen [...], Amtsblatt der Europäischen Union L437 (2020).
- European Energy Agency. (2019). *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. EEA report: No 4/2019*. Publications Office of the European Union.
- Fersch, B., Francke, T., Heistermann, M., Schrön, M., Döpfer, V., Jakobi, J., Baroni, G., Blume, T., Bogena, H., Budach, C., Gränzig, T., Förster, M., Güntner, A., Hendricks Franssen, H.-J., Kasner, M., Köhli, M., Kleinschmit, B., Kunstmann, H., Patil, A., . . . Oswald, S. (2020). A dense network of cosmic-ray neutron sensors for soil moisture observation in a highly instrumented pre-Alpine headwater catchment in Germany. *Earth System Science Data*, 12(3), 2289–2309. <https://doi.org/10.5194/essd-12-2289-2020>
- Fiedeler, U., Nentwich, M., Simkó, M. & Gzásó, A. (2010). What is Accompanying Research on Nanotechnology? *NanoTrust Dossiers*(Juli), 1–5. <https://doi.org/10.1553/ITA-nt-011en>
- Francke, T., Heistermann, M., Köhli, M., Budach, C., Schrön, M. & Oswald, S. E. (2022). Assessing the feasibility of a directional cosmic-ray neutron sensing sensor for estimating soil moisture. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, 11(1), 75–92. <https://doi.org/10.5194/gi-11-75-2022>
- Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- Frolking, S., Talbot, J., Jones, M. C., Treat, C. C., Kauffman, J. B., Tuittila, E.-S. & Roulet, N. (2011). Peatlands in the Earth’s 21st century climate system. *Environmental Reviews*, 19, 371–396. <https://doi.org/10.1139/a11-014>
- Gamper, M. (2020). Netzwerkanalyse – eine methodische Annäherung. In A. Klärner, M. Gamper, S. Keim-Klärner, I. Moor, H. von der Lippe & N. Vonneilich (Hrsg.), *Soziale Netzwerke und gesundheitliche Ungleichheiten* (S. 109–133). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21659-7_6
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P. & Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies* (1. Aufl.). Sage publications. Sage Publ.
- Glass, G. V. (1976). Primary, Secondary, and Meta-Analysis of Research. *Educational Researcher*, 5(10), 3. <https://doi.org/10.2307/1174772>
- Grillakis, M. G. (2019). Increase in severe and extreme soil moisture droughts for Europe under climate change. *The Science of the total environment*, 660, 1245–1255. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.001>
- Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinski, G., Koebisch, F. & Couwenberg, J. (2020). Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature communications*, 11(1), 1644. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15499-z>
- Haeckel, E. H. P. A. (1866). *Allgemeine Anatomie der Organismen. Kritische Grundzüge der mechanischen Wissenschaft von den entwickelten Formen der Organismen*. G. Reimer. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.3953>
- Hari, V., Rakovec, O., Markonis, Y., Hanel, M. & Kumar, R. (2020). Increased future occurrences of the exceptional 2018-2019 Central European drought under global warming. *Scientific reports*, 10(1), 12207. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68872-9>
- Heinemann, P. & Schmidhalter, U. (2021). Simplifying residual nitrogen (Nmin) sampling strategies and crop response. *European Journal of Agronomy*, 130, 126369. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126369>
- Hicks, D. M. & Katz, J. S. (1996). Where Is Science Going? *Science, Technology, & Human Values*, 21(4), 379–406. <https://doi.org/10.1177/016224399602100401>

- Humboldt, A. von. (1844). *Central-Asien: Untersuchungen über die Gebirgsketten und die vergleichende Klimatologie*. C.J. Klemann.
- Humboldt, A. von. (1850). *Kosmos: Entwurf einer physischen Weltbeschreibung* (Dritter Band). J.G. Cotta'scher Verlag.
- Initiativkreis Agrar- und Ernährungsforschung. (2021). *Neue Herausforderungen für die Agrarforschung - Was ist zu tun?* IKAEF.
- IPBES. (2019). *Summary for Policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES Secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- IPCC. (2021). Summary for Policymakers. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. Matthews, Maycock, T.K., Waterfield, T., O. Yelekci, R. Yu & B. Zhou (Hrsg.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. 3–32). Cambridge University Press.
- IPCC. (2022a). Summary for Policymakers. In P. R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz & J. Malley (Hrsg.), *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- IPCC. (2022b). Summary for Policymakers. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem & B. Rama (Hrsg.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Jansen, D. (2003). *Einführung in die Netzwerkanalyse*. VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-663-09875-1>
- Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, 76(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Kaufmann-Hayoz, R. (2013, 24. Januar). *Von der Begleitung der Forschung zur Begleitung der Umsetzung: Spielformen sozialwissenschaftlicher Begleitforschung* [Konferenzbeitrag]. Sozialwissenschaftliche Methoden der Begleitung von Umsetzungsprozessen transdisziplinärer Forschungsergebnisse, Frankfurt: isoe.
- Keeling, C. D., Piper, S. C., Bacastow, R. B., Wahlen, M., Whorf, T. P., Heimann, M. & Meijer, H. A. (2005). Atmospheric CO₂ and ¹³CO₂ Exchange with the Terrestrial Biosphere and Oceans from 1978 to 2000: Observations and Carbon Cycle Implications. In I. T. Baldwin, M. M. Caldwell, G. Heldmaier, R. B. Jackson, O. L. Lange, H. A. Mooney, E.-D. Schulze, U. Sommer, J. R. Ehleringer, M. Denise Dearing & T. E. Cerling (Hrsg.), *Ecological Studies. A History of Atmospheric CO₂ and Its Effects on Plants, Animals, and Ecosystems* (Bd. 177, S. 83–113). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/0-387-27048-5_5
- Kemper, T., Schallwisch, D. & Wiggering, H. (2023). Landwissenschaften: eine neue Klammer und neue Herangehensweise, den Weg von den Wissenschaften in die Praxis zu finden. In U. Walz & U. Steinhardt (Hrsg.), *Landschaftsökologie - Von der Wissenschaft in die Praxis*. Springer (im Druck).
- Kundolf, S., Küpper, P., Margarian, A. & Wandinger, C. (2016). *Koordination, Lernen und Innovation zur Entwicklung peripherer ländlicher Regionen: Phase II der Begleitforschung zum Modellvorhaben LandZukunft. Thünen Report: Bd. 41*. Johann Heinrich von Thünen-Institut. <http://hdl.handle.net/10419/144793> <https://doi.org/144793>
- Küpper, P., Kundolf, S. & Margarian, A. (2014). *Neue Beteiligungs- und Steuerungsprozesse in der ländlichen Entwicklung: Phase I der Begleitforschung zum Modellvorhaben LandZukunft*.

- Thünen Report: Bd. 18.* Johann Heinrich von Thünen-Institut. <http://d-nb.info/1052024084/https://doi.org/97639>
- Lal, R. (2016). Beyond COP 21: Potential and challenges of the "4 per Thousand" initiative. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71(1), 20A-25A. <https://doi.org/10.2489/jswc.71.1.20A>
- Lee, J.-Y., Marotzke, J., Bala, G., Cao, L., Corti, S., Dunne, J. P., Engelbrecht, F., Fischer, E., Fyfe, J. C., Jones, C., Maycock, A., Mutemi, J., Ndiaye, O., Panickal, S. & Zhou, T. (2021). Future Global Climate: Scenario-Based Projections and Near-Term Information. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. Matthews, Maycock, T.K., Waterfield, T., O. Yelekci, R. Yu & B. Zhou (Hrsg.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. 553–672). Cambridge University Press.
- Leser, H. (1997). *Landschaftsökologie: Ansatz, Modelle, Methodik, Anwendung* (4. Aufl.). *UTB für Wissenschaft Uni-Taschenbücher Geographie, Landespflege, Ökologie, Umweltforschung: Bd. 521*. Ulmer.
- Liddy, E. D. (2000). Text Mining. *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, 27(1), 13–14. <https://doi.org/10.1002/bult.184>
- Lüthi, D., Le Floch, M., Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J.-M., Siegenthaler, U., Raynaud, D., Jouzel, J., Fischer, H., Kawamura, K. & Stocker, T. F. (2008). High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000-800,000 years before present. *Nature*, 453(7193), 379–382. <https://doi.org/10.1038/nature06949>
- Martens, M., Karlsson, N. P. E., Ehde, P. M., Mattsson, M. & Weisner, S. E. B. (2021). The greenhouse gas emission effects of rewetting drained peatlands and growing wetland plants for biogas fuel production. *Journal of environmental management*, 277, 111391. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111391>
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens III, W. W. (1972). *The Limits to Growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind* (A Potomac Associates book). Club of Rome. Universe Books, New York, NY.
- Medhat, W., Hassan, A. & Korashy, H. (2014). Sentiment analysis algorithms and applications: A survey. *Ain Shams Engineering Journal*, 5(4), 1093–1113. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2014.04.011>
- Miedaner, T. & Juroszek, P. (2021). Climate change will influence disease resistance breeding in wheat in Northwestern Europe. *TAG. Theoretical and applied genetics. Theoretische und angewandte Genetik*, 134(6), 1771–1785. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03807-0>
- Mittelstraß, J. (2005). Methodische Transdisziplinarität. *Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis*, 14(2), 18–24.
- Neef, E. (1967). *Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre* (1. Aufl.). Haack.
- Neukom, R., Steiger, N., Gómez-Navarro, J. J., Wang, J. & Werner, J. P. (2019). No evidence for globally coherent warm and cold periods over the preindustrial Common Era. *Nature*, 571(7766), 550–554. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1401-2>
- OECD. (2010). *Environmental Cross Compliance in Agriculture*. Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://www.oecd.org/agriculture/topics/agriculture-and-the-environment/documents/environmental-cross-compliance-in-agriculture.pdf>
- Olivares, J., Bedmar, E. J. & Sanjuán, J. (2013). Biological nitrogen fixation in the context of global change. *Molecular plant-microbe interactions : MPMI*, 26(5), 486–494. <https://doi.org/10.1094/MPMI-12-12-0293-CR>
- Overmeyer, V. & Büscher, W. (2021). Emissionsminderung: Schon im Stall Ammoniak reduzieren. *Land & Forst - die Stimme der Landwirtschaft*(11/2021), S. 40–41. https://www.digitalmagazin.de/marken/landforst/hauptheft/2021-11/tierhaltung/040_schon-im-stall-ammoniak-reduzieren
- Pe'er, G., Zinngrebe, Y., Hauck, J., Schindler, S., Dittrich, A., Zingg, S., Tschardtke, T., Oppermann, R., Sutcliffe, L. M., Sirami, C., Schmidt, J., Hoyer, C., Schleyer, C. & Lakner, S.

- (2017). Adding Some Green to the Greening: Improving the EU's Ecological Focus Areas for Biodiversity and Farmers. *Conservation Letters*, 10(5), 517–530. <https://doi.org/10.1111/conl.12333>
- Petit, J. R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N. I., Barnola, J.-M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V. M., Legrand, M., Lipenkov, V. Y., Lorius, C., Pépin, L., Ritz, C., Saltzman, E. & Stievenard, M. (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, 399(6735), 429–436. <https://doi.org/10.1038/20859>
- Pohl, C. & Hirsch Hadorn, G. (2007). *Principles for designing transdisciplinary research: Christian Pohl, Gertrude Hirsch Hadorn*. oekom verlag. <https://doi.org/10.14512/9783962388638>
- Sandelowski, M. & Barroso, J. (2003). Classifying the findings in qualitative studies. *Qualitative health research*, 13(7), 905–923. <https://doi.org/10.1177/1049732303253488>
- Satija, M. P. (2013). *Theory and practice of the Dewey decimal classification system* (2. Auflage). Chandos Publishing.
- Schäpke, N., Stelzer, F., Bergmann, M. & Lang, D. (2016). Tentative Theses on Transformative Research in Real-World Laboratories. *TATuP - Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*, 25(3), 45–51. <https://doi.org/10.14512/tatup.25.3.45>
- Schilde, M., Soosten, D. von, Hüther, L., Meyer, U., Zeyner, A. & Dänicke, S. (2021). Effects of 3-nitrooxypropanol and varying concentrate feed proportions in the ration on methane emission, rumen fermentation and performance of periparturient dairy cows. *Archives of animal nutrition*, 75(2), 79–104. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2021.1877986>
- Schubert, K. & Klein, M. (2021). *Das Politiklexikon: Begriffe, Fakten, Zusammenhänge* (8. Auflage). Dietz.
- Scott, M. & Tribble, C. (2006). *Textual Patterns* (Bd. 22). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/scl.22>
- Seidl, R., Müller, J., Hothorn, T., Bässler, C., Heurich, M. & Kautz, M. (2015). Small beetle, large-scale drivers: how regional and landscape factors affect outbreaks of the European spruce bark beetle. *The Journal of applied ecology*, 53(2), 530–540. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12540>
- Sweeney, R. (1983). The Development of the Dewey Decimal Classification. *Journal of Documentation*, 39(3), 192–205. <https://doi.org/10.1108/eb026748>
- Swinbank, A. (1999). CAP reform and the WTO: compatibility and developments. *European Review of Agriculture Economics*, 26(3), 389–407. <https://doi.org/10.1093/erae/26.3.389>
- Thorne, S., Jensen, L., Kearney, M. H., Noblit, G. & Sandelowski, M. (2004). Qualitative metasynthesis: reflections on methodological orientation and ideological agenda. *Qualitative health research*, 14(10), 1342–1365. <https://doi.org/10.1177/1049732304269888>
- Umweltbundesamt. (2022a). *Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2022: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2020* (Climate Change 24/2022). Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt. (2022b). *Treibhausgas-Emissionen in Deutschland*. Abgerufen am 24. Januar 2023 von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>
- United Nations. (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. New York: UN. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
- van Lente, H., Hekkert, M., Smits, R. & van Waveren, B. (2003). Roles of Systemic Intermediaries in Transition Processes. *International Journal of Innovation Management*, 07(03), 247–279. <https://doi.org/10.1142/S1363919603000817>
- van Zanten, H. H. E., Herrero, M., van Hal, O., Röös, E., Muller, A., Garnett, T., Gerber, P. J., Schader, C. & Boer, I. J. M. de (2018). Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. *Global change biology*, 24(9), 4185–4194. <https://doi.org/10.1111/gcb.14321>

- Vukasovic, S., Alahmad, S., Christopher, J., Snowdon, R. J., Stahl, A. & Hickey, L. T. (2021). Dissecting the Genetics of Early Vigour to Design Drought-Adapted Wheat. *Frontiers in plant science*, 12, 754439. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.754439>
- Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S. O., Popp, T., Steffensen, J.-P., Gibbard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L. C., Hughen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D. J., Nakagawa, T., Newnham, R. & Schwander, J. (2009). Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *Journal of Quaternary Science*, 24(1), 3–17. <https://doi.org/10.1002/jqs.1227>
- Wasserman, S. & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge University Press.
- Watts, D. J. & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393(6684), 440–442. <https://doi.org/10.1038/30918>
- Wehrden, H. von, Guimarães, M. H., Bina, O., Varanda, M., Lang, D. J., John, B., Gralla, F., Alexander, D., Raines, D., White, A. & Lawrence, R. J. (2019). Interdisciplinary and transdisciplinary research: finding the common ground of multi-faceted concepts. *Sustainability Science*, 14(3), 875–888. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0594-x>
- Weith, T., Rogga, S., Zscheischler, J. & Gaasch, N. (2019). Beyond projects: benefits of research accompanying research: Reflections from the research programme Sustainable Land Management. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 28(3), 294–304. <https://doi.org/10.14512/gaia.28.3.10>
- Wiggering, H., Müller, K., Werner, A. & Helming, K. (2003). The Concept of Multifunctionality in Sustainable Land Development. In K. Helming & H. Wiggering (Hrsg.), *Sustainable Development of Multifunctional Landscapes* (S. 3–18). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-05240-2_1
- Willeit, M., Ganopolski, A., Calov, R. & Brovkin, V. (2019). Mid-Pleistocene transition in glacial cycles explained by declining CO₂ and regolith removal. *Science advances*, 5(4), eaav7337. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav7337>
- 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. de, Majele Sibanda, L., . . . 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)
- Wojtkiewicz, W. & Heiland, S. (2012). Landschaftsverständnisse in der Landschaftsplanung. Eine semantische Analyse der Verwendung des Wortes „Landschaft“ in kommunalen Landschaftsplänen. *Raumforschung und Raumordnung / Spatial Research and Planning*, 70(2). <https://doi.org/10.1007/s13147-011-0138-7>
- Wood, S. L., Jones, S. K., Johnson, J. A., Brauman, K. A., Chaplin-Kramer, R., Fremier, A., Girvetz, E., Gordon, L. J., Kappel, C. V., Mandle, L., Mulligan, M., O'Farrell, P., Smith, W. K., Willemsen, L., Zhang, W. & DeClerck, F. A. (2018). Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services*, 29, 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.010>
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. Oxford paperbacks. Oxford University Press.
- Wu, X., Liu, H., Li, X., Tian, Y. & Mahecha, M. D. (2017). Responses of Winter Wheat Yields to Warming-Mediated Vernalization Variations Across Temperate Europe. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5, Artikel 126. <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00126>
- Zukunftskommission Landwirtschaft. (2021). *Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe: Empfehlungen der Zukunftskommission Landwirtschaft*. Zukunftskommission Landwirtschaft. <https://bit.ly/3cNWWqe>

Anhänge

Annex I	Schlagwortkatalog Themenbereich Landwirtschaft und globale Erwärmung
Annex II	R-Code zur Erstellung des Netzwerkgraphen
Annex III	Visuelle Navigation durch die KLIMAGRAR-Website
Annex IV	Zuordnung der Projekte zu den Themenclustern
Annex V	Auflistung der KLIMAGRAR -Transferpodcasts
Annex VI	KLIMAGRAR -Synthese als Politikpapier

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

Potsdam, 4. März 2023

Annex I – Schlagwortkatalog Themenbereich Landwirtschaft und globale Erwärmung

Dieser Schlagwortkatalog enthält 2170 Schlagwörter, aufgeteilt in übergeordnete Themenkomplexe. Diese Schlagwortsammlung geht über die im engen KLIMAGRAR-Projekt-kontext identifizierten Schlagwörter hinaus, schließt diese aber mit ein, und ist ein gemeinsames Produkt der Forschungsbegleitung KLIMAGRAR. Die Identifizierung der Schlagwörter in den BMEL-Projekten war der Startschuss für die Erfassung von Schlagwörtern die im weitesten Sinne im Kontext der Landwirtschaft und der globalen Erwärmung stehen und deren Quelle in unzähligen Texten und Dokumenten zu diesen Themen liegt. Es gilt zu beachten, dass ein solcher Katalog nie „abgeschlossen“ sein kann, weil sich der Wissensschatz kontinuierlich erweitert. Alle Links in der elektronischen Fassung dieses Dokumentes verweisen zur Wikipedia.

Basiswissenschaften (Physik, Chemie, Biologie, Mathematik)

Aerosole · Alkalisierung · Ammoniak (NH₃) · Ammonium (NH₄⁺) · Ammoniumnitrat (NH₄NO₃) · Ammoniumstickstoff · Ammoniumsulfat ((NH₄)₂SO₄) · Apfelwickler · Assimilation · Ausbreitung · Ausscheidung · Autoökologie (Ökologie der Arten) · Autotrophie · Bakterien · Baumwanzen · Baumwanze *Nezara viridula* · Biologische Invasion (Einschleppung / Invasive Art) · Biotische Zersetzung (Biotischer Abbau / Biotische Degradierung) · Bioturbation · Blattflöhe · Blattläuse · Blauzungenvirus (BTV) · Blutsaugende Insekten · Borkenkäfer · Botenstoffe · Brennstoff · Chemische Bodeneigenschaften · Chemotrophie · CRISPR (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*) · Darmflora · Deckelschildläuse · Denitrifikation · Destruent (Reduzent / (Re-)Mineralisierer) · Distickstoffmonoxid (N₂O) · DNA-Analyse (Genanalyse) · DNA-Phänotypisierung · DNA-Sequenzierung (Genomanalyse) · Duftstoff · Eichen-Prozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) · Eklektor · Emergenzsammelfalle (Emergenz-Eklektor) · Energiefluss · Enzymhemmung (Enzyminhibition) · Epidemiologie · Erdflöhe · Erregerreservoir · Evolution · Exkretion · Exsudation · Flüchtige organische Verbindungen (VOC) · Fluorchlorkohlenwasserstoffe (Chlorfluorkohlenwasserstoffe / FCKW / CFKW / CFC) · Fluorkohlenwasserstoffe (FKW / HFC) · Fluorierte Treibhausgase (F-Gase) · *Fusarium* (Fusarien) · Gashydrat · Genexpression · Genotyp · Genotypisierung · Genregulation · Gnitzen (Bartmücken / Ceratopogonidae) · Gradation · Großer Rapsderrfloh · Grüne Pfirsichblattlaus · Grüne Reisswanze · Hämatophagie · Harnstoff (CH₄N₂O) · Harnstoffzyklus · Herbst-Heerwurm (*Spodoptera frugiperda*) · Heterotrophie · Infektionskrankheiten · Infestation · In vitro · In vivo · Inzuchtlinie · Kallus · Kapillarität (Kapillareffekt) · Kirschessigfliege · Klonen · Kohlenstoffdioxid (Kohlendioxid / CO₂) · Konsument (in der Ökologie) · Kosmische Strahlung · Krankheitserreger (Pathogene Mikroorganismen) · Krautige Pflanzen · Laktation · Lichtfalle · Maiszünsler · Marmorierte Baumwanze · Mehlkäfer · Metabolismusrate (Stoffwechselrate) · Metabolit (Stoffwechselprodukt) · Metabolom (Metabonom) · Methan (CH₄) · Methanbildner · Methanhydrat · Methanogenese · Mikroorganismen · Mikrosatellit (Mikrosatelliten-DNA) · Mittelmeerfruchtfliege · Mutation · Mutualismus (mutualistische Symbiose) · Nagetiere · Nährstoff · Nahrungskette · Natur · Neutronendetektor · Neutronenstrahlung · Nitrate (NO₃⁻) · Nitrifikation · Nitrite (NO₂⁻) · Ökologie · Ontogenese (Ontogenie / Lebenszyklus) · Östliche Honigbiene (Asiatische Honigbiene / Indische Honigbiene / *Apis cerana*) · Ozon (O₃) · Parameter · Parasitismus (Parasit) · Pathogenität (Pathogen / Pflanzenpathogen) · Perfluorcarbone (perfluorierte Kohlenwasserstoffe / PFC) · Phänotyp · Pheromon · pH-Wert · Pflanzenwachstum · Phänologie · Phosphate · Phosphor (P) · Photosynthese · Phytoplasmen · Pilze · Produktionsbiologie · Produzent (in der Ökologie / Primärproduzent) · Protoplasten · Pyrolyse · Rattenfloh · Reservestoff · Resistenz · Roter Baumwollkapselwurm · Salmonellen · Schlauchpilze · Schwefelhexafluorid (SF₆) · Seneszenz bei

Basiswissenschaften (Physik, Chemie, Biologie, Mathematik)

Pflanzen · Stammzellen · Stickoxide (NO_x) · Stickstoff (N / N₂) · Stickstoffbilanz · Stickstofftrifluorid (NF₃) · Stoff- und Energiewechsel · Stoffwechsel (Metabolismus) · Stoffwechselintermediat · Stoffwechselweg · Tabakmosaikvirus (TMV) · Temperaturresistenz (Hitzeresistenz) · Tomatenwolllaus · Transfektion · Traubenwickler · Trophie · Trophieniveau (Trophiestufe / Trophieebene / trophische Ebene) · Urease · Varroamilbe (*Varroa destructor*) · Vektor · Verdauung · Verbrennung · Viren · Virulenz · Virusinfektion · Wanderratte · Wasserdampf · Wasserhaushalt (in der Biologie) · Wasserrübenvergilbungsvirus (TuYV / *Turnip yellows virus*) · Westliche Honigbiene (Europäische Honigbiene / *Apis mellifera*) · Wirt · Zellbiologie (Zytologie) ·

Geowissenschaften

Albedo · Anlandung · Anökumene · Anthropogenetische Geomorphologie · Anthropozän · Auswaschung · Bergbau · Bergehalde · Biogeochemie · Biosphäre · *Blue Marble* · Boden · Bodenbedeckung · Bodengesellschaft · Bodenkarte · Bodenkartierung · Bodenkunde (Bodenchemie) · Bodenprofil · Bodenwasser · Erdatmosphäre · Erde · Erdoberfläche · Fließgewässer · Flurabstand · Geoökologie · Gewässer · Golfstrom · Grundwasserneubildung · Hydrogeologie · Hydrologie · Hydrosphäre · Insolation (Sonneneinstrahlung) · Jahreszeit · Kolk · Kryosphäre · Landfläche · Löss (Löß) · Meeresspiegelanstieg seit 1850 · Milanković-Zyklen · Moorauge · Oberflächengewässer · Ökumene · Pedometrie (Pedometric mapping / Soil survey / Soil mapping) · Pedosphäre · Periökumene · Planet · Retentionsfläche · Rossby-Wellen · Siedlung · Siedlungsgeographie (Siedlungsraum) · Stadtgeographie · Städtischer Raum (Urbaner Raum) · Stillgewässer · Stratosphäre · Subökumene · Süßwasser · Tagebau · Thermohaline Zirkulation (THC) · Troposphäre · Überschwemmungsgebiet · Untertagebau · Vegetationsgeographie · Vegetationsökologie · Vegetationszone · Verlandung · Versauerung der Meere · Wasserhaushalt (in der Hydrologie) · Wasserkreislauf · Zonale Modelle der Biogeographie (Landschaftszone) ·

Geodaten

Digitales Höhenmodell (Geländemodell) · Copernicus-Erdbeobachtungsprogramm · *CORINE Land Cover* (CLC) · Ebene (Layer) · Erdbeobachtung · Erdbeobachtungssatelliten · Fernerkundung (Satellitenbild) · Fernerkundungsdaten · Geoanwendungen · Geobrowser · Geodaten · Geodateninfrastruktur (GDI / GDI-DE) · Geodatenmanagement (*Web Mapping*) · Geodienst (Kartendienst / *OpenGIS Web Services (OWS)*) · Geofachdaten · Geoinformation · Geoinformationssystem (Geographisches Informationssystem / GIS / Räumliches Informationssystem / RIS) · Geomedien · Geoportal · Georeferenz (Raumbezug / Geobezug) · Georeferenzierung (Geoverortung) · Geostatistik · GIS-Datenformat · *Ground Truth* · Hyperspektralsensoren · Klassifikationssystem der Bodenbedeckung (*Land Cover Classification System / LCCS*) · Landinformationssystem (LIS) · Landsat · Luftbildmessung (Aerophotogrammetrie / Luftbildphotogrammetrie) · Luftbildphotographie (Luftbild) · Mapserver (*Internet Map Server (IMS)* / *Web Map Server*) · Multispektraldaten, Multispektralkamera · *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* · *Open Geospatial Consortium (OGC)* · Photogrammetrie (Bildmessung) · Satellitenorbit (Erdumlaufbahn) · *Sensor Web Enablement* · Sentinel · Sentinel-1 · Sentinel-2 · Sentinel-3 · *Synthetic Aperture Radar (SAR)* · TrachtNet · Vegetationsindex · *Web Coverage Service (WCS)* · *Web Feature Service (WFS)* · *Web Map Service (WMS)* · *Web Map Tile Service (WMTS)* ·

Klimatologie

Agrarmeteorologie · Agronomische Trockengrenze · Anomalie (Wetteranomalie) · Anpassung an die globale Erwärmung (Klimaanpassung) · Arktische Oszillation · *Atmospheric Model Intercomparison Project (AMIP)* · Bauernregel · Bestandesniederschlag (Bestandsniederschlag) · Biometeorologie (Bioklimatologie) · *Carbon Accounting* · *Climate change and invasive species* · *Coupled Model Intercomparison Project (CMIP)* · CO₂-Bilanz (Treibhausgasbilanz / CO₂-Fußabdruck / Klimabilanz) · CO₂-Rechner (Klimarechner / Kohlenstoffdioxidrechner / CO₂-Äquivalenz-Rechner / Treibhausgas-Rechner / Emissionsrechner) · Desertifikation (Desertation / fortschreitende Wüstenbildung) · Dürre und Hitze in Europa 2018 · Eis-Albedo-Rückkopplung · *El Niño-Southern Oscillation (ENSO)* · Evapotranspiration · Folgen der globalen Erwärmung (Klimafolgen) · Folgen der globalen Erwärmung für den Weinbau · Folgen der globalen Erwärmung in der Arktis · Folgen der globalen Erwärmung in Deutschland · Folgen der globalen Erwärmung in Europa · Forschungsgeschichte des Klimawandels · Freilandniederschlag · Frost · Frosttag · Fruchtbarer Halbmond · Gemäßigte Zone (Gemäßigte Breiten) · Geoengineering (Climate Engineering) · Gletscherschwund seit 1850 (Eisschmelze) · Globaler Energiehaushalt · Globale Erwärmung (Erderwärmung) · Grünlandtemperatursumme · Hitzewelle · Hitzewelle in Europa 2003 · Hitzewellen in Europa 2019 · Hochwasser · Hockeyschläger-Diagramm · Interzeption · Jahresmitteltemperatur · Jahreszeitenklima · Jahrhundertssommer · Jetstream (Strahlstrom) · Keeling-Kurve · Kippelemente im Erdsystem · Klimafolgenabschätzung für die Arktis (Arctic Climate Impact Assessment) · Klimakatastrophe · Klimakompensation · Klimamodell · Klimaneutralität (CO₂-Neutralität) · Klimapolitik · Klimaschutz · Klimasensitivität · Klimatische Wasserbilanz (KWB) · Klimatologie (Klimaforschung) · Klimawandel (Klimaänderung) · Klimawandelindex · Klimazone · Klimazustand · Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre (CO₂-Emission) · Liste der Abkürzungen zur globalen Erwärmung · Luftmasse · Lufttemperatur · Meeresoberflächentemperatur · Niederschlag · Nordatlantische Oszillation (NAO) · Normalperiode · Numerische Wettervorhersage · Omegalage · Ozonschicht · Pause der globalen Erwärmung · Pazifische Dekaden-Oszillation (PDO) · Polare Verstärkung · Regen · Sonnenstrahlung · Strahlungsantrieb · Strahlungshaushalt der Erde (Strahlungsbilanz der Erde) · Sturm · Treibhauseffekt · Treibhaus Erde · Treibhausgase (THG) · Treibhauspotential (CO₂-Äquivalent / GWP) · Unwetter (Extremwetterereignis / Wetteranomalie) · Verschiebung der biogeographischen Zonen (Klimazonen/Vegetationszonen) durch den Klimawandel · Verweilzeit (Lebensdauer) · Wachstumsgradtag · Wald- und Baumgrenze (Waldgrenze / Baumgrenze) · Wetter · Verdunstung · Wetterbeobachtung (Wetterdaten) · Wetterstation · Wettervorhersage · Wirbelsturm ·

Umweltwissenschaften

Abfall (Abfallstoff / Müll) · Abfallentsorgung (Entsorgung / Müllentsorgung) · Abfallvermeidung (*Precycling*) · Abiotische Umweltfaktoren · Abwasser · Abwasserbeseitigung · Ackerrandstreifen · Anthropogenes Biom (Anthrom) · Artenschutz · Artenvielfalt · Baumschutz · Begrünung · Bienensterben · Bioabfall · Bioaerosole · Biodiesel · Biodiversität (Biologische Vielfalt) · Bioenergie · Bioethanol · Biogas · Biogasanlage · Bioindikator (Indikatorart) · Biokraftstoff (Biosprit) · Biom · Biomarker · Biomasse · Biomonitoring (Bioüberwachung) · Biosicherheit · Biotische Umweltfaktoren · Biotop · Biotopschutz · Biotopverbund (Biotopvernetzung) · Biozönose · Bodenkontamination (Bodenbelastung / Bodenverschmutzung / Bodenverunreinigung) · Bodenzustandserhebung (BZE) · Dekarbonisierung · Deponie (Mülldeponie) · Deponiegas · Deposition (atmosphärische Deposition) · Devastierung · Diffuse Emissionen · Emissionen · Endlagerung · Energie- und Stoffstrommanagement (Stoffstrom) · Energiewende · Erneuerbare Energien · Ersatzgesellschaft · Eutrophierung (Überdüngung) · Faulgas (Sumpfgas / Klärgas) · Feinstaub · Gaia-Hypothese · Gärrest (Biogasgülle) · Gärsubstrat · Gärung (Vergärung) · Geotop · Gewässerbelastung · Gewässerschutz (Grundwasserbelastung) · Gewässerverschmutzung (Gewässerverunreinigung / Wasserverunreinigung) · Globale Umweltveränderungen und Zukunftsszenarien · Grundwasser · Grundwasserleiter · Grundwasserspiegel · Grünes Zertifikat · Habitat · Hemerobie (Naturferne / Naturnähe) · Immissionen · Insektensterben · Kläranlage · Klärschlamm · Kleinkläranlage · Klimaxvegetation · Kohlenstoffseneke · Kohlenstoffzyklus (Kohlenstoffkreislauf) · Kompostierung (Kompost / Rotte) · Kreislaufwirtschaft · Kulturlandschaftsprogramm (KLP) · Lebensraum · Lebenszyklusanalyse (Umweltbilanz / Ökobilanz) · Luftverschmutzung · Megadiversität · Mikrobiom · Mikroplastik · Müllabfuhr (Müllbeseitigung) · Müllverbrennung · Nachhaltigkeit · Nährstoffkreislauf · Naturethik · Naturhaushalt · Naturkatastrophe · Natürliche Umwelt · Naturschutz (Biodiversitätsschutz) · Nullemission · Oberflächenwasser · Ödland · Ökologie · Ökologische Modellierung · Ökologischer Fußabdruck · Ökophysiologie · Ökosystem · Ökosystemdienstleistung (Ökosystemleistung) · Ökosystemforschung · Ökosystemfunktion · Ökoton · Pflanzenkläranlage · Phosphorkreislauf (Phosphorzyklus) · *Planetary Boundaries* · *Planetary Health* · Plastikmüll in den Ozeanen · Raumschiff Erde · *Recycling* (Reststoffverwertung / Müllverwertung) · Rekultivierung · Renaturierung · Resilienz · Ressourceneffizienz · Rohstoff · Saum · Saurer Regen · Schutzgebiete in Natur- und Landschaftsschutz · Sekundärrohstoff · Standort (standortgerecht) · Stickstoffdeposition · Stoffkreislauf · Stoffstromanalyse · Störung · Strategische Umweltprüfung (SUP / Plan-Umweltprüfung (Plan-UP)) · Streu · Substrat (Biogassubstrat) · Sukzession · Tierschutz · Tragfähigkeit · Übernutzung (Raubbau / Überjagung) · Überweidung · Umwelt · Umweltbewusstsein · Umweltchemie · Umweltethik · Umweltfaktor · Umweltindikator · Umweltprobleme · Umweltschaden · Umweltschutz · Umweltverschmutzung (Anthropogene Umweltbelastung) · Umweltverträglichkeit · Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP / Umweltfolgenabschätzung (UFA) / *Environmental Impact Assessment (EIA)*) · Verrottung (Vermoderung / Verfaulung) · Versteppung · Vertragsnaturschutz · Vulnerabilität · Waldrand · Wasser (Wasser als Ressource) · Wasseraufbereitung · Wasseraufbereitungsanlage · Wasserknappheit · Wasserverbrauch · Wasserwirtschaft · Weidedruck · Wildbienen · Wilde Müllkippe (Wilde Deponie) · Windenergie · Windkraftanlage · Zeigerpflanze (Indikatorpflanze) ·

Landwirtschaft

Agrardumping · Agrarinformatik (Informationstechnik in der Landwirtschaft / Elektronik in der Landwirtschaft) · Agrarmarktordnung · Agrarökologie · Agrarökonomie · Agrarrohstoff · Agrarsektor (Agrarwirtschaft) · Agrarstruktur · Agrarwissenschaften · Agribusiness · Agrobiodiversität · Agroforstwirtschaft (Agrarforstwirtschaft) · Agropastoralismus · Alm (Alp / Alb / Bergweide) · Almauftrieb · Ballenpresse · Bäuerliche Landwirtschaft · Bauernhof · Bergbauer · Bergmäher (Mahdalm) · Bewässerungsfeldwirtschaft · Bewirtschaftung · Biologisch-dynamische Landwirtschaft · Biomassepotential · Blühstreifen · Brache (Brachland) · Brandrodung · Bruch · *Carbon Farming* · Digitalisierung in der Landwirtschaft (Digital Farming / Landwirtschaft 4.0) · Dreistufenwirtschaft · Durchforstung · Ernährung des Menschen · Extensive Landnutzung in Mitteleuropa · Extensivgrünland (Extensive Grünlandwirtschaft) · Feldrain · Feldroboter · Feldwirtschaft · Fernweidewirtschaft · Feuchtwiese · Flächenkonkurrenz · Flächenverbrauch · Flur (Offene Flur) · Flurbrand · *Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database* (FAOSTAT) · Garten- und Landschaftsbau · Geest · Grasland (Urgrasland) · Großgrundbesitzer · Grünland (Kulturgrasland / Grünlandwirtschaft) · Grünlandzahl (GZ) · Gute landwirtschaftliche Praxis · Gutshof · Hackbau · Halbkulturformation (Halbnatürliche Vegetation) · Halmgutartige Biomasse · Hofladen · Hoflader · Honigbienen · Hufe (Hube) · Hutewald (Hutung) · Imker (Bienenhaltung / Imkerei) · Industrielle Landwirtschaft · Integrierte Landwirtschaft · Kellerei · Kleinbauer · Klimafarming · Konventionelle Landwirtschaft · Landarbeiter · Landeskultur · Ländliche Entwicklung · Ländlicher Raum · Landlose · Landrasse (Naturrasse) · Landtechnik (Agrartechnik / Landmaschinen); *siehe auch: Kategorie Landtechnik* · Land- und Forstwirtschaft (LuF) · *Land use, land-use change, and forestry* (LULUCF / *Forestry and other land use* / FOLU) · Landwirt (Bauer) · Landwirtschaft (Agrikultur) · Landwirtschaft in Entwicklungsländern · Landwirtschaftliche Geräte und Maschinen · Landwirtschaftliche Nutzfläche (LNF / LN) · Landwirtschaftliche Revolution (Agrarrevolution) · Landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) · Landwirtschaftliche Vergleichszahl (LVZ) · Lesestein · Lesesteinhaufen · Maiensäss (Vorsäss) · Marschland (Marsch / Mersch / Schwemmland) · Mechanisierung der Landwirtschaft · Moor · Moorkolonisierung · Nachhaltige Landwirtschaft · Nachwachsende Rohstoffe · Nahrungsmittel · Natürliche Ressource · Naturraum · Niedermoorwiese · Nomadismus · Ökologische Landwirtschaft (Ökolandbau) · Pastoralismus (Naturweidewirtschaft) · Permakultur · Regenmoor (Hochmoor) · Regenerative Landwirtschaft · Regenfeldaufbau · Rodentizide (Rattengift) · Röhricht · Savanne · Schlag (in der Torfwirtschaft) · Schlagkartei (Ackerschlagkartei / Schlagdatei / Feldkalender) · Schwendbau · Seggenried · Silo (Hochsilo / Fahrsilo / Flachsilo) · Silvopastorales System · Smart Farming (Digitale Landwirtschaft (Digital Farming) / Landwirtschaft 4.0) · Steppe · Stockwerkanbau (Etagenbau) · Streuwiese · Subsistenzwirtschaft (Subsistenzlandwirtschaft / Bedarfswirtschaft) · Sumpf · Terrasse (Terrassierung / Terrassenfeldbau) · Traditionelle Wirtschaftsform · Traktor (Trecker / Schlepper) · Transhumanz (Wanderweidewirtschaft) · Trockenfeldbau · Urbarmachung (Kultivierung) · Vegetationsperiode (Vegetationsphase / Vegetationszeit) · Vorratsgrube (Erdmiete) · Vorratshaltung · Wallhecke (Knick) · Wanderfeldbau (Wanderwirtschaft / Brandrodungswirtschaft) · Weingut · Wiese ·

Forstwirtschaft

Altersklassenwald · Aufforstung · Auwald · Bestand · Borealer Nadelwald · Brennholz (Feuerholz) · Bruchwald · Bundeswaldinventur · Dichtung · Durchforstung · Entwaldung · Entwaldung in römischer Zeit · Fälltechnik · Femelwald · Forst · Forsteinrichtung · Forstkultur · Forstschädlinge (Waldschädlinge) · Forstwirtschaft (Waldwirtschaft) · Forstwirtschaftliche Geräte und Maschinen · Forstwissenschaft · Gemäßigter Regenwald (Regenwald der gemäßigten Breiten) · Hackschnitzel (Holzschnitzel / Hackgut) · Hackschnitzelharvester · Hochwald · Holz · Holzernte · Holzsertrag · Holzfäller · Holzkohle · Holzrücken (Holzbringung) · Holzschädlinge · Holzstoff · Holzverarbeitung · Holzvollernter (Waldvollernter, Kranvollernter) · Holzwirtschaft (Holzindustrie) · Jagd · Kahlschlag (Kahlhieb) · Kernwuchs · Klimaplastischer Wald · Köhler · Kronenschluss · Krummholz · Kulturpflege · Läuterung · Mittelwald · Nachhaltigkeit in der Forstwirtschaft · Natürliche Altersstufe · Naturnahe Waldwirtschaft · Naturverjüngung · Niederwald · Pflanzung und Pflanzgut in der Forstwirtschaft · Plenterwald · Primärwald · Reduktion von Emissionen aus Entwaldung und Waldschädigung und die Rolle von Waldschutz, nachhaltiger Waldbewirtschaftung und Ausbau des Kohlenstoffspeichers Wald in Entwicklungsländern (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries*) (REDD+) · Regenwald · Rodung · Rohholz · Rundholz · Sanitärhieb · Schlag (in der Forstwirtschaft) · Schreddergut · Sekundärwald · Stockausschlag · Sturmholz (Windwurf / Windbruch) · Subtropischer Regenwald · Sumpfwald · Totholz · Tropischer Regenwald · Verbiss · Waldbau (Naturnaher Waldbau) · Waldbrand · Waldhackschnitzel · Wald in Deutschland · Waldschäden · Waldschutz (Forstschutz) · Waldsterben (neuartige Waldschäden) · Wild · Wipfel (Zopf) · Wirtschaftswald (Nutzwald) · Zellstoff ·

Landnutzung

Agrarlandschaft · Bergbaufolgelandschaft · Bergbaulandschaft · Blattflächenindex · Feldbau (Pflanzbau) · Feuchtgebiet (Feuchtbiotop) · Flächenmanagement · Flussaue (Aue / Auenlandschaft) · Heide (Heidelandschaft) · Kulturlandschaft (Industrielandschaft) · Küste (Küstenlandschaft) · Land · Landmanagement · Landnutzung (Bodennutzung / Flächennutzung) · Landschaft · Landschaftselement (LE) · Landschaftsökologie · Landschaftspflege · Landschaftsplanung · Landschaftsschutz · Landschaftstyp (Ökosystemtyp) · Moorlandschaft · Nachhaltiges Landmanagement · Naturlandschaft · Offenland (Offenlandschaft) · Spezifische Blattfläche · Stadtlandschaft · Urbane Landschaft · Urbanisierung (Verstädterung) · Wald (Waldlandschaft) · Weideland · Wildnis · Wirtschaftslandschaft ·

Kulturboden

Abflussbildung · Acker (Feld / Ackerkrume / Ackerland) · Ackerbürger · Ackerzahl (AZ / Ackerwertzahl / Bodenpunkte (BP)) · Agrochemie (Agrikulturchemie) · Aktion Moorschutz · Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung (AHL / UAN) · Aufschluss · Bearbeitungshorizont (Pflugfurche) · Bewuchs · Biologische Aktivität · Bodenart · Bodenatmung · Bodenbearbeitung (Stoppelbearbeitung) · Bodendegradation · Bodenertrag · Bodenerosion · Bodenfeuchte · Bodenfrost · Bodenfruchtbarkeit · Bodengare · Bodengefüge (Bodenstruktur / Bodenkrume) · Bodengüte · Bodenhorizont · Bodenklassifikation · Bodenkultur · Bodenmüdigkeit (Bodenerschöpfung / Bodenermüdung) · Bodenökologie · Boden-pH · Bodenschaden (Schädliche Bodenveränderung) · Bodenschätzung (Bodenbonität / Bonitierung / Bonitur) · Bodenschutz · Bodentemperatur · Bodentyp · Bodenuntersuchung (Bodenproben) · Bodenverarmung · Bodenverdichtung · Bodenversauerung · Bodenwertzahl (BWZ) · Bonitur (Bonitierung) · C/N-Verhältnis · Cryosol · CULTAN (kontrollierte Langzeitammoniumernährung) · Deflation · Denudation · Detritus · Dispenser · DOM (Gelöste organische Substanz im Boden / *Dissolved organic matter*) · Drainage (Dränage / Dränung) · Düngerstreuer (Schleuderstreuer) · Durchwurzelung · Dürre · Edaphon (Bodenlebewesen / Bodenfauna / Bodenflora) · Egge · Entwässerung (Dränung / Trockenlegung) · Feldkapazität (nutzbare Feldkapazität / nFK) · Flächenversiegelung (Bodenversiegelung) · Fräse · Frostgare · Frosttiefe · Gelisol · Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) · Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC-Wert) · Grasnarbe · Grubber · Grundwasserabsenkung · Güllefass · Gülleverschlauchung · Hackmaschine · Hackstriegel · Histosol · Humus (Humusgehalt) · Humusakkumulationsböden · Infiltrationsrate (Infiltrationskapazität) · Kahlfrost · Kalkung (Kalkdüngung) · Klärdünger · Knöllchenbakterien (Rhizobien) · Kohlenstoffbindung im Boden (SCS) · Konservierende Bodenbearbeitung · Kulturboden (Boden / Ackerboden) · Melioration (Bodenverbesserung / Bodenbewirtschaftung) · Mineralisation · Mineralisierung · Minutenboden · Moorboden · Moorkultivierung · Mutterboden (Ackerkrume / Oberboden) · Nitrifikationshemmer · N_{min} · Organische Bodensubstanz · Paludikultur · Pedogenese (Bodenbildung / Bodenentwicklung) · Permafrostboden (Dauerfrostboden) · Pflanzenkohle (Biokohle) · Pflug (Pflügen) · Plaggendüngung · Pürckhauer (Bohrstock) · Pyrogener Kohlenstoff (C_{pyr}) · Rhizosphäre · Rottemist · Saatbettbereitung (Sekundärbodenbearbeitung) · Saatbettkombination · Schattengare · Schichtenwasser · Schwarzerde · Schwergrubber · Sickerwasser · *Soil carbon feedback* · Spritzschatten · Statischer Düngungsversuch · Stauwasser · Substrat (Bodenhilfsstoff / Kultursubstrat) · Teilflächenspezifische Düngung · *Terra preta* (*Terra preta de indio*) · Tiefpflügen (Rigolen) · Torf · Torfgewinnung in West-Mecklenburg · Torfstich (Torfstechen / Torfabbau) · Trockenheit · Unterboden · Unterfußdüngung · Urgesteinsmehl · Vernässung (Staunässe) · Wassergraben · Wasserkapazität (Wasserhaltevermögen) · Weinberg · Weinbergsböden · Wiedervernässung · *World Reference Base for Soil Resources (WRB)* ·

Pflanzenbau (Pflanzenernährung, Phytopathologie (Pflanzenkrankheiten / Pflanzenpathogene), Pflanzenschutz, Pflanzenzüchtung)

Abdrift · Ackerbau · Ackerbohne (Dicke Bohne / *Vicia faba*) · Agrarflugzeug · Ägyptischer Klee (Alexandriener-Klee / *Trifolium alexandrinum*) · Anbau · Anbausystem · Apfeltriebsucht · Aquaponik · Ausbreitungsmechanismen von Pflanzen · Auswuchs · Backfähigkeit · Baumschule · Baumwolle · Beizen (Saatgutbeizung) · Besatz · Bewässerung · Bioeffektor · Biofortifikation · Biologischer Pflanzenschutz · Biologische Schädlingsbekämpfung · Blattfrucht · Braugerste · Braunrost des Weizens (*Puccinia triticina*) · Breitsaat · Buchweizen (*Fagopyrum*) · *Cercospora beticola* · Clomazon · CRISPR/Cas-Methode · Dammkultur (Dammsaat) · Dauerkultur (Wechselkultur) · Deckfrucht · Direktsaat · Dosis je Hektar Laubwandfläche · Dreifelderwirtschaft · Dreschmaschine · Drillsaat (Reihensaat / Sämaschine) · Dünger (Düngemittel / Düngung / Naturdünger) · Echter Hopfen (*Humulus lupulus*) · Echter Mehltau der Weinrebe (Oidium) · Einfeldwirtschaft · Energiemais · Energiepflanze · Erbse (*Pisum sativum*) · Ernte · Erntemaschine · Ernteschäden · Ertrag (Ertragssteigerung) · Eschflur · Ewiger Roggenbau · Falscher Mehltau der Weinrebe (Peronospora) · Feldaufgang (Auflauf) · Feldfrucht · Feldfutterbau (Ackerfutterbau) · Feldgraswirtschaft · Feldhäcksler (Maishäcksler) · Feldwirtschaft; *siehe auch: Kategorie Technik in der Feldwirtschaft* · Fertigation · Free Air Carbon Dioxide Enrichment (FACE) · Frosthärte · Frostschäden im Weinbau · Frosttrocknis · Fruchtfolge (Felderwirtschaft / Hauptfrucht) · Fruchtreife · Fungizide · Fusariose · Futterbau · Gartenbau (Hortikultur) · Gartenbohne (Grüne Bohne / Schnittbohne / *Phaseolus vulgaris*) · Gartensalat (Lattich / *Lactuca sativa*) · Gelbrost (Streifenrost / *Puccinia striiformis*) · Gelbschale · Gemengesaat · Gemüsebau · Gemüsespargel Gemeiner Spargel / *Asparagus officinalis*) · Generative Vermehrung · Genom-Editierung (Genome Editing / Genomchirurgie) · Gentechnisch veränderter Organismus (GVO / GMO) · Gerste (*Hordeum vulgare*) · Getreide (Korn / Getreidebau) · Getreideernte · Getreideschwarzrost (Schwarzrost / Getreiderost / *Puccinia graminis* / Ug99) · Gewächshaus (Treibhaus) · Gewächshauscomputer · Gewinn (Gewanneflur) · Glyphosat · Goldgelbe Vergilbung (*flavescence dorée*) · Gras · Grauschimmelfäule (Graufäule / Grauschimmel) · Gründüngung · Grüne Biotechnologie (Pflanzenbiotechnologie) · Grüne Gentechnik (Agrogentechnik / Transgene Pflanzen / Gentechnisch veränderte Pflanzen) · Grüne Revolution (Hochleistungssorten / Hohertragsorten) · Grünroggen (Grünschnittroggen) · Grünschnitt · Gurke (Gartengurke / *Cucumis sativus*) · Hackflora · Hackfrucht · Häckselmaschine (Häcksler) · Haplotypen · Hartweizen (*Triticum durum*) · Hauptnährelement · Hektaraufwand · Herbizid · Hülsenfrüchte · Hülsenfrüchtler (Leguminosen) · Hülsengemüse · Hybride (Hybridkultur / Hybridzucht) · Hydrokultur (Hydroponik) · Hydrokulturdünger · Hybridrebe · Inkarnat-Klee (Blutklee / Rosenklee / Italienischer Klee / *Trifolium incarnatum*) · Insektizid · Integrierter Pflanzenschutz · Internationaler Standard für Pflanzenschutzmaßnahmen (ISPM) · Italienisches Raygras (Weidelgras / Vielblütiger Lolch / *Lolium multiflorum*) · Kältestress bei Pflanzen · Kartoffel · Kartoffelvollernter · Kohlenstoffdioxid-Assimilation (Kohlenstofffixierung) · Kohlenstoffdioxid-Düngung · Kreuzung · Kultivierung · Kulturpflanzen · Kuppelproduktion (Kuppelprodukt / Koppelproduktion / Koppelprodukt) · Landsberger Gemenge · Landsorte · Linse (*Lens culinaris*) · Lockstofffalle (Pheromonfalle / Monitoring im Pflanzenschutz) · Lupine (*Lupinus*) · Luzerne (*Medicago sativa*) · Mähdrescher · Mähen · Mais (*Zea mays*) · Maisbeulenbrand (Maisbrand / *Ustilago maydis*) · Marktfrüchte (Marktfruchtbau) · Maschinenring · Mehrnährstoffdünger (Blaukorn) · Meteorologische Ertragsanalyse · Mineraldünger · Mischkultur (Mischanbau / Mischfruchtanbau) · Monokultur · Mulchen (Schlegeln) · Mulchfolie (Gartenbaufolie) · Mulchsaat · Mutterkorn (*Secale cornutum*) · Mutterkornpilze (*Claviceps*) · Mykose (Pilzkrankheit / Pilzerkrankung) · Nachhaltige Pflanzungen und Ansaaten · Nährstoffe für Pflanzen · Neonicotinoide (Neonikotinoide) · Nützlinge · Nutzpflanze · Obstbau · Obstbaum · Obstvollernter (Traubenvollernter) · Ökologischer Weinbau · Ölpalme (*Elaeis guineensis*) · Ölpflanze · Örettich (*Raphanus sativus*) · Palmöl (Palmkernöl / Palmfett / Palmkernfett) · Pestizid · Pflanzenbau (Pflanzenproduktion) · Pflanzenbauwissenschaft · Pflanzenernährung (Phytotrophologie / Pflanzenwachstum) · Pflanzenformation (Vegetationsformation / Vegetationsform / Vegetationslandschaft / Vegetationstyp) · Pflanzengesellschaft (Phytozönon) · Pflanzenökologie · Pflanzenölkraftstoff · Pflanzenphysiologie · Pflanzenschutz · Pflanzenschutzgerät (Spritze) ·

Pflanzenbau (Pflanzenernährung, Phytopathologie (Pflanzenkrankheiten / Pflanzenpathogene), Pflanzenschutz, Pflanzenzüchtung)

Pflanzenschutzmittel (PSM) · Pflanzensorten · Pflanzensoziologie · Pflanzenstärkungsmittel · Pflanzenveredelung · Pflanzenvermehrung · Pflanzenzüchtung · Pflanzgut · Pflanzliche Abwehr von Herbivoren · Pflanzmaschine · Pflanzung (Anpflanzung) · Pheromone · Phosphatdünger · Phytohormon (Pflanzenhormon) · Phytomasse · Phytomedizin · Phytopathologie (Pflanzenkrankheiten / Pflanzenpathogene) · *Phytophthora infestans* (Kraut- und Knollenfäule / Kartoffelmehltau) · Phytotron · Phytocoenose (Pflanzengemeinschaft) · PIWI INTERNATIONAL · Plansichter · Plantage · Präzisionszucht (Genomische Selektion / Markergestützte Selektion / MAS) · *Precision Farming* (Präzisionslandwirtschaft) · Primärproduktion · Pseudogetreide · *Puccinia* · Purpurbrauner Mutterkornpilz (*Claviceps purpurea*) · Pyrethroide · Quinoa (Reismelde / *Chenopodium quinoa*) · Raps (Winterraps / *Brassica napus*) · Rapsöl · Reberziehung · Rebsorten · Reihenkultur · Reihenschluss · Reis · Repellentien · Resistenzzüchtung · Roggen (*Secale cereale*) · Rostpilze (Pucciniales) · Rübe (*Beta vulgaris*) · Rübenroder · Rückkreuzung · Saat (Aussaart) · Saatgut · Saat-Hafer (Echter Hafer / *Avena sativa*) · Sämling · Schädlinge (Schadinsekten) · Schädlingsbekämpfung · Schadschwelle (Schadensschwelle) · Schlagflur · Schmierläuse (Wollläuse / *Pseudococcidae*) · Schössling · Schrot (Getreideschrot) · Sekundäre Pflanzenstoffe · Semiochemikalien · Setzling · Sichter · Silomais · Sojabohne (*Glycine max*) · Sommerfrucht · Sommerung · Sonderkultur · Spargelerntemaschine (Spargelvollernter) · Spinosad · Spritzfenster (Düngefenster) · Staude · Stickstoffdünger · Stickstoffkreislauf · Stoppelweizen · Stressoren · Stresstoleranz (Stressstabilität) · Streuobstwiese (Obstwiese / Obstgarten) · Stroh · Süßgräser (Kulturgrasland / Poaceae) · Tabak · Tannine · Tomate (*Solanum lycopersicum*) · Torfmoose (Bleichmoose / *Sphagnum*) · Triticale · Trockenstress · Trophie · Unkraut · Unterlage (Veredelungsunterlage) · Untersaat · Ustilaginomycotina (Brandpilze) · Vegetation (Pflanzendecke) · Vegetative Vermehrung · Vernalisation (Jarowisation) · Verrieselung · Verwirrmethode · Vorfrucht · Vorratsschädling · Wachstumsregulatoren · Wassernutzungseffizienz · Weichweizen (*Triticum aestivum*) · Weinbau · Weinbauwürdigkeit · Weinreben (*Vitis*) · Weintrauben · Weißer Senf (Gelbsenf / *Sinapis alba*) · Weizen (Weizenarten / *Triticum*) · Welke · Wildheuen · Winterhärte · Winterkultur · Winterung · Wirtschaftsdünger (Hofdünger) · Wurzel · Wurzelökologie · Zierpflanze · Zierpflanzenbau · Zottige Wicke (Zottelwicke / *Vicia villosa*) · Zuckermais (Süßmais) · Zuckerrübe (*Beta vulgaris vulgaris*) · Zwischenfrucht · Zwischenfruchtbau (Zwischenfruchtanbau) ·

Tierhaltung

(Tierernährung, Tiergerechtigkeit (Tierwohl), Tierseuchen (Tierkrankheiten), Tierzucht)

Abkalben · Abruffütterung · Absetzen · Aubrac-Rind · Ackergras (Ackergräser) · Akabane-Virus (AKAV) · Aktivstall · Anbindestall (Anbindehaltung) · Antibiotikaresistenz · Antibiotikum · Aquakultur (Aquafarming / Fischzucht) · Arbeitspferd (Zugpferd) · Arbeitstier · Arboviren (Arbovirosen) · Artgerechte Haltung · Aufstallung · Automatisches Melksystem (Melkroboter) · Bakteriämie · Bienenstock (Bienenvolk) · Binnenfischerei · Bioschweinehaltung · Blauzungenkrankheit · Bolus · Borg · Braunvieh · Broiler (Masthuhn) · Chemotherapeutika (Antiinfektiva) · Corn-Cob-Mix (CCM) · Deckseuche · Deutsches Schwarzbuntes Niederungsgrind (DSN) · *Dichelobacter nodosus* · Ebergeruch · Ebermast · Eier · Elektrozaun · Enthornung · Entmistung (Ausmisten) · Entomophagie beim Menschen · Exkrement · Extensive Tierhaltung · Extraktionschrot · Fell · Fistulierung (Pansenfistel) · Fohlenfell (Rosshaut) · Fodrage · Freilandhaltung · Fünf Freiheiten · *Fusobacterium necrophorum* · Futterinsekten · Futtermischwagen · Futtermittel (Futterpflanzen / Grünfutter / Kraftfutter / Mischfutter / Tierernährung / Tiernahrung / Viehfutter) · Futtermittelanalytik · Futterrübe · Futtermittelverwertung · Geflügel (Hühnerfleisch) · Geflügelpest · Geflügelproduktion (Geflügelmast / Bodenhaltung / Käfighaltung / Legebatterie) · Generative Vermehrung · Gerben · Glanrind · Grassilage (Energiegras) · Grundfutter · Gülle (Flüssigmist) · Gülleanalyse · Güllegrube (Güllesilo / Güllekeller) · Gülletourismus · Hausente · Hausgans · Haushuhn · Hauspferd · Hausrind · Hausschaf · Hausschwein · Hausziege · Herdbuch (Zuchtbuch / Zuchtstammbuch) · Heu · Hochseefischerei · Holstein-Rind · Honig · Hornträger (Bovidae) · Hühnereier · Hundefutter · Hybridhuhn · Insektenzucht · Intensive Tierhaltung · Jauche · Kastenstand · Kastration · Katzenfutter · Klaue · Kleinvieh (Mittelvieh) · Kolostrum (Erstmilch / Vormilch / Kolostralmilch) · Kot · Kreatinin · Kuhdung · Kuhkomfort · Kuhmatratze · Kuhtrainer · Künstliche Besamung · Kupieren · Lahmheit (Lahmen) · Laktationskurve · Laktationsperiode (Laktationsdauer) · Lammfell (Schaffell) · Landwirtschaftliche Wildhaltung · Laufente · Laufstall (Liegeboxenlaufstall) · Leder · Legehennen (Legehuhn) · Leptospirose · Liegebox · Maissilage · Massentierhaltung (Intensivtierhaltung) · Mastitis (Euterentzündung) · Meerestiere · Melken · Melkmaschine · Melkstand · Metabolische Energie (ME) · Methyl-Coenzym-M-Reduktase · Milchaustauscher (MAT) · Milchfett · Milchwahnhormon · Milchleistung · Milchleistungsprüfung (MLP) · Milchproduktion (Milchwirtschaft / Milchviehhaltung) · Mist (Stallmist) · Mobiles Haltungssystem (Mobilstallsystem) · Mobile Tierhaltung (Mobile Weidewirtschaft) · Modellorganismus (Labortier) · Moderhinke (Schafpanaritium, Klauenfäule) · Mutterkuh · Natursprung · Netto-Energie-Laktation (NEL) · 3-Nitrooxypropanol (3NOP / 3-Hydroxypropylnitrat (C₃H₇NO₄)) · Nutzbares Rohprotein (nXP) · Nutztier · Ohrmarke · Original Braunvieh (OBV) · Pansen (Rumen) · Parasitämie · Pelz · Pelzarten · Pferdeapfel · Pferdehaltung · Präzisionszucht (genomische Selektion) · *Precision Livestock Farming* (Präzisionsviehwirtschaft) · Presskuchen (Ölkuchen) · Pute (Haustruthuhn) · Rapsextraktionschrot (RES) · Rasse (Haustierrasse) · Rassen der Westlichen Honigbiene · Rasseschlüssel · Rassestandard (Zuchtstandard / Zuchtziel) · Rattenbekämpfung (Rattenfalle) · Rauhfutterfresser · Regulation der Futteraufnahme · *Residual feed intake (RFI)* · Rindergeburtshilfe · Rinderoffenstall · Rinderproduktion (Rinderhaltung / Rindermast) · Rindshaut · Roggen in der Nutztierfütterung · Ruktus · Ruminale Stickstoffbilanz (RNB) · Salmonellose · Schäferei · Schafmilch · Schafproduktion (Schafhaltung / Schafmast) · Schafwolle · Schalmtest (*California Mastitis Test / CMT*) · Schlachttier (Schlachtvieh) · Schlachtung · Schlag (in der Tierzucht) · Schmallenberg-Virus (SBV) · Schnabelkürzen · Schweineinfluenza · Schweineproduktion (Schweinehaltung / Schweinemast) · Silage (Silofutter / Gärfutter) · Sojaschrot (Sojaextraktionschrot) · Sömmerung · Spaltenboden · Sportpferd · Stall (Stallung / Stallhaltung) · Strippung · Teichwirtschaft (Fischteich) · Texturiertes Soja (Sojafleisch) · Tierarzneimittel · Tiereinstreu (Einstreu / Streue) · Tierethik · Tiergerechtigkeit (Tierwohl) · Tierhaltung (Nutztierhaltung) · Tierische Produkte (Tierprodukte) · Tiermast · Tierproduktion (Viehhaltung / Viehwirtschaft) · Tierseuchen (Tierkrankheiten) · Tiertransport · Tierversuch (Versuchstier) · Tierwissenschaften · Trächtigkeit · Tragtier · Tränke · Trockenmasse (TM / Trockensubstanz / TS) · Trockensteher · Upstall (Nachtweide) · Ureaseinhibitoren · Urin (Harn) · Veredelung · Veredelungs-zucht (Veredelungskreuzung) · Vieh (Großvieh / Nutztvieh) · Viehbesatz (Bestoßung) · Virämie · Viruslast ·

Tierhaltung

(Tierernährung, Tiergerechtigkeit (Tierwohl), Tierseuchen (Tierkrankheiten), Tierzucht)

Weide (Grünland / Weideland) · Weidewirtschaft (Weidehaltung) · Weidezaun · Wiederkäuer (Ruminantia) · Wirtschaftsgeflügel · Wolle · Ziegenfell (Zickelfell) · Ziegenmilch · Zoonose · Zucht (Tierzucht / Viehzucht) · Zuchtfortschritt · Zuchtwertschätzung · Zugtier · Zweinutzungsrasse (Einnutzungsrasse) ·

Lebensmittel (Lebensmittelwirtschaft, Lebensmittelchemie, Lebensmittelsicherheit)

Bio-Lebensmittel · Butter · *Convenience Food* (*Convenience*-Lebensmittel) · Endverbraucher · Entomophagie · Ernährung des Menschen · Ernährungswissenschaft · Fertiggericht (Fertignahrung) · Fette · Fett in der Trockenmasse (Fett i. Tr. / Fettstufe) · Fertigpackung · Fischerei (Fischfang / Fischereigewerbe / Fischwirtschaft / Fischindustrie) · Fischerzeugnis · Fischverarbeitung · Fleisch · Fleischersatz · Fleischerzeugnis (Fleischprodukt) · Fleischwirtschaft (Fleischproduktion / Fleischindustrie) · Gastronomie · Geflügelfleisch · Gemüse · Genussmittel · Gentechnisch verändertes Lebensmittel · Getreidemühle · Grundnahrungsmittel · Kalbfleisch · Käse · Käsegruppe · Käseherstellung · Kohlenhydrate · Konservierung · Lab · Lammfleisch (Hammelfleisch / Schafffleisch) · Lebensmittel; *siehe auch: Kategorie Lebensmittel* · Lebensmittelchemie (Lebensmittelanalytik) · Lebensmitteleinzelhandel (LEH) · Lebensmittelherstellendes Gewerbe (Lebensmittelhandwerk) · Lebensmittelindustrie (Lebensmittelverarbeitung / Ernährungsindustrie) · Lebensmittelsicherheit (Lebensmittelhygiene) · Lebensmittelvergeudung (Lebensmittelverschwendung) · Lebensmittelverpackung · Lebensmittelwirtschaft (Ernährungswirtschaft / Lebensmittelherstellung / Nahrungsmittelproduktion) · Lebensmittelzusatzstoff · *Low-Carb* (Kohlenhydratminimierung) · *Low-Fat* · Lupineneiweiß · Lupinenreis · Mahlverfahren (Müllerei) · Mehl · Milch (Kuhmilch) · Milcherzeugnis (Milchprodukt) · Milchhof · Mindesthaltbarkeitsdatum (MHD) · Molkerei · Nahrung · Nahrungsmittel · Nährwert · Naturprodukt · Obst · Ökotrophologie · Pferdefleisch · Protein (Eiweiß) · Regionale Lebensmittel · Rindfleisch · Rückverfolgbarkeit · Schafskäse · Schweinefleisch · Speiseinsekten (Insekten als Nahrungsmittel) · Stärke · Tabak (Tabakwaren) · Trendlebensmittel · Trinkwasser · Verarbeitungshilfsstoff · Verbrauchsdatum · Verpackung · Wein · Ziegenfleisch · Ziegenkäse · Zucker · Zuckerart ·

Technologie

Abfackelung · Automatisierung · Autonome mobile Roboter · Autonomes System · Bildgebendes Verfahren · Breitbandkommunikation · Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung (BECCS) · Chemischer Reaktor · *Cloud Computing* · CO₂-Abscheidung und -Speicherung (CO₂-Sequestrierung / CCS) · CO₂-Abscheidung und -Verwendung (*Carbon Capture and Utilization* / CCU / CO₂-Nutzung / *Carbon Dioxide Utilization* / CDU / *Carbon Capture and Recycling* / CCR) · Dezentrales Netzwerk · Digital Fabricator (Fabber) · Digitale Infrastruktur · *Direct Air Capture* (DAC) · Echtzeitsystem · *Edge Computing* · Energieeffizienz · Erntefaktor · Filehosting · Gasfackel · *Hydraulic Fracturing* (*Fracking*) · Hydrothermale Karbonisierung (HTC) · Internet der Dinge · IoT-Plattform · ISOBUS · IT-Infrastruktur · Künstliche Intelligenz (KI) · *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) · *Low Range Wide Area Network* (LoRaWAN) · Manipulator · Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (*Machine-to-machine* / M2M) · Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik · Messtechnik · Mobiler Manipulator · Negative Emissionen (Negativemissionstechnologie / NET / NETS / Kohlendioxidentnahme / CDR) · Prozessoptimierung (Prozesskette) · Pyrogene CO₂-Abscheidung und -Speicherung (PyCCS) · Regelungstechnik · Robotik · Selbstfahrende Arbeitsmaschine · Sensorik (Sensortechnik) · Sensornetz (Smart Dust) · Smart Data · Smart-Sensor · Steuerungstechnik · The Things Network (TTN) · Unbemanntes Landfahrzeug · Unbemanntes Luftfahrzeug (Flugdrohne) · Verteilte Anwendung · Verteiltes System · 3D-Druck ·

Sozialwissenschaften, Öffentliche Verwaltung, Politik, Wirtschaft

Abfallwirtschaft · Agglomeration (Ballungsgebiet / Ballungsraum / Stadtregion / Verdichtungsraum) · Agrarbehörde (in Österreich) · AgrarBündnis e.V. · Agrargesellschaft · Agrarhandel · Agrarmarketing · Agrarpolitik · Agrarpolitik in Deutschland · Agrarproduktion · Agrarreform · Agrarsoziologie · Agrarstaat (Agrarland) · Agrarstruktur · Agrarstrukturelle Entwicklungsplanung (AEP) · Agrarsubvention · Agrarumweltmaßnahmen (Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen / AUKM) · Aichi-Ziele · Aktionsplan · Allmende (Gemeindeflur) · Arbeitsbedingungen · Arbeitsgemeinschaft bäuerliche Landwirtschaft e.V. · Arbeitsgruppe Kritische Infrastrukturen (AG KRITIS) · Außenhandel der deutschen Ernährungswirtschaft (Deutscher Agrarexport) · Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) · Bäuerliche Handelsgenossenschaft (BHG) · Bauernbefreiung · Bauernlegen · Bauernstand (Bauernschaft / Bauerntum) · Bauholz · Bedarfsverschiebung · Beschäftigungssicherung · Bestockte Fläche · Betriebsdatenerfassung (BDE) · Betriebsmittel · Bevölkerungsentwicklung (Bevölkerungswachstum) · Biologisierung · Bioökonomie · Biotoptyp · Bodenordnung · Bodenreform in Deutschland · Bodenreform in Österreich · Bodenschutzrecht · Brundtland-Bericht · Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) · Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) · Butterberg · Cartagena-Protokoll (Internationales Protokoll über die biologische Sicherheit) · CO₂-Budget (Kohlenstoffbudget / Emissionsbudget) · CO₂-Preis · CO₂-Steuer (CO₂-Abgabe) · *Cross Compliance* (Erfüllung von Umweltschutzauflagen) · Dauerwald · Demographischer Wandel · Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE) · Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie · Deutscher Bauernbund e.V. (DBB) · Deutscher Bauernverband (DBV) · Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) · Dienstleistungsgesellschaft · Digitale Flurkarte (DFK) · Digitale Revolution · Digitaler Lebensstil (Digital Lifestyle) · Digitale Transformation · Digitale Wissensgesellschaft · Direktzahlungen · Divestment · Dorf · Drei-Sektoren-Hypothese · *Eco-economic Decoupling* · Eine Welt · 1,5-Grad-Ziel · *Emerging Market* (Aufstrebender Markt / Schwellenmarkt) · Emissionsrechtehandel (Emissionshandel / CO₂-Zertifikat / EHS) · Endverbraucher · Energieversorgung · Entwicklungsland · Entwicklungspolitik · Entwicklungszusammenarbeit (Entwicklungshilfe) · Equity-Theorie (Theorie zum Gleichheitsprinzip der Gerechtigkeit) · Ernährungssicherung · Ernährungssouveränität · Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) · EU-Emissionshandel (EU-EHS / EU ETS) · Europäischer Grüner Deal (*European Green Deal*) · Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) · Europäisches Programm für den Klimaschutz (ECCP) · Europa 2020 · Exportsubvention · Familienunternehmen (Familienbetrieb) · Feldblock (FLIK / FLEK) · Fertigpackungsverordnung (FpackV) · Finanzielle Fördermittel · Flächenstilllegung · Fleischkonsum · Fleischkonsum in Deutschland · Flurbereinigung · Flurbereinigung (Deutschland) · Flurbereinigungsverfahren · Flurkarte (Liegenschaftskarte / Katasterkarte) · Flurstück · Flurtypen (Flurform) · Förderprogramm · Fortschritt · Fortschrittsfalle · Fossile Energie · Freibauer · Gehöft · Gemeinsame Agrarpolitik (GAP / Agrarpolitik der Europäischen Union) · Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) · Gemeinschaftsreduktion (GR) · Geobasisdaten · Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (*Infrastructure for Spatial Information in the European Community* / INSPIRE) · Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz (GDI-RP) · Geodatenmanagement · Geschichte der Landwirtschaft · Gesetz der Massenproduktion · Gesunde Ernährung und Bewegung · Globaler Süden (Globaler Norden) · Globaler Wandel · Globale Umweltpolitik · Globalisierung · *Global Open Data for Agriculture and Nutrition* (GODAN) · Grasland-Feuerindex (GLFI) · Grundherrschaft · Grundnahrungsmittel · Grundpreisverordnung · Grundversorgung · Grünes Wachstum · Güllebank · Güllebonus · Gute fachliche Praxis · Gutsherrschaft · Handel · Herkunftsbezeichnung (Herkunftsangabe / Ursprungsbezeichnung) · Hightech-Strategie · Höfesterben · Hofstelle · Holzbau · Holztechnik · Holzwerkstoff · Holzwirtschaft · Hörigkeit (Höriger) · Humanökologie · Industrialisierung · Industriegebiet (Industriezone / Industriezentrum / Industriestandort) · Industriegesellschaft · Industrieproduktion · Industrielle Revolution · Industrielle Revolution in Deutschland · Industrie 4.0 · Industriestaat (Industriation / Industrieland) · Industriezeitalter · IN FORM – Deutschlands Initiative für gesunde Ernährung und mehr Bewegung · Infrastruktur ·

Sozialwissenschaften, Öffentliche Verwaltung, Politik, Wirtschaft

Intended Nationally Determined Contributions (INDC) · *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (Weltklimarat) · Internationales Umweltabkommen · *International Union for Conservation of Nature (IUCN)* · *Integrated Assessment (Integrated assessment modelling / IAM)* · Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS) · Internationale Energieagentur (IEA) · IUCN-Kategorie · Just-in-Time-Produktion · Katastrophe · Kaufverhalten (Konsumverhalten / Konsumentenverhalten) · Klimagerechtigkeit · Klimakrise · Klimanotstand · Klimapolitik (Klimaschutzpolitik) · Klimapolitik der Europäischen Union · Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) · Klimaschutzmaßnahmen in Entwicklungsländern (*Nationally Appropriate Mitigation Action / NAMA*) · Klimaschutzplan 2050 · Klimaziele (Klimaschutzziele) · Kohleausstieg · Kohlenstoffblase · Kolonisation (Kolonisierung) · Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung (UNCED / Rio-Konferenz) · Konsum · Konsumismus · Kontroverse um die globale Erwärmung · Kraftstoff (Treibstoff) · Kritische Infrastrukturen · Küstenschutz · Kyoto-Protokoll · *Land allocation decision support system (LADSS)* · Landesentwicklungsprogramm · Landesplanung in Deutschland · Landraub (*Land Grabbing*) · Landreform (Bodenreform) · Landpacht · Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft (LPG) · Landwirtschaftsamt · Lebensmittel-Informationsverordnung (LMIV / Verordnung (EU) Nr. 1169/2011) · Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung (LMKV) · Lebensmittelwirtschaft (Ernährungswirtschaft / Lebensmittelherstellung) · Lebensqualität · Lebensstandard · Lebensstil (Lebensart / Lebensweise) · Leibeigenschaft (Eigenbehörigkeit / Leibeigener / Eigenleute) · Leitlinien zur Beurteilung von Pferdehaltungen unter Tierschutzgesichtspunkten · Leugnung der menschengemachten globalen Erwärmung (Klimaskeptiker) · Lieferkette · Lieferkettengesetz · Lieferkettenmanagement (Supply-Chain-Management / SCM) · Lissabon-Strategie · Lobbyismus · Logistik · Lokale Agenda 21 (lokales Handeln) · Lokale Gemeinschaften · Massengut · Massenproduktion · Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung (CDM / *Certified Emission Reduction / CDR*) · Metropolregion · Milchquote · *Millennium Ecosystem Assessment (MA)* · Mindestpreise · Montreal-Protokoll · Mutter Erde · Mutter Natur · Nachhaltige Entwicklung (Zukunftsfähigkeit) · Nachhaltige Entwicklung in Deutschland · Nachhaltiger Konsum · Nachhaltigkeitsstandard · Nachhaltigkeitsstrategie · Nagoya-Protokoll (über den Zugang zu genetischen Ressourcen und gerechten Vorteilsausgleich) · Nahrungstabus · Nationaler Inventarbericht (NIR) · Nationales Klimaschutzprogramm · Nationales Programm für nachhaltigen Konsum · *Nationally Determined Contributions (NDC)* · Natura 2000 · Negative Emissionen (Negativemissionstechnologien / NET / *Carbon dioxide removal / CDR*) · Neolithische Revolution · Netzwerkgesellschaft · Nord-Süd-Bericht (Brandt-Report) · Nord-Süd-Kommission (Brandt-Kommission) · Nord-Süd-Konflikt · Nutzungsarten des Bodens · Ökosteuer (in Deutschland) · Ökotourismus (Naturnaher Tourismus) · Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) · Pachtvertrag · Pflanzengesundheitskontrolle (PGK) · Pflanzengesundheitszeugnis (PGZ) · Politische Ökologie · Postindustrielle Gesellschaft · Post-Kyoto-Prozess · Primärenergie · Primärer Sektor · Produkt · Produktionsfaktor Boden · Produktinformationsmanagement (PIM) · Produktionsprozess · Produktionssubvention · Produktionssystem · Produktionswirtschaft (PW) · Produktivitätszuwachs · Produktkennzeichnung · Projektträger · Prozessschutz · Rauhfutter verzehrende Großvieheinheit (RGV / RGVE) · Raumordnung · Raumplanung · Reallabor (*Living Lab*) · Rebound-Effekt · Regimetheorie (Internationales Regime) · Region · Regionaler Strukturwandel · Regionalökonomie (Regionalwirtschaft / Raumwirtschaft) · Regionalplanung (Regionale Entwicklung) · Regionen Aktiv – Land gestaltet Zukunft · Regiopole · Regiopolregion · *Renewable Energy Certificate System (RECS)* · Repräsentativer Konzentrationspfad (*Representative Concentration Pathway / RCP*) · Resilienz-Management · Ressourcenallokation (Faktorallokation) · Rio-Erklärung über Umwelt und Entwicklung (Rio-Deklaration) · Risikodiversifizierung · Rückkopplung (Selbstverstärkender Prozess) · Sachleistungsunternehmen · Schwellenland · Selbstbindung · Selbstverpflichtung · Selbstversorgung (Eigenversorgung) · Selbstversorgungsgrad · *Shared Socioeconomic Pathways (SSP)* · Skaleneffekt · *Social Media* · Sonderbericht 1,5 °C globale Erwärmung (SR1.5) · Soziale Ökologie · Sozialer Wandel (Umbruch) · Soziale Ungleichheit · Sozialökologie (Sozialforschung) · Sozialökonomie ·

Sozialwissenschaften, Öffentliche Verwaltung, Politik, Wirtschaft

Sozialökonomik · Sozialwissenschaftliche Aspekte des Klimawandels · Sozioökologisches System · Sozioökonomie · Stadtplanung · Statistisches Amt der Europäischen Union (Eurostat) · Suburbanisierung (Stadtflucht) · Suffizienz · Systemrelevanz · Technischer Fortschritt · Tierwohl-Label (Tierwohllabel) · Transformationsökonomie · Transport · Überbevölkerung · Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD / Biodiversitätskonvention) · Übereinkommen von Paris · Überproduktion · Umland (Vorortgürtel / Agglomerationsgürtel / Speckgürtel) · Umweltflüchtlinge (Klimaflüchtlinge) · Umweltmigration · Umweltgerechtigkeit · Umweltpolitik · Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) · Umweltsteuer · UN-Dekade Biologische Vielfalt · Ungleichverteilungsmaß (Ungleichheitsmaß) · UN-Klimakonferenz (COP) · Unproduktive Fläche · Unternehmerische Klimarisiken · Urproduktion · Vegetarismus · Verarbeitungsstufe · Verbraucher (Konsument) · Verbraucherinformation · Verbraucherschutz · Verdichtungsgebiet · Verkehrsbezeichnung · Verkehrsökologie · Wachstumskritik · Wasserverfügbarkeit (Wassermanagement) · Wasserversorgung · Wegwerfgesellschaft · Weißes Zertifikat · Weiterverarbeitung · Weltbevölkerung · Weltenergiebedarf · Welthunger · Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation · Weltorganisation für Meteorologie (WMO) · Weltwirtschaft (Welthandel) · Wertewandel · Wertkette (Wertschöpfungskette) · Wertschätzungskette · Wertschöpfung · Wertschöpfungsarchitektur · Wertschöpfungsprozess · Wertschöpfungsstruktur · Wettbewerb · Wettbewerbsfähigkeit · Wirtschaftlicher Verwundbarkeitsindex (EVI) · Wirtschaftskreislauf (Warenstrom) · Wirtschaftsprozess · Wirtschaftssektor · Wirtschaftsstrategischer Rohstoff · Wirtschaftsstruktur · Wirtschaftssystem · Wirtschaftswachstum · Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) · Wohlstand · Wohlstand ohne Wachstum · Wohnstallhaus · *World Energy Outlook* · Ziele für nachhaltige Entwicklung (Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung / SDG) · Zinsbauer · Zivilgesellschaft · Zugang zu genetischen Ressourcen und gerechter Vorteilsausgleich (*Access and Benefit-Sharing / ABS*) · Zukunftsfähiges Deutschland · Zusammenlegung (Kommissierung) (in Österreich) · Zwei-Grad-Ziel ·

Informationswissenschaft, Kommunikationswissenschaft, Medienwissenschaft

Algorithmus · Assoziogramm · Baumdiagramm · Baumstruktur · Betriebliches Informationssystem (EIS) · BigBlueButton · Big Data · Blockmodellanalyse · Cluster · Clusteranalyse (Clustering- Algorithmen) · Concept-Map · Data-Mining · Dataspace (Datenraum) · Datenerfassung · Datenfusion · Datenmanagement · Datenmanagementsystem · Datenstruktur · Datenverarbeitung · Deskriptoren · Dewey-Dezimalklassifikation (DDC) · Digitale Daten · Digitaler Zwilling · Digitalisierung · Echtzeit · Elektronische Datenverarbeitung (EDV) · Entscheidungsunterstützungssystem · Forest-Plot (Wald-Diagramm / Blobbogramm) · Gemeinsame Normdatei (GND) · Graph · Indexierung (Verschlagwortung / Tagging) · International Data Spaces (Industrial Data Space) · Informationsintegration · Informationsmanagement · Informationssicherheit · Informationsvisualisierung · Informationszeitalter · Jahressgang · *Knowledge Discovery in Databases (KDD)* · Kontrolliertes Vokabular · *Linked Open Data (LOD)* · Literaturdatenbank · Literaturverwaltung · Maschinelles Lernen · Maschinendatenerfassung (MDE) · Metaanalyse · Metadaten · Meta-Forschung · Mind-Map · netCDF (*Network Common Data Format*) · Netzwerktransparenz (siehe auch Transparenz) · Normdatei · Offenes Format · Okkurrenz · Ontologie · *Open Data* · *Open Source* · Parametrisierter Algorithmus · Prägnanz · Reduktion einer Messung · Rekurrenz · Relation · *Resource Description Framework (RDF)* · Sacherschließung · Schema · Schlagwort · Schlagwortkatalog · Schlagwortnormdatei (SWD) · Schlagwortwolke · Semantik · Semantisches Netz · Semantisches Web (*Semantic Web*) · *Simple Knowledge Organisation System (SKOS)* · Softwaretechnik (Softwareentwicklung) · Soziale Netzwerkanalyse · Standardisierung · Systematische Übersichtsarbeit (Review) · Text-Mining · Thesaurus · Topic Maps · Transparenz (eines Computersystems) · Web 2.0 · *Web Service* · Wissensbasiertes System (WBS) · Wissensdatenbank (*Wissensbasis / Knowledge Base*) · Wissensentdeckung in Datenbanken · Wissensmanagement

Informationswissenschaft, Kommunikationswissenschaft, Medienwissenschaft

(*Knowledge Management*) · Wissensmodellierung (*Knowledge Engineering*) · Wissensorganisation · Wissensrepräsentation (*Knowledge Representation*) · Wortnetz · Wortschatz (Vokabular / Lexik) · Zeitreihenanalyse ·

Nicht qualifizierte oder noch nicht etablierte Stichworte und Ideensammlung

Abblasen; siehe: *Gas venting (Natural-gas venting / Methane venting)* · Agrarimport; siehe: Agrarhandel · Agrarklimatologie; siehe: Agrarmeteorologie · Agrarüberschuss; siehe: Überproduktion · Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) · *Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)* · Ährenfusariose (siehe: Fusariose) · Annex-I-Länder im Kyoto-Protokoll · Anpassungsstrategie · Ansäuerung (*acidification*) · Antibiotikaeinsatz · Arealverschiebung · Arbeitstagung; siehe: Workshop · *Attribution of recent climate change* · Aufbereitungsunternehmen; siehe: Sachleistungsunternehmen · Autökologie; siehe: Ökologie · Autonome Feldroboter; siehe: Feldroboter · Backqualität · Befahrbarkeit von Ackerböden / landwirtschaftlich genutzter Böden · Bestandesklima · Biomassehaltiger Reststoff (Biomasseabfall / Bestandsabfall / Abfallbiomasse) · Biomassekarte · *Black carbon*; siehe: Pyrogener Kohlenstoff in Schwarzerde · Blauer Planet · Bodenbewirtschaftung; siehe: Melioration · Bodeneigenschaften; siehe: Boden · Bodeneigentum · Bodenfunktionen; siehe: Boden · Bodenhumus · Bodenkohlenstoff · Bodenmanagement · Bodenmarkt · Bodenmarktrecht · Bodenparameter; siehe: Boden · Bodenqualität; siehe z. B. Weinbauwürdigkeit · Bodenstabilität · Bodenstickstoff; siehe: Humus (Humusgehalt) · Bodenwassergehalt · Bodenwasservorrat; siehe (nutzbare) Feldkapazität · Bodenzustand · *Cosmic-Ray Neutron Sensing (CRNS)* · Daten-Cloud; siehe: Filehosting · Datenreduktion; siehe Reduktion einer Messung · Depotdünger · *Direct Air Capture and Storage (DACCS)*; siehe: *Direct Air Capture (DAC)* · Dung; siehe: Kot · Düngemanagement · Düngereinsatz · Durchwurzelbarkeit; siehe: Boden oder Bodenart · Ensembleprognose; siehe: Numerische Wettervorhersage · Ernährungsumstellung · Erntegut · Erntereste / Ernterückstände · Ernteroboter · Ernteverlust · Ertragseinbuße · Ertragsfähigkeit · Extensive Landwirtschaft; siehe: Landwirtschaft · Extremereignis · Farmmanagement (Hofmanagement) · Farmmanagement-Informationssystem (FMIS) · Feldspektrometer · Felslandschaft · Flächenhandel; siehe: Flächenverbrauch · Flächenschwund; siehe: Flächenverbrauch · Flächenzertifikat · Flachgrubber · Fleischqualität · Flüchtige organische Verbindungen außer Methan (NMVOC); siehe: Flüchtige organische Verbindungen (VOC) · Fluorierte Treibhausgase (F-Gase) · *Fog Computing*; siehe: *Edge Computing* · Futterinhaltsstoffe · Futtermais; siehe: Maissilage · Futterration · Gelbreife · Geotopschutz; siehe: Geotop · Geschlossenes Pflanzenproduktionssystem · Gesellschaftliche Akzeptanz · Getreideanbau · Gewässerlandschaft; siehe: Gewässer · Gewässerrandstreifen; siehe: Ufer · GIS-Daten; siehe: Geodaten · Großvieheinheit (GV / GVE); siehe Viehbesatz · Gülleausbringung · Güllebehälter; siehe: Güllegrube · Gunststandort · Handlungsempfehlung · Harnstoffdünger; siehe: Stickstoffdünger · Herkunftsnachweis; siehe: Herkunftsbezeichnung (Herkunftsangabe / Ursprungsbezeichnung) · Hitzestress bei Pflanzen · Hitzetoleranz · Holzprodukte; siehe: Holzernte · Humusakkumulation · Humusanreicherung · Innovationskraft · Integrierter Naturschutz · Intensive Landwirtschaft; siehe: Landwirtschaft · Intensivnutzung · IT-Sicherheitsgesetz (ITSiG); siehe: Informationssicherheit und Linus Neumann · Kälbermast · Käserei; siehe: Molkerei · Klimagerechtes Handeln; siehe: Klimagerechtigkeit · Klimasystemforschung · Klimarelevante Gase · Klimarelevanz · Klimaresilienz · Klimatrend · Kohlendioxidentnahme (*Carbon Dioxide Removal / CDR*); siehe: Geoengineering und Negative Emissionen · Kohlenstoffmanagement; siehe: Kohlenstofffreie Wirtschaft und Dekarbonisierung · Kohlenstoffinventur; siehe: Bundeswaldinventur · Kohlenstoffspeicher; siehe: Kohlenstoffsénke · Kohlenstoffverlust · Kornfeuchte · Kornmühle; siehe: Getreidemühle · *Koronivia joint work on agriculture (KJWA)* · Kulturarten · Kulturverfahren · Künstliche Bäume (*Artificial trees*); siehe: *Direct Air Capture (DAC)* · Labortier · Laborzucht · Laktationszyklus; siehe: Milchproduktion · Landbau; siehe: Landwirtschaft (allgemein), Feldwirtschaft, Pflanzenbau, Ackerbau, Waldbau · Landdegradation · Landflucht; siehe: Urbanisierung · Ländlicher Strukturwandel; siehe

Nicht qualifizierte oder noch nicht etablierte Stichworte und Ideensammlung

Landwirtschaftliche Revolution · Landnutzungsänderung · Landschaftsanalyse · Landschaftskulisse ·
 Landschaftsmanagement · Landwirtschaftliche Nutzung · Landwirtschaftsstatistik (Agrarstatistik) ·
 Lebensmittelgroßhandel; siehe: Großhandel · Lebensmittelhandel · Lebensmittelqualität ·
 Lebensmittelversorgung · Logistikkette (vgl. Lieferkette und Logistik) · LUCAS Bodenbedeckungs-
 /Bodennutzungsstatistik (*Land Use and Coverage Area Frame Survey*) · Mahd; siehe: Mähen ·
 Marktfruchtbetrieb; siehe: Marktfrucht · Massenvermehrung (einer Tierart); siehe: Gradation ·
 Mastgeflügel; siehe Wirtschaftsgeflügel · Mehlwürmer; siehe: Mehlkäfer · Meierei; siehe: Molkerei ·
 Metasynthese · Mikroklima (Kleinklima) · Milchsäure; siehe: Milchfett · Milchgüteprüfung ·
 Milchkuh; siehe: Milchproduktion (Milchwirtschaft / Milchviehhaltung) · Modellregion · Moorbrand;
 siehe: Moor · *Multiparent advanced generation intercross (MAGIC) populations in wheat* ·
 Nachhaltige Produktion · Nährstoffaufnahme · Nährstoffdynamik · Nährstoffhaushalt · Nationale
 Selbstverpflichtungen · Netto-Nullemission; siehe Nullemission · Niedermoore; siehe: Moor ·
 Nitrat auswaschung · Nitratbelastung des Grundwassers; siehe: Dünger (Düngemittel / Düngung) · N-
 Sensor · Nutzungsintensität · Obstbaulandschaft; siehe: Obstbau · Offene Kulturlandschaft; siehe:
 Landschaftstyp · Offizialberatung · Ökologische Politik · Online-Workshop; siehe: Workshop
 (Arbeitstagung) · Organischer Kohlenstoffgehalt im Boden · Pansensimulation (*rumen simulation
 technique* (Rusitec)) · Pflanzenbehandlungsmittel · Pflanzenbestand · Pflanzengesundheit; siehe:
 Phytopathologie (Pflanzenkrankheiten / Pflanzenpathogene) · Pflanzenmykose; siehe: Mykose ·
 Pflückroboter · Phosphatbelastung der Oberflächengewässer; siehe: Dünger (Düngemittel /
 Düngung) · Phytoplasmosen; siehe: Phytoplasmen · Pilzbefall · Pilzresistenz · Pilzwiderstandsfähige
 Rebsorten (PiWi-Rebsorten) · Politikfolgenabschätzung (*Policy Impact Assessment*) · Primärsektor;
 siehe: Urproduktion · Produktinformation · Proximal-Bodenerfassung · Reale Verdunstung
 (tatsächliche Verdunstung); siehe: Verdunstung · Regionalität · Relativzuchtwert Milch (RZM) ·
 Relativzuchtwert Milchlactose (RZMHst) · Ressourcennutzung · Ressourcenschonung ·
 Ressourcenverbrauch · Reststoff · Robospinne · Rohstoffstrategie · Rote Austernschildlaus ·
 Schaderreger; siehe: Schädlinge (Schadinsekten) · Schadpotential · Schafzucht; siehe: Schäferei ·
 Scheibenegge oder Telleregge; siehe: Egge · Schlag (in der Landwirtschaft; siehe Feldblock) ·
 Schlusswaldgesellschaft; siehe: Klimaxvegetation · Schutzwürdigkeit · Schwanzbeißen · Screening ·
 Sekundärrohstoffdünger; siehe: Dünger · Selbstfahrender Traktor; siehe: Selbstfahrende
 Arbeitsmaschine · Semantische Textanalyse · Sensorische Erfassung; siehe: Sensorik ·
 Sozialverträglichkeitsprüfung (*Social Impact Assessment*) · Spargel; siehe: Gemüsespargel ·
 Spargelroboter · Spinnenroboter · Stallklima · Stammzellenzüchtung · Standortanpassung ·
 Starkregen (Starkregeneignis); siehe: Regen · Stickstoffeffizienz (Stickstoffnutzungseffizienz / NUE)
 · Stickstoffeintrag · Stickstoffemission · Stickstoffgehalt; siehe: Humus (Humusgehalt) ·
 Stickstoffnutzung · Stickstoffüberschuss · Stofffluss; siehe: Stoffkreislauf · Stoffhaushalt ·
 Stoppelsturz · Stressresistenz · Struktureiche Kulturlandschaft; siehe: Landschaftstyp · Synökologie;
 siehe: Ökologie · Syntropische Landwirtschaft · Teilflächenspezifische Bewirtschaftung; siehe:
 Präzisionslandwirtschaft · Teilschlag (Teilschläge) · Tierfütterung · Tiergesundheit; siehe: Tierseuchen
 (Tierkrankheiten) · Tierverluste · Tierwohlintikatoren · Treibhausgasemission (Treibhausgas-
 Ausstoß) · Trockentoleranz · Umweltgerechtes Handeln · Umweltmaßnahmen · Unfreies Bauerntum;
 siehe: Bauernstand (Bauernschaft / Bauerntum) · Unkrautmanagement · Urlandschaft · Varroose;
 siehe: Varroamilbe (*Varroa destructor*) · Verbraucherverhalten; siehe: Kaufverhalten
 (Konsumverhalten / Konsumentenverhalten) · Veredelungsunternehmen; siehe:
 Sachleistungsunternehmen · Verfallsdatum; siehe: Verbrauchsdatum · Verlust von Bodenfunktionen;
 siehe: Bodenschutz · Viehbestand · Vogelgrippe · Volkswirtschaft im Übergang (Economy in
 Transition / EIT) · Vollernter; siehe: Erntemaschine · Vorratsschutz; siehe: Getreide und
 Vorratsschädling · Walddegradation · Wassermangel; siehe: Wasserknappheit · Web 3.0 ·
 Weinbaulandschaft; siehe: Weinbau · Weidegras · Wettbewerbsdruck · Wettergeschehen · Wichtige
 Klimavariablen; siehe: *Essential Climate Variables* (ECV) · Wintermenggetreide; siehe: Gemengesaat ·
 Wirtspflanze · Wurzeltiefe · Zuordnungswissenschaft (*Attribution Science*) · Zwischenmoore /
 Übergangsmoore; siehe: Moor ·

Metaebene

Agenda Setting (Agendasetzung) · Algorithmen · Wissenschaftliche Begleitforschung (Wissenschaftliche Begleitung / Evaluationsforschung; siehe: Evaluation) · Begleit- und Wirkungsforschung · Die Grenzen des Wachstums (Clube of Rome, 1972) · Evaluation (Evaluierung / Bewertung) · Ex ante · Ex post · Folgenabschätzung (*Impact Assessment*) · Forschungsbegleitung · Fuzzylogik · Genomweite Assoziationsstudie (GWAS) · Gefährdungsbewertung · Impact Factor (IF) · Indikatorcharakter (Charakter als Indikator) · Infoportal · Innovation · Innovationskommunikation · Innovationsmanagement (Innovationsprozess) · Kartierung · Klausurtagung (Klausursitzung) · Kooperationsnetzwerk · Modell (Modellbildung / Modellierung) · Monitoring · Neubewertung (Revaluation) · Open Innovation (offene Innovation) · Offene gesellschaftliche Innovation (OGI) · Panarchie · Politikgestaltung · Produktinnovation · Projektmanagement · Qualitätsmanagement (QM) · Ressortforschung · Risikoanalyse · Risikoanalyse von Schadorganismen · Risikobewertung · Risikomanagement · Software · Standardverfahren · Symbolphoto (Symbolfoto) · Tagging · Tagung · Telemedien · Themencluster · Transfer · Transformation · Vernetzung · Videokonferenz · Webkonferenz · Wiki-Prinzip · Wissenschaftskommunikation · Wissenstransfer · Workshop (Arbeitstagung) · World-Café ·

1 Dissertation · Tarek Kemper

2 Annex II – R-Code zur Erstellung des Netzwerkgraphen

3 Die im Script erwähnten Dateien „Kanten.txt“ und „Hilfstabelle.txt“ sind im Abgabeordner zu finden.

4 *## Benötigte Pakete laden*

5 `Pakete <- c("xlsx", "tidyverse", "igraph", "visNetwork")`

6 `lapply(Pakete, require, character.only = TRUE)`

7

8 *## Environment leeren*

9 `rm(list=ls())`

10

11 *## Datensätze einladen*

12 `setwd("C:/Users/...")`

13

14 `df_keywords <- read.csv("Kanten.txt", sep = ";", encoding = "UTF-8", stringsAsFactors = F, header =`
15 `T)`

16

17 `df_hilfe <- read.csv("Hilfstabelle.txt", sep = ";", encoding = "UTF-8", stringsAsFactors = F, header =`
18 `T)`

19

20 *## Hilfe für später*

21 `df_projekte <- dplyr::filter(df_hilfe, type == "project")`

22

23 *##### Beginn Prozessierung #####*

24

25 `DF_network <- df_keywords`

26 `names(DF_network)[1] <- "Var1"`

27

28 *## Spalten aus der Hilfstabelle mit der Netzwerktabelle zusammenfügen (Var1 gibt es mit derselben*
29 *Information in beiden Tabellen)*

30 `DF_network <- dplyr::left_join(DF_network, df_hilfe, by="Var1")`

31

32 *## Anordnung der Spalten umsortieren*

33 `DF_network <- DF_network %>% dplyr::relocate(Schlagwort, projekt, group, url, Kategorie)`

34 `DF_network <- DF_network[,1:5]`

ANNEX II

```
35
36 ## Um die Netzberechnungen durchzuführen wird die Verbindung zwischen den zwei Spalten
37 festgelegt
38 names(DF_network)[c(2,1)] <- c("destination", "source")
39
40 ## zunächst wird festgestellt, wie viele einzelne Knoten es mit welcher Zahl ausgehenden Kanten gibt
41 und die erste Spalte umbenannt
42 count_freq <- as.data.frame(table(DF_network$source))
43 names(count_freq)[1] <- "source"
44
45 ## diese Information wird dem Hauptdatensatz hinzugefügt
46 DF_network <- dplyr::left_join(DF_network, count_freq, by="source")
47
48 ## Die Schlagwörter werden als "Ausgangsknoten" (sources) festgelegt
49 sources <- DF_network %>%
50   distinct(source, group, Freq, url, Kategorie) %>%
51   dplyr::rename(label=source)
52
53 ## Die Projekte werden als "Eingangsknoten" (destinations) festgelegt
54 destinations <- DF_network %>%
55   distinct(destination) %>%
56   dplyr::rename(label=destination)
57
58 ## nun werden die Projekte alphabetisch sortiert
59 destinations$label <- sort(destinations$label)
60
61 ## Die Bezeichnung (label) wird genutzt, um die Daten wiederum miteinander zu vereinen, um einen
62 Datensatz mit allen Knoten zu erhalten
63 nodes <- full_join(sources, destinations, by="label")
64
65 ## Jede Zeile bekommt nun eine eigene ID zugewiesen
66 nodes <- nodes %>% tibble::rowid_to_column("id")
67
68 ## Nun geht es um die Kanten:
```

ANNEX II

```
69 per_route <- DF_network %>%
70   group_by(source, destination) %>%
71   summarise(weight = n()) %>%
72   ungroup()
73
74 edges <- per_route %>%
75   left_join(nodes, by=c("source" = "label")) %>%
76   dplyr::rename(from = id)
77
78 edges <- edges %>%
79   left_join(nodes, by=c("destination" = "label")) %>%
80   dplyr::rename(to = id)
81
82 edges <- edges %>%
83   dplyr::select(from, to, weight, source, destination)
84
85 ## aus den beiden einzelnen Datensätzen zu Knoten und Kanten wird nun ein Netzwerkgraph erstellt
86 network <- igraph::graph_from_data_frame(edges, nodes, directed = F)
87
88 ## der zwischenzeitlich kreierte Datensatz „df_projekte“ wird zu Hilfe genommen, um auch diesen
89 Knoten Informationen zuzuweisen
90 names(df_projekte)[2] <- "label"
91 df_projekte <- df_projekte[,c(1,2,4,5,6)]
92 df_projekte$Freq <- 2
93
94 nodes <- nodes[1:197,]
95 df_projekte$Id <- seq(length(nodes$Id)+1, length(nodes$Id)+length(df_projekte$Id), by=1)
96
97 ## und letztlich wird alles wieder im Knoten-Datensatz zusammengeführt
98 nodes <- rbind(nodes, df_projekte)
99
100 ## Den Knoten werden nun die für ihre Kategorie charakteristischen Farben zugeordnet
101 nodes <- nodes %>% group_by(Kategorie) %>% mutate(group_id=cur_group_id())
```

ANNEX II

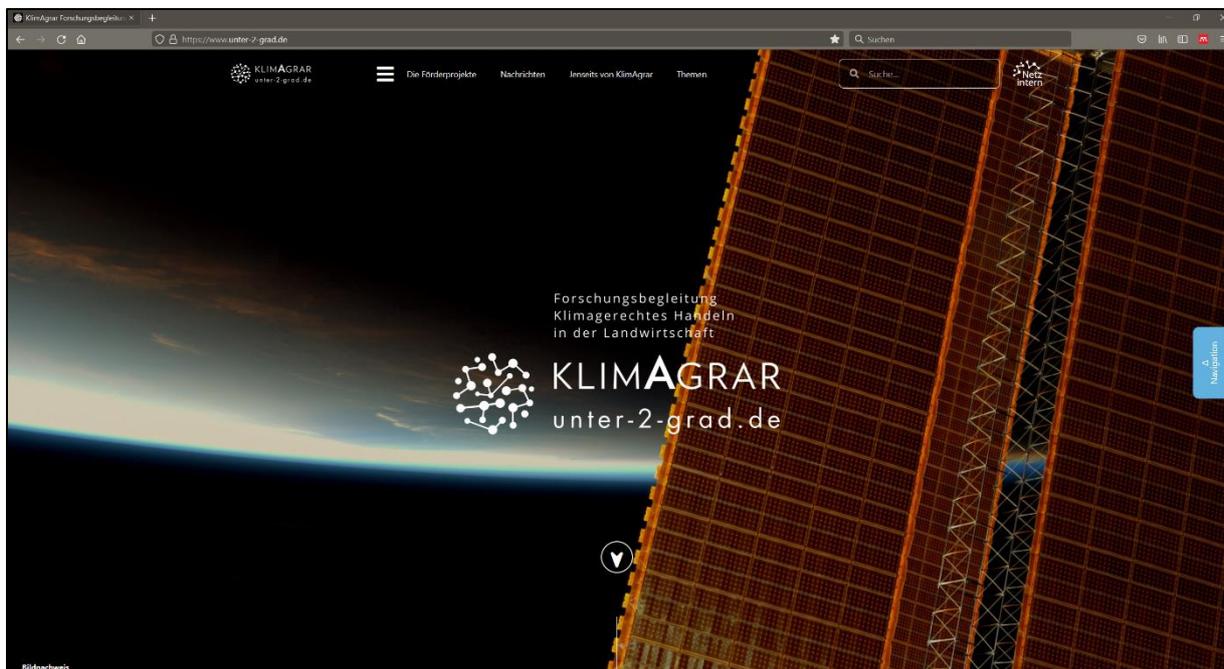
```
102 nodes$color.background <- c("#8acc77", "#61b0dd", "#dea482", "#7e4b26", "#cc2c24", "#e4d96f",
103 "#27ae60", "#cb8e1e", "#abcf55", "#007aff", "#aaaaaa", "#f4b2d2")[nodes$group_id]
104
105 ## den Knoten werden für die Funktionalität Links zu weiteren Seiten hinterlegt
106 nodes$title <- paste0("<a target ='_blank' href='",nodes$url,"">Wer noch?</a>")
107
108 ## über einen Loop wird das für alle ausgewählten Knoten nacheinander durchgeführt
109 for (i in 1:nrow(nodes[198:229,])){
110   nodes$title[197+i] <- paste0("<a target ='_blank' href='",nodes$url[197+i],"">Zur Projektseite</a>")
111 }
112
113 ## Anhand des Parameters "group" wird den Knoten eine bestimmte Form zugeordnet
114 nodes$group[which(is.na(nodes$group))] <- "15"
115 nodes$group <- as.numeric(nodes$group)
116
117 nodes$shape <- c("dot", "dot", "dot",
118 "dot", "square")[nodes$group]
119
120 ## Verschiedene Parameter der Knoten werden angepasst (Größe, Schriftgröße, Liniendicke etc.)
121 nodes$size <- round(sqrt(nodes$Freq)*10, 0)
122 nodes$font.size <- 15
123 nodes$color.border <- "lightgrey"
124 nodes$borderWidth <- 0.4
125 nodes$borderWidthSelected <- 0.8
126 nodes$color.highlight.background <- nodes$color.background
127 nodes$color.highlight.border <- "red"
128
129 ## Geht es um den Graphen für die visuelle Navigation,
130 ## werden bestimmte Schlagwörter durch vergrößerte Knoten- und Schriftgrößen hervorgehoben
131 ## Ansonsten können die Zeilen 132 bis 142 ignoriert oder auskommentiert werden
132 tags <- c("Boden", "Bodenfruchtbarkeit", "Pflanzenbau", "Pflanzenernährung", "Pflanzenkrankheiten",
133 "Pflanzenzüchtung", "Pflanzenschutz", "Tierhaltung", "Tierernährung", "Tierwohl", "Tierzucht",
134 "Tierseuchen")
135
```

ANNEX II

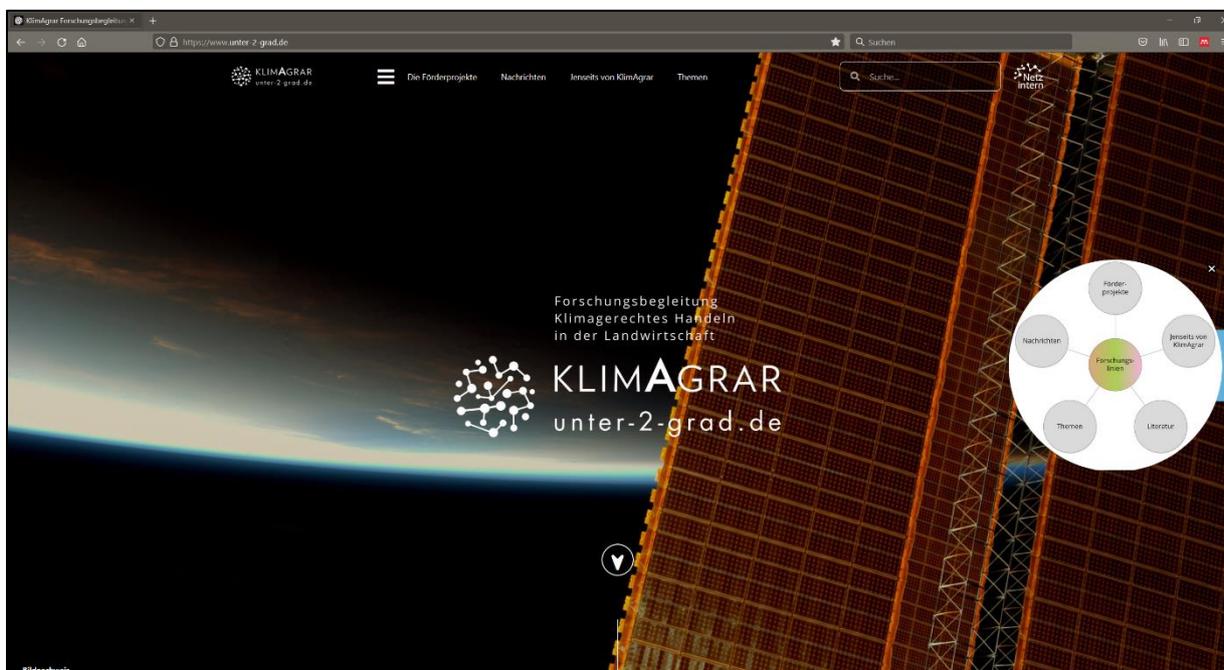
```
136 for (i in tags){
137   nodes$font.size[which(nodes$label == i)] <- 40
138 }
139
140 for (i in tags){
141   nodes$size[which(nodes$label == i)] <- 75
142 }
143
144 ## Geht es nicht um den Graphen für die visuelle Navigation, sondern die allgemeine Übersicht,
145 ## ist der folgende Befehl aktiviert, um alle Schriftgrößen gleich groß zu halten
146 #nodes$font.size <- 30
147
148 ## noch eine Anpassung der Kantendicke
149 edges$width <- 0.4
150
151 ##### Ende der Datenprozessierung ##
152 #### Beginn des eigentlichen Netzwerkgraphen-Prozesses ####
153
154 visNetwork(nodes, edges, background = "white", width = "100%", height = "86vh") %>%
155   visNodes(font = list(face = "Open Sans", color = "black")) %>%
156   visEdges(color = list(color = "grey", highlight = "red")) %>%
157   visInteraction(tooltipDelay = "1000", dragNodes = FALSE, navigationButtons = T) %>%
158   visOptions(highlightNearest = T, nodesIdSelection = list(enabled=T, values=order(nodes$label),
159   main = "Schlagwort", style = 'width: 200px; height: 26px;
160     background: #f8f8f8; color: black; border:none; outline:none; font.family: Open Sans')) %>%
161   visEvents(type = "once", startStabilizing = "function() {
162     this.moveTo({scale:0.21})}") %>%
163   visPhysics(stabilization = FALSE, solver = "forceAtlas2Based",
164     forceAtlas2Based = list(gravitationalConstant = -100)) %>% visEdges(smooth = F) %>%
165   visIgraphLayout(randomSeed = 257)
166
167 ##### Ende des Scriptes #####
```

Dissertation · Tarek Kemper

Annex III – Visuelle Navigation durch die KLIMAGRAR-Website

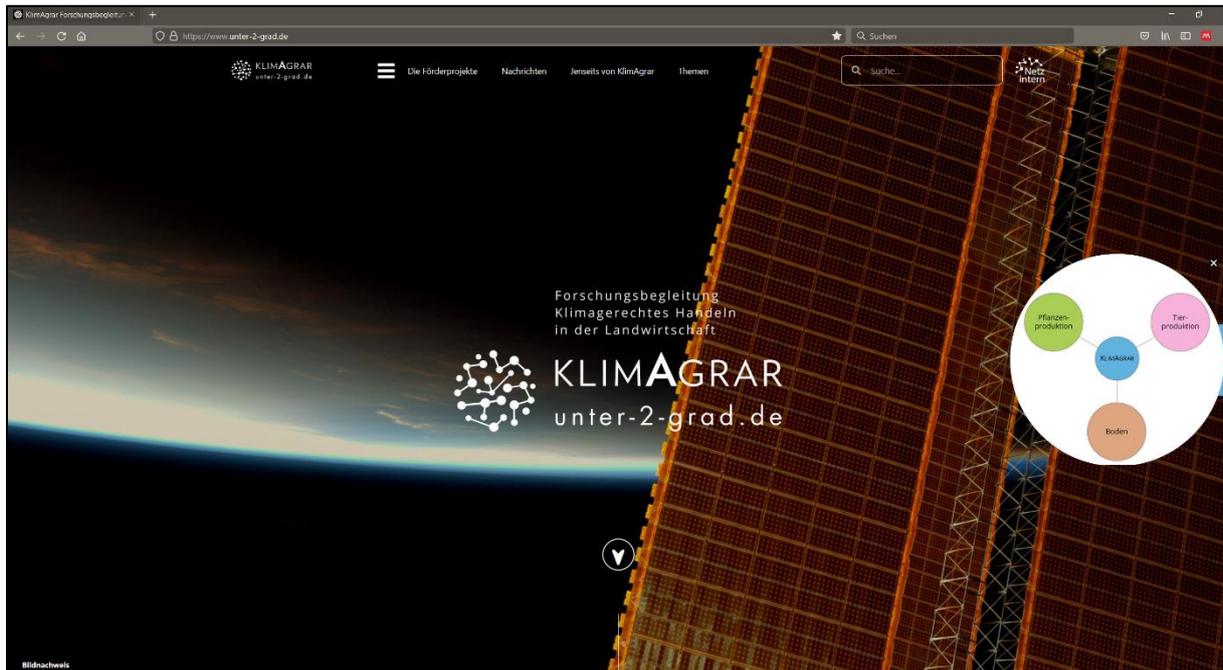


Beginnend auf der Hauptseite der Website www.unter-2-grad.de hat man auf der rechten Seite eine blaue „Lasche“ (*Navigation*), die angeklickt werden kann. Daraufhin öffnet sich das Navigationstool.

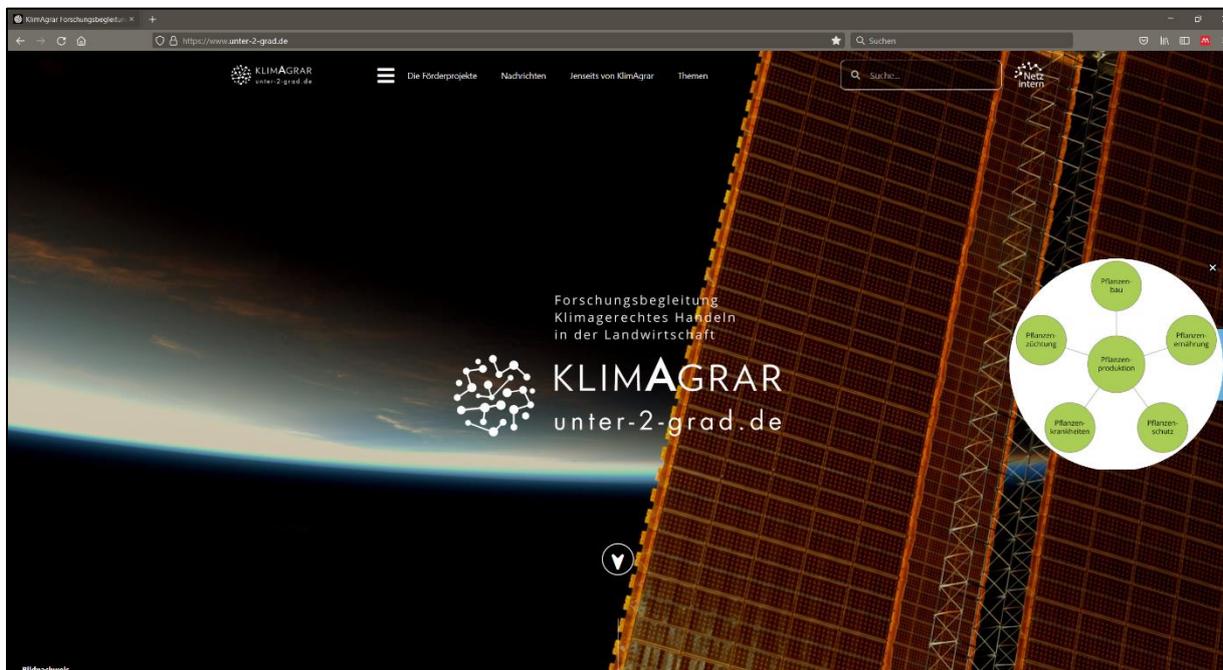


Es öffnet sich ein Fenster mit sechs Auswahlmöglichkeiten: *Förderprojekte*, *Jenseits von KlimAgrar*, *Literatur*, *Themen*, *Nachrichten* und, in der Mitte, *Forschungslinien*. Hinter jedem Button der äußeren fünf Button verbirgt sich eine neue Webseite – ein Klick auf *Nachrichten* bringt den Nutzer beispielsweise auf eine Seite mit den neuesten Nachrichten aus dem

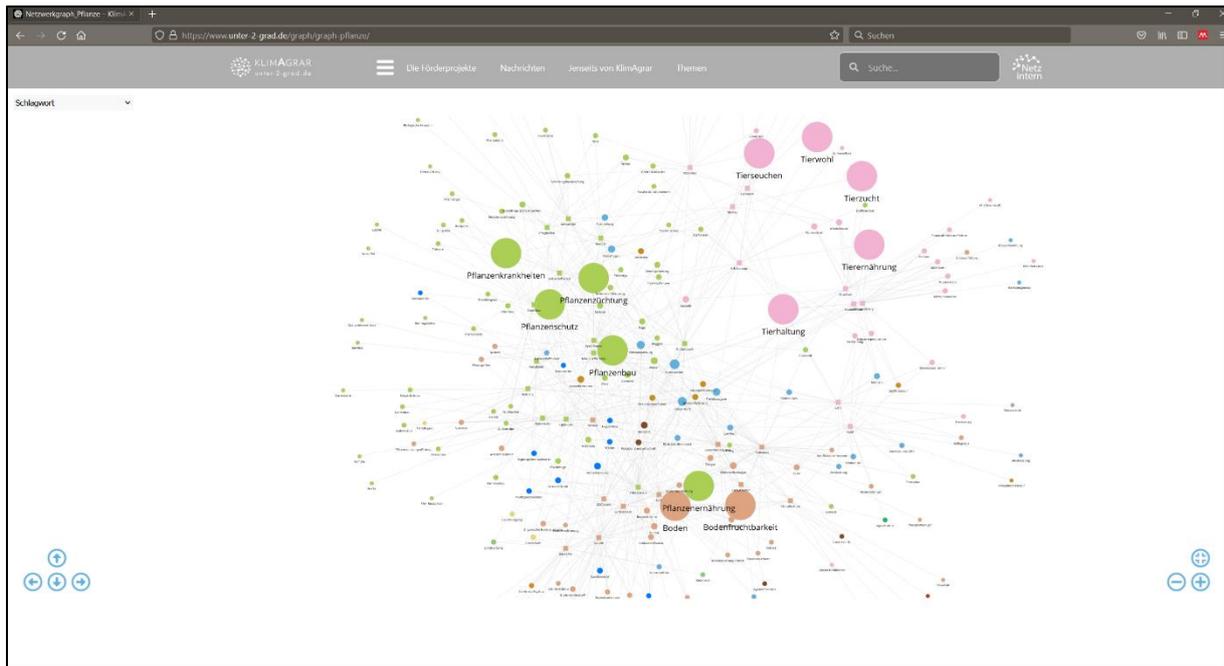
KlimAgrar-Umfeld. Über den Reiter *Forschungslinien* gelangt man zur nächsten Ebene der Navigation.



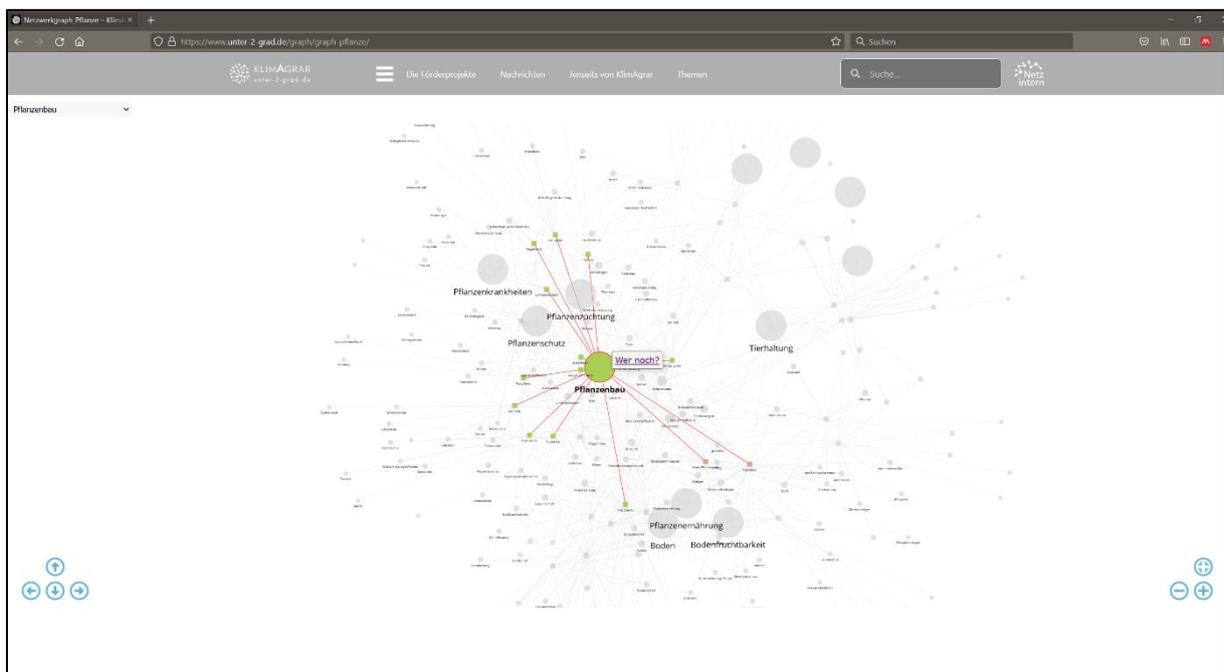
Hier hat man nun die Möglichkeit, genauer nach Themen zu suchen. Der Einstieg wird dabei über die Förderlinien *Pflanzenproduktion*, *Tierproduktion* und *Boden* bereit. Per Klick auf eines der Themenfelder gelangt man erneut eine Ebene tiefer.



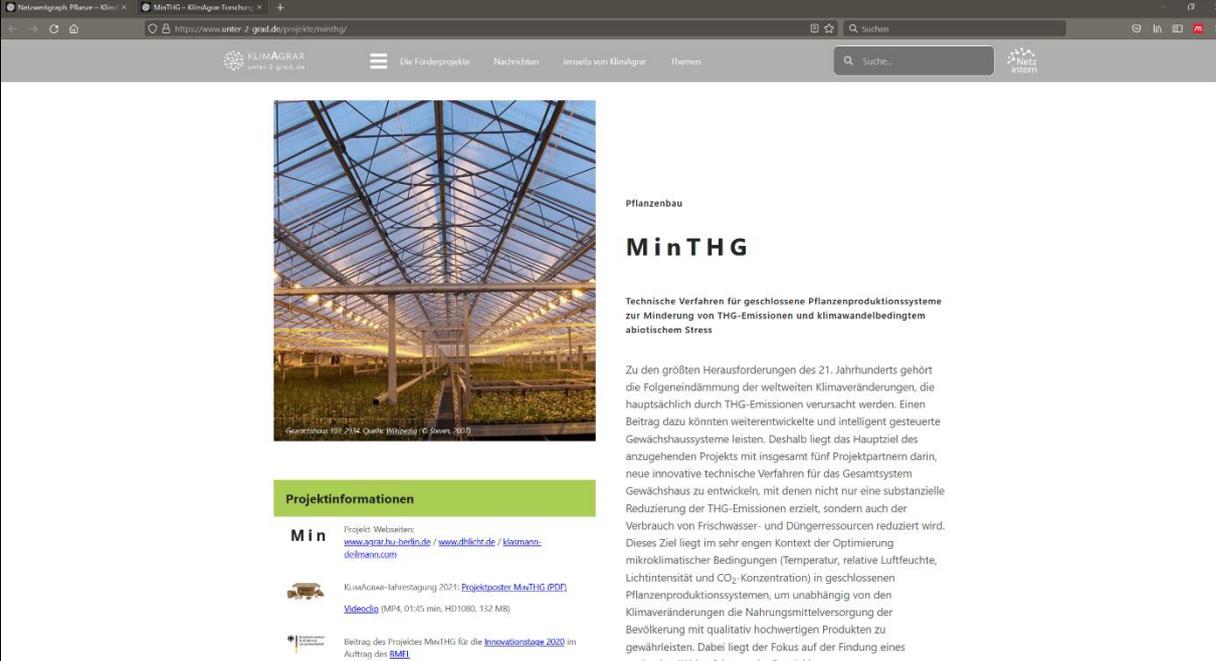
Das Beispiel Pflanzenbau zeigt, dass sich die Themenbereiche nun breiter auffächern und man detaillierter nach bestimmten Themen suchen kann. Dieses Mal gelangt man über jeden der sechs Reiter auf eine neue Website, die das KlimAgrar-Netzwerk enthält. Der Punkt, an dem man im Netzwerkgraphen landet, ist davon abhängig, auf welches Schlagwort man zuvor geklickt hat. Klickt man auf die Förderlinie in der Mitte, so landet man in einer Gesamtsicht des Netzwerkes.



Im Netzwerkgraphen gibt es unterschiedliche Möglichkeiten zum Scrollen und Zoomen. Beispielsweise kann man die einzelnen Schlagwörter anklicken und dadurch hervorheben, welchen Projekten dieses Schlagwort zugeordnet wurde.



Verharrt die Maus einen Moment lang auf dem Knoten, so öffnet sich ein Pop-up (*Wer noch?*), das einen per Mausklick zu einer Listenansicht der angesprochenen Projekte führt.



Pflanzenbau

MinTHG

Technische Verfahren für geschlossene Pflanzenproduktionssysteme zur Minderung von THG-Emissionen und klimawandelbedingtem abiotischem Stress

Zu den größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts gehört die Folgebündelung der weltweiten Klimaveränderungen, die hauptsächlich durch THG-Emissionen verursacht werden. Einen Beitrag dazu könnten weiterentwickelte und intelligent gesteuerte Gewächshausysteme leisten. Deshalb liegt das Hauptziel des angehenden Projekts mit insgesamt fünf Projektpartnern darin, neue innovative technische Verfahren für das Gesamtsystem Gewächshaus zu entwickeln, mit denen nicht nur eine substantielle Reduzierung der THG-Emissionen erzielt, sondern auch der Verbrauch von Frischwasser- und Düngersressourcen reduziert wird. Dieses Ziel liegt im sehr engen Kontext der Optimierung mikroklimatischer Bedingungen (Temperatur, relative Luftfeuchte, Lichtintensität und CO₂-Konzentration) in geschlossenen Pflanzenproduktionssystemen, um unabhängig von den Klimaveränderungen die Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung mit qualitativ hochwertigen Produkten zu gewährleisten. Dabei liegt der Fokus auf der Findung eines *systemen* *Produktions* *der* *Erzeugung* *von* *Produkten* *in* *geschlossenen* *Produktionssystemen* *zur* *Minderung* *von* *THG-Emissionen* *und* *klimawandelbedingtem* *abiotischem* *Stress*.

Projektinformationen

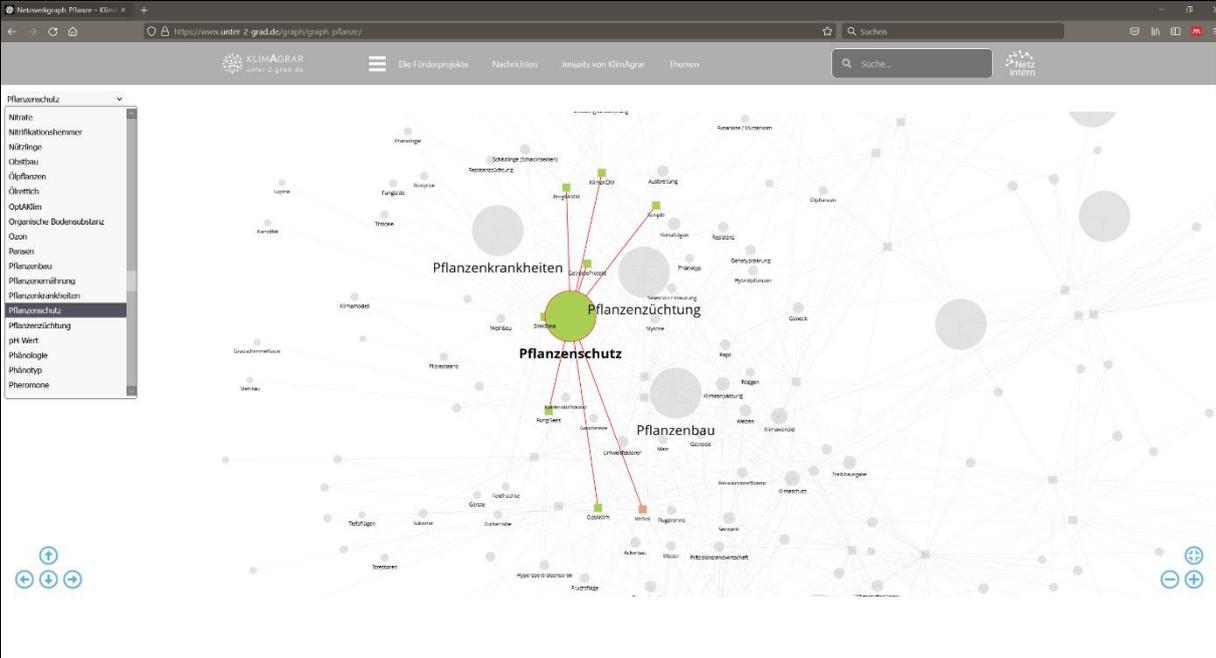
Min Projekt Webseiten: <https://www.unt2-grad.de/> / www.dlicht.de/ / klimagrar.de/klmagn-dolmen.com

 KlimAgrar-Lahrestagung 2021: [Projektposter MinTHG \(PDF\)](#)

 [Videoip](#) (MP4, 01:45 min, HD1080, 132 MB)

 Beitrag des Projektes MinTHG für die [Innovationszoo 2020](#) im Auftrag der [BMEL](#)

Diese vielfältigen Möglichkeiten der Navigation ermöglichen unterschiedliche Wege zu den Projekten. Außerdem kann der Nutzer sich das Forschungsprogramm über Themen erschließen und gelangt dann zu den damit verbundenen Projekten.



Pflanzenschutz

- Nitrate
- Nitrifikationshemmer
- Nährstoffe
- Obstbau
- Ölfrüchten
- Ökotech
- OpAKim
- Organische Bodensubstrat
- Quarz
- Reifen
- Pflanzenbau
- Pflanzenzüchtung
- Pflanzenkrankheiten
- Pflanzenschutz
- Pflanzenzüchtung
- pH Wert
- Phänologie
- Phänotyp
- Pheromone

Pflanzenkrankheiten

Pflanzenzüchtung

Pflanzenbau

Wer nicht klicken möchte oder eine Übersicht über die abgebildeten Schlagwörter sehen möchte, kann auch das Dropdown-Menü auf der linken Seite nutzen, dort durch die Schlagwörter scrollen und per Klick auswählen.

Annex IV – Zuordnung der Projekte zu den Themenclustern

In dieser Tabelle soll kurz aufgezeigt werden, welche Forschungsprojekte mit welchen Themenclustern in Verbindung standen. Durch die Farbkonvention ist sehr schnell zu erkennen, dass fast jede Arbeitstagung Forschungsprojekte aus unterschiedlichen Disziplinen anspricht. Nichtsdestotrotz heißt das nicht, dass jedes hier aufgezeigte Projekt auch tatsächlich teilgenommen hat.

Arbeitstagung	Thematisch zugeordnete Projekte
Fernerkundung und Geodateninfrastruktur für die Landwirtschaft	BEWAMO, CARBOCHECK, GREENWINDOWS4.0, FUNGISENS, FUZZYFARMER, MAGIC-EFFICIENCY, PROGRAMM, RESRAMA, SOCMONIT, <u>SOFI</u> , SOIL-DE, VITISOIL
Stoffkreisläufe und Ressourceneffizienz	6-R-KONZEPT, ASAP, BEWAMO, BLUECOW, <u>GREENWINDOWS4.0</u> , HYDRON2O, KLIMABIOHUM, MAGIC-EFFICIENCY, MINTHG, MODELLOWN, OPTAKLIM, SOCMONIT, SOFI, THG-ZWIFRU, VITISOIL, WINEFFIZIENT, REMISSIONDAIRY
Schädlinge und Krankheiten	6-R-KONZEPT, CERATOVIR, <u>FUNGISENS</u> , GETREIDEPROTEKT, KLIMAKOM, MORES, OPTAKLIM, <u>PROGRAMM</u> , RESRAMA, SIMKLIMA, SOFI, TEMPER, VITISOIL
Pflanzenzüchtung	GETREIDEPROTEKT, <u>MAGIC-EFFICIENCY</u> , MODELLOWN, SIMKLIMA, TEMPER, VITISOIL, WINEFFIZIENT
Landwirtschaft 4.0	6-R-KONZEPT, CARBOCHECK, <u>FUZZYFARMER</u> , MINTHG, REMISSIONDAIRY, SAFT, SOFI, VITISOIL
Tierwohl in der Nutztierhaltung	6-R-KONZEPT, <u>BLUECOW</u> , METHANIKUH, REMISSIONDAIRY
Futter	6-R-KONZEPT, BEWAMO, BLUECOW, MAGIC-EFFICIENCY, <u>METHANIKUH</u> , REMISSIONDAIRY, RESRAMA, SIMKLIMA
Strategien im Pflanzenbau	CARBOCHECK, GREENWINDOWS4.0, GÜLLEBEST, SOIL-DE, OPTAKLIM, <u>THG-ZWIFRU</u> , WINEFFIZIENT

Annex V – Auflistung der KLIMAGRAR-Transferpodcasts

„Unter 2 Grad. Der KLIMAGRAR Transferpodcast“ war eine Zusammenarbeit der Forschungsbegleitung KLIMAGRAR mit dem BMBF-Projekt Innovative Hochschule Potsdam. In dieser Podcast-Reihe¹, die im Rahmen der KLIMAGRAR-Transferwerkstatt für Doktoranden entstanden ist, erzählen Professor Hubert Wiggering sowie acht junge Wissenschaftler, überwiegend aus den KLIMAGRAR-Projekten, über Ihre Arbeit in den Bereichen Boden, Pflanzenbau und Tierhaltung.

Episode 0: Prof. Hubert Wiggering (KLIMAGRAR)	Prof. Hubert Wiggering leitet die AG Landwissenschaften an der Universität Potsdam und koordiniert die Forschungsbegleitung KLIMAGRAR. Wir fragten nach: Was ist eine Forschungsbegleitung und warum ist der Transfer von Forschungsergebnissen so wichtig?
Online unter: https://mediaup.uni-potsdam.de/flash/BIA0bIbG_hi.mp4	
Episode 1: Laura Schmidt (MAGIC-EFFICIENCY)	Laura Schmidt untersucht im Projekt MAGIC-EFFICIENCY die Auswirkungen von Stickstoff-Düngung auf unterschiedliche Weizensorten. Sensorgestützte Drohnen liefern wertvolle Bildaufnahmen und Informationen zu Ertrag und Qualität aus der Luft.
Online unter: https://mediaup.uni-potsdam.de/flash/1h3B7Ab7_hi.mp4	
Episode 2: Clara Hartung & Carola Ellner (6-R-KONZEPT)	Dr. Clara Hartung und Carola Ellner befassen sich im Projekt 6-R-KONZEPT mit dem Tierwohl und der Gesundheit von Schweinen. Dabei wird das alte Futtergetreide Roggen in Kombination mit Raps als Proteinquelle als schmackhaft und gesund wiederentdeckt.
Online unter: https://mediaup.uni-potsdam.de/flash/ha5bF56b_hi.mp4	
Episode 3: Anne-Kathrin Pfrieme	Anne-Kathrin Pfrieme forscht an der Resistenz gegenüber dem insektenübertragenen Weizenverzwergungsvirus in Weizen und deren Erkennbarkeit anhand molekularer Marker. Durch die zunehmend trockenen und warmen Klimabedingungen nimmt die Inzidenz der durch Vektoren übertragenen Pflanzenviren zu.
Online unter: https://mediaup.uni-potsdam.de/flash/h2gEjfJG_hi.mp4	
Episode 4: Matthias Schilde (METHANIKUH)	Matthias Schilde erforscht im Projekt METHANIKUH wie mittels der „Greenfeed“-Messstation das klimaschädliche Treibhausgas Methan gemessen werden kann. Methan wird von Kühen bei der Verdauung des Futters produziert. Das Projekt testet verschiedene Futtermittelzusammensetzungen und eine Substanz, die zu weniger Methanbildung führen.
Online unter: https://mediaup.uni-potsdam.de/flash/f45HBAHd_hi.mp4	
Episode 5: Simone Zepp (SOIL-DE)	Simone Zepp wertet im Projekt SOIL-DE LANDSAT-Satellitenbilder der letzten 30 Jahre deutschlandweit aus. Sie identifiziert unbedeckte, vegetationslose Böden (vor allem landwirtschaftliche Flächen), zur Abschätzung von Bodeneigenschaften und zieht dabei Rückschlüsse auf die Nutzungsintensität und die Vulnerabilität von Böden.
Online unter: https://mediaup.uni-potsdam.de/flash/7Hd1j8B6_hi.mp4	

¹ Link zur Übersichtsseite der Uni Potsdam: <https://www.uni-potsdam.de/de/innovative-hochschule/gesellschaftscampus/podcast/unter-2-grad-der-klimagrar-transferpodcast> (Stand: 24.02.2023).

Episode 6: Annika Ehmke (PRAX-REDUCE)	Annika Ehmke befasst sich im Projekt PRAX-REDUCE mit der praktischen Anwendung eines Urease-Hemmstoffs zur Minderung der Ammoniakemission in Ställen. Dies dient einer nachhaltigen tier- und umweltgerechten Rinderhaltung. Durch weniger Ammoniak(emissionen) können auch weitere Umwandlungsprozesse zum klimaschädlichen Lachgas gemindert werden. Online unter: https://mediaup.uni-potsdam.de/flash/BB3cbeh4_hi.mp4
Episode 7: Tarek Kemper (KLIMAGRAR)	Tarek Kemper zählt die Projektschwerpunkte, -themen sowie den konkreten Beitrag zum Klimaschutz aller KLIMAGRAR-Projekte auf und drückt seine Erkenntnisse modellhaft aus. Online unter: https://mediaup.uni-potsdam.de/flash/I8e5518g_hi.mp4

Klimagerechtes Handeln in der Landwirtschaft

Handlungsempfehlungen



Potsdam, August 2022

– Synthese –

HUBERT WIGGERING, DIETMAR SCHALLWICH, TAREK KEMPER, EVA BAUER, IRINA HEIß UND CLAUDIA POHL

ARBEITSGRUPPE LANDWISSENSCHAFTEN, UNIVERSITÄT POTSDAM

Inhaltsverzeichnis

Rahmen	3
Vernetzung und systemisches Denken.....	4
Klimaschutz und Klimaanpassung in der Landwirtschaft	5
Klimaschutz (Minderung der THG-Emissionen) in der Landwirtschaft	6
Tierhaltung, Tierernährung, Tierzucht: Verdauung und Entmistung	7
Düngemittelapplikation – Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenernährung	9
Synthese – Klimaschutz in der Landwirtschaft (Minderung der THG-Emissionen).....	11
Klimaanpassung in der Landwirtschaft	15
Klimaanpassung: Pflanzenschutz und Tiergesundheit	16
Klimaanpassung: Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung	18
Synthese – Klimaanpassung in der Landwirtschaft	20
Boden als Klimafaktor	22
Themencluster Boden	22
Synthese – Boden als Klimafaktor	24
Themenübergreifende Synthese und Handlungsempfehlungen	26

Die wichtigsten Abkürzungen auf einen Blick:

THG	Treibhausgas(e) ^W
CH ₄	Methan ^W
CO ₂	Kohlenstoffdioxid ^W
CO ₂ eq	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente ^W
N	Stickstoff ^W
NO	Stickoxide ^W
N ₂ O	Distickstoffmonoxid ^W (Lachgas)
NH ₃	Ammoniak ^W
P	Phosphor ^W

Konvention der Infokästen:

-  fett gedruckt sind Empfehlungen für die Politik
-  kursiv sind Empfehlungen für die Forschung
-  grün hinterlegt sind Hintergrundinformationen

Rahmen

Die Forschungsbegleitung für klimagerechtes Handeln in der Landwirtschaft mit dem Akronym [KLIMAGRAR](#)[☼] ist ein Förderprojekt (ptBLE Fkz.: [28-1-91.093-16](#)) des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft ([BMEL](#)^W) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des [Programms zur Innovationsförderung](#).

Das BMEL fördert in diesem Programm unter dem Titel „Klimaschutz in der Landwirtschaft und Anpassung der Agrarproduktion an die Folgen der Erderwärmung“ Forschungsprojekte aus den Bereichen [Boden](#)[☼], [Pflanzenbau](#)[☼] und [Tierhaltung](#)[☼], die einen Beitrag zur Erreichung der Ziele des auf der 21. UN-Klimakonferenz 2015 ([COP21](#)^W) getroffenen [Übereinkommen von Paris](#)^W und des nationalen [Klimaschutzplan 2050](#)^W leisten.

Mit seiner Forschungsbegleitung stellt das Vernetzungs- und Transferprojekt KLIMAGRAR ein Bindeglied dar zwischen den 32 Förderprojekten, die als Forschungsgruppen im Rahmen der drei genannten Förderlinien am Programm zur Innovationsförderung teilnehmen, sieht sich aber darüber hinaus auch generell in der Rolle des Wegbereiters beim [Transfer](#)^W zwischen Wissenschaft, Praxis und Politik im Sinne einer [nachhaltigen Entwicklung](#)^W für eine gemeinsame Landwirtschaft der Zukunft, die neben der [Ernährungssicherung](#)^W auch auf [Natur](#)^W und [Klimaschutz](#)^W ausgerichtet ist.

Zu einer solchen [Zukunftssicherung](#)^W gehört neben der Integration des [Klimaschutzes](#)^W in die Landwirtschaft (im Sinne einer gesamten Landbewirtschaftung) aber auch die [Anpassung an die Folgen der globalen Erwärmung](#)^W.

Durch die Forschungsbegleitung wurden die Einzelergebnisse aus den Projekten zusammengetragen, auf der Metaebene analysiert und im Sinne einer Synthese integriert als Handlungsempfehlungen an die [Agrarpolitik](#)^W ausgearbeitet, um die künftige Entwicklung eines [klimagerechten Handelns](#)^W in der [Landwirtschaft](#)^W mitzuprägen. Mit Bezug zum [Übereinkommen von Paris](#)^W gewährleistet dies einen Beitrag der Landwirtschaft zum [Klimaschutz](#)^W in Deutschland auf dem Weg zu einer [klimaneutralen Wirtschaft und Gesellschaft](#)^W in Europa und in der Welt.

Die Syntheseleistung der Forschungsbegleitung besteht darin, die Ergebnisse der einzelnen Forschungsprojekte zusammenzuführen und durch diese Integration neues Wissen bzw. neue Erkenntnisse zu generieren. Die [Synthese](#)^W wird dabei nicht als solitäre, nachgeschaltete Aufgabe verstanden, sondern als ein Prozess, der allgegenwärtig, von Beginn des Forschungsprogramms an stattfindet. Das bedeutet jedoch nicht, dass sich zwangsläufig jedes Einzelergebnis in der Synthese wiederfindet. Genauso wenig heißt es aber, dass in den Syntheseprozess ausschließlich Projektergebnisse einfließen – das gebündelte Wissen der Forschungsgemeinde umfasst mehr als die projektbezogenen Erkenntnisse. Selbstverständlich fließen in die Synthese auch die Informationen aus sämtlichen KLIMAGRAR-Veranstaltungen sowie bi- und multilateraler Austausche mit Akteuren¹ aus der Projektgemeinschaft ein.²

¹ In diesem Text wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

² Dies sowie die gesamte Methodik der Forschungsbegleitung wird in Kemper (in Vorbereitung: Dissertation Universität Potsdam, 2022) ausführlicher beschrieben.

Vernetzung und systemisches Denken

Die im Rahmen des [Programms zur Innovationsförderung](#) vorgenommene Aufteilung der Bekanntmachungen in die Förderlinien [Boden](#)^W, [Pflanzenbau](#)^W und [Tierhaltung](#)^W wurde seitens KLIMAGRAR durchbrochen, um die Chance im Zusammenwirken für das gemeinsame Ziel des angestrebten Beitrags für den Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel in der Landwirtschaft systemisch ansetzend zu erreichen. Dazu wurde die ursprüngliche Einteilung zu integralen Themenkomplexen zusammengefügt (s.a. Abb. 1):

- [Boden](#)^W
- [Bodenfruchtbarkeit](#)^W und [Pflanzenernährung](#)^W
- [Pflanzenbau](#)^W und [Pflanzenzüchtung](#)^W
- [Pflanzenschutz](#)^W und [Tiergesundheit](#)^W
- [Tierhaltung](#)^W, [Tierernährung](#)^W und [Tierzucht](#)^W

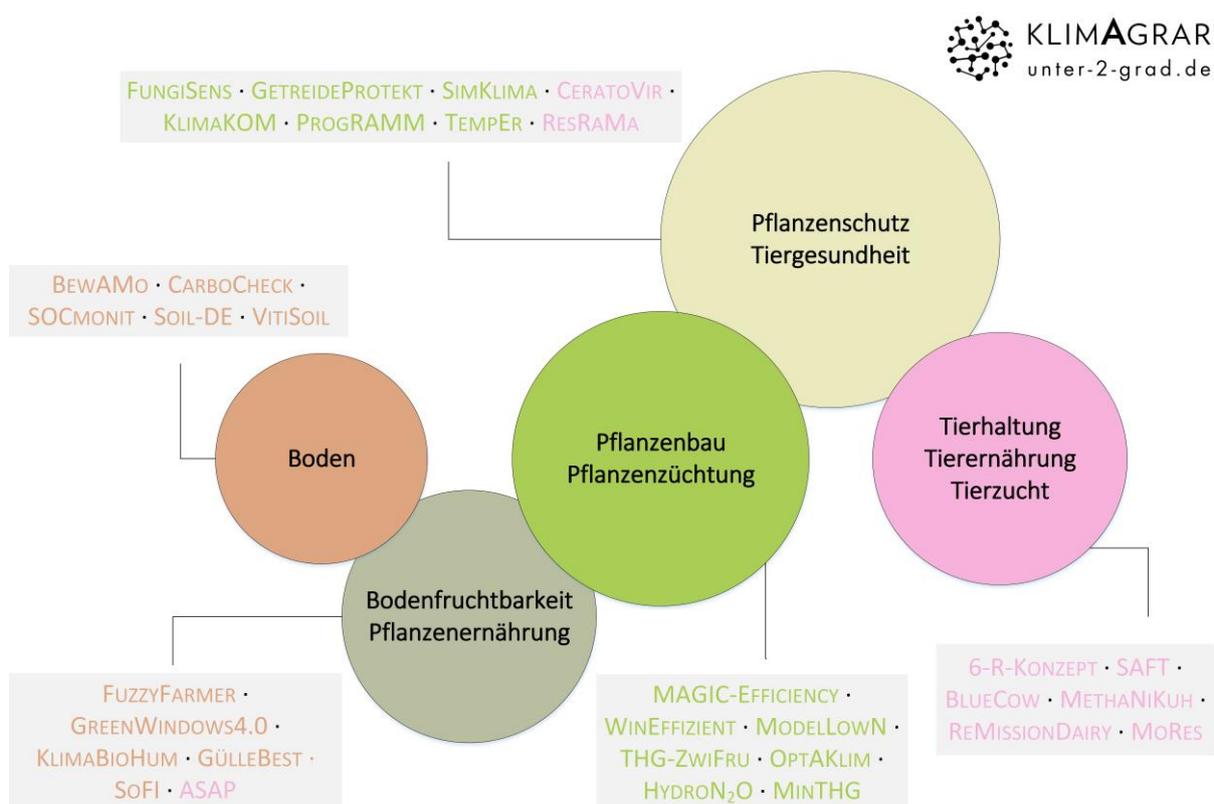


Abb. 24: Zuordnung der Förderprojekte zu den fünf Themenkomplexen.

Ausgehend von dieser thematischen Eingruppierung ergaben sich mit Blick auf die angestrebten Innovationen in den Forschungsvorhaben konkrete Schnittmengen in folgenden Punkten:

- neue methodische Ansätze und Vorgehensweisen bei der Erfassung und beim Monitoring der Emission von Treibhausgasen sowie deren koordinierter Bilanzierung als wichtigstem Indikator in Sachen Klimaschutz,

- ☼ neue methodische Verknüpfungen zwischen unterschiedlich ausgerichteten Themenfeldern der einzelnen Förderprojekte, auf Basis einer umfassenden Analyse der Inhalte der Förderprojekte,
- ☼ neue Anreize für die akteursbezogene Kommunikation im Rahmen der fachübergreifenden wissenschaftlichen Publikation gewonnener Erkenntnisse und sich daraus ergebender Pläne zur Umsetzung neuer Lösungsansätze,
- ☼ neue Chancen, mit Handlungsempfehlungen den politischen Entscheidungsprozess bei der Verfolgung der gesetzten Klimaziele voranzutreiben und bei der Ausrichtung auf eine nachhaltige Entwicklung zu unterstützen.

Klimaschutz und Klimaanpassung in der Landwirtschaft

Im Rahmen der gemeinsamen Berichterstattung nach den Richtlinien des Weltklimarats ([IPCC](#)^W) werden seit 1990 alljährlich die THG-Emissionen nach Sektoren (sogenannten Quellgruppen) in den Nationalen Inventarberichten ([NIR](#)^W) bilanziert. Die Quellgruppe „Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Landnutzung“ (AFOLU³, CRF 3) in Deutschland ist demnach Mitverursacherin der globalen Erwärmung. Anders als in energiebezogenen Sektoren entstehen in der mit natürlichen Prozessen umgehenden landwirtschaftlichen Produktion nicht in erster Linie Kohlenstoffdioxid-Emissionen (CO₂), sondern die um ein Vielfaches klimawirksameren THG [Methan](#)^W (CH₄) und [Distickstoffmonoxid](#)^W (N₂O). Die Nutztierhaltung in Verbindung mit der Wirtschaftsdüngerlagerung ist besonders CH₄-intensiv, N₂O entsteht insbesondere im Zuge der Düngemittelapplikation auf landwirtschaftlich genutzten Böden.

Auch wenn die vertretenen Förderprojekte erkennen lassen, dass bei sorgsamer Abwägung von [Ertragssteigerung](#)^W und [Ernährungssicherung](#)^W auf der einen und [Ressourceneffizienz](#)^W, Schließung von [Stoffkreisläufen](#)^W und [Kreislaufwirtschaft](#)^W auf der anderen Seite verbunden mit Anstrengungen zur Minderung der [Treibhausgasemissionen](#)^W ein wirksamer Beitrag zum [Klimaschutz](#)^W aus der Landwirtschaft gelingen kann, wird sie im Zuge ihrer Aufgabe der [Primärproduktion](#)^W stets THG produzieren. In keinem der Szenarien für die künftige Entwicklung⁴ gemäß dem [Fünften Sachstandsbericht des IPCC \(AR5\)](#)^W (2014/15) und dem [IPCC-Sonderbericht „1,5 °C globale Erwärmung“](#)^W des sechsten Berichtszyklus ([AR6](#)^W) (2018) wird unterstellt, dass die mit ihr natürlich verbundenen Treibhausgasemissionen auf Null gestellt werden könnten. Wenn die [Landwirtschaft](#)^W als Sektor auf sich gestellt die geforderten [Reduktionsziele](#)^W bei den Emissionen erreichen soll, kann dies nur durch die Aufrechnung mit entsprechenden [Kohlenstoffsenken](#)^W im Zusammenspiel mit den Bereichen [Forstwirtschaft](#)^W und [Landnutzung](#)^W geschehen (LULUCF⁵).

Gleichzeitig ist kaum ein anderer Wirtschaftszweig so stark von der globalen Erwärmung betroffen, wie die Landwirtschaft. Als [Folge der stetigen Erwärmung](#)^W stellen sich veränderte Niederschlagsmuster ein – trockenere Sommer, nassere Winter –,

³ Agriculture, Forestry and Other Land Use.

⁴ Representative Concentration Pathway scenarios ([RCP](#)^W) und Shared Socioeconomic Pathways ([SSP](#)^W) – vgl. „Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC)“ bei www.unter-2-grad.de

⁵ Land Use, Land Use Change, and Forestry ([LULUCF](#)^W)

[Extremwetterereignisse](#)^W wie Starkniederschläge, Hitzewellen und langanhaltende Trockenphasen, Spätfröste treten häufiger auf, außerdem wächst der Druck seitens stärker präsenten und sich neu etablierenden [Schädlingen](#)^W und [Krankheiten](#)^W im Pflanzenbau wie in der Tierhaltung. Kurzum: Selbst mit der Einhaltung der Ziele des Pariser Übereinkommens, der Begrenzung der globalen Erwärmung bestenfalls bei 1,5 °C, wird sich das landwirtschaftliche System anpassen müssen.

Währenddessen wirken sich auch weitere, sich verschärfende Krisen wie die stetig sinkende [Biodiversität](#)^W auf die Landwirtschaft aus. In dieser Gemengelage steht die Landwirtschaft vor der großen Aufgabe, klimafreundlich und nachhaltig ihren essentiellen Beitrag zur [Ernährungssicherung](#)^W der Menschen zu leisten.

Klimaschutz (Minderung der THG-Emissionen) in der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft in Deutschland zeichnete im Jahr 2020 für 56,1 Mt CO₂eq. verantwortlich, was einem Anteil von etwa 7,7 % der Gesamtemissionen in Deutschland entsprach⁶. Von diesen 56,1 Mt CO₂eq fallen gut 61 % (ca. 33,25 Mt CO₂eq) auf die Tierhaltung und das nachgelagerte Gülle-Management (die „Entmistung“), etwa 39 % (ca. 22,85 Mt CO₂eq) entstammen der Düngung. Den größten Anteil in der Tierhaltung macht die Rinderhaltung mit insgesamt etwa 84 % aus, sowohl im größten Faktor, der Verdauung, in der hauptsächlich Methan entsteht, wie auch in der Entmistung, in der sowohl CH₄ als auch N₂O entstehen. Einzig die Schweinehaltung macht noch einen relevanten, aber kleineren Teil der Entmistung aus (knapp 11 %). In der Düngung stechen vor allem die direkten N₂O-Emissionen aus bearbeiteten Ackerböden heraus (ca. 14 Mt CO₂eq), zu deren Anteil unter anderem, zu etwa gleichem Maße, die Ausbringung von Wirtschafts- und Mineraldünger beiträgt (je etwa 27 %). Indirekte N₂O-Emissionen durch Atmosphärische Deposition und Auswaschung wie Abfluss von Stickstoff spielte ebenfalls eine, wenn auch kleinere Rolle (ca. 4,63 Mt CO₂eq).

Aus dieser Betrachtung wird deutlich: Das größte Potential im Klimaschutz, also zur Minderung der THG-Emissionen, steckt in der Tierhaltung, genauer in der Rinderhaltung und dort in der Milchproduktion. Besonders ins Auge fällt der große Energieumsatz der Milchkühe und damit einhergehend die Energieaufnahme in Form von Futtermitteln.

⁶ Alle Zahlen entstammen dem aktuellsten Nationalen Inventarbericht (NIR), veröffentlicht im April 2022.

- ❁ Kühe als Wiederkäuer auch so füttern: Hoher Raufutteranteil (s. Grünlandnutzung) und dann gezielt Konzentratanteile in der Ration einsetzen. Vorläufige Modell-ergebnisse zeigen eine Reduktion der Methanemission (bezogen auf die aufgenommene Masse) bei geringerem Kraftfutteranteil auf Trockenmassebasis.⁸
- ❁ Der Einsatz eines Methan-Inhibitors (3NOP) führte zu einer Reduktion um etwa 22 % der CH₄-Emissionen bei niedrigem sowie um etwa 33 % bei hohem Kraftfutteranteil in der Ration.⁹
- ❁ Moderne, vernetzte Technik für praxistaugliche Anwendungen in der Milchviehhaltung, um den Halter bei der Kontrolle und Optimierung der Produktionseffizienz und damit der Emissionswirkung seines Betriebs zu unterstützen.¹⁰
- ❁ Eine Internetplattform, über die dann Analyseergebnisse, Effizienzkennzahlen und Methanemissionsschätzwerte als Basis für innovatives Controlling und Management der Fütterung verfügbar sind.¹¹
- ❁ Gülleensäuerung im Stall führt zur erheblichen Reduzierung der NH₃- (bis -50 %) und CH₄-Emission (bis -65 %). Umgerechnet bedeutet dies Einsparungen von insgesamt 140 kg CO₂eq je m³ Flüssigmist (Stall, Lagerung, Ausbringung).¹²
- ❁ Eine Kuhtoilette im Stall, um Rinder auf einen Toilettengang zu konditionieren und feste von flüssiger Gülle trennen zu können, so dass die Ammoniak-Emissionen direkt an der Quelle reduziert werden.¹³
- ❁ Alkalisierung von Gülle (Flüssigmist) führt zur Minderung der CH₄-, CO₂-, sowie stickstoffbürtiger (N₂O, NO, NH₃) Emissionen.¹⁴
- ❁ Durch Zugabe von Ca-Additiven kann N in Form von NH₃ durch eine Ausgasung aus dem Flüssigmist entfernt werden und es fallen Ca-Phosphate aus, die vom Rest des Flüssigmists getrennt werden. Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor werden recycelt. Der übrigbleibende nährstoffarme Flüssigmist kann dann in großen Mengen und mit deutlich reduzierter Umweltbelastung ausgebracht werden.¹⁵

Zwischenfazit:

Die anvisierten Beiträge der KLIMAGRAR-Projekte setzen an wichtigen Stellschrauben im System der landwirtschaftlichen Produktion an. Sowohl die Fütterung, vor allem in der Zusammenstellung der Rationen und einer Rückbesinnung bzw. stärkeren Konzentration auf Anteile der tiergerechten Futtermittel, birgt ein großes Potential als auch die Veränderung des Umgangs mit den Ausscheidungen. Gleichwohl wird deutlich, vor allem im Vergleich mit dem Nationalen Inventarbericht, dass bei all den Stellschrauben die Menge (an Futtermitteln, an

⁸ [BLUECOW](#) und [METHANIKUH](#) ❁

⁹ [METHANIKUH](#) ❁

¹⁰ [REMISSIONDAIRY](#) ❁

¹¹ [REMISSIONDAIRY](#) ❁

¹² [SAFT](#) ❁

¹³ [GREENWINDOWS4.0](#) ❁

¹⁴ [ASAP](#) ❁

¹⁵ [ASAP](#) ❁

Konkrete Projektergebnisse:

- ☼ Schnelltest zur Stickstoffbestimmung zur besseren Kenntnis des Gehalts an mineralisiertem Stickstoff (N_{\min}) im Boden mit dem Ergebnis, mehr als 20 kg/ha mineralischen N-Dünger zu sparen.¹⁶
- ☼ Düngealgorithmen, die in Echtzeit verschiedene Parameter miteinander kombinieren, um teilschlaggenau den Stickstoffeinsatz zu optimieren.¹⁷
- ☼ Neue Methoden der Gülleausbringung, um die Exposition der Gülle zu minimieren und dadurch die Freisetzung von (direkten und indirekten) Treibhausgasen zu reduzieren. Dabei führte die Gülleansäuerung in Kombination mit Schleppschuhverfahren zur deutlichen Minderung der NH_3 -Emissionen (im Durchschnitt um bis zu 54 %) bei gleichbleibenden N_2O -Emissionen. Durch Schlitztechnik (ohne Ansäuerung) ergab sich eine Minderung um 21 %.¹⁸
- ☼ Neue Technologien wie N-Volumeter oder die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) tragen zur Bestimmung der Güllequalität bei – daraus lassen sich Qualitätsstandards für Gülle ggf. in Form eines Labels ableiten.¹⁹
- ☼ Erfolge hinsichtlich der genetischen Regulation der N-Nutzungseffizienz von der Wurzel bis zur Einlagerung ins Korn mittels sensorgestützter Phänotypisierung etwa für Winterweizenpopulationen.²⁰
- ☼ Identifizierung bzw. Quantifizierung der N_2O -Emissionen im Gewächshaus und darauf aufbauend die Erarbeitung von Lösungsvorschlägen zur Reduzierung.²¹

Zwischenfazit:

Die anvisierten Maßnahmen zur Minderung der THG-Emissionen in der Ausbringung der Düngemittel (Wirtschaftsdünger wie Mineraldünger) setzen an wichtigen Stellschrauben an, um direkte wie indirekte Ausgasungen zu reduzieren. Es konnte aufgezeigt werden, wie wichtig die genaue Kenntnis des Nährstoffbedarfs des Bodens/der Pflanze ist (Stichwort N-Nutzungseffizienz), der von vielen Parametern abhängig ist (Geofaktoren, Kulturarten etc.). Genauso wichtig ist die Kenntnis über Nährstoffgehalte im Wirtschaftsdünger. Eine Hebelwirkung zeigt auch die Pflanzenzüchtung auf, die indirekt über eine erhöhte N-Nutzungseffizienz reduzierten Düngemittleinsatz erzielt.

In diesem Themenkomplex entfalten Fortschritte im Sinne der Digitalisierung in der Landwirtschaft ihre Unterstützungswirkung, da sie Landwirten die Möglichkeit geben, immer kleinräumiger und zeitlich hoch aufgelöst zu agieren. Technische Lösungsansätze (wie auch schon im zuvor behandelten Themenkomplex) zeigen auch deswegen eine Vorteilswirkung, weil sie als Nachrüstungen in bereits bestehende Stallanlagen möglich sind. Angepasst werden müssen verschiedene rechtliche Rahmenbedingungen, etwa die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AWSV). Lösbar, aber kostenträchtig, sind

¹⁶ [GREENWINDOWS4.0](#) ☼

¹⁷ [FUZZYFARMER](#) ☼

¹⁸ [GÜLLEBEST](#) ☼

¹⁹ [SOFI](#) ☼

²⁰ [MAGIC-EFFICIENCY](#) ☼

²¹ [HYDRON2O](#) ☼

zusätzliche Anforderungen an Stallbauten (säureresistenter Beton, Kunststoffbeschichtung zum Schutz des Betons etc.) oder an die Ausbringungstechnik in den wachsenden Bestand (säureresistente Güllefässer; Schleppschläuche, Schlitztechnik etc.).

Die Auswirkung von Additiven in der Gülle auf die Ackerböden oder auf Gewässer gilt es grundsätzlich weiter zu untersuchen.

Im Gesamtzusammenspiel der vorgestellten Ansätze ließe sich ein standortadäquates klimagerechtes Gülle-Management aufbauen.

Synthese – Klimaschutz in der Landwirtschaft (Minderung der THG-Emissionen)

Die beiden emissionsstarken Quellgruppen in der Landwirtschaft, die Tierhaltung und die Düngung, werden in mehreren Projekten adressiert. Dabei wurden vor allem einzelne Stellschrauben betrachtet, die Teillösungen aufzeigen. Bei der Betrachtung dieser Projektarbeiten und -ergebnisse wird jedoch deutlich, dass systemische Ansätze unumgänglich sind. Mit Blick auf die Erreichung der Zielvorgaben des Klimaschutzplans 2050 sowie des Pariser Übereinkommens müssen die Teillösungen ineinandergreifen. Allen voran steht dabei die Betrachtung jeweiliger Standortgegebenheiten und der natürlichen Abläufe in den Systemen. Auf der Metaebene zeichnet sich ab, dass Nährstoffkreisläufe über das gesamte System geschlossen werden müssen: Vom Anbau von Nutzpflanzen zur Bereitstellung von Futtermitteln über die Fütterung und Futterrationen, über die Nutztierhaltungssysteme und das Anfallen von Jauche, Gülle und Mist, über die Zwischenlagerung bis hin zur Ausbringung, um wieder vorne in der Schleife zu beginnen. So muss, unabhängig davon, ob über Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenernährung oder Tierhaltung diskutiert wird, immer das gesamte System im Hinterkopf behalten werden. Unterstützend wirkt dabei ein stärkerer Fokus auf standortspezifische Gegebenheiten.

Für einen effizienten Klimaschutz gilt es, sich die standortspezifischen natürlichen Funktionen der Umweltsysteme zu eigen zu machen. Seitens der Projekte aufgezeigte Möglichkeiten, insbesondere die Freisetzung stickstoffbürtiger Treibhausgase zu mindern, sollten genutzt werden.

Dazu sollte man wiederum bei der Digitalisierung und weiteren Entwicklung der Präzisionslandwirtschaft ansetzen.

Es gilt verstärkt Anreize zu schaffen, seitens der Forschung weiter und neu entwickelte Webinterfaces zur Düngeneffizienz und Fruchtfolge/Einbeziehung von Zwischenfrüchten etc. besser zusammenzubringen und die vorhandenen Potenziale zur Minderung stickstoffbürtiger Treibhausgase zu nutzen (vgl. strip farming mit klimaangepassten Kulturen).

Zudem gilt es, für einen effizienten Klimaschutz, Wirtschaftsdünger insgesamt aufzuwerten und damit vor allem auch Möglichkeiten zu nutzen, den Kreislaufgedanken besser verfolgen zu können.²² Ein optimiertes Gülle- /Wirtschaftsdünger-Management kann spürbar

²² Was sich zudem derzeit als Kostenfaktor vorteilhaft erweist.

zur Minderung der Treibhausgasemissionen in der landwirtschaftlichen Produktion beitragen, allein schon, wenn es gelingt, die Nährstoffverwertung der Gülle zu optimieren. Des Weiteren können neue technische Verfahren und Herangehensweisen im Umgang mit Wirtschaftsdünger zielführend sein. Grundsätzlich ist das Reduktionspotential für Treibhausgase in diesem Themenkomplex als sehr hoch einzuschätzen, vor allem dann, wenn durch die verbesserte Nährstoffbestimmung der Wirtschaftsdünger „berechenbarer“ wird und somit, neben dem Aspekt, dass der Wirtschaftsdünger sowieso im Kreislauf des Systems anfällt, synthetisch hergestellte Mineraldünger ersetzt.

Seitens der Agrarklimapolitik sollten (hier in den Projekten aufgezeigte) verfügbare konzeptionelle wie technische Maßnahmen eingeleitet werden, um mit Hilfe eines angepassten Gülle- und Wirtschaftsdüngermanagements große Anteile an THG-Emissionen einzusparen. Dazu gilt es den gesamten Prozess (Pflanzenbau, Fütterung, Tierhaltung, Stall, Zwischenlagerung, Ausbringung, Pflanzenernährung) zu betrachten und einer Gesamtbewertung zu unterziehen, um so Stoffkreisläufe wieder zu schließen.

Dem BMEL wird angeraten, ein strukturiertes Forschung-Praxis-Netzwerk in Form eines 100-Ställe-Programms aufzulegen, um exemplarisch eine „Gute-Gülle-Region“ zu kreieren.

Bei der Optimierung o.g. Abläufe und den Diskussionen um die Minderungspotentiale ist zu berücksichtigen, dass indirekte THG wie NH_3 gesondert zu betrachten und zu bewerten sind. Diesem muss die Agrarklimapolitik grundsätzlich mehr Aufmerksamkeit widmen, vor allem hinsichtlich der tatsächlichen Treibhauswirkung.

Gerade der Themenschwerpunkt rund um die Tierhaltung erweist sich in der Diskussion um Klimaschutzmaßnahmen immer wieder als polarisierend. Die Tierproduktion und alle damit in Verbindung stehenden Produkte stellen einen bedeutsamen Wirtschaftszweig dar, dem eben auch seitens der Gesellschaft großes Interesse gilt.

Über eine eher allgemeine wie grundsätzliche Diskussion hinausgehend, zeigen die Projektergebnisse, dass die Nutztierhaltung bzgl. Futter, Fütterung, Tierwohl, Gülleproblematik etc. nur in der ganzen Wertschöpfungskette zu verstehen ist. Dabei gilt es unbedingt den Handel, sowohl Importe als auch Exporte, mit einzubeziehen. Wird das gesamte System betrachtet und eine Folgenabschätzung gemacht, fällt auf, dass noch weitere Maßnahmen als bisher zur Erreichung der Klimaziele erfolgreich umgesetzt werden können und müssen: Die sogenannte Massentierhaltung und die allgemeine Verdichtung der Tierhaltung an einzelnen Standorten steht einer Schließung von Stoffkreisläufen und einem nachhaltigen Umgang mit Ressourcen hinderlich gegenüber. Auch wenn die Projektergebnisse generell noch Möglichkeiten aufzeigen, das bestehende System zu optimieren, so wird trotzdem der Ruf nach einer stetigen Transformation des landwirtschaftlichen Systems laut. Nimmt man wieder Bezug auf den Nationalen Inventarbericht und die dort ermittelten THG-Emissionen aus der Tierhaltung, so fallen vor allem Milchkühe ins Gewicht, die unter Hochleistung einen besonders hohen Energiebedarf haben, die wiederum zur Erfüllung der Vorgaben des vorherrschenden Systems – gelenkt durch wirtschaftliche Interessen (Stichwort Wettbewerbsfähigkeit) – beitragen. Eine Tierhaltung, die eine drastische Minderung der THG-Emissionen begünstigen, die im Gleichklang mit artgerechten Tierhaltungsformen und dem

Tierwohl (s. Borchert-Kommission) stehen, die auch einem seitens der Gesellschaft steigendem Druck standhalten soll, muss transformiert werden. In diesem Kontext gewinnt der Begriff Regionalität erneut an Bedeutung: Ein betriebsbezogener, dann auch regionaler Futtermittelanbau eröffnet Möglichkeiten, Klimaschutz effizienter zu gestalten.

Das BMEL sollte unmittelbar Anreize schaffen, um einen Wandel von der heute oftmals räumlich konzentrierten Intensivtierhaltung zu einer neuen Generation von Gemischtbetrieben (als Regionsansatz) einzuleiten und konzeptionell eine „neue“ Flächenbindung der Nutztierhaltung zu gewährleisten, auch um etwaige breitere, nicht nur einzelbetriebliche Ausrichtungen, beispielsweise auf ein Carbon Farming, zu ermöglichen. Damit wird die Richtung hin zu einer mehr klimaneutralen Nutztierhaltung gewiesen.

Das BMEL sollte die durch die Forschung aufgezeigten Möglichkeiten zur Steuerung der Klimawirkung in der Nutztierhaltung gezielt aufgreifen und anreizen. Dies setzt bereits beim Pflanzenbau und der Futterbereitstellung an, führt über ein gezieltes Fütterungscontrolling und -management, über Haltungssysteme, Gülle-Management (s.o.) hinein in eine ganzheitliche Betrachtung des Systems Nutztierhaltung. Wiederum sollten dabei die jeweiligen Systemgrenzen bestimmt und darauf dann der Klimaschutz aufgesetzt werden.

Insbesondere gilt es den Ansatzpunkt Fütterung, Niedrigproteinrationen, regionale Futterproduktion, Weidehaltung (Futtereffizienz) etc. auch mit Blick auf die Klimawirkungen und die Zielsetzung der Klimaneutralität in besonderer Weise in den Fokus zu nehmen. Hier gälte es (wiederum regional) ein gezieltes Klimamanagement anzusetzen.

Zudem leistet sowohl regionale, standortgerechte Futterproduktion wie auch richtiges Füttern einen wesentlichen Beitrag zur Tiergesundheit und zum Tierwohl.

Auch in Bezug auf Klimaschutz und Nutztierhaltung gilt es zu bemerken, dass es wenig zielführend ist, den vergleichsweise einfachen Weg, durch Leistungssteigerung den CO₂-Fußabdruck zu verkleinern, ohne die Nebeneffekte (ggf. mehr Kraftfutter, Züchtung auf mehr Milch, dadurch weniger Eignung der männlichen Kälber, im Extrem Wegwerfkälber etc.) zu berücksichtigen.

Um dies noch einmal zu betonen: Das BMEL sollte jetzt die Chance nutzen, neue Geschäftsmodelle auf unterschiedlichen Produktionsstandorten anzureizen. Wieder verstärkte Grünlandnutzung bei gleichzeitiger Wiedervernässung der Niedermoorstandorte muss kein Widerspruch sein: Gemeinsames Erarbeiten neuer Grünlandmanagement-Strategien durch Verbünde aus den Bereichen Boden und Nutztierhaltung können aufzeigen, dass erst durch das Zusammenfügen der Einzelbausteine ein nennenswerter Beitrag zum Klimaschutz möglich ist.

Eine Art Brücke zwischen dem Klimaschutz und der Klimaanpassung stellen pflanzenbauliche und pflanzenzüchterische Maßnahmen dar. Die bessere Ausnutzung organischer Stickstoffquellen kann wesentlich dazu beitragen, die N-Effizienz im Ackerbau zu erhöhen und somit einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, da schon allein direkte und indirekte Treibhausgasemissionen etwa bei der Nutzung wie Freisetzung aus dem Herstellungsprozess von Mineraldünger vermieden werden. Ganz wesentlich für die Einschätzung der Klimaeffekte ist eine enge Kopplung

von C- und N-Kreislauf und die genauere Kenntnis zur Auswirkung von Ernterückständen, Zwischenfrüchten und organischer Düngung auf die N-Verfügbarkeit für Pflanzenbestände, auch wenn nicht im Vorhinein bekannte Witterungsverhältnisse immer eine Unwägbarkeit darstellen.

Auch die Pflanzenzüchtung leistet in Bezug auf eine verbesserte N-Nutzungseffizienz der Pflanzen einen Forschungsbeitrag, indem Genotypen mit dieser Ausprägung identifiziert werden.

Es wird empfohlen, klare Restriktionen für eine optimierte N-Düngung bei den Anbauverfahren herauszuarbeiten sowie eine pflanzenzüchterisch mögliche Optimierung der Erhöhung der N-Nutzungseffizienz der Pflanzen zu fördern. Dies trägt unweigerlich zur Minderung von stickstoffbürtigen THG bei. Immer wieder gilt es, die Notwendigkeit der Schließung der Stoffkreisläufe hervorzuheben.

Wie entscheidend wichtig in den aufgezeigten Kontexten institutionelle Fragen sind, zeigt das Beispiel Niederlande, wo ein eigenes Ministerium zum Stickstoff eingerichtet wurde (Ressort für Natur und Stickstoff²³).

Dem BMEL wird empfohlen, einen (forschungs-)disziplinübergreifenden „Stickstoff-Summit“ zu organisieren, um den ganzen Stickstoffkreislauf im Rahmen der landwirtschaftlichen Produktion abzubilden und klar aufzuzeigen, an welchen Stellen mit welchen Hebeln der Klimaschutz ansetzen kann und muss.

Die Ergebnisse eines solchen Summits sollten in einer „Klimaplattform Landwirtschaft“ (s.u.) zusammengeführt und für weiteres Agieren bereitgehalten werden.

Anstelle über die Düngeverordnung grundsätzliche Einschränkungen der Stickstoffdüngung zu erzielen, gilt es vielmehr dezidiert standortspezifisch vorzugehen und über das Stickstoffangebot im Boden und den Stickstoffbedarf der Pflanze ein spezifisches Düngemanagement aufzubauen und somit Lachgasfreisetzungen zu mindern. Hilfreich sind dabei Entscheidungshilfetools wie sie in Webservices durchaus verfügbar sind.

Die Düngeverordnung muss auf den Prüfstand gestellt werden: Dass die pauschal festgelegte Gesamtmenge eines Betriebes von durchschnittlich 170 kg N pro Hektar und Kalenderjahr mittels organischer und organisch-mineralischer Düngung nicht überschritten werden darf²⁴, steht dem Bestreben nach einer verminderten Mineraldüngerverwendung zuwider. Standortadäquate Nutzung von vorhandenem Wirtschaftsdünger, trotz etwaiger Unwägbarkeiten hinsichtlich der Nährstoffverteilung, trägt zur Schließung der Stoffkreisläufe und zur Stärkung des Klimaschutzes bei.

Wenig hilfreich ist es hingegen, die Klimaschutzwirkungen am Ertrag einzelner Nutzpflanzen festzumachen, wenn gleichzeitig durch verstärkten Einsatz von Betriebsmitteln

²³ Vgl. <https://www.agrarzeitung.de/nachrichten/personen/niederlande-eigenes-ministerium-fuer-stickstoff-98970>; aufgerufen am 01.05.2022.

²⁴ Vgl. §6 der [Düngeverordnung](#).

die Erträge gesteigert werden und die Gesamtbetriebsbilanz ein stetiges Ansteigen der THG-Emissionen aufzeigt.

Empfohlen wird, Landwirte anzuhalten, klare Klimaziele für den Betrieb zu definieren. Noch besser wären verbindliche Klimaziele für entsprechend definierte Klimaregionen. Damit würden nachhaltig Minderungspotenziale genutzt, indem standort- wie klimaadäquat produziert wird.

Fragen der Wettbewerbsfähigkeit müssten dabei als eigene Systemgrenze definiert werden.

Mehr Augenmerk sollte auf mögliche Verlagerungen von kleinen und Sonderkulturen von der Fläche in die Gewächshäuser i.w.S. und unter Einbeziehung des Urban Farming gerichtet werden.

Stetige klimaeffiziente Verbesserungen der Gewächshäuser selbst wie auch des Anbaus in diesen, verbunden mit der Möglichkeit (Stoff-)Kreisläufe besser schließen zu können, machen eine noch stärkere Verlagerung bestimmter Kulturen von der Fläche ins Gewächshaus sinnvoll. Hier muss eine umfassende, belastbare Klimabilanzierung (Klimarechner) ermöglicht werden. Dies gilt im Zusammenhang mit dem Aufbau regionaler Wertschöpfungsketten oder auch nur unter Berücksichtigung einzusparender Transportkosten etc.

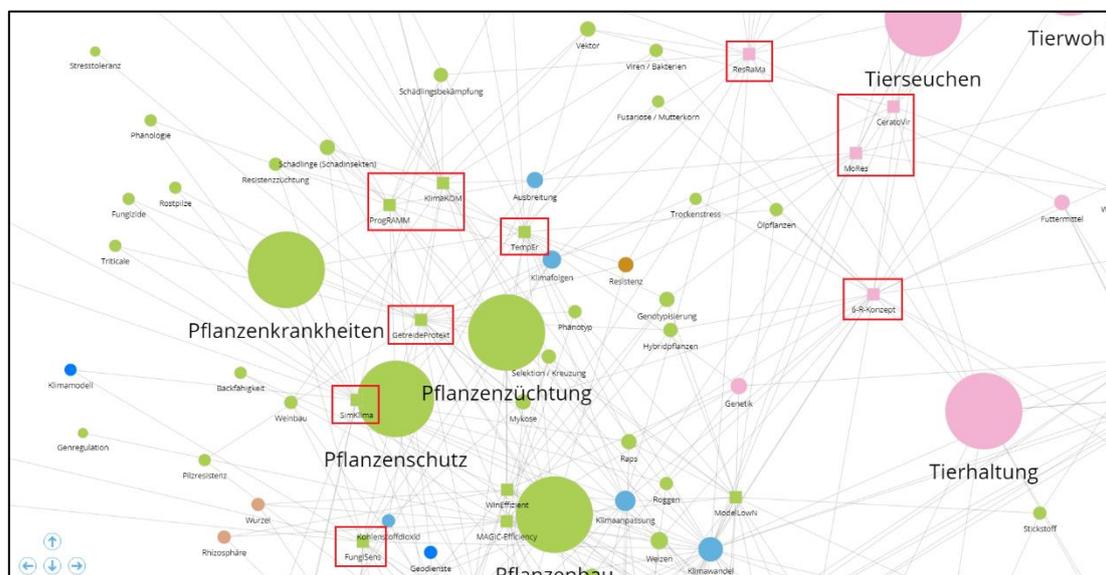
Klimaanpassung in der Landwirtschaft

Bei der Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion an die Folgen der Erderwärmung geht es in erster Linie darum, den Weg zu einem weniger exponierten, weniger vulnerablen und dafür resilienten landwirtschaftlichen System zu bereiten. Die Folgen der globalen Erwärmung, die unmittelbar die Landwirtschaft betreffen, sind divers und regional unterschiedlich – aber mit sehr wenigen Ausnahmen fast überall negativ²⁵. Ganz grundsätzlich sorgt die globale Erwärmung für Veränderungen der Rahmenbedingungen, der Geofaktoren, für die Agrarökosysteme. Abgesehen von den steigenden Temperaturen selbst, fallen sich verändernde Niederschlagsmuster (v.a. verringerter Sommerniederschlag) in Kombination mit teils langanhaltender Trockenheit mit Auswirkungen auf die Wasserverfügbarkeit ins Gewicht. Häufiger auftretende Extremwetterereignisse, wie Starkregen und Hagel, Hitze und Spätfröste stellen ein Problem dar. Ebenfalls mit der globalen Erwärmung einher geht ein erhöhter Druck durch Schädlinge und Krankheiten, die sich teilweise neu etablieren können oder durch ausbleibende Fröste im Winter mehrere Generationen ausbilden. Diese und weitere Folgen der globalen Erwärmung haben einen Effekt auf den Pflanzenbau (etwa durch Ernteausfälle oder zumindest -minderungen) wie auch auf die Tierhaltung (etwa durch Hitzestress für die Tiere oder durch Verluste in der Futtermittelproduktion).

²⁵ Ausführlicher z.B. im [Bericht](#) der europäischen Umweltagentur (EEA) aus dem Jahr 2019: Climate Change in the agriculture sector in Europe.

Um die zukünftige landwirtschaftliche Produktion gegenüber den sich verändernden Bedingungen zu wappnen, das System resilient zu gestalten, gilt es seitens der Forschung Strategien zu entwickeln, die dieses Vorhaben unterstützen.

Klimaanpassung: Pflanzenschutz und Tiergesundheit



Beitrag der KLIMAGRAR-Projektgemeinde

Die Anpassung der Agrarproduktion hinsichtlich des steigenden Schädlings- und Krankheitsdrucks wurde in den KLIMAGRAR-Projekten vielfach adressiert. Neben breit gefächerten Ansätzen, die der generellen, deutschlandweiten Simulation des künftigen Schaderregerdrucks im Pflanzenbau dienen (SIMKLIMA) oder einer regional ausgelegten Risikoanalyse hinsichtlich der künftigen Verbreitung klimasensitiver Schädlinge – u.a. die Marmorierete Baumwanze (PROGRAMM) –, wurden einige Teilbereiche spezifischer betrachtet. Darunter Pilzkrankheiten einerseits im Getreideanbau – hauptsächlich Rostpilze (GETREIDEPROTEKT) –, andererseits im Weinbau – echter und falscher Mehltau (FUNGISSENS) – sowie Möglichkeiten zur frühzeitigen Erkennung und Ausbreitungsprognosen. Weiterhin wurden die Auswirkungen der Erderwärmung auf das „Zusammenspiel“ von Raps und dem Wasserrübenvergilbungsvirus (TuYV) sowie tierischen Schaderregern – hauptsächlich Blattläuse – untersucht (TEMPER). Der Einfluss der Veränderung der atmosphärischen Konzentration von CO₂ und Ozon auf biotechnische Pflanzenschutzmaßnahmen in Sonderkulturen, die auf der chemischen Kommunikation von Insekten beruhen, stand im Fokus der Untersuchungen (KLIMAKOM), genauso wie mögliche Auswirkungen der steigenden Temperaturen auf die generelle Fungizidwirksamkeit (SIMKLIMA).

In der Tierhaltung spielte vor allem ein präventives Management von Vorratsschädlingen, der norwegischen Wanderratte, eine Rolle (RESRAMA). Aber auch die Resistenzzüchtung in der Schafproduktion hinsichtlich klimatisch begünstigter Krankheitserreger wie der Moderhinke (MORÉS) sowie die Untersuchung der möglichen künftigen Rolle von Gnitzen als Vektoren für Pathogene wie Blauzungen- und Schmallenberg-Viren (CERATOVIR).

Konkrete Projektergebnisse:

- ☼ In der Folge der globalen Erwärmung wurden ein verstärktes Auftreten und eine zunehmende Ausbreitung klimasensitiver Schädlinge und Krankheitserreger festgestellt (verschiedene Wanzen, echter und falscher Mehltau oder aber die Verbreitung von Phytoplasmen über Zikaden und Blattflöhe).²⁶
- ☼ Auch bei Vorratsschädlingen (hier die norwegische Wanderratte) treten wärmeliebende Arten z.T. in großer Zahl in Regionen auf, in denen sie früher nicht zu finden waren.²⁷
- ☼ Grundsätzlich waren Minderwirkungen nicht-chemischer Methoden im Pflanzenschutz durch erhöhte Temperaturen nachzuweisen.²⁸
- ☼ Für eine feinmaschige Überwachung und damit einhergehende frühzeitige Schaderregerfeststellung wurden z.B. optische Detektionen mittels wirksamer Sensoren und drohnengestützter Multi- und Hyperspektralanalysen entwickelt.²⁹
- ☼ Es wurden mehr und mehr umfassende Datensätze zusammengestellt, um Prognosen hinsichtlich der Ausbreitung mit Hilfe von Modellrechnungen, die ebenfalls mit Daten aus Klimamodellen angetrieben werden, zu generieren. Zudem lässt sich auf Basis ausreichender Daten das Schadpotenzial bestimmter Arten besser abschätzen.³⁰
- ☼ Dass man sich beispielsweise die chemische Kommunikation zwischen Schädlingen und Günstlingen zunutze machen kann, ist hinlänglich bekannt. Etwa mithilfe der Verwirrmethode können Männchen nicht mehr zum Weibchen finden, wodurch die Eiablage dieser Schädlinge verhindert wird. Steigende CO₂-Konzentrationen beeinflussen diese Methode nach derzeitigen Erkenntnissen nicht, so dass sie weiterhin erfolgreich durchgeführt werden kann. Allerdings hat die globale Erwärmung bereits messbare Effekte auf Pheromone, die durch die erhöhten Temperaturen schneller abgebaut werden.³¹
- ☼ Allenthalben wird festgehalten, dass
 - ☼ die frühzeitige Befallsfeststellung dazu beiträgt, den Bedarf an Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren,
 - ☼ die Wahl von Kulturen bzw. Sorten zu einer Reduzierung von Pflanzenschutzmitteln beitragen kann,
 - ☼ modellbasierte Risikoabschätzungen und die Erstellung von Risikopotentialkarten gewinnbringend und eine wesentliche Voraussetzung zum Aufbau effizienter Überwachungssysteme sind,
 - ☼ der Einsatz von Apps mit Bilderkennung ggf. beim Erfassen auffälliger oder häufig auftretender Arten nützlich ist,

²⁶ FUNGISENS ☼ · [GETREIDEPROTEKT](#) ☼ · [PROGRAMM](#) ☼ · [TEMPER](#) ☼

²⁷ [RESRAMA](#) ☼

²⁸ [KLIMAKOM](#) ☼

²⁹ [FUNGISENS](#) ☼

³⁰ [SIMKLIMA](#) ☼

³¹ [KlimaKOM](#) ☼

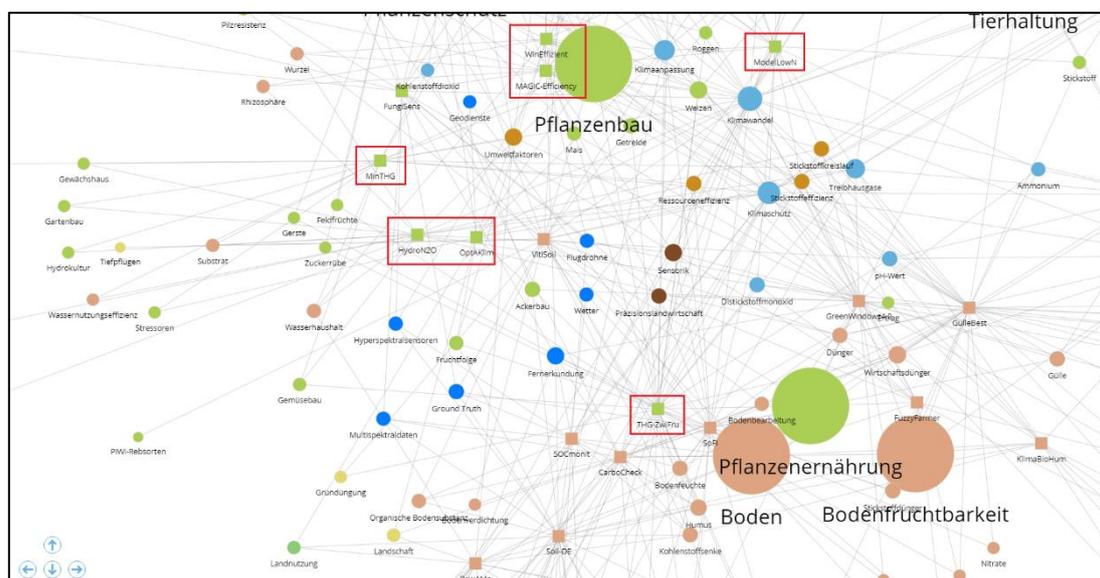
- ☼ eine ausreichende Datenbasis vorausgesetzt, auffällige Arten ggf. Zeigerorganismen für unauffällige Schadorganismen mit ähnlichen klimatischen Ansprüchen sein können.

Zwischenfazit:

Die Gemengelage könnte kaum herausfordernder sein: Infolge der globalen Erwärmung steigt der Druck durch Schädlinge und Krankheiten, gleichzeitig sollen die Erträge gesteigert und der Einsatz von synthetischen Pflanzenschutzmitteln deutlich reduziert werden, um auch Resistenzbildung zu vermeiden. Die KLIMAGRAR-Forschungsprojekte nehmen sich dieser Herausforderung an und rücken dabei im Bereich Pflanzenschutz und Tiergesundheit vor allem die frühzeitige Erkennung eines Schaderregerbefalls bzw. des Auftretens von Krankheiten im Sinne eines fokussierten Monitorings in den Mittelpunkt, das ein rechtzeitiges Ergreifen von Maßnahmen erlaubt. Über Datenbanken, Datenplattformen und unterschiedliche Web (Map) Services (WMS) werden relevante Daten analysiert, gebündelt und bereitgestellt.

Anzumerken ist, dass die Projektgemeinde vor allem Themen des Pflanzenschutzes abdeckte und dass die Tiergesundheit per se eine eher untergeordnete Rolle spielte. Es gilt, diese vielen, an mehreren Stellen ansetzenden Forschungsarbeiten zu bündeln.

Klimaanpassung: Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung



Beitrag der KLIMAGRAR-Projektgemeinde

Neben dem umfangreichen Fokus auf die Ausbreitung von Schädlingen und Krankheiten, waren hinsichtlich der Anpassung der Agrarproduktion an die Folgen der Erderwärmung in den KLIMAGRAR-Projekten auch grundlegende pflanzenbauliche Maßnahmen Gegenstand der Untersuchungen. In übergreifenden Ansätzen wurden zukünftige Anbaustrategien unter sich verändernden klimatischen Bedingungen mit regionalem Bezug adressiert (OPTAKLIM), die auch die Fruchtfolgegestaltung untersuchten, insbesondere hinsichtlich der Integration von Zwischenfrüchten, vor

allem Leguminosen, und damit einhergehender vielfacher Vorteile wie eine reduzierte N-Auswaschung, die Speicherung von Bodenkohlenstoff sowie reduzierte Düngung in der Folgefrucht (THG-ZWIFRU). Die regional standortadäquate Wiedereinführung bestimmter Kulturen (hier Roggen) als Futtermittel, die bereits einen resilienteren Umgang mit den Folgen der Erderwärmung erlauben, ist in diesem Zuge ebenfalls zu nennen (6-R-KONZEPT³²).

Aus pflanzenzüchterischer Sicht galt der Fokus unter anderem der Steigerung der Trockenstresstoleranz und Nährstoffnutzungseffizienz von Winterweizen (WINEFFIZIENT) sowie der Identifikation von Winterweizen-Genotypen mit gesteigerter N-Nutzungseffizienz (MAGIC-EFFICIENCY). Sowohl diese Maßnahmen als auch die im Projekt MODELLOWN durchgeführten Untersuchungen zwecks Rapsorten mit gesteigerter N-Nutzungseffizienz bei Ertragsgleichheit zeigten auf, dass die Pflanzenzüchtung ein Hebel für Klimaanpassung und für den Klimaschutz zugleich sein kann (s.o.). Weiterhin waren Gewächshaussysteme für den hydroponischen Gartenbau, deren Stellenwert in vielfacher Hinsicht, z.B. im Sinne des Urban Farmings, aber auch eines reduzierten klimawandelbedingten abiotischen Stresses sowie eines schonenden Umgangs mit Ressourcen, in Zukunft steigen wird, Gegenstand der Untersuchungen, unter anderem hinsichtlich der Energie- und Wassernutzungseffizienz in geschlossenen Gewächshaussystemen (MINTHG).

Konkrete Projektergebnisse:

- ☼ Durch die Fruchtfolgegestaltung, Integration von Leguminosen, die Behandlung von Ernterückständen und weitere Managementmaßnahmen oder den Anbau von Zwischenfrüchten lässt sich entscheidend Einfluss auf den Bodenkohlenstoff und die Stickstoffumsetzung nehmen – gleichzeitig ein Beitrag zum Naturschutz durch Minderung der Stickstoffbelastung wie auch zum Klimaschutz.³³
- ☼ Ein Webservice für regional angepasste Anbaulösungen zu Klimaanpassung und Klimaschutz, auf Basis unterschiedlicher Szenarien, als Entscheidungsunterstützung für Landwirte.³⁴
- ☼ Steigerung der Trockenstresstoleranz und Effizienz in der Nährstoffaufnahme von Winterweizen in einem optimierten Fruchtfolgesystem und Düngeregime.³⁵
- ☼ Optimierte Pflanzenbaumethoden durch ein deutlich gesteigertes Wurzelwachstum bei Rapsorten. Außerdem zeigten Versuche, dass moderne Rapsorten bei erheblich reduziertem Einsatz von Stickstoffdünger den gleichen Ertrag erzielen können.³⁶
- ☼ Rezyklierbare und klimaeffektive Alternativen (organische Substrate wie Hanf, Sphagnum und Holzfaser) zur Steinwolle als Substrat im hydroponischen Gemüsebau, effiziente Kühlsysteme durch Wasservorhänge sowie die genaue Steuerung des Klimas im geschlossenen Gewächshaus zur exakten Kontrolle der Kreisläufe.³⁷

³² Dieses Projekt wird in mehreren Bereichen erwähnt, da es durch die Verbindung von standortadäquatem, klimagerechtem Futtermittelanbau und der Tiergesundheit verschiedene Teilaspekte adressiert.

³³ [THG-ZwiFru](#) ☼

³⁴ [OptAKlim](#) ☼

³⁵ [WinEffizient](#) ☼

³⁶ [ModellLowN](#) ☼

³⁷ [MinTHG](#) ☼

Zwischenfazit:

Der Fokus auf züchterische Maßnahmen, die vor allem auf eine N-Nutzungseffizienz sowie eine genetische Resilienz gegenüber klimawandelbedingtem abiotischen Stress erscheint sinnvoll, da so mehrere Problematiken gleichermaßen adressiert werden können. Hier überschneiden sich Aspekte der Klimaanpassung und des Klimaschutzes, so dass in pflanzenzüchterischen Ansätzen Potentiale für den Beitrag zum klimagerechten Handeln in der Landwirtschaft deutlich werden. Der regional unterschiedlichen Ausprägung der Folgen der globalen Erwärmung wird ebenfalls Rechnung getragen – ein Beitrag zur zukünftig standortadäquaten Anpassung an sich verändernde Gegebenheiten. Unter diesen Aspekt fällt auch der Gartenbau im Gewächshaus, der unabhängig von sich verändernden klimatischen Bedingungen erfolgen kann.

Synthese – Klimaanpassung in der Landwirtschaft

Es gilt immer wieder zu betonen, dass sich die Landwirtschaft, selbst wenn die globale Erwärmung auf maximal 1,5 Grad begrenzt werden sollte, auf klimawandelbedingte Veränderungen einstellen muss. Vermeintliche Gewinner dieser Veränderungen sind Schädlinge und Krankheiten, die durch neue und stärkere Ausbreitung im Extremfall Ökosysteme an sogenannte Kippunkte bringen und große Flächen und ganze Kulturen dauerhaft schädigen.

Die durch klimatische Veränderungen begünstigte Ausbreitung neuer Schaderreger erhöht die Schäden für die Ökosysteme, die Landwirtschaft und damit auch für den Menschen und die Kulturlandschaft. Dies erfordert seitens der Agrarklimapolitik ganz besondere Aufmerksamkeit. Es kann mit Hilfe der Forschung gelingen, hier stärker in die Vorsorge zu kommen, beispielsweise über Ansätze der Agrarökologie, in denen systemische Betrachtungsweisen im Einklang mit natürlichen Prozessen im Fokus stehen, die vermehrt Ökosystemleistungen und Wechselbeziehungen (z.B. zwischen natürlichen Gegenspielern) in den Ökosystemen beachten.

Agrarökologische Herangehensweisen können ebenfalls dazu beitragen, die Landwirtschaft hinsichtlich sich veränderndem Wettergeschehen resilienter zu gestalten, beispielsweise um Regenwasser länger im System zu halten.

Dringlich erforderlich, ja unumgänglich ist eine systemische Betrachtung zur zunehmenden geographischen Ausbreitung von Krankheiten und Schädlingen, zu Ernteverlusten aufgrund der Schäden durch Schadorganismen bis hin zur Wirksamkeit bisheriger Maßnahmen. Zukünftige Alternativen zur Schädlingsregulierung sind zu erarbeiten. Die laufende Forschung zeigt auf, dass es dazu noch deutliche Kenntnislücken gibt.

Verschiebungen des Wettergeschehens erfordern neue Monitoringansätze. Die Feststellung von Schädlingen muss bereits zu einem Zeitpunkt erfolgen, an dem der Befall noch nicht groß ins Auge fällt.

Ein fokussiertes Monitoring zur frühzeitigen Feststellung des Populationsaufbaus von Schaderregern sowie ein vorgezogener Beginn des

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Projekträger



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

Monitorings im Jahresverlauf sind Voraussetzung für ein rechtzeitiges Ergreifen von Maßnahmen.

Auch müssen zukünftig die Managementmethoden dieser Problematik verändert und in eine systemische Betrachtungsweise überführt werden.

Bisher vorrangig an Einzelproblemen ansetzende Managementmethoden müssen zukünftig ganzheitlich angegangen werden. Forschung muss diesbezüglich stärker auf den Bedarf der Praxis zugeschnitten sein, Erfahrungen auf beiden Seiten müssen systematisch ausgetauscht werden. Landwirte müssen in die Forschung, vor allem in das Monitoring, einbezogen werden.

Für eine feinmaschige Überwachung und damit einhergehende frühzeitige Schaderregerfeststellung stehen neue technische Verfahren wie die optische Detektion mittels Sensoren und drohnengestützte Multi- und Hyperspektralanalysen zur Verfügung. Der flächendeckende Einsatz erfordert gezielte Unterstützung seitens der Agrarklimapolitik.

Ein frühzeitiges, fokussiertes Monitoring wird letztlich besonders effizient unter Mithilfe der Landwirte ermöglicht, die zudem einen direkten Kontakt zur Wissenschaft haben sollten, um dann geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen und einer flächigen Ausbreitung von Schaderregern oder Schädlingen frühestmöglich entgegenzutreten.

Das BMEL sollte einen Fonds einrichten, um an fokussiertem Monitoring und neuen Managementmethoden beteiligte Landwirte, die bei dem „gemeinsamen Experimentieren“ gewisse zusätzliche Risiken übernehmen, wie das frühzeitige Exponieren als „Gefahrenquelle“, ggf. finanziell kompensieren zu können.

Eine Grundvoraussetzung für strategisches Vorgehen ist die Erstellung umfassender Datensätze, um Prognosen hinsichtlich der Ausbreitung mit Hilfe von Modellrechnungen zu generieren, die ebenfalls mit Daten aus Klimamodellen angetrieben werden. Zudem lässt sich auf Basis ausreichender Daten das Schadpotential bestimmter Arten besser abschätzen.

Seitens des BMEL sollte länder- und einrichtungenübergreifend eine zentrale Anlaufstelle eingerichtet werden, um über (bereits verfügbare) Datenbanken, Datenplattformen, Webservices und Geoportale relevante Daten zu analysieren, zu bündeln und bereitzustellen. Es gilt, stetig neue Tools zu integrieren und aktuelle Informationen abzurufen.

Als ersten Schritt in Richtung einer zentralen Anlaufstelle sollte das BMEL den Aufbau eines übergeordneten Expertennetzwerks nutzen, um notwendige wie greifbare systemische Ansätze zu validieren und neue infrastrukturelle oder gar institutionelle Voraussetzungen vorzubereiten.

Trotz der Vielzahl an untersuchten Aspekten im Bereich Klimaanpassung in der Landwirtschaft zeigt sich hoher Handlungsbedarf. Es sind aber unmittelbar Kenntnisse verfügbar, die ein gezieltes Handeln ermöglichen, den zunehmend drohenden Gefahren entgegenzutreten. Weiteres Warten auf Kenntniszuwachs oder weitere Klärung von Zuständigkeiten bzw. Kompetenzen können keine Entschuldigung sein, nicht bereits jetzt Maßnahmen auf den Weg zu bringen.

Beitrag der KLIMAGRAR-Projektgemeinde

Die wichtige Rolle des Bodens, speziell mit Blick auf Humus und den organischen Bodenkohlenstoff, wurde durch ein Themencluster im Forschungsprogramm unterstrichen. Ausgehend von der deutschlandweiten Kartierung bestimmter Indikatoren zur Bewertung von Ertragsfähigkeit, Nutzungsintensität und Vulnerabilität landwirtschaftlich genutzter Böden, auf Basis verschiedener Informationen (SOIL-DE), über das Monitoring des organischen Bodenkohlenstoffs mittels Daten aus Fernerkundung und Proximal-Bodenerfassung (SOCMONIT), bis hin zu der Nutzung, Kombination und Bereitstellung von Geodaten als Entscheidungshilfe für Landwirte hinsichtlich einer bodenschonenden Bewirtschaftung und einer umweltgerechten Düngung (SoFI), wurden mehrere webbasierte Interfaces und Anwendungen geschaffen. Auch eine Vorort-Messung des Bodenkohlenstoffs auf landwirtschaftlich genutzten Flächen wurde mittels einer bildverarbeitenden App realisiert (CARBOCHECK). Vorteile hinsichtlich der langfristigen Speicherung von Kohlenstoff konnten im Weinbau aufgezeigt werden, wo organisches Material tief in Weinbergböden eingearbeitet wurde, die im Gegensatz zu Ackerböden mehrere Jahrzehnte unberührt bleiben (VITISOIL). Eine potentielle, klimaschonende Weiternutzung organischen Materials aus Bioabfällen wurde ebenfalls untersucht (KLIMABIOHUM). Der beschriebene Verlust von Kohlenstoffsenken wurde mittels Maßnahmen, Moorböden bis zu einem bestimmten Pegel wieder zu vernässen, der sowohl Klimaschutz als auch landwirtschaftliche Nutzung zulässt, adressiert. Um die Dringlichkeit dieser Maßnahmen aufzuzeigen, wurden Kategorien der Schutzwürdigkeit von Mooren erstellt (BEWAMO).

Konkrete Projektergebnisse:

- ☼ Webviewer mit Informationen zur Bewertung der Funktionalität, der Potentiale und der Nutzungsintensität von Böden.⁴¹
- ☼ GeoBox-Infrastruktur⁴² als Entscheidungs- und Handlungshilfe zur klimafreundlichen Bodenbearbeitung und zum Düngemanagement, in die ebenfalls Ergebnisse weiterer Projekte eingeflossen sind.⁴³
- ☼ Mapping-Toolbox zur Kartierung des organischen Kohlenstoffs in Ackerböden.⁴⁴
- ☼ Eine fotobasierte Anwendung (App) zur teilschlaggenauen Bestimmung der Bodenhumusgehalte.⁴⁵
- ☼ Einarbeitung von organischem Material in tiefe Bodenschichten, die für 30 Jahre nicht mehr bearbeitet werden, um langfristige Kohlenstoffspeicherung zu ermöglichen.⁴⁶
- ☼ Ein Bewertungstool zur Quantifizierung der C-Speichermengen und Feststellung der Vulnerabilität im Sinne potentieller C-Verluste. Daran anschließend eine Erstellung

⁴¹ SOIL-DE ☼: <https://www.soil-de.eomap.de/>.

⁴² GEOBOX-Infrastruktur ☼, Ein BMEL-gefördertes Projekt, nicht unmittelbar aus dem Kreis der 32 KLIMAGRAR-Projekte: <http://geobox-infrastruktur.de/>.

⁴³ SoFI ☼

⁴⁴ SOCMONIT ☼: <https://www.remote-sensing-solutions.com/kartierung-des-organischen-kohlenstoffbestandes-soc-des-bodens/>.

⁴⁵ CARBOCHECK ☼: <https://www.carbocheck.de/carbocheck-tool/>.

⁴⁶ VITISOIL ☼

von Kategorien der Schutzwürdigkeit hinsichtlich des Klimaschutzes mit Blick auf eine nachhaltige Nutzung und nachhaltiges Wassermanagement auf Moorstandorten.⁴⁷

Zwischenfazit:

Der Problematik rund um den Erhalt und den Aufbau von Kohlenstoff in landwirtschaftlich genutzten Böden wurde schwerpunktmäßig hinsichtlich der Quantifizierung und der Genauigkeit der Informationsgewinnung (zeitlich wie räumlich) Rechnung getragen. Im Kern ging es um die Kartierung, direkt auf dem Acker und aus der Ferne, und einen vereinfachten Zugang zu den Informationen über Bodenkohlenstoffgehalte in Form von unterschiedlichen webbasierten Services und Anwendungen. In diesem Zusammenhang wurden die Informationen über Bodenkohlenstoffgehalte auch mit anderen Geodaten in Beziehung gesetzt und in Web Map Services zur Verfügung gestellt. Diese Ergebnisse dienen in erster Linie als Entscheidungshilfen für Landwirte, die diese Informationen in eine klimaschonende Bodenbewirtschaftung überführen sollen. Maßnahmen zum aktiven Humuserhalt oder zur Humusmehrung wurden vor allem im Weinbau untersucht, sowohl in bestehenden als auch in neu angelegten Systemen.

Durch die Entwicklung eines Bewertungstools für Moorschutzkategorien kann ein Weg in Richtung nachhaltigem Umgang mit Mooren und damit der Wiederetablierung einer natürlichen THG-Senke geebnet werden. Dabei wurde auch klargestellt, dass die Betrachtung sozioökonomischer Aspekte bei der erneuten Vernässung von Moorböden ein entscheidender Faktor ist.

Synthese – Boden als Klimafaktor

Auch wenn hier Ansätze in diese Richtung aufgezeigt wurden, wird der Boden grundsätzlich nach wie vor nicht genügend als Klimafaktor betrachtet. Dem gilt es auch bzgl. einer institutionellen Zuordnung bzw. Zuständigkeit Rechnung zu tragen. Projekte wie SOIL-DE können als Nukleus einer solchen Struktur verstanden werden. Allerdings entwickelt sich derzeit eine unübersichtliche Vielfalt an Webservices⁴⁸, die mit unterschiedlichsten Teilausrichtungen Entscheidungsunterstützungstools für Politik wie für Landwirtschaft aufbauen. Vielfalt ist in diesem Kontext aber nicht immer zielführend. Hier gälte es, die Entwickler der vielfältigen Anwendungen und Services an einen Tisch zu holen, die verschiedenartigen Vorgehensweisen auszuwerten und zu synthetisieren, um eine gesamtausgerichtete Orientierung zu geben.

Um dem Medium Boden in der Agrarklimapolitik genügend Rechnung zu tragen, sollte ein übergeordneter Web Map Service aufgebaut werden, um länder- und insbesondere einrichtungsübergreifend vergleichbare Ansätze zu verfolgen und zukünftige Webinterfaces im Ablauf zu optimieren.

⁴⁷ BEWAMO[☼]

⁴⁸ Webservices allein in dieser Projektförderung: Boden ([SoFI](#)[☼], [SOIL-DE](#)[☼]), Pflanzenbau ([OPTAKLIM](#)[☼], [PROGRAMM](#)[☼]), Tierhaltung ([REMISSIONDAIRY](#)[☼]).

Dem BMEL wird dringlich die Gründung eines „Wissenschaftlichen Agrartransformationsforschungszentrums“⁴⁹ empfohlen, einem Zentrum, das in ganz besonderer Weise die beschriebene Bündelungsfunktion wahrnimmt und zusätzlich zu und mit den bestehenden Forschungseinrichtungen konzertiert die komplexen Fragestellungen in neuer Weise systemisch angeht.

Böden können erhebliche Mengen an Kohlenstoff speichern und spielen somit im Klimageschehen eine wesentliche Rolle. Für die dafür essentiellen Auf- und Abbauraten von organischem Material fehlt es noch an Kenntnissen, welche Maßnahmen an welchen Standorten besonders empfehlenswert sind, um die größtmögliche Humusmehrung zu erreichen. Ziel weiterreichender Forschung mit Fokus auf den Boden muss es sein, Fragen rund um die Wirkung einzelner Maßnahmen zu beantworten. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass diese besonders effizient sind, wenn sie nicht allein auf den Klimaschutz abzielen, sondern sich gleichzeitig auch auf positive pflanzenbauliche Aspekte wie Ertragsfähigkeit und Nährstoffeffizienz auswirken. Hier gilt es auf eine langfristige Datenerhebung und konsistente Datenauswertung zurückgreifen zu können.

Die Möglichkeiten zum Humuserhalt und -aufbau und zur langfristigen Kohlenstoffbindung in landwirtschaftlich genutzten Böden muss standortspezifisch transparent aufgezeigt und die Potenziale realistisch eingeordnet werden. Insbesondere sollte die Rolle der Fruchtfolge als Maßnahme zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung hervorgehoben werden, wie auch die multifunktionale Rolle der Hecken, der Agroforstsysteme und der Knicks (Kohlenstoffsенke, Beitrag für Biodiversität, Beitrag zum Wasserhaushalt, Erosionsschutz).

Angeregt wird letztlich, dies nicht flächen- oder betriebsspezifisch anzugehen, sondern auf sog. Klimaregionen (Naturräume) zu beziehen.

Ein C_{org}-Monitoring benötigt valide Messungen und belastbare Daten. Nur so ist eine etwaige Einbeziehung in einen CO₂-Zertifikatehandel⁵⁰ auf den Prüfstand zu stellen. Nach derzeitigem Stand der Diskussion kann die viel zu vage einzuschätzende Senkenfunktion der Ackerböden nicht glaubhaft vertreten werden.

Wenn die Senkenfunktion, also die langfristige Kohlenstoffbindung, gegeben ist, wird empfohlen, neue Geschäftsmodelle für landwirtschaftliche Betriebe zu entwickeln. Dies gilt insbesondere für Moorstandorte (organische Böden), für Grünland i.w.S., für Agroforstsysteme wie für Strukturelemente in der Landschaft (z.B. Knicks).

In diesem Kontext wird dringend empfohlen, die Regelung zu ändern, eine Fläche mit Ackerstatus, die als Grünland genutzt wird, nach fünf Jahren zwanghaft wieder umbrechen

⁴⁹ Dieses Zentrum liefe dann jenseits der klassischen Forschungsförderung und betreibt als experimentelles Netzwerk Dauerforschung, durchbricht also die üblichen (zeitlichen) Begrenzungen von Forschungsprojekten. Als Forschungsstruktur könnte eine Innovationsgenossenschaft dienen, an der neben den Wissenschaften weitere Akteure entlang der landwirtschaftlichen Wertschöpfungskette beteiligt sind. Grundsätzlich müssen in der Struktur alle Transformationsfelder institutionell abgebildet werden. Es würde diesem Zentrum aber auch abverlangt, dass am Ende eine bessere, resiliente, wirklich nachhaltige Landwirtschaft steht, die breite gesellschaftliche Akzeptanz findet.

⁵⁰ Unabhängig von der derzeitigen Diskussion auf europäischer Ebene.

zu müssen, um den Ackerstatus nicht zu verlieren⁵¹. Im Sinne des Klimaschutzes muss dies flexibler gestaltet werden.

Themenübergreifende Synthese und Handlungsempfehlungen

Klimaschutz und Klimaanpassung werden in der agrarpolitischen Dringlichkeit oftmals hintangestellt, insbesondere, wenn andere Themen besondere politische Aufmerksamkeit erfordern und etwa der derzeitige Ukraine-Krieg auch im Landwirtschaftssektor plötzlich einen ganzen neuen Rahmen setzt, so dass die Diskussion in Deutschland um globale wie auch nationale Ernährungssicherung dominiert. Umso mehr gilt die Handlungsempfehlung:

Trotz schwieriger Rahmenbedingungen und neuen Dringlichkeiten zur Ernährungssicherung muss sich die Agrarpolitik weiterhin den Herausforderungen der globalen Erwärmung stellen. Auch wenn die globale Erwärmung bei maximal 1,5 Grad gestoppt werden kann, wird sich die Landwirtschaft auf einschneidende Veränderungen einstellen, den transformativen Prozess vorantreiben und Anpassungsbestrebungen intensivieren müssen.

Die Digitalisierung in der Landwirtschaft eröffnet in der Transformation hin zu einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion ganz neue Möglichkeiten, Abläufe in ihrer ganzen Komplexität zu verknüpfen und dem Kreislaufbestreben entgegenzukommen. Dies betrifft die (agrar-)technischen Entwicklungen und ebenso die Chance, sich wieder stärker natürliche Prozesse zu eigen zu machen (im weiteren Verlauf *Rebiologisierung* genannt), was weit über den üblichen Ökolandbau hinausgehen kann. Wenn im Sinne einer Rebiologisierung wieder kleinere, vielfältigere Strukturen entstünden, ermöglichte beispielsweise Robotik, mit diesen Einheiten in der Landschaft um- und effizienter teilflächenspezifisch vorzugehen.

Für einen effizienten Klimaschutz gilt es, die Rebiologisierung in der Landwirtschaft voranzutreiben, um konsequent die Funktionen der natürlichen Systeme zu nutzen.

Tabelle 3: Rebiologisierung in der Landwirtschaft

Auch in der Landwirtschaft beziehen sich die Maßnahmen zum Klimaschutz oftmals auf das technische Minderungspotenzial der THG. Dies sollte auch weiterhin, insbesondere in Hinblick auf die Digitalisierung in der Landwirtschaft, beispielsweise zusammen mit der Landtechnikindustrie, weiter entwickelt und genutzt werden. Dabei gilt es mehr denn je die Funktionen von natürlichen Systemen (Ökosystemleistungen) zu nutzen.

Eine solche Rebiologisierung der Landwirtschaft erfordert aber einen Ansatz, der den Hintergrund von naturbasierten Lösungen (Nature-based Solutions, NbS⁵²) im weitesten Sinne einbezieht. Es gilt also den Mehrwert zu nutzen, den Synergien zwischen dem Funktionieren natürlicher Systeme, landwirtschaftlicher Produktionsweisen und gesellschaftlichen Anforderungen, u.a. auch an den Klimaschutz, erbringen.

⁵¹ Vgl. Verordnung zur Durchführung der GAP-Direktzahlungen (GAP-Direktzahlungen-Verordnung – [GAPDZV](#)).

⁵² Vgl. Definition der IUCN (2016); <https://www.iucn.org/theme/nature-based-solutions> (aufgerufen am 25.04.2022).

Dazu gilt es als ersten Schritt einen integrativen Prozess einzuleiten, um die realistischen Potenziale von NbS einzuschätzen und damit

- ☼ die Qualität der verfügbaren Informationen auf den Prüfstand zu stellen,
- ☼ realistische Flächenverfügbarkeiten für NbS aufzuzeigen,
- ☼ den Einfluss von Maßnahmen auf THG-Flüsse zu erheben,
- ☼ Unsicherheiten in Bezug auf Kohlenstoffflüsse und Quantifizierungsmethoden zu bereinigen sowie
- ☼ die Wirkungen der globalen Erwärmung mit einzubeziehen.

Vorhandene Unsicherheiten bedeuten aber nicht, dass nicht unmittelbar Umsetzungen beginnen sollten. Hier ist ein stetiger Lernprozess vonnöten, der erfordert, dass alle relevanten Akteure immer einbezogen werden sollten.

Grundsätzlich ist offensichtlich, dass Potenziale zur Minderung der THG-Emissionen durch Bedrohung der Ökosysteme, Verlust an Biodiversität, Landnutzungskonflikte, verschiedenste soziale, kulturelle oder politische Hürden wie auch die Nicht-Permanenz eingeleiteter Minderungsmaßnahmen (und auch -erfolge) deutlich eingeschränkt werden. Im Umkehrschluss heißt das, dass (durchaus bekannte) direkte und indirekte Belastungen der Ökosysteme aufgrund der vorherrschenden landwirtschaftlichen Produktion behoben werden müssen. Auch wenn ökologische (einschließlich klimabezogener) und soziale Co-Benefits durch NbS per se eine Vorteilswirkung bedeuten, sollten diese dennoch gezielt finanziell angereizt werden, um sie effizient auf den Weg zu bringen.

Im Zusammenhang mit den zu berichtenden nationalen Zielsetzungen (NDCs) im Rahmen der UNFCCC-Verhandlungen können die Informationen über NbS (Re-biologisierung) seitens der Landwirtschaft mittels eines zu etablierenden Berichtes (vgl. Inventarberichte) eine Grundlage für Diskussionen um konkrete, anrechenbare Methoden und Indikatoren sein. Es wird empfohlen forschungsbegleitend o.g. Unwägbarkeiten im Zusammenhang mit NbS zu bedenken, da es diese bei einer Umsetzung von Aktivitäten unter Artikel 6 des Übereinkommens von Paris zu berücksichtigen gilt. Zudem müssen bei der Entwicklung von finanziellen Unterstützungen zur Förderung von NbS soziale und ökologische Schutzmaßnahmen, also letztlich ein robuster Governance-Rahmen, eingeführt werden.

Das seitens des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) initiierte Aktionsprogramm „Natürlicher Klimaschutz“⁵³ sollte über das BMEL gezielt den „natürlichen Klimaschutz in der Landwirtschaft“ weiter ausgestalten, zumal die nachhaltige Bewirtschaftung von Moorböden bereits integriert ist.

Es muss für die Landwirte attraktiv werden, Klimawirte zu sein. Ein Betriebszweig „Klima- und Naturschutz“ würde dem entgegenkommen. Zudem gilt es notwendige Rahmenbedingungen für weitere Potenziale zu erarbeiten. Es bestehen viele Möglichkeiten,

⁵³ Vgl. <https://www.bmuv.de/download/dl-aktionsprogramm-natuerlicher-klimaschutz>.

den Klima- und Naturschutz in die Produktion zu integrieren. Häufig geht dies aber nicht über eine Diskussion eines produktionsintegrierten Landwirtschaftens hinaus.

Die Agrarpolitik sollte anreizen, auf landwirtschaftlichen Betrieben einen eigenen Betriebszweig „Klima- und Naturschutz“ zu etablieren. Ziel kann eine einzelbetriebliche, wie überbetriebliche Klimaneutralität sein, für die Klimaregionen (als multifunktionale Landschaftseinheiten) geschaffen werden sollten. Grundlage dessen kann der mittels Klimarechner ermittelte CO₂-Fußabdruck sein. Angeraten wird, wie auch von den entsprechenden Akteuren (v.a. TEKLa⁵⁴ und IDB.THG⁵⁵) gefordert, eine übergeordnete „Plattform Klimarechner“ zu etablieren, um gemeinsam auf der Basis einheitlicher Standards⁵⁶ Wege in der Umsetzung zu erschließen, die vergleichbare Ergebnisse erzielen.

Es gilt die Landwirte zu befähigen, seitens der Landwirtschaft die abgesteckten Klimaziele zu erreichen. Das heißt, die Agrarpolitik muss Rahmenbedingungen schaffen, die die Ambitionen der Landwirte, die Erreichung der Klimaziele zu verfolgen, unterstützen.

Tabelle 4: Betriebszweig „Klima- und Naturschutz“

Im Sinne einer multifunktionalen Landwirtschaft werden mit diesem bisher nicht ausdrücklich ausgewiesenen Betriebszweig alle Umweltleistungen sichtbar und abrechenbar gemacht.

Grundlage eines solchen Betriebszweiges wäre eine Analyse der Potenziale räumlich zusammenhängender konventionell wirtschaftender Betriebe hinsichtlich eines verbesserten Klimaschutzes (sowie Naturschutz/Biodiversität) auf Betriebsebene und mit Landschaftsbezug. Es gilt die Voraussetzungen für die Umsetzung der ermittelten Potenziale zu beschreiben und zu kalkulieren und zwar unter Berücksichtigung bereits nutzbarer und damit kurzfristig umsetzbarer Fördermöglichkeiten. Zudem gilt es notwendige Rahmenbedingungen für weitere Potenziale zu erarbeiten. Damit wären klare Handlungsräume definiert und verwaltungstechnische Abläufe wie Finanzierungsansätze klarer abgebildet. Bei Einrichtung eines solchen Betriebszweiges gälte es, gleichermaßen Landwirte, Berater, vor- und nachgelagerte Bereiche, Verwaltungen und Administrationen der Landwirtschaft sowie des Umweltbereiches einzubeziehen.

Landwirtschaftliche Betriebe, die überlegen, Klimaschutz, Naturschutz und Biodiversität zu einem Betriebszweig zu erheben und als Aufgabe in den Ablauf einer konventionellen Landwirtschaft zu stellen, beklagen, dass die praktische Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen häufig wegen mangelnder Transparenz in den rechtlichen Abläufen bzw. den Fördersystemen lahmt. Etwaige angebotene Fördermaßnahmen für die Betriebe sind meist nicht umsetzbar. Die Fachkenntnis in der derzeitigen Beratung vor Ort, eine betriebliche Life Cycle-Analyse zu erheben, ermöglicht es beispielsweise nur in Ansätzen mittels sog. Klimarechner die CO₂-Bilanz auf den Höfen zu ermitteln und

⁵⁴ Treibhausgas-Emissions-Kalkulator-Landwirtschaft (TEKLa) der Landwirtschaftskammer Niedersachsen.

⁵⁵ Internetdeckungsbeitragsrechner inkl. Treibhausgase ([IDB.THG](#)) – ein Tool der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft.

⁵⁶ vgl. KTBL und die Berechnungsparameter für einzelbetriebliche Klimabilanzen ([BEK](#)).

praxistauglich anzuwenden. Auch ist ein Austausch zwischen Landwirten, die diesen Weg gehen, zu wenig möglich.

Empfohlen wird deshalb:

- ☼ eine Auswahl von 10-15 Höfen mit all ihren Betriebszweigen, die Auskunft über ihre Betriebsweise und Stoffbilanzen geben, in einem Projekt zusammenzufassen und den Ansatz durchführen zu lassen,
- ☼ 2023 als Basisjahr (Erhebung Status Quo) für die Betrachtung der Verbesserungsmaßnahmen zu nehmen,
- ☼ in 2024 auf den 10-15 Betrieben die bereits geleisteten Maßnahmen und weiteren betrieblichen Potenziale hinsichtlich Klimaschutz und Förderung der Biodiversität über ein geeignetes EDV-Tool (Klimarechner) zu erheben und auszuwerten,
- ☼ eine intensive Schulung und Begleitung hinsichtlich verfügbarer EDV-Anwendungen (THG-Emissions-Kalkulator-Landwirtschaft, Nachhaltigkeitscheck Landwirtschaft, Checkliste Biodiversität o.ä.) für die ausgewählten Betriebe und Betriebschwerpunkte anzusetzen,
- ☼ die erhobenen Daten zusammen mit Fachexperten hinsichtlich der zu treffenden Aussagen auf Plausibilität zu prüfen und die Erhebung auf den Betrieben auszuwerten.

Mit diesem Ansatz wäre zu beantworten, welchen Beitrag die Betriebe bereits im Hinblick auf Klimaschutz und Biodiversität leisten, welche Maßnahmen einzelbetrieblich kurzfristig umzusetzen sind, welche weiteren Maßnahmen mit welcher zu erwartenden Effizienz weiterhin auf einzelbetrieblicher Ebene möglich sind und welche Rahmenbedingungen (z.B. regional ausgestaltbare Förderprogramme) dafür notwendig wären sowie welche Möglichkeiten zur Verbesserung von Klima- und Naturschutz es durch die Betrachtung der 10-15 Betriebe und Betriebsflächen im Landschaftskontext gibt und was dafür weiter zu veranlassen wäre.

Die zu erwartenden Möglichkeiten zur Verbesserung des Klimaschutzes wie des Naturschutzes im Einklang mit der betrieblichen Entwicklung und den sonstigen Rahmenbedingungen für Ackerbau und Nutztierhaltung könnten über ein längerfristiges Projekt in die Umsetzung gebracht werden. Dies sollte wissenschaftlich hinsichtlich der Wirkung untersucht werden.

Sinnvoll wäre, Modellregionen einzurichten, die unterschiedliche naturräumliche Rahmenbedingungen abbilden, um konkrete Schritte in die vielfältige landwirtschaftliche Praxis zu gewährleisten.

Die Agrarpolitik sollte keineswegs langwierige Prozesse scheuen, zusammen mit den Landwirten einen stringenten, dabei aber verbindlichen Fahrplan (Roadmap) zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung auszuhandeln. Damit sollte den Landwirten Planungssicherheit gegeben werden.

Die Landwirtschaft benötigt einen „Fahrplan Klimaschutz und Klimaanpassung“, der Planungssicherheit verschafft und bestimmte Zielvorstellungen mit konkreten Jahreszahlen verknüpft (vgl. Nationales Klimaschutzgesetz). Die

Politik muss dem Fahrplan Glaubwürdigkeit verleihen und benötigt eine Marketingstrategie für die Umsetzung des Plans.

Tabelle 5: Fahrplan Klimaschutz und Klimaanpassung

Wenn seitens der Europäischen Union konstatiert wird, dass der Agrarsektor bis 2050 die Nicht-CO₂-Emissionen um 42 % bis 49 % gegenüber 1990 verringern kann und national auch im Klimaschutzplan 2050, im Klimaschutzprogramm 2030 und im Klimaschutzgesetz der Bundesregierung vermeintlich klare Zielvorgaben gemacht wurden und zudem zahlreiche Einzelmaßnahmen auf den Weg gebracht wurden, sind Landwirte vor Ort nach wie vor nur bedingt darüber informiert und können sich betriebsseitig nur eingeschränkt daran orientieren. Entsprechend wird dem BMEL empfohlen, einen groß angelegten partizipativen Prozess zu initiieren und mit den Landwirten zusammen einen verbindlichen „Fahrplan Klimaschutz und Klimaanpassung in der Landwirtschaft“ zu erarbeiten. Dieser Fahrplan muss jahresbezogen Zielvorstellungen zum Klimaschutz, zum Naturschutz, zum Tierwohl etc. festlegen. Das ist aufwendig und langwierig, rückt aber die Landwirtschaft in der Gesellschaft in ein ganz anderes Licht und gibt allenthalben Orientierung. Ohne den Fahrplan über vermeintlich negativ konnotierte Minderungsziele wie im Klimaschutzgesetz zu definieren, hat das BMEL so die Möglichkeit, gemeinsam mit den Landwirten eine langfristige und nachhaltige Perspektive zu etablieren.

Die allenthalben genannten Ansatzpunkte wie effizienter Einsatz von Düngemitteln, Bio-Vergasung von organischem Dung, besseres Düngemanagement, bessere Futtermittel, lokale Diversifizierung und Produktvermarktung sowie höhere Produktivität bei der Viehhaltung und Maximierung der Vorteile einer extensiven Landwirtschaft müssen jeweils mit konkreten Handlungsmaßnahmen unterlegt werden (vgl. Projektergebnisse). Es ist genügend angeführt, dass bessere land- und forstwirtschaftliche Verfahren und Maßnahmen, Kohlenstoff in Böden und Wäldern zu binden und zu speichern, darauf ausgerichtet sein müssen, Grasland zu erhalten, Feuchtgebiete und Torflandschaften wiederherzustellen, Böden schonend oder gar nicht zu bearbeiten, die Erosion zu mindern etc. Diese Handlungsempfehlungen sind eben nicht allgemein gültig. Vielmehr gilt es die jeweiligen Handlungsfelder konkret zu betrachten und auf den Prüfstand zu stellen.

Ganz wesentlich ist es, jetzt auch pandemie- oder kriegsbedingt, das Tempo eingeleiteter Minderungen der THG nicht zu verlangsamen. Das gilt auch für das immer wieder angeführte Bevölkerungswachstum. Die wachsende Weltbevölkerung auf 9 Milliarden Menschen und eine damit bedingt höhere Agrarproduktion ist vielmehr der Hinweis darauf, dass bis 2050 ein Drittel der Gesamtemissionen der EU auf die Landwirtschaft entfallen werden, also dreimal so viel wie heute. Dies zeigt, dass die klimapolitische Bedeutung der Landwirtschaft weiterhin zunehmen wird.

Die Aufstellung besagten Fahrplans gäbe auch Verbindlichkeit, wenn immer wieder das Risiko der Emissionsverlagerung im Agrarsektor angeführt wird. Es gilt eben zu verhindern, dass Änderungen der Produktionsverfahren und Handelsströme langfristig die globale Emissionssenkung untergraben.

Dass der Agrarsektor die doppelte Herausforderung von globaler Ernährungssicherung und Klimaschutz angeht, sollte als besonderes Argument genutzt

werden, sein Ansehen in der Gesellschaft zu verbessern. Hier darf ruhig von einer Marketingstrategie gesprochen werden, die darauf abzielen könnte.

Landwirtschaftliche Primärproduktion wird immer Treibhausgase freisetzen. Gleichwohl zeigt allein die hier durchgeführte Forschung, welche Möglichkeiten es gibt dem entgegenzutreten und mit zahlreichen kleinen Maßnahmen zu starten, die THG-Emissionen zu mindern. Jede einzelne Maßnahme zählt, sollte aber sichtbar in die Gesamtkontexte gestellt werden.

Die Agrarpolitik hat keine Entschuldigung, nicht mit Minderungs- wie Anpassungsmaßnahmen zu beginnen, um der globalen Erwärmung entgegenzutreten. Sie sollte diese Prozesse forcieren und die Landwirte in einen stetigen Lernprozess mitnehmen.

Tabelle 6: Neue Geschäftsmodelle

Benötigt werden neue Geschäftsmodelle, etwa für landwirtschaftliche Betriebe auf Moorstandorten (organische Böden), auf Grünland i.w.S., für Agroforstsysteme wie für Strukturelemente in der Landschaft u.v.m.

Was hält das BMEL davon ab, einen Ideenwettbewerb für neue Geschäftsmodelle mit Blick auf den Klimawandel auszuschreiben? Jedes Jahr würden die drei besten Vorschläge gefördert. Sehr schnell würde sich die Landwirtschaftsszene darauf einstellen und sehr viel Kreativität beweisen.

Die Agrarklimaforschung hält zahlreiche Einzelergebnisse vor, die mittels einer bundesweiten „Klimaplattform Landwirtschaft“ verfügbar gehalten werden sollten. Durch Vernetzungen über Webservices müssen diese in größere Kontexte gestellt werden, um proaktiv Handlungsempfehlungen abzuleiten.

In diesem Kontext sind die Wissenschaften gefordert, vorhandene Ansätze in eine entsprechende Richtung weiterzuentwickeln und mit finanzieller Unterstützung nutzbar zu machen.

Unabhängig von der jeweiligen Ausrichtung der landwirtschaftlichen Produktion (konventionell, ökologisch, organisch, regenerativ etc.) müssen bei allen Bestrebungen zur Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen die Systemgrenzen erkannt und akzeptiert werden, innerhalb derer eine Produktion noch effizient zu bewerkstelligen ist. Im Umkehrschluss können diese Grenzen der Startpunkt eines stetigen Transformationsprozesses eines landwirtschaftlichen Produktionssystems sein. Diese Systemgrenzen sind ökologisch wie auch wirtschaftlich jeweils das Mindeste, was für angestrebte Produktionsansätze im Ackerbau, bei der Tierproduktion, für das Grünland, im Obst- und Gemüsebau, im Weinbau und anderen Sonderkulturen etc. zugrunde gelegt werden muss.

Zusammen mit den Akteuren gilt es, die jeweiligen Systemgrenzen des eigenen Agierens zu bestimmen und als rote Linie (als unterste Anforderung des Systems) zu definieren, um dann darauf Maßnahmen und Steuerungsinstrumente zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung aufzusetzen.

Tabelle 7: Systemgrenzen

Um eine Systemgrenze bestimmen zu können, muss die Wettbewerbsfähigkeit als oberste Priorität abgelöst werden. Ein konkretes Beispiel: Es geht darum, gemeinsam mit Landwirten in der Nutztierhaltung zu bestimmen, wo die rote Linie für das Funktionieren ihres Systems liegt. Wie viel Raufutter benötigt eine Kuh, um gesund zu sein und Milch zu erzeugen? Ist diese Systemgrenze erst mal bestimmt, kann sie als Ausgangspunkt für Veränderungen genutzt werden, indem alle zusätzlichen Futtermittel „on top“ der eigentlichen Systemgrenze liegen.

Wie anfangs beschrieben, wird eine solche biophysikalische Systemgrenze noch heute von übergeordneten, (welt-)marktorientierten Vorgaben mitgesteuert. Dieser Fokus muss langsam aber sicher umgelenkt werden, biophysikalische Prozesse von Marktvorstellungen entkoppelt werden. Anders kann eine Transformation in der Landwirtschaft nicht gelingen. Dies ist auch ein Weg, um der Landwirtschaft eine Perspektive für die Zukunft zu eröffnen. Technologische Fortschritte in der synthetischen Lebensmittelherstellung können einer an veralteten Prinzipien festhaltenden Erzeugung schnell den Rang ablaufen.

Trotz einer erforderlichen Definition der Systemgrenzen kann die Minderung der THG-Emissionen in der landwirtschaftlichen Primärproduktion nur effizient erreicht werden, wenn Handlungsmaßnahmen gleichermaßen in die weitere Wertschöpfungskette greifen. Landwirte können bestimmte Klimaschutzmaßnahmen nur erfolgreich umsetzen, wenn etwa Mühlen, Molkereien, die Lebensmittelindustrie, der Lebensmitteleinzelhandel und letztlich die Konsumenten die Veränderungen in der Primärproduktion mittragen. Die Kettenglieder müssen ineinandergreifen, insgesamt betrachtet werden und dürfen nicht separat in ihren eigenen Zuständigkeiten stecken bleiben. Die gesamte Kette ist nur so stark, wie das schwächste Kettenglied. Zudem sollte die Rolle der Konsumenten nicht unterschätzt werden. Vor allem diese müssen mitgenommen werden, um dadurch den Akteuren in den vorgeschalteten Kettengliedern Möglichkeiten zu eröffnen, klimagerecht zu agieren.

Klimaschutz muss systemisch entlang der gesamten Wertschöpfungskette ansetzen. Maßnahmen müssen kettengliederübergreifend wirken.

Auch die Agrarklimaforschung muss entlang der gesamten Wertschöpfungskette ansetzen. Forschungskonzepte müssen diese systemisch betrachten und integrativ angehen.

Wir müssen handeln. Jetzt!

Landwissenschaften · Universität Potsdam