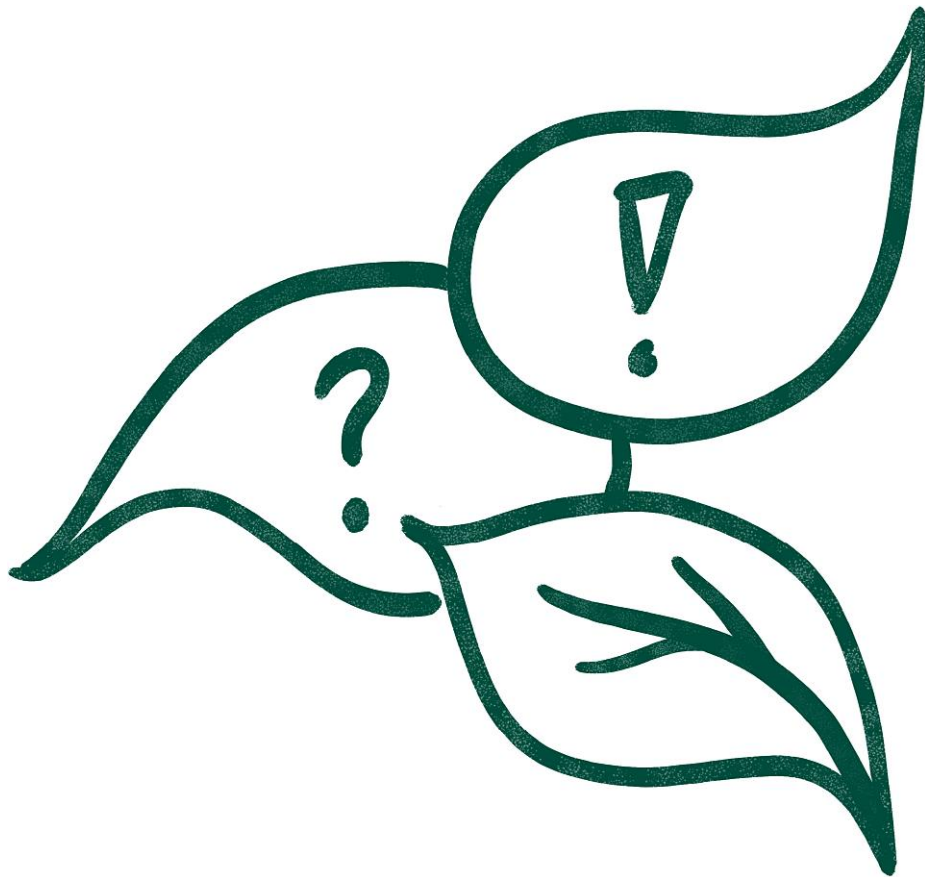


AGRARFOLIEN

Sozioökonomische und ökologische
Bewertung des Einsatzes von Kunststofffolien
im Spargelanbau in Deutschland und daraus
resultierende Handlungsempfehlungen



**Hochschule
für nachhaltige Entwicklung
Eberswalde**

Forschungszentrum
Nachhaltigkeit-Transformation-Transfer

Selleneit, Tabea
Verdugo-Raab, David
Kipp, Sophia
Sprenger, Dirk
König, Bettina

Diskussionspapier-Reihe

Nachhaltigkeitstransformation & Nachhaltigkeitstransfer

Impressum:

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
Forschungszentrum [Nachhaltigkeit – Transformation – Transfer]
Schicklerstr. 5, D-16225 Eberswalde, Germany
November 2022

Die Diskussionspapier-Reihe wird vom Forschungszentrum [Nachhaltigkeit – Transformation - Transfer] herausgegeben. Die Diskussionspapiere sind als pdf-Datei abrufbar unter:
www.hnee.de/forschungszentrumNTT

Abstract

Der vorliegende Bericht beschreibt am Fallbeispiel des Spargelanbaus das System der Nutzung von Agrarfolien und seiner Wirkungen auf Umwelt und Gesellschaft. Der betrachtete Teilbereich wird in den breiteren Kontext gesetzt, strukturiert und auf der Basis eines Literaturreviews, einer Diskursanalyse sowie von Experteninterviews- und Workshops erfolgt eine Situationsbeschreibung, die Herstellung, Nutzung und Entsorgung integrativ betrachtet, um Ansätze aufzuzeigen zur Verbesserung der Situation. Dabei werden die Themen Mikroplastik und Wirkung von mit Folien bedeckten Flächen auf die Biodiversität vertieft. Auf Basis dieses multiperspektivischen und konfliktsensiblen Verständnisses können weitere Fragen in der Praxis, Forschung und Entwicklung sowie in sektorübergreifenden lösungsorientierten Kooperationen bearbeitet und die Rahmenbedingungen für die Entwicklung von Alternativen und das Beenden unerwünschter Wirkungen gestaltet werden. Das Forschungsdesign ist konfliktsensibel angelegt.

Schlagworte: Agrarfolien, Agrarkunststoffe, Spargel, Gemüse, Biodiversität, Mikroplastik, Konflikt

Using asparagus cultivation as a case study, this report describes the system of using agricultural films and current knowledge on its intended and unintended effects on the environment and society. The sub-area under consideration is placed in the broader context and structured. On the basis of a literature review, expert interviews and workshops as well as a media discourse analysis, a description of the situation is provided that takes an integrative view of production, use and disposal of agricultural films in order to identify approaches for improving the situation. The topics of microplastics and the effect of film-covered surfaces on biodiversity are examined in greater depth. Based on this multi-perspective and conflict-sensitive understanding, further questions can be addressed in practice, research and development as well as in cross-sectoral solution-oriented cooperations and the framework conditions for this can be designed. The research design is conflict-sensitive.

Keywords: agricultural films, agricultural plastics, asparagus, vegetables, biodiversity, microplastics, conflict

Zitiervorschlag:

Selleneit T, Verdugo-Raab D, Kipp S, Sprenger D, König B (2022) Sozioökonomische und ökologische Bewertung des Einsatzes von Kunststofffolien im Spargelanbau in Deutschland und daraus resultierende Handlungsempfehlungen. November 2022. Eberswalde: Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (Diskussionspapier-Reihe Nachhaltigkeitstransformation & Nachhaltigkeitstransfer, Nr. 6/22). <https://doi.org/10.57741/opus4-376>

Vorbemerkung zum Verständnis dieses Berichts

Für die Bewältigung von globalen Nachhaltigkeits Herausforderungen werden im Nachhaltigkeitsdiskurs oft Maßnahmen genannt, die als *win-win* Situation bezeichnet werden (z. B. die klimafreundliche und gesundheitsförderliche Wirkung einer Reduktion des Fleischkonsums). Die Situationen, in denen Beiträge zu nachhaltiger Entwicklung in einer interdependenten Welt entwickelt werden müssen, sind jedoch komplexer, Ansatzpunkte für Lösungen nicht leicht erkennbar und aus der integrierten Betrachtung von Ökologie, Ökonomie und Sozialem entstehen auch Zielkonflikte. Diese Konflikte sind nicht abstrakt, sondern bedeuten für Akteure in verschiedenen Bereichen der Gesellschaft, dass Dilemmata, Nichtwissen, unterschiedliche normative Bewertungen und fehlende Alternativen zum nicht-nachhaltigen Status quo die Situation unübersichtlich machen, aber trotzdem gehandhabt werden müssen. Daher 'kippen' in komplexen Situationen die Lösungsansätze schnell von *win-win* hin zu *win-lose* - in unserem Beispiel in 'Entweder mit Folie oder gar kein Spargelanbau mehr in Deutschland'. Diese Situationsbeschreibung möchte einen Beitrag leisten, um zwischen *win-win* und *win-lose* zu differenzieren, der Komplexität der Situation gerecht werdenden Lösungen zu kommen. Dazu benötigen die Akteure aus verschiedenen Bereichen jedoch zunächst einen Überblick über die Situation. Solch eine Situationsbeschreibung für das Beispiel des Einsatzes von Kunststofffolien in der Landwirtschaft, die u. a. die globalen Themenfelder Biodiversitätsverlust und materielle planetare Integrität adressiert, legt dieser Bericht vor.

Die Förderung dieses Vorhabens erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen 2821HS006. Aufgrund der Komplexität des Themas richtet sich dieser Bericht über das fördernde BMEL hinaus an weitere Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger auf verschiedenen politischen Ebenen, die auf Basis dieses differenzierten Systemverständnisses und der derzeit verfügbaren Wissensbasis mit den Akteuren vor Ort Ansatzpunkte für die Gestaltung von Rahmenbedingungen erkennen, entwickeln und umsetzen können.

Die nachfolgend dargestellten empirischen Arbeiten haben aufgezeigt, dass darüber hinaus auch die Akteure des beschriebenen Systems selbst wichtige Adressaten dieses Berichts sein sollten. In gleichem Maße richtet sich dieser Bericht auch an Akteure, die Ansprüche an die Branche formulieren in Bezug auf verschiedene (potenzielle, tatsächliche und vermutete) unerwünschte Wirkungen von Agrarkunststoffen. Auch Akteure aus angrenzenden Handlungsfeldern, die an Lösungen für Plastik in der Umwelt arbeiten und für das Thema leisten können, spricht dieser Bericht an.

Durch die Gesamtsicht auf das System können sie idealerweise alle ihre Sichtweise ergänzen und ihre jeweiligen Ansatzpunkte zur Verbesserung der Situation erkennen. Allen diesen Akteuren versucht der Bericht durch eine im Rahmen des Möglichen umfassende Situationsbeschreibung den Stand des wissenschaftlichen und praktischen Wissens zu bestehenden Meinungsverschiedenheiten, zu Spannungsfeldern, Wissenslücken und Konfliktlinien sowie nicht zuletzt zu Lösungsansätzen, aber auch zu derzeitigen Grenzen und offenen Fragen erkennbar zu machen. Dies erfolgt in einer Art, die versucht, das Verständnis für den hohen Komplexitätsgrad der Situation zu stärken.

Dabei wird der Bericht jedoch nicht in idealtypischer Weise allen einzelnen Interessen gerecht werden können, und der Bericht wird nicht alle zum Thema bestehenden Wissenslücken schließen, sie aber konkreter benennen können. Dem Ziel einer Gesamtübersicht dienend, werden daher Bedarfe für weitere Vertiefungen erkennbar werden. Die Autorinnen und Autoren bemühen sich daher, die Grenzen dieses Berichts wo möglich kenntlich zu machen. Wir bedanken uns besonders bei den Expertinnen und Experten, ohne deren Mitwirken an Interviews und Workshops diese Situationsbeschreibung nicht möglich gewesen wäre.

Zudem wurde für das Vorhaben ein sogenannter konfliktsensibler Ansatz entwickelt. Dieser nimmt einerseits mögliche Spannungsfelder oder Konflikte als Untersuchungsgegenstand auf und ist andererseits so konzipiert und durchgeführt, dass die Forschenden selbst nicht zur Verhärtung oder Eskalation bestehender Konflikte beitragen und - wo möglich - Beiträge zur Konfliktbearbeitung leisten können.

Die Darstellung der Ergebnisse dieser Situationsbeschreibung soll damit idealerweise dazu beitragen können, dass die Akteure und Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger dies als hilfreichen Beitrag für eine lösungsorientierte Auseinandersetzung wahrnehmen können¹. Basierend auf unserem konfliktsensiblen Ansatz (siehe Kapitel 1.4) schätzen wir ein, dass das Lesen dieser Situationsbeschreibung mit einer Haltung, die neuem Wissen über den eigenen Kompetenzbereich und darüber hinaus offen ist, Voraussetzung dafür ist, dass dieser Bericht einen Beitrag leisten kann, dass die Diskussionen zu diesem Thema mit einer neuen Qualität an kritischer Aufgeschlossenheit organisiert und lösungsorientiert geführt werden können.

¹ Dieser Bericht wurde mit dem Ziel des inhaltlichen Leseverständnisses gestaltet. Dabei erkennen wir an, dass es derzeit noch keine ideale, allgemein gültige und keine individuell und gesellschaftlich zufriedenstellende Regelung gibt als Alternative zum generischen Maskulinum. Wo nur eine Form (z. B. Expertin, Berater) verwendet wird, sind konkret bekannte Personen(-gruppen) gemeint.

Hintergrund und Danksagung

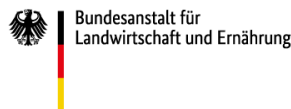
Die Förderung dieser Arbeit erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgte über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen 2821HS006. Das Projekt „Agrarfolien. Sozioökonomische und ökologische Bewertung des Einsatzes von Kunststofffolien im Spargelanbau in Deutschland und daraus resultierende Handlungsempfehlungen“ wurde durchgeführt vom 15.07.2021 bis 15.07.2022.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Der Bericht entstand am Forschungszentrum [Nachhaltigkeit – Transformation - Transfer], einer vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg geförderten Einrichtung an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung (HNEE). Das Forschungszentrum wird geleitet von Prof. Dr. Benjamin Nöling, die Projektleitung für das Projekt Agrarfolien hatte Dr. Bettina König. Die Entwicklung und Umsetzung des konfliktsensiblen Forschungsdesigns erfolgte in Kooperation mit kontrair, Dirk Sprenger und dem Integrativen Institut zur Transformation von Mensch-Umwelt-Beziehungen (IRI THESys) an der Humboldt-Universität zu Berlin.

Das Autor*innenteam bedankt sich bei allen Interviewten aus den verschiedensten Bereichen der Agrarfolienutzung in Wissenschaft und Praxis für das entgegengebrachte Vertrauen sowie bei allen direkt und indirekt Beteiligten an der technischen, administrativen und redaktionellen Umsetzung des Projektes unter den pandemiebeeinflussten Arbeitsbedingungen.

Wir möchten darauf hinweisen, dass das Wissensgebiet und auch die Praxis sich zum Teil dynamisch entwickeln und dieser Bericht mehrfach sorgfältig geprüft, jedoch kein peer-review Verfahren durchlaufen hat. Darauf aufbauende stärker für die Praxis und die Wissenschaft aufbereitete Veröffentlichungen könnten jeweils einzelne Aspekte der hier im Gesamtbild dargestellten Situation vertiefen. Das Ziel der Veröffentlichung in der Diskussionspapierreihe ist es, einen konstruktiven Beitrag für Wissenschaft und Praxis zu einem ganzheitlichen Verständnis als Basis für verschiedene Einzel- und Systemlösungen für Nachhaltigkeits Herausforderungen zu leisten.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|------------|
| Abstract | iii |
| Vorbemerkung zum Verständnis dieses Berichts | iv |
| Hintergrund und Danksagung | vi |
| Inhaltsverzeichnis | vii |
| Abbildungsverzeichnis | ix |
| Tabellenverzeichnis | x |
| Fotoverzeichnis | x |
| 1. Einleitung | 1 |
| 1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens | 1 |
| 1.2 Ziele | 4 |
| 1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens | 5 |
| 1.3.1 <i>Arbeitsplan</i> | 5 |
| 1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde | 5 |
| 1.4.1 <i>Konzeptioneller Bezugsrahmen</i> | 5 |
| 1.4.2 <i>Allgemeiner Stand des Wissens zum Untersuchungsgegenstand Agrarfolieneinsatz im Spargelanbau</i> | 9 |
| 1.4.2.1 <i>Stand des Wissens zu Umweltwirkungen des Kunststofffolieneinsatzes zu Projektbeginn</i> | 9 |
| 1.4.3 <i>Konfliktsensible Perspektive der Forschung</i> | 11 |
| 1.4.3.1 <i>Konflikte als Untersuchungsgegenstand</i> | 12 |
| 1.4.3.2 <i>Wirkungen von Forschung in Konflikten beachten</i> | 14 |
| 1.4.4 <i>Zusammenfassung Stand des Wissens</i> | 15 |
| 2. Material und Methoden | 15 |
| 2.1 Untersuchungsdesign – Fallstudie Spargelanbau | 16 |
| 2.2 Literaturanalyse | 19 |
| 2.3 Experteninterviews | 20 |
| 2.4 Workshops mit Expertinnen und Experten | 22 |
| 2.5 Diskursanalyse | 24 |
| 2.6 Triangulation | 26 |
| 3. Ergebnisse | 27 |
| 3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse | 27 |
| 3.1.1 <i>Einordnung und Strukturierung des Untersuchungsgegenstandes</i> | 27 |
| 3.1.2 <i>Herstellung von Agrarfolien</i> | 29 |
| 3.1.2.1 <i>Wirkungen der Herstellung von Agrarkunststoffen: Energie</i> | 32 |
| 3.1.2.2 <i>Wirkungen der Herstellung von Agrarkunststoffen: Wasser</i> | 33 |
| 3.1.2.3 <i>Wirkungen der Herstellung von Agrarkunststoffen: Material</i> | 34 |
| 3.1.2.4 <i>Wirtschaftliche Wirkungen: Der Markt für Plastik und Agrarfolien</i> | 36 |
| 3.1.2.5 <i>Gesundheitswirkungen</i> | 39 |
| 3.1.2.6 <i>Zwischenzusammenfassung</i> | 39 |
| 3.1.3 <i>Nutzung von Agrarfolien - dargestellt am Fallbeispiel Spargelproduktion</i> | 40 |
| 3.1.3.1 <i>Die Nutzung von Agrarfolien im Mediendiskurs</i> | 42 |
| 3.1.3.2 <i>Wissenschaftlicher Kenntnisstand zu Wirkungen von Agrarfolien</i> | 45 |
| 3.1.3.2.1 <i>Wirkungskette der Folienbedeckung des Bodens</i> | 45 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 3.1.3.2.2 | Untersuchte Wirkungen der Nutzung von Agrarfolien..... | 47 |
| 3.1.3.2.3 | Wirkung von biologisch abbaubaren Agrarfolien..... | 53 |
| 3.1.3.3 | Wirtschaftliche Wirkungen: Markt für Spargel und Marktgenerierung..... | 54 |
| 3.1.3.4 | Situationsbeschreibung der Nutzung von Agrarfolien im Spargelanbau und weiteren Kulturen..... | 62 |
| 3.1.3.4.1 | Betriebsstrukturen und Entwicklung..... | 62 |
| 3.1.3.4.2 | Anbauverfahren..... | 63 |
| 3.1.3.5 | Folieneinsatz..... | 69 |
| 3.1.3.5.1 | Wirkungen auf das Landschaftsbild..... | 70 |
| 3.1.3.5.2 | Wirkungen von Einträgen aus Folien..... | 71 |
| 3.1.3.5.3 | Vertiefung: Eintragswege von Mikroplastik und deren Auswirkungen..... | 72 |
| 3.1.3.5.4 | Wirkungen auf die Bodenökologie..... | 74 |
| 3.1.3.5.5 | Vertiefung: Auswirkungen der Agrarfoliennutzung auf Agrarvögel..... | 75 |
| 3.1.3.6 | Gesellschaftliche Diskurse und Konfliktperspektive..... | 78 |
| 3.1.3.7 | Zwischenfazit..... | 83 |
| 3.1.4 | Wirkungen nach der Nutzung von Agrarfolien..... | 85 |
| 3.1.4.1 | Lagerung, Entsorgung und Recycling von Agrarfolien im Mediendiskurs..... | 86 |
| 3.1.4.2 | Entsorgung und Recycling..... | 87 |
| 3.1.5 | Zusammenfassung der Situationsbeschreibung..... | 90 |
| 3.1.6 | Lösungsansätze und Strategien..... | 91 |
| 3.1.6.1 | Vermeiden..... | 91 |
| 3.1.6.2 | Reduzieren..... | 93 |
| 3.1.6.3 | Substituieren..... | 97 |
| 3.1.6.4 | Sammeln, Recycling, Nutzung von Rezyklaten..... | 98 |
| 3.1.6.5 | Kohärenz..... | 100 |
| 3.1.6.6 | Konfliktsensibilität, Kommunikation, Koordination..... | 105 |
| 3.2 | Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse..... | 108 |
| 4. | Zusammenfassung..... | 113 |
| 5. | Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen..... | 117 |
| 6. | Anhang..... | 120 |
| 6.1 | Team..... | 120 |
| 6.2 | Übersicht Projektaktivitäten..... | 121 |
| 6.3 | Literatur..... | 122 |
| 6.4 | Übersicht Haltbarkeit Agrarfolien sowie Möglichkeiten und geschätzter arbeitswirtschaftlicher Aufwand zur Vermeidung von Makroplastikeinträgen in den Boden.... | 146 |
| 6.5 | Materialkorpus der Diskursanalyse..... | 148 |
| 6.6 | Interviewanfrage und Leitfaden..... | 153 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Abbildung 1. Verortung des Agrarfolieneinsatzes im Spargelanbau | 7 |
| Abbildung 2. Verortung des Fallbeispiels Spargelanbau in den Kontext Kunststoffe in der Umwelt und deren Wirkungsbereiche mit dem Fokus auf landwirtschaftliche Böden. (eigene Darstellung nach Machado Rehm 2018, Bertling et al. 2021). | 17 |
| Abbildung 3. Filtrervorgang (eigene Darstellung) | 20 |
| Abbildung 4. Unterscheidung von Agrarfolien nach Materialursprung..... | 31 |
| Abbildung 5. Histogramm der veröffentlichten Artikel zum Thema „Spargel Folie“ von 2010 bis 2022 in ausgewählten Medien. (eigene Darstellung) | 43 |
| Abbildung 6. Histogramm der veröffentlichten Artikel zum Thema „Spargel Folie“ in ausgewählten Medien von 2010 bis 2022, nach Monaten. (eigene Darstellung) | 43 |
| Abbildung 7. Balkendiagramm mit der Häufigkeit, in der bestimmte Betriebe oder Personengruppen in den Dokumenten des Materialkorpus genannt werden. (eigene Darstellung) . | 44 |
| Abbildung 8. Tabelle mit Häufigkeiten der Aufhänger, in denen zunächst keine Konflikte thematisiert wurden. (eigene Darstellung) | 45 |
| Abbildung 9. Wirkungskette der Folienbedeckung des Bodens (zusammenfassende eigene Darstellung anhand der o.g. Quellen). | 46 |
| Abbildung 10. Globale Spargelproduktion (Quelle: AMI 2022a) | 55 |
| Abbildung 11. Produktionsverfahren Spargel, eigene Darstellung auf Basis nach Ziegler 2020, S. 522 und angepasst basierend auf Ergebnissen Validierungsworkshop am 13.06.2022 | 66 |
| Abbildung 12. Saisonarbeitskräfte bei der Bleichspargelernte ohne mechanische Erntehilfe | 67 |
| Abbildung 13. Lagerung maschinell geborgener Spargelfolien am Feldrand..... | 68 |
| Abbildung 14. Spargelfläche mit Schwarz/Weiß-Folie und M-Minitunnel in Siedlungsnähe | 70 |
| Abbildung 15. Ausgetriebenes Spargelkraut nach Ernteende..... | 77 |
| Abbildung 16. Balkendiagramm mit den Aufhängern für Presseartikel, die mit einem der Konfliktthemen zusammenhängen (eigene Darstellung)..... | 78 |
| Abbildung 17. Zusammenfassung der von Expertinnen und Experten genannten (un-)erwünschten wirtschaftlichen und ökologischen Wirkungen der Foliennutzung, die sich hauptsächlich auf die Phase der Foliennutzung beziehen (eigene Darstellung, basierend auf Ziegler 2020, S.522 und Ergebnisse Validierungsworkshop | 84 |
| Abbildung 18. Geschätzte Abfallmengen von Agrarfolien in der EU (Hann et al. 2021, S. iii) | 86 |
| Abbildung 19. Prozessablauf des Rücknahme- und Verwertungskonzeptes von Agrarkunststoffen ERDE (ERDE, 2022) | 88 |
| Abbildung 20. EHMO-TEC T-Taschenfolie auf Spargeldämmen..... | 89 |
| Abbildung 21. Schwarz/Weiß-Spargelfolie mit Sandtaschen..... | 89 |
| Abbildung 22. Zwischenreihenbegrünung mit Blümmischung,..... | 104 |
| Abbildung 23. Zwischenreihenbegrünung mit Kleegrasmischung, | 104 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Tabelle 1. Anteile der durch die Landwirtschaft direkt verursachten Emissionen von Plastik in landwirtschaftliche Böden nach Expertenschätzungen (Bertling et al. 2021, S. 15)..... | 18 |
| Tabelle 2. Übersicht der Stichprobe nach Akteursgruppe..... | 21 |
| Tabelle 3. Übersicht zu Wirkungen, die in den nachfolgend dargestellten Ergebnissen auf Basis der angewendeten Methoden thematisiert werden können..... | 29 |
| Tabelle 4. Verteilung der in Europa verkauften Agrarkunststoffe, die hauptsächlich aus HDPE, LDPE und PP bestehen (APE Europe 2022)..... | 38 |
| Tabelle 5. Untersuchte Parameter in den inkludierten Studien..... | 47 |
| Tabelle 6. Ergebnisse von inkludierten Artikeln mit Nutzung von konventionellen Agrarfolien..... | 50 |
| Tabelle 7. Gesamtanbaufläche von Gemüse und Erdbeeren in Deutschland und Umfang wichtiger Kulturen, die u. a. unter Verwendung von Agrarfolien produziert werden (Quelle: destatis 2020) | 57 |
| Tabelle 8. Übersicht Haltbarkeit verschiedener im Spargelanbau genutzter Folienarten..... | 146 |
| Tabelle 9. Korpus von Presseartikeln zum Thema ‚Foliennutzung im Spargelanbau‘ (2010-2022) | 148 |

Fotoverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Foto 1. Manuel Geisser, imago images , Abruf 28.07.2022 | 67 |
| Foto 2. Eigenes Foto..... | 68 |
| Foto 3. Land&Forst, 2021, https://www.landundforst.de/landwirtschaft/pflanze/spargelanbau-frueher-spargel-besonders-beliebt-564598 | 70 |
| Foto 4. Titus E. Czerski/chromorange auf picture alliance, Abruf 29.7.2022 | 77 |
| Foto 5. Böckenhoff Folien GmbH, 2022, https://www.ehmo-tec-folien.de/folien/ueberblick/ehmo-tec-t-taschenfolie/ | 89 |
| Foto 6. Spargelhof Elsholz, 2022), https://spargelhof-elsholz.de/spargelzubehoer/13/spargelfolie-zum-abdecken-von-spargel , Abruf 29.07.2022 | 89 |
| Foto 7: copyright Bildungszentrum Gartenbau und Landwirtschaft Münster-Wollbeck, Ralf Große Dankbar, Carsten Wenke | 104 |
| Foto 8: copyright Bildungszentrum Gartenbau und Landwirtschaft Münster-Wollbeck, Ralf Große Dankbar, Carsten Wenke | 104 |

1. Einleitung

1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Kunststoffe werden seit ihrer breiten Einführung in den 1950-er Jahren aufgrund ihrer Eigenschaften für immer mehr Anwendungen industriell produziert und in immer mehr Bereichen genutzt². Sie spielen jedoch eine negative Rolle für die Erreichung der Klimaziele des Pariser Abkommens von 2015. Das Wissen und Bewusstsein zur individuellen und global relevanten Wirkungen während der Herstellung, der Nutzung und nach Gebrauchsende auf Umwelt und Mensch ist in den vergangenen Jahren gestiegen. Insbesondere im Hinblick auf weiter erwartete Wachstumsraten des Kunststoffsektors wird ein veränderter Umgang mit Kunststoffen gesucht (Plastik Atlas 2019, Ellen MacArthur Foundation 2021a, b). Die eigentlich für Langlebigkeit entwickelten und daher für vielfältige Anwendungen genutzten Werkstoffe wurden zunehmend und in einem großen Umfang für nur kurzfristige Nutzungen wie z. B. Einweg- statt Mehrwegverpackungen eingesetzt (Geyer et al. 2017, Endes & Shamsuyeva 2020). Unter anderem die Eigenschaft der Langlebigkeit wurde einst als Vorteil gegenüber anderen Materialien gesehen. Jedoch hält diese Persistenz auch nach der Nutzung an – und dies ist beim Verbleiben von Plastik in der Umwelt kritisch zu bewerten, wie verschiedene Autoren in den vergangenen Jahrzehnten immer wieder allgemein und auch spezifisch in Bezug auf Böden und landwirtschaftliche Anwendungen beschrieben und angemerkt haben (z. B. Albertson et al. 1987, Barnes et al. 2009, Kasirajan & Ngouajio 2011, Rillig et al. 2012). Denn weltweit werden schätzungsweise nur 9 % der Kunststoffabfälle recycelt, 12 % verbrannt und 79 % sammeln sich in Deponien oder der Umwelt an (Geyer et al. 2017). Makro-, Mikro- bzw. Nano-Plastik wurde in Meeren bis zur Tiefsee (Peng et al 2018), Binnengewässern (Blettler et al. 2018), Böden (Brandes et al. 2020, Leifheit & Rillig 2020, Rehm & Fiener 2020, Lozano et al. 2021), Pflanzen (Li et al. 2020), Obst und Gemüse (Conti et al. 2020), Tieren (Blettler & Mitchell 2021) und auch im menschlichen Blut (Ragusa et al. 2021, Leslie et al. 2022) nachgewiesen (siehe Kapitel 3.1). Über den Nachweis des Vorkommens und die Abschätzung von Mengen und Stoffströmen hinausgehend, werden auch unerwünschte Wirkungen auf Flora und Fauna, aber auch von eingeatmeten oder mit der Nahrung aufgenommenen Plastikteilen auf die menschliche Gesundheit kritisch bewertet (Conti et al. 2020, Correia Prata et al. 2020). Die bisher bekannten physikalischen und biologischen Wirkungen von Plastik in der Umwelt und das geschätzte mengenmäßige Plastikaufkommen führen dazu, dass auch bei schnellem Gegensteuern ein umfangreiches Problem für marine und terrestrische Ökosysteme und für den Menschen im globalen Maßstab besteht, wenngleich eine differenzierte Betrachtung und weiteres Wissen notwendig sind (Persson et al. 2022). Dabei ist für die unerwünschten Wirkungen von Plastik ein angemessenes Verständnis zu entwickeln, das über das klassische Verständnis von Umwelttoxizität hinausgeht. Obwohl das Material zunächst eine vergleichsweise junge Industrie- und Anwendungsgeschichte hat, ist das Ausmaß seiner Verbreitung in allen Alltagsbereichen und damit die Plastikthematik insgesamt zum „...*Symbol der Krise unserer postmodernen Gesellschaft...*“ geworden, die erheblicher Problemlösungsbemühungen bedarf (Chalmin 2019, S. 11).

² Die Entwicklung fand um den Beginn des 20. Jahrhunderts mit Bakelite für Telefone statt und ging zunächst kaum über militärische Anwendungen hinaus (Geyer et al. 2017). Für einen Überblick zur Geschichte von Plastic siehe https://www.bpf.co.uk/plastipedia/plastics_history/Default.aspx

Einige Autorinnen und Autoren erinnern daran, dass die Kunststoffindustrie insgesamt unerwünschte Wirkungen auf Gesundheit und Umwelt und Lösungsansätze für einen verantwortungsvollen Umgang mit diesen Materialien in ihrer Gesamtheit nicht ernsthaft verfolgt. Außerdem hat der Sektor an einer Betrachtung allein technischer Verwendungseigenschaften und linearen Geschäftsmodellen festgehalten (z. B. Endres & Shamsuyeva 2020, Braungart 2020). Obwohl beispielsweise bei Einwegverpackungen von Lebensmitteln öffentliche Aufmerksamkeit und auch Innovationsbemühungen zu beobachten sind (z. B. Kröger et al. 2020, Sattlegger 2021), sind quasi alle Lebensbereiche durch verschiedenste Kunststoffe und damit durch Innovations- und Transformationsbedarf geprägt (Braungart 2020). Wissenschaft und Praxis stehen also erst am Anfang eines sich entwickelnden Verständnisses zu Ansatzpunkten, um Plastik zu vermeiden, zu reduzieren sowie bisher linear organisierte Geschäftsmodelle und Lieferketten zirkulär zu organisieren. Dies erfolgt jedoch mit unterschiedlichen normativen Annahmen, was genau eine Kreislaufwirtschaft ist und wie sie für verschiedene Bereiche umgesetzt werden kann (Hazen et al. 2021, Rosenberg Johansen et al. 2022). Die zunehmende gesellschaftliche Sensibilisierung für das Thema spiegelt sich auch in neuen nationalen, EU-weiten und internationalen Regulierungsinitiativen wider. Grundsätzlich erfordert die Problematik von Plastik in der Umwelt jedoch eine jeweils differenzierte Betrachtung über Ursache, Wirkungen und Lösungsmöglichkeiten zur Vermeidung unerwünschter Wirkungen (Brandes et al. 2020). Machado Rehm et al. (2018) schätzen, dass die Mikroplastikemissionen in Böden 4- bis 23-mal höher als das oft thematisierte Meeresplastik sind. In beiden Fällen handelt es sich jedoch um ein komplexes und schlecht strukturiertes Problem.

Dieser Bericht möchte einen Beitrag zu einer Differenzierung zu Plastik in und auf landwirtschaftlichen Böden leisten. Er beschäftigt sich mit einem kleinen Ausschnitt der Plastikthematik: in der Landwirtschaft eingesetzten Kunststofffolien³. In der Land- und Ernährungswirtschaft spielen Kunststoffe auch jenseits von Lebensmittelverpackungen in allen Stufen der Wertschöpfungsketten eine Rolle: Kunststoffe prägen inzwischen den Status quo vieler land- und gartenbaulichen Produktionssysteme (z. B. Pflanztöpfe, Logistikverpackungen, umhüllte Düngemittel, Etiketten, Silagefolien, Foliengewächshäuser u. a.).

Der Spargelanbau steht seit einigen Jahren in der Kritik wegen der Verwendung von Agrarfolien. Regionale zivilgesellschaftliche Initiativen⁴, NGOs⁵, Parteien⁶, die Presse (siehe Kapitel 3.1), Kommunen, Landesparlamente⁷ und der Bundestag⁸ sowie Gerichte^{9[8]} und nicht zuletzt die Branche

³ Im Bericht verwenden wir synonym den Begriff Agrarfolien.

⁴ Landschaft ohne Folie e.V. Eine Bürgerinitiative für den Erhalt der Naturlandschaft in der Region Mötzow rund um den Beetzsee. <http://spargel-in-aller-munde.blogspot.com>.

⁵ Landesebene (z. B. <https://brandenburg.nabu.de/natur-und-landschaft/landnutzung/landwirtschaft/21892.html>) und Bundesebene (z. B. <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/oekologisch-leben/essen-und-trinken/06608.html>, <https://www.bund.net/themen/aktuelles/detail-aktuelles/news/erdbeeren-folie-und-spargel-plastik-auf-dem-acker/>), letzter Abruf jeweils 13.06.2022.

⁶ Benjamin Raschke (2018) (Nr. 219): Auch für 2019 keine Regelung zum Spargelanbau unter Folie in Schutzgebieten <https://gruene-fraktion-brandenburg.de/presse/pressemitteilungen/2018/auch-fuer-2019-keine-regelung-zum-spargelanbau-unter-folie-in-schutzgebieten>.

⁷ Raus aus dem Plastikzeitalter: Meere, Gewässer und Böden schützen! Große Anfrage mit Antwort der Landesregierung, https://www.landtag-niedersachsen.de/drucksachen/drucksachen_18_02500/02001-02500/18-02009.pdf.

Bayrischer Landtag (2019). „Anfragen zum Plenum (zur Plenarsitzung am 2. April 2019) mit den dazu eingegangenen Antworten der Staatsregierung“. Drucksache 18/1542,

selbst¹⁰ haben sich in den vergangenen Jahren mit dem Thema beschäftigt. Von regional spezifischen Gegebenheiten reicht das Thema bis hin zur Wahrnehmung als ‚Konflikt‘, der den Spargelanbau bzw. die Nutzung von Agrarfolien insgesamt grundsätzlich zu hinterfragen scheint (z. B. ‚Umweltsünde Spargel?‘ Deutschlandfunkkultur 2014, Stubenrauch & Ekaradt 2021).

Wenngleich es sich um einen Spezialbereich der Landwirtschaft handelt, so ist er doch ein paradigmatisches Beispiel für die pfadbestimmende Bedeutung der weitgehenden Diffusion des Einsatzes von Kunststoffen in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Produktionsverfahren: durch den Folieneinsatz hat sich aus einem Nischenprodukt die größte Anbaufläche der Gemüseproduktion mit der höchsten betrieblichen Wertschöpfung in Deutschland entwickelt (Strohm et al. 2016). Dies basiert auf einer Reihe von erwünschten Wirkungen des Folieneinsatzes auf das Pflanzenwachstum (siehe Kapitel 3.1).

Die Agrarfoliennutzung ist lediglich ein kleinerer Teilbereich unerwünschter Wirkungen von Plastik in der Umwelt. Jedoch gibt es auch für diesen Teil bestätigte sowie neue Erkenntnisse, Diskussionen und offene Fragen zu erwünschten und unerwünschten Wirkungen (siehe Kapitel 3.1). Die Auseinandersetzung und Reflexion des Status quo sollte Voraussetzung für einen angemessenen Umgang und das Entwickeln innovativer Lösungsansätze sein. Dabei muss jedoch differenziert vorgegangen werden. Denn die Eigenschaften und erwünschten und unerwünschten Wirkungen von Kunststoffen in der Umwelt, verschiedene Eintragspfade und Wirkungsorte müssen unterschieden und in ihrer Eigenschaft verstanden werden, um Ursachen zu identifizieren und Möglichkeiten und Grenzen zur Verbesserung der Situation ableiten und diskutieren zu können. Solch ein Überblickswissen fehlt in der aktuellen Situation.

Das sich erst in den letzten Jahren schnell entwickelnde Wissen zu unerwünschten Wirkungen erlaubt mittlerweile die grobe Einordnung des Einsatzes von Agrarkunststoffen und ihrer erwünschten und unerwünschten Wirkungen. Jedoch ist das Wissen deutlich geringer als im Bereich der Meere (FAO 2021). Der Einsatz von Folien, Vliesen und Netzen ist nicht der größte Eintragsweg für Mikroplastik in landwirtschaftliche Böden (Bertling et al. 2021) und auch nicht der einzige Faktor, der negativ auf die Biodiversität (Leopoldina, actach und Akademieunion 2018) und das Landschaftsbild wirkt. Größere Eintragswege für Mikroplastik sind Reifenabrieb, Klärschlamm und Kompost (Braun et al. 2020, Bertling et al. 2021). Insgesamt formiert sich ein Bild von durch stoffliche Übertragungswege entstehenden unerwünschten Wirkungen auf Umwelt und dadurch menschliche Gesundheit (z. B. de Souza Machado et al. 2019). Im Detail bestehen jedoch verschiedene Wissenslücken über den Umfang und die Quellen unerwünschter Wirkungen wie die Wirkung von Mikroplastik im Boden (de Souza Machado et al. 2019, Brandes et al. 2020, Leifheit & Rillig

http://www1.bayern.landtag.de/www/ElanTextAblage_WP18/Drucksachen/Basisdrucksachen/0000001000/0000001321.pdf, aufgerufen 11.01.2021.

⁸ Deutscher Bundestag (2016): Spargelanbau in Natura 2000-Gebieten. Sachstand, WD 7 - 3000 - 150/16, <https://www.bundestag.de/resource/blob/483614/06c8737290861b0c19ccacc21eff3813/wd-7-150-16-pdf-data.pdf>, aufgerufen 11.01.2021., Petition 95540 Lebens- und Genussmittel - Kennzeichnung von Spargel bei Plastikfolienanbau vom 28.05.2019 (<https://epetitionen.bundestag.de/epet/petition/pdfdownload?petition=95540>), Pet 3-19-10-2128-020732.

⁹ dpa 2021: Streit um Spargelanbau unter Folie im Havelland, <https://www.zeit.de/news/2021-02/09/streit-um-spargelanbau-unter-folie-im-havelland>, Abruf 13.07.2022.

¹⁰ z. B. Hinz 2017.

2020, Rehm & Fiener 2020), die Wirkung auf Biodiversität oder die Wirkung auf pflanzliche und tierische Lebensmittelqualität (Kwon et al. 2020) und damit auf die menschliche Gesundheit (Conti et al. 2020, Correia Prata et al. 2020). Auch die Wirkung auf die Organismeninteraktion auf der Ebene ganzer Agrarsysteme bis hin zur Frage, welche Wirkungen Plastikpartikel in Nanogröße haben könnten, ist offen (Pereira et al. 2021).

Die Landwirtschaft ist damit wie in anderen Bereichen der globalen Herausforderungen auch bei der Nutzung von Agrarkunststoffen sowohl mitverursachend durch die Verwendung von Betriebsmitteln aus Kunststoff und Gestaltung von Produktionsverfahren als auch betroffen von unerwünschten Wirkungen aus anderen Quellen. Sie ist damit auch wo möglich wichtiger Teil von Lösungen.

Die in großen Teilen (jedoch nicht nur) klein- und mittelständisch organisierte kunststoffverarbeitende Industrie (Dispan & Mendler 2020) und Landwirtschaft (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Deutschland, 2021) machen im Licht der Vielfalt an kunststoffbasierten Produkten und Anwendungsfeldern deutlich, dass einzelne Akteure nur über begrenzte Ressourcen bei der Lösung komplexer Herausforderungen verfügen. Für die Entwicklung eines koordinierten Vorgehens für einen möglichst ‚nebenwirkungsminimierten‘¹¹ und ‚plastikemissionsfreien‘¹² Umgang mit Agrarkunststoffen fehlt jedoch ein Gesamtsystemverständnis, um national, regional und branchenspezifisch aufeinander abgestimmte Handlungsfelder für Betriebe, Politik, Zulieferer und Entsorger sowie Wissenschaft zu identifizieren und zwischen verschiedenen Akteuren Problemlösungsprozesse zu organisieren, eingebettet in einen nachhaltigkeitsförderlichen politischen Kontext.

1.2 Ziele

Ziel des Vorhabens ist daher die konzeptionell strukturierte und empirisch fundierte Beschreibung der aktuellen Situation des Einsatzes von Agrarfolien am Beispiel des Spargelanbaus in Deutschland, in welcher die Perspektiven und Bewertungen relevanter Stakeholdergruppen im Überblick berücksichtigt werden. Dieses exemplarische Gesamtsystemverständnis der Nutzung von Agrarfolien im Spargelanbau, welches über reine Produktionsfragen hinausgeht, unterstützt die Identifikation von Ansatzpunkten und Ebenen für nachhaltigere Lösungs- und Innovationsansätze für den Kunststoffeinsatz im Gartenbau. Durch einen explorativen und konfliktsensiblen Ansatz soll es möglich sein, sich einem gesellschaftlichen Konfliktfeld konzeptionell geleitet, aber ergebnisoffen zu nähern. Dazu werden folgende Teilziele verfolgt:

1. Aufbau eines konzeptionellen Bezugsrahmens,
2. Operationalisierung des Themenfeldes,
3. Systematische Literaturanalyse und Entwicklung von empirischen Erhebungsinstrumenten,
4. Befragung von Akteuren und partizipative Validierung,
5. konfliktsensible Begleitung des Forschungsprozesses sowie
6. Triangulation der Ergebnisse und Erstellen eines Endberichts.

¹¹ Diese Formulierung wurde im Validierungsworkshop am 13.06.2022 verwendet.

¹² Siehe Bertling et al. 2021.

Dieser Bericht stellt zunächst projektbezogene Informationen dar, bevor der Stand des Wissens, auf dem aufgebaut wurde, dargestellt wird. Dies schließt die Entwicklung einer konfliktsensiblen Perspektive der Forschung ein, die Konflikte als Teil der Situation und die Forschenden für die Zeit des Forschungsprozesses als Teil dieser Situation versteht und das Forschungshandeln daher so ausrichtet, dass Lösungsbeiträge entstehen können. Im Anschluss werden das Untersuchungsdesign und die verwendeten Methoden dargestellt und es wird erläutert, wie die Ergebnisse daraus zusammengeführt wurden. Kapitel 3 stellt schließlich die Ergebnisse dar und in Teil 4 und 5 werden wichtige Erkenntnisse zusammengefasst.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben begann zum 15.07.2021 dauerte, bedingt durch äußere Umstände bis 31.07.2022. Über die Anpassungen des Arbeitsablaufs wurde der Projektträger jeweils informiert und die Anpassung in Abstimmung mit dem PT BLE vorgenommen.

1.3.1 Arbeitsplan

Als Meilensteine wurden ein Expertenworkshop zur Validierung des Projektansatzes durchgeführt (MS1) sowie ein konzeptioneller Bezugsrahmen mit einem Erhebungsplan (MS 2) entwickelt. Durch Experteninterviews und -gespräche wurde ein umfassendes Situationsverständnis generiert, das durch Teilnahme an Vortrags- und Diskussionsveranstaltungen zu angrenzenden Themenbereichen ergänzt wurde.

Die Zwischenergebnisse der empirischen Erhebung und Auswertung wurden in einem Expertenworkshop validiert und zu dem vorliegenden Bericht aufbereitet. Im Anhang befindet sich eine tabellarische Übersicht mit den wichtigsten Projektaktivitäten.

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

In diesem Abschnitt wird die konzeptionell-theoretische Sichtweise dieser Studie, die verwendeten Methoden sowie die Grundlage für den konfliktsensiblen Ansatz des Projektes erläutert. Zudem wird das Vorverständnis zur Fallstudie dargelegt.

Dieses Kapitel richtet sich hauptsächlich an wissenschaftlich Interessierte, während wir Leserinnen und Leser mit Interesse an Ergebnissen und Lösungsansätzen direkt auf die Kapitel 3 verweisen. Eine allgemeinverständliche Zusammenfassung findet sich in Kapitel 4.

1.4.1 Konzeptioneller Bezugsrahmen

In diesem Abschnitt wird ein Rahmen entwickelt, der erlaubt, die verschiedenen Praktiken und erwünschten und unerwünschten Wirkungen der Agrarfoliennutzung über Skalen (nano/mikro bis global) hinweg strukturiert für die daran beteiligten Akteursgruppen empirisch zu erfassen und zu beschreiben.

Konzeptionell berücksichtigt werden in dieser Studie nicht nur die Bereiche des Systems von der Produktion bis zum Konsum von Spargel (*system of provision*), sondern diese wertschöpfungskettenübergreifende Betrachtung wird erweitert um den Fokus auf die Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Agrarfolien. Dies ermöglicht es, die verschiedenen diskutierten erwünschten und un-

erwünschten Wirkungen von Agrarfolien von der Mikro-Ebene bis zur globalen Stoffstromebene einzubeziehen (Fine et al. 2018, Fanning et al. 2020). Dieses Vorverständnis zeigt **Abbildung 1**.

Dieser allgemeinen konzeptionellen Sichtweise von Fanning et al. (2020) liegt unsere Überlegung zugrunde, dass das folienbasierte Produktions- und Konsumsystem nicht nur Stoffströme (z. B. Wasser, Nährstoffe etc.) nutzt und beeinflusst. Sie erbringen auch individuelle und gesellschaftliche Outcomes oder Leistungen (z. B. Produkte, verlängerte Regionalität und Saisonalität). Die Praktiken dieses Systems müssen auch gleichzeitig sogenannten Entsprechungssystemen gerecht werden, z. B. dem ökonomischen System oder dem Rechtssystem, die oft die Handlungsregeln (Institutionen) für Akteure bestimmen (z. B. Regeln für Inverkehrbringen und Entsorgung von Folien).

Das Versorgungssystem des Spargelanbaus wie auch andere Kulturen, die Agrarfolien nutzen, sind jedoch nicht statisch gegeben, sondern Wissen und innovative Lösungen dafür wurden und werden für verschiedene Stufen der Wertschöpfungskette entwickelt. Sie entstehen aus verschiedenen Interaktionen zwischen Akteuren, die Technologien entwickeln und nutzen und Märkte organisieren. Die Gesamtheit des Zusammenwirkens von denjenigen Akteuren, die mit innovations- und veränderungsorientierten Praktiken zur Entwicklung von Problemlösungen und Technologien, Wissensbeständen, Märkten und Rahmenbedingungen beitragen, kann konzeptionell als Wissens- und Innovationssystem beschrieben werden. Das Zusammenspiel kann durch Funktionen beschrieben werden, die auch darüber entscheiden, ob die dabei entwickelten Innovationen einen Beitrag zu Nachhaltigkeit leisten oder nicht (Weber & Rohrer 2012). Akteure können anhand ihrer Routinen eher dem Versorgungssystem (z. B. produzierende Betriebe, Erzeugerorganisationen, Haushalte) und/oder dem Innovations- und Wissenssystem (z. B. Forschungseinrichtungen, öffentlich und privat organisierte Beratung, Versuchsanstalten, forschende und entwickelnde Unternehmen) zugeordnet werden.

Aufgrund des oben skizzierten und in Kapitel 3.1 ausführlich dargestellten neuen Wissens zur Wirkung von Plastik in der Umwelt ist nicht nur der Wissensbereich zur Produktion landwirtschaftlicher Produkte unter Nutzung von Agrarfolien einschließlich des Spezialbereichs Spargelanbau relevant (Agrarwissenschaften). Darüber hinaus müssen auch Wissensbestände anderer Disziplinen berücksichtigt werden, die sich aus verschiedenen Perspektiven und auf unterschiedlichen Skalen mit den Grundlagen unerwünschter Wirkungen von Kunststoffen in der Umwelt beschäftigen, wie Mikroplastik, Wirkung von Agrarfolienflächen auf (Boden-)Biodiversität, Entwicklung von Messmethoden (Erdsystemwissenschaften, Umweltwissenschaften, Bodenkunde und -biologie etc.).

An den Schnittstellen zwischen diesen Wissensbereichen mit der Nutzung von Agrarfolien wird in dieser Studie ein Fokus auf Lösungsansätze, Pilotprojekte und Innovationsinitiativen gelegt, um Bausteine für Lösungen zu identifizieren und Bedarfe in Bezug auf mögliche Umsetzungspfade abzuleiten. Idealerweise wirken sie im Sinn eines landwirtschaftlichen Innovationsökosystems (Pigford et al. 2018) sich aufeinander beziehend zusammen, um Herausforderungen, die durch den Agrarfolieneinsatz entstehen, zu lösen. In diesem Sinn ‚konstruiert‘ dieses Vorhaben konzeptionell ein lösungsorientiertes Wissens- und Innovationssystem, das im Sinn eines ‚missionsorientierten Innovationssystems‘ auf Seiten der Rahmenbedingungen zur lösungsorientierten Handhabung von

Zielkonflikten gestaltet werden könnte (MIS, Hekkert et al. 2020). Die Ausgangsannahme einer geeigneten Mission war eine national, regional und branchenbezogen koordinierte, systemische und nachhaltigkeitsorientierte Innovationskompetenz des Gartenbaus am Beispiel des Spargelanbaus zum Umgang mit Kunststofffolien im Sinn des Vorsorgeprinzips (EEA 2001) und verantwortungsvoller Forschung und Innovation (EC 2013).

Dabei positionieren wir unser Vorverständnis als in einer komplexen Systemkonstellation eingebettete Situation der Agrarfoliennutzung im Spargelanbau zwischen verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen, landwirtschaftlichen Wertschöpfungsketten, Wertschöpfungsketten der Kunststoffindustrie, ökosystemischen Zusammenhängen auf verschiedenen Ebenen und gesellschaftlichen Diskursen, in der es Ansatzpunkte für die Verbesserung der Situation zu identifizieren gilt. Eine weitere Vor-Annahme war, dass es sich dabei nicht um ein homogenes System handelt, sondern um regional unterschiedlich ausdifferenzierte Konstellationen in Deutschland.

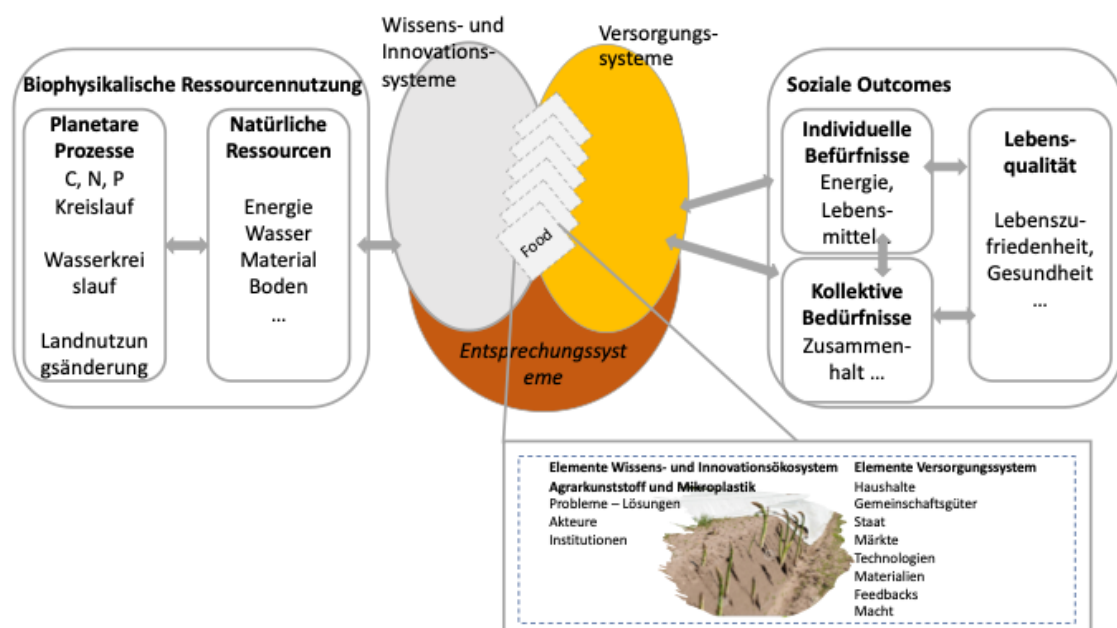


Abbildung 1. Verortung des Agrarfolieneinsatzes im Spargelanbau - Konzeptionalisierung der Verbindung von natürlichen Systemen, Innovationssystemen, die Neuerungen für Versorgungssysteme (Energie, Mobilität, Wohnen, Ernährung...) entwickeln und dadurch im Zusammenspiel verschiedene gesellschaftliche Outcomes generieren (in Anlehnung an Fine et al. 2018, Pigford et al. 2018, Fanning et al. 2020, Hekkert et al. 2020)

Eine Bewertung von ökologischen und sozioökonomischen Aspekten solch eines komplex eingebetteten Systems stellt – wie auch allgemein für andere Fragestellungen – eine Herausforderung für die Handhabbarkeit und Praxistauglichkeit von Mess- und Bewertungsmöglichkeiten dar (siehe Übersichtsarbeit von Andes et al. 2019). Denn Nachhaltigkeit selbst ist nicht im engeren Sinn mess- und bewertbar, und für die Erreichung nachhaltiger Entwicklung bedarf es sogenannter Systemin-

novationen mit technologischen, sozialen und institutionellen Veränderungen (ebenda, Schäfer et al. 2020). Für solch eine Bewertung müssten aus den sich normativ unterscheidenden Leitbildern von Akteursgruppen und Akteuren zu schwacher oder starker Nachhaltigkeit konkrete Ziele abgeleitet werden, um mit Bewertungssystemen den Grad der Zielerreichung zu messen (zum methodischen Vorgehen z. B. Havardi-Burger et al. 2021, zu einem qualitativen Ansatz Zoll et al. 2019). Mit dieser grundlegenden Vorgehensweise sind nicht nur Probleme verbunden durch die Gegenüberstellung zwischen menschlichem und ökosystemischem Wohlergehen. Denn es handelt sich auch um sogenannte 'schlecht strukturierte' Probleme oder *wicked problems* (Rittel & Weber 1973). Zu solchen Problemen gehören beispielsweise der Klimawandel und der Biodiversitätsverlust. Sie sind allgemein durch "Komplexität, Intransparenz, Dynamik, Vernetztheit und Unvollständigkeit oder Falschheit der Kenntnisse über das jeweilige System" charakterisiert (Dörner & Funke 2017, S. 59). In solchen Situationen ist es oft notwendig, aber voraussetzungs- und mehr als ein Ziel operationalisierbar zu formulieren, und schwierig, Aussagen über positive oder negative Aspekte von Handlungsoptionen abzuschätzen (Andes et al. 2019, Lawrence et al. 2022). Für Beiträge von Forschung zu nachhaltiger Entwicklung erschließt sich aus diesem Verständnis einerseits die Anforderung, Systeme in ihren Funktionsweisen angemessen zu beschreiben. Eine der Verwobenheit von Produktions- und Konsumsystemen angemessene Vorgehensweise muss daher erlauben, vielfältige Perspektiven einzuschließen (siehe Kapitel 2). Andererseits muss ein Bewertungsansatz entwickelt werden, der einem ergebnisoffenen systemverstehenden Forschungsprozess angemessen ist. Damit ziel- und indikatorenbasierten Bewertungsansätzen einige Herausforderungen verbunden sind (siehe Andes et al. 2019) und bereits bei der Sichtung des Stands des Wissens im Rahmen dieser Studie nicht zu lösende Probleme der Datenverfügbarkeit sichtbar wurden (z. B. tatsächlicher Gehalt von Mikroplastik auf Gemüseanbauflächen, siehe auch Kapitel 2.4), wurde für die Bewertung eine generische Vorgehensweise gewählt. Sie greift erstens zurück auf das Vorsorgeprinzip (EEA 2001). Zweitens formuliert sie Anforderungen an einen gesellschaftlich verantwortungsvollen Forschungsprozess (Andes et al. 2019, S. 32), der angemessen mit Nichtwissen und Risiken umgeht. So soll vermieden werden, dass von Nichtwissen auf nicht bestehendes Risiko geschlossen und aus dem Vorsorgeprinzip nicht auf Nichthandeln geschlossen wird (Leslie & Depledge 2020). Drittens sollen aus dem Verständnis der Situation heraus angemessene Lösungs- und Innovationspfade gesucht werden im Sinn einer Nachhaltigkeits- bzw. Kreislaufstrategie (vgl. Andes et al. 2019).

Dazu wird im Rückgriff auf die qualitative empirische Sozialforschung eine Situationsanalyse (Clarke 2012) durchgeführt, die Agrarfolien und ihre beabsichtigten und unbeabsichtigten Wirkungen von der Herstellung, Nutzung über eine mögliche Verwertung bis zur Entsorgung ins Zentrum zu strategischen Überlegungen einer Kreislaufökonomie über Vermeiden, *design for circularity*, Recycling, Downcycling, Entsorgen, aber auch Effizienz-, Substitutions- und Konsistenzstrategien stellt. Die Situationsanalyse erlaubt im Sinn der *grounded theory* Methode das ergebnisoffene Einbeziehen von Sichtweisen aus den verschiedenen Bereichen, um anhand des Beispiels des Spargelانبaus zu beschreiben und zu erklären, wie Akteure auf die aktuelle und zukünftige Situation in ihrer Gesamtheit einwirken können (Innes & Booher 2018).

Im folgenden Abschnitt wird das Ausgangsverständnis des Untersuchungsgegenstandes dieser Situationsanalyse dargestellt, das die Wahl der Methoden und die Planung ihrer Umsetzung begründete.

1.4.2 Allgemeiner Stand des Wissens zum Untersuchungsgegenstand Agrarfolieneinsatz im Spargelanbau

In diesem Abschnitt wird das allgemeine Vorverständnis zur Beschaffenheit des Untersuchungsgegenstandes dargestellt. Damit wird das Ziel verfolgt, einen angemessenen methodischen Zugang zu entwickeln. Im Sinn der Situationsanalyse von Clarke (2012) werden die wesentlichen Elemente der Situation skizziert, um auf eine angemessene Erhebungsstrategie für die notwendige Perspektivenvielfalt zu schließen.

Diese Studie untersucht den Agrarfolieneinsatz im Spargelanbau als Fallstudie. Dieses Produktionssystem steht nicht nur wegen der Folien, sondern auch wegen der Arbeitsbedingungen für Saisonarbeitskräfte in der öffentlichen Kritik. Der Aspekt der Foliennutzung ist ein paradigmatisches Beispiel, denn es steht vielmehr stellvertretend für die Nutzung von Agrarkunststoffen in verschiedenen landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Produktionsverfahren (siehe **Abbildung 2** in Kapitel 2.1).

Um Ansatzpunkte für einen verantwortungsvollen Umgang mit Agrarfolien im Spargelanbau zu identifizieren, ist ein grundlegendes und zum Teil tiefgründiges Verständnis der gängigen Anbaupraktiken und der Eigenschaften von Agrarfolien notwendig. Während Kapitel 3.1 eine durch Experteninterviews empirisch informierte Beschreibung des Produktionsverfahrens mit besonderer Perspektive auf die Foliennutzung liefert, wird hier zunächst ein allgemeines Verständnis dargelegt und der Untersuchungsgegenstand dieser Studie abgegrenzt.

Spargel wird in Dämmen angebaut, die seit den frühen 90er-Jahren in Deutschland für eine begrenzte Zeit mit einer Schwarz/Weiß-Folie abgedeckt werden, da dies mehrere Vorteile für das Pflanzenwachstum und damit für die Produktion von Gemüse und anderen Kulturpflanzen aufweist. Durch die schwarze Folienseite erwärmt sich der Boden im Frühjahr schneller. Im Frühjahr können Mehrpreise erzielt werden, die wesentlich für die Wirtschaftlichkeit sind. Mit der weißen Seite kann im Frühsommer in einem gewissen Rahmen eine zu starke Erwärmung und Wachstumsförderung reduziert werden. Für eine weitere Verfrühung werden Minitunnel mit transparenter Folie überspannt. Bei einer Dreifachabdeckung wird über die Minitunnelreihen eine dritte transparente Folie gezogen. Zusätzliche Verfügungsverfahren (Abwärmennutzung, Gewächshausanbau) werden nicht vertiefend untersucht. Das Verfahren wird in Kapitel 3.1.3 ausführlich beschrieben.

1.4.2.1 Stand des Wissens zu Umweltwirkungen des Kunststofffolieneinsatzes zu Projektbeginn

Trotz der oben beschriebenen aktuellen gesellschaftlichen Sensibilisierung und seit den 1980er-Jahren bekannten Hinweisen auf unerwünschte Umweltwirkungen der Agrarfoliennutzung (Übersicht siehe Kasirajan & Ngouajio 2012), sind die allgemeinen Wirkungen von Plastik in terrestrischen Ökosystemen (z. B. Böden, Verlagerung in den Unterboden, Sicker- und Grundwasser, kurz- und langfristige Wirkungen auf Bodenmikroorganismen, Aufnahme in Pflanzen) bisher noch wenig Gegenstand von Forschungsarbeiten (Steinmetz et al. 2016, Büks & Kaupenjohann 2020, Serrano-

Ruiz et al. 2021, Wanner 2021). Untersuchungen zum Mikroplastikgehalt in Gemüseanbauflächen liegen bisher vor allem aus China vor (Bertling et al. 2021, siehe Kapitel 3.1). Möller et al. (2020) untersuchten auf einem Erdbeerbetrieb in Süddeutschland den Mikroplastikgehalt im Boden. Da dies nur ein sehr kleiner empirischer Ausschnitt ist, so ist davon auszugehen, dass für die langfristigen direkten und indirekten Umweltwirkungen, beispielsweise Fragen zu Zusatzstoffen in Plastikmaterialien, Mikroplastikrückständen im Boden bis hin zu Veränderungen in der Beschaffenheit von Bodeneigenschaften wie Veränderungen der Biozönose, des C/N Metabolismus oder der Wasserhaltefähigkeit in einem größeren Studienumfang zu klären sind (Steinmetz et al. 2016, Rillig et al. 2021). Solche Fragestellungen werden bisher vor allem im Labormaßstab bearbeitet und in bestehendes Wissen zum System Boden integriert (de Souza Machado et al. 2019). Für eine Einschätzung des Risikos sind nach Auffassung verschiedener Autorinnen und Autoren jedoch weitere experimentelle Arbeiten erforderlich und experimentelle Standards und Versuchsdokumentationen notwendig, um bestehende Wissenslücken zu schließen und Expertenschätzungen zu validieren (Leifheit & Rillig 2020, Bertling et al. 2021). Die Entwicklung eines ganzheitlichen Verständnisses für die Ursachen, Methoden der Identifizierung von Mikroplastik im Boden befinden sich trotz erster und schnell zunehmender Studien erst am Anfang (Büks & Kaupenjohann 2020, Kedzierskia et al. 2020, Bertling et al. 2021). In Agrarböden wurden verschiedene Makro- und Mikroplastikbestandteile dokumentiert (Piehl et al. 2018, Möller et al. 2020). Über deren jeweils konkrete Eintragswege und den Anteil der Foliennutzung an den Plastikgehalten liegen jedoch noch keine gesamtsystemischen und abschließenden Erkenntnisse vor, da dies methodisch anspruchsvoll ist. Plastik kann aus verschiedenen Quellen in landwirtschaftliche Böden eingetragen werden, wie z. B. indirekt über Komposte, Klärschlamm und Bewässerungswasser oder auch unmittelbar als Eintrag von Reifenabrieb, in die Landschaft geworfenen Plastikmüll und direkt durch in der Produktion genutzte Mulch- und Plastikfolien. Hierzu gibt es jedoch noch zahlreiche Wissens- und Datenlücken sowie Herausforderungen hinsichtlich einer geeigneten Erfassungsmethode (Bertling et al. 2018, Büks & Kaupenjohann 2020, Braun et al. 2020, Witzig et al. 2020, Bertling et al. 2021). Um lokale Eintrittspfade von Agrarfolienpartikeln zu verstehen, muss man all die Maßnahmen kennen, bei denen nicht beabsichtigte Plastikemissionen stattfinden, wie z. B. das Lochen/ Schlitzen, Fixieren der Ränder oder Entfernen der Folien mit Sandtaschen von den Dämmen.

Hinsichtlich der Foliennutzung gibt es weder Auflagen zur Beschaffenheit noch ein Monitoring, sodass keine validierten Daten zur Nutzung und auch nicht zur Folienentsorgung bzw. dem Verbleib der Folien nach Nutzung vorliegen, sondern nur Expertenschätzungen zu den verwendeten Folienarten in Deutschland (z. B. GKL 2019) und Europa (Hann et al. 2021). Bertling et al. (2021) schätzen den Eintrag von Kunststoff in den Boden aus Verlusten an Flachfolie bei Spargelkulturen auf über 1 kg/ha und bewerten Mulch- und Thermofolien als eine Quelle, die zu vergleichsweise hohen Kunststoffbelastungen im Boden und damit zu einer möglichen ökologischen und damit ökonomischen Entwertung des Bodens führen könnte (Bertling et al. 2021, S. 34). Demnach sind jedoch auch weitere Eintragspfade wie Langzeitdünger sowie die Anwendung von Kunststoffen über mehrere Jahre auf der gleichen Fläche zu berücksichtigen.

Neben dem Einfluss auf die Eigenschaften des Bodens (Lozano et al. 2021) werden auch Fragen nach Nachweismethoden und Wirkungen von Mikroplastik in Pflanzen (Li et al. 2020), zu möglichen

gesundheitlichen Wirkungen für Menschen durch Aufnahme, Einatmen und Hautkontakt (Correia Prata et al. 2020) sowie zum Vorkommen von Mikroplastik in Lebensmitteln (zur Methodik siehe Kwon et al. 2020) laut. Conti et al. (2020) wiesen in Italien als erste in verschiedenen Obst- und Gemüseprodukten Plastikpartikel mit einem mittleren Durchmesser von 1,3 bis 3,2 Mikrometer nach und vermuten die Kulturdauer und Wurzelgröße als Erklärung für die Unterschiede. Auch die globale Dimension wird in der Forschung aufgegriffen. Rillig et al. (2021) schlagen den konzeptionellen Begriff der Plastik-Schulden (*global plastic toxicity debt*) vor, die aus den bereits emittierten Plastikbestandteilen zu erwarten sind, während Bank et al. (2021) ein globales Monitoringsystem vorschlagen, um eine reflexive politische Steuerung zu ermöglichen.

Die erste Sichtung der Literatur zeigt die Notwendigkeit auf, dass das bestehende Wissen auf verschiedenen Ebenen verortet werden muss, um Wissenslücken identifizieren zu können (Kuntosch 2019).

1.4.3 Konfliktsensible Perspektive der Forschung

Die Nachhaltigkeitsforschung hat in ihren Anfängen (Kates et al. 2001) die Perspektive auf einen gesellschaftlichen Problemlösungsprozess oder Win-win-Situationen, jedoch nicht auf das ihr zugrunde liegende Konfliktpotential gelegt. Zielkonflikte wurden eher auf einer allgemeinen, abstrakten Ebene thematisiert, z. B. zwischen dem Ökologischen und dem Ökonomischen (Grunwald 2011). Jedoch können aus nichtnachhaltigen Entwicklungen konkrete Konflikte entstehen, ebenso wie aus Transformationsbemühungen hin zu mehr Nachhaltigkeit oder den Regulierungen, die dafür entwickelt wurden (Fickel & Hummel 2019). Konflikte als Teil von Nachhaltigkeitsproblemen und Verbesserungsbemühungen zu verstehen und dafür eine angemessene konfliktsensible Perspektive zu entwickeln, ist daher zentraler Bestandteil der gewählten Vorgehensweise.

In den Nachhaltigkeitswissenschaften werden Konflikte, die aus lokalen Ausprägungen globaler Herausforderungen entstehen, inzwischen in einigen Arbeiten als eine wichtige Forschungsperspektive und als Untersuchungsgegenstand thematisiert (z. B. für Biodiversitätskonflikte Fickel & Hummel 2019, für Agrarkonflikte Feindt et al. 2004, für Landnutzungskonflikte de Jong et al. 2021, für Konflikte um die Energiewende Colell et al. 2022). Idealerweise kann eine solche konfliktsensible Forschung dazu beitragen, praktisches Orientierungswissen für die Konfliktbearbeitung bereitzustellen, indem sie zusätzlich zu den von Grunwald (2011) angesprochenen natur-, geisteswissenschaftlichen Wissensbeständen als sozialwissenschaftlichen Beitrag die Beobachtungen von Konflikten in Konfliktanalysen ordnet, plausibilisiert und Ansatzpunkte für eine Konfliktbearbeitung herausarbeitet (Fickel & Hummel 2019). Eine zweite Lesart von Konflikten nimmt die Rolle der in der konfliktbehafteten Situation Forschenden selbst in den Blick und fragt, wie bestehende Spannungen erkannt und nicht noch weiter verschärft werden können.

Ob ein Konflikt entsteht, hängt von der Wahrnehmung der Situation durch die Akteure ab und ob ein Akteur die erlebte individuelle oder für andere antizipierte Beeinträchtigung als Konflikt erklärt (Fickel & Hummel 2019). Allgemein werden Umweltkonflikte als solche bezeichnet, die natürliche Grundlagen bzw. ‚Natur‘ als zentralen Konfliktgegenstand haben, der für die Beteiligten Ressourcencharakter aufweist (Fisher 2014; Feindt/Saretzki 2010). Dies ist bei foliennutzenden gartenbaulichen und landwirtschaftlichen Produktionsverfahren gegeben (siehe Kapitel 3.1.3). Im folgenden

Kapitel wird daher die grundlegende Bedeutung einer nachhaltigen Entwicklung für das Entstehen und den Charakter von Konflikten (Grunwald 2011) erläutert. In einem zweiten Schritt werden Konflikttypologien von Umweltkonflikten auf verschiedenen gesellschaftlichen Ebenen dargestellt. Danach wird das zweite Element von Konfliktsensibilität erläutert.

1.4.3.1. Konflikte als Untersuchungsgegenstand

Das Thema Agrarfolien kann als ein neueres Konfliktthema im Agrarbereich betrachtet werden, wenngleich es dort bereits viele, sich in den vergangenen zehn Jahren verschärfende Konfliktthemen gibt (z. B. zur Tierhaltung, zur öffentlichen Finanzierung nicht nachhaltiger Entwicklungen in der Landwirtschaft (bspw. siehe Feindt et al. 2004)). Die gesellschaftlich formulierten zunehmenden Anforderungen auf der einen Seite sowie das tatsächliche Konsumentenverhalten, Markt- und Rahmenbedingungen auf der anderen Seite sind herausfordernd für kleine und mittelständische Unternehmen. Besonders am Agrarfolienthema ist, dass der Konfliktgegenstand sowohl Fragen zur Biodiversität und deren lokale¹³ und generelle Beeinträchtigung¹⁴ betrifft als auch indirekt nicht erneuerbare Ressourcen wie Erdöl als Folienausgangsstoff und deren Wirkungen bei Nutzung und Verbleib in der Umwelt. In Bezug auf die Mikroplastikthematik entsteht aus der Sichtung der Literatur die begründete Vermutung, dass Folien - zwar quantitativ nach anderen Eintragsquellen - mitbestimmende Treiber dafür sein könnten, dass die eigentlich regenerierbare Ressource Boden und damit potenziell die ökosystemische und menschliche Gesundheit dauerhaft geschädigt werden könnten (siehe Kapitel 3.1). Durch die betrieblich und regional spezifische Struktur und Funktionsweisen von Ökosystemen und dem Spargelanbau mit Foliennutzung sind Problemlage und das Konfliktgeschehen jedoch divers und komplex, sodass sie nur durch die differenzierte Beschreibung sozial-ökologischer Beziehungen verstanden werden können (Fickel & Hummel 2019).

Landnutzungskonflikte, Agrarkonflikte oder Konflikte der Energiewende finden in verschiedenen gesellschaftlichen Feldern und auf verschiedenen sozialen, organisationalen und gesellschaftlichen Ebenen statt. So ist zu unterscheiden zwischen, 1) dem räumlichen Auftreten von Konflikten zwischen Stakeholdern (z. B. Stadt-Land-Konflikte), 2) sektoralen Konfliktlinien (z. B. Konflikte zwischen Landwirtschaft und Naturschutz) sowie 3) Verortung eines Konfliktes im Mehrebenensystem (z. B. Konflikte auf lokaler oder nationaler Ebene). Zudem bestehen im Allgemeinen Koordinierungsfragen zwischen und innerhalb von Organisationen, wenn auf der übergeordneten Governance-Ebene Themen für die komplexitätsbedingt durch Dilemmata charakterisierte Situation vor Ort nicht ausreichend reguliert sind (von der Dunk et al. 2011, de Jong et al. 2021). Dies trifft für Agrarfolien zu: es handelt sich um einen wenig regulierten Bereich (Bertling et al. 2021).

Das Projekt greift mit dem konfliktsensiblen Ansatz zunächst allgemein auf die Organisationsforschung zurück und trifft zunächst eine Unterscheidung zwischen Konflikt von anderen Interaktionen (z. B. Kommunikation, Handeln), die gekennzeichnet sind z. B. von logischem Widerspruch, Meinungsdifferenz, Missverständnis, Fehlperzeption, Ambivalenz, Spannung, Krise (Glasl 2013, S.

¹³ Landschaft ohne Folie e.V. Eine Bürgerinitiative für den Erhalt der Naturlandschaft in der Region Mötzow rund um den Beetzsee. <http://spargel-in-aller-munde.blogspot.com>

¹⁴ Der NABU setzt sich grundsätzlich mit Problemen des Agrarfolieneinsatzes aus Naturschutzsicht auseinander, arbeitet vor Ort jedoch auch in Pilotprojekten mit Landwirten zusammen zur Förderung der Biodiversität

14 ff.). Als Ausgangspunkt fokussieren wir auf den sozialen Aspekt von Landnutzungskonflikten und fassen sie nach Glasl (2013, S. 17) als „eine Interaktion

- *zwischen Akteuren (Individuen, Gruppen, Organisationen usw.),*
- *wobei wenigstens ein Akteur eine Differenz bzw. Unvereinbarkeit*
 - *im Wahrnehmen und*
 - *im Denken bzw. Vorstellen*
 - *und im Fühlen und*
 - *im Wollen*
- *mit dem anderen Akteur/ den anderen Akteuren in der Art erlebt,*
- *dass bei Verwirklichen dessen, was der Akteur denkt, fühlt oder will, eine Beeinträchtigung*
- *durch den anderen Akteur/ die anderen Akteure erfolge“.*

Dem Konzept der nachhaltigen Entwicklung liegt zugrunde, dass seine Operationalisierung für bestimmte Handlungsfelder die Interessen der verschiedenen Akteure in diesem Feld (NGOs, Unternehmen, Akteursgruppen etc.) unterschiedlich betrifft. Ökologische, soziale oder ökonomische Fragen einer nachhaltigen Entwicklung bergen Interessenskonfliktpotential, zusätzlich zu bereits bestehenden persönlichen oder Beziehungskonflikten (Feindt et al. 2004, Grunwald 2011). Nachhaltige Entwicklung erfordert daher nach Grunwald die expliziten und impliziten Widersprüche und Unterschiede, die zwischen verschiedenen Kulturen, Akteuren, Organisationen, Gruppen etc. bestehen, herauszuarbeiten. Dabei vertritt er die Auffassung, dass allein ein naturalistisches Konfliktlösungsverständnis, in dem die Naturwissenschaft die Tragfähigkeit von Ökosystemen bewertet, nicht zielführend ist, da es sich oft nicht um sogenannte Faktenkonflikte, sondern um graduelle Prozesse handelt und sich daher um naturwissenschaftlich nicht zu lösende Fragen bzw. Ermessenskonflikte handelt, die sich z. B. bei Fragen von intra- und intergenerationeller Gerechtigkeit ergeben (Feindt et al. 2004, Grunwald 2011). Bewertungskonflikte über akzeptable Risiken erfordern gesellschaftlichen Diskurs und gesellschaftliche Konflikte können nicht nur durch Naturwissenschaft gelöst werden. Alternative sogenannte kulturalistische Möglichkeiten der Konfliktregelung in pluralen Gesellschaften sind politische Entscheidungen zu Nachhaltigkeitsfragen, eine diskursiv-partizipative Organisation von breiten gesellschaftlichen Diskursen oder allgemeine handlungsleitende ethische Prinzipien. Da alle diese Ansätze jeweils mit Herausforderungen verbunden sind, schlägt Grunwald (2011) vor, kontextspezifische Kombinationen der Ansätze zu entwickeln, um Nachhaltigkeitskonflikte – und als solchen betrachten wir das Agrarfolienthema – möglichst angemessen zu adressieren.

Solch einem Ansatz liegt eine sogenannte konstruktivistische Positionierung dieser Forschung zugrunde, die wissenschaftliches Wissen als eine unter mehreren Wissensformen ansieht und als Voraussetzung für komplexitätsangemessene Problemlösungsprozesse zwischen Wissenschaft und Gesellschaft (Innes & Booher 2018). Diesem Projekt liegen daher die in den in Kapitel 2 dargestellten verschiedenen Methoden zugrunde, die erlauben, das wissenschaftliche und außerwissenschaftliche Wissen zu einer Situationsbeschreibung zu integrieren. Gleichzeitig geht das Projekt explizit davon aus, dass Konflikte oder konfligierende Interessenslagen notwendigerweise Teil der Situation sein müssen, da mehrere Nachhaltigkeitsthemen (planetare materielle Integrität, Biodiversitätsverlust) Teil der Situation sind. Dies wird daher einerseits als Untersuchungsgegenstand und als Bedingung für die Durchführung der Forschungsarbeiten verstanden und nachfolgend be-

schrieben. Fickel & Hummel (2019) stellen fest, dass transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung eher für untere Eskalationsstufen von Konflikten (1. Verhärtung, 2. Debatte und Politik (Behandlung in Parlamenten), 3. Taten statt Worte! (Eingreifen von Behörden), siehe Glasl 2013) geeignet ist, die sich durch Dialog bearbeiten lassen. Da im hier behandelten Themenfeld bereits eine der höheren Eskalationsstufen zu Projektbeginn bekannt war und weitere vorhanden sind (4. Sorge um Image und Koalitionssuche bei Außenstehenden (z. B. Bemühen um Schreiben der EU-Kommission¹⁵), 5. Gesichtsverlust (z. B. Presseberichte¹⁶), 6. Drohstrategien (z. B. Aktivismus auf Spargelfeldern)), wurde davon ausgegangen, dass Forschung dazu besonders voraussetzungsvoll ist. Daher wird nachfolgend beschrieben, wie sich die Forschenden mit ihrer forschungsethischen Rolle und ihrem forschungspraktischen Vorgehen positioniert haben.

1.4.3.2. Wirkungen von Forschung in Konflikten beachten

Aufgrund der ersten Sichtung der Ereignisse wurde davon ausgegangen, dass es sich um einen – zumindest in Teilen – persönlich und politisch aufgeladenen Landnutzungskonflikt handelt, in dem Wissensbestände aus verschiedenen Bereichen Potential für politische Kontroversen aufweisen (Whatmore 2009). Jedoch waren der Charakter und die konkreten Konfliktlinien nicht bekannt. Da Forschung potenziell erwünschte und unerwünschte Wirkungen haben kann, z. B. für diejenigen Akteure, die an Lösungen arbeiten, erfolgte die methodische Umsetzung des Projektes konflikt-sensibel (in Anlehnung an Goodhand 2001). Diesem Ansatz liegt einerseits ein theoretisch informiertes Konfliktverständnis zugrunde und andererseits eine praktische Perspektive des Konfliktmanagements zur Vermeidung von unerwünschten negativen Wirkungen auf die Dynamik, indem der forschungspraktische Erkenntnisprozess konflikt- und mediationserfahren begleitet wurde.

So wurde der Forschungsgegenstand nicht losgelöst von Akteursdynamiken und deren Konsequenzen betrachtet und untersucht, sondern von Anfang an wurde auch die Konfliktperspektive mit eingenommen (konfliktsensibler Ansatz - *working in conflict*). Sensibilisiert durch eine ex ante Reflexion potenzieller Wirkungen der Forschung im Untersuchungsfeld (AP 5.1) konnten erfolgreich 37 Interviews und 5 Expertengespräche durchgeführt werden (*working in conflict*). So trug der Ansatz dazu bei, das Projektziel einer möglichst umfangreichen Situationsbeschreibung zu erreichen, die verschiedene Perspektiven einschließt¹⁷.

Neben diesem Forschungsansatz, der das Ziel verfolgt, dass die Arbeiten in einem Konfliktfeld so stattfinden sollen, dass sie nicht zu einer Eskalation beitragen und das Verständnis der Konfliktdynamik Teil des Erkenntnisprozesses ist, sollte ursprünglich auch die praxisorientierte Option bestehen, dass der Konflikt selbst durch eine das Forschungsvorhaben begleitende Konfliktberatung für die Akteure adressiert werden könnte (*working on conflict*)¹⁸. Dazu gehörte einerseits die Mode-

¹⁵ dpa Niedersachsen (2021): Kommission: Folien mindern Chemie-Einsatz im Spargelanbau. dpa-infocom, dpa:210701-99-218607/2, abgerufen am 28.07.2022 von <https://www.zeit.de/news/2021-07/01/kommission-folien-mindern-chemie-einsatz-im-spargelanbau>

¹⁶ BRANDENBURG TOTAL VERPLANT! Spargel-Anbau: Politiker fordert Folien-Verbot" (BILD, 06.05.2015), oder "Spargelbauern wehren sich: „Die machen uns den Laden dicht“" (Märkische Allgemeine, 14.01.2021) oder vielleicht "Königsgemüse und Naturschutz. Kratzer an der Spargelfolie" (Potsdamer Neueste Nachrichten, 17.06.2015)

¹⁷ Zu den Grenzen des Feldzugangs in bestimmten Bereichen siehe Kapitel 2.2

¹⁸ siehe Projektantrag, S. 21

ration, andererseits aber auch die Idee, die Akteure zu Konfliktthemen weiterzubilden oder zu beraten. Die Einsichten in die Konfliktlinien und Dynamiken sowie direkte Rückmeldungen von Interviewten zur Möglichkeit von Formaten der Konfliktbearbeitung erlaubten einzuschätzen, dass in der aktuellen Dynamik noch sehr wenig Potential für Beratungs- und Weiterbildungsangebote vorhanden war. Daher fokussierte sich der Beitrag auf die Durchführung des Validierungsworkshops sowie auf eine konfliktsensible Situationsbeschreibung, die anstrebt, die verschiedenen Sichtweisen der Akteure im Licht des vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisstands möglichst ausgewogen darzustellen. So leistet die Konfliktperspektive einen Beitrag zur Gesamteinschätzung für Ansatzpunkte zur Entwicklung von Lösungen mit Blick auf Konflikt- und Lösungsdynamiken.

1.4.4. Zusammenfassung Stand des Wissens

Der Stand des Wissens zu Wirkungen von Plastik in der Umwelt, auf den das Projekt aufbaut, kann als ein sich in den letzten Jahren dynamischer entwickelndes Wissensgebiet eingeschätzt werden. Da die bei einer ersten Internetrecherche identifizierten Studien alle auf bestehende Wissenslücken und methodische Herausforderungen hinweisen, sollte der Stand des Wissens systematischer erfasst werden (siehe Kapitel 2). Das Wissen muss zwischen der Mikro-Ebene (lokale Pflanze-Boden-Interaktion) und der Ebene globaler, anthropogen geprägter Kreisläufe auf einer mittleren Ebene zusammengeführt werden. Als solch eine Mesoebene eignet sich die Fallstudie des Spargelanbaus als Beispiel für die Kunststoffnutzung in der Landwirtschaft, auch wenn es sich in Bezug auf den Flächenumfang um einen begrenzten Spezialbereich handelt. Mit dem systemisch orientierten Bezugsrahmen und einem explorativen, mehrperspektivischen konfliktsensiblen Ansatz wurden Grundlagen gelegt für das differenzierte Verorten und Explizieren von Wissenslücken auf verschiedenen Ebenen. Da ,neben Konflikten, auch gesellschaftliche Diskurse eine Rolle spielen, sollen sie als wichtiges Element in der Situation untersucht werden. Durch das Zusammenführen dieser Betrachtungsweisen der Situation sollen nach Möglichkeit falsch-logische Schlüsse über das bestehende Risiko vermieden werden (Leslie & Depledge 2020) und Ansatzpunkte für Handlungsempfehlungen differenziert aufgezeigt werden können.

2. Material und Methoden

Ziel dieses Abschnitts ist es, die methodische Vorgehensweise der Untersuchungsschritte nachvollziehbar darzustellen. Dafür wird nachfolgend ein konzeptioneller Bezugsrahmen vorgestellt. Er stellt die Sichtweise auf denjenigen Teil des Ernährungssektors dar, der zur Produktion Agrarfolien nutzt, und zwar hauptsächlich die direkt auf dem Boden aufliegenden Folien. Beispielhaft für diese bodenaufliegende Agrarfolien nutzenden Produktionsverfahren ist der Bleichspargelanbau. In diesem Feld sind auf verschiedenen Ebenen Zeichen von Konflikten zu erkennen (s. o.). Die integrative Betrachtung von gesellschaftlichen und vor Ort stattfindenden Konflikten in Themenfeldern der Nachhaltigkeit ist eine Herausforderung für die Entwicklung eines angemessenen Untersuchungsdesigns (Colell et al. 2022). Es ist aber Voraussetzung, um generalisierbare ,tieferliegende‘ Ansatzpunkte für mögliche Lösungsansätze und Innovationsideen einzubeziehen (Meadows 1999, Abson 2016).

2.1 Untersuchungsdesign – Fallstudie Spargelanbau

Um einerseits mit einer umfangreichen Systemperspektive und andererseits die verschiedenen Ebenen zu betrachtender Wirkungen und Konfliktkonstellationen eine empirische Situationsbeschreibung zu erstellen, wurde ein Fallstudienansatz gewählt. Fallstudien können dem Bedarf nach einem Verständnis komplexer sozialer Phänomene entsprechen, bei dem eine ganzheitliche Betrachtungsweise sowie angemessene Vertiefungen möglich sind bei einer der theoretisch-konzeptionell angemessenen Vorgehensweise (Yin 2003, Goffin et al. 2019)¹⁹. Denn innerhalb dessen kann die Heterogenität des Untersuchungsgegenstandes (z. B. Vielfalt an Kulturen, die unter Nutzung von Agrarfolien angebaut werden, Vielfalt an Agrarfolienarten und Produktionsverfahren, Vielfalt an Märkten für Folien und Produkte, Vielfalt an erwünschten und unerwünschten Wirkungen von Folien) handhabbar gemacht werden.

Der Spargelanbau wurde als paradigmatisches Fallbeispiel für den Einsatz von Agrarfolien gewählt. Mit den nachfolgenden Abbildungen wird der Untersuchungsgegenstand der Nutzung von Agrarfolien am Beispiel des Spargelanbaus in den breiteren Kontext eingeordnet und abgegrenzt. Nachfolgende **Abbildung 2. Verortung des Fallbeispiels Spargelanbau in den Kontext Kunststoffe in der Umwelt und deren Wirkungsbereiche mit dem Fokus auf landwirtschaftliche Böden.** Untersuchungsgegenstand ist das System der Spargelproduktion und der Wirkung der dabei verwendeten Folien in Herstellung, Nutzung und nach der Nutzung. Zusätzlich dargestellt sind 81% ausmachende außerlandwirtschaftliche Eintragswege von Mikroplastik in landwirtschaftliche Böden, während die Landwirtschaft selbst 19% der Einträge verursacht. (eigene Darstellung nach Machado Rehm 2018, Bertling et al. 2021).

zeigt auf, wie sich die Fallstudie aus dem Bereich Nutzung von Kunststoffen in Landwirtschaft und Gartenbau in das breitere Themenfeld der Wirkungen der Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Agrarfolien einordnet.

Neben den für den Anbau von Spargel genutzten Agrarfolien gibt es weitere Anwendungsfelder und Folientypen. Dazu zählen insbesondere Mulchfolien. Sie haben mit den Spargelfolien gemeinsam, dass sie direkten Kontakt zu Boden und Pflanze haben. Sie unterscheiden sich jedoch durch ihre kürzere Nutzungsdauer von einem (z. B. Einlegegurken, Kürbis, Zucchini) bis zwei Jahren (z. B. Erdbeeren). Auch im Freilandanbau von Topfkulturen im Zierpflanzenbau und Baumschulwesen werden Agrarkunststoffe als Bändchengewebe genutzt. Weitere längere Nutzungen von Agrarfolien werden getestet, z. B. erste Versuche in Agroforstanlagen (Jones et al. 2019). Sie dienen der Unkrautunterdrückung, die Produkte bleiben sauber für die Vermarktung, und in Kombination mit der Bewässerung ist eine bessere Wassereffizienz erreichbar (Steinmetz et al. 2016). Daher sind Mulchfolien in der Regel schwarz, um das Keimen und Wachsen von Beikräutern zu verhindern. Einige Folien haben wie bei der Spargelfolie eine weiße Oberseite, um eine starke Erwärmung des Bodens unter der Folie bei Sonneneinstrahlung zu vermindern. Zum Teil weisen Mulchfolien Schlitz- oder Löcher auf, in welche Gemüsejungpflanzen ausgepflanzt werden. Weitere Agrarfolien sind

¹⁹ Yin (2003, S. 12): „A case study is an empirical inquiry that investigates a contemporary phenomenon within its real-life context, especially when the boundaries between phenomenon and context are not clearly evident.“

Silagefolien für die Grünlandwirtschaft und Folien zur Verpackung von Produktpartien für die Großhandelslogistik. Zudem zählen im erweiterten Sinn auch Netze und Vliese zu in Pflanzreihen genutzten Kunststoffprodukten, die jedoch nicht auf dem Boden, sondern auf den Pflanzen oder Gerüsten liegen, zum Schutz vor Schadinsekten und Witterungseinflüssen (z. B. Hagelschutznetze²⁰).

Im Zuge des Klimawandels ist der Schutz vor Extremwetterereignissen und ihren indirekten langfristigen Folgen für die Betriebsentwicklung relevant, wodurch solche Kulturschutzmaßnahmen mit Kunststoffen voraussichtlich weitere Bedeutung erfahren werden (KLiVo 2019).

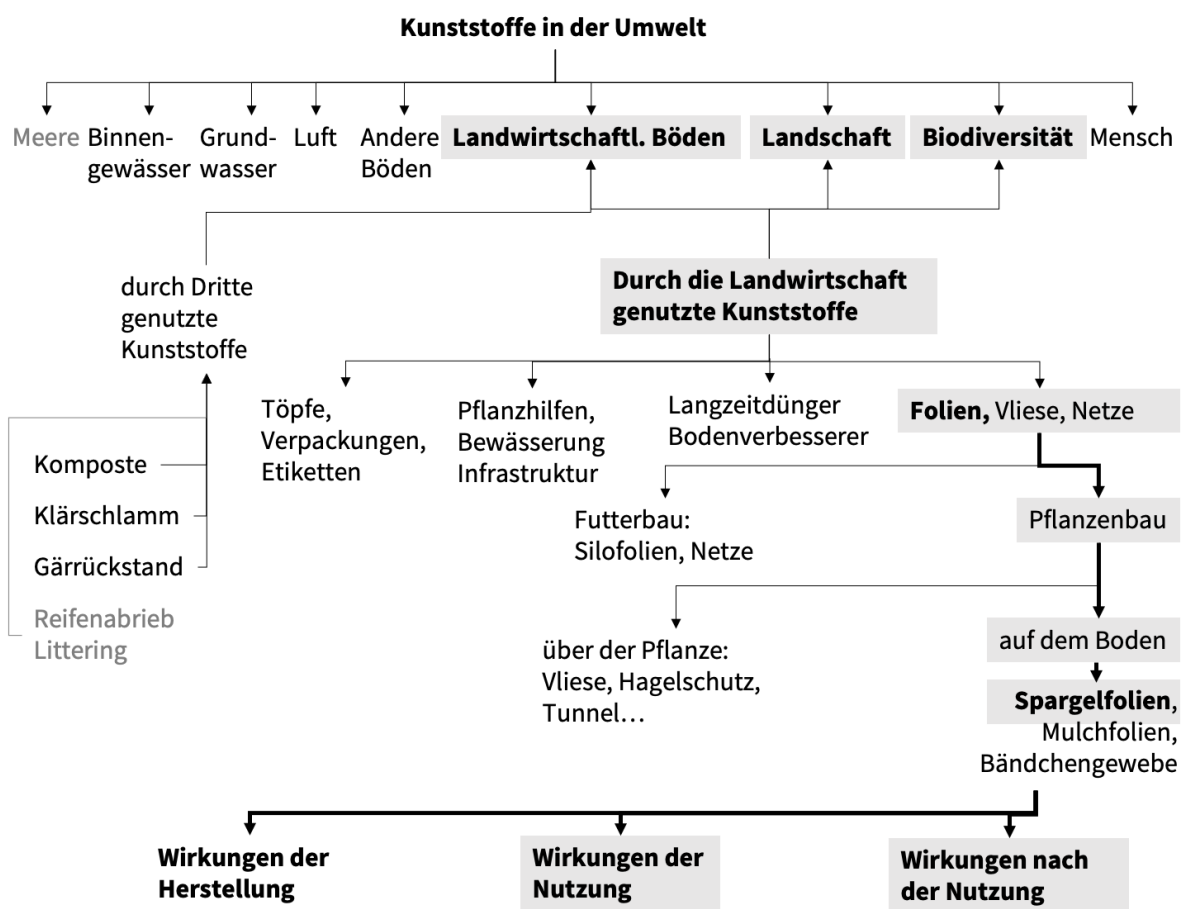


Abbildung 2. Verortung des Fallbeispiels Spargelanbau in den Kontext Kunststoffe in der Umwelt und deren Wirkungsbe-reiche mit dem Fokus auf landwirtschaftliche Böden. Untersuchungsgegenstand ist das System der Spargelproduktion und der Wirkung der dabei verwendeten Folien in Herstellung, Nutzung und nach der Nutzung. Zusätzlich dargestellt sind 81% ausmachende außerlandwirtschaftliche Eintragswege von Mikroplastik in landwirtschaftliche Böden, während die Land-wirtschaft selbst 19% der Einträge verursacht. (eigene Darstellung nach Machado Rehm 2018, Bertling et al. 2021).

²⁰ Auch zu Hagelschutznetzen und ihrer Wirkung im Landschaftsbild und in der Nähe zu Schutzgebieten gibt es in ver-schiedenen Regionen Diskussionen, z. B. <https://www.suedkurier.de/region/bodenseekreis/kreis-ravensburg/Regionaler-Obstbau-steht-vor-Herausforderungen;art372481,8831777>, in Südtirol können Gemeinden die Nutzung von Hagelschutznetzen, Kulturschutzfolien und Kulturschutznetzen beschränken gegen eine Entschädigung der Bauern, siehe https://www.provinz.bz.it/land-forstwirtschaft/landwirtschaft/aktuelles.asp?aktuelles_action=4&aktuelles_article_id=579524, in der Schweiz wird der Einfluss von Hagelschutznetzanlagen auf das Landschaftsbild systematisch überprüft, siehe Hagelschutznetzen, Kultur-schutzfolien und Kulturschutznetzen

Die Studie von Bertling et al. (2021) ist die umfangreichste Zusammenstellung über die Kunststoffnutzung in der Landwirtschaft. Oft beruhen die angegebenen Werte mangels Dokumentation auf Expertenschätzungen und die Autoren weisen explizit darauf hin, dass aus diesen allgemeinen Schätzungen nicht auf den Beitrag eines Betriebes zum gesamten Problem geschlossen werden kann, da die Praktiken bei der Nutzung, Lagerung und Entsorgung auf dem Betrieb sehr unterschiedlich sind. Sie verweisen jedoch auch darauf, dass aufgrund der Datenlage sich bei einer umfassenden Erhebung ein höherer Kunststoffverbrauch der Landwirtschaft als die ermittelten 148.603 t ergeben werden. 51 % der Mikroplastikeinträge in Böden erfolgt mit dem Ausbringen von Komposten und Klärschlamm. 30 % geht auf Einträge durch Littering zurück. Mit Saatgut, Düngemitteln und Bodenverbesserern werden 15 % eingetragen und 4 % entfallen auf die Nutzung von Folien, Vliesen, Pflanztöpfen etc. (Bertling et al. 2021, S. 219). Diesen letztgenannten Anteil schlüsselt die folgende Tabelle weiter auf.

Einträge von Folien schätzen Bertling et al. (2021, S. 219) auf 9,1 kg/ (ha a) und aus Spargelfolien auf 3,6 kg/ (ha a).

Tabelle 1. Anteile der durch die Landwirtschaft direkt verursachten Emissionen von Plastik in landwirtschaftliche Böden nach Expertenschätzungen (Bertling et al. 2021, S. 15)

| Mikroplastikquellen für Einträge in landwirtschaftliche Böden | Anteil an direkt verursachten Emissionen in landwirtschaftliche Böden (in %) |
|---|--|
| Umhüllte Düngemittel, Formulierungshilfsstoffe | 69,3 |
| Bodenverbesserer | 3,0 |
| umhüllte Pflanzenschutzmittel, Formulierungshilfsstoffe | 2,5 |
| Folien, ..., Garne und Beschichtungen | 10,3 |
| Folien, Vliese, Netze (Pflanzenproduktion) | 5,0 |
| Bewässerungssysteme | 1,0 |
| Pflanzhilfen | 4,9 |
| Pflanzbehälter | 1,6 |
| Umhülltes Saatgut | 2,4 |

2.2 Literaturanalyse

Um die Ergebnisse der Interviews einordnen zu können, wurde eine Literaturanalyse durchgeführt. Die Literaturanalyse wurde an die Methode eines *systematic reviews* angelehnt. Systematische Reviews sind Literaturanalysen, die versuchen, durch wiederholbare analytische Methoden Literaturstränge zu beschreiben und zu bewerten und dabei die Befangenheit der Forschenden zu minimieren (Environmental Evidence 2022). Diese Forschungsmethode wurde an die projektinternen Kapazitäten und Ressourcen angepasst. Somit stellt die nachfolgende Analyse eine Art Zwischenschritt zwischen den traditionellen narrativen Literaturanalysen und den systematischen Analysen dar. Mithilfe der Analyse sollten die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Kann eine internationale Perspektive auf Besonderheiten des deutschen Spargelmarkts gegeben werden?
- Wie werden Agrarfolien genutzt?
- Was sind die Treiber der Verwendung von Agrarfolien?
- Was ist der governance Aspekt der Agrarfolien?
- Gibt es Konflikte um die Nutzung von Agrarfolien?
- Welche Alternativen werden aufgezeigt?
- Welche Umwelteinwirkungen haben die Agrarfolien?

Auf Basis dieser wurde ein Suchprotokoll mit den folgenden Schlagwörtern erstellt, um die Folienutzung zu erfassen: *'plastic mulch' OR 'plastic mulching' OR plasticulture*. Der Platzhalter *[country]* wurde während der Suche mit den Ländern China, Frankreich, Italien, Niederlande, Peru, Polen und Spanien gefüllt. Diese Länder wurden als wichtige Anbauggebiete und/oder Abnehmer in der Vorbereitung der Interviews identifiziert (AMI 2021). *asparagus* wurde als Suchbegriff für Spargelanbau genutzt. *strawberry OR blueberry* wurden als Suchbegriffe hinzugefügt, da die Anbaumethoden mit der des Spargels vergleichbar sind und diese Beeren häufig in denselben Kulturen bzw. Betrieben angebaut werden. Da während der ersten Suchen die Trefferanzahl mit dem obigen Suchstring stark variierte, wurde das Suchprotokoll wie folgt abgeändert:

- *'plastic mulch' OR 'plastic mulching' OR plasticulture AND [country] AND asparagus OR strawberry OR blueberry*
- *'plastic mulch' OR 'plastic mulching' AND [country] AND asparagus*
- *'plastic mulch' OR 'plastic mulching' AND [country]*
- *plasticulture AND [country] AND asparagus*
- *plasticulture AND [country]*
- *[country] AND asparagus*

Diese Suchstrings wurden für jedes der oben genannten Länder genutzt. Die Website ScienceDirect wurde für die Literaturanalyse verwendet, da andere Datenbanken wie Web of Science aus institutionellen Gründen nicht zugänglich waren und andere Webseiten, wie zum Beispiel der Bielefeld Academic Search Engine, keine relevanten Treffer lieferten. Um die Treffer einzuschränken, wurde nur nach Daten gesucht, die zwischen den Jahren 2010 und 2022 publiziert wurden. Die ähnlichen Schlussfolgerungen des *reviews* von Kasirajan and Ngouajio (2012), der Literatur von den 1980er-Jahren bis 2012 analysiert, zeigt, dass die Ergebnisse nicht maßgeblich von dieser Einschränkung beeinflusst wurden. Außerdem wurden die Suchen, aus institutionellen Gründen, auf *open access* Veröffentlichungen beschränkt.

Auf diese Weise wurden 822 Studien identifiziert. Diese wurden in die Literaturanalyse-App Rayyan hochgeladen, die für systematische Literaturanalysen konzipiert wurde und wie folgt gefiltert (siehe Abbildung 1): die Titel, Zusammenfassungen und Schlagwörter wurden analysiert. War eines der Schlagwörter des Suchprotokolls in einem der drei Artikelteile zu finden, so wurde dieser Artikel als 'Included' markiert. Alle mit 'Included' markierten Artikel wurden gelesen. Falls es in diesen Artikeln nicht explizit um die Nutzung von Agrarfolien ging, wurden diese als 'Excluded' markiert. Am Ende wurden von den 822 Studien 107 in die Literaturanalyse aufgenommen.

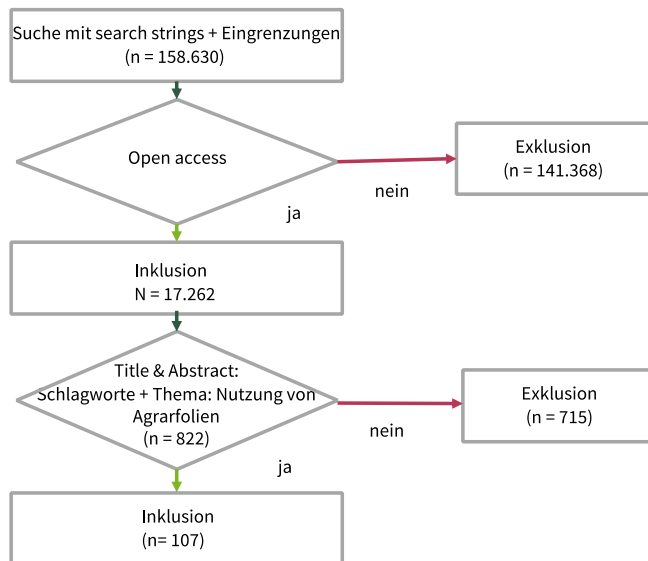


Abbildung 3. Filtervorgang (eigene Darstellung)

Neben der systematischen Suche nach wissenschaftlichen Artikeln wurde fortlaufend eine Internetrecherche und gezielte Suche nach bestimmten Informationen durchgeführt, z. B. zur Identifikation von Interviewpartnern oder bei auftretenden konkreten Fragen durch neue Aspekte aus den Interviews.

2.3 Experteninterviews

Für diese Untersuchung bestand die Absicht, Akteure aus möglichst vielen Bereichen zu beteiligen, entsprechend dem systemorientierten Bezugsrahmen und Verständnis des Konfliktgehalts der Situation (Grunwald 2011, Innes & Bochner 2018). Grundlage für die systematische Identifizierung und Auswahl von Expertinnen und Experten bildete ein konzeptionelles Vor-Verständnis des Systems der Agrarfoliennutzung im Spargelanbau nach dem Prinzip der Kreislaufwirtschaft und Vorkenntnissen über die Wertschöpfungsketten sowie das Wissens- und Innovationssystem von Spargel.

Um ein umfangreiches Verständnis der Nutzung von Agrarfolien am Beispiel des Spargelanbaus zu beschreiben und Ansatzpunkte für einen den Wirkungen angemessenen Umgang mit Agrarkunststoffen zu identifizieren, wurden insgesamt 37 Online-Interviews mit Expertinnen und Experten aus unterschiedlichen Bereichen im Umfang von je 30-100 Minuten durchgeführt. Die Identifikation der

Interviewpartnerinnen und -partner erfolgte anfänglich hauptsächlich anhand einer ausführlichen Internetrecherche und wurde zunehmend durch Hinweise aus den Interviews erweitert (Schnee-ballprinzip). Im Sinn von *'working in conflict'* wurde angestrebt, dort, wo fortgeschrittene Eskalationsstufen wie Mediationsverfahren bekannt waren, zur Vermeidung von weiterer Eskalation, keine Interviews zu führen. Gleichzeitig wurde jedoch darauf geachtet, unterschiedliche Akteure aus verschiedenen Regionen sowie in Situationen großer Akzeptanz bzw. großer Kritik an der Nutzung von Agrarfolien einzubeziehen. Zudem wurde darauf geachtet, dass die Interviewten unterschiedliche fachliche Expertisen und Positionen im System der Agrarkunststoffnutzung haben, sowie unterschiedlicher Bewertungen der Wirkungen einbezogen wurden (Steinke 2007). Die Befragten stammen aus den folgenden Bereichen (siehe Tabelle 2):

Tabelle 2. Übersicht der Stichprobe nach Akteursgruppe

| Bereich | Anteil der geführten Interviews |
|---|---------------------------------|
| Agrarfolienhersteller | 2 |
| Forschung, Lehre, Entwicklung, Transfer | 5 |
| Interessenvertretungen, Umweltverbände | 4 |
| Kommunen und Landkreise | 2 |
| Öffentliche und private Beratung, Versuchswesen | 9 |
| Politik Bund und Länder | 1 |
| Recycling, Entsorgung, Herstellung Rezyklate | 2 |
| Spargelproduzenten | 5 |
| Vermarktung und Marktanalyse | 2 |
| Vertreter von Spargelverbänden | 3 |
| Vertrieb / Landhandel für Agrarfolien und Maschinen | 2 |
| Gesamt | 37 |

Die Interviews wurden unter den allgemeinen Regeln des informierten Einverständnisses (*informed consent*) sowie der Bedingung der *'Chatham House Rules'* geführt, d. h. im Nachhinein durfte darüber berichtet werden, was besprochen wurde, aber nicht, wer was gesagt hat. Zudem wurde den Interviewten die Anonymisierung und Pseudonymisierung in diesem Bericht zugesagt und keine illustrativen direkten Zitate zu verwenden. Die aufgenommenen Interviews und Transkripte wur-

den in einem nur für die beiden Bearbeiterinnen der HNEE zugänglichen Bereich (BigBlueButton, nextcloud) gesichert. Die Interviews waren für 45-60 Minuten geplant und dauerten zwischen 60 und 100 Minuten. Der allgemeine, allen Interviews zugrunde liegende Leitfaden enthielt Fragen zur Entwicklung des Spargelanbaus und der Foliennutzung, zum Status quo der Anwendung von Folien und den erwünschten Wirkungen. Zudem wurde nach der Einschätzung der Situation in Bezug auf Spannungsfelder/ Konflikte sowie Ansätzen zur Verbesserung der Situation eingegangen (siehe Anhang). Am Ende des Interviews wurde einerseits erfragt, ob das Projekt in Bezug auf die Handhabung der Situation mit Konflikten (Weiterbildung, Beratung) lösungsorientiert agieren kann und ob die Interviewten Interesse an der Teilnahme am Validierungsworkshop haben. Nach jedem Interview wurde ein Memo angefertigt.

Die Interviews wurden mit einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (Kuckartz 2014). Dazu wurden die Transkripte in dem Analyseprogramm MaxQDA kodiert, die Ergebnisse anschließend zusammengefasst und in Fließtext überführt. Im Fließtext sind so Aussagen enthalten, zu denen Belege in mehreren Interviews enthalten sind (Steinke 2007). Zu den Aussagen wurde gezielt nach gegenteiligen Aussagen oder abweichenden Interpretationen und Bewertungen gesucht (andere Interviews, Literaturanalyse, graue Literatur, Internetrecherche) (Steinke 2007). Zunächst wurde ein deduktiv entwickeltes Kategoriensystem angewendet, welches fortlaufend während des Kodierprozesses induktiv erweitert und iterativ ergänzt wurde. Für die Transkription wurde die Software f4 verwendet.

Zusätzlich wurden fünf Gespräche mit Expertinnen und Experten geführt, um aus anliegenden Bereichen die Sichtweise auf die Besonderheiten des Fallbeispiels Spargel sowie Entwicklungen zum Umgang mit Agrarfolien in anderen Bereichen (z. B. Agroforst) und der Entwicklung von Alternativen (z. B. Pflanztöpfe) zu überprüfen. Zu den Gesprächen wurden Memos angefertigt, die auch allgemeine Einschätzungen zur Situation enthalten.

Die Projektleitung nahm zudem als Teilnehmerin an zwei Diskussionsveranstaltungen teil, die sich mit dem Thema Mikroplastik in landwirtschaftlichen Böden beschäftigten, sowie der Abschlussveranstaltung der Förderrichtlinie 'Plastik in der Umwelt', die schwerpunktmäßig das Thema Plastik in Gewässern adressierte. Daraus wurden auch Informationen in Bezug auf angrenzende Bereiche gewonnen, z. B. Kunststoffverwendung im Zierpflanzenbau und der Baumschule, Möglichkeiten von Kommunen, den Plastikgehalt von Komposten zu vermeiden, Möglichkeiten und Grenzen von Aussagen zu 'lebensmittelechtem' Plastik. Dazu wurden ebenfalls Memos angefertigt.

2.4 Workshops mit Expertinnen und Experten

Zusätzlich zu den Interviews wurden Workshops mit Expertinnen und Experten als weitere Methode verwendet um (siehe Steinke 2007, S. 184):

1. den Ansatz der Untersuchung mit Expertinnen und Experten aus angrenzenden Forschungsfeldern kommunikativ zu validieren und
2. um die Ergebnisse der Experteninterviews und die ausgewogene Darstellung der Perspektiven, Interpretationen und Bewertungen der Akteure im Feld kommunikativ zu validieren und Ansatzpunkte für die Verbesserung der Situation zu validieren.

Auf dieser Basis soll diese Situationsbeschreibung dazu beitragen können, dass Ansätze für die Verbesserung der Situation identifiziert und umgesetzt werden können.

Plastik in der Umwelt aus landwirtschaftlichen Produktionsverfahren ist ein sogenanntes “schlecht strukturiertes Problem” (Rittel & Weber 1973): es entsteht eingebettet in Routinen von Akteuren verschiedener Systeme (u. a. Landwirtschaft, Plastikindustrie, Gesellschaft). Diese Routinen dienen einerseits dem Aufrechterhalten des Versorgungssystems Spargel und Plastik, andererseits sind einige Akteure auch daran beteiligt, für diese Bereiche neue Ansätze (Technologien, Materialien, Wissen, Praktiken) zu entwickeln. Um Wissen zu Lösungsansätzen für solche Probleme zu generieren, ist die Einbeziehung verschiedener Wissensbestände notwendig (Innes & Booher 2018). Dies wurde im Rahmen des Projektes an zwei Stellen im Forschungsprozess durchgeführt:

Zu Beginn des Projektes wurden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die aktuell im Bereich Plastik in der Land- und Lebensmittelwirtschaft arbeiten, eingeladen in einem Expertenworkshop den konzeptionell-methodischen und konfliktsensiblen Projektansatz zu kommentieren. Fünf Expertinnen und Experten aus dem Bereichen Plastik in der Umwelt, Technik im Gartenbau, Nachhaltige Unternehmensführung, Reduktion von Kunststoffverpackungen für Lebensmittel sowie regionale Governance von Nachhaltigkeitstransformationen kommentierten den Projektansatz und teilten ihre Eindrücke der Situation. Ziel war es, weitere wichtige Hinweise für zu berücksichtigende Themen und für die konfliktsensibel angelegte Vorgehensweise zu erhalten. Auch hier galten die Chatham House Rules. Hinweise zu wichtigen Ansprechpartnerinnen und -partnern wurden der Projektleitung bilateral mitgeteilt.

Nach der Durchführung und Auswertung der Interviews wurde ein Validierungsworkshop durchgeführt, zu dem die Interviewten eingeladen wurden. 17 Personen aus den Feldern hatten sich angemeldet, 10 Personen aus den Bereichen Beratung und Versuchswesen, Betriebe, Recycling und Naturschutz nahmen am online Workshop teil. Die Teilnahme aus anderen Bereichen wäre wünschenswert gewesen, da der Validierungsworkshop so eher nur den Bereich der Produktionsperspektive gut validieren konnte.

Ziel: Der Workshop im Juni 2022 verfolgte die folgenden drei Ziele: Validierung der Situationsbeschreibung, Bewertung des Status quo des Einsatzes von Agrarfolien im Spargelanbau und Sammlung von Lösungsansätzen für einen “nebenwirkungsminimierten” Einsatz von Agrarfolien.

Mit dem ersten Ziel sollte sichergestellt werden, dass das Systemverständnis, das die Forschenden aus dem vorherigen Workshop, den Interviews mit Expertinnen und Experten sowie der Literatur gewannen, auch das Verständnis der Akteure, und damit die wichtigsten Elemente des Konflikts, abdeckt. Die Bewertung des Status quo diente als Zwischenschritt zum nächsten Ziel. Dies wurde durch die Identifikation von erwünschten und unerwünschten Wirkungen des Einsatzes von Agrarfolien erreicht. Das letzte Ziel des Workshops sollte zum einen sicherstellen, dass neue Ansätze im Umgang von Agrarfolien aus Interviews und Literatur validiert werden und dass zum anderen Raum für eine ‘kollektive Prototypenentwicklung’ für die Verbesserung der Situation geschaffen wurde.

Ablauf: Der Umfang des Workshops betrug 3:10 h und fand über die Videokonferenzplattform ZOOM statt. Zu Beginn wurden die Teilnehmenden vom Projektteam begrüßt und der konfliktsensible Ansatz des Projekts wurde nochmals erläutert. Dann wurde der Ablauf des Workshops erklärt. Daraufhin stellten sich die Teilnehmenden vor. Dies geschah mit der Hilfe eines Diagramms des Spargelproduktionssystems, in dem sich die Teilnehmenden verorteten. Daraufhin wurden nochmals die gewünschten und ungewünschten Effekte des Einsatzes von Agrarfolien präsentiert, sowie zwei Grafiken. Diese Grafiken beschreiben die Foliennutzung im Spargelproduktionsprozess sowie bedingende Faktoren der Generierung des Konfliktfelds. Im nächsten Schritt wurden die Teilnehmenden in vier Gruppen unterteilt. Die Gruppen wurden vom Forschungsteam vor dem Workshop erstellt um eine möglichst ausgewogen gemischte sektorale und regionale Vertretung in jeder Arbeitsgruppe sicherzustellen. Jede Arbeitsgruppe wurde von einem Mitglied des Forschungsteams unterstützt. In den Gruppen bewerteten die Teilnehmenden die zwei Grafiken und hatten die Möglichkeit, Aspekte zu ergänzen und zu kommentieren. Im nächsten Arbeitsschritt bewerteten die Teilnehmenden den Status quo des Einsatzes von Agrarfolien. Die Bewertung wurde anhand von vier Fragen vorgenommen, die an das SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) Instrument angelehnt wurden. Nach einer 15-minütigen Pause begann eine dritte und letzte Gruppenarbeitsphase. Hier wurden die in der Bewertung angesprochen Lösungsansätze für einen ‚nebenwirkungsminimierten‘ Einsatz von Agrarfolien konkretisiert und diskutiert. In der Abschlussdiskussion wurden diese Lösungsansätze anhand von zwei Fragen im Plenum diskutiert und die Bedeutung der Situationsbeschreibung für die Experten bewertet. Nach der Verabschiedung durch das Forschungsteam, hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit den Workshop zu evaluieren und die Einzelschritte nochmals zu kommentieren, wovon ein Teilnehmer Gebrauch machte.

2.5 Diskursanalyse

Um die Konflikte um die Foliennutzung im Spargelanbau in Deutschland insgesamt besser zu verstehen, wurde im Zuge des Gesamtprojektes im Rahmen einer Masterarbeit eine Diskursanalyse von (Regional)Zeitungsartikeln durchgeführt (Dreesen et al. 2012). Die Analyse ausgewählter Presseartikel kann dazu beitragen, die bestehenden Konflikte räumlich und zeitlich einzuordnen und einen Überblick über Narrative, Konfliktstränge, Akteure und eventuelle Lösungsansätze zu bieten. Dieses Vorgehen bietet im Kontext des konfliktsensiblen Ansatzes des Gesamtprojektes die Möglichkeit, das Wissen um Konflikte zu ergänzen, da dieser Bereich in den Interviews auch deutlich zurückhaltend thematisiert wird.

Eine erste Sichtung ergab, dass sich unter anderem an den Folienresten und Abfällen aus der Spargelproduktion der medial abgebildete Teil des Konflikts um die Foliennutzung entzündet hat. Eine Zeitung titelte beispielsweise: „Bauer lagert alte Spargelfolie meterhoch am Wald“ (Märkische Allgemeine, 26.03.2019) und „Ein zorniger Landwirt und der „grüne Terror““ (Märkische Allgemeine, 19.03.2017). Die Analyse und Einordnung dieser zugespitzten und subjektiven Aussagen sind wichtige Ziele der Diskursanalyse.

Diskurse sind stets ein Ausdruck von Machtstrukturen und Subjektivität, sie transportieren „Geschichten“, die in Medien und Gesellschaft zugleich vermittelt und erzeugt werden (Dreesen et al. 2012, Gadinger et al. 2014). Der verwendete Diskursbegriff geht zurück auf den französischen Phi-

losophen Michel Foucault, der dem Diskurs eine zentrale Bedeutung in der Frage zuschreibt, wie Wissen und Macht entstehen, wie sie sich verteilen und wie sie in konkreten Zusammenhängen ihre Anwendung finden (Foucault & Konersmann 1998). Die Methodologien der Kritischen Diskursanalyse, die sich aus den Theorien Foucaults ableiten lassen, eignen sich unter anderem für die Analyse von Sprache, die von „echten“ Sprechenden genutzt wird; für die Analyse größerer Einheiten als isolierter Wörter oder Sätze; die Analyse der Funktion der Kontexte von Sprache (sozial, kulturell, situativ, kognitiv); und der Analyse von grammatikalischen und sprachlichen Phänomenen der Sprachnutzung (Wodak & Meyer 2009).

Für die Diskursanalyse musste zunächst ein Korpus ausgewählt werden, der dann mittels quantitativer und qualitativer Analysemethoden untersucht wurde. Als Textquellen wurden Presseartikel (einschließlich Interviews) und Presseerklärungen aus deutschen regional- und überregionalen Zeitungen identifiziert. Zunächst wurden große Spargelanbaugebiete mit den ortsansässigen Regionalzeitungen abgeglichen. In den Onlinedatenbanken dieser Zeitungen wurde anschließend in einer offenen Suche nach den Stichworten „Spargel“ und „Folie“ gleichzeitig gesucht, um Artikel, die andere Themen behandeln, auszuschließen. Die gefundenen Texte wurden gelesen und dahingehend überprüft, ob die Konflikte um den Spargelanbau unter Folie darin behandelt werden. Artikel, die nur von Beginn oder Ende der Spargelsaison handeln oder die Folien nur als Gegebenheit erwähnen, wurden nicht in den Korpus aufgenommen. Bei Redundanz wurde die Auswahl beendet. Zusätzlich zu den Regionalzeitungen wurde auch in Onlineauftritten anderer Medien (bspw. überregionale Zeitungen, Zeitschriften und Boulevardzeitungen) nach den Stichworten gesucht, um ein differenzierteres und möglichst vollständiges Bild der medialen Diskurse um die Foliennutzung im Spargelanbau in ganz Deutschland zu erhalten. Der Korpus wurde zudem um Artikel über (Aggar)Mikroplastik im Boden aus überregionalen Zeitungen erweitert, da diese zu einem besseren Verständnis und einer Einbettung des Arbeitsthemas in die Gesamtproblematik führen können.

Die Software MAXQDA wurde anschließend zur Codierung des Textmaterials (Rädiker & Kuckartz 2019) verwendet. Dabei wird die dreisträngige Methode nach Jäger (Jäger 2015) genutzt. Im ersten Schritt wurde eine Strukturanalyse durchgeführt, um das Korpusmaterial bspw. nach Zeitungs- und Textart, Autorinnen und Autoren, Quellenangaben und Datum zu sortieren. Die anschließende systematische Feinanalyse wurde genutzt, um den Diskursgegenstand und eventuelle Themenschwerpunkte sowie das „Framing“ zu untersuchen. Im dritten Schritt wurden die beiden ersten Analyseschritte zur Gesamtanalyse zusammengeführt. Hierbei sollen die Aspekte der Strukturanalyse auf die Feinanalyse angewendet werden, um quantifizierbare Aussagen treffen zu können und bspw. Aussagen, Themen und Diskursstränge mit den strukturellen Daten zu verbinden. Die Ergebnisse werden anschließend in Tabellen und Grafiken visualisiert. Im Anschluss an die Diskursanalyse und eingebettet in aktuelle Literatur werden die Ergebnisse ausführlich diskutiert und interpretiert.

Bei der Recherche und Korpusauswahl zu Konfliktthemen zur Nutzung von Folien im Spargelanbau wurde die regional unterschiedliche Verteilung der Spargelanbauflächen berücksichtigt. Denn mehr als die Hälfte des deutschen Spargels wird in Anbaugebieten in Brandenburg (Beelitz, Havel-land), NRW (Münsterland, Niederrhein) und Niedersachsen (Nienburg, Osnabrücker Land) ange-

baut. Auf den Internetseiten der brandenburgischen Regionalzeitungen wurde mit einer offenen Suche nach den Schlagwörtern „Spargel“ und „Folie“ begonnen. Es kristallisierten sich vor allem die „Märkische Allgemeine“, die „Potsdamer Neueste Nachrichten“ und die „Lausitzer Rundschau“ heraus, die sich intensiv mit der Foliennutzung in den Spargelanbaugebieten beschäftigt haben. Bei der Suche nach ähnlicher Berichterstattung in nordrhein-westfälischen und niedersächsischen Regionalzeitungen ergab sich, dass sich die Berichterstattung hier eher auf die Spargelsaison, erfolgreiche Veranstaltungen rund um den Spargel und den Umgang der Landbewirtschafter mit dem Arbeitskräftemangel und weiteren Problemen im Zuge der Coronapandemie beschränkte. Zum Konfliktthema Folien wurde in NRW und Niedersachsen bisher kaum berichtet. In Baden-Württemberg und Bayern befinden sich weitere Spargelanbaugebiete und ortsansässige Regionalzeitungen, die für die Diskursanalyse interessant waren. In der „Badische Zeitung“ und der „Augsburger Allgemeine“ konnten noch einige Artikel zum Thema Spargelanbau unter Folie gefunden werden. Der Korpus, mit dem die Diskursanalyse durchgeführt wird, beinhaltete schlussendlich 67 Artikel aus 5 Regionalzeitungen und einigen überregionalen Zeitungen und Onlinemedien. Die Artikel stammen aus dem Zeitraum 2010 bis 2022. Der Zeitraum wurde nicht vor der Suche eingegrenzt. Somit ist der Materialkorpus das Ergebnis einer offenen Suche, bei dem der früheste gefundene Artikel aus dem Jahr 2010 stammt. Die Suche wurde Anfang Mai 2022 eingestellt, da genug Analysematerial zur Verfügung stand.

2.6 Triangulation

Zur Sicherung der Qualität qualitativer Sozialforschung gilt die Triangulation, also die Untersuchung eines Forschungsgegenstandes aus mindestens zwei Perspektiven, als eine angemessene Strategie (Flick 2005).

Die Studie wurde mit den o. g. Untersuchungsschritten so angelegt, dass eine möglichst ausgewogene Situationsbeschreibung für die Nutzung von Kunststofffolien in der Landwirtschaft am Fallbeispiel des Spargelanbaus möglich war (siehe Steinke 2007, Flick 2005):

- Daten-Triangulation: Zusammenführen und Nutzung von verschiedenen Datenquellen (Statistiken, graue Literatur, wissenschaftliche Literatur, Internetquellen, Presseartikel, eigene Erhebungen in Interviews und Workshops)
- Untersucher-Triangulation: Zusammenführen von Erkenntnissen, die durch verschiedene Personen gewonnen wurden (siehe Team im Anhang)
- Theorietriangulation: Zusammenführen der Perspektiven des Einflusses von Versorgungs- und Innovationssystemen auf Stoffflüsse und gesellschaftliche Wirkungen mit einer konfliktsensiblen Perspektive
- Methodentriangulation: alle Methoden dieser Studie dienen der Situationsbeschreibung zur Nutzung von Kunststofffolien in der Landwirtschaft am Beispiel des Spargelanbaus.

Durch diese verschiedenen Strategien sollte eine möglichst große Perspektivenvielfalt auf das Thema erreicht werden und damit auch verschiedene Möglichkeiten, Erkenntnisse zu gewinnen (Steinke 2007). Bei der Anwendung verschiedener Erhebungsmethoden auf einen Fall ist es mög-

lich, durch den Vergleich zu verallgemeinern und blinde Flecken herauszuarbeiten (Flick 2005, S. 199). Um die Qualität solcher Verfahren sicherzustellen, sollten die ausgewählten Methoden im Licht der zur Verfügung stehenden Ressourcen einen angemessenen empirischen Zugang gewährleisten und für andere Forschende sowie die Akteure im Feld nachvollziehbar sein (Steinke 2007). Bei der Auswertung der Interviews wurde darauf geachtet, unterschiedliche Sichtweisen und Bewertungen zu einem Untersuchungsgegenstand zu berücksichtigen und diese in den Kontext weiterer Quellen zu stellen, nicht zuletzt in den wissenschaftlichen Forschungsstand.

Um die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse der Fallstudie Spargelanbau auf andere Felder der Nutzung von Kunststoffen in der Landwirtschaft prüfen zu können, wurden Expertinnen und Experten aus angrenzenden Bereichen interviewt und die untersuchte Fallstudie in das breitere Feld der Landwirtschaft und der Kunststoffnutzung eingebettet (siehe Steinke 2007, S. 185).

Insgesamt soll mit dem dargelegten Vorgehen und durch das generierte Wissen ein anwendungsorientierter Nutzen für die Entscheidungsfindung von Verantwortlichen in verschiedenen Bereichen entstehen. Nicht zuletzt wurde mit der konfliktsensiblen Perspektive ein zusätzliches Augenmerk auf die Wirkung der Forschung im Feld der Akteure gelegt.

3. Ergebnisse

3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1 Einordnung und Strukturierung des Untersuchungsgegenstandes

In diesem Abschnitt wird die Fallstudie der Nutzung von Agrarfolien im Spargelanbau in den breiteren Kontext eingeordnet, der auf einer übergeordneten Ebene zur Situation gehört. Entsprechend des in 1.2 entwickelten konzeptionellen Bezugsrahmens soll eine Beschreibung des Umfeldes erfolgen und der Stand des Wissens für eine Bewertung der Wirkungen des Einsatzes von Agrarfolien auf ökosystemischen Zusammenhänge und Gesellschaft dargestellt werden.

Weltweit nimmt einerseits der Bedarf an Nahrung zu und die Notwendigkeit einer besseren Verteilung (van Dijk et al. 2021). Andererseits macht der Forschungsstand verschiedener Disziplinen deutlich, dass dies bereits bestehende Spannungsfelder verstärkt. Die oft mit Ernährungssicherung begründete Intensivierung der Landnutzung stellt ein globales Problem für die Biodiversität und die lebensbedingenden ökosystemischen Funktionen dar (Steffen et al. 2015, Mbow et al. 2019, Leopoldina 2020, Rockström et al. 2020, WBGU 2020, Meyfroidt et al. 2022). Landnutzungs- und Lebensmittelsysteme sind verantwortlich für ein Drittel der anthropogenen Treibhausgasemissionen (Crippa et al. 2021). Die landwirtschaftliche Produktion ist jedoch auch vom Klimawandel betroffen und die Produktionsverfahren und Betriebe stehen vor Anpassungsbedarf (KLiVo 2019). Vom Klimawandel oft getrennt behandelt wird die Mitwirkung verschiedener Landnutzungsformen am Biodiversitätsverlust. Obwohl es biodiversitätsfördernde Maßnahmen gibt, die gleichzeitig die Anpassung an den Klimawandel fördern, kann dies zu Fragen der Extensivierung oder Intensivierung bei der Lebensmittelproduktion nicht pauschal gesagt werden, sondern es bedarf einer kontextspezifischen Betrachtung (Shin et al. 2022). Um die Zielkonflikte zwischen Ernährungssicherung und Biodiversitätserhalt adressieren zu können, schlagen Seppelt et al. (2020) vor, dass dafür

eine konzeptionelle Erweiterung der Sichtweisen zwischen rein agrarökonomischen Betrachtungsweisen mit Fokus auf das Ziel der landwirtschaftlichen Lebensmittelproduktion auf der einen Seite, und der umweltwissenschaftlichen Perspektive auf Naturschutzfragen auf der anderen Seite notwendig ist. Dabei gibt es regional verschiedene, teilweise jedoch sogar schon lang bestehende (z. B. Konsumverhalten, Lebensmittelverschwendung, Nachernteverluste) sowie aktuelle Herausforderungen (COVID-19 Pandemie, Ukraine Krieg), die den universellen Zugang zu gesunden Lebensmitteln in ländlichen und urbanen Regionen der Welt oft verhindern (Vos & Cattaneo 2020). Die globalen Perspektiven auf Zielkonflikte und Synergien zwischen Nachhaltigkeit und Ernährung müssen also einerseits kontextspezifisch verstanden werden, als auch in Bezug auf die Kopplung des Bodens mit weiteren Systemen wie den Wasserhaushalt als Folge des Klimawandels (Hirschi et al. 2020).

Darüber hinaus adressiert die vorliegende Studie zusätzlich die Kopplung des landwirtschaftlichen Sektors mit der Branche der Kunststoffproduktion und ihren Wirkungen. Die oben angesprochene Lücke zwischen verschiedenen disziplinären Betrachtungsweisen und Bereichen von Nachhaltigkeitsproblemen setzt sich hier fort: die Bewertung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Wirkungen von Plastik in der Landwirtschaft, den Rahmenbedingungen sowie der Strukturierung und Funktionsweise des Marktes für die mit Agrarkunststoffen hergestellten Produkte erfordert eine integrative Betrachtung eines Feldes mit multiplen Schnittstellen von ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Systemen.

Damit ist ein Verständnis von Lebensmittelsystemen und der darin eingebetteten Nutzung von Agrarfolien am Beispiel des Spargelanbaus als Beispiel für komplexe Nachhaltigkeitsprobleme in intensiven landwirtschaftlichen Produktionsverfahren umrissen und die Notwendigkeit eines angemessenen Verständnisses für ihre Funktionsweisen wird noch einmal deutlich (Dörner & Funke 2017). Vor diesem Hintergrund des Erkennens der Notwendigkeit integrativerer Betrachtungsweisen wird auch deutlich, dass eine Bewertung sozioökonomischer und ökologischer Wirkungen nur qualitativ erfolgen kann, im Hinblick auf die Beschreibung sich abzeichnender möglicher Strategien sowie aus der systemischen Blickweise sich abzeichnende Hinweise für deren Realisierbarkeit. Unter Verwendung des in Kapitel (1.2) dargestellten konzeptionellen Bezugsrahmens werden die Ergebnisse untergliedert für die Wirkungen der Herstellung, der Nutzung sowie die Wirkungen nach der Nutzung, wobei wie in **Tabelle 1** dargestellt der Fokus der empirischen Arbeiten auf den Phasen der Nutzung und nach der Nutzung lag. Die Darstellung von Aspekten der Herstellung wird nur in dem Maße aus der Literatur dargestellt, wie dies für das Verständnis von Agrarfolienherstellern als Teil des betrachteten Teilsystems notwendig erscheint. Die Wirkungen werden jeweils in biophysikalische (ökologische) Wirkungen sowie individuelle und gesellschaftliche (sozioökonomische) Wirkungen unterschieden.

Tabelle 3. Übersicht zu Wirkungen, die in den nachfolgend dargestellten Ergebnissen auf Basis der angewendeten Methoden thematisiert werden können. In Klammern (x): Aussagen können nicht/ nur begrenzt spezifisch für Agrarfolien/ Agrarkunststoffe getroffen werden, es wird auf allgemeines Wissen zurückgegriffen, x?: es bestehen Wissenslücken mangels Feldstudien im europäischen Raum, Laborstudien weisen darauf hin, dass der Bereich relevant ist, keine Angabe: es konnte keine spezifische Literatur/ Wissen über Verbindungen zum Agrarfolieneinsatz ermittelt werden

| | Wirkungen der Herstellung | Wirkungen der Nutzung | Wirkungen nach der Nutzung |
|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Energie | (x) | x | x |
| Wasser | (x) | x | |
| Material | (x) | x | x |
| Landwirtschaftliche Böden | | x | x? |
| Biodiversität | | x | x |
| Landschaft | | x | x |
| Ökonomische Wirkungen | (x) | x | x |
| Gesellschaftliche Wirkungen | (x) | x | (x) |

3.1.2 Herstellung von Agrarfolien

Zur Unterscheidung der Wirkungen wird in diesem Abschnitt das Thema Agrarfolien zunächst strukturiert nach den verwendeten Ausgangsmaterialien.

Aufgrund ihrer fossilen Ausgangsstoffe, der synthetischen Herstellungsprozesse, der langen allgemeinen Persistenz von Plastik nach der Nutzung bis zu über mehrere 1000 Jahre (Plastik Atlas 2019) sowie der weiten Verbreitung in der Nutzung sprechen wir hier von 'konventionellen Agrarfolien' (siehe **Abbildung 4**). Sie werden sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Pflanzenbau - u. a. im konventionellen und ökologischen Spargelanbau - genutzt. Die langen Kohlenstoffketten der aus fossilen Rohstoffen hergestellten Agrarfolien kommen in der Natur nicht vor und können daher von Mikroorganismen nicht zersetzt werden - sie sind nicht biologisch abbaubar.

Heutzutage besteht die typische Schwarz/Weiß-Folie aus reinem Polyethylen (PE) -Kunststoff, welcher durch UV-Stabilisatoren und andere Additive ergänzt wird. Erhältlich sind die Folien in unterschiedlichen Dicken zwischen 100-200 µm und zugelassene Folien müssen den DIN-Normen der EU standhalten. Die Folien für Minitunnel bestehen im Allgemeinen bei konventionellen Folien aus LDPE, EVA, LLDPE und PVC; als Additive werden für Minitunnelfolien UV Stabilisatoren und Infrarot-Eigenschaftsverstärker eingesetzt (Hann et al. 2021, S. 166). Die Folien für die dritte Folienüber-

spannung bestehen aus LD-PE oder LLD-PE und sind mit Antitau-Beschichtung und UV-Schutz ausgestattet (Hann et al. 2021). Mulchfolien liegen wie Schwarz/Weiß-Folien direkt auf dem Boden auf und können schwarz, weiß oder transparent sein. Sie bestehen konventionell aus LD-PE und als Additive werden Farbpigmente, UV-Stabilisatoren oder Kohlen schwarz zugesetzt (Hann et al. 2021, S. 167).

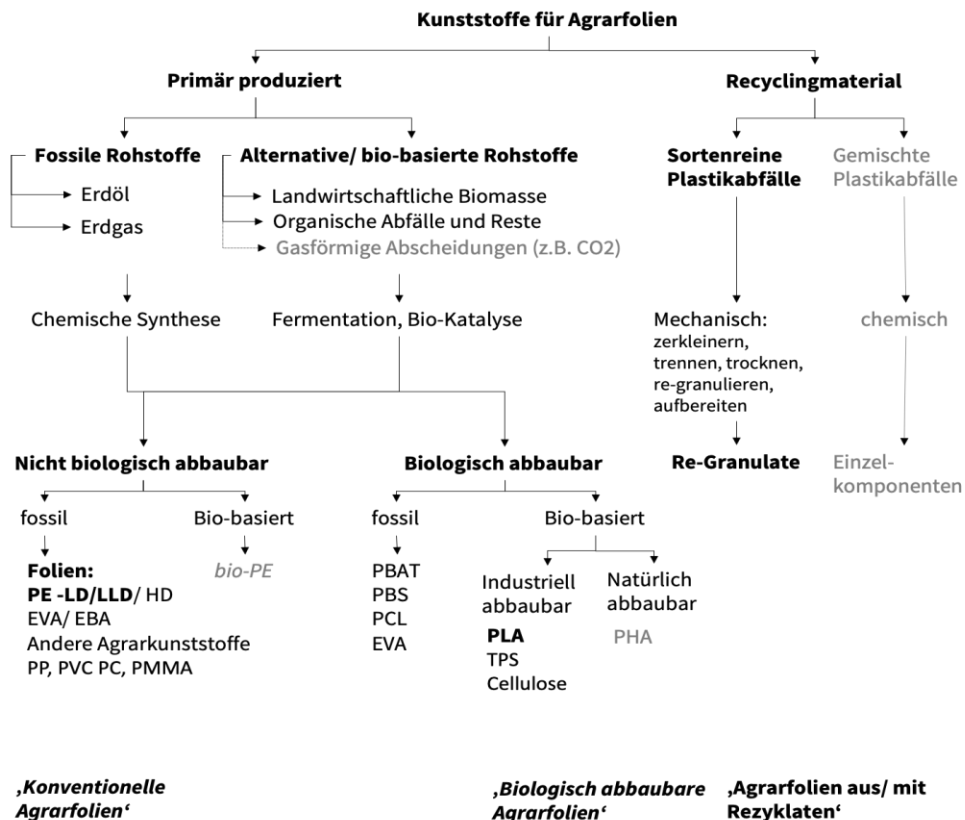
In den vergangenen Jahren wurden zunehmend Substitute für die langlebigen konventionellen Mulchfolien getestet. Biologisch abbaubare Agrarfolien bestehen bisher hauptsächlich aus PLA (Polylactid acid), das synthetisch aus Maisstärke und Milchsäuren hergestellt wird. Insgesamt bestehen mögliche Materialien für biologisch abbaubare Folien in der Landwirtschaft aus Stärke, PCL, PBAT, PHA, PLA, PBS, TPS und Cellulose (Hann et al. 2021). Obwohl sie sich in Bezug auf Abbaubarkeit sehr deutlich von konventionellen Folien unterscheiden, sind sie in der natürlichen Umwelt jedoch nicht ohne weiteres abbaubar²¹, sondern besser in industriellen Anlagen verwertbar (Hann et al. 2021 2021). Davon zu unterscheiden sind sogenannte oxo-abbaubare konventionell hergestellte Kunststoffe, die unter Lufteinfluss zerfallen - die Zersetzung zu Mikroplastik quasi beschleunigt wird²². Demgegenüber sind natürlich abbaubare Kunststoffe und solche, die durch ausschließliche Kaskadennutzung landwirtschaftlicher Reststoffe keine Landnutzungsänderungen bewirken, noch in der Entwicklung.

Dritter möglicher Rohstoff für Agrarfolien sind Rezyklate, die in einem mehrstufigen Prozess aus sortenreinen Plastikabfällen gewonnen werden. Sie werden in Agrarfolien in einer mittleren Schicht eingebaut, da ein direkter Kontakt von Rezyklaten mit Lebensmitteln - und Agrarfolien sind lebensmittelecht²³ - nicht zulässig ist (Aussage Validierungsworkshop).

²¹ Vergleiche auch die Untersuchung von Napper und Thompson 2019 zur Abbaubarkeit von Plastiktüten unterschiedlicher konventioneller und biologisch abbaubarer Materialien über 3 Jahre.

²² Das Inverkehrbringen dieser oxo-abbaubaren Kunststoffe wurde daher in der EU ab 2021 verboten, jedoch sind sie noch zu 8% in der europäischen Landwirtschaft zu finden (Hann et al. 2021).

²³ Nach Expertenaussagen erfolgt die Prüfung für lebensmittelechte Kunststoffe für einen definierten Anwendungsbereich - auf das Verhalten der Kunststoffe darüber hinaus - z. B. bei erhöhten Temperaturen kann nicht geschlossen werden. 'Es gibt in Deutschland derzeit keine Registrierungspflicht für Unternehmen, die Lebensmittelkontaktmaterialien herstellen. Auch müssen fertige Lebensmittelkontaktmaterialien in der Regel nicht zugelassen werden.' https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/03_Verbraucherprodukte/03_AntragstellerUnternehmen/01_LMKontaktmaterialien/01_Ueberblick/bgs_ueberblick_LMKontaktmaterialien_node.html



Legende:

Abkürzungen für oft in Agrarfolien verwendete konventionelle Kunststoffe: Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Ethylen-Vinyl Acetate Copolymer (EVA)

Abkürzungen für weniger oft für Agrarfolien verwendete konventionelle Kunststoffe: Polyvinylchlorid (PVC), Polycarbonat (PC), polymethylmethacrylat (PMMA)

oxo-abbaubare Folien bestehen aus HDPE, LDPE, PP, PS, PET oder PVC und enthalten Additive, die den Zerfall beschleunigen (Steinmetz 2016)

Biologisch abbaubare fossile Kunststoffe für Agrarfolien: Polybutylenadipat-terephthalat (PBAT), Polybutylensuccinat (PBS), Polycaprolacton (PCL),

Biologisch abbaubare bio-basierte Kunststoffe: Polylactid (PLA), Thermoplastische Stärke (TPS), Polyhydroxyalkanoate (PHA)

Abbildung 4. Unterscheidung von Agrarfolien nach Materialursprung (graue Schrift: Verfahren noch nicht praxisreif; kursive Schrift: diese Kunststoffe spielen für das Feld der Agrarfolien keine Rolle)

(Eigene Darstellung nach EC 2018, Hann et al. 2021, European Bioplastics 2018, Plastics Europe 2022, Fortune business insights 2022)

Artikel zur Bewertung der Agrarfolienherstellung konnten nicht gefunden werden. Eine erweiterte Suche nach Artikeln zur Bewertung der Herstellung von Plastik ergab, dass die bisher durchgeführten Lebenszyklusanalysen nur ungenügend breit angelegt sind, um alle Umweltwirkungen von Plastik zu erfassen, z. B. Verschmutzung der Umwelt durch konventionelles Plastik, Wirkungen von

Additiven, Wirkungen von Bioplastik auf Landnutzungsänderungen. Nur wenige Studien berücksichtigen die Wirkungen auf Ressourcen, menschliche Gesundheit oder Ökosystemqualität (Bishop et al. 2021).

Der Bereich der Herstellung von Agrarfolien lag nicht im Hauptfokus der Untersuchung, jedoch gehören Hersteller zur Wertschöpfungskette und sind wesentlicher Teil der Betrachtung, wenn es um Kreislaufansätze geht. Zwei von sechs angefragten Agrarfolienherstellern wurden interviewt. Sie stellen Extrusions- und Schutzfolien bzw. PE-Folien für Landwirtschaft und andere Anwendungsbereiche her, auch biobasierte Folien sowie Folien mit Rezyklateinsatz, jedoch keine Spezialfolien für den Spargelanbau.

Die Aussagen, die nachfolgend für den Bereich der Herstellung von Agrarfolien getroffen werden können, sind als begrenzt einzuschätzen in Bezug auf die Genauigkeit der Aussagen für die Herstellung von Agrarfolien insgesamt, und Spargelfolien im Besonderen. Die Darstellung der Ergebnisse einer allgemeinen Literaturrecherche kann daher lediglich dem Einordnen der Befunde zur Nutzung von Agrarfolien und der Phase nach der Nutzung dienen. Der Abschnitt ist nach den Wirkungen der Nutzung natürlicher Ressourcen sowie individuellen und gesellschaftlichen Wirkungen strukturiert. Aufgrund der gesichteten Literatur ist davon auszugehen, dass dies keine vollständige Betrachtung aller Wirkungen sein kann. Lediglich Hersteller von Agrarfolien waren mit einbezogen als zum betrachteten System dazugehörig. Da sie jedoch ihre Vormaterialien (Compounds, Granulate) von der vorgelagerten Stufe bekommen, wird diese im nächsten Abschnitt im Hinblick auf ihre Wirkungen auch kurz skizziert.

3.1.2.1 Wirkungen der Herstellung von Agrarkunststoffen: Energie

Während in den vergangenen Jahren der Nach-Nutzungsphase von Plastik viel wissenschaftliche Aufmerksamkeit gewidmet wurde, war die Produktion weniger Gegenstand von Forschung und öffentlicher Aufmerksamkeit. Das Thema der Herstellung von Agrarfolien wurde in den für die Diskursanalyse gesammelten Presseartikeln nicht dargestellt. Die Folien werden als kritisierte, aber nicht hinterfragte Gegebenheit im Spargelanbau beschrieben. Die Erwähnung des Recyclings nur in wenigen Artikeln bestätigt die allgemeine Einschätzung von Cabernard et al. (2022) zur Verteilung der wissenschaftlichen und öffentlichen Aufmerksamkeit. Jedoch entstehen in der Herstellung von Kunststoffen die größten Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Recycling, zur Verbrennung oder Deponierung von Plastikmüll (Cabernard et al. 2022). Unter Herstellung werden die Prozesse für die Extraktion und Verarbeitung fossiler Ressourcen, die Granulatproduktion und die Herstellung von Kunststoffprodukten (z. B. Agrarfolien) aus den Granulaten zusammengefasst. Es handelt sich bei der Plastikindustrie um global verteilte Wertschöpfungsketten mit verschiedenen Orten für die involvierten Prozessschritte und daher auch örtlich unterschiedliche Wirkungen. 4-8% der globalen Ölproduktion werden für die Herstellung von Kunststoffen verwendet (Neufeld et al. 2016).

Von 1995 bis 2015 hat sich der CO₂-Fußabdruck der Plastikherstellung beschleunigt und verdreifacht auf 2 GtCO₂-equivalent (CO₂e). Denn es fand ein starkes Wachstum der Plastikproduktion in Regionen mit Kohlenutzung statt. Dies erhöht den CO₂-Fußabdruck der Plastikproduktion zusätzlich: durch die Nutzung von Kohle für die Herstellungsprozesse wird doppelt so viel fossiler Kohlenstoff verbrannt wie CO₂ im Rohstoff für Plastik enthalten ist (Cabernard et al. 2022).

In Europa entstanden Ende der 2000er Jahre bei der Herstellung und Verbrennung von Plastik rund 400 Millionen Tonnen CO₂/Jahr (Eriksson & Finnveden 2009). Im Jahr 2015 entfielen 7% der globalen Treibhausgasemissionen auf die Europäische Produktion, die vor allem Erdöl, aber auch Kohle und Gas als Rohstoffe nutzt (Cabernard et al. 2022).

Treibhausgasemissionen aus dem Plastiklebenszyklus wurden in 2019 auf 1,8 Milliarden Tonnen geschätzt, oder 4.5% der globalen Treibhausgasemissionen, wobei 90% der Emissionen auf die Produktion und Umwandlung der Rohstoffe entfallen (OECD 2022, Cabernard et al. 2022). Unter der Annahme des weiteren Wachstums der Plastikproduktion wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2050 15% der unter dem 1,5-Grad-Ziel möglichen Treibhausgasemissionen aus der Kunststoffindustrie stammen könnten (UNEP 2022).

Effektive Ansatzpunkte für die Reduzierung der Umweltwirkungen der Plastikindustrie liegen im globalen Kohleausstieg, der Umstellung auf erneuerbare Energien und der Verbesserung der Energieeffizienz des Plastikproduktionsprozesses (Cabernard 2022).

Es ist derzeit auch unklar, wie sich die Entwicklungen im Zusammenhang mit dem Ukrainekrieg auf die Kosten für die Folien auswirken werden, in einem Herstellerinterview wurde erwähnt, dass für die kunststoffverarbeitenden Unternehmen viele offene Fragen bestehen. Je nach daraus folgender Preisentwicklung werden Betriebe über den Ersatz beschädigter Folien in bestehenden Ertragsanlagen sowie über Neuanlagen entscheiden.

Bei der Herstellung von biologisch abbaubaren Kunststoffen wird je nach verwendeten Rohstoffen nicht nur Energie für den Herstellungsprozess benötigt, sondern es entstehen je nach Material auch Landnutzungswirkungen und damit verbundene Wirkungen auf Ökosysteme (Bishop et al. 2021). Da im Licht der Interviews eingeschätzt werden kann, dass der Suchprozess um Substitute zu konventionellen Folien noch nicht abgeschlossen ist und nicht zu erwarten ist, dass eine einzige Alternative für alle Anwendungen hervorgehen wird, und insbesondere im Agrarfolienbereich sich trotz intensiver Entwicklungsarbeiten noch keine deutliche Tendenz abzeichnet, verzichten wir hier auf das Heranziehen von konkreten Bewertungen. Bei der Bewertung wird eine Rolle spielen, ob es sich bei den Ausgangsstoffen um die Verwertung von Reststoffen oder um Primärprodukte handelt, die zusätzlichen Flächenbedarf generieren. Zudem müssen die Wirkungen noch vollständig verstanden werden (Liu et al. 2022).

3.1.2.2 Wirkungen der Herstellung von Agrarkunststoffen: Wasser

Eine thematische Verbindung zum Wasserverbrauch bei der Kunststoffherstellung wird im Diskurs über Agrarfolien im Spargelanbau nicht gezogen. Auch Exkurse oder Vergleiche mit dem Wasserverbrauch für die Herstellung von Lebensmittel- oder Getränkeverpackungen wurden in den Presseartikeln nicht genannt. Lediglich Parallelen zu Meeresverschmutzungsthematik werden selten gezogen, die also den Bereich nach der Nutzung betreffen.

Für die Herstellung von Agrarfolien können hier die Wirkungen auf Wasser nur indirekt und grob angerissen werden. Die Herstellung von Kunststoffen gehört zur chemischen Industrie, die z. B. für Heiz- und Kühlprozesse der Anlagen Süßwasser nutzt, aber auch Abwasser generiert. In Europa wird ein Anteil von 11 % des Süßwasserverbrauchs, im weltweiten Durchschnitt von 5 - 10 % angegeben (Cordis 2016). Im Zuge des Klimawandels werden sich bestehende Herausforderungen wie

lokale Wasserknappheit verschärfen und verschiedene Innovations- und Transformationsstrategien werden von der Industrie in Pilotprojekten verfolgt, z. B. zu der Verringerung der benötigten Mengen durch technische Kreislaufösungen zur Wiederverwendung sowie Maßnahmen an den Schnittstellen zu den natürlichen Ökosystemen der Einzugsgebiete (Cordis 2016).

Auf die Wiedergabe der Studien von Wasserfußabdruckanalysen verschiedener Einwegprodukte (zumeist Lebensmittel- und Getränkeverpackungen) wird hier verzichtet, da speziell zu Agrarfolien keine Angaben gefunden werden konnten.

Für den Bereich Agrarfolien wird im Zusammenhang mit Wasser die Wirkung der Folien während der Nutzung thematisiert, das Thema Mikroplastik umfasst in ersten Untersuchungen auch Binnengewässer.

3.1.2.3 Wirkungen der Herstellung von Agrarkunststoffen: Material

In diesem Abschnitt werden Materialfragen des Designs, der Herstellung und des Inverkehrbringens von konventionellen und biologisch abbaubaren Agrarkunststoffen adressiert. Für das Ziel dieses Berichts wird in diesem Kapitel lediglich ein Überblick gegeben zum Stand der Regulierung insbesondere für das Inverkehrbringen und den Ergebnissen der Interviews und des Validierungsworkshops.

Über Aspekte der Herstellung, wie z. B. das Material wird im Pressediskurs über Agrarfolien im Spargelanbau nicht berichtet. Agrarfolien werden als 'Plastik' oder schwarz-weiße Folie bezeichnet.

In Kapitel 3.1.2 wurde für den Zweck dieser Studie eine Systematik der für Agrarfolien genutzten Kunststoffe und die für diese Materialien genutzten Begriffe und Abkürzungen eingeführt²⁴. Dort wurde auch aufgeführt, dass konventionelle Agrarfolien neben den Polymeren auch Additive enthalten, um bestimmte Eigenschaften für die Anwendung zu erreichen.

Während dieser Abschnitt aufzeigt, dass für die in diesem Bericht betrachteten Agrarfolien eine Regulierungslücke für die Wirkungen nach der Nutzung besteht, ist jedoch insgesamt eine Entwicklung einer gewachsenen Aufmerksamkeit für die Plastikthematik auf verschiedenen Governance-Ebenen erkennbar. Das Umweltprogramm der Vereinten Nationen verabschiedete im März 2022 eine Resolution zur Schaffung einer international bindenden Regulierung bis 2024 (UN-EP/EA.5/L.23/Rev.1). Auch Bank et al. (2021) haben darauf hingewiesen, dass eine Bewertung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Wirkungen von Plastik, ihre Regulierung und die hotspot-spezifische Steuerung des Umgangs mit Plastik nur mit einer verbesserten globalen Datenlage möglich ist.

Im Jahr 2018 nahm die EU eine Kunststoffstrategie an, die - im Zuge des Green Deals - nach der Regulierung einzelner Einwegkunststoffprodukte eingebettet wurde in eine umfassende Kreislaufstrategie. Die EU Plastik Strategie adressiert den Bereich nach der Nutzung und nennt Maßnahmen, um Recycling und Wiederverwendung in der gesamten EU zu fördern, z. B. um die Rezyklierbarkeit der Kunststoffe zu verbessern, zur Förderung der getrennten Sammlung von Kunststoffen, und eine Selbstverpflichtungskampagne von Unternehmen und Behörden für Beiträge zur Erhöhung des Anteils recycelten Plastiks auf 10 Mio. Tonnen in 2025. Zudem hat die EU in einer Einweg-Plastik Verordnung (2019/904) das Inverkehrbringen von oxo-abbaubaren Kunststoffen

²⁴In den DIN-Normen wird der Bereich der Agrarkunststofffolien strukturiert.

untersagt. Die REACH Verordnung (Regulation (EC) No 1907/2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) formuliert Anforderungen in Bezug auf Verwertungsmaßnahmen wie mechanische Verarbeitung, die Nutzung von recyceltem Material und die Nutzung von Additiven.

Soweit Aussagen für die Materialien der im Spargelanbau verwendeten Folien gemacht werden, beeinflussen die verwendeten Additive die Widerstandsfähigkeit gegen Beschädigungen und ermöglichen Stabilität trotz geringer Folienstärke²⁵. Einige Agrarfolienhändler geben an, Folien mit über den Empfehlungen liegenden Additivgehalten anzubieten für eine bessere Haltbarkeit. Über diese allgemeinen Aussagen hinausgehendes Wissen zum Material ist eher außerhalb der mit dem Anbau von Spargel befassten Akteure vorhanden. Insgesamt sind Aussagen zu zugesetzten Additiven in Plastik und ihrem Verhalten in der Umwelt jedoch schwer möglich aufgrund begrenzter Herstellerangaben und der spezifischen getesteten Kombination (Hahladakis et al. 2018). Auch in den Interviews wurde von Expertinnen und Experten für Kunststoffe dieser Literaturbefund bestätigt und darauf hingewiesen, dass dieser Bereich zwar über DIN Norm 13655 der EU²⁶ für landwirtschaftliche Folien geregelt ist, dies jedoch auch von Herstellerseite als relativ schwach eingeschätzt wird²⁷. Auch die DLG Betriebs- und Verbrauchsmittelprüfung für Agrarfolien (DLG 2022) wurde als zu schwach eingeschätzt und sie sei im Verhältnis dazu zudem teuer. Eine der interviewten Herstellerfirmen berichtete, dass daher (auch auf Anfrage aus der Landwirtschaft) meist höhere Richtwerte erfüllt werden. Eine Expertin aus dem Bereich der umweltbiotechnologischen Forschung merkte dazu außerdem an, dass die durchgeführten Akuttests nicht ausreichen, um langzeitliche Umweltauswirkungen der Agrarfolien auszuschließen. Denn die Prüfverfahren für Agrarfolien spiegeln die allgemeine Orientierung der Industrie auf herkömmliche technische Kriterien, die jedoch für die Kreislaufwirtschaft nicht ausreichen (Endres & Shamsuyeva 2020).

Insgesamt seien bei den Herstellern zwei Trends in der Nachfrage zu beobachten: Eine Entwicklung ist die Nachfrage nach preisgünstigen Folien. Durch die Verwendung von Regeneraten kann dies erreicht werden, jedoch bedarf es hier einer Regulierung, damit sichergestellt ist, dass für Agrarfolien nur sortenreine Rezyklate verwendet werden und somit sichergestellt werden kann, dass keine unerwünschten/ unbekanntenen Additive der Vorprodukte bei der Nutzung in den Boden und die Produkte austreten könnten. Eine zweite Entwicklung ist die Nachfrage nach lebensmittelechten Agrarfolien, insbesondere für Silage. Ein Händler wies auf dünnere Folien hin, jedoch konnte in den Interviews mit Betrieben eine Nachfrage danach nicht direkt festgestellt werden.

Aus den Interviews mit den Herstellern und Händlern wurde deutlich, dass es kaum Austausch zu den herkömmlichen Anforderungen und im Licht des neuen Wissens zu Plastik in Böden es auch keinen Austausch zu zusätzlichen Anforderungen an die Folien gibt. Händler und Betriebe prüfen in der Regel nicht, welche Eigenschaften die Folien haben, die sie in den Verkehr bzw. auf den Boden bringen und verlassen sich darauf, dass andere dies sorgfältig geprüft haben.

²⁵z. B. Dowlex, Metalloen (siehe https://karlsruhe.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E-2147297477/MLR.LEL/PB5Documents/lraka/Fachinformationen/Garten-Obst-Weinbau/Spargelanbau/Spargeltag%202019/Recycling%20von%20Spargelfolien%20B%C3%B6ckenhoff.pdf)

²⁶ Diese Norm erarbeitet der Arbeitsausschuss NA 054-04-10 AA "Thermoplastische Folien für den Einsatz in der Landwirtschaft" im DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK).

²⁷ Mit dem Beiblatt DIN SPEC 59 Beiblatt 1 richtet als Orientierung an die Ersteller von Normen, um Umweltaspekte einzubeziehen.

Expertinnen und Experten wiesen darauf hin, dass aus der Einführung von konventionellen Kunststoffen oder auch Pflanzenschutzmitteln zu lernen sei, dass man vor der Einführung von Bioplastik erst die längerfristigen Wirkungen prüfen müsse und dass dies organisch-analytisch anspruchsvoll sei wegen unklarer Zwischen- und Endabbauprodukte und deren Wirkung auf die Bodenbiologie. Dieses Wissen müsse generiert werden und den DIN-Arbeitsgruppen zur Verfügung gestellt werden, wie die verzögerte Regulierung bei den oxo-abbaubaren Folien zeigt. DIN EN 17033 klassifiziert biologisch abbaubare Folien nach ihrer Abbaubarkeit auf dem Boden und schafft damit Rechtssicherheit für ein neu entstehendes Feld.

Trotz dieser Regulierungen und Normierungsbemühungen auf EU-Ebene, gaben Teilnehmende des Validierungsworkshops an, dass insgesamt Agrarfolien nirgends „designt“ werden und es keine zentrale Stelle im System der Agrarfolien gibt, die diese Rolle übernimmt. Entsprechend ist es bei Agrarfolien unklar, wie ein ‚design for recycling‘ oder ‚design for safe use‘ aussehen könnte und wer für die Koordination zwischen Nutzeranforderungen und ihre Einspeisung in die Planungs- und Entscheidungsprozesse der Folienhersteller zuständig ist. Die Akteure berichteten, dass die Normierungsbemühungen auf EU-Ebene dazu einen Beitrag leisten könnten, bisher die DIN-Regelungen jedoch nicht ausreichen.

3.1.2.4 Wirtschaftliche Wirkungen: Der Markt für Plastik und Agrarfolien

In diesem Kapitel werden die wirtschaftlichen Wirkungen der Herstellung von Agrarfolien thematisiert und ein Überblick über den Markt für Plastik und Agrarfolien gegeben.

Wie im Kapitel Material dargestellt, wird die Herstellungsseite im Pressediskurs nicht thematisiert. Demgegenüber wird die Entwicklung des Spargelmarktes regelmäßig thematisiert in verschiedenen Medien, zum Teil auch in Verbindung mit dem Agrarfolienthema (siehe Kapitel 2.5).

Weltweit wurden 2020 etwa 370 Millionen Tonnen Kunststoffe produziert (statista 2021). Dabei hat in den vergangenen 20 Jahren ein starker Anstieg stattgefunden, insbesondere in den asiatischen Ländern mit steigender Nachfrage für Bauen und Infrastruktur. Circa 90% der Arbeitskräfte der globalen Plastikindustrie arbeiten in low- und middle-income regions, die Hälfte der Wertschöpfung wird in sogenannten high-income countries generiert (Cabernard et al. 2022).

Der globale Plastikmarkt umfasste im Jahr 2022 zirka 593 Milliarden US-Dollar und bis 2030 wird mit einem Wachstum von 3,7% gerechnet, durch die asiatische Nachfrage und auch gestiegene Nachfrage im medizinischen Bereich durch die COVID-19 Pandemie (statista 2022c, Grandview Research 2022).

Die Menge der in Europa produzierten Kunststoffe stagnierte in den letzten 10 Jahren (statista 2021). Im Jahr 2020 wurden in Europa 55 Millionen Tonnen Plastik produziert, während es in den Jahren vor der Corona-Pandemie durchschnittlich 57,9 Millionen Tonnen waren (statista 2022a). Allein 40% der Nachfrage der verarbeitenden Industrie entfällt auf PP für die Produktion von Lebensmittelverpackungen (statista 2022b). Die mit der Produktion von Kunststoffen befassten Unternehmen sind auf europäischer Ebene einerseits im Verband Plastics Europe organisiert (ca. 100 Unternehmen sind Mitglieder, die 90% der Polymere in Europa produzieren, <https://plasticseurope.org>). Andererseits sind die 50.000 Hersteller von Kunststoffprodukten im Verband der verarbeitenden Unternehmen auf europäischer Ebene organisiert (<https://www.plasticsconverters.eu/>). Der Bereich der Agrarfolien wird in den Berichten dieser Or-

ganisationen nicht aufgeführt, sondern wird oft unter 'building and construction' in den Statistiken einbezogen. Rund 1.6 Millionen Beschäftigte arbeiten hier.

Der globale Markt von Agrarfolien umfasste 2021 über 10 Milliarden US-Dollar (Fortune Business Insights 2020). Nach einem leichten Rückgang durch die COVID-19 Pandemie, in der die Kunststoffhersteller die Versorgung im medizinischen Bereich und der Verpackung von Lebensmitteln priorisierten, wird 2028 ein Volumen von etwa 15 Milliarden US-Dollar erwartet. Treiber für die zunehmende Nachfrage nach Agrarfolien ist das Bevölkerungswachstum und die damit steigende Nachfrage nach Lebensmitteln in einigen Regionen, sowie die Nachfrage nach bestimmten Funktionen der Folien, um diese Lebensmittel zu produzieren (z. B. nach beschichteten Folien zum Schutz vor UV-Einstrahlung und optimaler Lichtnutzung für die Pflanzen). Mögliche Hemmnisse sind die Preisentwicklung für Öl und Gas sowie Umweltregulierungen. Der Asiatische Markt ist der größte, was sich durch das Bevölkerungswachstum und die Lebensmittelnachfrage in China erklären lässt. Dort machen Mulchfolien fast die Hälfte des Marktes für Agrarfolien aus, danach folgen Gewächshausfolien und Silofolien. Das Unternehmen BASF ist im globalen Agrarfolienmarkt Marktführer (Fortune Business Insights 2020). Wachstum für Agrarfolien wird in den kommenden Jahren in Lateinamerika, im Mittleren Osten und Afrika erwartet, u. a. auch durch eine erwartete Zunahme des Ökolandbaus, die durch verändertes Konsumentenverhalten in den USA und Europa erklärt wird. Daran hat auch der Spargelanbau einen Anteil, denn weltweit und insbesondere in Mexiko und in Peru soll der Anbau von ökologischem Spargel erweitert werden, und auch durch eine Steigerung der Nachfrage nach verarbeitetem Spargel wird eine Zunahme des Anbaus erwartet (Transparency Market Research 2022).

Der europäische Agrarfolienmarkt umfasste mit 674.000 Tonnen in 2015 rund 1,2% des gesamten Europäischen Plastikverbrauchs von 56 Millionen Tonnen (APE Europe 2022). Unternehmen, die im Bereich Agrarkunststoffe tätig sind, sind auf europäischer Ebene in APE Europe (Agriculture Plastics Environment) organisiert, wobei 11 Unternehmen zu wichtigen Mitgliedern gehören (<https://apeeurope.eu/>). Noch einmal 23 Unternehmen und Organisationen sind Mitglied in der Europäischen Vereinigung der Recycling- und Wiederverwertungsorganisationen (<https://www.euro-plasticsrecycling.org>).

APE Europe weist anders als die internationalen Marktberichterstattungen die Nutzung von Agrarkunststoffen nur unterteilt nach Gemüseproduktion und Tierproduktion aus, so dass z. B. nicht ganz klar ist, ob und wie z. B. Hagelschutznetzte und Bindematerial für Obst- und Weinbau oder Töpfe erfasst werden. Erkennbar ist der kleine Anteil von biologisch abbaubaren Folien und ein Anteil von oxo-abbaubaren konventionellen Folien, die eigentlich seit 3. Juli 2021 nicht in Verkehr gebracht werden dürfen (SUP Directive 2019/904) (APE Europe 2022).

Die Interviews ergaben, dass zwischen Hersteller und Betrieb 1-2 Wertschöpfungskettenstufen enthalten sind und eine Übersicht darüber, wer alles in Deutschland Agrarfolien vermarktet, in gewisser Weise nicht vorhanden ist. Dies liegt nicht nur an der Anzahl der Unternehmen, sondern auch an einer Vielzahl von Abteilungen und Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die in diesem Bereich tätig sind. Hinzu kommt der Bereich der Logistik. Agrarfolien sind für Händler ein Produkt neben Pflanzenschutzmitteln und anderen Betriebsmitteln und erhalten im Sortiment bisher keine besondere Aufmerksamkeit. Agrarfolien werden nach tagesaktuellen Preisen gehandelt.

Im Jahr 2019 wurden in Europa insgesamt 710.500t Agrarkunststoffe verkauft, wovon Folien 536.000t ausmachten (APE Europe 2020). Anders als auf dem chinesischen Agrarfolienmarkt entfällt der größte Teil der Folien auf Silagefolien (267.000t), dann Gewächshäuser (120.000t) und Mulchfolien bilden mit 83.000t den kleineren Teil des europäischen Agrarfolienmarktes (APE Europe 2022).²⁸

Tabelle 4. Verteilung der in Europa verkauften Agrarkunststoffe, die hauptsächlich aus HDPE, LDPE und PP bestehen (APE Europe 2022)

| Anwendungsbereich/Agrarkunststoffgruppe | Menge (in t) |
|---|----------------|
| Gewächshäuser | 120.000 |
| Mulchfolien | 83.000 |
| Minitunnel | 56.000 |
| Bewässerungsrohre | 20.000 |
| Tropfschläuche | 20.000 |
| Vliese | 8.000 |
| Oxo-abbaubar | 8.000 |
| Schutznetze | 4.500 |
| Biologisch abbaubar | 3.000 |
| Gesamt | 324.500 |

In Deutschland wurden 2019 rund 70.000t Agrarkunststoffe vermarktet (APE Europe 2022). Die produzierenden Unternehmen von in Deutschland oft genutzten Spargelfolien haben nach Aussagen in den Interviews ihren Sitz in Griechenland und Spanien, während Händler aus verschiedenen Bereichen kommen (zu Vorleistern spezialisierte Spargelunternehmen, zu umfassenden Vorleistern spezialisierte Hersteller einzelner Betriebsmittel, Raiffeisen, Pflanzenschutzhändler u. a.). Woher die folienherstellenden Firmen ihre Komponenten beziehen und wo demzufolge die Beschäftigungswirkungen entstehen, konnte nicht ermittelt werden. Aus Gründen der Zielstellung der Studie wird auf eine Abschätzung der Beschäftigung im Bereich Herstellung verzichtet; in den Interviews und in den Workshops wurde dieser Bereich auch nicht angesprochen. Zum Zeitpunkt der Interviews stand der Agrarfolienmarkt bereits unter Preisdruck, der sich mit dem Krieg in der Ukraine verschärft hat und zu weiterer Unsicherheit führen dürfte.

²⁸ Das Verkaufsvolumen von Agrarkunststoffen für die Tierproduktion umfasst weitere 397.000t (APE Europe 2022)

3.1.2.5 Gesundheitswirkungen

Cabernard et al. (2022) schätzen ein, dass nur 7% der Gesundheitswirkungen der Plastikproduktion in Europa entstehen. Der größte Teil entfällt auf Gesundheitswirkungen durch Feinstaub in den Ländern mit kohlebasierter Plastikproduktion (ebenda). Das Autorenteam bezeichnet die Gesundheitswirkung durch die kohlebasierte Plastikproduktion, insbesondere durch Feinstaub, als wesentliche unerwünschte Wirkung der Plastikproduktion.

Bezüglich der Gesundheitswirkungen der Herstellung von Agrarfolien können hier keine spezifischen Aussagen getroffen werden. Es konnten auch keine Informationen recherchiert werden, aus welchen Quellen die Agrarfolienhersteller ihre Granulate beziehen. Es gab hier lediglich den Hinweis, dass bei der Nachfrage ein Trend zu preisgünstigen Folien beobachtet werde. Wie die Kapitel zur Nutzung und der Phase nach der Nutzung aufzeigen, sind in der Produktion viele Ansatzpunkte vorhanden, um dort unerwünschte Wirkungen zu vermeiden.

Die allgemeine Literatur zu möglichen Gesundheitswirkungen von Plastik beginnt gerade, Eintragswege und mögliche Wirkungen zu untersuchen, die sich jedoch auf die Nutzung von Plastikgegenständen im Alltag und Wirkungen nach der Nutzung beziehen. Es wurden kleinste Plastikpartikel im menschlichen Blut nachgewiesen und auch in Plazenten (Ragusa et al. 2021, Leslie et al. 2022). Conti et al. (2020) wiesen in Obst und Gemüse aus verschiedenen Einzelhandelsquellen in einer italienischen Stadt Plastikbestandteile nach. Mögliche Wirkungen der Plastikannahme auf die menschliche Gesundheit (durch Aufnahme oder Einatmen) sind bisher nur für einen kleinen Teil von Substanzen in vivo untersucht worden, während die bisherigen Wirkungsvermutungen auf Tier- und Laborstudien beruhen. Bisher werden meist nur bereits etablierte Methoden für einen begrenzten Bereich angewendet und die thematisierten Wirkungen sind hormonelle Störungen, verringerte Fertilität, Cancerogenität, Einfluss auf den Stoffwechsel sowie Wirkungen auf das Nervensystem (Goodes et al. 2022). Aus diesem fehlenden Wissen und einem sich erst entwickelnden wissenschaftlichen Feld kann jedoch nicht auf die Sicherheit der Materialien geschlossen werden (Leslie & Depledge 2020).

3.1.2.6 Zwischenzusammenfassung

In diesem Kapitel wurde die Herstellung von Agrarfolien, soweit dies möglich ist, thematisiert. Sie wurde in den Kontext der globalen Plastikproduktion und insbesondere der globalen und europäischen Agrarfolienproduktion eingeordnet. Es wurden soweit möglich verfügbare Zahlen zum Umfang der in Verkehr gebrachten Agrarfolien aufgeführt, jedoch sind dies freiwillige Datensammlungen im Rahmen von Branchenverbänden und kein systematisches Monitoring des Inverkehrbringens von Kunststoffen in die Landwirtschaft und den Gartenbau.

Als wesentliche gesellschaftlich unerwünschte Wirkung wurden die Emissionen von CO₂ und Feinstaub durch die Nutzung von Kohle für diesen Prozess durch die Verlagerung in asiatische Länder herausgearbeitet. Auch die europäische Kunststoffproduktion nutzt z.T. Kohle, jedoch hauptsächlich Erdöl und Erdgas, die für CO₂ Emissionen verantwortlich sind.

Die für Agrarfolien relevanten Materialien wurden - soweit dies möglich ist - aufgeführt. Herausgearbeitet wurde, dass dies in gewisser Weise eine 'black box' darstellt, auf deren zuverlässiges Funktionieren sich die interviewten Akteure entweder verlassen oder begründet auf offene Fragen hin-

weisen. Aufgrund fehlender Informationen aus dieser Stufe können z. B. Fragen von Materialemissionen in den Boden nicht abschließend geklärt werden. Die Prüfungskriterien von DIN-Normen und der DLG werden als völlig unzureichend eingeschätzt, um Fragen der kurz- und langfristigen Umweltwirkungen beantworten zu können.

Die Herstellungsphase von Agrarfolien wird im Mediendiskurs gar nicht, und in den Interviews nur von den Expertinnen und Experten mit praktischen Erfahrungen in diesen Bereich thematisiert. Nachfolgend werden die Ergebnisse zur Nutzung von Agrarfolien am Beispiel der Spargelproduktion dargestellt.

3.1.3 Nutzung von Agrarfolien - dargestellt am Fallbeispiel Spargelproduktion

Während in **Abbildung 2** eine Systematisierung von landwirtschaftlichen Anwendungen von Agrarkunststoffen eingeführt wurde und in **Abbildung 4** die Materialien von Agrarfolien dargestellt wurden, widmet sich dieses Kapitel am Beispiel Spargelanbau den Prozessschritten und Praktiken, die bei der Nutzung von Agrarfolien erfolgen. In diesem einleitenden Abschnitt wird ein grober orientierender Überblick gegeben. Die Ergebnisse aus den Interviews zum Produktionsverfahren mit dem Fokus auf die Foliennutzung und ihre Wirkungen werden im Verlauf von Kapitel 3.1 ausführlicher dargestellt.

Die Entwicklungsgeschichte von Agrarfolien wird in einem Übersichtsartikel von Kasirajan & Ngouajio (2012) beschrieben. Die Autoren rekonstruieren den Suchprozess und die Erkenntnisse zu Vor- und Nachteilen des Mulchens mit nichtlandwirtschaftlichen Materialien zur Beeinflussung eines pflanzenförderlichen Mikroklimas mit organischen und anorganischen Materialien. Einige Nachteile des Mulchens mit Stroh (z. B. Stickstofffixierung) führten zur Suche nach alternativen Lösungen für die erwünschten Wirkungen dieser Bodenbedeckung, die mit Papier und Plastik als Material verfolgt wurden. Demnach wurde bereits Ende des 18. Jahrhunderts mit Teer beschichtetes Papier als Mulchmaterial verwendet. Jedoch wurde bis in die 1970er Jahre dafür keine Mechanisierungslösung gefunden, und mit dem Aufkommen von Plastikfolien endete der Suchprozess zur Nutzung dieses Materials für das Mulchen. In den 1950er Jahren wurden in den USA an den Universitäten in Kentucky und Kalifornien erste Versuche zur Nutzung von Folien als Mulch, als Minitunnel bis hin zum Gewächshaustunnel durchgeführt. Diese Arbeiten gelten als Grundlage für die als ‚plasticulture‘ bezeichnete Gesamtheit der Kunststoffanwendungen in der Landwirtschaft. Die Autoren beschreiben, wie die Mulchfolien erst von Landwirten übernommen und zunächst vor allem zum Schutz von Kulturpflanzen vor Kälte mit dem Ziel der Ernteverfrühung breit angewendet wurden. Erst in den 1970er und 1980er Jahren beschäftigte man sich mit dem aufkommenden Umweltproblem des Entfernens der Folien nach der Ernte und des im Boden verbleibenden Plastiks wissenschaftlich und praktisch. Deponieren, Verbrennen (darunter auch das heute in der EU nicht erlaubte offene Verbrennen und Vergraben), Lagern auf dem Betrieb und Recycling gehören seit den 1970ern zu den Optionen nach der Nutzung von Agrarfolien. Dabei stellen einerseits die Kosten bei der Bergung von der Fläche und andererseits die Verschmutzung von Agrarfolien sowohl für die thermische Verwertung als auch für das Recycling eine bereits länger bekannte Herausforderung dar (Lawrence et al. 2010). Versuche zur Eignung von Agrarfolien für die thermische

Verwertung der Folien als hydraulisch gepresste ‚Plastiknuggets‘ scheinen nicht fortgeführt worden zu sein²⁹.

In Deutschland wurde die Foliennutzung - wie auch andere Technologien - von den Niederlanden übernommen und die Wissensbasis zunächst durch Versuche mit BASF auf dem Queckbrunnerhof, dem Versuchsbetrieb des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum in Rheinland-Pfalz geschaffen. Nach Aussagen eines Beraters war für die breite Einführung und Ausweitung des Spargelanbaus unter Folie einerseits das Jahr 1989 und die im Zuge der Transformationsprozesse in den osteuropäischen Ländern in den 1990er Jahren zur Verfügung stehenden Saisonarbeitskräfte bedingend. Zuvor wurden oft Frauen von türkischen Gastarbeitern in den Betrieben beschäftigt. Die Ausweitung des Folieneinsatzes ist daher als an die Verfügbarkeit von Arbeitskräften gekoppelt zu verstehen. Andererseits ermöglichte der Einsatz der Folie den Anbau von Spargel auch auf schwereren - und sich daher schwerer erwärmenden Böden. Auf natürlichen Gunststandorten findet vereinzelt noch Anbau ohne Folie statt. Spargelfolie wird in Deutschland etwa seit Mitte der 90er Jahre breit verwendet. Vorerst wurden die Folien in einem aufwändigen Prozess händisch aufgelegt und abgenommen. Daraufhin wurde die Entwicklung von mechanischen und motorisierten Erntehilfen angestoßen. Das Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie (ATB Potsdam) war maßgeblich an der Forschung und Entwicklung zu ökonomischen Erntemethoden beteiligt. Innovationsprozesse wurden dabei z.T. von den Landwirten selbst angestoßen, wie zum Beispiel die Entwicklung einer Grün/Weißen-Folie, um die optische Veränderung des Landschaftsbildes zu minimieren. International und z.T. dort auch regional verschieden wird Grünspargel, Bleichspargel oder violetter Spargel angebaut und konsumiert. In Deutschland ist der Anbau von Bleichspargel dominierend - weitgehend unter Folie - (für eine Übersicht: Ziegler 2020). In den Interviews wurde berichtet, dass diese deutsche Präferenz von Bleichspargel zuweilen interkulturell schwer nachvollzogen werden kann. Aufgrund der klimatischen Bedingungen und Bodenverhältnisse (sandig, lehmig) sowie je nach einzelbetrieblichem Gesamtkonzept (weitere Kulturen, Vermarktungswege etc.) sind regional und zwischen Betrieben unterschiedliche Ausprägungen des allgemeinen Anbauverfahrens zu finden.

Der Produktionsprozess von Spargel ist nach den jahreszeitlichen Bedingungen und der Biologie der Spargelpflanze organisiert. Obwohl die Nutzung der Folie Teil von allgemeinen und in der Branche etablierten Verfahrensbeschreibungen ist (z. B. Ziegler 2020), werden verschiedene Aspekte notwendigerweise getrennt und nacheinander behandelt. In dieser Studie wurde eine systemische Sichtweise gewählt, die versucht, Zusammenhänge der Nutzung und der Wirkungen darzustellen. Dieser liegen die durch das Produktionsziel Spargel begründete und notwendigerweise zeitlich strukturierte grundlegenden Prozesse der Spargelproduktion und der Foliennutzung zugrunde.

Um ökonomisch tragfähig zu sein, müssen Spargelanlagen von den Betrieben sorgfältig geplant werden in Bezug auf Standort und Bodenvorbereitung. Jungpflanzenanlagen werden mit Mulchfolien angelegt und werden erst ab dem 3. Standjahr begonnen zu ernten.

Zu Beginn der Saison im März (oder teilweise bereits im November oder Dezember) werden Spargeldämme gefräst und diese mit einer Schwarz/Weiß-Folie überdeckt. Diese Folie dient insbesondere der Temperaturregelung, d. h. der Verfrühung (schwarze Seite oben) bzw. der Verlängerung

²⁹ <https://extension.psu.edu/waste-plastics-as-fuel>

der Erntesaison (weiße Seite oben). Außerdem unterdrückt sie den Unkrautwuchs und vermindert die Erosion der Dämme durch Wind und Niederschläge. Für eine stärkere Ernteverfrühung wird oft ein Minitunnel als zweite Bedeckung über eine Dammreihe ausgebracht. Teilweise wird für die Verfrühung eine Dreifachabdeckung angewendet, bei der über die Minitunnelreihen eine dritte transparente Folie gezogen wird. Zusätzliche Verfügungsverfahren (Abwärmenutzung, Gewächshausanbau) werden nicht vertiefend untersucht.

Die Schwarz/Weiß-Folien können durchschnittlich für bis zu zehn Ernteperioden einer Spargelanlage genutzt werden. Die Angaben in den Interviews zur Haltbarkeit variierten zwischen 4 und 10 Jahren. Bei den Minitunnelfolien (Thermofolien) sind es drei Jahre (siehe auch Schulte et al. 2016), bei der dritten Abdeckung 1-2 Jahre (siehe Anhang 6.4: Übersicht aktuelle Haltbarkeit Spargelfolien). Bei der Ernte wird die Folie per Hand oder mittlerweile oft maschinell mit einer sogenannten Spargelspinne angehoben und die Spargelstangen werden per Hand von Saisonarbeitskräften gestochen. Sie wachsen pro Tag bis zu 7 cm und benötigen ca. 4 Tage, um die Erntelänge von 24-28cm zu erreichen. Daraus ergeben sich die Anforderungen an den Arbeitskräftebedarf und die Arbeitsorganisation der Ernte im Betrieb, die mit der Folie etwas besser und damit planbar sind. Ein Trend bzw. Bestreben zur Mechanisierung von Ernte- und Aufbereitungsarbeiten ist beobachtbar. Der 24. Juni schließt die Erntesaison ab, damit die Spargelpflanze für optimale Erträge im Folgejahr genug Regenerationszeit hat. Nach der Ernte wird die Folie von den Dämmen entfernt und bis zur nächsten Nutzung gelagert.

3.1.3.1 Die Nutzung von Agrarfolien im Mediendiskurs

Bei der Recherche und Korpusauswahl zu Konfliktthemen zur Nutzung von Folien im Spargelanbau wurde die regional unterschiedliche Verteilung der Spargelproduktion berücksichtigt und es kristallisierten sich bestimmte Regionen heraus, in denen die Konfliktthemen besonders präsent sind. Ein erstes Zwischenergebnis der Korpusauswahl ist, dass sich die Berichterstattung über die Konflikte zwischen verschiedenen Akteuren auf Brandenburg (und hier insbesondere die Region Potsdam-Mittelmark), das südwestliche Baden-Württemberg und Nordbayern beschränkt. Somit kann über die räumliche Verteilung der Diskurse über Folien im Spargelanbau bereits eine erste Aussage getroffen werden. Auch die zeitliche Komponente konnte bereits dahingehend analysiert werden, dass ein deutlicher Anstieg der Berichterstattung ab dem Jahr 2017 zu verzeichnen ist (**Abbildung 5**). Zudem ist nach einer dreijährigen Zunahme der Berichterstattung von 2017 bis 2019 im Jahr 2020 die Anzahl der Artikel auf null zurückgegangen, um dann 2021 auf über 20 Artikel anzusteigen. Dies könnte an der Corona Pandemie liegen, da in diesem Jahr zwar auch viel über Spargel berichtet wurde, jedoch in anderen Zusammenhängen (bspw. Arbeitskräftemangel aufgrund von Grenzschließungen).

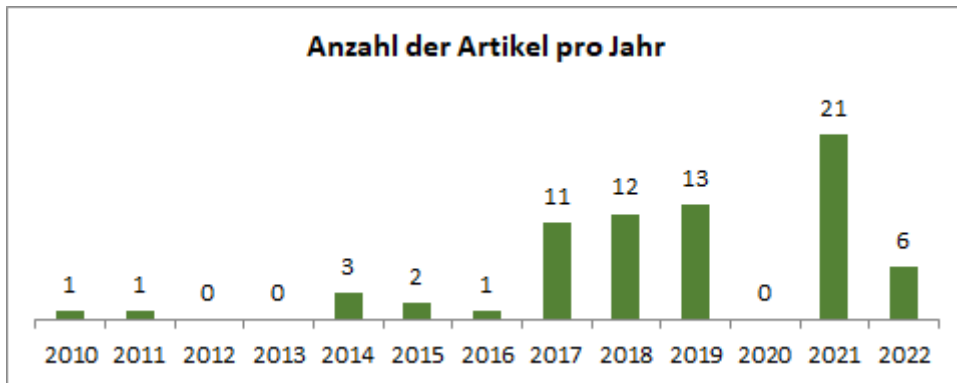


Abbildung 5. Histogramm der veröffentlichten Artikel zum Thema „Spargel Folie“ von 2010 bis 2022 in ausgewählten Medien. (eigene Darstellung)

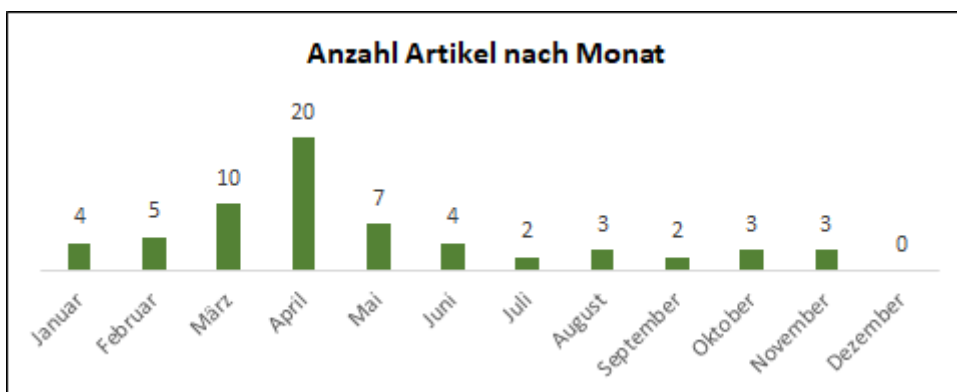


Abbildung 6. Histogramm der veröffentlichten Artikel zum Thema „Spargel Folie“ in ausgewählten Medien von 2010 bis 2022, nach Monaten. (eigene Darstellung)

Im weiteren Verlauf der Arbeit lag ein besonderer Fokus auch auf den Monaten, in denen die Artikel verfasst wurden. Ein Zusammenhang von gesteigertem öffentlichem und medialem Interesse und der Spargelsaison im Frühling scheint wahrscheinlich. So wird bereits deutlich, dass von März bis Mai die meisten Artikel zum Thema erscheinen. Im April ist mit 20 Artikeln ein deutlich erhöhtes Medieninteresse zu verzeichnen, der März ist mit nur der Hälfte der Artikel an zweiter Stelle (siehe **Abbildung 6**).

Artikel, die zwischen dem 01.03. und 30.06. erschienen, wurden mit der Variablen „Innerhalb der Spargelsaison“ versehen, und Artikel, die außerhalb dieser Monate erschienen sind, als „Außerhalb der Spargelsaison“. Der überwiegende Teil von Artikeln mit Bezug zu den Folien wurde innerhalb der Saison veröffentlicht (n=41); während ein kleinerer Teil des Korpus (n=22) außerhalb dieser Zeit veröffentlicht wurde. Dies lässt auf ein erhöhtes mediales und gesellschaftliches Interesse an den Folien schließen, wenn der Spargel „in aller Munde“ ist und die Saison kurz bevorsteht, gerade begonnen hat oder kurz vor dem Abschluss steht.

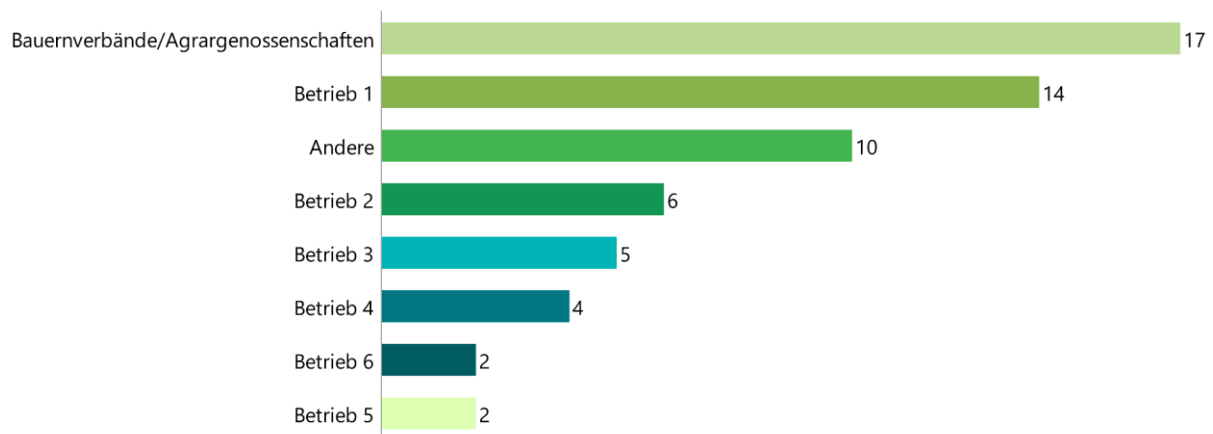


Abbildung 7. Balkendiagramm mit der Häufigkeit, in der bestimmte Betriebe oder Personengruppen in den Dokumenten des Materialkorpus genannt werden. (eigene Darstellung)

Abbildung 7. Balkendiagramm mit der Häufigkeit, in der bestimmte Betriebe oder Personengruppen in den Dokumenten des Materialkorpus genannt werden. (eigene Darstellung) zeigt, in wie vielen Dokumenten des Korpus Akteure aus dem Spargelanbau genannt werden. Am häufigsten werden Sprecher oder Mitglieder von Agrargenossenschaften und Bauernverbänden wie beispielsweise dem Beelitzer Spargelverein e.V., dem Verband der Ostdeutschen Spargel- und Beerenobstanbauer (VOSBA) oder die Agrargenossenschaft Havelland in den Artikeln erwähnt und zitiert. Auch der Verband Süddeutscher Spargel- und Erdbeeranbauer wird in mehreren Artikeln als Akteur genannt. Die Agrarverbände und -genossenschaften wurden in einer Kodierung zusammengefasst. Sie treten in beiden Fällen als Gruppe auf - als Interessensvertretung und als in Kooperation Ware bündelnde Anbieter. Folgende Begriffe sind unter dieser Kodierung zusammengefasst worden: Verband von Anbaubetrieben, Agrargenossenschaft, Agrargesellschaft, Vereinigung/Verein von Bauern, Erzeugerverband, Kreisbauernchef, Landwirtschaftlicher Hauptverband, Kreisbauernverband, Arbeitskreis Spargel, Landesbauernverband.

Da die meisten Zeitungsartikel aus brandenburgischen Regionalzeitungen stammen, wird in ihnen meist über die ansässigen Betriebe der Region berichtet. Am zweithäufigsten wird „Betrieb 1“ aus Brandenburg thematisiert (14 Nennungen), welcher sich in einem Rechtsstreit befindet. Die anderen Betriebe, die mehrfach genannt werden, sind ebenfalls im Brandenburg angesiedelt (insgesamt 19 Nennungen). Unter „Andere“ wurden die Betriebe zusammengefasst (insgesamt 10 Nennungen), die nur in einem Dokument vorkommen. Die Kodierung umfasst einige Betriebe aus Brandenburg, aus dem südlichen Baden, Nordbayern, Oberbayern (Schrobenhausen), dem nördlichen Baden-Württemberg (Graben-Neudorf) und einen Betrieb aus dem Elsass, der Spargel ohne Folie anbaut und mit violetten Köpfen vermarktet.

Die ausgewählten Zeitungsartikel wurden auch dahingehend untersucht, ob es einen konkreten Anlass oder sog. „Aufhänger“ für den Artikel gegeben haben könnte (siehe **Abbildung 8.** Tabelle mit Häufigkeiten der Aufhänger, in denen zunächst keine Konflikte thematisiert wurden. (eigene Darstellung)

). Während in einigen Artikeln mehrere solcher Aufhänger identifiziert werden konnten (beispielsweise Spargel Saisonauftakt in Verbindung mit Anfragen oder Veröffentlichungen von Parteien), war in anderen Artikeln kein eindeutiger Grund für den Artikel zu identifizieren.

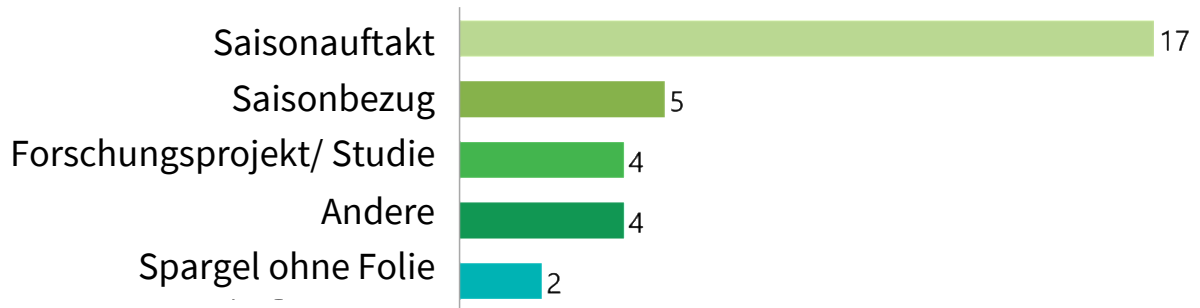


Abbildung 8. Tabelle mit Häufigkeiten der Aufhänger, in denen zunächst keine Konflikte thematisiert wurden. (eigene Darstellung)

Als häufigster Grund für die Veröffentlichung eines Artikels zum Thema Spargelfolien konnte der Saisonauftakt identifiziert werden. Zitat: „Wer gerade durch Brandenburg fährt, wird immer wieder weiße oder schwarze Flächen links und rechts der Straßen entdecken. Kunststofffolien decken Äcker ab. Der Kenner weiß: „Aha, der Spargel wächst.“ (Märkische Allgemeine, 01.04.2022). Auch der Stich der ersten Spargelstange oder die ersten Stände am Straßenrand werden häufig zu Saisonbeginn erwähnt.

Artikel, die nicht zu Saisonbeginn veröffentlicht wurden, deren Aufhänger jedoch mit der Saison zusammenhängt, wurden mit der Kodierung „Saisonbezug“ versehen. In vier Dokumenten wurde im Artikel auf neue Forschungsergebnisse und Studien hingewiesen, die sich z. B. mit Plastikemissionen aus der Landwirtschaft oder dem Rückgang der Insektenpopulationen befassen. In zwei Dokumenten wurden Betriebe als Aufhänger erwähnt, die ohne Folie wirtschaften. Die Kodierung „Andere“ umfasst Referenzen zu anderen Texten, auf die der jeweilige Artikel Bezug nimmt. Dies wurde in vier Artikeln als Grund für die Berichterstattung herausgearbeitet.

Als Zwischenfazit lässt sich festhalten, dass die Berichterstattung über die Verwendung von Agrarfolien im Spargelanbau ab dem Jahr 2010 zu verorten ist. Räumlich lässt sich der Diskurs hauptsächlich in Brandenburg und vereinzelt in Bayern und Baden-Württemberg verorten. Als Auslöser für die Berichterstattung ist am häufigsten die beginnende Spargelsaison genannt worden; zudem wurden fast doppelt so viele Artikel während der Spargelzeit von Anfang März bis Ende Juni veröffentlicht wie außerhalb dieses Zeitraums.

3.1.3.2 Wissenschaftlicher Kenntnisstand zu Wirkungen von Agrarfolien

In diesem Kapitel wird das Ergebnis einer an einen systematischen Review angelehnten Literaturrecherche (siehe Kapitel 2.2) zur Wirkung von Agrarfolien während der Nutzung dargestellt.

3.1.3.2.1 Wirkungskette der Folienbedeckung des Bodens

Agrarfolien werden aufgrund einer Reihe von Wirkungen auf den Produktionsprozess genutzt. Während die Wirkungskette nicht in allen Publikationen genau beschrieben wird, lässt sie sich wie folgt zusammenfassen (siehe **Abbildung 9.** Wirkungskette der Folienbedeckung des Bodens (zusammenfassende eigene Darstellung anhand der o.g. Quellen.)): Die Mulchfolie führt zu einem besseren hydrotherma-

len Milieu (z. B. Li et al. 2018). Zum einen schützt die Folie den Boden vor Evaporation (z. B. Zhu et al. 2015), da Wasser an der Folienoberfläche kondensiert und dann wieder zu Boden tropft, zum anderen nimmt die Folie, je nach Farbe, kurzwellige Strahlung auf und verhindert die langwellige Ausstrahlung (z. B. Sarkar et al. 2019). Dies führt zu weniger Wärmeverlust vom Boden in der Nacht. Durch weniger Evaporation aus dem Boden gibt es mehr Bodenwasser, was von den Pflanzen aufgenommen werden kann und somit ihr Wachstum begünstigt. Außerdem regt das verbesserte hydrothermale Milieu die biologische Aktivität des Bodens an, was zu erhöhten Mineralisierung und Verfügbarkeit von Nährstoffen führen kann, welche dann wieder der Pflanze zum Wachstum zur Verfügung stehen (z. B. Lee et al. 2021). Darüber hinaus wird angeführt, dass der erhöhte Bodenwassergehalt die Photosynthese positiv beeinflusst und dadurch das Pflanzenwachstum unterstützt wird (z. B. Chai et al. 2021). Die Wirkungskette der Folien aus Bioplastik ist der der Folien aus konventionellem Plastik gleichzusetzen.

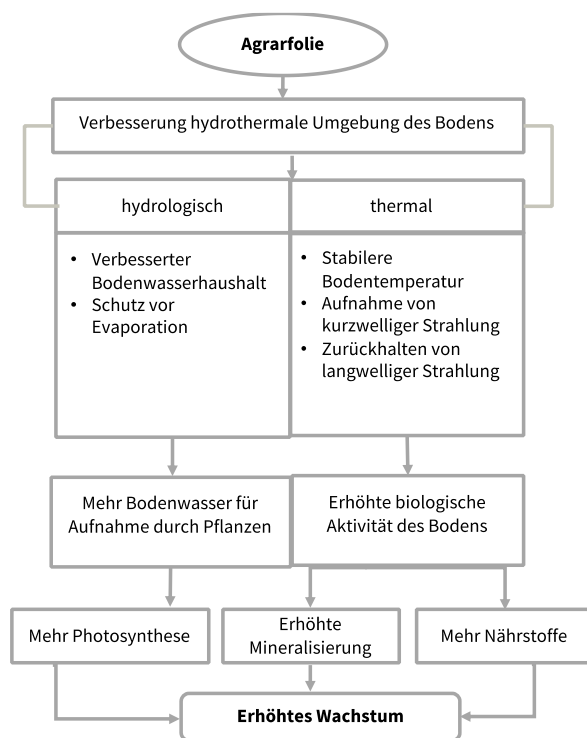


Abbildung 9. Wirkungskette der Folienbedeckung des Bodens (zusammenfassende eigene Darstellung anhand der o.g. Quellen).

3.1.3.2.2 Untersuchte Wirkungen der Nutzung von Agrarfolien

In der nachfolgenden **Tabelle 5**. Untersuchte Parameter in den inkludierten Studien sind die Parameter dargestellt, die die inkludierten Artikel untersuchten. Auffällig ist hier der Fokus auf externe Parameter (oberirdisch oder an der Schnittstelle zwischen Pflanze und Boden) wie Erträge, Pflanzenwachstum sowie Wassernutzungseffizienz und Bodenwassergehalt. Dieses Ergebnis bestätigen Yates et al. (2021). In ihrem scoping review stellten sie fest, dass sich die Mehrheit der untersuchten Publikationen zum Thema “Kunststoffe und Agrarsystem” mit externen Variablen beschäftigten. Alle anderen Parameter wurden nur in bis zu maximal 5 Studien überprüft.

Tabelle 5. Untersuchte Parameter in den inkludierten Studien

| Kategorie | Parameter | Anzahl der Studien | Studien |
|----------------------|-----------------------------|--------------------|---|
| Oberirdisch | Trockenmasseanreicherung | 1 | Gao et al. (2020) |
| | Ertrag | 16 | Zhu et al. (2015), Dang et al. (2016), Xue et al. (2017), Yaghi, Arslan, and Naoum (2013), Adekaldou et al. (2021), Chai et al. (2021), Wen et al. (2012), ElSadek and Salem (2015), Gao et al. (2020), F. Zhang et al. (2018), Han et al. (2013), H. Li et al. (2018), Haque, Jahiruddin, and Clarke (2018), H. Zhang et al. (2019), Jiang et al. (2018) und Niu et al. (2020) |
| | Pflanzenwachstum | 7 | Dang et al. (2016), Adekaldou et al. (2021), Lin et al. (2018), Y. Liu et al. (2013), Truax et al. (2017), Sarkar et al. (2019), and H. Zhang et al. (2019) |
| | Einkommen | 1 | Han et al. (2013) |
| | Reifezeit | 1 | Yaghi, Arslan, and Naoum (2013) |
| | Pflanzenatmung | 1 | Niu et al. (2020) |
| | Blattanatomie | 1 | Niu et al. (2020) |
| | Pflanzenüberleben | 1 | Truax et al. (2017) |
| | Evapotranspiration | 1 | Xue et al. (2017) |
| | Unkrautwachstum | 1 | H. Zhang et al. (2019) |
| Schnittstelle | Erosion | 1 | Blaise et al. (2021) |
| | Auswaschung von Nährstoffen | 1 | Amin et al. (2021) |
| | Wassernutzungseffizienz | 5 | Xue et al. (2017), Yaghi, Arslan, and Naoum (2013), Kader et al. (2017), Wen et al. (2012), and ElSadek and Salem (2015) |
| | Wassernutzung | 4 | Wu et al. (2021), Zhu et al. (2015), Dang et al. (2016), and Kruashvili et al. (2016) |

| | | | |
|---------------------|---|---|--|
| | Treibhausgasausstoß | 2 | Chen et al. (2021) and Jones et al. (2020) |
| | Photosynthese | 2 | Wen et al. (2012) and Niu et al. (2020) |
| | Trockenheitsstress | 1 | Amiri Rodan et al. (2020) |
| Unterirdisch | Bodeneigenschaften | 2 | Blaise et al. (2021) and Sarkar et al. (2019) |
| | Gehalt an organischem Material | 2 | Jones et al. (2020) and Y. P. Wang et al. (2016) |
| | Bodenwasserspeicherung | 4 | Zhu et al. (2015), Xue et al. (2017), Han et al. (2013), and Jiang et al. (2018) |
| | Bodennässe | 2 | Kader et al. (2017) and H. Zhang et al. (2019) |
| | Bodengesundheit | 1 | Haque, Jahiruddin, and Clarke (2018) |
| | Nährstoffgehalt | 1 | Truax et al. (2017) |
| | Wurzelqualität | 3 | Hou et al. (2019), Wu et al. (2021), and Jones et al. (2020) |
| | Wurzelproduktivität | 1 | Wu et al. (2021) |
| | Wurzelwachstum | 1 | Niu et al. (2020) |
| | Bodentemperatur | 3 | Dang et al. (2016), Kader et al. (2017), and H. Zhang et al. (2019) |
| | Erdwurmanzahl | 1 | Jones et al. (2020) |
| | Treibhausgasspeicherung | 1 | Nan et al. (2016) |
| | Populationsdichten Wurzelläsionsnematoden | 1 | H. Zhang et al. (2019) |
| | Nährstoffspeicherung | 1 | Jiang et al. (2018) |
| Intern | Nährstoffverwendung | 1 | Wu et al. (2021) |
| | Nährstoffverwendungseffizienz | 1 | J. G. Lee et al. (2021) |
| | Hormonausprägung | 1 | Miao et al. (2016) |
| | Hormonveränderungen | 1 | Y. Liu et al. (2013) |
| | Biochemische und nährstoffliche Zusammensetzung | 1 | Sarkar et al. (2019) |

Die Ergebnisse der Studien lassen sich in Wirkungen von Folien aus konventionellen Folien und Folien aus Bioplastik unterteilen.

Bei Agrarfolien aus konventionellem Plastik wurden die unterschiedlichsten Wirkungen festgestellt, zumeist jedoch positive in Bezug auf Produktionsziele (siehe **Tabelle 6.** Ergebnisse von inkludierten Artikeln mit Nutzung von konventionellen Agrarfolien).

Die meisten Studien ergaben, dass Agrarfolien die Erträge und das Wasserspeichervermögen des Bodens verbesserten. Auch erhöhte Wassernutzungseffizienz stellten die meisten Studien fest, sowie einen positiven Effekt auf das Wachstum von Pflanzen. Mehrere Reviews aus dem Themenfeld bestätigen diese Ergebnisse (Ma et al. 2018, Amare & Desta 2021, Pereira Dias et al. 2021). Alle anderen Resultate waren nur in maximal zwei Studien zu finden. Drei Studien kamen zu dem Ergebnis, dass Folien auch zu erhöhten Emissionen von NO_2 und NO_3 führen können (Nan et al. 2016, Jones et al. 2020, Chen et al. 2021). Die erhöhte Bodentemperatur sowie der erhöhte Bodenwassergehalt führen vermehrt zur Nitrifikation, das als Stickstoffoxid an die Atmosphäre abgegeben wird (Nan et al. 2016; Chen et al. 2021). Die erhöhten Bodentemperaturen unter der Folie können auch zur Mobilisierung von Nitratmengen führen, welche größer sind als von der Pflanze benötigt (Jones et al. 2020). Diese können dann in Gewässer gelangen, wo sie zur Eutrophierung beitragen. Die nachfolgende Tabelle 6. Ergebnisse von inkludierten Artikeln mit Nutzung von konventionellen Agrarfolien zeigt die Ergebnisse der inkludierten Studien, welche konventionelle Agrarfolien nutzten.

Tabelle 6. Ergebnisse von inkludierten Artikeln mit Nutzung von konventionellen Agrarfolien

| Kategorie | Ergebnisse | Anzahl der Studien | Studien |
|----------------------|---|--------------------|--|
| Oberirdisch | Verbesserung der Erträge | 14 | Zhu et al. (2015), Dang et al. (2016), Xue et al. (2017), Yaghi, Arslan, and Naoum (2013), Adekaldu et al. (2021), El-Sadek and Salem (2015), Gao et al. (2020), F. Zhang et al. (2018), Haque, Jahiruddin, and Clarke (2018), H. Zhang et al. (2019), Jiang et al. (2018), Niu et al. (2020), J. G. Lee et al. (2021), and Kruashvili et al. (2016) |
| | Erhöhte Stabilität von Erträgen | 1 | F. Zhang et al. (2018) |
| | Vergrößertes Anbaugelände | 1 | F. Zhang et al. (2018) |
| | Verringerte zwischenjährliche Variation der Erträge | 1 | F. Zhang et al. (2018) |
| | Verbessertes Pflanzenwachstum | 5 | Dang et al. (2016), Amin et al. (2021), Adekaldu et al. (2021), Jones et al. (2020), and H. Zhang et al. (2019) |
| | Verbessertes Knospenwachstum | 1 | Amin et al. (2021) |
| | Erhöhte Pflanzengröße | 1 | Wen et al. (2012) |
| | Reduktion von Evapotranspiration | 2 | Dang et al. (2016) and Jiang et al. (2018) |
| | Erhöhte Alterung der Blätter und Wurzeln | 1 | Wu et al. (2021) |
| | Erhöhtes Pflanzenüberleben | 1 | Lin et al. (2018) |
| Schnittstelle | Erhöhte Wassernutzungseffizienz | 5 | Dang et al. (2016), Yaghi, Arslan, and Naoum (2013), Kader et al. (2017), El-Sadek and Salem (2015), and Kruashvili et al. (2016) |
| | Verringerte Versickerung | 1 | Blaise et al. (2021) |
| | Erhöhter Abfluss | 1 | Blaise et al. (2021) |
| | Erhöhte Pflanzentrockenmasse | 2 | Wen et al. (2012) and Gao et al. (2020) |
| | Erhöhte Treibhausgasemissionen | 1 | Chen et al. (2021) |
| | Erhöhtes CO ₂ und N ₂ Ausgaspotential | 1 | Nan et al. (2016) |
| | Nährstofftransport | 1 | Amin et al. (2021) |

| | | | |
|---------------------|--|---|---|
| | Erhöhte Nährstoffauswaschung | 1 | Amin et al. (2021) |
| | Erhöhte Nitratnutzungseffizienz | 1 | J. G. Lee et al. (2021) |
| Unterirdisch | Erhöhte Bodentemperatur | 3 | Dang et al. (2016), Haque, Jahiruddin, and Clarke (2018), and J. G. Lee et al. (2021) |
| | Verbesserte Wurzelqualität | 2 | Hou et al. (2019) and Wu et al. (2021) |
| | Erhöhtes Wurzelwachstum | 2 | Amin et al. (2021) and Niu et al. (2020) |
| | Erhöhte Wurzelrockenmasse | 1 | Niu et al. (2020) |
| | Schlechtere Bodenstruktur | 0 | 0 |
| | Erhöhte Bodenfeuchtigkeit | 3 | Wen et al. (2012), J. G. Lee et al. (2021), and Kruashvili et al. (2016) |
| | Erhöhte Bodenwasserspeicherung | 3 | Zhu et al. (2015), Xue et al. (2017), and Jiang et al. (2018) |
| | Verringerter Bodenwasserverbrauch | 3 | Wu et al. (2021), Kader et al. (2017), and Kruashvili et al. (2016) |
| | Erhöhter Bodenwasserverbrauch | 0 | 0 |
| | Verringerung von organischer Bodensubstanz | 1 | Jones et al. (2020) |
| | Verringerung von Regenwurmbiomasse und -abundanz | 1 | Jones et al. (2020) |
| | Instandhaltung von organischem Bodenkohlenstoff | 1 | Y. P. Wang et al. (2016) |
| | Erhöhte Mineralisierung | 1 | Y. P. Wang et al. (2016) |
| | Erhöhung des wurzelabgeleiteten Kohlenstoffs | 1 | Y. P. Wang et al. (2016) |
| | Niedrigere elektrische Leitfähigkeit | 1 | Haque, Jahiruddin, and Clarke (2018) |
| | Niedrigerer Schwefelgehalt | 1 | Haque, Jahiruddin, and Clarke (2018) |
| | Nährstoffverteilung | 1 | Amin et al. (2021) |
| | Erhöhter Nitratgehalt | 2 | Jones et al. (2020) and J. G. Lee et al. (2021) |
| | Reduktion von Feinwurzeln | 1 | Jones et al. (2020) |

| | | | |
|---------------|---|---|---|
| Intern | Schutz vor Trockenheitsstress | 1 | Amiri Rodan et al. (2020) |
| | Positive hormonelle Veränderungen in den Früchten | 2 | Y. Liu et al. (2013) and Miao et al. (2016) |
| | Verbesserte biochemische und nährstoffliche Zusammensetzung | 0 | 0 |
| | Erhöhte Photosynthese | 1 | Niu et al. (2020) |
| | Erhöhte Respiration | 1 | Niu et al. (2020) |
| | Erhöhte Stomatadichte und Respiration | 1 | Leng et al. (2019) |
| | Erhöhter Stickstoffgehalt | 0 | 0 |
| | Erhöhte Nährstoffnutzungseffizienz | 1 | Wu et al. (2021) |

Nur 3 Studien konnten identifiziert werden, welche die Effekte von Folien aus Bioplastik untersuchen. Diese kamen zu den folgenden Ergebnissen:

- Erhöhter Bodenwassergehalt (Han et al. 2013)
- Verbesserte Stickstoffnutzung (Wu et al. 2021)
- Verbesserte Wurzelproduktivität (Wu et al. 2021)
- Verbesserung von Erträgen (Han et al. 2013, Zhang et al. 2019, Wu et al. 2021)
- Verbessertes Pflanzenwachstum (Zhang et al. 2019)
- Erhöhtes Einkommen (Han et al. 2013)

Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Wirkung von Agrarfolien aus Bioplastik während der Nutzung der Wirkung von Folien aus konventionellem Plastik gleichgesetzt werden kann.

Die restlichen Studien zu Bioplastik erforschten die Wirkung von Mikroplastik aus Bioplastik (z. B. Qi, Ossowicki et al. 2020, Meng et al. 2021).

In den ausgewählten Artikeln wurden speziell zum Spargelanbau und Foliennutzung nur in Artikeln zum Anbau in Peru gefunden. Dies könnte am Suchprotokoll (Stichwörter und open access Kriterium) liegen, aber auch daran, dass Artikel zu Spargelanbau in anderen Ländern nicht peer-reviewed sind. So werden Agrarfolien im peruanischen Spargelanbau vor allem genutzt, um die Bodentemperatur konstant zu halten (Yupari et al. 2017). In Peru wurde zu Anfang nur weißer Spargel für Konserven angebaut, heute wird aber neben weißem Spargel auch grüner Spargel angebaut und Frischware beider Arten exportiert (Goméz & Flores 2015). Peru ist einer der drei größten Exporteure von Spargel weltweit. 2005 stellte dieser Export ein Viertel des gesamten Exportvolumens (Goméz & Flores 2015); dieses ist heute diverser. Der Spargelanbau in Peru etablierte sich während Zeiten wirtschaftlicher Liberalisierung in den 1990er Jahren (Pisani & Scrocco 2016). Während Schuster and Maertens (2016) angeben, dass dieser Sektor auf Grund der öffentlichen Entwicklungszusammenarbeit wuchs, nennt Cannock (2011) lokale Investitionen als Treiber. Der peruani-

sche Sektor besteht zumeist aus großen Unternehmen, die sich auf den Export spezialisieren (Gomez & Flores 2015; Pisani & Scrocco 2016). Etwaige Produktionslücken werden durch Kleinbauern aufgefangen (Schuster & Maertens 2013). Da der Spargel vor allem in der trockenen Küstenregion angebaut wird, gibt es Konflikte um Wasserressourcen und Fragen um die Nachhaltigkeit des Sektors insbesondere in Bezug auf Grundwasserentnahme (Oré et al. 2012, Gomez & Flores 2015, Vazquez-Rowe et al. 2016). Studien von Schuster and Maertens (2013, 2015, 2016) untersuchten außerdem die, teils, sozial unsichere Lage der Arbeitnehmenden im Spargelanbau. Schwarz et al. (2016) stellen in einer vergleichenden Nachhaltigkeitsbewertung von peruanischer und belgischer Spargelproduktion fest, dass ein direkter Vergleich methodisch schwierig ist aufgrund der unterschiedlichen Bedingungen und Wirkungen kaum Entscheidungshilfen für Verbraucher gegeben werden.

3.1.3.2.3 Wirkung von biologisch abbaubaren Agrarfolien

Es wurden 13 Studien identifiziert, die sich mit Alternativen zu jetzigen Agrarfolien beschäftigen. Die Mehrheit der Alternativen, die in den inkludierten Artikeln diskutiert wurden, fallen in die Kategorie des Bioplastiks.

Laut dem Verein European Bioplastics e.V., der die Produzenten dieser vertritt, handelt es sich bei Bioplastik um Material, das entweder bio-basiert ist, also aus biologischem Material besteht, oder biologisch abbaubar ist oder beides (European Bioplastics 2022b). So existiert zum Beispiel bioPET, das aus biologischem Material besteht aber nicht biologisch abbaubar ist, sowie PBTA, welches aus fossilen Quellen gewonnen wird, jedoch biologisch abbaubar ist (Fredri & Dorigato 2021, European Bioplastics 2022a). Die biologische Abbaubarkeit der Stoffe wird nach internationalen Standards festgestellt, die die genauen Bedingungen für den Abbau beschreiben (Fredri & Dorigato 2021, European Bioplastics 2022a). Kompostierbares Plastik ist eine Untergruppe des biologisch abbaubaren Plastiks und beschreibt Material, welches unter aeroben Bedingungen in Biomasse, CO₂, Wasser und Wärme zersetzt wird. Bioplastik kann mechanisch, chemisch und enzymatisch recycelt werden (Fredri & Dorigato 2021). Aus mechanisch recyceltem Bioplastik kann wieder Bioplastik gewonnen werden, während chemisches und enzymatisches Recycling Biopolymere liefert, welche zu Bioplastik verarbeitet werden können. Bioplastik kann aerob (Kompostierung) oder anaerob biologisch abgebaut werden, was Biomasse und im Fall des anaeroben Abbaus Biogas hinterlässt. Außerdem kann Bioplastik zur Energiegewinnung genutzt werden. Während Han et al. (2013) die Zusammensetzung der Folie nicht explizit beschrieben, handelt es sich bei den von H. Zhang et al. (2019) genutzten Mulchfolien um Mischungen aus fossil-basierten und nachwachsenden-Rohstoff-basierten, biologisch abbaubaren Materialien.

Nur vier der inkludierten Studien zur Substitution von konventionellen Agrarfolien waren Feldstudien. Alternativen wurden für Erdbeeren, Mais und Weizen getestet. Als Basis für die Alternativfolien wurden Cassava-Stärke, Polylactide, Algenzellulose sowie Biokohle und Polybutylenterephthalate untersucht.

Sowohl die Folien mit Cassava-Stärke als auch die aus Polybutylenterephthalaten hatten keine negativen Auswirkungen auf den Ertrag. Zwei der Feldstudien fanden positive Effekte von Stroh und anderen Bedeckungen in Form von Pflanzenresten auf Ertrag. Kader et al. (2017) stellen fest, dass Mulch aus normalem Zeitungspapier Bodenfeuchtigkeit besser erhält und Bodentemperatur

senkt als Plastikmulch, was sich positiv auf das Wachstum und den Ertrag von Sojabohnen auswirkt. Laut Chai et al. (2021) kann Mulch aus Stroh das hydrothermische Milieu der Pflanzen so positiv beeinflussen, dass Erträge von Weizen aus dieser Anbaumethode den Erträgen von Weizen unter Plastikmulch gleichen, aber unter weniger Kosten für Landwirte und verbesserten Umwelteinwirkungen. Die oben diskutierten Artikel legen nahe, dass sich die Forschung zu Alternativen zu herkömmlichen Agrarfolien noch in der Anfangsphase befindet, da der Fokus bisher vor allem auf der Zusammensetzung der Folien liegt. Liu et al. (2022) stellen dies in ihrem Syntheseartikel in Frage und behaupten, dass sich das Feld nun mehr vor allem auf die Wasserresistenz, der Nutzung sowie der ökotoxikologischen Bewertung fokussiert. Die Diskrepanz zwischen diesem Ergebnis und dem Ergebnis der vorliegenden Literaturanalyse, ist auf die hier gewählten Suchparameter zurückzuführen. Nichtsdestotrotz zeigt die Analyse, dass es notwendig ist, auch die Anwendung dieser Folien sowie ihre Auswirkungen über die Erträge hinaus zu untersuchen. Außerdem weist diese anzunehmende Anfangsphase darauf hin, dass es Forschung zu einem neuen Umgang mit herkömmlichen Folien bedarf, parallel zur Weiterentwicklung der Alternativen. Synthesen von Brandes et al. (2020), Science Advice for Policy by European Academies (SAPEA) (2020), Pereira et al. (2021) sowie Liu et al. (2022) zeigen auch diese Notwendigkeit, da sie alle Folien aus Bioplastik nicht als "Allheilmittel" ansehen und auf Notwendigkeit von Forschung zu den Effekten der Folienalternativen hinweisen.

3.1.3.3 Wirtschaftliche Wirkungen: Markt für Spargel und Marktgenerierung

Spargel ist eine global wichtige Gemüsekultur, die in den vergangenen Jahren stabil gewachsen ist (AMI 2021), bei der einige Branchenanalysten aktuell von einer weiterhin steigenden Nachfrage und Dynamik berichten (Deshmukh 2022). Während das Hauptproduktionsland China Bleichspargel für die Verarbeitung anbaut, sind Peru und Mexiko wichtige Exportländer für Frischware nach Nordamerika. Peru spielt außerhalb der Saison auch eine Rolle für den deutschen Markt (AMI 2021). Experten in den Interviews diskutierten pro und contra der Umweltwirkungen und Marktwirkungen dieser Importe für den deutschen Markt. Einerseits fällt die Wirkung der CO₂ Emissionen durch den Transport von frischem grünem peruanischem Spargel in der Lebenszyklusanalyse deutlich ins Gewicht (Vazquez-Rowe et al. 2016). Da diese Herkünfte jedoch nicht gleichzeitig in der Saison mit der deutschen Ware auf den Markt gebracht werden, werden von den Analysten europäische Produktionsländer als strategisch wichtiger für die Entwicklung des Anteils der heimischen Spargelproduktion auf dem Markt betrachtet. Die systematische Literaturrecherche im vorhergehenden Kapitel zeigte, dass die Wirkungen von Agrarfolien bisher nicht integriert, sondern in einzelnen disziplinären Wissensbereichen thematisiert und untersucht wird. Lebenszyklusanalysen für Obst und Gemüse schließen nur selten die Nutzung von Agrarfolien explizit ein (z. B. Martin-Gorriz et al. 2020). Sie werden dort jedoch nur in Bezug auf ihre o.g. Wirkung der Reduktion der Evaporation von Wasser aus dem Boden als Beitrag für einen wassersparenden Anbau einbezogen. Die größten Umweltbeeinträchtigungen im Obst- und Gemüsebau verursachen die Verwendung synthetischer Dünger bei deren Herstellung und deren Applikation, zudem den Treibhausgasstoß bei Kulturpflegearbeiten (Martin-Gorriz 2020). Auf solche Fragen wurde jedoch in den Interviews nicht eingegangen und auch nicht darauf, wie groß die unerwünschten Wirkungen des Agrarfolieneinsatzes im

Vergleich zu anderen unerwünschten Umweltwirkungen des Spargel- und Gemüseanbaus eingeschätzt werden könnten.

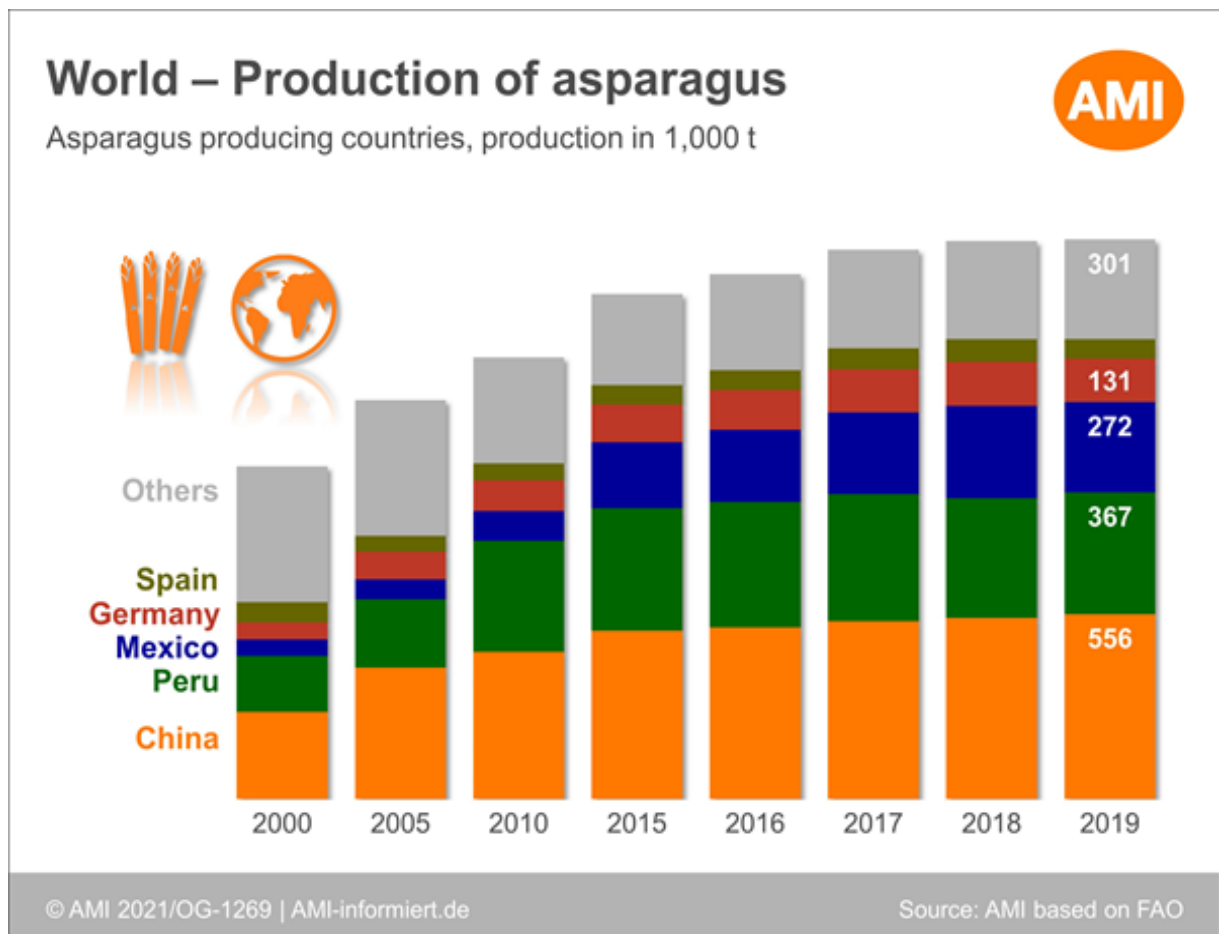


Abbildung 10. Globale Spargelproduktion (Quelle: AMI 2022a)

Während in Deutschland Bleichspargel seit Beginn der Entwicklung der Spargelkultur den größten Anteil hat und nahezu komplett für den inländischen Frischmarkt produziert wird, entwickelt sich in den vergangenen Jahren die Nachfrage nach grünem Spargel, die in Deutschland jedoch zumeist aus Importen bedient wird, da deutsche Erzeuger auf diese Entwicklung bisher zögerlich reagiert haben (AMI 2022b). In Übersee und in anderen europäischen Ländern wird Spargel grün gegessen; es gibt auch lila und rosé farbene Spargelsorten und Initiativen zur Diversifizierung des Spargelsortiments³⁰. In den Experteninterviews wurde deutlich, dass Bleichspargel in Deutschland eine sehr starke geteilte Qualitäts-Konvention ist („Spargel muss weiß sein“) für das Funktionieren des deutschen Frischspargelmarktes und die Expertinnen und Experten skeptisch sind in Bezug auf Möglichkeiten der Sortimentsdiversifizierung des heimischen Sortiments. Eine Diversifizierung von Spargelprodukten würde zudem auch das gesellschaftliche Akzeptanzproblem der Foliennutzung nicht lösen, da Grünspargel unter Minitunneln und/ oder teilweise mit (biologisch abbaubaren)

³⁰ <https://www.artecibo.com/the-pink-asparagus-of-mezzago>, <https://www.foodhunter.de/wilder-spargel-wildspargel-waldspargel/>

Mulchfolien angebaut wird, u. a. auch zum Schutz vor Schadinsekten. Es wurde in einigen Interviews angemerkt, dass sich für einen folienlosen Grünspargelanbau wiederum Fragen der Unkrautregulierung und Erntemechanisierung ergeben würden.

Der Selbstversorgungsgrad bei Gemüse liegt seit 2002 zwischen 33 und 39%, aktuell bei 37% (Statista 2021). Bei Spargel lag der Selbstversorgungsgrad 1998 bei 49% und in 2019/20 bei 79,8% und wird für 2022 mit ca. 85% angegeben (BMEL 2021 unter Statista 2021, AMI in Ziegler 2019, AMI 2022b)³¹. Dies ist auf die zunehmende Verfrühung mit Dreifachabdeckung zurückzuführen, so dass der Anteil an importiertem Spargel aus Spanien und Griechenland im zeitigen Frühjahr zurückgegangen ist. In den Interviews und auch im Validierungsworkshop wurde betont, dass die Entwicklung des Spargelmarktes in den letzten 20-25 Jahren von einem Importmarkt (hauptsächlich aus Griechenland) zu einem Selbstversorgermarkt allein durch den Einsatz von Folien möglich war. Infolge des früheren Saisonbeginns steht den Einkäufern des Lebensmitteleinzelhandels der in Spanien, Italien und Griechenland produzierte Spargel bereits im zeitigen Frühjahr als Alternative zur Verfügung, was einen gewissen Preisdruck auf den deutschen Spargelmarkt auswirkt. Etwas später steht der unter vergleichbaren klimatischen Bedingungen produzierte polnische Spargel zur Verfügung und erlangt auf dem ostdeutschen Spargelmarkt Relevanz.

Spargel ist die Gemüsekultur, die in Deutschland die größte Fläche einnimmt. In nachfolgender Tabelle 7 sind aus der Gemüsebauerhebung 2020 wichtige Kulturen aufgeführt, die typischerweise unter Verwendung von Agrarfolien angebaut werden. Nur im Spargelanbau werden die Folien während der Kulturdauer gewendet. Diese Zahlen lassen jedoch NICHT auf den tatsächlichen Umfang der Flächen unter Agrarfolien schließen, denn diese Zahlen werden nicht erhoben, so dass in der Tabelle beispielsweise auch Erdbeerflächen, die mit Stroh gemulcht werden enthalten sein können. Im Vergleich zu anderen Kulturen hat Spargel einen geringen Ertrag pro ha, während Einlegegurken, die auch unter Verwendung von Agrarfolien angebaut werden, den höchsten Ertrag pro ha aufweisen, gefolgt von Weißkohl mit 749,6 dt/ ha. Experten sprachen in den Interviews daher die als gering einzustufende Effizienz der Kultur im Vergleich zum Aufwand für das Produktionsverfahren und Gehalt an Inhaltsstoffen pro Gewichtseinheit an.

Im Jahr 2015 umfasste die Fläche von Ertragsanlagen 20.600 ha und zusätzlich 5.100 h Junganlagen (Stroh et al. 2016). Während 2018 23.408 ha Spargelflächen in der Ertragsphase waren, hat sich die Fläche 2022 auf nunmehr 21.400 ha im Ertrag reduziert (destatis 2022). Im Jahr 2020, aus dem die letzte bundesweite Gemüsebauerhebung vorliegt, hatten 1.558 Betriebe Flächen im Ertrag und 805 Betriebe hatten Junganlagen (destatis 2020). Im Jahr 2020 wirtschafteten 154 Betriebe komplett ökologisch auf einer Fläche von 1 449,3 ha und ernteten 6723,2 t Spargel.

Die nachfolgende Tabelle stellt aus der Gemüsebauerhebung (destatis 2020) diejenigen erfassten Kulturen dar, auf die auch die interviewten Experten und Expertinnen hinwiesen, weil sie in der Regel unter Verwendung von Agrarfolien produziert werden. Dazu gehören Mulchfolien (Erdbeeren im Freiland, Zucchini, Einlegegurken, Speisekürbis), aber auch der geschützte Anbau eben dieser Kulturen in Folientunneln oder auch Gewächshäusern.

Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass vom Anbauumfang NICHT auf den Umfang der Flächen, auch denen Agrarfolien genutzt werden, geschlossen werden kann. Auch sind Kulturen, die in ver-

³¹ Zum Vergleich: Den höchsten Selbstversorgungsgrad weist Rot- und Weißkohl mit 110% auf, den geringsten Tomaten mit 3.9%. (BMEL/BLE Statistik in Statista 2021)

schiedenen Die Expertinnen und Experten konnten keine genauen Zahlen nennen und schätzten den Anteil von Foliennutzung im Spargelanbau auf 90-95%.

Tabelle 7. Gesamtanbaufläche von Gemüse und Erdbeeren in Deutschland und Umfang wichtiger Kulturen, die u. a. unter Verwendung von Agrarfolien produziert werden (Quelle: destatis 2020)

| | Betriebe | Fläche (ha) | Ertrag (dt/ha) | Ertrag (t) |
|---|----------|-------------|----------------|------------|
| Gesamt Gemüseanbau und Erdbeeren | 6.880 | 142.656,4 | x | x |
| Gesamt Gemüseanbau insgesamt (ohne E.) | 6.100 | 126.506,9 | x | x |
| Gesamt Gemüseanbau Freiland | 5.892 | 125.243,4 | x | x |
| Gesamt Gemüseanbau geschützter Anbau | 1.653 | 1.263,5 | x | x |
| Spargel Ertragsanlage | 1.558 | 22.408,5 | 52,5 | 117.562,8 |
| Spargel Junganlage | 805 | 3.471,8 | x | x |
| Spargel ökologisch | 154 | 1.449,3 | x | 6.723,2 |
| Erdbeeren gesamt | 1.952 | 16.149,5 | x | 152.176,9 |
| Erdbeeren gesamt Freiland | 1.861 | 14.480,4 | 107,1 | 120.040,9 |
| Erdbeeren gesamt geschützter Anbau | 589 | 1.669,1 | 193 | 32.135,9 |
| ökol. Erdbeeren Ertragsanlage Freiland | 278 | 269,0 | x | 1.819,1 |
| ökol. Erdbeeren Junganlage Freiland | 124 | 81,1 | x | x |
| ökol. Erdbeeren geschützter Anbau | 45 | 96,8 | x | 1.499,0 |
| Gurken (Einlegegurken) | 289 | 1.759 | 848 | 149.084 |
| Zucchini | 1.244 | 1.235 | 377 | 46.534 |
| Speisekürbis (Hokkaido u. a.) | 2.043 | 4.673 | 186 | 86.885 |

Die Wirtschaftlichkeit des Spargelanbaus wird stark beeinflusst von der Planung und Umsetzung von Neuanlagen, der passenden Sortenwahl für den betrieblichen Standort, der Junganlagenpflege, der Mitarbeiterführung und Organisation der betrieblichen Abläufe, der Düngung und Bewässerung nach der Ernte u. a. (Ziegler 2020).

Wichtige Produktionskosten in der Spargelproduktion sind Lohnkosten, allein Ernte und Aufbereitung machen fast 50 % der Gesamtkosten aus (Schreiner et al. 2007). Bereits vor der Einführung des Mindestlohns sind diese in den vergangenen Jahren kontinuierlich deutlich gestiegen (Ziegler 2020), die Einführung des Mindestlohns 2015 hat nicht nur Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit handarbeitsintensiver Kulturen, sondern hat auch auf die Arbeitsorganisation und Gestaltung von Entlohnungssystemen sowie den Dokumentationsaufwand Einfluss gehabt (Garming 2016). Die steigenden Lohnkosten sind ein Treiber von Bestrebungen zur Mechanisierung im Spargelanbau (Schulte et al. 2016). Jedoch ist die Entwicklung von vollautomatischen Erntemaschinen für einen hoch spezialisierten Markt, an der sich auch deutsche Produzenten beteiligen, mit einem hohen unternehmerischen Risiko verbunden³². Die Betriebsleiter und Berater sprachen davon bereits vor der Ukraine-Krise geführten Interviews als Herausforderung, da auf dem konzentrierten Lebensmittelmarkt ein starker Preisdruck herrscht. Dies hat sich 2022 durch die ausbleibende Nachfrage der Verbraucherinnen und Verbraucher verschärft, die für Spargelmärkte in vielen europäischen Ländern beobachtet wurde und auch die binneneuropäischen Spargelhandelsströme beeinflusst hat (freshplaza 2022)³³. Für die Betriebe in ganz Europa sind die Einnahmen aus dem zeitigen Frühjahr 2022 ökonomisch wichtig gewesen (ebenda) - und dieser hängt in Deutschland stark vom Folieneinsatz ab.

Bei der Einführung von heute verbreiteten Minitunneln ermittelten Schulte et al. (2016) aus Daten von sieben untersuchten Spargelbetrieben in Niedersachsen, dass mit Schwarz/Weiß-Folie im Durchschnitt 7% der jährlichen Erntemenge im April, 65% im Mai und 27% im Juni entfallen. Mit einer zusätzlichen Bedeckung mit Minitunneln entfallen 51% der Ernte auf den April, und 48% auf den Mai (Schulte et al. 2016). Aus diesen Untersuchungen wurden Empfehlungen für die Verteilung des Anteils von zweifach und einfach bedeckten Flächen abgeleitet, so dass Betriebe über die gesamte Spargelsaison lieferfähig sind. Dabei ist es nicht erst seit den vergangenen sehr warmen Frühsommern teilweise schwierig, bei hohen Temperaturen eine hohe Qualität zu gewährleisten, da es bei höheren Temperaturen zunächst zu Qualitätsverlusten (höherer Anteil offene Köpfe und hohle Stangen) und einer Temperatur über 44°C dazu kommt, dass die Proteine des Spargelkopfes irreversibel denaturieren (Schulte et al. 2016).

Die Foliensysteme (z. B. M-Minitunnel) und Mechanisierungshilfen (z. B. Folienheber statt Einhandkarre) im Spargelanbau entwickeln sich weiter, und damit verändert sich auch die ökonomische Bewertung. Die Investitionskosten für Mechanisierung amortisieren sich jedoch nur in Abhängigkeit von der Kulturführung der Anlage und wie viele Spargelstangen welcher Sortierung über einen langen Zeitraum geerntet und vermarktet werden können. Die Rentabilität des Folieneinsatzes ist von Jahr zu Jahr verschieden, da der Markt (Mengennachfrage und zu erzielender Preis) sich je nach Witterung und anderen Faktoren in der Lieferkette unterschiedlich entwickelt und die Spargelanlagen der Betriebe sich in unterschiedlichen Alters- und Folienkombinationen befinden (Schulte et al. 2016).

³² <https://www.freshplaza.de/article/9428260/treibende-kraft-hinter-spargelroboter-meldet-insolvenz-an/>

³³ Auch in Großbritannien sind Mindestlohnregelungen in Kraft getreten (freshplaza 2022) und die EU hat sich auf Regelungen zu einem einheitlichen Vorgehen verständigt, dessen Ausgang, nationale Implementierung in den Mitgliedsstaaten und Wirkungen jedoch abzuwarten bleiben (EU 2022). Die Regelungen für Lohnkosten innerhalb der Europäischen Union sind seit Jahren Thema bei der Diskussion um faire Wettbewerbs- und Arbeitsbedingungen, die im Rahmen dieser Studie jedoch nicht vertieft werden können.

Für Spargelbetriebe gibt es zusätzlich zu spezialisierten Kammerberatern regional, deutschlandweit und international tätige Spezialberater. In internationalen Netzwerken sind einzelne große Spargelbetriebe involviert.

Für eine allgemeine Deckungsbeitragsrechnung werden von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung die erzielten Preise der Erzeugerorganisationen herangezogen, obwohl die großen Betriebe teilweise direkt an den Lebensmitteleinzelhandel liefern und die Erzeugerorganisationspreise durch die Preispolitik des Lebensmitteleinzelhandels unter Preisdruck stehen.

Ergebnisse ökonomischer Bewertungen auf einer allgemeinen Ebene sind daher immer nur Näherungswerte zum Beschreiben grundlegender produktionsökonomischer Effekte der Spargelproduktion mit Folien.

In der rein ökonomisch ausgerichteten und regional auf Niedersachsen Studie von Schulte et al. (2016) werden von den Betrieben produktionsökonomische Effekte der Foliennutzung, arbeitsorganisatorische Gründe und Ertrags- bzw. Qualitätsperspektive im Hinblick auf den Marktzugang als Gründe für den Einsatz von Folien genannt. Demgegenüber werden in den Interviews dieser Studie weitreichendere erwünschte Wirkungen benannt. Vertreter außerhalb des Spargelanbaus schreiben den Betrieben hauptsächlich ökonomische Gründe bzw. Motivationen zu.

Wie das Jahr 2022 zeigt, spielen die Verbraucherinnen und Verbraucher bei der ökonomischen Bewertung des Spargelanbaus eine wichtige Rolle. Nach etwa der Hälfte der Spargelzeit tritt üblicherweise eine gewisse Sättigung ein, die zu einem Nachfrage- und Preisrückgang führt (Schulte et al. 2016). Jedoch wird im Mai, wo auch die Preise sinken, auch die Hauptmenge an Spargel gekauft (Koch 2020). Die durchschnittlichen Preise im März und April sind im Durchschnitt ähnlich und nur ein kleiner Mengenanteil Spargel wird bereits im März gekauft (Koch 2020). Die in den vergangenen Jahren in Deutschland langsam steigende Nachfrage nach Grünspargel durch jüngere Verbraucherinnen und Verbraucher wird bisher hauptsächlich durch importierte Angebote im Lebensmitteleinzelhandel gedeckt.

Im Jahr 2022 wurden 113.100 t vermarktet, was 10% weniger als im Durchschnitt der letzten zehn Jahre war (AMI 2022a). Die Betriebe hatten die Spargelfläche um 4% verringert und waren allgemein mit einer geringeren Verbrauchernachfrage konfrontiert, insbesondere aufgrund der durch die Ukraine Krise noch weiter als schon absehbar gestiegenen Verbraucherpreise. Jedoch blieb die Nachfrage trotz Preissenkungen gering. In den Interviews, die vor den Auswirkungen der Ukraine Krise geführt wurden, berichteten Experten und Betriebsleiter, dass sie bereits in den letzten Jahren eine abnehmende Nachfrage wahrnahmen und insgesamt mit einem Ende des jahrelangen Wachstums der Spargelnachfrage und einer Konsolidierungsphase rechneten (siehe auch AMI 2021). Dies steht etwas im Gegensatz zu den internationalen Markteinschätzungen zu Nachfrageentwicklung bei Spargel, die eine steigende Nachfrage in den USA sehen, allerdings nach ökologischem grünem Spargel mit daraus folgenden Produktionserweiterungen in Peru und Mexiko (z. B. Marketdataforecast 2022). In den Interviews wurde jedoch von einigen Beratern geäußert, dass eigentlich nur die intensive Produktion wie in den Niederlanden ökonomisch sei und sie keine Anzeichen für eine ökologisch ausgerichtete Nachfrage ausmachen könnten. Da die Akteure mit einer begrenzten Mehrpreisbereitschaft rechnen, erscheint ihnen die Reduktion des Handarbeitsauf-

wandes durch maschinelle automatisierte Lösungen ein angemessener Pfad, an dessen Entwicklung sich auch Betriebe aus Deutschland finanziell beteiligt haben, der jedoch risikobehaftet ist³⁴. Diese Konsolidierungsphase der Nachfrage trifft auf Herausforderungen durch steigende Betriebsmittelpreise und zusätzlich auf die Corona-Pandemie mit einer Verschärfung der sich auch zuvor schon abzeichnenden Herausforderungen für die Verfügbarkeit von Saisonarbeitskräften. Zudem waren 2022 die Auswirkungen des Ukraine-Krieges mit seinen zusätzlichen Wirkungen auf die niedrige Verbrauchernachfrage nach Ostern 2022 deutlich (AMI 2022a). Auch in Frankreich fehlte 2022 trotz einer vorherigen Reduktion der Produktionsflächen die Nachfrage, wobei exportorientierte Anbauregionen stärker betroffen waren als Regionen mit Direktvermarktung durch kleinere Produzenten, wobei die Entwicklung auch von Importen aus anderen europäischen Ländern verstärkt wurde (freshplaza 2022). Auch in Italien und Belgien fehlte die Nachfrage nach Spargel (freshplaza 2022) und die Betriebe beendeten die Ernte wie in Deutschland früher. Auch wenn der Validierungsworkshop bereits nach Beginn der Ukraine-Krise stattfand, wurden mögliche Wirkungen auf Energie-, Dünger- und Folienkosten nicht thematisiert.

Spargel wird in Deutschland über verschiedene Vertriebskanäle vermarktet und ist mit 20% Anteil Direktvermarktung vom Hof und rund 15 % auf dem Wochenmarkt eine Besonderheit im Gemüsemarkt, denn bei anderem Gemüse werden 50% im Discounter gekauft, bei Spargel nur ein Viertel (dpa 2016). Der Anteil der Direktvermarktung variiert zwischen den Regionen. In Nordrhein-Westfalen werden laut Interview sogar 50-70% direkt an den Verbraucher verkauft. Trotz Preisdruck im Lebensmitteleinzelhandel ist der Absatz in Discountern wichtig für den Abverkauf von Überangebot, das durch die starke Ausweitung der Fläche und abflachende Verbrauchernachfrage entsteht. Eine aktuelle repräsentative Umfrage sieht den Anteil des im Supermarkt gekauften Spargels jedoch bei 42%, wobei 68% noch auf den Stand, auf den Wochenmarkt oder direkt am Feld entfielen - dies kann auch das allgemein veränderte Nachfrageverhalten im Jahr 2022 widerspiegeln (yougov 2022).

Die Betriebe bedienen in der Regel mehrere Vermarktungswege: ab Hof, über Stände, auf dem Wochenmarkt, an Weiterverkäufer, (eigene) Gastronomie, Erzeugerorganisationen oder direkt an Lager von Supermärkten und Discountern oder von selbständigen geführte Filialen. Lampert (2016) berücksichtigt Emissionen in den Distributionsprozessen als auch auf Verbraucherseite und bewertet den Verkaufsstand als klimafreundlichsten Vermarktungsweg für Spargel im Vergleich zum Ab-Hof-Verkauf und den mehrgliedrigen Wertschöpfungsketten des Lebensmitteleinzelhandels. Dennoch wurde in den Interviews und auch im Validierungsworkshop ein strategisches Spannungsfeld deutlich zwischen dem einstigen Luxusprodukt und dem Bestreben Spargel aus internationalen Wettbewerbsgründen als reguläres Gemüse auch im Discounter zu platzieren - und damit den beklagten Wirkungen des Wettbewerbs zwischen den Handelsunternehmen ausgesetzt zu sein. Hier besteht zudem ein Spannungsfeld, da Experten berichteten, dass die Kommunikation des Folienthemas in der Direktvermarktung möglich ist, jedoch nicht im Lebensmitteleinzelhandel. Während das Folienthema in mehreren Interviews als Kommunikationsherausforderung genannt wurde, wurde auch auf gemeinschaftliche Bemühungen hingewiesen (z. B. Grünes Medienhaus 2019).

Der Spargelmarkt selber wurde und wird durch Kommunikation generiert: 3% des von deutschen Verbrauchern gekauften Gemüses entfällt auf Spargel und 8% der Ausgaben für Gemüse entfallen

³⁴ <https://www.freshplaza.de/article/9428260/treibende-kraft-hinter-spargelroboter-meldet-insolvenz-an/>

darauf (Koch 2020). Er ist ein sprachbildlich aufgeladenes Frühlingsymbol, das von den Betrieben, der Gastronomie, dem Tourismus, der Regionalentwicklung, von Spargelregionen und -kommunen in verschiedenen Erlebnisformaten kommuniziert und in Wert gesetzt wird (Marschall 2016). Zu gemeinsam organisierten und finanzierten Kommunikation gehören Spargelköniginnen und auch Events mit Politikern und Prominenten (ebenda, z. B.³⁵). Auch die Markt- und Preisentwicklung wird wie bei kaum einem anderen Produkt nicht nur in Fachmedien, sondern in Publikumsmedien kommuniziert. In den Interviews beschrieben einige Expertinnen und Experten den ‘Hype’ als ein spezifisch deutsches und in gewisser Weise schwer erklärbares und beeinflussbares Phänomen, jedoch schien etwas offen zu bleiben, wer den ‘Hype’ eigentlich generiert.

Bei einer Umfrage von youGov im Auftrag der dpa gaben 32% der Befragten an, dass Spargel ein Hype sei, der zu viel Beachtung zukommt, während 47% die Beachtung des Spargels angemessen finden (Tholl 2022). Insgesamt liegt die Präferenz für Spargel bei Älteren, und sie bevorzugen auch eher Bleichspargel, während jüngere Spargelkonsumentinnen und -konsumenten zunehmend grünen Spargel bevorzugen (yougov 2022).

Die Interviews zum Spargelmarkt bestätigen die Ergebnisse der Literatur- und Internetrecherche und weisen auf ein dadurch stark geteiltes mentales Modell über den Markt und seine Funktionsweisen hin. Auffällig war, dass der aus Marktberichten und nicht peer-reviewten ökonomischen Studien entstehende Eindruck eines präzise quantitativ beschreibbaren und damit steuerbaren Marktes durch variierende Angaben (z. B. zum Marktvolumen) in den Interviews den Eindruck verstärkte, dass der Markt in sich doch in gewisser Weise heterogen ist durch verschiedene Perspektiven und daher wenig zusätzlicher Erkenntniswert auf einer allgemeingültigen quantitativen Ebene entstand, sondern die Einsicht in die Diversität trotz eines stark geteilten mentalen Modells im Sinn eines gemeinsamen allgemeinen Verständnisses des Spargelmarktes interessant war. Der Eindruck der Verallgemeinerbarkeit ist sicherlich auch dadurch bedingt, dass die Wirkungen des Handelswettbewerbs allgemein auf den gesamten Markt wirken. Gleichzeitig war auffällig, dass der kommunikative Anteil der Branche an der Marktgenerierung nicht als Ressource thematisiert wurde. Auch die sich in den Marktberichten der AMI abzeichnende Differenzierung der Verbrauchernachfrage findet sich in den Zuschreibungen über ‘den Verbraucher’ als vorwiegend lediglich preisbewusst nicht wieder. ‘Der Verbraucher’ wird in Bezug auf unerwünschte Wirkungen der Lebensmittelproduktion als zu unkritisch beschrieben, so dass in der Summe kein Handlungsdruck für eine nachhaltigere Ausrichtung der Spargel- und Lebensmittelproduktion insgesamt entstehe.

Insgesamt entstand über die Interviews hinweg der Eindruck, dass eine produktionsökonomische Sichtweise die Sichtweise der Akteure der Spargelbranche prägt und das Bild eines Spezialbereichs in einer Situation einer ‘landwirtschaftlichen oder technologischen Treitmühle’ (Hansen 2019) mit einem gewissen Handlungsspielraum durch die Gestaltung des Anbauverfahrens und der Vermarktungs- und Kommunikationswege gezeichnet wird.

Während in diesem Abschnitt die Internet- und Literaturrecherche zu ökonomischen Wirkungen im Vordergrund stand und selektiv auf kontrastierende und bestätigende Interview- und Workshop-

³⁵https://www.graben-neudorf.de/unsere-gemeinde/aktuelles/aktuelles-aus-der-gemein-de?tx_hwnnews_hwnnews%5Baction%5D=show&tx_hwnnews_hwnnews%5Bcontroller%5D=Newsartikel&tx_hwnnews_hwnnews%5BcurrentPage%5D=4&tx_hwnnews_hwnnews%5Bnewsartikellid%5D=1400&cHash=94853d0eea2ba4a7af01d0c5ff8a6cec, <https://www.donaukurier.de/archiv/auge-und-der-spargelpapst-4076350>

gebnisse hingewiesen wurde, sind im Folgenden Kapitel die Interviewergebnisse Ausgangspunkt der Situationsbeschreibung mit dem Fokus auf die Nutzung und Wirkung von Agrarfolien.

3.1.3.4 Situationsbeschreibung der Nutzung von Agrarfolien im Spargelanbau und weiteren Kulturen

Im folgenden Kapitel werden schwerpunktmäßig die Interviewergebnisse wiedergegeben und dort, wo in Bezug auf die thematisierten Wirkungen angemessen, wird anhand von Dokumenten und Literatur ergänzt. Bei der Wiedergabe von Ergebnissen des Validierungsworkshops ist zu berücksichtigen, dass trotz breiter Einladung und Teilnahmezusagen die naturschutzfachliche Perspektive unterrepräsentiert war. Die Ergebnisse des Validierungsworkshops bringen daher die Sichtweisen der Akteure über Wertschöpfungskette Agrarfolien mit verschiedenen Produktionsregionen und Wertschöpfungskettenstufen der Spargelproduktion zusammen.

3.1.3.4.1 Betriebsstrukturen und Entwicklung

Seit einigen Jahren vollzieht der Spargelanbau in Deutschland einen strukturellen Wandel. Während die Anbauflächen über einige Jahre kontinuierlich bis zu einer Verdopplung der Gesamtanbaufläche zugenommen haben, sinkt die Anzahl der Betriebe seit 2018 stetig und auch die mit Spargel genutzte Fläche ist rückläufig. Der Rückgang der Gesamtfläche ist darauf zurückzuführen, dass viele kleine Betriebe aus wirtschaftlichen Gründen den Spargelanbau aufgeben und von größeren Betrieben gekauft wurden. Die Anzahl der Betriebe ging von 1853 (2016) auf 1574 (2021) zurück (Statistisches Bundesamt 2022b). Beraterinnen und Berater sowie Spargelproduzenten argumentieren, dass insbesondere die Erhöhung des Mindestlohns und der logistische Aufwand bei der Unterbringung und des Managements der Saisonarbeitskräfte eine große Herausforderung für kleinere Spargelbetriebe darstellen. Auch die Vermarktungswege wirken sich auf die Wirtschaftlichkeit der Betriebsgrößen aus, denn es bedarf einer bestimmten Quantität angelieferter Ware, um zuverlässig den Großhandel beliefern zu können. Deutschlandweit lassen sich starke Unterschiede in den Größen der Betriebe feststellen. Während es in Ostdeutschland, insbesondere in Brandenburg, eher wenige Betriebe mit großen Flächen gibt, befinden sich in Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen, NRW und Rheinland-Pfalz eher kleinere Spargelbetriebe mit Flächen zwischen 20 und maximal 100 Hektar. Mit 301 Betrieben befinden sich durch starkes Wachstum in den letzten Jahren die meisten Spargelhöfe in Bayern, gefolgt von Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Niedersachsen (Statistisches Bundesamt 2022a). Mit gut 25.000 Tonnen in 2021 stammt die höchste Erntemenge allerdings aus Niedersachsen, Brandenburg produziert mit 21.500 Tonnen am zweitmeisten Spargel (Statistisches Bundesamt 2022c).

Laut einem Vertreter aus dem Bereich der technischen Forschung brauchen die Betriebe aus arbeitswirtschaftlichen Gründen im Maschinenhandling eine Mindestgröße von 10 Hektar mit einer ausreichenden Reihenlänge. Pro Hektar werden etwa 1-2 Arbeitskräfte benötigt.

Aufgrund des intensiven Einsatzes von Saisonarbeitskräften und zur Risikostreuung haben viele Betriebe weitere Produktionszweige wie beispielsweise Erdbeer- oder Heidelbeerkulturen, Kürbisanbau und Gänsemast. Damit sind die Betriebe nicht nur innerhalb der Spargelsaison lieferfähig, sondern können im Jahresverlauf verschiedene saisonale Produkte anbieten, und in ihrer eigenen Gastronomie kommunikativ nutzen und somit die betriebliche Infrastruktur besser nutzen.

Viele Spargelbetriebe mit dieser Strategie bewirtschaften weitere Kulturen unter Mulchfolie (Erdbeeren). Diese Kombination besonderer regionaler Produkte spiegelt sich auch in der Verbandsstruktur und den brancheneigenen Fachmedien wider (z. B. Verbände der Spargel- und Beerenanbauer, Spargel und Erdbeer Profi etc.). Sowohl bei Erdbeeren wie auch bei Heidelbeeren zeigt sich eine ähnliche Entwicklung wie beim Spargel: über den Lebensmitteleinzelhandel vermarktete Ware steht stark im Handelspreis-Wettbewerb, während die Direktvermarktung relativ stabil ist, auch in der Saison 2022.

Nicht alle Spargelbetriebe sind jedoch über die Spargelkultur hinaus mit dem Anbau weiterer Sonderkulturen befasst. Laut Expertenaussagen bauen auch eher klassisch landwirtschaftlich strukturierte Betriebe Spargel an.

Aus diesen Aussagen zu den Betriebsstrukturen lässt sich ableiten, dass trotz allgemeingültiger Aussagen zum Spargelanbau die einzelbetriebliche Betroffenheit vom Agrarfolienthema unterschiedlich ist und das Risiko aus dieser Thematik vor allem Betriebe mit vielen Kulturen unter Nutzung von Agrarfolien trifft.

3.1.3.4.2 Anbauverfahren

Da es sich bei der Spargelproduktion um einen etablierten und ausdifferenzierten Pfad eines Produktionssystems handelt, muss dieses zunächst in seiner Tiefe verstanden und beschrieben werden, um geeignete Ansatzpunkte für den Umgang mit der Plastikthematik zu identifizieren.

Während der Ursprung des Spargels in Vorderasien vermutet wird, führen die ersten Nachweise (ca. zweites Jahrhundert v.Chr.) über den Anbau und den Verzehr von Spargel im europäischen Raum nach Griechenland und ins römische Reich. In Griechenland galt der Spargel lange als Heilpflanze und wurde gegen Krankheiten wie Gicht, Rheuma und Magenleiden verwendet. Als sich die Kultur des Spargels in nördlicheren Regionen verbreitete wurde zunehmend mehr weißer Bleichspargel angebaut. Im 16ten und 17ten Jahrhundert galt der weiße Spargel als „Königsgemüse“ und der Anbau nahm bis zum 19ten Jahrhundert stetig zu. Wegen seiner geringen Kalorienzahl wurde der Anbau während des zweiten Weltkriegs in Deutschland deutlich reduziert, erfuhr danach aufgrund von Fortschritten in der Züchtung und dem Pflanzenschutz wieder einen Aufschwung (Oeljeschläger 2007). Weltweit wird Spargel zwischen dem 50° und 60° Breitengrad angebaut. Es gibt über 100 verschiedene Arten, allerdings stammen alle Sorten des modernen Spargels von der Art *Asparagus officinalis* ab (Laber & Lattauschke 2020). Der Spross der einkeimblättrigen Staude besteht zu 93% aus Wasser und enthält ansonsten Kohlenhydrate, Proteine und die Vitamine A, B1, B2, C und E. Das enthaltene Asparagin wirkt harntreibend, reinigt das Blut und regt den Stoffwechsel an (Oeljeschläger 2007). Verglichen zu anderen Lebensmitteln ist ihr Nährwert allerdings vergleichsweise gering (17 kcal in 100 Gramm weißem Spargel). Grünspargel hat mit 18 kcal einen minimal höheren Kaloriengehalt, welcher dennoch verglichen mit anderen Gemüsesorten sehr gering ist (z. B. Brokkoli: 26 kcal, Steckrübe 36 kcal, Kartoffeln 73 kcal) (AOK erleben 2019).

In mehreren Interviews wurde auch aus der Branche angemerkt, dass der Aufwand der Spargelproduktion dem energetischen und ernährungsphysiologischen Nutzen des Gemüses im Vergleich zu anderen Gemüsearten nicht günstig gegenübersteht und er als „Luxusprodukt“ angesehen werden kann. Wie in Kapitel 3.1.2 und 3.1.3.3 aufgezeigt wurde, entsteht beispielsweise durch die Herstellung von Agrarfolien und durch die im Verhältnis zu anderen Gemüsekulturen häufigen Ernte-

und Kulturmanagementmaßnahmen ein hoher Energieaufwand. Trotzdem wird - auch international - mit der Bedeutung der wertgebenden Inhaltsstoffe argumentiert. In China gibt es aufgrund der bei der Verarbeitung anfallenden Abfälle Überlegungen zur Gewinnung weiterer Inhaltsstoffe (Guo et al. 2020). Den berichteten Gesundheitswirkungen steht jedoch laut Pegiou et al. (2019) vergleichsweise wenig wissenschaftliches Wissen über die physiologischen Wirkungen nach dem Essen von Spargel gegenüber. Durch die übliche Zubereitung gehen Inhaltsstoffe verloren (Gonnella et al. 2018) und die Spargelzüchtung hat Eigenschaften wie Aroma und Geschmack als Selektionskriterium bisher weitgehend ignoriert (Pegiou et al. 2019). Dies ist vermutlich kein spezifisches Phänomen für Spargel, denn es wird immer wieder diskutiert, dass Obst und Gemüse zunehmend weniger sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, und vor allem Mineralien und Vitamine enthalten. Dies belegen Langzeitdaten für Großbritannien (Mayer et al. 2022). In den Interviews wird angemerkt, dass alte Sorten einen intensiveren Geschmack haben. Auch gibt es Initiativen zum Erhalt dieser alten Spargelsorten³⁶. Laut einem Vertreter der öffentlichen Beratung und einer Betriebsleitung spielt die Auswahl der Sorten im Spargelanbau im Gegensatz zu anderen Kulturen eine vergleichsweise geringe Rolle.

In der Regel werden männliche Hybridpflanzen verwendet, welche in Bezug auf Ertragseigenschaften für grünen und weißen Spargel gezüchtet und an den Anbau mit Agrarfolien angepasst sind (siehe auch Pegiou et al. 2019). Die männlichen Pflanzen bringen höhere Erträge und treiben bereits früher aus (Oeljeschläger 2007). Züchtungsziele sind hoher Flächenertrag, Zeitpunkt des Ertragsbeginns, gleichmäßige Tagesmengen, Stangendurchmesser, Toleranz gegen Krankheiten, Standfestigkeit, Lebensdauer und Eignung für Nachbau. Erwünschte Stangenmerkmale sind geschlossene Köpfe mit enganliegenden Seitenschuppen, geringe Faserbildung, Durchmesser von 20-28 mm und typischer Spargelgeschmack (Laber & Lattauschke 2020). Da der Spargel eine langjährige Kultur ist, ist die Züchtung ein sehr langwieriger Prozess, aus welchem wenig Innovationskraft entspringt, sowohl im Hinblick auf Produktdiversifikation (grüner, violetter, rosé Spargel) als auch im Hinblick auf Eignung für andere Anbausysteme. Eine Beraterin aus dem Biobereich berichtet, dass sich nur noch wenige Züchtungs- und sowie ökologische Jungpflanzenbetriebe in Deutschland befinden. Daher stammen viele Züchtungen aus den Niederlanden. Im Grünspargel wird zwischen Sorten mit und ohne Anthocyanfarbstoff unterschieden (Laber & Lattauschke 2020).

In der folgenden **Abbildung 11**. Produktionsverfahren Spargel, eigene Darstellung auf Basis nach Ziegler 2020, S. 522 und angepasst basierend auf Ergebnissen Validierungsworkshop am 13.06.2022 ist ein Jahreszyklus des Spargelproduktionsablaufs schematisch dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die gängigen Anbauverfahren je nach Region und Betriebsgröße variieren.

Durch den Fokus dieser Studie auf den Agrarfolieneinsatz zeigt die Abbildung insbesondere auf, wann Folien nach der Herstellung in den Betrieb gelangen und wann sie ihn verlassen und vertieft weitere Kulturmaßnahmen weniger. Die Abbildung wurde auf Basis von Ziegler (2020) und den Interviews erstellt und im Validierungsworkshop mit Expertinnen und Experten diskutiert und angepasst. Während im Diskurs die auf den Feldern liegenden Folien thematisiert werden, zeigt diese Abbildung die davor und danach stattfindenden Prozesse der Herstellung und der Entsorgung. Ihr

³⁶ https://www.slowfood.de/was-wir-tun/projekte-aktionen-und-kampagnen/arche-des-geschmacks/die_arche_passagiere/bleichspargel-huchels-leistungsauslese

Verständnis ist Voraussetzung für die Identifikation von Ansatzpunkten zur Verbesserung der Situation. Die Darstellung soll helfen, die Zusammenhänge zwischen Herstellung, Nutzung und Entsorgung und die damit verbundenen Wirkungen darzustellen sowie potentielle Kreislaufösungen erkennbar zu machen. Ein tatsächlicher Kreislauf im Sinn des Recyclings der Folien findet erst in Anfängen statt. Im Validierungsworkshop wurde dieser grafisch angedeutete Kreislauf jedoch als wünschenswerte Zukunft kommentiert.

Zur Bodenvorbereitung wird je nach Bodenbedarf und pH-Wert teilflächenspezifisch gedüngt. Eine Vorkultur mit Gründüngung zur Bodenstrukturstabilisierung, die Zugabe von organischem Material, eine Tiefenlockerung nach Kalkung, Humus- und Nährstoffgaben (z. B. Champost, MC Kompost) gehören beispielsweise dazu. Zur Reduktion von Nachbauproblemen wird auch mit der Zugabe von Tonmineralen, Senfmehl, Holzkohle und nützlichen Mikroorganismen experimentiert (Lange 2022, Ziegler 2020). Die bei Vermehrungsbetrieben erworbenen Spargeljungpflanzen (Kronenpflanzen) werden anschließend ab Mitte März mit einer 1- bis 3-reihigen Pflanzmaschine in Einzelreihen oder Doppelreihen mit etwa zwei Meter Reihenabstand in den Boden gesetzt (Laber & Lattauschke 2020). Nach 2-3 Wochen stoßen die ersten Triebe an die Oberfläche. In neuen Anlagen wird im ersten Jahr nicht geerntet, im zweiten Jahr werden die Anlagen etwa für zehn Tage pro Saison beerntet und im dritten Jahr ist die Anlage im vollen Ertrag. Im Expertenworkshop zu Projektbeginn wurde berichtet, dass in Junganlagen Mulchfolie verwendet wird, später in den Interviews und im Validierungsworkshop wurde dies nicht thematisiert.

Insbesondere auf schweren und lehmigen Böden werden bereits im Oktober und November Winterdämme gezogen und diese mit der wendbaren Schwarz/Weiß-Folie bedeckt. Dazu wird das Spargellaub gehäckselt und mit in den Boden eingearbeitet. Diese Praktik führt dazu, dass die Felder für vier bis sechs Monate länger mit Folie bedeckt sind, als bei Betrieben, welche die Folie im Frühjahr aufziehen. Im Falle von sandigen und leichten Böden werden lediglich kleinere Herbstdämme gezogen. Neben den Bodeneigenschaften spielen auch organisatorische Gründe eine Rolle dabei, die Folie bereits im Herbst aufzuziehen (Verfügbarkeit Saisonarbeitskräfte, Vermeidung der Unsicherheit zur Bodenbegehbarkeit bei nassem Frühjahr). Die Angaben über die Verbreitung der Folienabdeckung über den Winter variiert in den Interviews stark und konnte auch im Validierungsworkshop nicht eindeutig ermittelt werden.

| Januar | Februar/März | März/April | Mai/ Juni | Juli/August | August/September | Oktober/November |
|-------------------|--|--|---|--|---|--|
| Winterruhe | Verfrühungsfelder: Dämme ziehen, schwarze und transparente Folie legen (ggf. mit 2- oder 3-fach Folie) | Verspätungsfelder: Dämme der Verspätungsfelder ziehen, restliche Schwarz/Weiß-Folie legen, Verfrühungsfelder: erste Ernte ab Mitte März | Verfrühungsfelder: Ernteende von stark verfrühten Anlagen (ca. 50%) im Mai, während Ernte Laufgassen lockern (durchgrubbern), Dämme nachglätten Verspätungsfelder: mit weißer Folie Temperatur regulieren Ernteschluss 24.6. Folien abziehen und prüfen Zustand, im Feld oder Betrieb lagern Düngung und Bewässerung E Juni | Abdämmen, Unkraut- und Spargelfliegenbekämpfung, Austriebsberegnung, Planung Folien Roden alter Anlagen | Pflanzenschutz abschließen, keine Bewässerung mehr, Kauf Folien im Handel | Kraut nach Vergilben häckseln, fräsen und ggf. flache Herbstdämme aufhäufeln, Verfrühungsfelder: auf schweren Böden bereits hoch fräsen, stechfertig Formen und Dammfolie legen |

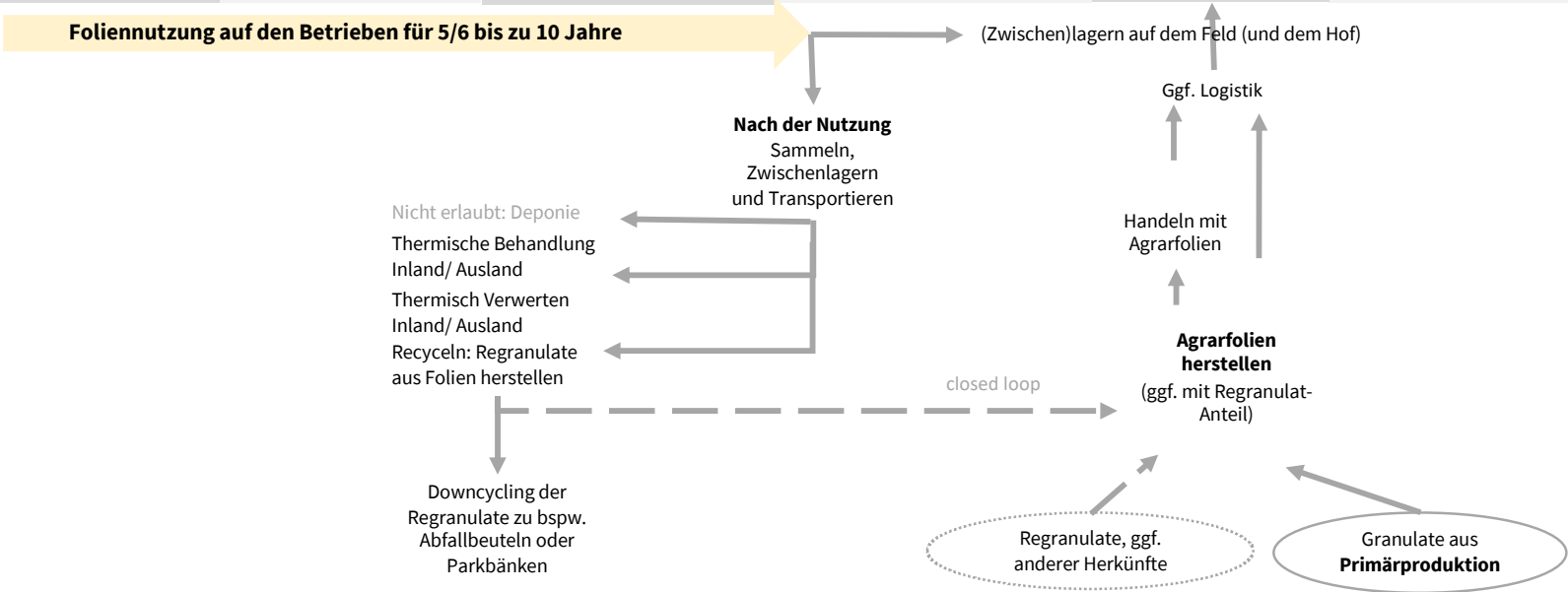


Abbildung 11. Produktionsverfahren Spargel, eigene Darstellung auf Basis nach Ziegler 2020, S. 522 und angepasst basierend auf Ergebnissen Validierungsworkshop am 13.06.2022

Im Februar und März, vor dem Beginn der Erntesaison, werden die Spargeldämme gezogen und Verfrühungsfelder mit Folien und ggf. Minitunneln bedeckt. Minitunnel werden insbesondere von großen Betrieben verwendet und bedecken nach Expertenschätzungen insgesamt ca. 20-30% der Anbaufläche der jeweiligen Betriebe. In der Regel werden in einem Spargelbetrieb sowohl frühe als auch späte Sorten angebaut, deren Ernte sich im Mai für ein paar Wochen überlappt. Die verfrühten Flächen sind wirtschaftlich besonders wichtig, da zu Saisonbeginn höhere Preise erzielt werden können (in der Abbildung 'Verfrühungsfelder' und 'Verspätungsfelder' bezeichnet). Teilweise wird zur weiteren Verfrühung auch noch eine dritte Folienabdeckung über mehrere Reihen verwendet, wobei dieser Trend in drei Interviews als rückläufig beschrieben wurde und im Validierungsworkshop die Dreifachbedeckung



Abbildung 12. Saisonarbeitskräfte bei der Bleichspargelernte ohne mechanische Erntehilfe

Foto 1. Manuel Geisser, imago images , Abruf 28.07.2022

auch als verzichtbar genannt wurde. Diese doppelt und dreifach mit Folie bedeckten Flächen machen zusammen maximal die Hälfte der gesamten Anbaufläche aus, so Teilnehmende des Validierungsworkshops. Im März und April werden schließlich die Dämme der verspäteten Felder gezogen und mit Folien bedeckt. Die erste Ernte der verfrühten Felder erfolgt ab Mitte März.

Anfangs wird alle ein bis drei Tage geerntet, später regelmäßig und täglich (Laber & Lattauschke 2020).

Meist wird eine Erntemaschine von zwei Saisonarbeitskräften für Intervalle von je vier Stunden bedient. Dabei ist der Einsatz der Saisonarbeitskräfte, die Ernteleistung, der Einsatz der Maschinen und das Marktgeschehen eng verzahnt. Die Ernteleistung liegt bei Saisonbeginn bei etwa 4-8 kg und später bei 10-20 kg Spargel pro Arbeitskraftstunde. Ohne Erntehilfe sind diese Leistungen deutlich niedriger (Laber & Lattauschke 2020). Im Mai werden bereits die Folien der verfrühten Felder abgezogen und im Juni, spätestens zum 24. Juni, wird die Ernte beendet und alle restlichen Folien abgezogen. Dieser Termin ist überregional einheitlich und wird eingehalten, damit die Spargelpflanzen für die nächste Saison genug Reservekohlenhydrate im Rhizom einlagern können. Der Erntevorgang wird durch den Einsatz der Folien deutlich erleichtert und bringt einen sehr großen arbeitswirtschaftlichen Vorteil, da der Spargel aus dem Damm herauswachsen kann, ohne sich dabei zu verfärben. Sobald die Spargelsprossen den Damm durchbrechen und ohne Folie ans Tageslicht gelangen, werden Anthocyane gebildet, welche zu einer Violett/Rosa-Färbung der Köpfe und Stangen führt. Nach den bestehenden Qualitätskonventionen bedeutet dies einen Verlust an äußerer Produktqualität und bedeutet Vermarktungsnachteile (Abnahmesicherheit und zu erzielender Preis). Die anschließende Bildung von Chlorophyll färbt die Stangen grün.

Die Verwendung des Minitunnels steigert außerdem die Erträge und führt zu einem gleichmäßigeren und beständigeren Spargelwachstum, weshalb regelmäßig und vorausschauender geerntet werden kann. Betriebe, welche ohne Folie Bleichspargel produzieren, ernten aus diesem Grund häufig zweimal täglich. Die Folien werden nach Abschluss der Ernteperiode mechanisch aufgewi-

ckelt und am Feldrand oder am Hof für die nächste Verwendung in der kommenden Saison gelagert.

In der Regel werden die Schwarz/Weiß-Folien für eine komplette Anbauperiode der Spargelpflanzen verwendet (ca. 7-10 Jahre). Dies wurde im Validierungsworkshop bestätigt. Ein Berater wies darauf hin, dass ab dem 5. bzw. 6. Nutzungsjahr die Folien jedoch auf Schäden überprüft und ggf.



Abbildung 13. Lagerung maschinell geborgener Spargelfolien am Feldrand

Foto 2. Eigenes Foto

durch neue ersetzt werden müssen. Auf dem Feld erfolgen nach dem Bergen der Folien Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen zur Bekämpfung von Unkraut, Pilzkrankheiten und der Spargelfliege.

Die Aussagen über die Einsparung von Pflanzenschutzmittel durch die Foliennutzung unterschieden sich in den Interviews stark und reichten über das Einsparungspotential von etwa 30% (mehrheitlich genannt) bis zur Aussage, dass im Anbau mit Folie gleich viel Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden wie im Anbau ohne Folie. Zu diesem Thema herrscht dringender Forschungsbedarf (siehe auch Kapitel 3.1.3.2). Nach Aussagen aus einem vertiefenden Expertengespräch aus der angewandten Spargelforschung wird konkret hauptsächlich der Einsatz von Herbiziden während der Zeit der Bedeckung reduziert. Nach Abnahme der Folienbedeckung werden sowohl im folienlosen Anbau als auch im Anbau mit Folie die gleichen Herbizidmaßnahmen oder mechanische

Unkrautbekämpfung durchgeführt. Im Spargelkraut werden Insektizide eingesetzt (z. B. zu Bekämpfung von Spargelhähnchen und Blattläusen). Die Folien können bei bestimmten Schaderregern die Entwicklungsphasen stören und so den Schädlingsdruck reduzieren, z. B. bei Saatenfliegen (siehe auch Autorenkollektiv LWK NRW, LWK Niedersachsen 2017). Eine Beraterin im Bereich Pflanzenschutz berichtet, dass das gewachsene Spargelkraut nach dem Vergilben gehäckselt, gefräst und in die Winter- bzw. Herstdämme eingearbeitet wird. Häufig vorkommende Pilzkrankheiten wie Rost und *Stemphylium* können im Spargellaub überwintern, weshalb eine komplette Zersetzung der Biomasse wichtig ist.

Übermäßiger Unkrautwuchs hat einen negativen Effekt auf den Wasserhaushalt, Ertrag und die Beerntbarkeit der Spargelanlagen, sowohl bei Bleichspargel als auch bei Grünspargel. Aufgrund des großen Reihenabstands und der Befahrbarkeit der Zwischenreihen bietet auch die mechanische Unkrautbekämpfung eine geeignete Methode, um mit Hacke, Grubber, Striegel, Scheibenegge oder Fräse das Unkraut zu verschütten. Bei mehrjähriger Durchführung kann dadurch der Einsatz von Herbiziden reduziert oder komplett darauf verzichtet werden (Autorenkollektiv LWK NRW, LWK Niedersachsen 2017).

Ob, wieviel und durch welche Bewässerungsart die Anlagen bewässert werden ist regional sehr unterschiedlich. In der Regel werden hauptsächlich die Junganlagen mit Überkronenbewässerung (Großregner, Rohrberegnung) oder Tropfbewässerung bewässert (Laber & Lattauschke 2020). Jedoch gibt es auch Tropfschlauchsysteme, die bei der Pflanzung im Damm etwas unterhalb rechts

und links neben dem Rhizom platziert werden und über die gesamte Anlagenszeit im Boden verbleiben.

In den Wintermonaten werden bei Bedarf neue Folien eingekauft. Nach einer Anbauperiode von 7-10 Jahren tritt eine sogenannte Erntedepression ein – die Spargelpflanzen treiben weniger Triebe und diese sind weniger stark. Die Anlagen werden daher gerodet. Ein direkter Nachbau wird nicht empfohlen, wird jedoch teilweise aus Mangel an geeigneten Tauschflächen durchgeführt.

Nach der Ernte wird der Spargel innerhalb von 1,5-2 Stunden in kaltes Wasser getaucht, um Verfärbungen und Faserbildung zu vermeiden. Anschließend werden die Spargelstangen gewaschen und sortiert. Bleichspargel der Klasse I muss einen Mindestdurchmesser von 10 mm und eine Höchstlänge von 22 cm besitzen, darf nur leichte Verfärbungen aufweisen und die Köpfe müssen fest geschlossen sein (UN 2017). Im Anschluss an die Sortierung wird der Spargel bis zum weiteren Transport gekühlt (0,5-1 °C) und unter Sprühnebelbefeuchtung gelagert (Laber & Lattauschke 2020).

3.1.3.5 Folieneinsatz

Aus Aussagen aus 11 Interviews ergibt sich, dass heute im Bleichspargel ca. 95-99% aller Betriebe Agrarfolie verwenden. Bei den größeren Betrieben werden ca. 30-50% der Anbauflächen zusätzlich zur Schwarz/Weiß-Folie mit Minitunneln (Thermo Extrabreit) überdeckt, während kleinere Betriebe nur ca. 20-30% der Flächen doppelt überdecken. Ca. 5% der Betriebe verwenden als eine Dreifachbedeckung eine Flachfolie, welche mehrere Reihen überdeckt. Eine weitere, weniger gängige Strategie, um die Ernteperiode des Spargels zu verfrühen und zu verlängern, ist die Beheizung der Spargelfelder mit von warmem Wasser durchströmten Kunststoffrohren, welche in die Felder eingegraben werden. Dabei wird meist die in nahe gelegenen Heizkraftwerken oder Biogasanlagen generierte Abwärme genutzt. Die wärmende Wirkung der Spargelfolie im Frühling wird jedoch durch die Nutzung von Abwärme nicht ersetzt. Denn auch bei Abwärmenutzung für die Ernteverfrüherung werden Folien genutzt - es handelt sich daher nicht um eine Strategie, die Einfluss auf die Foliennutzung hat, weshalb hierauf in dieser Studie nicht genauer eingegangen wird. Auch der Anbau im Gewächshaus wird durchgeführt; allerdings werden auch hier Folien genutzt, weshalb dieser Variation des Produktionsverfahrens auch keine zusätzliche Vertiefung gewidmet wird. Zudem sind diese Sonderformen nicht zentraler Gegenstand der Diskussion um Agrarfolien.

Die Schwarz/Weiß-Folie kann je nach Bedarf gewendet werden und erlaubt so eine Temperatursteuerung in den Dämmen. Während die schwarze Seite wegen ihrer absorbierenden Wirkung die Temperatur im Damm erhöht und so zum Verfrühungseffekt beiträgt, reflektiert die weiße Seite Sonnenstrahlen und kann so zu einer Kühlung und Verspätung der Anlagen beitragen. Grüner Spargel wird meistens unter Verwendung eines Minitunnels angebaut. Zusätzlich oder allein können laut Teilnehmenden des Validierungsworkshops hierfür auch biologisch abbaubare Mulchfolien eingesetzt werden; jedoch zeigte die Marktanalyse, dass in Deutschland noch wenig Grünspar gel angebaut wird. Die Minitunnelfolien sind für etwa 3-5 Jahre nutzbar, da sie dann „erblinden“, also von der Sonne geschädigt und lichtundurchlässig sind. Im Spargelbereich können durch den Einsatz von Folien die Erträge um bis zu 30% gesteigert werden und eine kontinuierliche Ernte über einen längeren Zeitraum gewährleistet werden. Außerdem schützen die Folien die Dämme vor Frost im Frühjahr, Winderosion und führen dazu, dass die Oberfläche der Dämme nach Niederschlägen nicht aushärtet. Des Weiteren sinkt der Bedarf an Bewässerung, da die Folien die Evapo-

ration verringern und das von den Folien abgeronnene Wasser in den Zwischengassen in den Boden infiltriert und direkt zu den Wurzeln gelangt. Allerdings mangelt es an dieser Stelle an Forschungsarbeiten, die diese Effekte detailliert belegen und quantifizieren und sie stehen Einschätzungen von einem Berater gegenüber, der betont, dass dies neben der Imagepflege zusätzliche Wirkungen haben müsste, damit die Übernahme sich lohne. Demgegenüber wird sich in anderen Bereichen der Landwirtschaft immer intensiver mit Zwischenreihenbegrünung beschäftigt. Während des Validierungsworkshops wurde wiederholt betont, dass eben diese Wirkungen der Agrarfolien die Nutzung dieser "unabdingbar" mache und den heutigen deutschen Markt erst ermögliche. Außerdem würden diese Wirkungen den deutschen Markt gegenüber Märkten, welche aufgrund milderer Klimas früher ernten können, wettbewerbsfähig machen. So trage die Folienbedeckung dazu bei, den sowieso angespannten Wettbewerb auf dem deutschen Markt zu entzerren.

3.1.3.5.1 Wirkungen auf das Landschaftsbild

Die Sichtbarkeit der Spargel- und Mulchfolien spielt eine Rolle für die gesellschaftliche Akzeptanz. Spargelberater, Verbandsvertreter und auch Umweltverbände berichten, dass aufgrund der hohen Verbreitung der Foliennutzung in der Spargelproduktion dies zu einer erheblichen Beeinträchtigung des Landschaftsbilds führt. Demgegenüber wurde in den Interviews darauf hingewiesen, dass wegen des sich wandelnden Klimas und dadurch neu auftretender Schädlinge sowie aus ökonomischen Gründen auch in anderen Bereichen zunehmend mehr Agrarfolien und Kulturschutznetze eingesetzt werden.



Abbildung 14. Spargelfläche mit Schwarz/Weiß-Folie und M-Minitunnel in Siedlungsnähe
Foto 3. Land&Forst, 2021, <https://www.landundforst.de/landwirtschaft/pflanze/spargelanbau-frueher-spargel-besonders-beliebt-564598>

Die Foliensflächen fallen Anwohnenden besonders in der Nähe von Wohngebieten und Spazierstrecken auf. Auch Folienteile auf Stromleitungen hat es bereits gegeben. Außerdem wird bei windigem Wetter durch die Minitunnel ein flatterndes Geräusch erzeugt.

3.1.3.5.2 Wirkungen von Einträgen aus Folien

In diesem Abschnitt wird zunächst auf Additive eingegangen und danach Einträge von Plastikpartikeln.

Im Bereich der Spargelfolien werden verschiedene Additive eingesetzt, um die Folieneigenschaften zu verbessern (Bertling et al. 2021). Diese Additive können mit der Zeit ausgewaschen werden, indem sie aus dem Polymer migrieren, da sie niedermolekular und meist nicht chemisch an die Kunststoffe gebunden sind (Bertling et al. 2021). Wang et al. (2013) wiesen auf verschiedene Phthalat-Gehalte in mit Folien gemulchten Gemüsebauböden und den Bedarf eines besseren Verständnisses der Heterogenität der Vorkommen hin. Laut Prüfbericht des TÜV Süd liegen die Werte für Weichmacher (insbesondere reproduktionstoxische Phthalate) unterhalb der Grenzwerte (für Spielzeug) aus der Richtlinie E 2005/84/ EG. Spezifisch für Agrarfolien gibt es keine festgelegten Grenzwerte (Winkhoff 2011). In den Interviews wurde von Forschenden darauf hingewiesen, dass dieses Thema anspruchsvoll sei, da hier Schwierigkeiten des Nachweises bestünden, da Unklarheit über Zwischen- und Endprodukte herrsche. Auch in der Literatur wurde auf Schwierigkeiten der Verfügbarkeit von Informationen zu den durch die Hersteller zugefügten Additiven aufmerksam gemacht, die die Entwicklung von Nachweismethoden erschwert. Als Reaktion auf Kritik am Landschaftsbild mit Folien haben Betriebe grün und braun beschichtete Folien bei den Herstellern angefragt, die jedoch zusätzliche Additive in die Folien gebracht haben.

Abgesehen von der Migration von Inhaltsstoffen aus den Folien stellt aber auch der Eintrag von Makro (>25 mm) -, Mikro (>5 mm) - und Nanoplastik (>1 µm) in die landwirtschaftlichen Böden ein hohes Risiko dar. Insbesondere interviewte Personen der Umweltverbände halten dies für besorgniserregend, während Aussagen aus dem Bereich der Folienherstellung, Beratung und der Spargelverbände das Risiko durch den Eintrag von Mikroplastik eher gering einschätzten. Im Validierungsworkshop wurden zu dieser Thematik ebenfalls sehr unterschiedliche Einschätzungen gegeben. Beim Umfang der primären Mikroplastikeinträge auf landwirtschaftlichen Böden und den Auswirkungen der Plastikpartikel auf Bodenfruchtbarkeit, Mikroorganismenaktivität, Grundwasser und das Bodenleben besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. In den Interviews wurde beispielsweise von Gewichtsverlusten der Folien während der Anwendung berichtet, was nicht aufgeklärt werden konnte. Auch wurde gefragt, welche mechanischen Wirkungen auf die auf dem Boden liegenden Schwarz/Weiß-Folien durch Wind entstehen.

Naturschutzverbände berichten, dass größere Folienstücke in und um Spargelanlagen herum gefunden werden können. Sekundäres Mikroplastik (entsteht durch die Zerkleinerung von Makroplastik, wie in diesem Fall die Zerkleinerung von Plastikfolienteilen) wird auf diversen Wegen in die Umwelt eingetragen. Die Folien werden per Hand oder mechanisiert geborgen. Die mechanische Belastung der Folien ist bei Handbergung geringer als bei der mechanischen Verlegung und Bergung. Der Verlust an Haltbarkeit durch maschinelles Folienbergen wird von einem Berater nach Erfahrungen im Versuchsbetrieb auf 10-20% geschätzt. Bei Feldlagerung der Folienpakete am Feldrand kann es zu Mäusefraß kommen (Schulte et al. 2016, S. 95). Die verschiedenen Bergungspraktiken (Schreiner et al. 2007) konnten im Zuge der Interviews nicht systematisch auf Möglichkeiten des Abreißens von Plastikteilen beurteilt werden. Beim Handling können Folien jedoch einreißen, insbesondere nach 5-6 Einsatzjahren laut einem Berater. Sie werden dann mit Neuware ergänzt - so dass auf einem Feld Schwarz/Weiß-Folien unterschiedlichen Alters liegen. Zusätzlich wurden in

den vergangenen Jahren von den Betrieben Folien mit grüner oder brauner Farbbeschichtung nachgefragt, um auf Kritik am Landschaftsbild zu reagieren. Während sich bei diesen Folien einerseits die Frage nach Emissionen von zusätzlichen Additiven stellt (s.o.), wurde auch beobachtet, dass diese Folien 10-20% weniger haltbar waren. Ein weiterer Berater berichtete, dass bei Problemen mit den Folien die Beschwerdemechanismen der Hersteller sehr schwierig seien.

3.1.3.5.3 Vertiefung: Eintragswege von Mikroplastik und deren Auswirkungen

Zu Beginn dieses Abschnitts soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass 19% der Plastikeinträge in landwirtschaftliche Böden (3.635 Tonnen pro Jahr von 19.055 Tonnen pro Jahr) aus der Landwirtschaft stammten, während 81% des eingetragenen Plastiks (15.420 Tonnen pro Jahr) aus Quellen außerhalb der Landwirtschaft herrührten (Bertling et al. 2021). Im Fall von Agrarfolien beträgt den Autoren zufolge der geschätzte Eintrag von Plastik in die Böden etwa 300-3000 Tonnen pro Jahr. Im Vergleich dazu macht Reifenabrieb mit ca. 129.000-158.000 Tonnen pro Jahr den größten Eintragsweg aus (Umweltbundesamt 2021). Vor diesem Grund wiesen interviewte Berater darauf hin, dass der Plastikeintrag stets im Verhältnis auch zu anderen Quellen zu betrachten sei. Diese Verhältnismäßigkeit sehen die Akteure in der Kritik am Folieneinsatz nicht berücksichtigt und fühlen sich überproportional und daher einer unangemessenen Kritik ausgesetzt, die Wissensbereiche der Nahrungsmittelproduktion ausblende. Während des Validierungsworkshops wurde dieser Sachstand immer wieder vorgetragen und angemerkt, dass dies den Verbrauchenden besser kommuniziert werden müsse.

Insgesamt verbraucht die Landwirtschaft in Deutschland ca. 1,1 Millionen Tonnen Kunststoff im Jahr, das entspricht etwa 4,7% des deutschen Gesamtverbrauchs. Die UMSICHT Studie des Fraunhofer Instituts quantifiziert den Eintrag von Plastik durch Spargelfolien auf 3,6 kg pro Hektar und Jahr. Im Vergleich dazu tragen Bodenverbesserer bis zu 407,4 kg pro Hektar und Jahr in den Boden ein, umhüllte Dünger bis zu 47,6 kg pro Hektar und Jahr. Diverse Studien aus China haben den Abrieb von Mikroplastikpartikeln auf Feldern nach der Nutzung von Mulchfolien quantifiziert und konnten diese anhand der Zusammensetzung auf die Mulchfolien zurückführen (Bertling et al. 2021). Über die Auswirkungen der Plastikpartikel in Böden bestehen noch erhebliche Wissenslücken, die in laufenden EU-Projekten geschlossen werden sollen (z. B. Minagris; <https://www.minagris.eu/>, <https://www.soplas.org/>). Das iMulch Projekt zielt darauf ab, den Einfluss von Polymere aus landwirtschaftlich genutzten Mulchfolien auf terrestrische Ökosysteme zu untersuchen (Wolf et al. 2022). Allgemein kann die Akkumulierung von Mikroplastik in Böden zu Veränderungen in der Lagerungsdichte und Bodendurchlüftung führen. Dies kann sowohl zu einer Verringerung als auch Verbesserung des Wasserhaltevermögens führen.

In der Literaturanalyse wurden nur 17 Studien identifiziert, die sich mit den Umwelteinwirkungen von Agrarfolien beschäftigen. Diese geringe Anzahl von Studien, im Vergleich zu Studien zu Effekten von Folien auf Produktionsziele, entspricht der Tendenz in der Gesamtliteratur. So fanden sowohl Brandes et al. (2020) als auch Yates et al. (2021) in ihren Synthesen, dass es immer noch wenig gesicherte Ergebnisse und Messungen sowie Forschung zu den Umwelteinwirkungen von (Mikro)Plastik in terrestrischen Ökosystemen gibt. In den Studien wurde Mikroplastik untersucht, welches aus Agrarfolien stammte. Sechs der Studien waren Feldstudien aus China, fünf Laborstudien und fünf reviews, sowie eine Feldstudie aus Spanien. Die Umwelteinwirkungen von Plastikresten

hängen sowohl von der Zusammensetzung des Plastiks als auch von deren Größe ab (z. B. Qi, Beriot, et al. 2020). Beispielsweise fanden Qi, Beriot, et al. (2020), dass Mikroplastik aus konventionellem Plastik und aus Bioplastik hydrologische und physikalisch-chemische Bodeneigenschaften in unterschiedlicher Art und Weise beeinflussen, was jedoch weiterer Untersuchungen bedarf. Dabei spielt die Größe der Folienreste eine Rolle, die wiederum von der Dicke, der Nutzungsdauer der Folien abhängt, die wiederum je nach Kulturpflanze von Entscheidern gewählt wird. Mikroplastik von Agrarfolien verändert sowohl die physikalischen als auch die biologischen und chemischen Bodenprozesse (z. B. das C/N Verhältnis) und wirkt sich so auf die Pflanze und ihr Wachstum aus (Qi, Ossowicki, et al. 2020). So ergab eine Studie, dass Mikroplastik die Anzahl an Bodenmikroben verringerte, sich aber auf den Plastikteilchen die Anzahl an plastikzersetzenden Mikroben erhöhte (Yu et al. 2021). Außerdem erhöhte Mikroplastik das Wasserabweisungsvermögen (hier die Zeit, die Wassertropfen brauchen, um in den Boden einzudringen) des Bodens, da sie die physischen Parameter des Bodens verändern wie zum Beispiel die Porosität (Qi, Beriot et al. 2020). Studien sahen Mikroplastik von Agrarfolien auch als Vektoren für Pestizide (Zhang et al. 2021). Zwei Laborstudien fanden, dass Mikroplastik aus Bioplastik stärkere negative Einflüsse auf das Pflanzenwachstum hatte als Mikroplastik aus konventionellen Folien (Qi, Ossowicki, et al. 2020; Meng et al. 2021). So stellten Qi, Ossowicki, et al. (2020) fest, dass Bioplastik Mikroplastik die Struktur der Bakteriengemeinschaft veränderte sowie die flüchtigen organischen Verbindungen im Wurzelbereich, was sich wiederum negativ auf das Weizenwachstum auswirkt. Auch Meng et al. (2021) kamen in Laborversuchen zu dem Schluss, dass sich Mikroplastik aus Bioplastik stärker negativ auf das Wachstum von Gartenbohnen auswirkt. In dieser Studie werden auch Veränderungen in Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaft und der die flüchtigen organischen Verbindungen im Wurzelbereich, Stoffwechselprodukte aus dem Abbau des Bioplastiks sowie Wettbewerb mit plastikzersetzenden Bakterien um Nährstoffe als potenzielle Erklärungen angeführt. Synthesen, die zur Validierung der oben beschriebenen Ergebnisse herangezogen wurden, finden auch negative Effekte von (Bio)Mikroplastik auf bestimmte Bodenparameter (Amare & Desta 2021, Rillig et al. 2021), jedoch wenig Absorption von Chemikalien und kein maßgebliches Gesundheitsrisiko (Wolf et al. 2022). Auch der Austrag von Mikroplastik aus Folienresten in das Grundwasser wird als niedrig bewertet (Brandes et al. 2020). Jedoch betonen die meisten Autoren, dass sich die Umwelteinwirkungen nicht abschließend bewerten lassen, da gesicherte Messergebnisse (Brandes et al. 2020) und Langzeit- und Systemstudien (Brandes et al. 2020, Yates et al. 2021) fehlen. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Auswirkungen von Folienresten auf die Pflanzen von Bodenprozessen moduliert werden und von den Eigenschaften des Mikroplastiks abhängig sind. Es ist anzunehmen, dass sich dadurch die heterogenen Auswirkungen ergeben, welche oben beschrieben wurden. Die negativen Auswirkungen von Mikroplastik aus Bioplastik zeigen auf, dass es sich nicht um eine allgemein gültige Lösung handelt und der Einsatz von Agrarfolien aus Bioplastik auch genau betrachtet und sorgfältig reguliert werden sollte (siehe auch Science Advice for Policy by European Academies (SAPEA) (2020).

Fragen zu Plastik in und auf landwirtschaftlichen Böden sind nicht geregelt (Nielsen et al. 2020). Den allgemein wenig beachteten Regelungen zu Problemen von Böden im Zuge massenhafter Kunststoffnutzung (wie Kreislaufwirtschaftsrecht, mediales Umweltrecht) widmen sich Beiträge von Stubenrauch et al. (2020, 2021). Sie stellen fest, dass die Regelungen punktuell und nicht flä-

chendeckend konzipiert sind und daher nicht berücksichtigen, dass es „ökologisch (auch) bei Kunststoffen um ein – ordnungsrechtlich nur schwer lösbares – Mengenproblem“ handelt und verweisen auf ein generell gebotenes Phasing Out aus fossilen Brennstoffen. Die Autoren halten daher Regulierungen für fossile Brennstoffe und damit den Ausgangsstoffen für die Kunststoffproduktion für den wirksamsten Ansatzpunkt. Eine Regulierung von Mikroplastik in den kleinteiligeren Rechtsbereichen würde jedoch keine Wirkung haben im Sinn einer Reduzierung der Plastikproduktion und damit verbundenen CO₂-Emissionen.

Stubenrauch et al. (2020) kommen zu dem Schluss, dass weder das Bodenschutzrecht noch das Düngemittelrecht die Einträge von Mikroplastik wirksam vermeiden können. Denn das Bodenschutzgesetz (BBodSchG) definiert bisher „keine Vorsorge-, Prüf- oder Maßnahmenwerte in Bezug auf die Bodenbelastung mit Plastik“ (Stubenrauch et al. 2020, S. 464). Im EU- und deutschen Düngemittelrecht gibt es kein Verbot der Beimischung synthetischer Polymere zu mineralischen Düngemitteln (ebenda). Für organische Düngemittel (Kompost, Klärschlamm, Gärreste) gibt es keine Grenzwerte für Plastikpartikel bis zu unter 1-2 Millimeter, was im Zuge einer Kreislaufwirtschaft mit verstärktem Einsatz dieser Mittel problematisch ist (ebenda). Voraussetzung für die Kontrolle von solchen spezifischen Regelungen wäre zudem die Entwicklung von rechtssicheren Methoden des Nachweises von Mikro- und Nanoplastikpartikeln sowie von Verfahren, um Plastikpartikel aus Komposten zu entfernen. Auf die Bedeutung der Verbesserung der Situation im Bereich Kompost wurde insbesondere von einer Bodenexpertin nachdrücklich hingewiesen. Vielmehr halten sie den Blick auf die Eintragsquellen für wichtig, um der Mengenproblematik gerecht zu werden. Darunter fallen beispielsweise Überlegungen zur Regulierung zur Verringerung von Lebensmittelverpackungen und zur Reduktion der Belastung von Komposten mit Plastikbestandteilen, wobei jedoch sowohl Informationskampagnen für Haushalte als auch die Unterbindung der Praxis von Herstellern und Handel Produkte mit Verpackung zu entsorgen als voraussetzungsvoll darstellen. Auch über eine Regulierung von Plastikeinträgen über die Wasserrahmenrichtlinie könnte indirekt eine Wirkung der Reduktion der Einträge in Böden möglich sein. Zentrale Fragen, die Stubenrauch et al. (2020) herausarbeiten, sind, wie sich die außerhalb der Landwirtschaft verursachten Mikroplastikeinträge an der Quelle reduzieren und dort sowie in landwirtschaftlichen Böden kontrollieren lassen. Herausforderung für das – trotz seit den 1980er Jahren benannten Umweltwirkungen von Plastik – noch junge Feld in der Regulierung ist das Fehlen eines Monitorings und rechtssicherer Nachweismethoden.

3.1.3.5.4 Wirkungen auf die Bodenökologie

Abgesehen vom Eintrag von Plastikteilen in den Boden ist der Bereich der Wirkungen während der Nutzung durch die Bedeckung des Bodens über eine Periode von vier bis acht Monaten zu thematisieren. Einerseits geht es um die Frage, wie sich die Folienabdeckung auf die Bodenökologie auswirkt. Eine in den Interviews herangezogene Studie aus 2021 des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenanbau (IGZ) in Brandenburg zeigte in einem Feldversuch auf Brandenburger Spargelbetrieben, dass unter mit Folie abgedeckten Dämmen Bodenleben vorhanden ist. Dies wird als Beleg kommuniziert, dass Agrarfolien keinen nachweisbaren negativen Effekt auf das Bodenleben haben. Ressourcenrestriktionen und Anforderungen der Durchführung von Feldstudien in Betrieben haben den Versuchsaufbau jedoch begrenzt (Lange 2022, Kofoet mündliche Mitteilung). Das

Vergraben von DIN zertifizierten Fraßködern in Spargeldämmen in verschiedenen Tiefen auf mehreren Spargelbetrieben mit unterschiedlicher Folienbedeckungskombination und ohne Folie ist eine der wenigen Feldstudien in dem Bereich. In allen Kombinationen wurde Fraßaktivität nachgewiesen und unter schwarzer Folie war die Fraßaktivität höher als unter weißer Folie und ohne Folie. Um gesicherte Aussagen treffen zu können über die Entwicklung des Bodenlebens über die Saison wären jedoch umfangreichere Versuche mit mehr als einer Probennahme am Ende der Saison notwendig, die jedoch einerseits wenig kompatibel mit der Durchführung von Versuchen in den betrieblichen Abläufen während der Spargelernte sind und andererseits methodisch voraussetzungsvoll. Denn wenngleich durch die Folienuflage erhöhte Temperaturen in den Spargeldämmen zur mehr Aktivität durch Kleinstlebewesen führen kann, wurde in den Interviews auch thematisiert, dass es ab Temperaturen ab über 40 Grad zur Denaturierung von Proteinen und damit zu Qualitätsverlusten bei den Spargelstangen kommt und die Temperatursteuerung mit den weißen Folien begrenzt ist und sich in den vergangenen warmen Frühsommern die Betriebe damit auseinandersetzen mussten (siehe auch Ziegler 2020). Aus verschiedenen Positionen heraus wurde darauf hingewiesen, dass in Spargeldämmen unter der Folie bereits deutlich höhere Temperaturen gemessen wurden und es wurde gefragt, ob dies zu irreparablen Schäden bei Mikroorganismen führen könnte. Eine Expertin wies darauf hin, dass 5cm unter der Oberfläche sich die Temperatur im Damm normalisiere. Abschließend konnte die Wirkung sehr hoher Temperaturen vor allem gegen Ende der Saison nicht geklärt werden, da im Spargelanbau die negative Wirkung auf Ertrag und Qualität im Vordergrund steht und nur diesbezüglich Informationen generiert werden. Auch in anderen Disziplinen wird erst begonnen, die langfristige Wirkung der allgemeinen Erhöhung der Lufttemperatur im Zuge des Klimawandels in Bezug auf Bodenprozesse zu verstehen (z. B. Zhang et al. 2016), jedoch können wir nach unserem Kenntnisstand lediglich darauf hinweisen, dass es Hinweise aus der Praxis zu hohen Dammtemperaturen gibt, jedoch keine systematische Messung und Bewertung der Wirkungen starker Erwärmung durch Sonneneinstrahlung auf die Folien.

Von Umweltauswirkungen ist auch die Fauna oberhalb des Bodens betroffen, denn Spargelanlagen sind nicht nur wegen der Folienbedeckung, sondern auch wegen der täglichen Begehung von Flächen in den Wochen der Ernte wenig geeignete Habitate. Einige Betriebe wiesen darauf hin, dass nach der Ernte das Spargelkraut eine wertvolle Bienenweide und Aufenthaltsraum für Wild in der Agrarlandschaft sei. Jedoch ist dies eingeschränkt durch die Kulturmaßnahmen (Unkraut, Pflanzenschutz) und das Aufziehen der Schwarz/Weiß-Folien bereits im Herbst. Ein Betrieb berichtet in einem Artikel, dass 3m Doppelreihen mit breiten zwischenbegrünten Gassen zwischen den Reihen den Habitatwert von Spargelanlagen in begrenztem Rahmen vergrößern können (Weber 2021).

3.1.3.5.5 Vertiefung: Auswirkungen der Agrarfoliennutzung auf Agrarvögel

Gegenstand intensiver Diskussionen und Auseinandersetzungen ist die Auswirkung der Bedeckung von Spargelfeldern mit Folie auf Agrarvögel. Unabhängig vom Spargelanbau durchgeführte ornithologische Gutachten zeigen, dass Vogelbestände (insbesondere von Agrarvögeln) in den letzten Jahren insgesamt deutlich zurückgehen und die biologische Vielfalt dadurch verringert wird (Leopoldina, acatech und Akademieunion 2018). Mangelnde Nistmöglichkeiten für bodenbrütende Vogelarten sowie mangelnde Nahrung durch Kleinsäuger für Raubvögel in der Agrarlandschaft

führen zu einem Rückgang dieser Vogelarten. Besonders gravierend ist dies in Brandenburg, wo 22% der Fläche als europäisches Vogelschutzgebiet deklariert ist und sich einige Spargelflächen in FFH-Gebieten befinden. Vogelkartierungen zeigen, dass bestimmte Arten wie beispielsweise die Haubenlerche und die Feldlerche in Spargelanbaugebieten seltener vorkommen.

Veranlasst durch die Ausbreitung der Spargelflächen auf ca. 2% (356 Hektar von etwa 25.000 Hektar) der SPA-Fläche „Mittlere Havelniederung“ in den letzten 10-12 Jahren, wurde 2013 ein Gutachten zur Erfassung der Brutvögel in Spargelanbaugebieten durchgeführt. In fünf Kartierungsvorgängen in verschiedenen Zeitfenstern wurden flächenbrütende und strukturbrütende Vogelarten erfasst und mit einer Referenzfläche verglichen. Bei allen untersuchten Flächenbrütern (insgesamt 6 untersuchte Arten) konnte keine oder maximal ein Revier auf den Spargelflächen unter Folie gefunden werden, während auf den Referenzflächen (landwirtschaftliche genutzte Fläche mit anderen Kulturen ohne Folie) 2-110 Reviere gefunden wurden. Im Falle der Wachtel, der Schafstelze und der Feldlerche wurden 1-18 Reviere nach der Folierräumung im Juli erfasst. Bei den Flächenbrütern (49 untersuchte Arten) wurden ebenfalls deutlich weniger Reviere auf den Spargelflächen gefunden. Die Gesamtbewertung des Erhaltungszustandes der untersuchten Arten hat ergeben, dass auf den Spargelflächen null von 31 Arten einen sehr guten Erhaltungszustand haben, wohingegen sich 24 Arten in einem schlechten Erhaltungszustand befinden. Auf den Referenzflächen befanden sich vier Arten in gutem Erhaltungszustand und nur elf Arten in einem schlechten Erhaltungszustand (Bewertungsrahmen der Staatlichen Vogelschutzwarte SVSW) (Alsleben & Hellwig 2013). Eine weiterführende ornithologische Untersuchung in der Umgebung von Spargelfeldern im SPA Mittlere Havelniederung aus 2017 untermauert diese Ergebnisse und zeigt einen deutlichen Rückgang der beforschten Vogelarten. 13 von 16 untersuchten Arten zeigen hinsichtlich der Erhaltungsziele eine negative Bilanz. Auch konnte nicht festgestellt werden, dass die Spargelflächen nach Abnahme der Folie Ende Juni von den untersuchten Arten genutzt werden (Alsleben & Hellwig 2017).

Diese spezifischen Befunde zu Spargelflächen mit Foliennutzung lassen sich in die breitere allgemeine Entwicklung der Abnahme des Agrarvogelbestandes in Brandenburg einordnen. Eine andere Untersuchung von 40 Brutvogelarten der Agrarlandschaft zwischen 1996 und 2016 in Brandenburg ergab, dass 18 Arten (46%) jährlich um 3-13,5% zurückgingen. Nur fünf Arten (14%) zeigten eine Bestandszunahme. Dieser Biodiversitätsverlust ist allerdings nicht nur auf die Nutzung von Agrarfolien zurückzuführen, sondern auch auf diverse andere landwirtschaftliche Praktiken (Langgemach et al. 2019). Eine 2011 durchgeführte Studie im südlichen Polen untermauert diese Ergebnisse, indem sie zeigt, dass die Anzahl an Revieren von Agrarvögeln auf mit Folien abgedeckten Mulchfolien zurückgeht (Skórka et al. 2013).

Der Einsatz von Folien im Spargelanbau gilt allerdings als ordnungsgemäße landwirtschaftliche Praxis. Zu dieser Thematik wird auch von Seiten der foliennutzenden Betriebe und Spargelberatern argumentiert, dass andere großflächige Monokulturen wie beispielsweise Mais ebenfalls keine geeignete Grundlage für Bodenbrüter bieten und der Spargelanbau daher nicht überproportional kritisiert werden sollte.

Plastikaufnahme durch Tiere oder Verfangen in Netzen wurde in einem Interview mit einem Naturschutzexperten als bisher nicht relevant bekannt benannt.

Für Bienen bieten die Blüten der ausgetriebenen Spargelpflanzen besonders im Spätsommer und Herbst eine wertvolle Nahrungsquelle. Daher sind Spargelproduzenten Kooperationen mit Imkern

eingegangen - jedoch müssen für die Nutzung einer späten und daher interessanten Bienenweide die Maßnahmen im Pflanzenschutz abgestimmt werden.



Abbildung 15. Ausgetriebenes Spargelkraut nach Ernteende

Foto 4. Titus E. Czernski/chromorange auf picture alliance, Abruf 29.7.2022

Neben dem Beitrag der Spargelpflanze selbst zur Biodiversität in der Agrarlandschaft, wird beim Thema Biodiversität angeführt, wie man ausgleichende Maßnahmen umsetzen könnte. Ein Kooperationsprojekt namens "Pilotprojekt: Naturschutzfördernde Maßnahmen im Spargel und Erdbeeranbau" des NABU Baden-Württemberg und des VSSE (Verband Süddeutscher Spargel- und Erdbeeranbauer) sollte zeigen, wie intensive Produktion mit Naturschutzzielen vereinbar ist. Dazu wurden vier Betriebe ausgewählt, welche mit Beratung des NABU bestimmte Maßnahmen zur Biodiversitätsförderung durchgeführt haben. Annahme war, dass sich Maßnahmen eher schlecht in die Nutzfläche integrieren lassen, sondern die betriebliche Infrastruktur (Feldwege und andere nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen) als biodiversitätsfördernde Struktur entwickelt werden können. Darunter waren beispielsweise das Aufstellen von Nistkästen und Sitzstangen für Greifvögel sowie das Anlegen von Steinhaufen und Blühstreifen. Die Umsetzung der Maßnahmen wurde teilweise finanziell durch den NABU und VSSE gefördert. Die Zusammenarbeit zwischen Ehrenamtlichen der Naturschutzorganisation und den Landwirten ist während des Projekts gut verlaufen, allerdings wurde das Projekt trotzdem nicht fortgeführt. Nur ein teilnehmender Spargelproduzent führt die Maßnahmen fort, der Landkreis stellt Saatgut für Blühmischungen zur Verfügung und für die EU Flächenbeihilfe sind 5% der landwirtschaftlichen Fläche als Vorrangfläche ausgewiesen. Kosten für die Logoverwendung des NABU bzw. Kommunikationsmaterialien allgemein sowie benötigte Zeit und Ressourcen für die Kommunikation und Kooperation vor Ort waren Punkte, die bei zukünftigen Projekten bedacht werden sollten. Eine vorsichtige und vorläufige Interpretation durch das Autorenteam dieses Berichts aus dem Nichtgesagten ist jedoch auch, dass nicht ausgeschlossen werden kann, dass der auf Bundesverbandsebene gehobene Konflikt aus Brandenburg

sich indirekt negativ auf die wahrgenommene Legitimation und Motivation für die Kooperation der an Lösungen vor Ort arbeitenden Akteure ausgewirkt haben könnte.

3.1.3.6 Gesellschaftliche Diskurse und Konfliktperspektive

Im Materialkorporus für die Diskursanalyse wurde gezielt nach dem “Aufhänger” oder einem bestimmten Anlass für die Berichterstattung gesucht. In den Ergebnissen der Mediendiskursanalyse werden bereits die Aufhänger genannt, welche außerhalb der Konfliktthemen liegen, bspw. ein erfolgreicher Saisonauftakt. Häufig genannt werden jedoch auch Parteien, die auf Landes-, städtischer, oder Kreisebene agieren. Mit Abstand am häufigsten werden die Grünen erwähnt, welche sich durch Anfragen und Anträge für verbindliche Regeln für den Einsatz von Folie auf Spargelfeldern einsetzen. Die Freien Wähler Brandenburg möchten hingegen nichts am Folieneinsatz verändern.

Das Konfliktpotenzial wird hier besonders deutlich am Beispiel der Berichterstattung über die Grüne Landtagsfraktion. Eine überregionale Boulevardzeitung berichtete bereits 2015 mit der Schlagzeile: “Spargel-Anbau: Politiker fordert Folien-Verbot” (BILD, 06.05.2015). Der betreffende Politiker in dem Artikel hatte jedoch geäußert, dass höchstens zehn Prozent der Anbauregion unter Folie liegen, und die Folien nach Auffassung der Grünen nicht in Schutzgebieten verwendet werden sollten. Im Brandenburger Landtag hat die Fraktion der Grünen im März 2017 einen Antrag gestellt, in dem sie forderte, die Flächen, auf denen Folien genutzt werden, auf zehn Prozent der Spargelanbauflächen zu begrenzen (top-agrar-online, 29.03.2017). Ähnliche Anträge (Märkische Allgemeine, 05.04.2018) und kleine Anfragen (Potsdamer Neueste Nachrichten, 05.05.2019) an die Landesregierung folgten in den Jahren 2018 und 2019 und waren Anlass für eine Berichterstattung in den Regionalzeitungen. In der Berichterstattung wurde daraufhin mehrfach von einem geforderten Folieneinsatz gesprochen, beispielsweise mit diesen Schlagzeilen: “Ärger für die Grünen wegen Folieneinsatz” (Potsdamer Neueste Nachrichten, 05.04.2017) oder “Grüne wollen Spargelfolien verbieten” (Märkische Allgemeine, 05.04.2018).

In elf Artikeln wurde eine Initiative aus dem Naturschutz als Aufhänger erfasst. Der Verein Grüne Liga und der NABU haben beispielsweise einen Antrag beim Landkreis Potsdam Mittelmark gestellt, um „naturschutzrechtliches Einschreiten gegen das Aufbringen von Folien auf Spargelfeldern“ (Märkische Allgemeine, 05.02.2018) durchzusetzen.

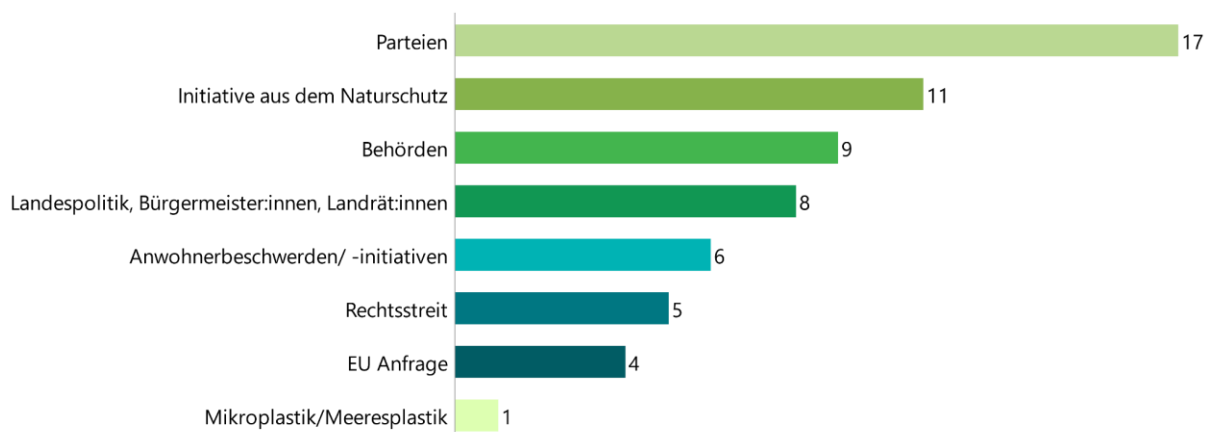


Abbildung 16. Balkendiagramm mit den Aufhängern für Presseartikel, die mit einem der Konfliktthemen zusammenhängen (eigene Darstellung)

In neun Artikeln wurden Behörden wie die Untere Naturschutzbehörde der Brandenburger Stadtverwaltung oder die Abfallbehörde des Landkreises Oberspreewald-Lausitz als Grund für den Artikel herausgestellt. Bürgermeister, Landräte und andere Akteure aus der Landes- und Stadtpolitik konnten in acht Dokumenten als Aufhänger herausgearbeitet werden. In einer Zeitung stand beispielsweise: „Jetzt hat Brandenburgs Agrarminister Jörg Vogelsänger (SPD) klar Stellung bezogen.“ (Märkische Allgemeine, 04.04.2017). Auf Initiative von Anwohnern hin wurden sechs Artikel verfasst. Hier kristallisiert sich vor Allem die Bürgerinitiative „Landschaft ohne Folie“ heraus, welche gegen die Verwendung von Spargelfolien im Havelland eintritt. Andere Aufhänger mit dieser Kodierung waren jedoch beispielsweise auch, dass eine Passantin Agrarfolienmüll am Feldrand entdeckte und die Zeitung informierte. Der erwähnte Rechtsstreit des Betriebs 1 konnte in fünf Artikeln als Aufhänger identifiziert werden. Hier wurden neue Entwicklungen wie ein Krisentreffen unter Landwirtinnen und Landwirten oder eine Ordnungsverfügung der Unteren Naturschutzbehörde zum Anlass genommen, um über die Thematik zu berichten.

Die Thematik wurde in Landesparlamenten³⁷ und auch im Bundestag thematisiert. Sie fand beispielsweise Eingang in den 7-Punkte Maßnahmenplan des Landes Brandenburg für einen besseren Umgang mit Kunststoffen, der Beratung von Landwirten zum Umgang mit den Folien sowie die Regelung der Entsorgung als Maßnahmen nennt³⁸. Die Europäische Union hat sich ebenfalls bereits zum Konfliktgeschehen geäußert³⁹. In vier Dokumenten wurde bspw. darüber berichtet, dass die EU-Kommission nach einer Beschwerde von Anwohnern und Nichtregierungsorganisationen „weitere Informationen vom Land Brandenburg zur Genehmigung des Spargelanbaus unter Folie in geschützten Natura-2000-Gebieten angefordert“ hat (Lausitzer Rundschau, 12.08.2018). In nur einem Artikel konnte die Thematik Mikroplastik/ Meeresplastik als Aufhänger identifiziert werden⁴⁰. Die Durchführung dieses Forschungsprojekts wurde insbesondere dadurch angestoßen, dass es in bestimmten Spargelregionen zu teilweise medialen Diskursen, organisierten Protesten und weiteren Aktionen gegen den Einsatz von Spargelfolie gekommen ist. Ein Beispiel dafür ist die Gründung der Initiative Landschaft ohne Folie e.V.⁴¹, welche sich insbesondere im Raum Mötzow gegen die Nutzung von Agrarfolie engagieren. Um das Spannungsfeld näher zu verstehen, wurden die Akteu-

³⁷ Beispiele: E-Petition: Der Deutsche Bundestag möge beschließen, dass Spargel, der im Plastikfolienanbau gewachsen ist, gekennzeichnet werden muss, so dass der Kunde sieht, unter welchen Bedingungen und mit welcher Umweltverschmutzung der Spargel angebaut wurde. https://epetitionen.bundestag.de/petitionen/_2019/_05/_28/Petition_95540.abschlussbegruendungpdf.pdf, letzter Abruf: 01.08.2022

Nachgang zur Dokumentation „Verwendung und Auswirkungen des Folientunnelanbaus“ (WD 5 - 3000 - 043/20), Wissenschaftlicher Dienst des Bundestages, <https://www.bundestag.de/resource/blob/703062/3b00a68ec6ad9e369c10a5d5498a79e4/WD-5-052-20-pdf-data.pdf>, letzter Abruf: 01.08.2022

Drucksache Nr. 18/15371 vom 09.06.2021, Schriftliche Anfrage SPD, Folieneinsatz beim Anbau von Sonderkulturen in Bayern, https://www1.bayern.landtag.de/www/ElanTextAblage_WP18/Drucksachen/Schriftliche%20Anfragen/18_0015371.pdf, letzter Abruf 01.08.2022

³⁸ <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/umwelt/abfall/aktuelle-themenschwerpunkte/7-punkte-massnahmenplan/#>

³⁹ Der Einsatz eines EU Abgeordneten aus Niedersachsen könnte als Koalitionssuche bei Außenstehenden und damit Teil der Konflikteskalationsstufe interpretiert werden, siehe Kapitel 1.2.3.1

⁴⁰ Die vorliegende Studie hat einen Ansatz entwickelt, um mit der Situation durch einen konfliktensiblen Ansatz angemessen umzugehen (siehe Kapitel 1.2.3).

⁴¹ <http://spargel-in-aller-munde.blogspot.com/>

re in den Interviews auch zu ihrer Perspektive und Wahrnehmung des Konfliktanteils in der aktuellen Situation befragt. Große Einigkeit herrscht in den Aussagen darüber, dass die Diskussionen um die Foliennutzung besonders heftig in den Regionen ausgetragen werden, in denen sich Betriebe mit besonders großen Anbauflächen befinden, die Anbaufläche nahe an Siedlungen oder Straßen liegen und/oder die Flächen in FFH- oder Vogelschutzgebieten liegen. Da sich in Brandenburg sowohl Betriebe mit sehr großen Flächen befinden und sich diese auch teilweise in oder angrenzend zu Schutzgebieten (FFH, Biosphärenreservat) befinden, wurde häufig berichtet, dass der Konflikt insbesondere in dieser Region eskaliert ist. In anderen Regionen wie beispielsweise Bayern (Schrobenhausen), Baden-Württemberg (Region Bodensee) und Rheinland-Pfalz wurde der Einsatz von Folien bisher noch nicht in größerem Maß kritisiert, was vermutlich damit zusammenhängt, dass die Spargelflächen laut Expertenbeschreibungen und Betriebsstatistik dort kleiner und parzellierter vorliegen. Mehrfach beschrieben die Akteure in den Interviews, dass es besonders in Bezug auf die Genehmigungspflicht des Folieneinsatzes in Vogelschutzgebieten klare gesetzliche Regelungen braucht.

Ein verallgemeinerter Ausgangspunkt für die Entwicklung des Konfliktgeschehens kann nach Auswertung der Interviews - mit sehr großer Vorsicht - so dargestellt werden: Ehrenamtliche aus dem Naturschutz und Anwohnende wenden sich mit konkreten Beobachtungen an NGO's, Behörden oder die Presse. Ehrenamtliche aus dem Naturschutz sind jedoch gleichzeitig in verschiedenen Regionen an Pilotprojekten beteiligt und arbeiten mit Betrieben zusammen, z. B. um die Betriebsinfrastruktur als Habitat zu gestalten. Es wurden in den Interviews keine Hinweise auf die Beteiligung von Verbraucherzentralen gefunden, wie von (Hinkes in Heinz 2017) dargestellt.

Dabei werden insbesondere die Wirkungen der Folien auf den Populationsrückgang einiger Arten von Agrarvögeln kritisch thematisiert. Außerdem ergibt sich auch dann großes Konfliktpotential, wenn Betriebe Folie (unaufgewickelt) am Feldrand lagern oder Folienfetzen auf den Feldern oder der umliegenden Landschaft zu finden sind. Dies wirft bei der Bevölkerung kritische Fragen zur Entsorgung und weiteren Nutzung der Folien auf. In den Interviews wurde mehrfach berichtet, dass die Unwissenheit der Bürgerinnen und Bürger über die geregelte Entsorgung, die Mehrfachnutzung der Folien und die positiven Effekte des Folieneinsatzes dazu beitragen, dass die Thematik in regelmäßigen Zyklen immer wieder aufgebracht wird. Auch wären Rückstände von eingepflügten biologisch abbaubaren Folien immer wieder Gegenstand von Kritik und um diese zu vermeiden und offenen Fragen in Bezug auf die Folgen der Abbauprozesse für den Boden, besteht auf Seiten der Landwirte Skepsis. Besonders zu Saisonbeginn erscheinen jährlich diverse Artikel, die über den Auftakt der Spargelzeit berichten, aber auch kritische Fragen in Bezug auf die Spargelfolien aufwerfen. Die Aufmerksamkeit durch die Medien und entsprechende Formulierungen in den Zeitungsartikeln spielen ebenfalls eine entscheidende Rolle für die Wahrnehmung der Situation als Konflikt und wirken häufig eher eskalierend, während sich politisches Eingreifen bemüht, zwischen den Akteuren zu vermitteln. Ein Verbandsvertreter argumentiert außerdem, dass die Foliennutzung aktuell sehr emotional und unverhältnismäßig gravierend diskutiert wird. Eine Expertin beschrieb, dass die Situation zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie etwas ruhiger ist. Im Validierungsworkshop wurde angemerkt, dass eine Kritik, die Wissensbereiche unberücksichtigt lässt, die zur Nutzung von Folie geführt haben, beendet werden sollte.

Wie in den Ausführungen zu Eintragungswegen von Mikroplastik und Verhältnis der Eintragswege beschrieben, werden beispielsweise durch die Nutzung von Kompost oder umhüllte Dünger erheblichere Umweltauswirkungen erzeugt als durch den Einsatz von Spargelfolien, dennoch wird dieses Thema aufgrund der offensichtlichen Sichtbarkeit und dem starken optischen Effekt verhältnismäßig groß diskutiert.

Der direkte Kundenkontakt scheint bei direktvermarktenden Betrieben dabei eine schlichtende Wirkung zu haben, da hier den Verbrauchern die Anbauverfahren und Rolle der Folien näher erklärt werden kann. Außerdem sind einige Betriebe dazu übergegangen, mit Informationstafeln an den Spargelflächen den Nutzen des Folieneinsatzes zu erläutern. Beispiele für kommunikative Versuche, das Image der Foliennutzung zu verbessern, befinden sich beispielsweise im von der Branche initiierten und finanzierten Beitrag "Zehn Jahre genutzt und danach recycelt: Spargelfolien sind besser als ihr Ruf" und in diesem Beitrag auf einer Regionalseite des NABU "Spargelhof Niemann in Wichtenbeck „Tue Gutes und sprich darüber“.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich in den letzten Jahren vornehmlich durch Pressearbeit und z.T. zugeschriebene Positionierungen der Umwelt- und Anbauverbände ein Spannungsfeld aufgebaut und verhärtet hat, welches regional in der konkreten Betroffenheit stark variiert, und das durch die Akteure der Branche überregional verknüpft wird⁴². Jedoch kommt bei großen Teilen der Akteure, die Teil von Strategien zur Lösung des Zielkonfliktes zwischen Landwirtschaft und Naturschutz sein müssten, nur indirekt potenziell aus dem Konflikt resultierende Anlässe zur Verbesserung der Situation an.

In vielen Interviews entstanden Gesprächssituationen, die die Interviewten oft mit 'interessante Frage' kommentierten, was als Zeichen für ein gelungenes Interview gewertet werden kann, bei dem neue oder unbekannte Aspekte angesprochen werden konnten. Das Interesse an *working on conflict*-Angeboten (Weiterbildung, Beratung) war nicht vorhanden, während das Interesse am Workshop zur Validierung der Situationsbeschreibung deutlich höher als erwartet war. Auch dies kann als ein Zeichen für ein dem Untersuchungsgegenstand angemessenen Feldzugang gewertet werden.

In den Interviews selbst war auffällig, dass einige Interviewte versuchten, die Situation als Faktenkonflikt zu handhaben, indem sie sich stark auf die Betonung von aus ihrem Ermessen heraus wichtigen Wirkungen der Folien fokussierten. Diesem Bemühen, die Situation durch möglichst genaues natur- und ingenieurwissenschaftliches sowie produktionsökonomisches Wissen zu klären, versucht die Studie so gut es geht nachzukommen, indem wissenschaftliches Wissen als auch Expertenwissen zusammengetragen wird. Dennoch ist einzuschätzen, dass dies ggf. weniger relevantes neues Wissen für die Bewertung der Situation generiert, sondern der Bericht kann eher durch seinen multiperspektivischen übergreifenden Ansatz für verschiedene Leserinnen und Lesern neue Aspekte und ein begründetes Verständnis für Wissenslücken, noch nicht gestellte Fragen und noch nicht entwickelte Lösungen aufzeigen.

In Bezug auf den Konflikt, belegte auch der durchgeführte Validierungsworkshop, dass bei einigen Akteuren durch die Beobachtungen und teilweise das eigene Erfahren verschiedener Eskalationsstufen von Behördenhandeln bis hin zu Gesichtsverlust durch Medienberichte und Drohstrategien vor Ort, eine emotionale Situation entstanden ist. Für andere Akteure sind die Eskalation und die

⁴² z. B. durch Doppelmitgliedschaften in Verbänden, durch deutschlandweite Expertenarbeitskreise

vorgebrachten Diskussionspunkte eher weniger nachvollziehbar, aufgrund der regional unterschiedlichen Verteilung. Des Weiteren wurde auch deutlich, dass vor allem im Aufeinandertreffen von Akteuren der Konflikt oft auf zwei diametral entgegengesetzte Positionen zugespitzt wird und sich diese Positionen (implizit) gegenseitig zugeschrieben werden (“Es geht nicht ohne Folie” und “Folien müssen verboten werden”), jedoch diese Position von keinem Akteur so 1:1 in den Interviews vertreten wurden, auch wenn diese konfrontative Gegenüberstellung oft als Referenz herangezogen wird.

Die Mediendiskursanalyse kann vielleicht einen Beitrag zu einem Verständnis leisten, wie diese ‘Referenz’ eventuell entstanden sein könnte. Zudem zeigt sie auch, dass ein Anteil des medialen Diskurses konkrete Konflikte wiedergibt, ein anderer Teil entfällt jedoch auch auf den Austausch von Argumenten zwischen den Akteuren. Aufgrund der in diesem Bericht aufgezeigten Komplexität des Feldes der Agrarfoliennutzung und ihrer Wirkungen scheinen Medienartikel weniger geeignet, den Akteuren Informationen bereitzustellen, die ihnen eine angemessene Aktualisierung ihres Wissensstandes erlaubt, das Entstehen überspitzter gegenseitiger Zuschreibungen vermeidet und Problemlösen befördert⁴³.

In der Gesamtschau werden von den Akteuren Argumente beim Austausch aneinandergereiht und ‘gegenübergestellt’, obwohl sie im Licht von **Abbildung 17**. Zusammenfassung der von Expertinnen und Experten genannten (un-)erwünschten wirtschaftlichen und ökologischen Wirkungen der Foliennutzung, die sich hauptsächlich auf die Phase der Foliennutzung beziehen (eigene Darstellung, basierend auf Ziegler 2020, S.522 und Ergebnisse Validierungsworkshop, grauer Stern: Wirkung außerhalb Foliennutzungszeit) an verschiedenen Aspekten des Produktionsprozesses und den gleichzeitig stattfindenden Ökosystemprozessen ansetzen. Es ist jedoch notwendig, beide Prozesse – die der Produktion und die der Ökosysteme - zu verstehen, um Ansätze zur Verbesserung der Situation zu entwickeln. Dies verdeutlicht - gerade auch im Licht der durch die Literaturrecherche aufgedeckten wissenschaftlichen Wissenslücken - dass die Thematik nicht als allgemeingültiger Faktenkonflikt gehandhabt werden kann. Im Validierungsworkshop bestand Konsens darin, dass die Situation weitaus komplexer ist, d.h. eher ein Kontinuum zwischen diesen beiden Polen darstellt. Außerdem zeigte der Workshop, dass es bereits viele, oft auch schon praktikable, Lösungsansätze und Ideen gibt. Diese aber zum einen, aufgrund der rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen noch nicht weitgehend implementiert werden und zum anderen wenig “Platz” im öffentlichen Diskurs über den Folieneinsatz bekommen. Diese diskursive Verengung und Verkürzung des Themas (‘Mit Folie oder gar kein Spargelanbau’) führt zur weiteren Zuspitzung der Wahrnehmung der Situation als Konflikt, auch wenn einige Akteure aus dem Bereich der Produktion sich zum Teil bewusst dagegen oder dafür entschieden haben, sich daran zu beteiligen, wie aus den Interviews hervorging. Letztendlich zeigte der Workshop auch, dass großer Bedarf besteht für eine Plattform, die den konstruktiven Austausch und das Zusammenarbeiten der Beteiligten fördert, neben regulatorischem Wandel, der den Akteuren Entscheidungs- und Handlungssicherheit gibt und die Erforschung und Entwicklung von Alternativen ermöglicht. Zusätzlich wurde deutlich, dass eine Strukturierung der Diskussion hilfreich ist, damit der Austausch von Argumenten hin zu einer thematisch aufeinander bezogenen Diskussion entwickelt und Ermessensfragen ausgetauscht werden können.

⁴³ z. B. ‘die Gegner’, ‘die Kritiker’, ‘die nur am Profit interessierten Betriebe’

3.1.3.7 Zwischenfazit

Durch eine Bedeckung des Bodens mit Agrarfolien verändert sich das Mikroklima für Nutzpflanzen förderlich. Diese produktionsorientierten und erwünschten Wirkungen werden für verschiedene konventionelle und biologisch abbaubare Agrarfolien in internationalen Studien im Wesentlichen bestätigt. Durch das verbesserte Pflanzenwachstum sind nicht nur höhere Erträge möglich, sondern es verringert sich auch das Ertragsrisiko. Dadurch entsteht für Produzenten, Groß- und Einzelhändler eine bessere Planbarkeit und es entsteht eine marktliche Koordinierbarkeit (Vermeiden von Angebotsspitzen). Dies hat die Entwicklung des Marktes und Wertschöpfungsketten mit verschiedenen Absatzwegen für Bleichspargel erlaubt.

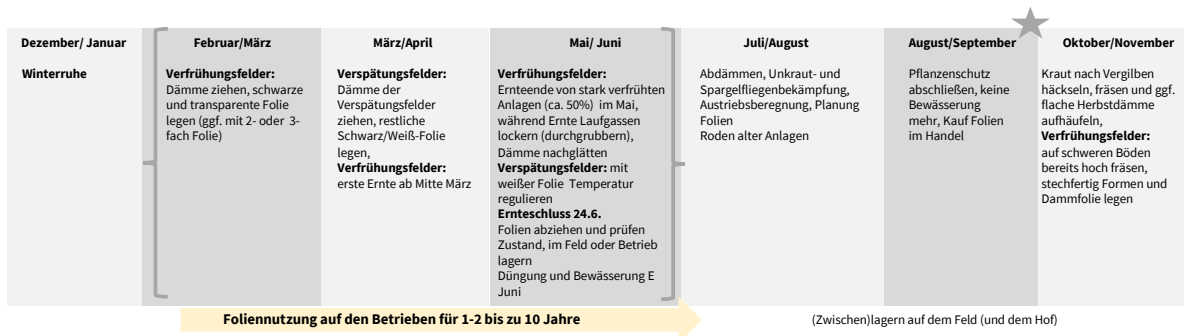
Durch den Folieneinsatz ist aus der Nischenproduktion von Spargel die größte Gemüseanbaufläche in Deutschland und ein internationaler Markt entstanden. Einige der in den Interviews angesprochenen Charakteristika des auf der Foliennutzung basierenden Marktes weisen darauf hin, dass auch dieser Spezialbereich einige Merkmale einer sogenannten 'landwirtschaftlichen/ technologischen Treitmühle' aufweist. Dieser Logik folgen Bestrebungen der Weiterentwicklung des Anbauverfahrens, z. B. durch eine maschinelle Ernte. Die Effekte der technologischen Intensivierung landwirtschaftlicher Verfahren werden in der internationalen Literatur immer wieder mit unerwünschten Wirkungen auf Prozesse planetarer Gesundheit (z. B. Klimawandel, Biodiversität, materielle Integrität) diskutiert, jedoch müssen diese kontextspezifisch verstanden werden und dazu leistet die vorliegende Studie einen Beitrag. Der Spargelmarkt weist aber auch Besonderheiten auf ('Hype', Preisbereitschaft, Saisonalität, Regionalität), die den Akteuren einen gewissen Handlungsspielraum im Vergleich zu anderen landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturen verschaffen. Dies umfasst Ressourcen wie Kommunikation zur Marktgenerierung sowie eine ausgeprägte interne und externe sowie internationale Vernetzung.

Dieses Kapitel hat die Nutzung von Agrarfolien im Mediendiskurs und in der wissenschaftlichen Literatur analysiert und wirtschaftliche Wirkungen der Nutzung von Agrarfolien im Spargelanbau dargestellt. Der Mediendiskurs ist Teil der Auseinandersetzung mit dem Thema Agrarfolien, die in einer Region Deutschlands bis hin zu konkreten Konflikten eskaliert ist. Neben diesen konkreten Konflikten wird die Situation in den Interviews als ein nicht systematisch erfolgreiches Gegenüberstellen von Argumenten dargestellt, die an verschiedenen Stellen von Produktionsprozessen und Ökosystemprozessen ansetzen. Diese Situation wird übergreifend als unbefriedigend wahrgenommen. Denn darin kommen Lösungsansätze und Akteure, die an Lösungen arbeiten, kaum vor. Die Wirkungen der Nutzung der Agrarfolien erfordern - trotz ihrer globalen hohen Relevanz beispielsweise beim Thema Mikroplastik - ein differenziertes Vorgehen, dass in der emotional aufgeladenen Situation mit Vertrauensverlust und Fremdzuschreibungen voraussetzungsvoll ist.

Nachfolgend fasst **Abbildung 11**. Produktionsverfahren Spargel, eigene Darstellung auf Basis nach Ziegler 2020, S. 522 und angepasst basierend auf Ergebnissen Validierungsworkshop am 13.06.2022 die in Kapitel 3 bisher dargestellten Ergebnisse zu den von den Expertinnen und Experten genannten Wirkungen der Foliennutzung im Spargelanbau zusammen (siehe Hinweis aus Validierungsworkshop)⁴⁴.

⁴⁴ Diese umfassen nicht alle der in Branchendiskussionen genannten und von Heinze (2017) wiedergegebenen Aspekte: „Das Landschaftsbild wird negativ beeinträchtigt; der Erholungswert der Landschaft wird reduziert; es geschieht ein Eingriff in den Naturhaushalt; Tiere, insbesondere Vögel und Reptilien werden beeinträchtigt, die Wassererosion wird stärker; flatternde Dreifachbedeckung und Minitunnelfolien erzeugen Lärm; schädliche Stoffe gehen aus der Folie in den Boden und in das Gemüse über; Rückstände von Folienfetzen und Folienbestandteilen der Lochfolien gelangen in den

- Verlängertes Angebot: Marktzugang (internationaler Wettbewerb, Saisonalität, Regionalität)
- Planbarkeit und Arbeitswirtschaft
- Äußere Produktqualität entspricht Marktkonventionen: weiße Spitzen, durch Kühlen mit weißer Folie verringern Anteil hohler Stangen
- Allein gewinnorientierte Entscheidungsfindung



- Wachstumsförderliches Milieu durch Verminderung Wasserverdunstung und Temperaturerhöhung im zeitigen Frühjahr, PLUS: Verringerung Bewässerungsbedarf
- Kühlen durch weiße Folie: Vermindern von Erntespitzen, die zu Preisverfall führen
- Unterdrücken Unkrautwachstum – PLUS: keine Herbizidanwendung auf Damm während Bedeckung
- Erosionsschutz
- Nachweis Vorkommen von Bodenlebewesen unter Folie
- ★ PLUS: späte Bienenweide und Aufenthalt Wild
- Beeinträchtigung Habitatqualität in der Agrarlandschaft – Folienbedeckung findet in relevantem Zeitraum für (bodenbrütende) Agrarvögel, Intensivierung der Wirkung durch besonders großflächige Folienbedeckung
- (Mikro-)Plastikeinträge in den Boden
- Beeinflussung Bodenökologie durch Dammtemperatur
- Landschaftsbild, Geräusch, lose Folien
- Bodenaustrag

Abbildung 17. Zusammenfassung der von Expertinnen und Experten genannten (un-)erwünschten wirtschaftlichen und ökologischen Wirkungen der Foliennutzung, die sich hauptsächlich auf die Phase der Foliennutzung beziehen (eigene Darstellung, basierend auf Ziegler 2020, S.522 und Ergebnisse Validierungsworkshop, grauer Stern: Wirkung außerhalb Foliennutzungszeit)

Die genannten Aspekte fokussieren hauptsächlich auf die Zeit der Folienbedeckung, zu deren zeitlichem Ausmaß die Angaben schwanken, denn einige der frühen Partien werden bereits im Herbst mit Folie belegt (auf schweren Böden, aus arbeitswirtschaftlichen Gründen). Insbesondere die Gleichzeitigkeit der Erntephase mit Folienbedeckung und die Phase der Vermehrung vieler Tiere der Agrarlandschaft führen zu einem Spannungsfeld. Wie dieses Spannungsfeld sich durch naturschutzrechtlich stark legitimierte gesellschaftliche ökologische Interessen in Schutzgebieten ausprägen kann, wurde in der Vertiefung zur Wirkung auf Agrarvögel ausgeführt. Jedoch wurde auch aufgezeigt, dass es bereits kooperative Pilotprojekte zum Umgang mit diesem Spannungsfeld auf Spargelbetrieben gibt.

Folgende Überlegung aus einem Experteninterview zeigt jedoch die Notwendigkeit einer differenzierteren Sichtweise über eine ‘mit oder ohne Folie’-Diskussion auf und zeigt zudem die Notwendigkeit über das Gegenüberstellen von Argumenten hinauszugehen: Ein herkömmlich bekannter folienloser Anbau würde Ernteaktivitäten von bis zu zwei Mal pro Tag in der gleichen Reihe bedeuten, so dass auch ohne Folie durch den Anbau von Spargel Störungen von Tieren stattfinden würden und dieses Spannungsfeld allein durch Weglassen der Folie nicht aufgelöst werden kann. Mit

Boden und es besteht die Gefahr, dass Vögel diese verschlucken; die Herstellung und Entsorgung der Folien ist umweltbelastend ...“

der mit und ohne Folie gegebenen habitatbeeinflussenden Wirkung des Spargelanbaus müsste daher anders umgegangen werden und in den Interviews wurden auch einige Ansätze dafür geäußert, die belegen, dass sich viele Akteure bereits tiefergehend mit der Thematik auseinandergesetzt haben. Jedoch wurde in den bisher dargestellten Ergebnissen auch gezeigt, dass lokale Initiativen im Licht eines übergeordnet aufgeladenen 'entweder mit Folie - oder nur noch importierter Spargel' schwer legitimiert und motiviert werden können. Auch wenn diesem Bericht von einigen Akteuren eine implizite Positionierung 'für oder gegen Folie' unterstellt werden sollte, so wäre zu befürchten, dass sich die Situation schwer verbessern ließe und sich durch die Symbolwirkung von Spargel, Plastik und aussterbenden Flaggschiff-Arten leicht eine weitere Konfrontation aufbauen ließe, die jedoch in weiten Teilen unter den Akteuren gar nicht vorhanden ist. Mit der Motivation der Stärkung lösungsorientierter Beiträge verbunden muss jedoch auch anerkannt werden, was durch Veränderungen für einige Akteure verloren gehen kann - aber auch gewonnen werden kann. Denn auch im internationalen Spargelmarkt scheint sich das gesellschaftliche Anliegen nach Berücksichtigung ökologischer Aspekte in einer steigenden Nachfrage in Nordamerika und Europa nach ökologisch produziertem Spargel zu erhöhen. Auch wenn es sich dabei nicht nur um Bleichspargel handeln dürfte - damit würde auch der Umfang der Agrarfoliennutzung zunehmen. Im Sinn einer ganzheitlichen Sichtweise auf die Situation wird daher im Folgenden noch auf die Phase nach der Nutzung eingegangen, bevor verschiedene Strategieoptionen beschrieben und diskutiert werden.

3.1.4 Wirkungen nach der Nutzung von Agrarfolien

Die Erfassung zu entsorgender Agrarfolien ist nicht verpflichtend vorgegeben (Hann et al. 2021). Entsprechend bestehen Unsicherheiten darüber, wie viele Folien pro Jahr aus der Nutzung genommen werden und in welche Entsorgungswege sie gelangen. Die in APE Europe organisierten Organisationen schätzen den Anteil der gesammelten Agrarfolien auf 63%; jedoch ist der Entwicklungsstand der europäischen Sammelsysteme sehr unterschiedlich (gut entwickelte Systeme mit Sammelraten über 70% haben Irland, Island, Norwegen, Schweden, Frankreich und Spanien). Obwohl Agrarkunststoffe ein hohes Recyclingpotential besitzen aufgrund der Möglichkeit der Sammlung einheitlicher Materialpartien, werden in der EU bisher nur schätzungsweise 24% recycelt. Erklärung dafür ist u. a. der unterschiedliche Verschmutzungsgrad, der das wesentliche Recyclinghindernis darstellt. Auch für die thermische Verwertung ist dieses Hindernis seit längerem international bekannt (siehe Lawrence et al. 2010). In Deutschland liegt die Sammelquote für Recycling bei 40% (Hann et al. 2021), wobei hier ein hoher Anteil auf Silagefolien entfällt, auch weil erst 2019 mit der Sammlung von Spargelfolien begonnen wurde. Der Anteil steigt jedoch stetig.

In der folgenden Abbildung sind die in der EU geschätzten Anteile aufgeführt für das Verbleiben von Agrarfolien nach der Nutzung durch Lagerung, Verbrennen, Vergraben oder Sammlung mit anderen Abfallströmen (Hann et al. 2021). Im Validierungsworkshop wurde Verbrennen und thermische Verwertung sowie Recycling als einzige Wege bezeichnet, jedoch gab es in den Interviews auch Aussagen zu nach EC 2020b nicht erlaubten Praktiken, die z.T. auch in der Presse thematisiert werden, aber insgesamt als Ausnahme eingeschätzt werden.

Eine weitere Wirkung der Verwendung von Agrarfolien in unterschiedlichen Kulturen ist der Verlust von Boden durch Anhaftung an Folien (467.000 t/ Jahr in der EU), davon 36% durch Mulchfolien

(Hann et al. 2021). EU-weit ist nicht bekannt, wie viele Plastikreste bei der Bergung im Boden verbleiben, insbesondere bei Mulchfolien (ebenda).



Abbildung 18. Geschätzte Abfallmengen von Agrarfolien in der EU (Hann et al. 2021, S. iii)

Für Agrarkunststoffe wurde nur eine Studie von 2008 gefunden, jedoch weisen Bos et al. (2008) wie auch andere Studien darauf hin, dass Aussagen zu den Wirkungen der Herstellung nur material- und kontextspezifisch gemacht werden können.

3.1.4.1 Lagerung, Entsorgung und Recycling von Agrarfolien im Mediendiskurs

Im Mediendiskurs wurde neben der Spargelsaison und dem Für und Wider der Foliennutzung auch das Recycling beziehungsweise die Lagerung von Abfällen diskutiert. In einigen Artikeln des Materialkorpus konnte die Thematik als Grund für die Berichterstattung identifiziert werden. Eine Zeitung titelte beispielsweise "Folienberge sorgen für Unmut" (Lausitzer Rundschau, 08.10.2018). In den Artikeln wird Betrieb 4 thematisiert, welcher neben der Spargelproduktion auch Erdbeeren, Gurken und Kartoffeln mithilfe von Vliesen und Folien anbaut. Es ging dabei um die Bewertung und Handhabung von genutzten und am Feldrand gelagerten Agrarfolien als Ressource oder Müll. Die zuständige Abfallbehörde hatte gehandelt (Märkische Allgemeine, 27.01.2022).

Ein weiterer Artikel beschreibt den Wandel, in welchem sich der Entsorgungsmarkt für die Folien befindet (Märkische Allgemeine, 26.03.2019). Auslöser für die Berichterstattung war ebenfalls am Feldrand gelagerte Folie, und der betreffende Betrieb erklärte, dass der Markt für die Entsorgung und Weiterverarbeitung der Folien gesättigt sei und man darauf warte, dass eine Recyclingfirma ein Angebot für die Abholung mache.

Weitere Aspekte dieses Themenkomplexes werden in den Zeitungsartikeln nur dahingehend erwähnt, dass die Betriebe ihren Umgang mit den Folien erklären, d.h. wie lange die Folien auf den Feldern verwendet werden können und ob und wie sie anschließend recycelt werden.

3.1.4.2 Entsorgung und Recycling

Wenngleich sich der Folieneinsatz schnell etabliert und ausgebreitet hat, gab es lange keine geregelten Verfahren für das Inverkehrbringen, Entsorgung und Verwertung der Folien, weshalb ein großer Teil thermisch verwertet wurde. In einigen Interviews wurde deutlich, dass die Betriebe dies vor Ort - je nach der regional sehr unterschiedlich im Hinblick auf Agrarfolien aufgestellten Entsorgungsinfrastruktur - selbst regeln mussten. Entsprechend wurden auch Deponie, Verbrennung und 'eingegraben' als ehemals verbreitete Entsorgungspraktiken genannt. Erst in den letzten Jahren ist das Thema des Folienrecyclings intensiv aufgekommen und die Preisentwicklung bei lokalen Entsorgungsunternehmen spiegelt dies wider. Die durch Schmutzanhaftung verringerte Recyclingqualität ist jedoch immer wieder Thema. Dabei wird deutlich, dass die Verschmutzung zwei Aspekte hat: 1) die mit Sand gefüllten Taschen der Standard Schwarz/Weiß-Folien, die ein Verwehen der Folien und gutes Aufliegen sichern sowie 2) die Schmutzanhaftung durch die Auflage auf dem Boden. Dieser Bericht kann wenig zu den bestehenden Rücknahmesystemen spezialisierter Spargelfolienhändler aussagen, da keine Interviews geführt werden konnten. 2013 hat sich die Initiative ERDE gegründet, welche auf Basis einer freiwilligen Selbstverpflichtung die Sammlung und stoffliche Verwertung von Agrarkunststoffen in Kooperation mit der RIGK GmbH bündelt und koordiniert. Aufgrund des Teilkostensystems (teilweise Kostenübernahme durch die Folienhersteller) ist die Nutzung des ERDE-Systems für die Landwirtinnen und Landwirte günstiger als herkömmliche Entsorgungsmöglichkeiten wie beispielsweise die thermische Verwertung, also Verbrennung der Agrarfolien mit Abwärmenutzung. Mehrfach wird als positives Vorbild PAMIRA erwähnt, ein 1996 gegründetes freiwilliges Rücknahmesystem für Verpackungen von Pflanzenschutzmitteln. Anwender können über das Entsorgungssystem Verpackungen kostenfrei an den Sammelstellen abgeben, welche anschließend größtenteils dem Recycling zugeführt werden (PAMIRA 2022). Im Bereich der Agrarkunststoffe können Landwirtinnen und Landwirte durch eine interaktive Karte sowie über eine Smartphone-App Sammelstellen in ihrer Umgebung finden und die Folien dort abliefern. Die Recyclinganlagen befinden sich mit Ausnahme der AFA Nord GmbH zum größten Teil in den Niederlanden und Polen.

ERDE hat im Jahr 2021 über 50% (knapp 33.000 Tonnen) der auf dem deutschen Markt verkauften Silo- und Stretchfolien recycelt (ERDE 2022). Obwohl es anfänglich etwas gedauert hat, bis sich das Entsorgungssystem etabliert hat, kann ERDE mittlerweile große Erfolge verzeichnen. Sowohl von Seiten der Händler als auch der Landwirtschaft besteht ein sehr großes Interesse an flächendeckenden und systematischen Lösungen der fachgerechten Entsorgung der Agrarkunststoffe. Nach dem Prinzip der erweiterten Produktverantwortung bietet es Herstellern auf dem konkurrierenden Markt einen Vorteil, wenn sie den Kunden mit dem Kauf der Folien eine integrative Entsorgungsmöglichkeit anbieten. Seit 2020 können über das ERDE-System auch Spargelfolien gesammelt und verwertet werden. Aber auch vor der Entstehung des ERDE-Systems konnten Agrarfolien beispielsweise an die Folienhändler Böckenhoff und Firmenich zurückgegeben werden.

Die gesammelten Kunststoffe werden gepresst und anschließend zu den Recycling-Partnern transportiert. Dort werden sie gereinigt, zerkleinert und eingeschmolzen. Das entstandene Kunststoffrezyklat wird zu neuen Produkten wie Abfallfolienbeuteln und Gartenmöbeln weiterverarbeitet. Die Rezyklate werden aber auch zunehmend wieder in der Produktion von Agrarfolien eingesetzt, den sogenannten „closed-loop“-Produkten. Dabei ist eine Kopplung der Recyclinganlagen an die

Folienproduktion sehr sinnvoll, um die Versorgungssicherheit mit Rezyklaten zu gewähren. Allerdings erschwert der Einsatz von Rezyklaten aber auch die Qualitätssicherung der Folien. Durch die Quantifizierung des Fraunhofer Instituts kann fortlaufend genau bestimmt werden, wieviel CO₂ durch das Recycling eingespart wird (ERDE 2022).

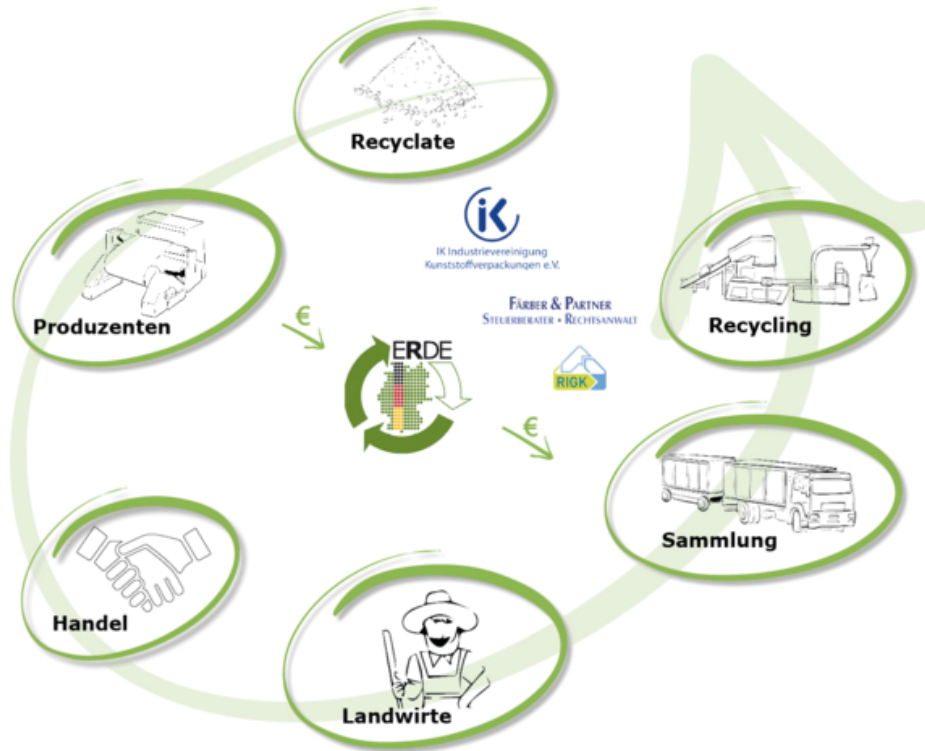


Abbildung 19. Prozessablauf des Rücknahme- und Verwertungskonzeptes von Agrarkunststoffen ERDE (ERDE, 2022)

Angetrieben durch Ambitionen zur Ressourcenschonung und aktuelle geopolitische Veränderungen steigen die Preise für Primärrohstoffe und Rezyklate erfahren eine starke Nachfrage. ERDE stellt als Anforderungen, dass die Folien kernlos aufgewickelt werden und die Sandtaschen bereits auf den Betrieben geleert werden. Dies stellt die Spargelproduzenten mit steigendem Mindestlohn allerdings ebenfalls zunehmend vor eine Herausforderung. Aufgrund des hohen Verschmutzungsgrad muss für Spargelfolien sowohl in der thermischen als auch der stofflichen Verwertung (Recycling) zugezahlt werden. Durch die große Menge an mineralischen Ablagerungen an den Folien wird auch bei jeder Abnahme der Folie ein Teil des Bodens abgetragen. Angestoßen durch den VSSE befindet sich aktuell eine maschinelle Lösung zur Entleerung der Sandtaschen beim ATB Potsdam in Kooperation mit einem Maschinenhersteller in der Entwicklung.

Auf EU-Ebene wird eine verpflichtende Regelung zur Entsorgung und Verwertung diskutiert, welche die Branche vor eine Herausforderung stellen würde, da es immer noch an der entsprechenden Infrastruktur für das Recycling mangelt. Derzeit gibt es in Europa sieben Entsorgungssysteme für Agrarkunststoffe, wobei sich einige davon erst im Aufbau befinden. <https://apeeurope.eu/operating-schemes/> Die französische Systemlösung Comité français des Plastiques en Agriculture (CPA) wird als Vollkostensystem durch die Folienhersteller finanziert und wurde als erstes Rücknahmesystem in Europa etabliert.



Abbildung 20. EHMO-TEC T-Taschenfolie auf Spargel-dämmen

Foto 5. Böckenhoff Folien GmbH, 2022, <https://www.ehmo-tec-folien.de/folien/ueberblick/ehmo-tec-t-taschenfolie/>, Abruf 29.07.2022



Abbildung 21. Schwarz/Weiß-Spargelfolie mit Sandtaschen

Foto 6. Spargelhof Elsholz, 2022), <https://spargelhof-elsholz.de/spargelzubehoer/13/spargelfolie-zum-abdecken-von-spargel>, Abruf 29.07.2022

Wie bereits aufgeführt wurde, sind in weiteren anderen Ländern Rücknahmesysteme bereits weiter entwickelt mit einer Rücknahmequote von 70%, während sie für Deutschland auf 40% geschätzt wird (APE Europe 2022). Trotzdem wurde in den Interviews geäußert, dass keine zusätzlichen Regelungen seitens der Politik zur Anreizverstärkung erwünscht seien und die Freiwilligkeit als wichtige Eigenschaft des Systems betrachtet wird.

In anderen europäischen Ländern mit erfolgreichen Rücknahmesystemen beträgt die Sammelquote um 70% (APE Europe 2022). In den Interviews kannten nicht alle Interviewten das ERDE System und es herrschte das Prinzip des nicht näher begründeten Vertrauens gegenüber den Betrieben, dass sie die Folien schon sachgerecht entsorgen würden. Es wurde allgemein von landwirtschaftlichen Betrieben berichtet, die in größerem Umfang Agrarfolien auf dem Betrieb lagern und auf die Entwicklung des Marktes für Rezyklate warten. Nicht nur allgemein im Plastikmarkt, sondern auch für Agrarfolien sind daher technologische Lösungen für das Recycling, die Entwicklung eines Marktes für sortenreine Rezyklate relevant.

3.1.5 Zusammenfassung der Situationsbeschreibung

Wie Anwendungen von Plastik in anderen Bereichen auch, gehört die Bedeckung des Bodens mit Kunststofffolien zu einer seit den 90er Jahren weit verbreiteten Praxis in Landwirtschaft und Gartenbau. Im Futterbau werden Folien zur Konservierung von Grünlandschnitt verwendet. Diese Studie fokussiert sich auf die Nutzung von Agrarfolien im Gemüsebau am Beispiel des Spargelanbaus. Unerwünschte Umweltwirkungen wurden nach unserer Literaturrecherche mindestens bereits in den 1980er Jahren wissenschaftlich beschrieben (Kasirajan & Ngouajio 2012). Dazu gehören nicht entfernte abgerissene Folienteile auf und im Boden oder eine nicht fachgerechte Entsorgung aufgrund fehlender Entsorgungssysteme für verschmutzte Agrarfolien (Recycling und thermischer Verwertung)⁴⁵. Trotzdem wurden für die Nutzer von Folien keine zufriedenstellenden Lösungen erarbeitet, während gleichzeitig die Ertragsvorteile der Nutzung und damit verbundenen Marktentwicklungen zu einem *peer-pressure* für die Übernahme führten. Regionale Konflikte und mediale Diskurse um die Verwendung von Agrarfolien im Spargelanbau sowie neuere wissenschaftliche Erkenntnisse zu unerwünschten Wirkungen machen deutlich, dass über die in der Nachhaltigkeitsbewertungsliteratur für Gemüse thematisierten Aspekte hinausgehend auch die Nutzung von Agrarfolien selbst Gegenstand der Betrachtung möglicher unerwünschter Wirkungen sein sollte.

Während für die Bewertung der Wirkung von Agrarfolien mit dem Indikator von Agrarvögeln eine lange etablierte Monitoringmethode vorliegt, ist die Situation in Bezug auf Einträge in den Boden anders einzuschätzen. Mögliche Einträge aus Additiven sind ein allgemein schwer zugänglicher und einzuschätzender Bereich (Bishop et al. 2019), was auch spezifisch für Agrarfolien festgestellt werden kann. Der für das Thema Mikroplastik relevante Bereich wird insgesamt als unterreguliert eingeschätzt (Bertling et al. 2018, Stubenrauch & Ekardt 2021) und erhält weniger öffentliche Aufmerksamkeit (Leifheit & Rillig 2020). Auch in den Mediendiskursen sowie den Interviews nahm das Thema eine untergeordnete Rolle ein im Vergleich zur Beschreibung unerwünschter Wirkungen der Agrarfoliennutzung auf lokale Biodiversität. In den Interviews wurde thematisiert, dass die technisch orientierten Prüfungen von Agrarfolien im Rahmen der DIN-Norm und der DLG Prüfung unzureichend sind, um unerwünschte langfristige Umweltwirkungen ausschließen zu können.

Zur von Bertling et al. (2021) angemerkten Möglichkeit, dass sich ein hoher Mikroplastikgehalt in Bodenpreisen widerspiegeln könnte, wurde in den Interviews nichts gesagt. Für die Wahl von Standorten für Spargelanlagen werden bisher eher mögliche Reihenlängen für die Mechanisierung, Neigung zum Vermeiden der Verstärkung von Wassererosion oder wie bei Schulte et al. (2016) die Verfügbarkeit Bewässerungswasser als begrenzend genannt.

Es wurde auch nicht das Thema Plastik in Lebensmitteln thematisiert, zu dem Conti et al. (2020) dringenden Forschungsbedarf sehen nach ihrem Nachweis von Mikro- und Nanoplastik auf an verschiedenen Orten gekauftem Obst und Gemüse. Methodische Fragen und Fragen möglicher Eintragswege gehen über den Untersuchungsfokus dieser Studie hinaus. Da sie höhere Gehalte in Obst fanden und Dauerkulturen als Erklärungsmöglichkeit in Betracht ziehen, könnte dies ein weiteres Forschungsthema sein, das relevant für die Bewertung werden könnte, auch wenn ein Zusammenhang zwischen Agrarfoliennutzung, Vorkommen im Produkt und menschliche Aufnahme schwierig sein dürfte (z. B. Paul et al. 2022).

⁴⁵ Regional unterscheiden sich die bisherigen Lösungen (z. B. bestehendes System in NRW, einzelbetriebliche Organisation der Entsorgung in anderen Bundesländern), jedoch verändert sich die Situation in den letzten Jahren mit dem ERDE System.

Die aktuelle Situation wird als emotional aufgeladen und daher von der Spargel- und Gartenbau-branche als unverhältnismäßige Kritik und unerwünschte Fremdzuschreibung beschrieben, und es werden Ressourcen für den Austausch von Argumenten mobilisiert. Die Akteure versuchen das auf der übergeordneten Ebene nicht regulierte Thema als Faktenkonflikt auszutragen, indem sie über die Gründe der Anwendung von Folien informieren. Jedoch ist aufgrund der schlechten Strukturierung des Themenfeldes und den unterschiedlichen Wissensständen der Akteure unklar, ob sich aus dem Spannungsfeld Lösungsansätze entwickeln oder der Status Quo stabilisiert wird.

Der Stand des Wissens, den dieser Bericht wiedergibt, kann als ein sich in den letzten Jahren dynamisch entwickelndes Wissensgebiet eingeschätzt werden. Das Wissen muss zwischen der Mikro-Ebene (lokale Pflanze-Boden-Interaktion) und der Ebene globaler anthropogen geprägter Kreisläufe auf einer mittleren Ebene zusammengeführt werden. Als solch eine Mesoebene eignet sich die Fallstudie des Spargelanbaus. Durch das differenzierte Verorten und Explizieren von Wissenslücken auf verschiedenen Ebenen (Kuntosch 2019) sollen nach Möglichkeit falsch-logische Schlüsse über das bestehende Risiko vermieden werden (Leslie & Depledge 2020) und Ansatzpunkte für Handlungsempfehlungen differenziert aufgezeigt werden können.

3.1.6 Lösungsansätze und Strategien

In den Interviews wurde außerdem gezielt zu möglichen Strategien zur Vermeidung unerwünschter Wirkungen durch den Einsatz von Agrarfolien im Spargelanbau gefragt. Die identifizierten Strategien lassen sich entlang folgender nachhaltigkeitsstrategischer Kategorien unterteilen: Vermeidung, Reduktion, Recycling, Substitution und Kohärenz sowie alle Strategien betreffende Aspekte von Kommunikation und Konfliktsensibilität. Eine Zusammenstellung der genannten Möglichkeiten wurde im Validierungsworkshop zur Diskussion gestellt, um sie im Hinblick auf beizubehaltende Elemente in der aktuellen Situation im Spargelanbau, nicht mehr notwendige Elemente, noch fehlende Elemente und Risiken für die Entwicklung der Situation zu diskutieren. Im Folgenden werden die einzelnen Strategien dargestellt und erläutert.

3.1.6.1 Vermeiden

Mit der Zielsetzung, die unerwünschten Wirkungen, die durch den Einsatz von Agrarfolien entstehen zu vermeiden, wäre das komplette Vermeiden der Nutzung von Folien eine denkbare Strategie, die durch die kontrastierend geführte Diskussion entsteht. In den Interviews werden uneinheitliche Aussagen zu einem Verbot als effektive Regulierung gemacht. Von Seiten der Spargelproduktion, Beratung und Spargelverbänden wird allerdings mehrheitlich argumentiert, dass der Spargelanbau unter den gegebenen Rahmenbedingungen (Nachfrage des Marktes, Bodenverhältnisse, klimatische Bedingungen etc.) ohne den Einsatz von Agrarfolien nicht möglich sei. Ohne die Nutzung von Folien würde der deutsche Spargel im Vergleich einen internationalen Wettbewerbsnachteil haben, insbesondere gegenüber europäischen Nachbarländern, die in der gleichen Saison Spargel produzieren. So bestünde die Gefahr, dass sich die Produktion ins Ausland verlagere und Spargel wieder zu einem Importprodukt wird. Bezug genommen wird in dieser Argumentation auf das Produktionsverfahren vor der Einführung von Spargelfolien. Es erforderte zwei Erntegänge pro Tag, um den Anteil von durch Licht violett verfärbter Spitzen gering zu halten. Neben der Erhöhung der Produktionskosten durch den erhöhten Arbeitsaufwand kann der Spargel ohne den Saisonverfü-

hungseffekt von etwa 2-4 Wochen erst auf den Markt gebracht werden, wenn internationale Konkurrenzprodukte schon platziert sind – wodurch wichtige Einnahmen in der frühen Saison fehlen. Der Kilopreis für Spargel würde sich zudem stark erhöhen. Das Weglassen von Folien wird als ‘Rückschritt’ bezeichnet und ist daher auch emotional negativ konnotiert. Ein Betriebsleiter von einem folienlos arbeitenden Betrieb argumentiert in diesem Zuge, dass der Preisdruck durch die extreme Verfrühung und den dadurch entstandenen Wettbewerb durch die Branche selbst kreiert sei.

Des Weiteren wurde in den Interviews erklärt, dass eine gänzliche Vermeidung von Folien nur durch eine gesetzliche Regelung umsetzbar sei (deutschland- oder EU-weites Verbot von der Nutzung von Agrarfolien). Ein Verbot sei allerdings nur dann realisierbar, wenn eine geeignete Alternative zur Foliennutzung zur Verfügung stünde. Aus diesen Gründen spricht sich auch einer der befragten Umweltverbände nicht für ein Verbot der Agrarfolien aus. Gegensätzlich dazu argumentiert ein Berater, dass sich die Nutzung bzw. Nicht-Nutzung von Folien durch aktuelle Marktentwicklungen und erhöhte Preise von Rohstoffen von allein regele.

Aus oben genannten Gründen versuchen die Spargelverbände mit ihrer Kommunikation nach außen die Akzeptanz der Foliennutzung zu verbessern. Zu diesem Zwecke stellen sie Informationsmaterial bereit, welches Betriebe in der Öffentlichkeitskommunikation nutzen können (beispielsweise Flyer). Während in einem Interview mit einem folienlosen Spargelproduzenten berichtet wird, dass Spargel, welcher ohne Kunststoffabdeckung angebaut wurde, besser schmecken würde, erklärt ein Berater, dass folienloser Spargel durch das langsamere Wachstum eine höhere Lignifizierung aufweist und daher holziger schmeckt. Der Betriebsleiter erklärt außerdem, dass folienloser Spargelanbau in kleinen Schlaggrößen von hochspezialisierten Betrieben möglich sei. Zwei Berater geben die Einschätzung ab, dass große Betriebe aus Gründen der Wirtschaftlichkeit für folienlosen Anbau von Bleichspargel auf vollmechanische Ernte umsteigen müssten, welche ein regelmäßiges tiefgründiges Durchwühlen der Dämme bedeutet und das Risiko von häufigem Stangenbruch birgt. Ein Berater wies darauf hin, dass sich zu diesem Ansatz auch neue Fragen hinsichtlich der Wünschbarkeit dieses Verfahrens aus Bodenschutzsicht (Beschleunigung Humusabbau) stellen würden.

Folienloser Spargelanbau: In Deutschland gibt es dennoch Spargelbetriebe, beispielsweise in der Gemeinde Graben-Neudorf oder in Schwetzingen in Baden-Württemberg sowie einzelne Betriebe in anderen Regionen, welche auf die Nutzung von Folien verzichten. Diese machen allerdings nur einen sehr kleinen Teil der Spargelanbaubetriebe aus und sind nach allgemeiner geäußelter Annahme oft nicht konkurrenzfähig. Jedoch wurde deutlich, dass neben der Zuschreibung ‘nicht wirtschaftlich’ wenig Wissen über den folienlosen Anbau vorhanden war. Es konnten trotz Anfrage bei 8 folienlos wirtschaftenden Betrieben jedoch nur zwei Interviews geführt werden.

Die Gemeinde Graben-Neudorf hat den Verzicht auf den Einsatz von Agrarfolien konkret medial beworben (Kampagne: “oben ohne”) und ein Siegel für folienlos produzierten Spargel eingeführt (Wochenblatt 2019). Während dies von einem Verbandsvertreter für die Wirtschaftlichkeit einzelner Betriebe kritisch bewertet wurde, da es dort auch Betriebsaufgaben gab, zeigten sich in Interviews auch zum Anbau mit Folie, dass bei Betriebsaufgaben auch weitere Faktoren wie Gesundheit oder Betriebsnachfolge neben ökonomischen Überlegungen eine Rolle spielen. Zwei Betriebsleiter ge-

ben an, dass ohne Folie produzierter Spargel meist nicht zu höheren Preisen verkauft wird. Es wurden allerdings nur zwei Gespräche mit Betrieben geführt, welche gänzlich auf den Einsatz von Agrarfolien verzichten. Der Eindruck aus den Recherchen und Fragen zum folienlosen Anbau kann wie folgt beschrieben werden: Es handelt sich dabei meist um Familienbetriebe, die Folien als Innovation nie übernommen haben und immer noch ohne Folie arbeiten, z. B. an natürlichen Gunstandorten. Es gibt zudem Spargelbetriebe, die die folienlose Produktionsweise in der Vermarktung ausweisen. Auch einige Biobetriebe mit Vermarktung über Marktstände und Bioläden produzieren auf kleineren Flächen ohne Folie, kennzeichnen ihn jedoch nicht als ‚folienlos produziert‘. Über das vermeintliche ‚zurück‘ zum alten Produktionsverfahren ohne Folie hinausgehend, wurde von einem Betriebsleiter geäußert, dass folienloser Anbau als Anbaumethode eine Innovationsherausforderung für den Betrieb gesehen wird und dieser Betrieb systematisch zusammen mit einem Maschinenhersteller für eine neue Erntetechnik experimentiert. Ein Betrieb, der die Vermarktung von folienlosem Spargel testete, berichtete, dass der zu erzielende Zusatzpreis und die so vermarktbareren Mengen derzeit die Kosten nicht decken würde und dass Verbraucher am Direktvermarktungsstand von den folienlos produzierten Stangen auch zuerst die komplett weißen - die sich mit Folien zuverlässiger produzieren lassen - wählen würden. Im Validierungsworkshop wurde geäußert, dass gegebenenfalls in der Hochsaison - so wie von Bio-Betrieben mit Marktstand bereits praktiziert - folienloser Spargel mit angeboten werden könnte, dessen Preis allerdings die höheren Kosten (z. B. 2 Erntegänge pro Tag) widerspiegeln müsste.

3.1.6.2 Reduzieren

Neben einer kompletten Vermeidung der Nutzung von Agrarfolien wäre die Reduzierung des Folieneinsatzes eine weitere Strategie, um die unerwünschten Wirkungen zu verringern. Dabei gibt es mehrere Möglichkeiten, wie die Folienmenge reduziert werden kann. Es lässt sich dabei zwischen der Reduktion der Folienschichten, der Reduktion durch Folien bedeckten Fläche durch intensivierte Pflanzsysteme, der Nutzung von dünneren Folien und die Verkürzung des Zeitraums, in dem die Böden durch Folie bedeckt sind, unterscheiden. In den Interviews selten genannt wurden das Vermeiden des Reißens von Folien beim Handling und der dadurch auf den Produktionsflächen verbleibenden Reste. Diese unerwünschten Einträge sind nach dem bisherigen Wissensstand trotz bestehender Wissenslücken zu Mikroplastik in der Umwelt (Brandes et al. 2020) und den geschätzten Emissionen in landwirtschaftliche Böden (Bertling et al. 2021), Nachweisen von Mikroplastikpartikeln bei Obst und Gemüse (Conti et al. 2021), im Blut von Menschen (Ragusa et al. 2021, Leslie et al. 2022) sowie der Möglichkeit der Aufnahme von Nanoplastik in Zellen (Paul et al. 2022) im Sinne des Vorsorgeprinzips (Leslie & Depledge 2020) bei aller Diskussion um Verhältnisse des Anteils der Agrarfoliennutzung am Plastikproblem zu vermeiden (Hann et al. 2021). In Anlehnung an Bertling et al. (2021) und im Sinn der Kreislaufwirtschaft könnte man daher vom Kriterium einer ‚plastikemissionsfreien‘ Erfüllung der Funktionen, die heute Kunststofffolien erfüllen, sprechen und nach Möglichkeiten suchen, wie dies – mit konventionellen Folien oder anders - gelingen könnte. Nachfolgend können aus dem multiperspektivischen Ansatz dieser Studie verschiedene Ansätze aufgezeigt werden, die dazu beitragen könnten, wobei sie sowohl innerhalb und außerhalb des Systems der Nutzung von Agrarfolien für die Produktion von Spargel (und anderen Kulturen mit

Agrarfoliennutzung) liegen - es sich also um ein übergeordnetes Thema handelt. Daher sind nicht nur die produzierenden Betriebe relevante Akteure für Lösungen.

Reduktion von Wirkungen bei der Herstellung und Verkauf von Agrarfolien: Schon durch das Sourcing der Granulate können Agrarfolienhersteller konventioneller Folien einen Beitrag zur CO₂-Emissionsminderung leisten (Cabernard et al. 2022). Über die konkreten Maßnahmen zur Energie- und Wassereffizienz bei der Herstellung von Agrarfolien kann diese Untersuchung keine Aussagen machen. Ein wichtiger Ansatzpunkt, um unerwünschte Wirkungen bei der Anwendung zu reduzieren, liegt in einer Verbesserung der Kommunikation von Anforderungen an das Foliendesign, die sich aus dieser Studie und den darin enthaltenen wissenschaftlichen Quellen und Informationen der Expertinnen und Experten ergeben. Der Trend zur Nachfrage nach preiswerten Folien und die Herstellung von dünneren Folien (100-150 µm statt vorher 200µm) sollte im Austausch mit den Herstellern überarbeitet werden, denn er hat die Haltbarkeit der Folien beim Handling um ca. 10-20% reduziert. Dünnere Folien benötigen zudem mehr Additive, zu denen offene Fragen bestehen (Bishop et al. 2021). Zusammen mit weiteren Maßnahmen zum Design der Folien für einen bewussten Umgang damit auf den Betrieben im Hinblick auf das Vermeiden von Reißen etc. könnten Agrarfolien, die verwendungssicherer sind ausgelobt werden (im Sinn einer Qualitätsstrategie der Folienhersteller) oder ein überarbeiteter Standard sicherstellen, dass keine minderwertigen Folien in den Verkehr gebracht werden. Für Hersteller und Händler ist es daher wichtig, dass Betriebe beim Kauf von Agrarfolien ökologische Kriterien mit einbeziehen können. Neben einer kollaborativen Überprüfung der Kriterien für das Foliendesign könnten Informationen der Beratung im Herbst oder zur Planung von Neuanlagen Betriebe bei der Entscheidungsfindung beim Foliengang unterstützen.

Reduktion der Folienschichten: Bei der Folienabdeckung werden auf einem Teil der Spargelflächen von etwa 5% der Betriebe Dreifachabdeckungen genutzt, was bedeutet, dass über oder neben die Schwarz/Weiß-Folie ein Mini-Tunnel mit Drahtgestell gebaut wird, welcher anschließend mit einer Antitaufolie überzogen wird. Der Saisonverfrühungseffekt und die Temperatursteuerung lässt sich bereits mit der Schwarz/Weiß-Folie gut regulieren, weswegen nicht nur in Demeter-Betrieben lediglich diese erste Folienlage angewendet wird. In den Interviews herrscht Uneinigkeit darüber, ob ein Verzicht auf die dritte Folienbedeckung (Antitaufolie) ökonomisch sinnvoll ist. Mehrheitlich wird berichtet, dass viele Betriebe, insbesondere in Ostdeutschland, aus betriebswirtschaftlichen Gründen seit einigen Jahren vermehrt auf die Antitaufolie verzichten. Eine durch einen Spargelverband erstellte Kostenkalkulation hat ergeben, dass die Kosten-Nutzen-Analyse für die Dreifachbedeckung negativ ausfällt, da das Folienhandling aufwendig ist und die Nachfrage für stark verfrühten Spargel (März) noch zu gering ist (Schulze 2016). Auch im Validierungsworkshop wurde die Einschätzung bestätigt, dass die Antitaufolie vermieden werden kann. Demgegenüber steht die Ansicht von zwei Verbandsvertretern, dass die dritte Abdeckung zur Ertragssteigerung und Sicherung von beständigem Pflanzenwachstum sehr relevant und unverzichtbar sei. Insgesamt gibt es also unklare Aussagen dazu, ob Mehrfachabdeckung nun ökonomisch so wichtig ist oder rückläufig und ob Verbraucherinnen und Verbraucher an einem 'Hype' um den ersten Spargel so viel Interesse haben oder wie dieser 'Hype' um den Beginn der Spargelsaison bei etwas späterem Saisonbeginn ohne Dreifachabdeckung kommunikativ gestaltet werden kann. Da genannt

wurde, dass nur 5% der Betriebe mit Dreifachabdeckung arbeiten, ist eine Verallgemeinerung der Interessen an einer Dreifachabdeckung hier begrenzt möglich.

Reduktion der durch Folien bedeckten Fläche: Außerdem könnte der Folieneinsatz durch gesetzliche Regulierungen oder verbandsübergreifende Regeln gesenkt werden, welche den Anteil der durch Folie bedeckten Ackerfläche eines Betriebs vorschreibt. Ein Ansatz ist die Reduktion der Foliensfläche pro Betrieb. Beispielsweise gibt es bei Bioland bereits die Vorgabe, dass maximal 5% der Betriebsfläche mit Agrarfolien bedeckt sein dürfen. Es wurde jedoch auch berichtet, dass es für diese Betriebe nicht zu einer Reduktion der mit Folien und Vliesen bedeckten Flächen kommt, sondern zu einer Erweiterung von Flächen mit hohem Biodiversitätswert, z. B. Streuobstwiesen, da die Einnahmen wichtig für das Betriebsergebnis sind. Im Validierungsworkshop wurde genannt, dass eine Regelung zum Umfang der Folienbedeckung auch im regionalen Kontext erfolgen könnte, so dass es nicht zu einer zu starken Konzentration der Foliensfläche kommen kann. Zudem sind Spargelbetriebe unterschiedlich strukturiert, während für eher landwirtschaftlich strukturierte Betriebe solch eine Überlegung machbar wäre, stellt sich dies für Betriebe, die weitere Kulturen mit Mulchfolien anbauen (z. B. Erdbeeren, Gurken, Kürbis) eine Schwierigkeit dar und dafür wäre ein Ansatz auf der Kulturlandschaftsebene zur Reduktion und strukturellen Einbettung von mit Folie bedeckten Flächen geeigneter.

Produktionsverfahren weiterentwickeln: Außerdem könnte durch Optimierung der landwirtschaftlichen Methoden der Anbau intensiviert werden und höhere Erträge auf einer geringeren Fläche erzielt werden, was ebenfalls zu einer Reduktion der Flächen unter Folie beitragen würde. Hierzu wurden von Beratern Überlegungen zur Weiterentwicklung des Produktionsverfahrens geäußert, was jedoch erst zukünftige Spargelanlagen betreffen würde. Im Validierungsworkshop wurde genannt, dass Produktionsverfahren mit einem reduzierten Folieneinsatz durch Verbände, Landwirtschaftskammern und Hochschulen entwickelt werden müssten.

Reduktion des Bedeckungszeitraums: In vielen Betrieben wird die Folie bereits im November oder Dezember aufgezogen, da zu dieser Zeit der Boden besser bearbeitet werden kann, noch Arbeitskräfte vor Ort sind und der Boden einfacher befahrbar ist als im feuchten Frühjahr. Dies gilt vor allem für Standorte mit schwereren Böden, auf denen erst durch die Folie Spargelanbau möglich ist. Aber auch Betriebe auf eher sandigen Standorten berichteten von dieser Praxis. Um den gewünschten Verfrühungseffekt zu erzielen, ist allerdings eine Bedeckung des Bodens erst ab Februar oder März notwendig. Unter den Spargelberaterinnen und -beratern besteht Uneinigkeit darüber, ob diese Maßnahme dringend notwendig ist. Laut einer Expertin für Pflanzenschutz wäre es aus pflanzenbaulichen Gesichtspunkten sinnvoller, die Anbauflächen über den Winter brach liegen zu lassen und diese vor Saisonbeginn erneut durchzufräsen, da so die Zersetzung des Spargellaubs verbessert und dadurch ein hemmender Effekt auf die Pilzkrankheiten Rost, *Stemphylium* und *Fusarium* erzeugt werden könnte. Durch die Länge der Bedeckungszeit werden zudem die Wirkungen in der Agrarlandschaft verlängert. Um den optischen Eindruck der Bedeckung über den Winter zu vermeiden, wurden grüne oder braune Folien eingesetzt, die jedoch aus der Sicht Vermeidung von Plastikeinträgen weniger geeignet sind durch ihre geringere Haltbarkeit. Für die Reduktion des

Bedeckungszeitraumes müssten die Betriebe also geeignete Standorte wählen, die im Frühjahr gut befahrbar sind und ihre betrieblichen Abläufe anpassen. Dort wo möglich, könnte dies bereits auf bestehenden Anlagen erfolgen und bei der Planung von Neuanlagen berücksichtigt werden.

Reduktion unbeabsichtigter Plastikemissionen: Die Eigenschaften der Kunststoffe, das Wissen über Plastikemissionen auf Böden und die daraus resultierenden Anforderungen an das Design von Folien und Technologien und Praktiken sind ein weiterer Ansatzpunkt. Er ist wichtig, da hier die Interaktion zwischen den Akteuren (z. B. Rückmelden an Anforderungen der Branche an Folienhersteller und Aufnehmen dieser Anforderungen in die Folien- und Technikentwicklung) nicht systematisch zu erfolgen scheint. Dies betrifft das Emittieren von Folienteilen (z. B. durch Abreißen von Folienteilen bei der Ernte und Verbleib im oder auf dem Boden beim Bergen oder Reißen der Folie durch Stürme). Es bliebe kritisch zu fragen und zu diskutieren, ob eine Lösung für das mechanische Schlitzen der Sandtaschen beim letzten Bergen ausreichen würde, um das Problem zu lösen.

Um unbeabsichtigte Plastikemissionen durch abgerissene Folienteile zu vermeiden, sind erhöhte Aufmerksamkeit und Sorgfalt beim Bergen der Folie erforderlich und bedingen somit einen wesentlichen Kostenfaktor⁴⁶. Schätzungen eines Beraters gehen von 10-20 Arbeitskraftstunden pro ha bei der Bergung von sandbefüllten Schwarz/Weiß-Folien und einem Bedarf von zusätzlichen 5 Arbeitskraftstunden für die Bergung von möglichen Folienresten⁴⁷ aus, jedoch variiert im Betrieb der Aufwand, je nachdem welches Foliensystem verwendet wird, wo die Folien gelagert werden und ob sie manuell oder maschinell geborgen werden. Dies erfordert verstärkte Kommunikationsbemühungen in der Branche, in der Ausbildung und Beratung sowie zusätzliche Führungs- und Kontrollaufgaben für Betriebsleiter und leitende Angestellte. Durch erhöhte Lohnkosten durch den Mindestlohn und offene Fragen zur Verfügbarkeit von Arbeitskräften könnte dies unabhängig von der konkreten betriebsindividuellen Machbarkeit allgemein als zusätzliche Auflage in einem Gesamtkanon gesellschaftlicher Anforderungen kritisch gesehen werden. Unklar bleibt dabei, wie die Branche mit Fällen schlechter Praxis umgehen wird. Es konnten keine Aussagen dazu getroffen werden, ob Maschinenhersteller Möglichkeiten haben, bei der Weiterentwicklung der Technik auf das Vermeiden von Abrieb und Abriss Einfluss zu nehmen.

Länge der Foliennutzung. Wenig thematisiert wurde die Verlängerung der Nutzungsdauer der Agrarfolien, um den Einsatz von Ressourcen durch Mehrfachnutzung weiter zu verringern. Eine Reinigung der verschmutzten transparenten Folie der Minitunnel oder Antitaufolie sowie die Optimierung der UV-stabilisierenden Zusätze in der Folienherstellung könnte unter Umständen dazu beitragen, dass die die Nutzungsdauer verlängert und Neuanschaffung von Folien hinausgezögert werden kann. Dazu ist es jedoch notwendig, die wünschenswerte Haltbarkeit der Folien mit den Herstellern abzustimmen für eine sichere bewusste Nutzung (siehe oben).

⁴⁶ Schulte et al. (2019) setzen für das Bergen der Folie 27 AKh/ha an

⁴⁷ Annahme: 5.000 Laufmeter Damm/ha

3.1.6.3 Substituieren

Die Praktik des Mulchens von Ackerflächen im Gemüsebau war bereits vor der Einführung der Kunststofffolien ein gängiger Bestandteil von Produktionsverfahren. So wurde beispielsweise bei der Produktion von Erdbeeren eine Bedeckung des Bodens mit Stroh verwendet, um Pilzkrankheiten vorzubeugen und den Boden-Wasserhaushalt zu regulieren. Organische Mulchmaterialien können in vielen Kulturen eine geeignete Alternative zu den Kunststofffolien und Vliesen darstellen. Im Spargelanbau werden bisher allerdings keine organischen Mulchmaterialien verwendet und es bleibt zu diskutieren, ob solche Materialien lediglich für andere Gemüsekulturen, aber nicht für den Spargelanbau eine Innovationsfragestellung darstellen. Denn die Funktion der Temperatursteuerung ist für den Status Quo der Mehrheit des Spargelanbaus eine zwingende Voraussetzung.

Für Mulchfolien, bei denen die Funktionen des Erhalts der Bodenfeuchtigkeit und Unterdrückung von Unkraut im Vordergrund stehen, wurden in den Interviews Ansätze genannt, die Substitutionsstrategien für den Einsatz von Mulchfolien darstellen können. Einige Biobetriebe versuchen gezielt auf Betriebsmittel aus Kunststoff zu verzichten, z. B. beim Kürbisanbau im Freiland, oder Tomaten- und Gurkenanbau im Folientunnel durch verschiedene Bedeckungsschichten, z. B. aus Heu. Weitere alternative Ideen im Teststadium sind Dauerbegrünungen als Mulch zu denen einige Bio-Gemüsebaubetriebe experimentieren. Hier ist das Ziel, durch Fortentwicklung von Technik auf Folien, aber nicht auf die erwünschten Wirkungen für Bodenfeuchte und Unkrautunterdrückung zu verzichten. Gleichzeitig soll damit das Ziel der Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit verfolgt werden. Als Leuchtturmprojekt wird in diesem Zusammenhang mehrfach ein Bio-Gemüsehof Dicken-dorf genannt, welcher mit alternativen Mulchmaterialien experimentiert und eine Pflanzmaschine zur Mulch-Direktpflanzung entwickelt hat (live3give 2022). In den Interviews berichtet außerdem ein folienlos arbeitender Betrieb von sehr positiven Erfahrungen mit der nächtlichen Beregnung der Schläge zur Temperatursteuerung. Durch die Evaporation der bewässerten Flächen entsteht tagsüber ein kühlender Effekt für den Boden. Das Spannungsfeld zwischen Wassernutzung und Folienverwendung kann im Rahmen dieses Berichts nicht weiter vertieft werden.

Biologisch abbaubare Folien: Hauptsächlich wird als Substitutionsstrategie jedoch der Einsatz biologisch abbaubarer Folien oder Bedeckungen diskutiert. Während einige aus regenerativen Materialien noch in einem sehr frühen Stadium sind, hat sich das Feld von biobasierten Kunststoffen dynamisch entwickelt, wird jedoch mehrheitlich in den Interviews und auch in der Literatur noch sehr kritisch oder verhalten bewertet. Biologisch-abbaubare Mulchfolien auf Basis von PLA oder Stärke wurden im Spargelanbau als eine mögliche Alternative zu den Äquivalenten aus erdöl-basiertem Kunststoff von einigen Betrieben getestet. Allerdings scheinen über die Umweltauswirkungen von bioabbaubaren Folien noch Unklarheiten zu herrschen und in den Interviews wurde mehrfach die Befürchtung geäußert, dass nach der Zersetzung dennoch Mikroplastikpartikel im Boden verbleiben. Auch im Validierungsworkshop wurde erklärt, dass der Grünspargelanbau schon mit biologisch abbaubaren Folien arbeite. Während sich einige Akteure eine Ausweitung dieser Praxis auf den gesamten Spargelanbau wünschten, gaben einige zu bedenken, dass dies, aufgrund der Zersetzbarkeit und des potenziellen Zerfalls in immer kleinere Partikel, welche nicht kompostierbar sind, zu überdenken sei. Eine Expertin für Biopolymere erklärte zu diesem Sachverhalt, dass nach dem Abbau eine sachgerecht nach EN 13432 als 'biologisch abbaubar' deklarierte Folie biolo-

gisch abbaubar sei und daher keine Kunststoffrückstände oder ökotoxischen Substanzen bestehen bleiben, also auch keine Mikroplastikpartikel emittiert werden. Im Sinn des Vorsorgeprinzips wäre eine Ergänzung dieses Berichts aus einer anderen disziplinären Perspektive bzw. eine sorgfältige Erforschung der Wirkungen von Biokunststoffen als Agrarfolien sinnvoll (z. B. Wirkung auf Bodenmikrobiologie und damit Nährstoffverhältnisse), wie auch der Stand der Literatur nahelegt.

Aus Nutzersicht kritisch zu bewerten, bleibt dennoch weiterhin die Steuerung des Abbaupunkts mit abbaubaren Folien. Denkbare Lösungen, welche weiterer Forschung bedürfen, wäre beispielsweise die gesteuerte Zersetzung der Bio-Folien durch das Besprühen mit Enzymen, welche den Abbauprozess katalysieren, oder die Kompostierung der Bio-Folien in dafür vorgesehenen Silos. Allerdings wurden mehrfach Bedenken geäußert, dass der Einsatz von abbaubaren Folien in der Spargelproduktion eher ungeeignet scheint, da die Folien für mehrere Jahre genutzt werden, häufig auf- und abgedeckt sowie gewendet werden und biobasierte Materialien dieser Belastung nicht standhalten können. Beim Einpflügen in den Boden sind die Zersetzungsprozesse oft nicht vollständig, sodass die Böden optisch mit Folie durchsetzt erscheinen, was wiederum zu Diskussionen mit Anwohnern führt. Diese schwer steuerbaren Zersetzungsprozesse können auch dazu führen, dass aufgrund des unterschiedlichen Zersetzungsgrades in der Folie, einzelne Folienstücke in der Landschaft verweht werden. Unklar bleibt auch, wie viele Spargelbetriebe derzeit bereits mit einer bioabbaubaren Folie arbeiten. Die Interviewten konnten dazu keine fundierten Aussagen machen. Aktuell sind die biologisch abbaubaren Agrarfolien zudem deutlich teurer als die kohle- und erdöl-basierten Äquivalente.

Insgesamt ist der Bereich bioabbaubare Kunststoffe für die Landwirtschaft als noch relativ junger Bereich zu betrachten, für den Forschung und Entwicklung, Regulierung und Standards auf EU-Ebene weiter eine Rolle spielen, um unerwünschte Wirkungen dieser Alternativen bereits bei der Einführung zu vermeiden. Eine Vertreterin aus einem Umweltverband gab zu bedenken, dass ein starker Antrieb für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben erst durch das Verbot der aus fossilen Rohstoffen hergestellten Folien entstehen würde.

Die Formulierung von Anforderungen aus Sicht des vorbeugenden Bodenschutzes und aus Sicht der Landwirte scheint in diesen Innovationsprozessen im von uns untersuchten Bereich jedoch nicht systematisch zu erfolgen, wodurch der Regulierung des Inverkehrbringens eine große Bedeutung für das Vermeiden unerwünschter Wirkungen der Substitute zukommt. Im gemeinsamen Anforderungsdesign zwischen Anwendern und Herstellern könnte daher ggf. noch ein Entwicklungspotential enthalten sein.

3.1.6.4 Sammeln, Recycling, Nutzung von Rezyklaten

Die weitere Verwendung von konventionellen Folien wird auch europäischer Ebene an die Bedingung geknüpft, dass konventionelle Agrarfolien rückstandslos vom Boden entfernt werden können und werden (Hann et al. 2021). Aus energetischer Sicht und zur Minderung der Emission von Treibhausgasemissionen ist Recycling der thermischen Verwertung und Deponierung vorzuziehen, auch wenn spezifisch zu Agrarfolien keine Bewertungen diesbezüglich vorliegen (Eriksson & Finnveden 2009).

Die Entwicklung des Recyclings ist für eine Kreislaufstrategie übergeordnet ein Zukunftsfeld, das gestaltet werden muss (EC 2020a). In diesem Zusammenhang weisen Hahladakis et al. (2018) da-

rauf hin, dass Recycling Arbeitsplätze schaffen kann. Auch im Bereich Agrarfolien wird aus den Interviews und im Validierungsworkshop genannten Aufgaben erkennbar, dass dafür in verschiedenen Bereichen qualifizierte Arbeitskräfte notwendig sind, z. B. in Forschung und Entwicklung.

Eine Recyclingstrategie erfordert die Entwicklung und Kopplung von Sammel-, Sortier- und Aufbereitungslogistik und einer nachgelagerten Recyclingtechnologie sowie die Regulierung des Rezyklatmarktes. Die Entwicklung einer erfolgreichen Recyclingstrategie ist abhängig von der Etablierung und Durchsetzung von Standards, die für die Rezyklatprodukte eine hinreichende Produktsicherheit gewährleisten sollen. Die derzeitigen Standards, Normen und Prüfverfahren sichern dies nicht. Trotzdem wurde in einigen Interviews geäußert, dass Folie aus oder mit Anteilen von Rezyklat als Beitrag zur Verbesserung der Situation kommuniziert wird. Vorteil der Agrarfolie ist, dass sie in größeren Mengen in gesicherter Qualität gesammelt werden können und damit die Qualität der Rezyklate eingeschätzt werden kann. Daher bedarf es spezifischer Branchen-Vereinbarungen zwischen Lieferanten und Abnehmern bezüglich der Qualität und Lieferbedingungen des Rezyklats von sortenreinen Agrarfolien.

Herausforderungen für die Systembetreiber sind, dass es nur wenige Recyclingunternehmen gibt, die die Spargelfolie aufgrund ihres hohen Verschmutzungsgrads annehmen. Bestätigt wird dies durch die Literaturanalyse, welche ergab, dass keiner der in der Analyse enthaltenen Artikel explizit das Recycling von Agrarfolien untersuchte, jedoch einige Autoren Kosten und fehlende Recyclingmöglichkeiten als Hindernisse zum vollständigen Rezyklieren der genutzten Folien nennen (z. B. Han et al. (2013), Wang et al. (2016), Zhang et al. (2019), Jones et al. (2020)). In mehreren Interviews wird insbesondere die Leerung der Sandtaschen der Schwarz/Weiß-Folie, welche dazu dienen, die Folien zu beschweren und damit zu verhindern, dass sie vom Wind verweht werden, als Kernherausforderung identifiziert. Deshalb werden meist nur Folien mit bereits auf dem Betrieb aufgeschlitzten und entleerten Sandtaschen angenommen. Innovationen, welche das Entleeren und die Säuberung der Folien automatisieren, würden eine erhebliche Erleichterung für die Zuführung der Folien in Recyclingprozesse darstellen. Das ATB in Potsdam forscht derzeit an einer derartigen maschinellen Lösung.

Die Rezyklate werden anschließend verwendet, um Kunststoffprodukte wie Parkbänke und Abfallbeutel herzustellen (sog. Downcycling). Sie werden aber auch zunehmend dafür verwendet, um neue Agrarkunststoffe herzustellen (sog. Closed loop). Neue Folien können mit etwa 70% Rezyklatanteil hergestellt werden und die Kosten dadurch um etwa ein Drittel gesenkt werden. Aufgrund zunehmender Regulierung sowie der Nachhaltigkeitsziele vieler Unternehmen und der erhöhten Preise für Primärrohstoffe steigt die Nachfrage für hochwertige Rezyklate wie jene aus den Agrarkunststoffen. Der Markt für Rezyklate sowie für die Primärrohstoffe unterliegt allerdings großen Schwankungen, weswegen die Entwicklungstrends für Rezyklatprodukte schwer einzuschätzen sind, auch im Licht der Effekte der Ukraine-Krise.

Einige Unternehmen bieten ihren Kunden im Sinne der Kreislaufwirtschaft die Rücknahme der Folien sowie den Kauf von Folien mit Rezyklatanteilen an. Unklar ist der Umfang von Firmen, die dies nicht machen und wie viele Folien von ihnen an Erzeuger verkauft werden. Im Validierungsworkshop wurde dies von Teilnehmenden bestätigt, jedoch angemerkt, dass sowohl eine Kontrolle der Folienrücknahme sowie ein flächendeckendes Rücknahmesystem jedoch fehle. Die Verbesse-

rung der Datengrundlage zu den Kunststoffstoffströmen sollte daher Teil der Entwicklung der Recyclingstrategie sein.

Allerdings herrscht häufig aufgrund von Qualitätsproblemen in der Vergangenheit ein negatives Image für Folien aus Recyclingkunststoff. Ein Folienhersteller argumentiert in diesem Zuge, dass sich die Akzeptanz dieser *closed loop*-Produkte noch steigern muss. Bei der Folienproduktion verwendete Additive haben laut des Folienherstellers keine negativen Auswirkungen auf den Recyclingprozess und die Reinheit der produzierten Polymere kann analytisch überprüft werden. Allerdings muss im Herstellungsprozess von Folien mit hohem Regeneratanteil häufiger nachgesteuert werden und es ergibt sich ein komplexeres Verfahren als bei der Produktion aus Primärrohstoffen. Außerdem fallen sehr große Mengen an ausgesonderten Folien zu bestimmten Jahreszeiten an, eine ganzjährige kontinuierliche Versorgung der Recyclingunternehmen mit Folien ist daher nicht gegeben. Während des Validierungsworkshops gaben Akteure an, dass sie sich in diesem Bereich mehr Forschung und Förderung wünschen. Einige gaben aber auch zu bedenken, dass die jetzige Nutzung von Folien aus Rezyklaten nur eingeschränkt möglich sei. Grund dafür ist, dass solche Folien nur unter bestimmten Voraussetzungen in Kontakt mit Lebensmitteln kommen dürfen. Umweltverbände machen in den Interviews die Forderung deutlich, dass es eine verpflichtende Regelung für die Rücknahme der Folien anstatt des aktuellen freiwilligen Entsorgungssystems braucht. Laut Teilnehmenden des Validierungsworkshops werden alle nicht rezyklierten Folien thermisch verwertet, obwohl in den Interviews auch anders berichtet wurde. Über die genauen Mengenverteilungen der Entsorgungswege von Agrarfolien konnte aber keine Aussage getroffen werden und es konnten aus diesem Bereich keine Interviews geführt werden.

3.1.6.5. Kohärenz

Unter Kohärenz werden alle Maßnahmen zusammengefasst, die jenseits oder in Kombination mit einer oder mehreren der oben genannten Strategien für eine Abmilderung der negativen Effekte sowie zu positiven Umweltauswirkungen im Spargelanbau führen können, insbesondere im Hinblick auf die Biodiversität. Dazu genannt - jedoch unterschiedlich bewertet - wurden in verschiedenen Interviews beispielsweise produktionsintegrierte Maßnahmen durch Anpassung der Schlaggrößen, Zwischenreihenbegrünung, weitere biodiversitätsfördernde agrarökologische Maßnahmen und Maßnahmen im Flächenmanagement (beispielsweise kleinere Schlaggrößen und Anpassungen in der Struktur) und gesetzliche Regulierungen, zu denen weiter unten auf Basis des empirischen Materials Aussagen getroffen werden. Am häufigsten wurde in den Interviews **Kommunikation, Wissens- und Erfahrungsaustausch und sektorübergreifende Netzwerkarbeit mit dem Naturschutz, dem regionalen Kulturlandschaftsmanagement oder bei der nachhaltigen Regionalentwicklung** vor Ort angesprochen. Mehrere Vertreter aus Beratung und Verbandsarbeit wünschen sich die Erarbeitung eines gegenseitigen Verständnisses und eine Akzeptanz für die Anwendung spezifischer landwirtschaftlicher Praktiken wie beispielsweise den Folieneinsatz. Zudem sollen Wissenslücken bei den Verbrauchern durch entsprechende Aufklärungsarbeit geschlossen werden. Als Beispiel dafür wurde die Kritik von Bürgerinnen und Bürgern am Einpflügen von biologisch abbaubarer Folie angeführt. Es wurde argumentiert, dass Konflikte bei ausreichender Kommunikation über die positiven Effekte der Foliennutzung schnell beseitigt werden und mehr Zuspruch generiert werden könnte. Spargelerzeugerverbände wollen dazu beitragen, indem sie den

Wissenstransfer mit Informationsmaterialien und anderen Kommunikationskanälen in die Öffentlichkeit unterstützen. Hier besteht noch ein Spannungsfeld, da bereits jetzt in der Direktvermarktung viel Öffentlichkeitsarbeit geleistet wird, große Betriebe mit sehr großen Flächen sich für diese Aktivitäten kollegial jedoch kaum engagieren. Außerdem wurde von einem Vertreter einer Erzeugergenossenschaft bemängelt, dass die Landwirtschaft in den letzten Jahren zu wenig finanzielle Mittel genutzt habe, um ein positives Image der regionalen und saisonalen Nahrungserzeugung zu stärken. Während deutlich wird, dass dies mit einem umfassenden Ansatz zusätzliche Ressourcen erfordert, wurden viele Einzelbeispiele zur Kommunikation benannt. Ein Landwirt berichtet, er habe versucht, Führungen über seinen Spargelbetrieb anzubieten, um Konsumenten die landwirtschaftliche Praxis näher zu bringen, welche allerdings eher schlecht angenommen wurden. Im Validierungsworkshop wurden diese ausgeführten Maßnahmen wiederholt und die Kooperation zwischen Spargelanbau und Naturschutz mit Wissensaustausch für ein gegenseitiges Verständnis sowie konkrete Kooperationsprojekte als ein zentraler Lösungsansatz für die Bearbeitung des Konflikts gekennzeichnet.

Auf der anderen Seite spricht sich ein Umweltverband auch klar für verbesserte Kommunikation und Aufklärung der Verbraucher aus, legt hier allerdings den Fokus auf die Vermittlung des Wissens über die Verfügbarkeit der Gemüsesorten nach ihrer Saisonalität. So könnte beispielsweise kommuniziert werden, dass Spargel in Deutschland ohne Folienanbau erst frühestens Ende April verfügbar ist. Nicht zuletzt geht es hier auch um die Kommunikation innerhalb der Branche zur Problemlösung. Dabei wurde jedoch in einigen Interviews erwähnt, dass es trotz unterschiedlicher Organisationsstrukturen der Branche erforderlich sei, zu einem einheitlichen Vorgehen zu gelangen. Nicht angesprochen wurde, welchen Anteil die bereits bestehenden eigenen Marktgenerierungsmechanismen (Medienarbeit, Vernetzung innerhalb der Branche und darüber hinaus etc.) dabei spielen könnten. Klar wird, dass die Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Naturschutz und Landwirtschaft noch große Potentiale für die Schaffung zukunftsfähiger Ernährungssysteme bietet. Es wurden Pilotprojekte genannt, bei denen Ehrenamtliche aus dem Naturschutz mit Betrieben zusammenarbeiten, um die Betriebsflächen als Habitat zu gestalten, jedoch zunächst ohne Veränderungen der Produktionsflächen.

Uneinigkeit herrscht darüber, ob die **Foliennutzung gesetzlich reguliert** werden sollte. Während sich ein Experte aus dem Naturschutz klar für ein Verbot von Spargelanbau und Folie in FFH-Schutzgebieten ausspricht⁴⁸, argumentieren Vertreter aus Handel und Beratung für eine marktgesteuerte Regulierung der Anbauflächen und damit verbundenen Foliennutzung. Ein Verbot der Spargelfolien wäre allerdings nur dann wirksam, wenn es europaweit durchgesetzt würde, um Wettbewerbsnachteile zu vermeiden. Eine weitere Möglichkeit zur Regulierung wäre die Einführung von einer Leitlinie und Mindeststandards der Verbände in Bezug auf den Folieneinsatz. Teilnehmende des Validierungswshops sahen in dieser Art von Regulierung keine Lösung und lehnten ein Verbot ab. Jedoch wurde angebracht, dass eine gesetzliche Regulierung, welche auf finanzielle Anreize zur Substitution und Vermeidung abzielt, sowie die Normierung der Herstellung und des Einsatzes von Agrarfolien (z. B. durch eine DIN-Norm), willkommen wären. Auch Stubenrauch & Ekardt (2021) weisen darauf hin, dass eine EU-weite Regulierung, z. B. auch in Bezug auf Mikroplas-

⁴⁸ In Brandenburg bedürfen seit 2017 Neuanlagen von Spargelflächen in Schutzgebieten einer Genehmigung durch die Untere Naturschutzbehörde. Spargelproduzenten haben sich gerichtlich gegen diese Regulierung gewehrt.

tik die angemessene Gesetzgebungsebene wäre, auch wenn einige Staaten bereits national selektiv Stoffe reguliert haben.

Ein weiterer Lösungsansatz rund um den Einsatz von Folien ist ein **bewussterer Umgang** mit den Folien, welcher sich von der Produktion, über den Einkauf und die Nutzung bis zur Entsorgung erstreckt. Dieser Ansatz wurde immer wieder im Validierungsworkshop genannt und sollte Entscheidungen nach ökologischen Gesichtspunkten, wie zum Beispiel Langlebigkeit der Folien, und Kontrolle des Einsatzes der Folien einschließen. Entscheidungsunterstützende Informationen und Anregungen müssten den Betrieben daher idealerweise nach der Erntesaison für die Planung der nächsten Saison vorliegen. Die Kommunikation mit den Herstellern zu Anforderungen an die Folien sollte unbedingt verbessert werden, da das Handling der Folien eine Quelle für Makroplastikrückstände auf den Feldern ist. Denn bei Spargel wird nach Auskunft eines Beraters an durchschnittlich circa 60 Erntetagen die Schwarz/Weiß-Dammfolie mindestens einmal manuell oder maschinell pro Erntetag bewegt. Bei einer Zweifachbedeckung mit einer transparenter Tunnel folie sind ca. 20 Bewegungen pro Jahr einzuplanen, da die Tunnel bei entsprechender Außentemperatur abgenommen werden.

Auch **alternative landwirtschaftliche Anbaumethoden** wurden zur Lösung des Konflikts um die Foliennutzung genannt. Da den nachfolgend aufgezählten Maßnahmen bestimmte normative Annahmen zugrunde liegen, werden sie von einigen Akteuren als nicht relevant betrachtet für den Produktionsgartenbau. Jedoch beschäftigen sich bereits Betriebe mit Fragen von zukunftsfähig angepasste Landwirtschaftsformen und experimentieren mit Permakultur und regenerativer Landwirtschaft, um biologische Kreisläufe zu schließen und durch eine Intensivierung des Anbaus zur Schaffung nachhaltiger Ernährungssysteme beizutragen. Dies würde allerdings eine tiefgründige Umstrukturierung in Bezug auf Anbaumethoden, Bodenmanagement, Technikeinsatz und Personalaufwand bedeuten bzw. nur für eine bestimmte Gruppe von Betrieben geeignet sein. Jedoch gibt es auch erste Spargelbetriebe, die sich damit auseinandersetzen, welche Prinzipien und einzelnen agrarökologischen Praktiken sich die üblichen Abläufe integrieren lassen, z. B. zum Humusaufbau.

Mehrere Interviewpartner (insb. aus dem Naturschutz) plädieren außerdem für Anpassungen im Konsumverhalten. Da es sich bei Spargel um ein vergleichsweise wenig nahrhaftes Gemüse (im 'klassischen' Sinn von Kaloriengehalt) handelt, trägt er nicht im herkömmlichen Sinn zur Nahrungsgrundsicherung bei und wird eher als Luxusprodukt gesehen. In dieser Argumentation stellt sich die Frage nach dem Anbauumfang. Auch Vertreter der Branche diskutierten eine notwendige Marktberreinigung. Als Folge wird hier jedoch die Fortsetzung des Strukturwandels erwartet mit der Aufgabe von kleinen Betrieben und der Stärkung von großen Betrieben. Nicht diskutiert wird der Anbau in kleinen Betrieben mit kleineren Flächen in der Agrarlandschaft mit Möglichkeiten der Direktvermarktung und Kommunikation und Begrenzung von großen Schlägen unter Folie. Auch eine Konsumverschiebung hin zu mehr Grünspargel kann zur Reduzierung des Folieneinsatzes beitragen. Dies führt jedoch nicht zu folienlosem Spargelanbau, wie Verbände und Berater betonen, da beim Grünspargelanbau in der Regel ein Minitunnel eingesetzt wird, jedoch auf die Schwarz/Weiß-Folie verzichtet wird und biologisch abbaubares Mulchmaterial (in der Regel biologisch abbaubare Folien) eingesetzt werden kann. Violetter Spargel hat bisher nur einen sehr geringen Marktanteil in wenigen Ländern (z. B. Frankreich). Er verfärbt sich nach dem Kochen gräu-

lich/gelblich, weshalb er in der Gastronomie bisher kaum Verwendung findet⁴⁹. Eine gesteigerte Akzeptanz für Bleichspargel mit leicht violetten Spitzen könnte die Notwendigkeit des Folieneinsatzes reduzieren. Laut einem Erfahrungsbericht eines Spargelproduzenten entscheiden sich Verbraucher jedoch auch in der Direktvermarktung von folienlos produziertem Spargel fast ausschließlich für Stangen mit besonders weißen Köpfen, so dass erst eine Änderung der Qualitätsmerkmale von Spargel und eine entsprechende Kommunikation nachhaltigere Produktionsverfahren erlauben werden⁵⁰.

Umweltverbände und Experten aus dem Naturschutz bemängelten, dass in der **landwirtschaftlichen Ausbildung** Wissen zu ökologischen Zusammenhängen, Biodiversität in der Agrarlandschaft und einem funktionalen und regenerativen Agrarökosystem unzureichend vermittelt wird und hier Nachbesserungsbedarf besteht. Das Thema Agrarfolien würde sich beispielsweise als didaktischer Anlass eignen, dieses Wissen zu integrieren und das notwendige Wissen für die Gestaltung verschiedener Spannungsfelder zu vermitteln.

Zu mehr **Biodiversität und Naturschutz in der Landwirtschaft** können beispielsweise Blühstreifen und Zwischenreihenbegrünungen beitragen. Neben den ökologischen Effekten wirken sich diese Maßnahmen auch positiv auf das Image der Spargelproduktion aus und können einen Sichtschutz zur Abmilderung der Veränderung des Landschaftsbildes beitragen, so ein Verbandsvertreter. Dies könnte eine alternative Maßnahme zur Verwendung von grün-weißen Folien, die eine schlechtere Haltbarkeit aufweisen, sein. Ungünstige Standorte wie Senken und spitz zulaufende Winkel auf Schlägen könnten außerdem zur Schaffung von Biotopen genutzt werden. Allerdings sind die Erlöse pro Fläche im Bereich der Sonderkulturen so hoch, dass Anreize zur Nutzung von Teilen der Agrarfläche zu Naturschutzzwecken aus Sicht von Naturschutzvertretern gering sind. Zur Finanzierung dieser Maßnahmen können zwar Fördermittel abgerufen werden, der bürokratische Aufwand dafür stellt allerdings häufig ein großes Hemmnis dar, denn in der Branche wird die zunehmende Belastung und der Zeitbedarf durch bürokratische Anforderungen aus verschiedenen Bereichen immer wieder kritisch thematisiert. Der Zeitbedarf, der sich aus den hier vorgestellten Maßnahmen jeweils für Betriebsleiter ergibt, könnte daher auch entscheidend in Bezug auf die Umsetzbarkeit innerhalb der organisatorischen Abläufe der Betriebe sein. Der NABU bietet eine kostenlose Biodiversitätsberatung für landwirtschaftliche Betriebe an, welche allerdings bisher nur wenig angenommen wird.

Spargelberater berichten, dass die Zwischenreihenbegrünung bereits von einigen Betrieben (ca. 15-20%), besonders im süddeutschen Raum, implementiert wird und weitere Betriebsleiter Interesse an dieser geäußert haben. Bisher haben sich dabei zwei Verfahren etabliert. Zum einen gibt es die Begrünung der Zwischenreihen mit Blümmischungen (beispielsweise Senf, Raps, Erbse, Lupine, Hafer, Ramtillkraut etc.), welches allerdings bis zu 1,20-1,50 Meter hoch wächst und dadurch die Abtrocknung des Spargelkrauts nach Niederschlägen verlangsamt und so zur Ausbreitung von Pilzkrankheiten beitragen kann. Durch eine spätere Aussaat Mitte bis Ende August kann dieser Effekt vermindert werden. Eine andere Methode ist das Säen einer Kleegrasmischung nach der Ernte Ende Juni, da dieses eine geringere Wuchshöhe hat.

⁴⁹ Dies gilt auch für weitere Spezialitäten wie Wildspargel, die jedoch Potential für Sortimentsdifferenzierung in der Gastronomie bieten könnten.

⁵⁰ Beispielsweise in Frankreich werden markengeschützte/ herkunftsgeschützte regionale Spargelspezialitäten auch mit violetten Spitzen vermarktet.



Abbildung 22. Zwischenreihenbegrünung mit Blütmischung,

Foto 7: copyright Bildungszentrum Gartenbau und Landwirtschaft Münster-Wollbeck, Ralf Große Dankbar, Carsten Wenke



Abbildung 23. Zwischenreihenbegrünung mit Klee-Grasmischung,

Foto 8: copyright Bildungszentrum Gartenbau und Landwirtschaft Münster-Wollbeck, Ralf Große Dankbar, Carsten Wenke

Im Herbst werden die Zwischenreihenbegrünung zusammen mit dem Spargellaub in den Boden eingearbeitet und fördern so vermutlich die Humusbildung. Außerdem wirkt sich die Begrünung vorteilhaft auf den Stickstoffhaushalt aus, verbessert die Aufnahmefähigkeit von Wasser, hat eine positive Auswirkung auf das Bodenleben und die Durchlüftung des Bodens. In diesem Bereich besteht noch Forschungsbedarf zu konkreten Wirkungen auf den Humusgehalt des Bodens und zur optimalen und standortangepassten Zusammensetzung der Begrünungsmischungen. Es wurden bereits erste Versuche zur Ganzjahresbegrünung durchgeführt; allerdings muss diese Begrünung weiterhin die Befahrbarkeit der Zwischenreihen während der Ernteperiode gewährleisten. Da das Einsäen der Begrünung einen Mehraufwand und somit einen zusätzlichen Kostenfaktor darstellt, für den auch entsprechende maschinelle Sätechnik benötigt wird, bedeutet dies eine Hemmschwelle für die Betriebe. Finanzielle Förderungen könnten dazu beitragen, die Bereitschaft der Spargelproduzenten zur Implementierung von Zwischenreihenbegrünungen zu erhöhen. Auch Maschinenkooperationen oder Dienstleistungen wären in den Anbaugebieten denkbar. Auch wenn die begrünten Streifen auf den Spargelfeldern einen Beitrag zur Biodiversität leisten, können sie den Lebensraum von Arten mit großen Raumansprüchen wie Schreiadlern und Milanen nicht kompensieren. Die täglichen Erntetätigkeiten sind zudem auch Störungen für bodenbrütende Vögel. Möglich wäre dafür beispielsweise auch die Durchmischung der Spargelflächen mit bodenbrütergerechten Flächen, welche bis Ende Juni nicht bewirtschaftet werden.

Unerwünschte negative Umweltauswirkungen durch den Folieneinsatz können auch durch entsprechende **Umstrukturierungen der Anbauflächen** erzielt werden. Mehrfach wurde in den Interviews beschrieben, dass eine Parzellierung und Verkleinerung der Flächen zwar denkbar wäre,

allerdings zu betriebs- und arbeitswirtschaftlichen Nachteilen in der Ernte, Düngung, Pflanzenschutz und Bewässerung führen würde. Die dem Verfahren zugrundeliegende Spargeltechnik ist nach der Bearbeitung von Reihen ausgelegt und daher theoretisch flexibel kombinierbar, schätzte ein Technikexperte ein. Es wäre daher zunächst eine Gestaltungs-Aufgabe (*design for biodiversity*), verschiedene mögliche Strukturen der Anbaufläche aus Biodiversitäts- und Produktionssicht zu entwickeln, um dann eine ökonomische Bewertung vornehmen zu können. In den produktionsökonomischen Betrachtungen des Spargelanbaus wird eine Vielzahl an Variablen zur Gestaltung des Produktionsverfahrens deutlich, jedoch sind solche Berechnungen aufgrund der noch bestehenden Unschärfe über mögliche Systemdesigns erst zu einem späteren Zeitpunkt durchführbar (Schreiner et al. 2007, Schulte et al. 2016).

Zur Minderung der Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und der Geräuschbelästigung könnten spätreifende Spargelkulturen in Siedlungsnähe angelegt werden, während die Verfrühungsfelder mit Minitunneln in größeren Abständen zu Wohnsiedlungen platziert werden sollten. In den Interviews wurde die Bedeutung der Ernährungssicherung angesprochen und ob und welche Rolle Spargel dabei spielt, um den Folieneinsatz zu begründen. Aus dem Naturschutz wird die Meinung geäußert, dass die Flächenplanung der landwirtschaftlichen Nutzfläche grundsätzlich nach der Gewährleistung der Ernährungssicherheit ausgelegt werden sollte. Auch die interviewten Betriebe sprachen die (zu wenig beachtete und wertgeschätzte) Bedeutung von regionalen Gemüsebauproduzenten für die Ernährungssicherung an. Jedoch entsteht aus den Diskussionen der Besonderheiten von Spargel, den Bestrebungen der Branche nach breiter Verfügbarkeit und Zuschreibungen, dass diese strategischen Begründungen allein ökonomisch motiviert seien und der Beitrag zur Ernährungssicherung des Spargelanbaus durchaus kritisch zu diskutieren sei, ein Spannungsfeld. In diesem Spannungsfeld stellen sich Fragen, die über den Fokus dieses Berichts hinausgehen:

- Wie kann eine Gemüseproduktion für eine planetar und individuell gesunde, vielfältige und fair verfügbare Ernährung aussehen und gestaltet werden?
- Wie kann in der Gemüseproduktion die Funktion der Reduktion der Evaporation von Wasser aus dem Boden zukunftsfähig gestaltet werden?

Grenzen bestehen jedoch bei der einzelbetrieblichen Entscheidung zum Umfang und insbesondere zur Schlaggröße der folienbedeckten Fläche. Für diesen Bereich ist eine tiefergehende Betrachtung umweltpolitischer Rahmenbedingungen an der Schnittstelle zwischen Landwirtschaft und biodiversitätsfördernden Politiken notwendig, um Anreize für die Betriebe zu schaffen sowie Möglichkeiten der Gestaltung einer vielfältig strukturierten und damit multifunktionalen Agrarlandschaft.

3.1.6.6 Konfliktsensibilität, Kommunikation, Koordination

Die empirischen Arbeiten haben gezeigt, dass Lösungsbemühungen vor Ort unter der diskursiven Aufladung des Themas in 'entweder-oder' Szenarien leiden und sich damit auch der Blick auf mögliche Lösungen zu weit verengt. Aus der konfliktsensiblen Perspektive des Projektes sollte bei der Thematik weiterhin ein Augenmerk auf diese Eigenschaft der Situation und bei allen weiteren Bemühungen zur Verbesserung beibehalten werden. Wir sehen Konfliktsensibilität als einen wichtigen Bestandteil für jede der angesprochenen Ansatzpunkte zur Verbesserung der Situation.

Einen Beitrag zu dieser diskursiven Verengung kann dem analysierten Mediendiskurs zugeschrieben werden. Seit 2015 äußern sich Die Grünen immer wieder zu der Thematik und führen unter anderem das Vogelschutzgutachten an, welches belegt, dass die Artenvielfalt in den Spargelangebieten zurückgeht. Eine überregionale Zeitung titelte daraufhin “[...] Politiker fordert Folienverbot”. Andere Zeitungen übernahmen diesen Begriff, obwohl das Folienverbot in diesem Sinne gar nicht gefordert wurde. Jedoch gibt es auch andere Artikel, die dem Geschehen näherkommen (z. B. “[...] wollen klare Regeln für Spargel-Folie” (Potsdamer Neueste Nachrichten, 05.05.2019)). In diesem Artikel geht es darum, dass Klarheit darüber fehle, was es bedeute, großflächig Kunststoffe in der offenen Landwirtschaft zu verwenden. Dazu gehöre insbesondere ein Überblick über die Dimensionen der Agrarfoliennutzung und die Bewertung der Anreicherung von Mikroplastik im Boden. Zudem solle klar geregelt werden, wie mit der Folie auf geschützten Flächen umgegangen wird. Ein Teil des Eskalationsmechanismus kann so beschrieben werden: die Grünen fordern klare Regeln, die Presseüberschriften dazu suggerieren, dass sie ein Folienverbot fordern würden.

Durch die Anfragen, Anträge im Landtag und Initiativen der Grünen (z. B. mit Vorschlägen zu einer Reduktion der gesamten Anbaufläche auf 10% und ein Verbot der Foliennutzung in Schutzgebieten) werden die foliennutzenden Betriebe in die Defensive gebracht. Denn die Wissensbestände, auf die sich das Produktionsverfahren stützt, stellt keine Informationen dazu bereit, um sich zu solchen Ermessensfragen zu positionieren. Denn wie dargestellt, werden hauptsächlich ertragsorientierte Forschungsfragen wissenschaftlich bearbeitet und deutlich weniger Fragen zu Alternativen. Hinweise auf Umweltprobleme einer nicht sachgerechten Foliennentorgung wurden seit den 1980er Jahren zwar thematisiert, aber es fand keine Integration zwischen den verschiedenen disziplinären Sichtweisen statt. Lösungsstrategien für den lokalen Konflikt zeichnen sich (Stand Mai 2022) leider noch nicht ab. Allgemein werden die teilweise eskalierenden Konflikte in den Medienberichten nicht hinsichtlich möglicher Lösungen thematisiert; sondern nur gegenläufige Positionen dargestellt (bspw. “Bauern vs. Behörden” oder “Grüne gegen Freie Wähler”). Diese Darstellung wird dem Bedarf an Kooperation für die Erarbeitung von Lösungsideen, wie sie in den Interviews und auch im Validierungsworkshop entwickelt wurden, nicht gerecht.

Insgesamt sind zu dem Thema, aber auch bei den Akteuren individuell verschiedene Wissenslücken vorhanden, die sich schnell zu Missverständnissen und zugespitzten Zuschreibungen entwickeln können. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Bedeckung des Bodens und die verschiedenen damit verbundenen Funktionen eine komplexe Innovationsherausforderung sind, denn sie betreffen nicht nur eine, sondern mehrere planetare Nachhaltigkeitsherausforderungen (Biodiversität, Klima, materielle Integrität). Es ist damit ein illustratives Beispiel für die Komplexität planetarer Gesundheit, die ein differenziertes Verständnis erfordern, allein nur einen kleinen Anteil haben, sich aber global ‘aufsummieren’. Wenn man anhand des Agrarfolieneinsatzes exemplarisch Lösungen erarbeiten würde, müssten viele Wissensbereiche und Erfahrungswissen in die Entwicklung ganzheitlicher Lösungen integriert werden. Sie werden jedoch auch international gebraucht, da der Bedarf nach den Funktionen, die aktuell von konventionellen Agrarfolien erfüllt werden, weiter steigen wird.

Für Innovationsprozesse in der Landwirtschaft spielt Vertrauen eine wichtige Rolle, und Veränderungen sind oft nur inkrementell umsetzbar, da sie mit langfristigen Investitionsentscheidungen verbunden sind (Bokelmann et al. 2012). Vertrauen sollte im Hinblick auf mögliche unerwünschte

Wirkungen jedoch nicht 'blind' sein, sondern offen für neues Wissen. Es ist daher für alle Beteiligten wichtig, das Thema hinsichtlich seiner Bedeutung und seines Umfangs zu erfassen und die jeweiligen Handlungsmöglichkeiten für eine Verbesserung der Situation zu nutzen. Im Validierungsworkshop wurde für kooperative Projekte ein Zeitfenster von 10 Jahren anvisiert, um den Spargelanbau biodiversitätsgerecht umzugestalten. Ein konfliktsensibles Vorgehen der Beteiligten könnte dazu beitragen, dass in diesem Bericht aus verschiedenen Bereichen des Versorgungs- und Innovationssystems Spargel systematisierten Ansatzpunkten für die Verbesserung der Situation aufgegriffen und weiterentwickelt werden können. Der Spargelanbau wäre dann **“kein Ruhefeld”** aber **“freiwilliger”** Raum für die Bemühungen um eine Verbesserung der Situation

- bei der nachhaltigkeitsförderlichen Regulierung,
- beim Design für Zirkularität und Nutzungssicherheit von Agrarfolien,
- beim Design und Bewertung von möglichen Varianten einer nutzungssicheren biodiversitätsgerechteren folienverwendenden Spargel-, Gemüse- und Erdbeerproduktion und
- bei der begleitenden Kommunikation.

Teilnehmende im Validierungsworkshop schätzten ein, dass solche Initiativen **“sofort losgehen”**⁵¹ könnten. Die Vorgehensweise muss dabei den regionalen Besonderheiten und Handlungsmöglichkeiten angemessen ausgestaltet werden. Zudem müsste ein multiperspektivisches Monitoring entwickelt werden, das Effekte der Bemühungen auf den Einsatz von Agrarfolien, die Entwicklung der Betriebe, Einträge und Wirkungen auf Biodiversität und Bodengesundheit usw. umfasst, um Verbesserungen und Verschlechterungen der Situation erkennen zu können.

Für die Vielfalt der regional und betrieblich passenden Ansatzpunkte kann es sinnvoll sein, eine moderierte Plattform zum Thema zu schaffen, damit das Thema zum Thema wird und ein Rahmen besteht, innerhalb dessen Wissen ausgetauscht und weitere, in dieser Studie nicht abgedeckte Bereiche mit einbezogen werden können. Dadurch könnte der 'Konflikt' als Ermessensfrage diskutiert werden, bei deren Diskussion auch Bereiche von Nichtwissen berücksichtigt werden können. Im Validierungsworkshop wurden Verbände aus verschiedenen Bereichen als kooperativ koordinierende Akteure diskutiert. Zudem könnten für Bereiche ohne eskalierte Konflikte auch inter- und transdisziplinäre Projekte, die das Erarbeiten von Lösungsstrategien aus verschiedenen wissenschaftlichen praktischen Perspektiven erlauben, eine geeignete Herangehensweise sein. Für eine längerfristige Verankerung des Themas könnte sich die Anbindung an eher langfristig gesicherte Strukturen anbieten. Denn auffällig war, dass die Akteure zu dem Thema kaum Austausch mit der Wissenschaft hatten. Einzelfragestellungen können darüber hinaus auch im Rahmen von Versuchsanstellungen bearbeitet werden, jedoch wäre hier die Frage der Rückkopplung an ein sich fortlaufend fortschreibendes Gesamtsituationsverständnis bedenkenswert. Solch eine Plattform müsste die hier beschriebenen Strategien für einen bewussten und anwendungssicheren Umgang bei der Bedeckung des Bodens zur Nutzung verschiedener Funktionen als Innovations- und Transformationsherausforderung formulieren. Denn im Zuge des Klimawandels wird die Reduktion der Evaporation von Wasser aus dem Boden sowie die Förderung der Boden- und Pflanzengesundheit unter solchen Bedingungen eine zentrale Zukunftsaufgabe für resiliente Ernährungssysteme werden.

⁵¹ Fett: Zitate aus dem Validierungsworkshop

Eine Herausforderung ergibt sich durch die Einsicht in die Vielschichtigkeit eines fallbeispielhaften Teilsystems im Licht des generellen Umfangs des Themas Plastik in der Landwirtschaft. Denn nicht nur die an den Spargelanbau angrenzenden Bereiche, in denen bisher konventionelle Mulchfolien genutzt werden, sondern auch andere Eintragswege von Mikroplastik sind bedeutsam. Es ist daher zu empfehlen, dass das Thema Plastik in landwirtschaftlichen Böden mit verschiedenen Bereichen, die in sich selbst wieder komplex sein dürften (z. B. plastikfreier Kompost, Alternativen zu mit Plastik ummantelten Dauerdüngern) in entsprechenden Programmen zu thematisieren, damit die Betriebe angemessen handeln können und Alternativen zur Verfügung haben.

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Das Agrarkunststoffthema ist bisher eher ein Randbereich des Tagesgeschäfts und der mentalen Modelle der Akteure, das jedoch Expertenwissen aus verschiedenen Bereichen erfordert, um unerwünschte Wirkungen genau benennen zu können und die verschiedenen Handlungsmöglichkeiten der Branche zu informieren. Lösungsstrategien zur Reduzierung der unerwünschten Umweltauswirkungen von Agrarfolien erfordern einen systemischen und ganzheitlichen aber gleichzeitig praxisorientierten Fokus.

Die vorliegende Situationsbeschreibung strukturiert für Agrarfolien am Beispiel des Spargelanbaus Wirkungen von Herstellung, Nutzung und Entsorgung sowie den für Agrarfolien verwendeten Materialien. Sie wurde bereits in ihrem groben Entwurfsstadium insgesamt positiv bewertet, auch wenn sie deutlich macht, dass sie wie zu Projektbeginn erwartet nicht allen betrieblichen Unterschieden und lokalen Gegebenheiten sowie individuellen Interessen und Werthaltungen gerecht werden wird. Sie kann wo nötig weiter ausdifferenziert werden. Durch die **Strukturierung** kann der Bericht potentiell einen Beitrag zur Verbesserung der Kommunikation leisten, da nun besser benannt werden kann, was eigentlich hinterfragt, kritisiert oder verteidigt wird (z. B. Einsatz von mehrfach genutzter Schwarz/Weiß-Folie von ca. 95% der Spargelbetriebe versus 1-2-jähriger Nutzung von Dreifachabdeckungen von 5% der Betriebe). Die vorgelegte Strukturierung und die erarbeiteten empirischen Ergebnisse können Ausgangspunkt für quantifizierende Lebenszyklusanalysen sein oder andere Vertiefungsuntersuchungen bzw. Entwicklungsbemühungen. Idealerweise können die Akteure so intern und extern genauer kommunizieren.

Die **konfliktsensible Perspektive** zeigt auf, dass Konflikte einerseits die konstruktive Funktion haben, auf ein Thema aufmerksam zu machen. Ab bestimmten Eskalationsstufen machen sie es jedoch schwer für das gesamte Thema an Lösungen zu arbeiten, und zwar auch für die Akteure, die nicht direkt involviert sind. Daher ist der Beitrag dieser Studie insbesondere das Erweitern der Perspektive auf den existierenden Spielraum für Ansatzpunkte von Lösungen jenseits von 'Mit Folie oder gar kein Spargel': es gibt Spielraum für Verbesserung der Situation, auch wenn dieser durch die Zahlungsbereitschaft für Spargel und die ggf. zusätzlichen Kosten, die Lösungen verursachen, begrenzt ist - insbesondere in der aktuellen Situation seit dem 24. Februar 2022. Aufgrund des ökonomisch engen Handlungsspielraums und der begrenzten Ressourcen aller Akteure in der Situation sind - hier lediglich zur Leseverständlichkeit zugespitzt formuliert - eine 'Verteidigung des Status Quo' der Branche (die sich tatsächlich immer weiterentwickelt) als auch eine Folienverbots- oder Reduktions-Strategie 'der Kritiker' (die durch fehlendes Kontextwissen und das derzeitige Fehlen von Alternativen die Kritisierten an Grenzen stoßen) der Bedeutung des Themas nicht an-

gemessen. Beide Zuspitzungen entsprechen nach den vorgelegten Erkenntnissen auch nicht den weitaus differenzierteren Sichtweisen der Akteure im Feld, die auf allen Seiten mit dem Expertenwissen aus ihrem jeweiligen Bereich für verschiedene betriebliche und regionale Situationen unterschiedlich gut geeignete Lösungsstrategien ansprachen. Daher ist es auch in der weiteren Kommunikation hilfreich, wenn zukünftig der bisherige Anteil der Presse am Eskalationsmechanismus berücksichtigt werden kann.

Auch andere Dichotomien, die oft im Diskurs gegenübergestellt werden (z. B. ökologische und konventionelle Landwirtschaft), sind eher als Kontinuum verschiedener Produktionssysteme zu betrachten, um dann erlauben zu können, wo welches System geeignet ist für die Produktion von Nahrungsmitteln und gesellschaftlichen Leistungen (Shennan et al. 2017). Denn in beiden Systemen spielen die Funktionen, die heute konventionelle, zum Teil bereits biologisch abbaubare Agrarfolien spielen oder andere folienlose Mulchverfahren, eine wichtige Rolle.

Diese Studie kann daher lediglich einen Aufschlag liefern, um anhand des Spargelanbaus zu erkennen, dass das **Bedecken des Bodens mit verschiedenen Materialien zwar eine alte, aber auch veränderte Innovations- und Transformationsherausforderung** im Licht des Wissens um die Wirkungen von Agrarfolien und den Auswirkungen des Klimawandels ist. D.h. die Wissensbasis aller Akteure muss kurzfristig gestärkt werden, damit sie erlauben können, **ob und unter welchen Bedingungen der konventionelle Folieneinsatz plastikemissionsfrei und nebenwirkungsarm gestaltet werden kann** (Hann et al. 2021). Um langfristig tragbare Pfade für Agrarfolien aus verschiedenen Materialien zu entwickeln, sollte das Thema in die Politikfeldgestaltung zur Kreislaufwirtschaft und zum Klimawandel (als Anpassungsstrategie für das Ernährungssystem), zum Schutz der Biodiversität in der Agrarlandschaft und Gesundheit aufgenommen werden. Denn zusätzlich zu den bereits heute bekannten Wirkungen kommt zukünftig ihre Rolle zur Minimierung von trockenheitsbedingten Ertragsrisiken und wie unter solchen Bedingungen die Bodengesundheit erhalten und gefördert werden können verstärkend hinzu. Die Situationsbeschreibung zeigt auf, dass eine Ausbreitung bisheriger Kultursysteme unter Folien jedoch kein angemessener Lösungsbeitrag wäre.

Die Gesamtsicht der Ergebnisse verdeutlicht, dass Wissenslücken und fehlende Integration von Wissensbeständen zu verschiedenen Wirkungen der Agrarfoliennutzung einen Beitrag dazu leisten, dass das Thema von den Akteuren nicht als Faktenkonflikt gehandhabt werden kann. Auch die Handhabung als 'klassische' Interessenskonfliktlinie (Landwirtschaft versus Naturschutz) in der Verbandsarbeit ist für einen angemessenen Umgang nicht ausreichend. Die Situation verdeutlicht eher, dass ein **multiperspektivischeres Verständnis** für die verschiedenen Wirkungen von Agrarkunststoffen geeigneter ist. Mit solch einer Sichtweise ließen sich aus dem aufgezeigten Spektrum des 'sowohl-als auch der Wirkungen' von Agrarfolien der Komplexität angemessene Lösungsansätze entwickeln. Dies ist nicht trivial und es stellt sich die Frage, wie die Akteure mit den notwendigen zu erarbeitenden Wissensbeständen organisatorisch aufgestellt sind, zu dieser Aufgabe Beiträge zu leisten. Denn die in der Situation enthaltenen Lösungsansätze gehen über klassische end-of-pipe-Lösungen hinaus. Nur eine Recyclingstrategie zu verfolgen, adressiert beispielsweise nur einen Teil der unerwünschten Wirkungen, aber nicht das Abreißen von Folienteilen beim Handling und Bergen. Nur wenn auch an der Inputseite angesetzt wird, könnte ein System für eine sicherere Nutzung konventioneller Agrarfolien entstehen und daher eine Recyclinglösung rechtfertigen.

Und es müsste je nach Schlaggröße und vorhandenen Betriebsflächen oder Kooperationspartnern zusätzlich in der Flächenstruktur angepasst werden. Daher werden allein kleinteilige ‚Lösungen‘ zur Vermeidung öffentlicher Kritik die Situation nicht verbessern, wie das Beispiel Grün/Weißer-Folien zeigt.

Zunächst wäre es daher hilfreich, das **Orientierungswissen** der Akteure zu stärken. Denn die Diskussion ‚für oder gegen Folie‘ enthält wenig Informationen zu wünschenswerten Zukunftspfaden und Forschungs-, Entwicklungs- und Veränderungszielen. Die Auseinandersetzung mit dem Thema der Kunststoffe in der Land- und Ernährungswirtschaft sollte intensiviert werden, und Expertinnen und Experten aus verschiedenen Bereichen beteiligen. Auch stellt sich die Frage, wie weit dieser Kreis im Licht der Wertschöpfungskette und betroffenen Wissensbereiche gezogen werden sollte.

Diese Situationsbeschreibung hat aufgezeigt, dass das Fallbeispiel Spargelanbau - und damit alle foliennutzenden Produktionssysteme - in größere Systeme eingebettet sind, die den Handlungsrahmen setzen, und der für sie grundsätzlich nicht leicht veränderbar ist. Sie dürften beispielsweise wenig Einfluss darauf haben, welche Granulatherkünfte Hersteller wählen, auch wenn darin große CO₂-Einsparungspotentiale liegen (Cabernard et al. 2022). Auch die lang bekannten Effekte des Handelswettbewerbs im Lebensmitteleinzelhandel haben sich als schwer veränderbar erwiesen, auch wenn gerade durch die Vertriebsformen im Spargelmarkt trotzdem ein sehr hoher Direktvermarktungsanteil erreicht wurde und darüber hinaus in den letzten Jahren weitere innovative Modelle der Gemüseproduktion und -vermarktung entstanden sind. Genauso zeigt diese Situationsbeschreibung auch **Handlungsspielräume** auf für den Umgang mit Agrarfolien, bei denen jedoch noch offen ist, wie sie genau ausgestaltet werden können, damit sie ökonomisch, ökologisch und sozial tragfähig sind. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass der derzeitige Stand der Literatur nicht ausschließen kann, dass bei Nichthandeln in Bezug auf Mikroplastik nicht nur kalkulatorische Umweltkosten, sondern konkrete gesellschaftliche Gesundheitskosten anfallen könnten. Zudem ist der Eintrag von Mikroplastik in Böden eine irreversible Veränderung, denn es lassen sich dafür kaum technologische Lösungen vorstellen, um Mikroplastik aus dem Boden herauszulösen.

Wichtig für das Entstehen von robusten Lösungen aus diesen in der Situation vorhandenen Ansätzen ist, dass die Rahmenbedingungen so gestaltet werden, dass diejenigen, die an Lösungen arbeiten, belohnt werden und nicht diejenigen, die relevante Nachhaltigkeitsfragen bei betrieblichen Entscheidungen nicht berücksichtigen (Weber & Rohrer 2012). Zudem ist bei Spezialbereichen wie dem Spargel- und Beerenanbau zu beachten, dass die Notwendigkeit des Austauschs von Spezialwissen zu einer schwachen Vernetzung mit anderen Bereichen führen kann und Lösungen nur innerhalb des Spezialbereichs gesucht werden (sogenannter *weak network failure* (Weber & Rohrer 2012)). Anreize für Lösungen sind auch die von den Akteuren präferierten Regulierungsvorstellungen. Dabei muss aber auch kritisch hinterfragt werden, welche Mechanismen verhindern können, dass freiwillige Ziele - wie beim Beispiel Klimaziele - nicht erreicht werden. Hier könnten Monitoringsysteme helfen, die den Akteuren neben **Zielkontrolle** auch wichtiges Orientierungswissen über Erreichtes bieten können (siehe auch die Reporting Ansätze des ERDE Systems). So kann die Situation aus einer individuellen Schuldzuschreibung herausgeführt werden hin zu einem ganzheitlicheren Verständnis des Systems und Lösungsraums. Dies könnte auch als angemessener wahrgenommen werden, da ja in allen Lebensbereichen Plastik verwendet wird und seine Verwendung differenziert überprüft werden sollte. So könnte an verschiedenen Ansätzen, von grundle-

genden bis hin zu inkrementellen, gearbeitet werden, jedoch nur an solchen, die **die Situation ausreichend deutlich verbessern**. Aufgrund des systemischen Charakters der benötigten Lösungen dürfte es erforderlich sein, diese umzusetzen, egal wie nah oder grundlegend entfernt vom Bestehenden der jeweilige Ansatz ist (Schäfer & König 2018). Daher sind Kommunikation, Kooperation, Koordination sowie geeignete Rahmenbedingungen wichtig, damit die Nachhaltigkeitsprobleme angemessen adressiert werden können.

Ein Bereich sind Informationen und Kennzeichnungen für informierte Entscheidungen. Während von einigen Akteuren die Kennzeichnung von folienlos produziertem Spargel diskutiert wird, halten wir daneben einen weiteren Bereich für relevant und diskutierenswert. Die Entwicklungen auf dem Agrarfolienmarkt in den vergangenen Jahren, die sicherlich immer auch unter dem Einfluss des Handelswettbewerbs stehen, haben die Reißfestigkeit der konventionellen Folien verringert. Kennzeichnende Informationen für den Folienkauf oder andere Mechanismen zur Regelung des Inverkehrbringens einer Mindestqualität von konventionellen Agrarfolien wären daher für Betriebsleiter sinnvoll, denn so könnten sie zusätzlichen Personalaufwand bei der Kontrolle nach dem Bergen der Folien reduzieren. Verfügbares Wissen zu alternativen Materialien und ihren Einsatzmöglichkeiten im Bereich des Mulchens ist zudem wichtig, denn durch schnelle Einführung von 'Flops' (z. B. oxoabbaubare Folien) sind Akzeptanzhürden entstanden, die bereits mit einer sicheren Regulierung der Prüfungen vor dem Inverkehrbringen (z. B. EN 13432) und Informationen sowie Entwicklung der Eigenschaften, wo möglich orientiert an Nutzeranforderungen, hätten adressiert werden können.

Innerhalb der Branche könnte darüber hinaus überlegt werden, ob betriebliche Erfassungs- und Kennzeichnungssysteme erweitert werden könnten, um im Spannungsfeld zwischen ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Anforderungen betriebliche Entscheidungen zur Kunststoffreduktion informierter treffen zu können. So könnten Betriebe den Umgang mit Agrarkunststoffen bewusster gestalten, indem sie einen Überblick haben. Denn selbst wenn auf Basis dieses Berichts eine umfassende Lebenszyklus-Analyse (LCA-Analyse) auf der allgemeinen Ebene 'des Produktionssystems Spargel' erstellt werden würde, könnte sie die betriebliche und regionale Diversität schwer abbilden und könnte Gefahr laufen, diese betriebliche Diversität durch *peer pressure* zu reduzieren. Bei einer LCA-Analyse sollte im Licht der Literatur dieser Studie eine Einschätzung der Qualität der zugrundeliegenden Annahmen erfolgen. Denn das Plastikthema wird auch in vielen *mini-reviews*, *opinion-papers* etc. thematisiert, die keine zusätzlichen empirischen Erkenntnisse beitragen. Eine wesentliche Begrenzung der Beiträge der Wissenschaft betrifft beispielsweise die Ressourcen für systematische Feldstudien mit ausreichender Anzahl an Probenahmen, um über den Status quo des bestehenden Wissens hinaus zu gelangen.

Ein Innovations- und Transformationsmanagement könnte die Identifikation und Koordination der Bedarfe der Branche zu Forschung und Entwicklung, Reflexion und Monitoring der Nebeneffekte, die Schaffung von geeigneten Kommunikationsforen für alle beteiligten Akteure und die Einbindung des Themenfelds in relevante Diskurse fördern. Unsere bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass ohne eine proaktive Einbindung des Agrarfolienthemas in Strategien zur Plastikreduktion/Circular Economy es den Akteuren der Branche trotz vieler bereits vorhandener Lösungsansätze schwerfallen könnte, die interne Heterogenität der Sichtweisen, Interessen und Bedarfe sowie die aus gesellschaftlicher Sicht notwendige verantwortungsvolle Regelung und

Handhabung von Agrarkunststoffen konzeptionell und operativ in Transformationsmomentum umzuwandeln. Denn im Rahmen einer solchen Umgestaltung wären auch Fragen zu behandeln über das, was beendet wird und wie es gut beendet werden kann. Damit sich daran Fragen anschließen können zum Design von Agrarfolien verschiedener Materialien, zum Design eines in die Agrarlandschaft biodiversitätsfördernd eingebetteten Anbauverfahrens sowie der ministerienübergreifenden Entwicklung der Regulierung eines zirkulären Designs der Agrarfoliennutzung.

Ohne das proaktive Adressieren der in dieser Situationsbeschreibung aufgeführten Aspekte, ist es denkbar, dass zu erwartenden Entwicklungen (Klimawandel) einerseits auf eine Zunahme der Verwendung von Agrarkunststoffen (Vliese, Mulchfolien) bedingen und dabei die Anreize für eine Transformation hin zu ganzheitlichen Ansätzen - wie in den vergangenen Jahrzehnten - ökonomisch nicht attraktiv sein könnten. Zudem könnte im Spargelanbau eine eher nur schwach ausgeprägte Nachhaltigkeitsorientierung vorhanden sein, die den Handlungsspielraum wieder verengt. Jedoch sind aufgrund des Agrarfolien-Konflikts und der Entwicklung der Bedingungen für die Produktion und der Kosten der Nutzung von Agrarfolien einige Unsicherheiten hinsichtlich Form und Zeitrahmen der Ausgestaltung gegeben (Entwicklung Kostenstruktur und Nachfrage).

Wie solche Anpassungs- und Rekonfigurationsprozesse im Rahmen eines begrenzten Zeitfensters gelingen können, ist eine branchenumfassende Herausforderung und lässt ein weitere Ausdifferenzierung von Spannungs- und Konfliktfeldern erwarten, wenn es nicht gelingt, dass die agierenden Akteure beispielsweise im Sinne eines missionsorientierten Wissens- und Innovationssystems oder einer nachhaltigkeitsorientierten *community of practise* mit den geeigneten Rahmenbedingungen kooperative Lösungsstrategien erarbeiten. Dazu scheinen uns zum jetzigen Zeitpunkt viele Ansätze und trotz aller anzuerkennenden Herausforderungen ein Chancenzeitfenster vorhanden zu sein. Jedoch ist für die Nutzbarmachung dieser Studie das Textformat nur begrenzt geeignet, um konkreten ‚Nutzen‘ ziehen zu können, sind aufbauende Austausch und Ko-Kreationsformate geeigneter.

4. Zusammenfassung

Für die Bewältigung von globalen Nachhaltigkeits Herausforderungen werden im Nachhaltigkeitsdiskurs oft Maßnahmen genannt, die als *win-win* Situation bezeichnet werden (z. B. die klimafreundliche und gesundheitsförderliche Wirkung einer Reduktion des Fleischkonsums). Die Situationen, in denen Beiträge zu nachhaltiger Entwicklung in einer interdependenten Welt entwickelt werden müssen, sind jedoch komplexer, Ansatzpunkte für Lösungen nicht leicht erkennbar und aus der integrierten Betrachtung von Ökologie, Ökonomie und Sozialem entstehen auch Zielkonflikte. Diese Konflikte sind nicht abstrakt, sondern bedeuten für Akteure in verschiedenen Bereichen der Gesellschaft, dass Dilemmata, Nichtwissen, unterschiedliche normative Bewertungen und fehlende Alternativen zum nicht-nachhaltigen Status Quo die Situation unübersichtlich machen, aber trotzdem gehandhabt werden müssen. Daher 'kippen' in komplexen Situationen die Lösungsansätze schnell von *win-win* hin zu *win-lose* - in unserem Beispiel in 'Entweder mit Folie oder gar kein Spargelanbau mehr in Deutschland'. Die vorliegende Situationsbeschreibung möchte einen Beitrag leisten, um zwischen *win-win* und *win-lose* zu differenzierten und um zu der Komplexität der Situation gerecht werdenden Lösungen zu kommen. Dazu benötigen die Akteure aus verschiedenen Bereichen jedoch zunächst einen Überblick über die Situation.

Dieser Bericht betrachtet exemplarisch den Spargelanbau als ein Teilsystem des Ernährungssystems. Das Funktionieren und die Entwicklung von Produktion und Konsum wird einerseits bestimmt durch die Interaktionen zwischen verschiedenen Akteuren entlang von Wertschöpfungsketten im Sinn eines Versorgungssystems. Andererseits bestimmen Akteure das Funktionieren dieses Systems durch die Entwicklung von neuem Wissen, neuen Verfahren, Materialien, Technologien, Organisationsformen und Begründungen bzw. Bewertungen. Beides beeinflusst auf der einen Seite, wie Ressourcen genutzt werden und welchen Einfluss das System auf die Qualität dieser Ressourcen nimmt. Auf der anderen Seite generiert dieses System, individuelle, organisatorische und gesellschaftliche Wirkungen, z. B. Produkte und Gesundheit. Das Zusammenwirken der Akteure wird jedoch beeinflusst durch andere gesellschaftliche Entsprechungssysteme, z. B. das Rechtssystem und das wirtschaftliche System.

Dieser Bericht stellt Wissen zur Nutzungsphase von Agrarkunststoffen am Beispiel Spargel dar, während in üblichen Betrachtungen und Bewertungen zur Wirkung von Plastik in der Umwelt vor allem Wirkungen nach der Nutzung thematisiert werden (z. B. Meeresmüll, Mikroplastik). Er leistet daher einen Beitrag zur Verbindung dieses Wissen zu Plastik in der Umwelt mit der Herstellung und vor allem der Nutzung von Agrarkunststoffen mit dem Fokus auf landwirtschaftlich genutzte Böden. Exemplarisch wird der Bereich strukturiert, und am Beispiel der Fallstudie Spargel die aktuelle Situation beschrieben. So ist es möglich, diesen Bereich einzuordnen.

Ziel dieses Berichts ist eine Situationsbeschreibung, die erlaubt den Wissensstand zu wichtigen (möglichen) Wirkungen der Nutzung von Agrarfolien zu benennen und auf Basis einer Beschreibung des Funktionierens des Teilsystems Ansatzpunkte für die Verbesserung der Situation zu identifizieren. Es werden Agrarfolien aus konventionellen, biologisch abbaubaren und Rezyklat enthaltenden Materialien entlang der Prozessschritte Herstellung, Nutzung und Entsorgung thematisiert

sowie für weitere Anwendungsbereiche neben dem Anbau von Spargel weitere organische Mulchmaterialien berücksichtigt.

Es wurden 37 ausführliche Experteninterviews und 5 kürzere Expertengespräche geführt sowie zwei Workshops mit Expertinnen und Experten durchgeführt. Zudem wurde eine systematische Literaturanalyse zum Stand des Wissens der Nutzung von Agrarfolien und deren Wirkungen in *open access* Artikeln durchgeführt. Ergänzt werden diese Analyseschritte durch eine Diskursanalyse von Medienbeiträgen zu Agrarfolien im Spargelanbau und im Bericht zusammengeführt (Triangulation).

Die Herstellung von Agrarkunststoffprodukten orientiert sich an bestehenden technisch orientierten Prüfverfahren, die mögliche Umweltwirkungen der Bedingungen des Einsatzes von Agrarfolien nicht ausreichend berücksichtigen. Die größte Umweltwirkung der Herstellung sind CO₂- und Feinstaub-Emissionen der Herstellung, die um so höher sind, wenn für die Herstellung von Granulaten als Ausgangsstoff und Herstellung der Kunststoffprodukte statt Erdöl oder Erdgas Kohle verwendet wird. Das heißt, obwohl sich Hersteller und Anwender regelkonform verhalten, steuern die Rahmenbedingungen den Bereich nicht ausreichend im Hinblick auf vor, während und nach der Nutzung entstehende unerwünschte Wirkungen. So ist dieser Bereich hauptsächlich von Marktentwicklungen beeinflusst, die derzeit u. a. die Nachfrage nach preiswerten Folien fördert. Kritik am Einsatz von Agrarfolien durch ihre Sichtbarkeit trotz vergleichsweise geringen Anteiles an Plastik in der Umwelt hat zudem dazu geführt, dass zum Teil zwischen Produzenten und Herstellern ‚schnelle Lösungen‘ gesucht wurden (z. B. Grün/Weiße-Folie), um die Kritik am Landschaftsbild zu vermeiden, die jedoch nicht ausreichend zur Problemlösung beitragen (verringerte Haltbarkeit). Sichtbarkeit ist daher allein kein ausreichender Indikator zur Beurteilung von Wirkungen von Agrarfolien, die vermieden werden sollten, sondern es müssen verschiedene Wissensbereiche berücksichtigt werden.

- ⇒ Die **Situation sollte aus dem Konflikt herausgeführt werden**, um sich dem Thema wissenschaftsbasiert widmen zu können, fachübergreifenden Austausch, Lernen und damit die Problemlösungskompetenz zu fördern.
- ⇒ **Konventionelle Agrarfolienherstellung, Nutzung und Entsorgung** sollten **integriert betrachtet** werden bei der Überprüfung von Kriterien und ggf. Regulierung durch Standards für die Herstellung. Dies könnten zusammengefasst bezeichnet werden als *design for circularity, design for usability, design for material integrity, design for changed climate conditions*. Die Entwicklung des Potentials von Agrarfolien als sortenreines Regranulat aus einem flächendeckenden Sammel- und Recyclingsystem sollte unter der **Bedingung** erfolgen, dass sich die Voraussetzungen für die Nutzung und die Nutzungspraxis verbessern hin zu möglichst plastikemissionsfrei und nebenwirkungsminimierten Produktionsverfahren.
- ⇒ Die **Vermeidung der Einträge von Plastikpartikeln** verschiedener Größen kann auch während der Nutzung kurzfristig **auf dem Betrieb** reduziert werden. Unter Berücksichtigung der stärkeren Materialbeanspruchung bei maschinellem Handling der Folien sollten Betriebsleiter **Kontrollgänge** nach dem Bergen der Folien und die **Kontrolle des Ersatzes von mehrfach genutzten Schwarz/Weiß-Folien** in die betrieblichen Abläufe einplanen.
- ⇒ Dort wo möglich, sollten der Einsatz von Folien, die Anzahl der Folienlagen, die mit Folien bedeckte Fläche und/ oder der Anteil der mit Folie bedeckte Fläche in der Agrarlandschaft

reduziert werden. Dies gilt vor allem für 5% der Betriebe, die **Dreifachbedeckungen** nutzen, und für Betriebe mit **großen Schlägen**. Neben einzelbetrieblichen Bemühungen sind daher Kooperationen in der Region sinnvoll, z. B. um Spargelschläge angemessener in die Agrarlandschaftsstruktur einzubetten. Den Betrieben stehen für betriebsindividuelle ökonomischen Bewertung dieser Entscheidungen Offizial- und Spezialberater zur Verfügung. Eine Gesamtstrategie zur Förderung der strukturellen Diversität in der Agrarlandschaft würde dies erleichtern.

- ⇒ Die Wirkung von folienbedeckten Flächen als ‚störende‘ Struktur in der Agrarlandschaft, die in den Bedeckungsmonaten zusammenfällt mit der reproduktiven Phase vieler Tierarten, kann bei der Planung der Schläge in der Agrarlandschaft zusätzlich durch **biodiversitätsfördernde Maßnahmen** in der Betriebsstruktur (z. B. nicht genutzte Wegränder) sowie auch durch die Gestaltung der Anbauflächenstruktur gemildert werden (z. B. durch Zwischenreihenbegrünung) (*design for biodiversity*). Durch die häufigen Erntearbeiten in der Saison entsteht jedoch auch unabhängig von der Folienbedeckung eine Störung – so dass Anpassungen im Flächendesign zudem eher in Richtung einer ökologisch-räumlichen und wirtschaftlich angemessenen Trennung der Bereiche von Produktion und Schaffung von attraktiven Strukturen für Tier- und Pflanzenarten in der Agrarlandschaft eine mögliche Lösung sein könnten. Im Sommer und Herbst könnte die Spargelkultur selbst als agrarlandschaftsstrukturfördernde Kultur für Bienen und Wild in Betracht gezogen werden.
- ⇒ Wo möglich können bei weiteren foliennutzenden Kulturen die unkrautunterdrückenden und wassersparenden Wirkungen von konventionellen Agrarfolien durch **biologisch abbaubare Folien oder andere Materialien** ersetzt werden. Diese Option steht für Spargel aufgrund der Materialeigenschaften nicht zur Verfügung. In diesem Bereich sind jedoch weitere Entwicklungen zu erwarten und es besteht eine große Nachfrage der Betriebe nach Alternativen. Hier sollten die **Kaskadennutzung von Rohstoffen** favorisiert und begleitende Untersuchungen auf langfristige Wirkungen des Foliennabbaus auf die Bodenökologie durchgeführt werden, um eine sichere Anwendung zu gewährleisten. Auch eine bessere Kopplung von Nutzeranforderungen (*design for usability*) wäre im Bereich biologisch abbaubarer Agrarfolien sinnvoll (z. B. Option für Bergung von der Fläche und industrielle Kompostierung).
- ⇒ Eine Verbesserung des **Monitorings** der unerwünschten Wirkungen sowie des Erfolgs von Maßnahmen zur Verbesserung der Situation ist empfehlenswert. Erste Ansätze sind das Erfassen der dem Recycling zugeführten Agrarfolien. Das Monitoring biodiversitätsfördernder Maßnahmen ist Voraussetzung dafür, dass Akteure Spannungsfelder, dort wo möglich, faktenbasiert diskutieren können. Dies könnte beispielsweise die Diskussion einer biodiversitätsfördernden Gestaltung der Schläge versachlichen und finanziellen und organisatorischen Aufwand für die Betriebe dem gesellschaftlichen Mehrwert gegenüberstellen.
- ⇒ Das Themenfeld Agrarfolien erfordert von allen Akteuren im Feld eine Weiterentwicklung ihrer Sichtweisen in Richtung **Multiperspektivität**. Sie erlaubt notwendige Kriterien für das System der Produktion und des Konsums von Spargel und anderen Gemüsearten zu formulieren, so dass es einen Betrag zur **planetaren Gesundheit**, insbesondere für eine

vielfältige, gesunde Ernährung leisten kann. Die Situation ist jedoch in den Regionen sehr verschieden.

- ⇒ **Beraterinnen und Berater sowie Versuchsanstalten** können eine wesentliche Rolle spielen, um Vermeidung unerwünschter Wirkungen von Betriebsmitteln aus Kunststoffen zu thematisieren und durch langfristig orientierte Versuche praxisrelevantes Wissen für die Betriebsentwicklung zur Verfügung zu stellen. Zudem ist es wichtig, Betriebsleiter in Ausbildung, betrieblichen Entscheidungen und Betriebsroutinen mit den notwendigen Informationen, die über die reine Produktionsorientierung hinausgehen, zu versorgen.
- ⇒ Politische Entscheidungsträger sollten zunächst **förderliche Rahmenbedingungen für die Entwicklung von Alternativen** schaffen und Anreize für diejenigen Betriebe und Akteure, die an solchen Alternativen arbeiten, die ökologische und soziale Wirkungen von Produktionsverfahren verbessern. Die Rahmenbedingungen sollten zudem **Bedingungen für einen bewussten und nach Möglichkeit plastikemissionsfreien und nebenwirkungsarmen Umgang mit konventionellen Agrarfolien** schaffen, solange es noch keine Alternativen gibt und dort wo möglich neben der Entwicklung auch die **Übernahme nachhaltigerer Alternativen fördern**. Denn obwohl das Mulchen keine neue Technik ist, kann sie als Innovations- und Transformationsherausforderung bezeichnet werden im Hinblick auf Sicherung der Bodengesundheit unter den Bedingungen des Klimawandels. Dies bedeutet auch, dass **Kommunikation, Kooperation und Koordination** regional als auch für den Sektor wissensintensiv, d.h. jenseits des Austauschs von Argumenten sowie Vertreten und Aushandeln von Interessen, verbessert werden sollten, um differenziert und informiert Ermessensfragen zu klären.

5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen, ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen

Das Ziel einer Situationsbeschreibung wurde erreicht. Die für eine inhaltlich angemessene Behandlung des Themas Agrarfolien zu berücksichtigenden Wissensbereiche können als sehr umfangreich beschrieben werden und weisen auf den interdisziplinären Charakter des Themas hin.

Die vorliegende Situationsbeschreibung versucht für verschiedene Leserinnen und Leser durch die strukturierte Zusammenschau von Herstellung, Nutzung und Entsorgung, verschiedenen Materialien und Regionen eine umfassende Perspektive zu liefern, die so bisher nicht vorlag. Neue Einsichten konnten durch die Literaturanalyse gewonnen werden, die verdeutlicht hat, dass das Thema Kunststoffe in der Landwirtschaft einen größeren Umfang hat als die im Diskurs thematisierten Aspekte. Durch die Verknüpfung der globalen Perspektive der Nachhaltigkeitsforschung mit einem konkreten Teilsystem ist es möglich zu verstehen, warum Transformationsbemühungen immer von einem guten Verständnis des ggf. zu verändernden Systems beginnen sollten. Dieses Vorgehen erlaubt auch herauszuarbeiten, dass die Akteure sich in einer multiplen Dilemmasituation zwischen Produktionszielen, Biodiversität, Klimawandel und Integrität der natürlichen Ressourcen bewegen, bei der eine Kommunikation in Gegensätzen (gut/böse, mit/ohne Folie) verschiedene Arten von Abwehrmustern generieren können, die der Verbesserung der Situation nicht dienlich sind.

Der konflikt sensible Ansatz mit einer Einbeziehung von Konflikten als Teil des Untersuchungsgegenstandes als auch die Wirkung des Forschungsprozesses kann zum jetzigen Zeitpunkt der Berichterstellung als innovativ und angemessen betrachtet werden. Jedoch ist die Situation aufgrund der Erfahrungen⁵² weiterhin als teilweise angespannt in pro-contra Mustern verharrend, jedoch regional sehr unterschiedlich zu charakterisieren. Kleinere Betriebe mit moderatem Folieneinsatz auf dem Betrieb und in der Agrarlandschaft kommen in der Situation wenig zu Wort. Die spezifische Konstellation in Brandenburg mit großen Betrieben und großen Flächen unterscheidet sich deutlich von anderen Bundesländern, dies dominiert die Situation, während der Bericht versucht auf einer allgemeineren Ebene Spannungsfelder zu erklären.

Folgende Überlegungen ergeben sich für weiterführende Fragestellungen: Bei kurzfristig orientierten Verbesserungen der Situation sind Expertinnen und Experten aus der Praxis sowie Betriebe mit Erfahrungswissen zu beteiligen, da es oft um Umsetzungsarbeiten und praxisnahe Fragestellungen des Handlings von Agrarfolien und um die Vermeidung ‚schlechter Praxis‘ geht. Hier geht es beispielsweise um Fragen der Arbeitsorganisation, der Kommunikation auf dem Betrieb, Überprüfungen der mit Folien verbundenen Arbeitsgänge. Kurz- und mittelfristig sind Beiträge zur quantitativen Beschreibung der Situation und zur Beantwortung anwendungsorientierter Fragen, z. B. zu Alternativen im Produktionsverfahren in Verzahnung mit Beratung und Versuchswesen als hilfreich für die Akteure vor Ort einzuschätzen. Jedoch ergeben sich aus dem Thema grundlegendere Fra-

⁵² Z. B. mit Verboten bei Pflanzenschutzmitteln

gen, z. B. ethische, aber auch grundlegende Fragen eines zukunftsfähigen Umgangs mit der allgemeinen Verbreitung von Betriebsmitteln fossiler Herkunft in der Agrar- und Ernährungswirtschaft. In den kommenden Jahren ist - gemessen an dem hohen Anteil von Literatur zu Wirkungen von Plastik aus den letzten zwei Jahren - mit einem weiteren Anstieg des Wissens zu unerwünschten Wirkungen von Kunststoffen zu rechnen und weiteren Erkenntnissen zur Mikroplastikemissionen, Aufnahmewegen in die Pflanze und Aufnahmewege des Menschen und gesundheitlichen Wirkungen. All dies geht weit über die bisherigen Regulierungen und Aufmerksamkeiten der Agrarfolienutzung hinaus, ist aber von hoher Relevanz. Insbesondere, wenn weltweit der Konsum von Obst und Gemüse erhöht werden soll (z.B. im Rahmen der Planetary Health Diet) und Ziele wie Steuerung von Produktion zur Saisonverlängerung relevante Anliegen bleiben.

Es gibt nach unserer Kenntnis bis heute keine breiten Untersuchungen zum tatsächlichen Vorkommen von Mikroplastik auf gartenbaulich genutzten Böden im Vergleich zu anderen Böden sowie Produkten. Jedoch stellt sich die Frage, ob dieses Wissen tatsächlich notwendig ist, um die aufgezeigten Maßnahmen für einen bewussteren Umgang mit Agrarfolien im Sinn des Vorsorgeprinzips zu begründen. Denn die Bestimmung der Herkunft dürfte methodisch und im vollen Umfang kaum machbar sein.

Zudem scheint es sinnvoller zu sein, an einer Systematik von Kunststoffen, der Überprüfung auf Substituierbarkeit oder notwendigen Veränderungen im Handling im Gartenbau zu arbeiten. Die Branche könnte im Sinn des Vorsorgeprinzips verbesserte Prüfverfahren für das Inverkehrbringen von Betriebsmitteln entwickeln, um auch die Anforderungen durch die Gesellschaft prononcierter an Hersteller formulieren zu können und sich stärker zum Anwalt ihrer Eigeninteressen am Erhalt ihrer ökosystemaren Produktionsgrundlagen zu machen.

Aus Sicht der Transformationsforschung sind Fragen der Koordination solcher Prozesse interessant und Fragen zur Gestaltung von Prozessen für das Beenden nicht nachhaltiger Praktiken.

Bei der Entwicklung weiterer Fragestellungen sollten auch andere Eintragswege von Mikroplastik berücksichtigt werden, wie z. B. die für den (ökologischen) Gartenbau sowie den Haus- und Kleingartenbereich bis hin zum Urban Gardening wichtige Kompostwirtschaft. Denn die Verbesserung der Versorgung der Böden mit Humus und der Humusaufbau sind wichtige Themen und werden bei großskaligen Vorhaben im Bereich *soil health* bisher nicht adressiert. Auch Bewässerungssysteme, die z. B. im Spargelanbau auch unterirdisch verlegt werden können, müssten im Hinblick auf ihre plastikemissionsfreie Bergfähigkeit geprüft werden. Zudem ist das Adressieren anderer Eintragspfade auch eine Frage der Verhältnismäßigkeit, die aus dem derzeitigen Mediendiskurs nicht hervorgeht und daher Teil der Konfliktsituation ist.

Auch Fragen technologischer Entwicklungen und Qualitätssicherung beim Recycling sind wichtige Zukunftsfelder. Hier sind angemessene Qualitätsstandards zu entwickeln als Voraussetzung für die Entwicklung eines Marktes und zu prüfen, inwieweit Downcycling Probleme nur um eine Stufe weiter verlagert oder neue generiert. Dies wird es den Akteuren erleichtern das Sammeln, Transportieren und Recyceln zu organisieren. Denn im Rahmen dieser Studie konnten keine Aussagen dazu getroffen werden, welche Qualität Rezyklatprodukte haben und ob Landwirtschaft und Gartenbau Anwendungsbereiche für gemischte Rezyklatprodukte sein sollten (z. B. Gartenbänke) oder für diesen Bereich Qualitätsstandards für in der Umwelt verwendete Rezyklatprodukte notwendig sind.

Zum jetzigen Zeitpunkt erscheint dem Autorenteam jedoch zunächst eine weitere Aufbereitung der Ergebnisse und ihrer Kommunikation in die Fachdiskussionen hilfreich. Ggf. ergänzt um Beiträge von Expertinnen und Experten für weitere Vertiefungen. Dafür stehen keine Ressourcen zur Verfügung. Gleichzeitig ist durch die empirischen Arbeiten deutlich geworden, dass das Lesen dieses Berichts nur begrenzt sein wird in Bezug auf Veränderung der Situation. Eine Möglichkeit zum Überwinden von eingeübten Denkmustern könnte sein, den im Validierungsworkshop begonnenen Austausch der Akteure zur Gesamtsituation zu fördern, ggf. durch eine Veranstaltung, um in einem breiteren Austausch als dies hier möglich war Akteure aus Gartenbau, angrenzenden Bereichen der Herstellung und Entsorgung, Naturschutz, Kommunen und Regionen, Behörden, Beratung und Politik sowie Expertinnen und Experten eine Möglichkeit zu geben, ein breit getragenes differenzierteres Verständnis der Situation zu entwickeln als Voraussetzung für ihre Verbesserung.

6. Anhang

6.1 Team

Tabea Selleneit studierte Global Change Management an der HNEE. Von November 2021 bis Juli 2021 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt Agrarfolien.

David Verdugo-Raab erlangte seinen Bachelor in Großbritannien und studiert im Masterstudien-gang ‚Global Change Geography‘ an der Humboldt-Universität zu Berlin. Er war studentischer Mitar-beiter am IRI THESys.

Sophia Kipp studiert im Master Global Change Geography an der Humboldt Universität zu Berlin. In ihrer Masterarbeit beschäftigt sie sich mit der Rolle von Mediendiskursen zur Nutzung von Agrarfo-lien im Spargelanbau.

Dirk Sprenger ist Supervisor (DGSv-Standards) und Coach mit einem Schwerpunkt in der Bearbei-tung von Konflikten. Seit über 20 Jahren sind seine Handlungsfelder die internationale Zusammen-arbeit (BMZ, GIZ, NROs, internationale Organisationen und die Wissenschaft. Er begleitet Verbund-forschungsvorhaben (z. B. TransSEC, BMBF) zur Unterstützung von Arbeitsprozessen, Team und Führung. Er unterstützte den konfliktsensiblen Ansatz (Arbeitspaket 5) auf Basis seiner Erfahrungen in der Konfliktmoderation bzw. Mediation und Begleitung von Veränderungsprozessen sowie seine Lehrtätigkeit und Training am Seminar für ländliche Entwicklung an der Humboldt-Universität zu Berlin.

Bettina König studierte Gartenbauwissenschaften und promovierte in Agrarwissenschaften zur Umstellung von Gemüsebaubetrieben auf ökologische Wirtschaftsweisen. Ihre Forschungsgebiete sind Wissens- und Innovationssystemen in der Landnutzung, Regionalentwicklung sowie das Ma-nagement inter- und transdisziplinärer Forschungsprozesse. Sie ist seit 2020 Projektleiterin am For-schungszentrum [Nachhaltigkeit-Transformation-Transfer] an der HNEE und seit 2014 Mitglied am IRI THESys der Humboldt Universität zu Berlin.

6.2 Übersicht Projektaktivitäten

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| 11.06.2021 | Webinar Mikroplastik, online | Erarbeitung eines kontextangepassten Feldzugang (einschl. Begleitung durch AP5.1) |
| 14.09.2021 und 07.10.21 | Diskussionsrunde zur Fraunhofer UMSICHT Studie mit Branchenvertretern und BMEL | |
| 10.09.2021 | Entwicklung des konfliktsensiblen Ansatzes mit Auftragnehmer | |
| fortlaufend | Literaturrecherche und konzeptioneller Bezugsrahmen, bis Jan 22 systematischer review | AP1 |
| 23.09.2021 | Moderierter Expertenworkshop zur Validierung des Untersuchungskonzepts und des konfliktsensiblen Ansatzes | MS1 erreicht |
| 10/21 -03 2022 | Entwicklung und Weiterentwicklung Erhebungsinstrument Interviews | AP3, MS2 erreicht |
| 01.12.2022 | Beginn der Interviews | Start AP4 |
| 09.12.2021 | Zwischenfazit aus konfliktsensibler Perspektive | AP5.1 |
| 11.2021-03.2022 | 37 Interviews mit Akteuren aus 11 Bereichen des zirkulär betrachteten Systems, Transkription | AP 4, Erhebung weitestgehend abgeschlossen (Einzelvertiefungen), Abschluss Transkription bis Ende März |
| 25.05.2022 | Exkursion Anbauregion Beelitz | |
| 13.06.2022 | Online-Workshop zur Validierung der Situationsbeschreibung | AP6 |
| 15.07.2022 | Endbericht und Ergebniskommunikation | AP7 |

6.3 Literatur

- Abson DJ, Fischer J, Leventon J, Newig J, Schomerus T, Vilsmaier U, von Wehrden H, Abernethy P, Ives CD, Jager NW, Lang DJ (2016) Leverage points for sustainability transformation. *Ambio, A Journal of the Human Environment* 46: 30-39. DOI 10.1007/s13280-016-0800-y.
- Adekaldy E, Amponsah W, , Tuffour HO, Adu MO, Agyarea WA (2021) Response of chilli pepper to different irrigation schedules and mulching technologies in semi-arid environments. *Journal of Agriculture and Food Research* 6: 100222. doi: 10.1016/j.jafr.2021.100222.
- Albertsson AC, Andersson SO, Karlsson S (1987): The mechanism of biodegradation of polyethylene. *Polymer Degradation and Stability* 18: 73–87.
- Alsleben K, Hellwig T (2013) Gutachten: Erfassung der Brutvögel auf Anbauflächen mit Folienspargel im SPA Mittlere Havelniederung 2013.
- Amare G, Bizuayehu D, (2021) Coloured plastic mulches: impact on soil properties and crop productivity. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 8: 4. doi: 10.1186/s40538-020-00201-8.
- AMI (2021) Weltweite Spargelproduktion – Deutschland auf Platz 4. https://www.ami-informiert.de/news-single-view?tx_aminews_singleview%5Baction%5D=show&tx_aminews_singleview%5Bcontroller%5D=News&tx_aminews_singleview%5Bnews%5D=30873&cHash=c5e9d306af296c6364fc39ad82db350a, abgerufen am 27.07.2022.
- AMI (2022a) Kleinste Spargelernte in den vergangenen zehn Jahren. https://www.ami-informiert.de/ami-maerkte/maerkte/ami-gartenbau/ami-meldungen-gartenbau/single-an-sicht?tx_aminews_singleview%5Baction%5D=show&tx_aminews_singleview%5Bcontroller%5D=News&tx_aminews_singleview%5Bnews%5D=36150&cHash=f51822747f59524f1f0b1de056396eee, abgerufen am 27.07.2022.
- AMI (2022b) Kommt Bleichspargel in die "grüne Zange"? https://www.ami-informiert.de/news-single-view?tx_aminews_singleview%5Baction%5D=show&tx_aminews_singleview%5Bcontroller%5D=News&tx_aminews_singleview%5Bnews%5D=34116&cHash=e9a38cbede7b07aa55ddc4e9576b3516, abgerufen am 27.07.2022.
- Amina MMG, AlMinhaja A, Islam D, Bhowmika, B, Hasanb MdM , Islam MdN (2021) Mulch and no-till impacts on nitrogen and phosphorus leaching in a maize field under sub-tropic monsoon climate. *Environmental Challenges* 5, p. 100346. doi: 10.1016/j.envc.2021.100346.
- Amiri Rodan M, Reza Hassandokht M , Sadeghzadeh-Ahari D, Mousavi A (2020) Mitigation of drought stress in eggplant by date straw and plastic mulches. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 19(7): 492–498. doi: 10.1016/j.jssas.2020.09.006.

- Andes L, Lützkendorf T, Ströbele B (2019) Methodensammlung zur Nachhaltigkeitsbewertung Grundlagen, Indikatoren, Hilfsmittel, Karlsruher Institut für Technologie KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft, <https://www.oew.kit.edu/downloads/Methodensammlung%20zur%20Nachhaltigkeitsbewertung.pdf>
- AOK erleben (2019) Die interaktive Gemüsetabelle – welches Gemüse hat die höchsten Nährwerte? [Online]. AOK erleben. <https://aok-erleben.de/artikel/interaktive-gemuesetabelle>, abgerufen am 28.07.2022.
- APE Europe (2022) <https://apeurope.eu/statistics/>
- Autorenkollektiv Landwirtschaftskammer NRW, Landwirtschaftskammer Niedersachsen; Feller C, Vianden H (2017) Spargel Kulturführung und Pflanzenschutz. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Reihe Fachinformation und Arbeitsunterlage der Gartenbauberatung. Bonn.
- Bank MS, Swarzenski PW, Duarte CM, Rillig MC, Koelmans AA, Metian M, Wright S, Provencher JF, Sanden M, Jordaan A, Wagner M, Thiel M, Sik Ok Y (2021) Global Plastic Pollution Observation System to Aid Policy. *Environmental Science & Technology* 55(12): 7770-7775, DOI: 10.1021/acs.est.1c00818
- Barnes DKA, Galgani F, Thompson R, Barlaz M (2009) Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. Vol.364/1526, Theme Issue 'Plastics, the environment and human health' compiled by RC Thompson, CJ Moore, FS vom Saal, S H Swan: Plastics, the environment and human health, <https://doi.org/10.1098/RSTB.2008.0205>.
- Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) (2019) Folieneinsatz im Gemüse- und Obstbau sowie sonstigen gärtnerischen Kulturen. Leitfaden. Institut für Erwerbs- und Freizeitgartenbau (IEF), Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF) Kitzingen, http://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/gartenbau/dateien/2019-01-lwg-ief-leitfaden-folieneinsatz_1403.pdf, abgerufen am 18.01.2021.
- Bertling J, Bertling R, Hamann L (2018) Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT Kurzfassung der Konsortialstudie, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.), Oberhausen, Juni 2018, DOI: 10.24406/UMSICHT-N-497117.
- Bertling J, Zimmermann T, Rödiger L (2021) Kunststoffe in der Umwelt: Emissionen in landwirtschaftlich genutzten Böden. Oberhausen: Fraunhofer UMSICHT. 220 Seiten, publica.fraunhofer.de, DOI: 10.24406/umsicht-n-633611.
- Bilck AP, Grossmann MVE, Yamashita F (2010) Biodegradable mulch films for strawberry production. *Polymer Testing* 29.4, pp. 471–476. Doi: 10.1016/j.polymertesting.2010.02.007.

- Bishop G, Styles D, Lens, PNL (2021) Environmental performance comparison of bioplastics and petrochemical plastics: A review of life cycle assessment (LCA) methodological decisions, Resources, Conservation and Recycling, Volume 168, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105451>.
- Blaisea D, Manikandan A, Desouza ND, Bhargavi B, Somasundaram J (2021) Intercropping and mulching in rain-dependent cotton can improve soil structure and reduce erosion. Environmental Advances 4: 100068, Doi: 10.1016/j.envadv.2021.100068.
- Bläsing M, Amelung W (2018) Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. Science of the Total Environment 612: 422–435. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.086>.
- Blettler MCM, Abrial E, Khan FR, Sivri N, Espinola LA (2018) Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. Water Research 143: 416-424, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.06.015>.
- Blettler MCM, Mitchell C (2021) Dangerous traps: Macroplastic encounters affecting freshwater and terrestrial wildlife, Science of The Total Environment 798: 149317. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149317>.
- Böckenhoff (2019) Recycling von Spargelfolien. Vortrag 31. Spargeltag Karlsruhe, <https://karlsruhe.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lraka/Fachinformationen/Garten-Obst-Weinbau/Spargelanbau/Spargeltag%202019/Recycling%20von%20Spargelfolien%20B%C3%B6ckenhoff.pdf?attachment=true>, abgerufen am 23.6.2022.
- Bokelmann W, Doernberg A, Schwerdtner W, Kuntosch A, Busse M, König B, Siebert R, Koschatzky K, Stahlecker T (2012) Sektorstudie zur Untersuchung des Innovationssystems der deutschen Landwirtschaft. <http://edoc.hu-berlin.de/docviews/abstract.php?id=39400>
- Bos U, Makishi C, Fischer M (2008) Life Cycle Assessment of Common Used Agricultural Plastic Products in the EU. Acta Horticulturae 801: 341-350. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.801.35
- Brahney J, Mahowald N, Prank M, Cornwell G, Klimont Z, Matsui H, Prather KA (2021) Constraining the atmospheric limb of the plastic cycle. Proceedings of the National Academy of Sciences 118(16): e2020719118. <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2020719118>.
- Brandes E, Cieplik S, Fiener P, Henseler M, Herrmann F, Klasmeier J, Krein P, Piel S, Shiravani G, Wendland F, Wurpts A (2020) Modellbasierte Forschung zu Mikroplastik in der Umwelt - Synthesepapier. url: <https://bmbf-plastik.de/de/publikation/modellbasierte-forschung-zumikroplastik-der-umwelt>.
- Brandes E, Braun M, Rillig MC, Leifheit EF, Steinmetz Z, Fiener P, Thomas D (2020) (Mikro)Plastik im Boden - Eintragspfade, Risiken und Handlungsoptionen“. Bodenschutz 03(20): 121-125.

- Brandes E, Hensler M, Kreins P (2021) Landwirtschaftliches Mikroplastik: Eintragspfade und regionale Hotspots am Beispiel Deutschland. Rolle der Landwirtschaft, Erste Forschungsergebnisse, Weiterer Forschungsbedarf. Vortrag auf der ELSA-Tagung: (Mikro)Plastik im Boden, 11.06.2021
- Braun M, Mail M, Heyse R, Amelung W (2020) Plastic in compost: prevalence and potential input into agricultural and horticultural soils. *Science of The Total Environment*, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143335>.
- Braungart M (2020) Die Zukunft der Kunststoffe: Cradle to Cradle. Aufforderung zum Umdenken. *Plastverarbeiter*, <https://www.plastverarbeiter.de/verarbeitungsverfahren/kunststoffrecycling/die-zukunft-der-kunststoffe-cradle-to-cradle-351.html>, abgerufen am 21.07.2022.
- Büks F, Kaupenjohann M (2020) Global concentrations of microplastics in soils – a review. *SOIL* 6: 649–662. <https://doi.org/10.5194/soil-6-649-2020>.
- Cabernard L, Pfister S, Oberschelp C, Hellweg S (2022) Growing environmental footprint of plastics driven by coal combustion. *Nature Sustainability* 5: 139–148. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00807-2>.
- Cannock G (2011) Peru and China as Competitors in World Markets: The Asparagus Case. Presentation Prepared for the FAO Workshop on Agricultural Trade Linkages between Latin America and China, FAO Rome, Italy, 2011. Available online: http://www.fao.org/fileadmin/templates/tci/pdf/presentations/Geoffrey_Cannock_-_Asparragus.pdf, abgerufen am 10.09.2022.
- Chai Y, Chai Q, Li R, Li Y, Yang C, Cheng H, Chang L, Chai S (2021) Straw strip mulching in a semiarid rainfed agroecosystem achieves winter wheat yields similar to those of full plastic mulching by optimizing the soil hydrothermal regime. *The Crop Journal* 10(3): 879-892. Doi: 10.1016/j.cj.2021.09.004.
- Chalmin P (2019) The history of plastics: from the Capitol to the Tarpeian Rock. *Field Actions Science Reports*, Special Issue 19, URL: <http://journals.openedition.org/factsreports/5071>
- Chen B, Baram S, Dong W, He W, Liu E, Yan C (2021) Response of carbon footprint to plastic film mulch application in spring maize production and mitigation strategy. *Journal of Integrative Agriculture* 20(7): 1933–1943. Doi: 10.1016/S2095-3119(20)63278-6.
- Chen YC (2018) Evaluating greenhouse gas emissions and energy recovery from municipal and industrial solid waste using waste-to-energy technology. *Journal of Cleaner Production* 192: 262– 269. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.04.260.
- Clarke A (2012) Situationsanalyse. Grounded Theory nach dem Postmodern Turn. Hrsg. und mit einer Einleitung von Reiner Keller. Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften.

- Colell A, Knodt M, Stoll P, Kemmerzell J, Reitz S, Goshen L, Ohlhorst D (2022) Hintergrund: Konflikte und Akteure – Gesellschaftliche Herausforderungen bei der Umsetzung der Stromwende. Ariadne Hintergrund. Ariadne-Konsortium. https://ariadneprojekt.de/media/2022/01/Ariadne-Hintergrund_Konflikte_und_Akteure_Januar2022.pdf
- Conti GO, Ferrante M, Banni M, Favara C, Nicolosi I, Cristaldi A, Fiore M, Zuccarello P (2020) Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population. *Environmental Research* 187: 109677. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109677>.
- Cordis (2016) Reduzierung des Wasserverbrauchs in der chemischen Industrie Europas. <https://cordis.europa.eu/article/id/151163-cutting-water-use-in-the-european-chemical-industry/de>
- Correia Prata J, da Costa JP, Lopes I, Duarte AC, Rocha-Santos T (2020) Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Science of The Total Environment* 702: 134455. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134455>
- Crippa M, Solazzo E, Guizzardi D, Monforti-Ferrario F, Tubiello FN, Leip A (2021) Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food* 2: 198–209. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>.
- Yupari C, Alicia L, Juan Jorge Miguel Planas Rivarola JJM, Salazar Oré FA (2017) Planeamiento Estratégico del Esp´arrago en el Peru. PhD thesis. Sucro: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PER´U ESCUELA DE POSGRADO.´ url:<http://hdl.handle.net/20.500.12404/9601>.
- Dang J, Liang W, Wang G, Shi P, Wu D (2016) A preliminary study of the effects of plastic film-mulched raised beds on soil temperature and crop performance of early-sown short-season spring maize (*Zea mays* L.) in the North China Plain. *The Crop Journal* 4(4): 331–337. Doi: 10.1016/j.cj.2016.02.002.
- de Jong L, De Bruin S, Knoop J, van Vliet J (2021) Understanding land-use change conflict: a systematic review of case studies. *Journal of Land Use Science* 16(3): 223–239, DOI: 10.1080/1747423X.2021.1933226.
- de Souza Machado AA, Lau CW, Kloas W, Bergmann J, Bachelier JB, Faltin E, Becker R, Görlich AS, Rillig MC (2019) Microplastics Can Change Soil Properties and Affect Plant Performance. *Environment Science and Technology* 53: 6044–6052. DOI: 10.1021/acs.est.9b01339.
- Deshmukh R (2022) Asparagus Market by Product Type (Fresh, Frozen and Preserved), User Application (Food and Others) and Distribution Channels (Supermarkets/Hypermarkets, Convince Stores and E-Commerce): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021–2030. Food Ingredient A11681, <https://www.alliedmarketresearch.com/asparagus-market-A11681>, abgerufen am 04.08.2022.
- Destatis (2021) Land- und Forstwirtschaft, Fischerei Gemüsebaueerhebung - Anbau und Ernte von Gemüse und Erdbeeren- Statistisches Bundesamt, Fachserie 3 Reihe 3.1.3.

- Deutscher Bundestag (2016) Spargelanbau in Natura 2000-Gebieten. Sachstand, WD 7 - 3000 - 150/16, <https://www.bundestag.de/resource/blob/483614/06c8737290861b0c19ccacc21eff3813/wd-7-150-16-pdf-data.pdf>, abgerufen am 11.01.2021.
- DIN EN 13655 Kunststoffe - Nach Gebrauch rückbaubare thermoplastische Mulchfolien für den Einsatz in Landwirtschaft und im Gartenbau; Deutsche Fassung EN 13655:2018, <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/fnk/veroeffentlichungen/wdc-beuth:din21:280666975>, abgerufen am 04.08.2022.
- DIN EN 17033: Kunststoffe - Biologisch abbaubare Mulchfolien für den Einsatz in Landwirtschaft und Gartenbau - Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 17033:2018, <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/fnk/veroeffentlichungen/wdc-beuth:din21:275787663>, abgerufen am 04.08.2022.
- Dispan J, Mendler L (2020) Branchenanalyse kunststoffverarbeitende Industrie 2020 Forschungsförderung Working Paper 186, Hans Böckler Stiftung, Düsseldorf, 120 Seiten, https://www.boeckler.de/de/faust-detail.htm?sync_id=HBS-007691, abgerufen am 15.06.2022.
- DLG (2022) DLG geprüfte Betriebsmittel. <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/tests/suche-nach-pruefberichten/?unterkategorie=22&page=1&pruefgebiet=4>, <https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/tests/pruefstandards-und-kommissionen>, abgerufen am 04.08.2022.
- Dörner D, Funke J (2017) Complex Problem Solving: What It Is and What It Is Not. *Frontiers in Psychology* 8: 1153. Doi: 10.3389/fpsyg.2017.01153.
- dpa (2016) Trotz Rekordpreisen. Volksessen Spargel“. *Handelsblatt online* vom 12.05.2016, https://archiv.handelsblatt.com/document/HBON__HB%2013585176.
- Dreesen P, Kumięga Ł, Spieß C (2012) *Mediendiskursanalyse* (P. Dreesen, Ł. Kumięga, & C. Spieß (eds.)). VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-93148-7>.
- EC (1999) RICHTLINIE 1999/31/EG DES RATES vom 26. April 1999 über Abfalldeponien, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0031&from=EN>.
- EC (2013) *Responsible research and innovation (RRI), science and technology: report*, European Commission, Directorate-General for Communication, Directorate-General for Research and Innovation, Publications Office, 2013, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/45726>.
- EC (2018) COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT Accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions A European Strategy for Plastics in a Circular Economy, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=SWD:2018:16:FIN>, abgerufen am 04.08.2022

- EC (2020a) COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>.
- EC (2020b) RICHTLINIE 2000/76/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 4. Dezember 2000 über die Verbrennung von Abfällen, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0076&from=EN>.
- EEA (2001) Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000. European Environment Agency. Environmental issue report No 22/2001.
- El-Sadek A, Salem E (2015) Impact of ridge–furrow water harvesting system on faba bean (*Vicia faba* L.) production under rainfed conditions in Matrouh, Egypt. *Annals of Agricultural Sciences* 60(1): 61–66. Doi: 10.1016/j.aoas.2015.03.003.
- Ellen Mac Arthur Foundation (2021a) The big food redesign. How companies can take a design-led approach that takes nature-positive food into the mainstream. <https://emf.thirdlight.com/link/TheBigFoodRedesignReport/@/#id=2>, abgerufen am 04.08.2021.
- Ellen MacArthur Foundation (2021b): A new UN treaty to address plastic pollution EMF white paper, <https://emf.thirdlight.com/link/djlg7tklojjn-1285rl/@/preview/1?o&sa=D&source=editors&ust=1630397626301000&usg=AOvVaw3ZPAKLeKQz3jCylrOCfzn>, abgerufen am 03.08.2022.
- Endes HJ, Shamsuyeva M (2020) Warum die Kreislaufwirtschaft bessere Standards braucht. *Plastverarbeiter*, aktualisierte Version 10.03.2022, <https://www.plastverarbeiter.de/verarbeitungsverfahren/kunststoffrecycling/kreislaufwirtschaft-braucht-bessere-standards-857.html>, abgerufen am 03.08.2022.
- Endres HJ, Shamsuyeva M (2020) Standards und Qualität von Kunststoff-Rezyklaten. Warum die Kreislaufwirtschaft bessere Standards braucht, <https://www.plastverarbeiter.de/verarbeitungsverfahren/kunststoffrecycling/kreislaufwirtschaft-braucht-bessere-standards-857.html>, abgerufen am 15.05.2022.
- Environmental Evidence (2022) 2. Need for Evidence, Synthesis Type and Review Team – Environmental Evidence. url: <https://environmentalevidence.org/information-for-authors/2-need-for-evidence-synthesis-type-and-reviewteam/>.
- EPA (2021) The European Plastics Strategy A CONTRIBUTION TO AN EUROPEAN AGRICULTURE AND THE CIRCULAR ECONOMY. <https://apeurope.eu/wp-content/uploads/2021/05/EPs-EPA-ENG-FR-ESP-DE-IT-PL.pdf>, abgerufen am 15.07.2022.
- ERDE (2022) Was ist ERDE? [Online]. <https://www.erde-recycling.de/ruecknahmesystem/was-ist-erde/> abgerufen am 28.07.2022.

- Eriksson O, Finnveden G (2009) Plastic waste as a fuel - CO₂-neutral or not?. *Energy and Environmental Science* 2: 907– 914, DOI: 10.1039/b908135f.
- European Bioplastics (2022a) BIOPLASTICS MARKET DEVELOPMENT UPDATE 2020, https://docs.european-bioplastics.org/conference/Report_Bioplastics_Market_Data_2020_short_version.pdf
- European Bioplastics (2022b). Bioplastics. url: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>
- Fanning AL, O'Neill DW, Büchs M (2020) Provisioning systems for a good life within planetary boundaries". *Global Environmental Change* 64: 102135. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102135>.
- FAO (2021) Assessment of agricultural plastics and their sustainability. A call for action, <https://www.fao.org/3/cb7856en/cb7856en.pdf>, abgerufen am 25.07.2022.
- Feindt PH, Canenbley C, Gottschick M, Müller C, Roedenbeck I (2004) Konflikte des Agrarsektors – eine Landkarte Empirische Ergebnisse einer konflikttheoretischen Fundierung der Nachhaltigkeitsforschung. BIOGUM-Forschungsbericht/BIOGUM Research-Paper Nr. 12, BIOGUM, Universität Hamburg, Hamburg, Mai 2004, 33 Seiten. ISBN: 3-937792-14-7.
- Feindt PH, Saretzki T (Hg.) (2010) Umwelt- und Technikkonflikte. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Fickel T, Hummel D (2019) Sozial-ökologische Analyse von Biodiversitätskonflikten. Ein Forschungskonzept. Unter Mitarbeit von Engelbert Schramm. ISOE-Materialien Soziale Ökologie, 55. Frankfurt am Main: ISOE - Institut für sozial-ökologische Forschung.
- Fine B, Bayliss K, Robertson M (2018) The Systems of Provision Approach to Understanding Consumption. Kravets, O, Maclaran P, Miles, S, Venkatesh, A, (eds.), *The SAGE Handbook of Consumer Culture*. London: Sage Publications, pp. 27-42.
- Fisher J (2014) Managing Environmental Conflict. Chapter Fifty-five. In: Deutsch, M. (Hg.): *Handbook of conflict resolution. Theory and practice*. San Francisco.
- Flemming A (2014) Umweltsünde Spargel? Gemüseanbau unter Plastikfolie, *Deutschlandfunkkultur Archiv* 30.09.2014, <https://www.deutschlandfunkkultur.de/gemuese-anbau-unter-plastikfolie-umweltsuende-spargel-100.html>.
- Flick U (2005) Standards, Kriterien, Strategien: zur Diskussion über Qualität qualitativer Sozialforschung. In: *Zeitschrift für qualitative Bildungs-, Beratungs- und Sozialforschung* 6, 2, pp. 191-210. URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-278199>.
- Foucault M, Konersmann R (1998) Michel Foucault: Die Ordnung des Diskurses. Fischer Taschenbuch Verlag GmbH.
- Fredi G, Dorigato A (2021) Recycling of bioplastic waste: A review. In: *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research. Special Issue: Recycling of Neat Polymers* 4(3): 159–177. Doi: 10.1016/j.aiepr.2021.06.006.

- Gadinger F, Jarzebski S, Yildiz T (2014) From discourse to narration. The promise of narrative analysis in political science. *Politische Vierteljahresschrift*, 55(1): 67–93. <https://doi.org/10.5771/0032-3470-2014-1-67>.
- Gao Y, Li Y, Y, Wang Y, Wu B, Ke J, Niu J, Guo L (2020) Effect of different film color mulching on dry matter and grain yield of oil flax in dryland. *Oil Crop Science* 5(2): 17–22. Doi: 10.1016/j.ocsci.2020.04.003.
- Garming H (2016) Auswirkungen des Mindestlohns in Landwirtschaft und Gartenbau: Erfahrungen aus dem ersten Jahr und Ausblick. Thünen Working Paper 53, Doi: 10.3220/WP1456999876000.
- Geyer R, Jambeck JR, Law KL (2017) Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances* 3(7): e1700782.
- GKL (2019) Ergebnisse der GKL-Erhebung: Kunststoffeinsatz im Gemüsebau 2018/2019 – Teilerhebung „Spargel“, <https://www.gkl-online.de/agrar-kunststoffe.html>, abgerufen am 08.Juni 2021.
- Glasl F (2013) *Konfliktmanagement. Ein Handbuch für Führungskräfte, Beraterinnen und Berater*. 11. Aufl. Haupt Verlag, Stuttgart.
- Goffin K, Åhlström P, Bianchi M, Richtnér A (2019) State-of-the-art: The quality of case study research in innovation. *Journal of Product Innovation Management* 36(5): 586-615.
- Gomez R, Flores F (2015) Agriculture and Ecosystem Services: A Case Study of Asparagus in Ica, Peru. *Apuntes 77*, Second Semester 2015, Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, p. 47.
- Gonnella M, Durante M, Caretto S, D'Imperio M, Renna M (2018) Quality assessment of ready-to-eat asparagus spears as affected by conventional and sous-vide cooking methods, *LWT*, Volume 92, 2018, Pages 161-168, ISSN 0023-6438, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.017>.
- Goodes LM, Wong EVS, Alex J, Mofflin L, Toshniwal P, Brunner M, Solomons T, White E, Choudhury O, Seewoo BJ, Mulders YR, Dale T, Newman HJ, Naveed A, Lowe AB, Hendrie DV, Symeonides C, Dunlop SA (2022) A scoping review protocol on in vivo human plastic exposure and health impacts. *Systematic Reviews* 11: 137. <https://doi.org/10.1186/s13643-022-02010-6>.
- Goodhand J (2001) *Violent Conflict, Poverty and Chronic Poverty* (May 1, 2001). *Chronic Poverty Research Centre Working Paper No. 6*, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1754535>.
- Grandview Research (2022) *Plastic Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (PE, PP, PU, PVC, PET, Polystyrene, ABS, PBT, PPO, Epoxy Polymers, LCP, PC, Polyamide), By Application, By End Use, And Segment Forecasts, 2022 – 2030*. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/global-plastics-market>, abgerufen am 22.06.2022.

- Grüne Liga (2021) Brandenburg/Havel untersagt Folienspargel im Naturschutzgebiet. <https://grueneliga.de/index.php/de/themen-projekte/regionalentwicklung/1011-brandenburg-havel-untersagt-folienspargel-im-naturschutzgebiet>, abgerufen am 23.07.2022.
- Grünes Medienhaus (2019). Zehn Jahre genutzt und dann recycelt: Spargelfolien sind besser als ihr Ruf. <https://www.gruenes-medienhaus.de/artikel/18844>, abgerufen am 23.07.2022.
- Grunwald A (2011) Conflict-resolution in the Context of Sustainable Development: Naturalistic versus Culturalistic Approaches In: Sustainable Development: Relationships to Culture, Knowledge and Ethics. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing. Online verfügbar: <http://books.openedition.org/ksp/4308>.
- Guo Q, Wang N, Liu H, Li Z, Lu L, Wang C (2020) The bioactive compounds and biological functions of *Asparagus officinalis* L. – A review. *Journal of Functional Foods* 65: 103727. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103727>.
- Hahladakis JN, Velis CA, Weber R, Iacovidou E, Purnell P, (2018) An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials* 344: 179-199. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.10.014>.
- Han J, Jia Z, Han Q, Zhang J (2013) Application of Mulching Materials of Rainfall Harvesting System for Improving Soil Water and Corn Growth in Northwest of China. *Journal of Integrative Agriculture* 12(10): 1712–1721. doi: 10.1016/S2095-3119(13)60342-1.
- Hann S, Fletcher E, Sherrington C, Molteni S, Elliott L (2021) Conventional and Biodegradable Plastics in Agriculture. Report for the European Commission DG Environment. Project conducted under Framework Contract No ENV.B1/FRA/2018/0002 Lot 1.
- Hansen HO (2019) The agricultural treadmill - a way out through differentiation? An empirical analysis of organic farming and the agricultural treadmill. *Journal of Tourism, Heritage & Services Marketing* 5(2): 20–26. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3601667>.
- Haque MA, Jahiruddin M, Clarke D (2018) Effect of plastic mulch on crop yield and land degradation in south coastal saline soils of Bangladesh. *International Soil and Water Conservation Research* 6(4): 317–324. Doi: 10.1016/j.iswcr.2018.07.001.
- Havardi-Burger N, Mempel H, Bitsch V (2021) Framework for sustainability assessment of the value chain of flowering potted plants for the German market. *Journal of Cleaner Production* 329: 129684. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129684>.
- Hazen BT, Russo I, Confente I, Pellaty D (2021) Supply chain management for circular economy: conceptual framework and research agenda. *The International Journal of Logistics Management* 32(2): 510-537. Doi: 10.1108/IJLM-12-2019-0332.

- Heinz M (2017) Mit offenem Visier. Spargel&Erdbeer Profi 1/2017: 6-9. https://www.spargel-erdbeerprofi.de/fileadmin/user_upload/RL_Verlag/Ausgaben_komplett/Spargel___Erdbeerprofi_01s.pdf, abgerufen am 15.05.2022.
- Hekkert MP, Janssen M J, Wesseling JH, Negro SO (2020) Mission-oriented innovation systems. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 34: 76-79.
- Hirschi M, Davin EL, Schwingshackl C, Wartenburger R, Meier R, Gudmundsson L, Seneviratne SI (2020) Soil moisture and evapotranspiration. Hydro-CH2018 project. Commissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, Switzerland, 48 pp. Doi: 10.3929/ethz-b-000389455.
- Hou F, Dong S, Xie B, Zhang H, Li, A, Wang, Q (2019) Mulching with plastic film improved the root quality of summersown sweet potato (*Ipomoea batatas* (L). Lam.) in northern China. *Journal of Integrative Agriculture* 18(5): 982–991. Doi: 10.1016/S2095-3119(18)61994-X.
- Innes JE, Booher DE (2018) *Planning with Complexity. An Introduction to Collaborative Rationality for Public Policy*. Routledge, London.
- Jäger S (2015) *Kritische Diskursanalyse: eine Einführung* (7th ed.). UNRAST Verlag.
- Jiao, J, Xiangbin, Z, Xianbo H (2020) An overview on synthesis, properties and applications of poly(butylene-adipate-co-terephthalate)-PBAT”. In: *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research* 3(1): 19–26. Doi: 10.1016/j.aiepr.2020.01.001.
- Jiang R, Li X, Zhu W, Wang K, Guo S, Misselbrook T, Hatano R (2018) Effects of the ridge mulched system on soil water and inorganic nitrogen distribution in the Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management* 203: 277– 288. Doi: 10.1016/j.agwat.2018.03.027.
- Jones A, Fortier J, Gagnon D, Truax B (2020) Trading tree growth for soil degradation: Effects at 10 years of black plastic mulch on fine roots, earthworms, organic matter and nitrate in a multi-species riparian buffer. *Trees, Forests and People* 2: 100032. Doi:10.1016/j.tfp.2020.100032.
- Kader MA, Senge M, Mojid MA, Nakamura K (2017) Mulching type-induced soil moisture and temperature regimes and water use efficiency of soybean under rain-fed condition in central Japan”. *International Soil and Water Conservation Research* 5(4): 302–308. Doi: 10.1016/j.iswcr.2017.08.001.
- Kates R W, Clark WC, Corell R, Hall J M, Jaeger C, Lowe I, McCarthy JJ, Schellnhuber HJ; Bolin B, Dickson NM, Faucheux S, Gallopin GC, Grübler A, Huntley B, Jäger J, Jodha NS, Kasperson RE, Mabogunje A, Matson P, Mooney H, Moore B, O’Riordan T, Svedin U (2001) *Environment and Development: Sustainability Science*. *Science* 292(5517): pp. 641-642.
- Kedzierskia M, Frère D, Le Maguer G, Bruzauda S (2020) Why is there plastic packaging in the natural environment? Understanding the roots of our individual plastic waste management behaviours. *Science of The Total Environment* (70), <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139985>.

- KLiVo (2019) Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf, zuletzt abgerufen 15.07.2022.
- Koch M (2020) Woher kommen die Spargelkunden der Zukunft? Der Markt im Wandel – Wohin geht die Reise beim Spargel? Vortrag 12. PRODUKTTAG SPARGEL IN WEICHERING, https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iem/dateien/2020_02_19_praesentation_kochtagspargel_weichering_online.pdf, abgerufen am 22.05.2022.
- Kröger M, Pape J, Wittwer A (Hrsg.) (2020) Einfach weglassen? Ein wissenschaftliches Lesebuch zur Reduktion von Plastikverpackungen im Lebensmittelhandel. Oekom.
- Kruashvili I, Bziava K, Inashvili I, Lomishvili M (2016) Determination of optimal irrigation rates of agricultural crops under consideration of soil properties and climatic conditions. *Annals of Agrarian Science* 14.3, pp. 217–221. doi: 10.1016/j.aasci.2016.08.006.
- Kuckartz U (2014) Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 2., durchges. Aufl. Weinheim: Beltz Juventa(Grundlagentexte Methoden)
- Kuntosch A (2019) Roadmap Wissensmanagement. Wissen als Ressource für Innovationsprozesse im nachhaltigen Landmanagement nutzbar machen. In: ginkoo Projektberichte, Humboldt-Universität zu Berlin, DOI: <https://doi.org/10.18452/20894>.
- Kwon JH, Kim JW, Pham TD, Tarafdar A, Hong S, Chun SH, Lee SH, Kang DY, Kim JY, Kim SB, Jung J, (2020) Microplastics in Food: A Review on Analytical Methods and Challenges. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Sep; 17(18): 6710. doi: 10.3390/ijerph17186710.
- Laber H, Lattauschke G (2020) Gemüsebau – Fachbibliothek Produktionsgartenbau. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- Lampert P (2016) Wie klimafreundlich ist die regionale Vermarktung von Spargel? Thünen Heft
- Landtag Brandenburg (2017) Klare Regeln für leckeren Spargel - Folienanbau begrenzen“, Antrag der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, Drucksache 6/6312, aufgerufen 11.01.2021.
- Lange E (2022) Unter Spargelfolien lebt der Boden, blickpunkt, online Portal für das Land Brandenburg. <https://www.blickpunkt-brandenburg.de/nachrichten/artikel/unter-spargelfolien-lebt-der-boden-1>.
- Langgemach T, Ryslavy T, Jurke M, Jaschke W, Flade M, Hoffmann J, Stein-Bachinger K, Dziewiaty K, Röder N, Gottwald F, Zimmermann F, Vögel R, Watzke H Schneeweiss N (2019) Vogelarten der Agrarlandschaft in Brandenburg – Bestände, Bestandstrends, Ursachen aktueller und langfristiger Entwicklungen und Möglichkeiten für Verbesserungen. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 28: 4–67.

- Lawrence MG, Williams S, Nanz P, Renn O (2022) Characteristics, potentials, and challenges of transdisciplinary research, *One Earth*, Volume 5, Issue 1, 2022, pp. 44-61, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.12.010>.
- Lawrence MJ, Garthe JW, Buckmaster DR (2010) Producing Solid Fuel from Nonrecyclable Plastic. *Journal of Applied Engineering in Agriculture* Vol. 26(2) 217-223.
- Lee JG, Chae HG, Hwang HY, Kim PJ, Cho SR (2021) Effect of plastic film mulching on maize productivity and nitrogen use efficiency under organic farming in South Korea. *Science of The Total Environment* 787, p. 147503. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.147503.
- Lee KS, Choe YC (2019) Environmental performance of organic farming: Evidence from Korean small-holder soybean production. *Journal of Cleaner Production* 211, pp. 742–748. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.075.
- Leng J, Szymoniak P, Kang N-J, Wang D-Y, Wurm A, Schick C, Schönhals A (2019) Influence of interfaces on the crystallization behavior and the rigid amorphous phase of poly(l-lactide)-based nanocomposites with different layered doubled hydroxides as nanofiller. *Polymer* 184, p. 121929. doi: 10.1016/j.polymer.2019.121929.
- Leifheit EF, Rillig MC (2020) Mikroplastik in landwirtschaftlichen Böden - eine versteckte Gefahr? *Berichte über Landwirtschaft*, Band 98, Heft 1, Mai 2020, <https://doi.org/10.12767/buel.v98i1>.
- Leopoldina (2020). *Biodiversität und Management von Agrarlandschaften*. Stellungnahme, 80 Seiten, ISBN: 978-3-8047-4065-5.
- Leopoldina, actach und Akademieunion (2018) *Artenrückgang in der Agrarlandschaft: Was wissen wir und was können wir tun?* Stellungnahme. Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften, Halle (Saale), ISBN: 978-3-8047-3932-1, https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2018_3Akad_Stellungnahme_Artenrueckgang_web.pdf.
- Leslie HA, MH Depledge MH (2020) Where is the evidence that human exposure to microplastics is safe? *Environment International*, Volume 142, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105807>
- Leslie HA, van Velzen MJM, Brandsma SH, Vethaak AD, Garcia-Vallejo JJ, Lamoree MH (2022) Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood, *Environment International*, Volume 163, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>.
- Li B, Huang S, Wang H, Liu M, Xue S, Tang D, Cheng W, Fan T, Yang X (2021) Effects of plastic particles on germination and growth of soybean (*Glycine max*): A pot experiment under field condition”. *en. Environmental Pollution* 272, p. 116418. doi: 10.1016/j.envpol.2020.116418..
- Li H, Xue J, Gao Z, Xue N, Yang Z (2018) Response of yield increase for dryland winter wheat to tillage practice during summer fallow and sowing method in the Loess Plateau of China. *Journal of Integrative Agriculture* 17.4, pp. 817–825. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61806-9.

- Li L, Luo Y, Peijnenburg WJGM, Li R, Yang J, Zhou Q (2020) Confocal measurement of microplastics uptake by plants. *MethodsX*, Volume 7, 2020, 100750, <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.11.023>.
- Lin Y, Wei K, Gao W, Chen Y, Lin Y, Chen W, Li H, Pan W (2018) Effects of plastic mulching film-induced leaf burning on seedling growth in tobacco cultivation: Different findings beyond conservation view. *Journal of Integrative Agriculture* 17(6): 1327–1337. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61871-9.
- Liu L, Zou G, Zuo Q, Li, Bao Z, Jin T, Liu D, Dua L (2022) It is still too early to promote biodegradable mulch film on a large scale: A bibliometric analysis. *Environmental Technology & Innovation* 27: 102487. Doi: 10.1016/j.eti.2022.102487.
- Liu Y, Han J, Wen X, Wu W, Guo Q, Zeng A, Liao Y (2013) The Effect of Plastic-Covered Ridge and Furrow Planting on the Grain Filling and Hormonal Changes of Winter Wheat. *Journal of Integrative Agriculture* 12(10): 1771–1782. Doi: 10.1016/S2095-3119(13)60337-8.
- Live2give (2022) Über uns - Wer wir sind [Online]. <https://live2give.info/ueber-uns/#> abgerufen am 28.07.2022.
- Loorbach D (2009) Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework. *Governance* 23(1): 161-183.
- Lozano YM, Lehnert T, Linck LT, Lehmann A, Rillig MC (2021) Microplastic shape, polymer type and concentration affect soil properties and plant biomass. *Frontiers in Plant Science* 12: 616645. Doi: 10.3389/fpls.2021.616645.
- Ma D, Chen L, Qua H, Wang Y, Misselbrook T, Jiang R (2018) Impacts of plastic film mulching on crop yields, soil water, nitrate, and organic carbon in Northwestern China: A meta-analysis. *Agricultural Water Management* 202: 166–173. Doi: 10.1016/j.agwat.2018.02.001.
- Machado Rehm RP, Fiener P (2020) Der unsichtbare Plastikmüll - Wie viel Mikroplastik steckt in unseren Böden? *Geographische Rundschau* 7-8: 3236.
- Machado Rehm RP, Grashey-Jansen S, Thalheimer M (2018) Plastik im Boden. Ein noch unbekanntes Problem im Obst- und Weinbau? *Obstbau Weinbau* 11/2018, 13-16.
- Marschall D (2016) Lang, lecker, limitiert. Wie Spargel zum König der Gemüse wurde. *Handelsblatt* vom 16.05.2016, https://www.handelsblatt.com/arts_und_style/lifestyle/lang-lecker-limitiert-wie-spargel-zum-koenig-der-gemuese-wurde/13593702.html
- Martin-Gorriz B, Gallego-Elvira B, Martínez-Alvarez V, Maestre-Valero JF (2020) Life cycle assessment of fruit and vegetable production in the Region of Murcia (south-east Spain) and evaluation of impact mitigation practices. *Journal of Cleaner Production* 265: 121656. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121656>.

- Mayer AMB, Trenchard L, Rayns F (2022) Historical changes in the mineral content of fruit and vegetables in the UK from 1940 to 2019: a concern for human nutrition and agriculture. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 73(3): 315-326. Doi: 10.1080/09637486.2021.1981831.
- Mbow C, Rosenzweig, C, Barioni LG, Benton TG, Herrero, M, Krishnapillai M, Liwenga E, Pradhan P, Rivera-Ferre MG, Sapkota T, Tubiello FN, Xu Y (2019) Food Security. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [Shukla PR, Skea J, Calvo Buendia E, Masson-Delmotte V, Pörtner HO, Roberts DC, Zhai P, Slade R, Connors S, van Diemen R, Ferrat M, Haughey E, Luz S, Neogi S, Pathak M, Petzold J, Portugal Pereira J, Vyas P, Huntley E, Kissick K, Belkacemi M, Malley J (eds.)]. In press.
- Meadows D (1999) *Leverage points: Places to intervene in a system*. Hartland: The Sustainability Institute.
- Meng F, Yang X, Riksen M, Xu M, Geissen V (2021) Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth to soil contaminated with microplastics. *Science of the Total Environment* 755: 142516. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142516.
- Meuser M, Nagel U (1991) ExpertInneninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht: ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In D. Garz, & K. Kraimer (Hrsg.), *Qualitativ-empirische Sozialforschung: Konzepte, Methoden, Analysen* (S. 441-471). Opladen: Westdt. Verl. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-24025>.
- Meyfroidt P, de Bremond A, Ryan CN, Archer E et al. (2022): Ten facts about land systems for sustainability. *PNAS* 119(7): e2109217118.
- Miao L, Zhang Y, Yang X, Xiao J, Zhang H, Zhang Z, Wang Y, Jiang G (2016) Colored light-quality selective plastic films affect anthocyanin content, enzyme activities, and the expression of flavonoid genes in strawberry (*Fragaria×ananassa*) fruit. *Food Chemistry* 207: 93–100. Doi: 10.1016/j.foodchem.2016.02.077.
- MLUK (2020). Weniger Plastik für saubere Böden und Gewässer – Umweltminister Vogel stellt 7-Punkte-Maßnahmenplan für besseren Umgang mit Kunststoffen vor. 22.10.2020. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg. <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/aktuelles/presseinformationen/detail/~22-10-2020-weniger-plastik-fuer-saubere-boeden-und-gewaesser>, abgerufen am 11.01.2021.
- Möller JN, Löder MGJ, Laforsch C (2020) Finding Microplastics in Soils: A Review of Analytical Methods [online]. *Environmental Science and Technology* 54(4): 2078-2090. Doi: 10.1021/acs.est.9b04618.
- Nan W, Yue S, Huang H, Li S, Shen Y (2016) Effects of plastic film mulching on soil greenhouse gases (CO₂, CH₄ and N₂O) concentration within soil profiles in maize fields on the Loess Plateau, China. *Journal of Integrative Agriculture* 15(2): 451–464. Doi: 10.1016/S2095-3119(15)61106-6.

- Napper IE, Thompson RC (2019) Environmental deterioration of biodegradable, oxo-biodegradable, compostable, and conventional plastic carrier bags in the sea, soil, and open-air over a 3-year period. *Environmental Science and Technology* 53(9): 4775– 4783. Doi: 10.1021/acs.est.8b06984.
- Neufeld L, Stassen F, Sheppard R, Gilman T (2016) The new plastics economy: rethinking the future of plastics. In: World Economic Forum. Available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf.
- Nielsen TD, Hasselbalch J, Holmberg K, Stripple J. (2020) Politics and the plastic crisis: A review throughout the plastic life cycle. *WIREs Energy Environment* 9(1): 9:e360. <https://doi.org/10.1002/wene.360>
- Niu L, Yan Y, Hou P, Bai W, Zhao R, Wang Y, Li S, Du T, Zhao M, Song J, Zhou W (2020) Influence of plastic film mulching and planting density on yield, leaf anatomy, and root characteristics of maize on the Loess Plateau”. *The Crop Journal* 8(4): 548–564. Doi: 10.1016/j.cj.2019.12.002.
- OECD (2022) Global Plastics Outlook. Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. Chapter Plastics flows and their impacts on the environment. <https://doi.org/10.1787/de747aef-en>.
- Oeljeschläger B (2007) *Beelitzer Spargel*. Delmenhorst: Aschenbeck & Holstein Verlag.
- Oré MT, Bayer D, Chiong J, Rendon E (2012) Emergencia hídrica y explotación del acuífero en un valle de la Costa peruana: el caso de Ica, Perú. *Medio Ambiente y Urbanización* 77(1): 213–234. Doi: 10.4000/books.ifea.11913
- PAMIRA (2022) Was ist PAMIRA? [Online]. <https://www.pamira.de/entsorgungssystem/was-ist-pamira/> abgerufen am 28.07.2022.
- Paul MB, Fahrenson C, Givelet L, Givelet L, Herrmann T, Loeschner K, Böhmert L, Thünemann AF, Braeuning A, Sieg H (2022) Beyond microplastics - investigation on health impacts of sub-micron and nanoplastic particles after oral uptake in vitro. *Micropl.&Nanopl.* 2: 16. <https://doi.org/10.1186/s43591-022-00036-0>.
- Pegiou E, Mumm R, Acharya P, de Vos RCH, Hall RD (2019) Green and White Asparagus (*Asparagus officinalis*): A Source of Developmental, Chemical and Urinary Intrigue. *Metabolites*. 10(1): 17. Doi: 10.3390/metabo10010017.
- Peng X, Chen M, Chen S, Dasgupta S, Xu H, Ta K, Du M, Li J, Guo Z, Bai S (2018) Microplastics contaminate the deepest part of the world’s ocean. *Geochemistry Perspective Letters* 9: 1–5. Doi: 10.7185/geochemlet.1829.
- Pereira LS, Paredes P, Melton F, Johnson L, Mota M, Wang T (2021). Prediction of crop coefficients from fraction of ground cover and height: Practical application to vegetable, field and fruit crops with focus on parameterization. In: *Agricultural Water Management* 252: 106663. Doi: 10.1016/j.agwat.2020.106663.

- Pereira R, Hernandez A, James B, LeMoine B, Carranca C, Rayns F, Cornelis G, Erälinna L, Czech L, Picuno P (2021) Minipaper A: The actual uses of plastics in agriculture across EU: An overview and the environmental problems. p. 15. url: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_fg_plastic_footprint_minipaper_a_final.pdf.
- Persson L, Carney Almroth BM, Collins CD, Cornell S, de Wit CA, Diamond ML, Fantke P, Hassellöv MacLeod M, Ryberg MW, Jørgensen PS, Villarrubia-Gómez P, Wang Z, Hauschild MZ (2022) Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities, *Environmental Science and Technology* 56(3): 1510–1521. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158>.
- Piehl S, Leibner A, Löder MGJ, Dris R, Bogner C, Laforsch C (2018) Identification and quantification of macro- and microplastics on an agricultural farmland. *Scientific Reports* 8: 17950.
- Pigford A-AE, Hickey GM, Klerkx L (2018): Beyond agricultural innovation systems? Exploring an agricultural innovation ecosystems approach for niche design and development in sustainability transitions. *Agricultural Systems* 164: 116–121.
- Pisani E, Scrocco S (2016) Building New Income Opportunities for Small-farmers in Peru: The Case of Native and Naturally Colored Cotton. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 8: 426–432. Doi: 10.1016/j.aaspro.2016.02.039.
- Plastics Europe (2022) Agriculture. <https://plasticseurope.org/sustainability/sustainable-use/sustainable-agriculture/>
- Plastik Atlas (2019) Facts and figures about the world of synthetic polymers. Heinrich Böll Foundation. <https://www.boell.de/en/plasticatlas>, letzter Abruf 15.07.2022
- Qi Y, Ossowicki A, Yanga X, Huerta Lwanga E, Dini-Andreotebe F, Geissen V, Garbeva P (2020) Effects of plastic mulch film residues on wheat rhizosphere and soil properties. *Journal of Hazardous Materials* 387: 121711. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.121711.
- Qi Y, Beriot N, Gort G, Huerta Lwanga E, Gooren H, Yang X, Geissen V (2020) Impact of plastic mulch film debris on soil physicochemical and hydrological properties. *Environmental Pollution* 266: 115097. Doi: 10.1016/j.envpol.2020.115097.
- Rädiker S, Kuckartz U (2019) Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA. In *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA*. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22095-2>.
- Ragusa A, Svelato A, Santacroce C, Catalano P, Notarstefano V, Carnevali O, Papa F, Rongioletti MCA, Baiocco F, Draghi S, D'Amore W, Rinaldo D, Matta, M, Giorgini E (2021) Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International* 146: 106274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>.
- REACH (2022). <https://echa.europa.eu/de/regulations/reach>, zuletzt aufgerufen 04.08.2022
- Rehm R, Zeyer T, Schmidt A, Fiener P (2021) Soil erosion as transport pathway of microplastic from agriculture soils to aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment* 795: 148774. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148774>.

- Rillig MC (2012) Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? *Environmental Science and Technology* 46(12): 6453–6454. <https://doi.org/10.1021/es302011r>.
- Rillig MC, Leifheit E, Lehmann J (2021) Microplastic effects on carbon cycling processes in soils. *PLOS Biology* 19(3): e3001130. Doi: 10.1371/journal.pbio.3001130.
- Rittel HJ, Weber MM (1973). Dilemmas in a General Theory of Planning. *Policy Sciences* 4(2): 155-169. <http://www.jstor.org/stable/4531523>.
- Rockström J, Edenhofer O, Gaertner J, DeClerck F (2020) Planet-proofing the global food system. *Nature Food* 1: 3–5. <https://doi.org/10.1038/s43016-019-0010-4>.
- Rosenberg Johansen M, Budde Christensen T, Marilou Ramos T, Syberg K (2022) A review of the plastic value chain from a circular economy perspective. *Journal of Environmental Management*, Volume 302, Part A, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113975>.
- Royer S-J, Ferrón S, Wilson ST, Karl DM (2018) Production of methane and ethylene from plastic in the environment. *PLoS One*, 13(8): e0200574. Doi: 10.1371/journal.pone.0200574
- Gloria Salmoral G, Viñarta Carbó A, Zegarra E, Knox JW, Rey D (2020) Reconciling irrigation demands for agricultural expansion with environmental sustainability - A preliminary assessment for the Ica Valley, Peru. *Journal of Cleaner Production* 276: 123544. Doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123544.
- Sarkar Md D, Hasnat Muhammad Solaiman A, Jahan MS, Rojoni RN, Kabir K, Hasanuzzaman M (2019) Soil parameters, onion growth, physiology, biochemical and mineral nutrient composition in response to colored polythene film mulches. *Annals of Agricultural Sciences* 64(1): 63–70. Doi: 10.1016/j.aogas.2019.05.003.
- Sattlegger L (2021) Negotiating attachments to plastic. *Social Studies of Science* 51 (6), 820-845.
- Schäfer M, König B (2018): The role of cooperation for sustainability innovations in the agriculture and food sector: Special Issue of the 13th European International Farming Systems Association (IFSA) Symposium, Greece; *International Journal of Agricultural Extension* <https://esciencepress.net/journals/index.php/IJAE/article/view/2680>.
- Schäfer M, König B, Kuntosch A, Richter B, Schaal T (2020). Management von Innovationsprozessen für nachhaltige Entwicklung. *Der ginkoo Innovationsnavigator. Ökologisches Wirtschaften* 3.2020 (35). DOI 10.14512/OEW350340
- Schreiner M, Schmidt S, Schonhoff I, Wonneberger C, Paschold J, Geyer M, Tischer S, Ziegler W, Rohlfing H-R, Bokelmann W, Ruhm G, Jaki J (2007) Spargelproduktion optimieren. *KTBL Schrift* 450, ISBN: 978-3-939371-16-8.
- Schüler K (2019) *Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2017*. hrsg. vom UBA, Dessau-Roßlau.

- Schulte M, Wolf NA, Theuvsen L (2016) Qualitätsbeeinflussende Maßnahmen bei der Vermarktung von Spargel und Erdbeeren. Dirksmeyer, W., Schulte, M., Theuvsen, L. (eds): Aktuelle Forschung in der Gartenbauökonomie Nachhaltigkeit und Regionalität – Chancen und Herausforderungen für den Gartenbau. Tagungsband zum 2. Symposium für Ökonomie im Gartenbau am 01. März 2016 im Thünen-Institut in Braunschweig, Thünen Report 44, S. 59-76.
- Schulze J (2016) Die Zukunft im Spargelanbau. Wie kann man sich den Herausforderungen stellen, Spargel- und Erdbeerprofi 05.01.2016. <https://www.spargel-erdbeerprofi.de/nachricht-spargelerdbeer/detail/die-zukunft-im-spargelanbau/>.
- Schumacher W (2019) Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt auf landwirtschaftlichen Nutzflächen – Naturschutz durch Nutzung? Landwirtschaft und Naturschutzrecht.- Beiträge des Deutschen Naturschutzrechtstages in Leipzig, S.47 – 64. Nomos Verlag, Baden-Baden.
- Schuster M, Maertens M (2013) Do private standards create exclusive supply chains? New evidence from the Peruvian asparagus export sector". Food Policy 43, pp. 291–305.. doi: 10.1016/j.foodpol.2013.10.004.
- Schuster M, Maertens M (2015) The Impact of Private Food Standards on Developing Countries' Export Performance: An Analysis of Asparagus Firms in Peru. World Development 66, pp. 208–221. doi: 10.1016/j.worlddev.2014.08.019.
- Schuster M, Maertens M (2016) Do private standards benefit workers in horticultural export chains in Peru? Journal of Cleaner Production 112, pp. 2392–2406. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.10.038.
- Schwarz J, Schuster M, Annaert B, Martens M, Mathijs E (2016) Sustainability of Global and Local Food Value Chains: An Empirical Comparison of Peruvian and Belgian Asparagus. Sustainability 2016, 8(4), 344; <https://doi.org/10.3390/su8040344>.
- Science Advice for Policy by European Academies (SAPEA) (2020) Biodegradability of plastics in the open environment. en. DE: Science Advice for Policy by European Academies (SA-PEA). url: <https://doi.org/10.26356/biodegradabilityplastics>.
- Seppelt R, Arndt C, Beckmann M, Martin EA, Hertel TW (2020) Deciphering the Biodiversity–Production Mutualism in the Global Food Security Debate. Trends in Ecology & Evolution, November 2020, Vol. 35, No. 11, <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.06.012>.
- Serrano-Ruiz H, Martin-Closas L, Pelacho AM (2021) Biodegradable plastic mulches: Impact on the agricultural biotic environment. Science of The Total Environment 750, 1 January 2021, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141228>.
- Shennan C, Krupnik TJ, Baird G, Cohen H, Forbush K, Lovell RJ, Olimpi EM (2017) Organic and Conventional Agriculture: A Useful Framing? Annual Review of Environment and Resources 2017 42(1): 317-346. <https://doi.org/10.1146/annurev-enviro-110615-085750>.

- Shin Y-J, Midgley GF, Archer ERM, Arneth A, Barnes DKA, Chan L, Hashimoto S, Hoegh-Guldberg O, Insarov G, Leadley P, Levin L, Ngo HT, Pandit R, Pires APF, Pörtner H-O, Rogers AD, Scholes R J, Settele J, Smith P (2022) Actions to halt biodiversity loss generally benefit the climate. *Global Change Biology* 28: 2846–2874. <https://doi.org/10.1111/gcb.16109>.
- Skórka P, Lenda M, Moron D, Tryjanowski P (2013) New methods of crop production and farmland birds: effects of plastic mulches on species richness and abundance. *Journal of Applied Ecology* (50)6: 1387–1396.
- Statista (2022a) Weltweite und europäische Kunststoffproduktion 1950-2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167099/umfrage/weltproduktion-von-kunststoff-seit-1950/>, letzter Abruf 29.07.2022.
- Statista (2022b) Distribution of plastic converters demand in the European Union (EU-27) in 2020, by segment. <https://www.statista.com/statistics/869554/plastics-converter-demand-european-union/>, zuletzt abgerufen 05.08.2022.
- Statista (2022c) Market size value of plastics worldwide from 2021 to 2030. <https://www.statista.com/statistics/1060583/global-market-value-of-plastic/>, zuletzt abgerufen 05.08.2022.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Deutschland (2021) Wem gehört die Landwirtschaft? Landwirtschaftszählung 2020. <https://www.giscloud.nrw.de/arcgis/apps/storymaps/stories/43e6eb55a955499eb8e624e78b38ecca> zuletzt abgerufen 05.08.2022.
- Statistisches Bundesamt (2022a) Anzahl der Betriebe im Anbau von Spargel in Deutschland nach Bundesländern im Jahr 2021“ [Data set]. Zitiert nach de.statista.com. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/545534/umfrage/betriebe-im-spargelanbau-in-deutschland-nach-bundeslaendern/> zuletzt abgerufen: 28.07.2022.
- Statistisches Bundesamt (2022b) Anzahl der Betriebe im Spargelanbau in Deutschland in den Jahren 2016 bis 2021 [Data set]. Zitiert nach de.statista.com. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/545523/umfrage/spargelanbau-anzahl-betriebe-in-deutschland/> abgerufen am 28.07.2022.
- Statistisches Bundesamt (2022c) Erntemenge von Spargel in Deutschland in den Jahren 2020 bis 2022 nach Bundesländern (in Tonnen) [Data set]. Zitiert nach de.statista.com. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/545272/umfrage/erntemenge-von-spargel-in-deutschland-bundeslaender>, abgerufen am 28.07.2022.
- Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell SE, Fetzer I, Bennett EM, Biggs R, Carpenter SR, de Vries, W, de Wit CA, Folke C, Gerten D, Heinke J, Mace GM, Persson LM, Ramanathan V, Reyersand B, Sörlin S (2015) Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, Vol 347, Issue 6, DOI: 10.1126/science.1259855.

- Steinke I (2007) Qualitätssicherung in der qualitativen Forschung. In: Kuckartz, U., Grunenberg, H., Dresing, T. (2007): Qualitative Datenanalyse: Computergestützt. Methodische Hintergründe und Beispiele aus der Forschungspraxis. 2. Aufl., VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 176-187.
- Steinmetz Z, Wollmann C, Schaefer M, Buchmann C, David J, Tröger J, Muñoz K, Frör O, Schaumann GE (2016) Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? *Science of The Total Environment* 550: 690-705. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.153>.
- Stroh K, Garming H, Dirksmeyer W (2016) Entwicklung des Gemüsebaus in Deutschland von 2000 bis 2015: Anbauregionen, Betriebsstrukturen, Gemüsearten und Handel, Thünen Working Paper 56, https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn056602.pdf.
- Stubenrauch J, Ekardt F (2020) Plastic Pollution in Soils: Governance Approaches to Foster Soil Health and Closed Nutrient Cycles. *Environments* 7(5): 38. Doi: 10.3390/environments7050038.
- Stubenrauch J, Ekardt F (2021) Zur Ausgestaltung eines nationalen Verbots giftiger Chemikalien bei Kunststoffen. *Rechtsvergleichende und EU-rechtliche Aspekte. EurUP* 3/2021.
- Stubenrauch J, Garske B, Ekardt, F (2020) Kunststoffe in Meeren und Böden: Regulierungsansätze im Wasser-, Naturschutz-, Bodenschutz- und Agrarrecht – Teil 1 . *NuR* 42, 395–402 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10357-020-3695-0>.
- Subrahmaniyan K, Ngouajio M (2012) Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review”. *Agronomy for Sustainable Development* 32(2): 501–529. Doi: 10.1007/s13593-011-0068-3.
- Tholl G (2022) Millionen lieben ihn. Wie wichtig ist Spargel für's deutsche Gemüt? *Westdeutsche Zeitung* 2.05.2022, https://www.wz.de/app/consent/?ref=https://www.wz.de/ratgeber/gesundheit-und-ernaehrung/wie-wichtig-ist-spargel-fuers-deutsche-gemuet_aid-68948253
- Transparency Market Research (2022) Asparagus Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast 2020 – 2030. Overview. <https://www.transparencymarketresearch.com/asparagus-market.html>, abgerufen am 02.08.2022.
- Truax B, Gagnon D, Lambert F, Fortier J (2017) Riparian buffer growth and soil nitrate supply are affected by tree species selection and black plastic mulching”. *Ecological Engineering* 106: 82– 93. Doi: 10.1016/j.ecoleng.2017.05.037.
- Umweltbundesamt (2021) „Kunststoffe in Böden“. UBA-Texte128/2021. Dessau.
- UN (2017) UNECE-NORM FFV-04 für die Vermarktung und Qualitätskontrolle von SPARGEL. https://unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/fresh/FFV-Std/German/04_Asparagus-de.pdf, abgerufen am 28.07.2022.

- UNEP (2022) Draft resolution End plastic pollution: Towards an international legally binding instrument, https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38525/k2200647_-_unep-ea-5-l-23-rev-1_-_advance.pdf?sequence=1&isAllowed=y, abgerufen am 04.08.2022
- van Dijk M, Morley T, Rau ML, Saghai Y (2021) A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nature Food* 2: 494–501. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00322-9>.
- Vázquez-Rowe I, Kahhat R, Quispe I, Bentínc M (2016) Environmental profile of green asparagus production in a hyper-arid zone in coastal Peru. *Journal of Cleaner Production* 112: 2505–2517. Doi: 10.1016/j.jclepro.2015.09.076.
- Von der Dunk A, Gret-Regamey A, Dalang T, Hersperger A (2011) Defining a typology of peri-urban land-use conflicts – A case study from Switzerland. *Landscape and Urban Planning*. Volume 101, Issue 2, 30 May 2011, Pages 149-156, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.007>.
- Vos R, Cattaneo A (2020) Smallholders and rural people: Making food system value chains inclusive. In 2020 Global Food Policy Report. Chapter 2, Pp. 14-27. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI). https://doi.org/10.2499/9780896293670_02.
- Wang J, Luo Y, Teng Y, Ma W, Christie P, Li Z (2013) Soil contamination by phthalate esters in Chinese intensive vegetable production systems with different modes of use of plastic film. *Environmental Pollution* 180: 265-273. Doi: 10.1016/j.envpol.2013.05.036.
- Wang D, Xi Y, Shi X-Y, Zhong Y-J, Guo C-L, Han Y-N, Li F-M (2021) Effect of plastic film mulching and film residues on phthalate esters concentrations in soil and plants, and its risk assessment. In: *Environmental Pollution* 286, p. 117546. doi: 10.1016/j.envpol.2021.117546.
- WANG N, Wolf JK, Zhang F (2016) Towards sustainable intensification of apple production in China – Yield gaps and nutrient use efficiency in apple farming systems. *Journal of Integrative Agriculture* 15(4): 716–725. Doi: 10.1016/S2095-3119(15)61099-1.
- Wanga YP, Li XG, Fu T, Wang L, Turner NC, Siddique KHM, Li F-M (2016) Multi-site assessment of the effects of plastic-film mulch on the soil organic carbon balance in semiarid areas of China. *Agricultural and Forest Meteorology* 228-229: 42–51. Doi: 10.1016/j.agrformet.2016.06.016.
- Wanner P (2021) Plastic in agricultural soils. A global risk for groundwater systems and drinking water supplies? A review. *Chemosphere* (264). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128453>
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2020): *Landwende im Anthropozän: Von der Konkurrenz zur Integration*. Berlin: WBGU.
- Weber KM, Rohrer H (2012) Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change. *Research Policy* 41(6): 1037-1047.

- Weber M (2021) Spargelanbau in Deutschland: Auswirkungen auf Wild und Jagd. Pirsch, <https://www.pirsch.de/jagdpraxis/spargelanbau-deutschland-auswirkungen-auf-wild-und-jagd-35070>
- Wen X-x, Zhang D-q, Liao Y-c, Jia Z-k, Ji S-q (2012) Effects of Water-Collecting and -Retaining Techniques on Photosynthetic Rates, Yield, and Water Use Efficiency of Millet Grown in a Semiarid Region. *Journal of Integrative Agriculture* 11(7): 1119–1128. Doi: 10.1016/S2095-3119(12)60105-1.
- Whatmore SJ (2009) Mapping knowledge controversies: science, democracy and the redistribution of expertise. *Progress in Human Geography* 33(5): 587-598. <https://doi.org/10.1177/0309132509339841>.
- Willet W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S., Garnett, T, Tilman D, DeClerck F, Wood A, Jonell M, Clark M, Gordon LJ, Fanzo J, Hawkes C, Zurayk R, Rivera JA, De Vries W, Sibanda LM, Afshin A, Chaudhary A, Herrero M, Agustina R, Branca F, Lartey A, Fan S, Crona B, Fox E, Bignet V, Troell M, Lindahl T, Singh S, Cornell, SE, Reddy KS, Narain S, Nishtar S, Murray CJL (2019). “Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems”. *The Lancet Commissions* | Volume 393, ISSUE 10170, P447-492, February 02, 2019, [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4).
- Winkhoff J (2011) TÜV Süd untersuchte: PE-folie ohne Weichmacher – jetzt klar belegt. *Gemüse* 08/2011. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- Witzig CS, Földi C, Wörle K, Habermehl P, Pittroff M, YK M, Lauschke T, Fiener P, Dierkes G, Freier KP, Zumbülte N (2020) When good intentions go bad - false positive microplastic detection caused by disposable gloves. *Environmental Science & Technology* 54(19): 12164–12172. Doi: 10.1021/acs.est.0c03742.
- Wodak R, Meyer M (2009) *Critical Discourse Analysis: History, Agenda, Theory, and Methodology* 1. https://www.researchgate.net/publication/265678850_Critical_Discourse_Analysis_History_Agenkda_Theory_and_Methodology_1
- Wolf C (2022) What is the impact of agricultural mulch films on terrestrial ecosystems? url: http://imulch.eu/wp-content/uploads/2022/04/Poster_iMulch_20042022-Kompatibilit%C3%A4tsmodus.pdf.
- Wu Y, Bian S, Liu Z, Wan L, Wan G, Xu G, Zhou Y (2021) Drip irrigation incorporating water conservation measures: Effects on soil water–nitrogen utilization, root traits and grain production of spring maize in semiarid areas. *Journal of Integrative Agriculture* 20(12): 3127–3142. Doi: 10.1016/S2095-3119(20)63314-7.
- Xue N, Xue J, Yang Z, Sun M, Ren A, Gao Z (2017) Effects of film mulching regime on soil water status and grain yield of rain-fed winter wheat on the Loess Plateau of China. *Journal of Integrative Agriculture* 16(11): 2612–2622. Doi: 10.1016/S2095-3119(17)61706-4.

- Yaghi T, Arslan A, Naoum F (2013) Cucumber (*Cucumis sativus*, L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. *Agricultural Water Management* 128: 149–157. Doi: 10.1016/j.agwat.2013.06.002.
- Yates J, Deeney M, Rolker HB, White H, Kalamatianou S, Kadiyala S (2021) A systematic scoping review of environmental, food security and health impacts of food system plastics. *Nature Food* 2(2): 80–87. Doi: 10.1038/s43016-021-00221-z.
- Yin RK (2003) *Case Study Research*, 3. Aufl., Thousand Oaks.
- yougov (2022) Deutsche lieben Spargel, jeder Fünfte hat dieses Jahr bereits welchen gegessen. <https://yougov.de/news/2021/04/16/deutsche-lieben-spargel-jeder-funfte-hat-dieses-ja/>, abgerufen am 01.08.2022.
- Hong Y, Zhang Y, Tan W (2021) The “neighbor avoidance effect” of microplastics on bacterial and fungal diversity and communities in different soil horizons. *Environmental Science and Ecotechnology* 8: . Doi: 10.1016/j.es.2021.100121.
- Zhang C, Lei Y, Qianc J, QiaodX, Liu J, Li S, Dai L, Sun K, Guo H, Sui G, Jing W (2021) Sorption of organochlorine pesticides on polyethylene microplastics in soil suspension. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 223: 112591. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.112591.
- Zhang D, Ng EL, Hu W, Wang H et al. (2020). Plastic pollution in croplands threatens long-term food security. *Global Change Biology* 26(6): 3356-3367. <https://doi.org/10.1111/gcb.15043>.
- Zhang F, Zhang W, Qi J, Li F-M (2018) A regional evaluation of plastic film mulching for improving crop yields on the Loess Plateau of China. *Agricultural and Forest Meteorology* 248: 458–468. Doi: 10.1016/j.agrformet.2017.10.030.
- Zhang, H., Wang, E., Zhou, D., Luo, Z., Zhang, Z. (2016) Rising soil temperature in China and its potential ecological impact. *Scientific Reports* 6: 35530. <https://doi.org/10.1038/srep35530>.
- Zhang H, Miles C, Ghimire S, Benedict C, Zasada I, DeVetter L (2019) Polyethylene and biodegradable plastic mulches improve growth, yield, and weed management in florican red raspberry. *Scientia Horticulturae* 250: 371–379. Doi: 10.1016/j.scienta.2019.02.067.
- Zhu L, Liu J, Luo S, Bu L, Chen X, Li S (2015) Soil mulching can mitigate soil water deficiency impacts on rainfed maize production in semiarid environments. *Journal of Integrative Agriculture* 14(1): 58–66. Doi: 10.1016/S2095-3119(14)60845-5.
- Ziegler W (2020) Spargelgewächse – Asparagaceae. In: Laber, H., Lattauschke, G. (2020): *Gemüsebau*. Ulmer Fachbibliothek Produktionsgartenbau, 3. Aufl., S. 511-529.
- Ziegler W (2022) schriftliche Mitteilung, 01. und 02.08.2022 per E-Mail.
- Zoll F, Diehl K, Siebert R (2019). Integrating Sustainability Goals in Innovation Processes: Applying a Decision Support Tool in a Dual-Purpose Chicken Case Study. *Sustainability* 11: 3761. Doi: 10.3390/su11143761

6.4 Übersicht Haltbarkeit Agrarfolien sowie Möglichkeiten und geschätzter arbeitswirtschaftlicher Aufwand zur Vermeidung von Makroplastikeinträgen in den Boden

In den Interviews waren unterschiedliche Angaben zur Haltbarkeit der Folien auffällig. Daher zeigt diese Übersicht die Haltbarkeit von verschiedenen Folien.

Tabelle 8. Übersicht Haltbarkeit verschiedener im Spargelanbau genutzter Folienarten

| Agrarfolien, -vliese (Dreifach Bedeckung) | Haltbarkeit in Anzahl Jahre |
|--|------------------------------------|
| 125-Lochfolie breitflächig über 5-6 Spargeldämme | 1 - 2 |
| 500-Lochfolie breitflächig über 5-6 Spargeldämme | 1 - 2 |
| 21 g Vlies " breitflächig über 5-6 Spargeldämme | 1 - 2 |
| Einzeltunnelfolie (Zweifach Bedeckung) | |
| 50µm PE-Thermo Extra breit 2m breit | 3 - 4 |
| Doppeltunnelfolie (Zweifach Bedeckung) | |
| 100µm PE-Thermo Extra breit 2m breit | 3 - 5 |
| Dammfolien (Einfach Bedeckung) | |
| 100µm SWT schwarzweiß | 6-8 |
| 150 µm SWT schwarzweiß | 7-10 |
| 100 µm GWT grünweiß | 5-7 |

Die Angaben basieren auf Erfahrungen im Versuchswesen des Dienstleistungszentrums ländlicher Raum Rheinland-Pfalz (Ziegler 2022). Wie oben aufgezeigt wurde, gibt es bei der Anzahl an Folienlagen sowie beim Handling der Folien (z. B. maschinelles oder händisches Handling) Unterschiede zwischen den Betrieben, so dass dies nur Näherungswerte darstellen.

Bei den Standarddammfolien sind nach langjährigen Versuchserfahrungen in der Versuchsanstalt keine Unterschiede zwischen den Herstellern erkennbar. Bei neuen Folienentwicklungen wie grüne oder braune Folien (Landschaftsbild) wird ein Rückgang der Haltbarkeit von ca. 10-20% geschätzt. Mit einem ähnlichen Haltbarkeitsverlust ist beim Einsatz von Erntehilfen und gleichzeitigem maschinellen Verlegen und Aufrollen mit dem Schlepper zu kalkulieren.

Um Einträge von Makroplastikteilen in den Boden zu vermeiden, sollten ältere Folien (> 5-6 Einsatzjahre, mind. 100µm dick) mit Auflöserscheinungen rechtzeitig kontrolliert und ggf. durch Neuware ersetzt werden.

Der Akh-Bedarf für die Kontrolle der Folien auf Auflöserscheinungen richtet sich nach Feldlänge, Art der Bedeckung (einfach, zweifach und dreifach Auflagen), Lagerung im Feld bzw. aufgewickelt außerhalb, maschineller oder manueller Auf- und Abbau des Materials und den Bodenbedingungen. Pro jedem erdbefüllten Foliensystem kann als Kalkulationsorientierung mit 10-20 Akh/ha gerechnet werden, muss jedoch betriebsspezifisch angepasst werden. Dieser Aufwand würde sich ggf. ändern,

sollte das Schlitzen der erdbefüllten Folien nach Ende der Nutzung in Zukunft maschinell erfolgen können.

Für die Bergung von möglichen Folienresten von Hand kann der Aufwand für einen abschließenden Kontrollgang mit ca. 5 Akh/ha bei 5000 Laufmeter Damm/ha geschätzt werden.

6.5 Materialkorpus der Diskursanalyse

Tabelle 9. Korpus von Presseartikeln zum Thema ‚Foliennutzung im Spargelanbau‘ (2010-2022)

| Titel | Artikeltyp | Zeitung / Medium | Typ Medium | Regional | Region | Datum | Autor/in |
|---|------------------|-------------------------------|-------------------------------------|----------|--------------------|------------|-----------------------|
| Spargel-Streit: Hat die Folie ein Gschmäcke? | Artikel | Badische Zeitung | Region-alzeitung | ja | Baden-Württemberg | 14.05.2010 | Maikka Kost |
| Der Spargel, die Folie und ganz viel Ärger | Artikel | Augsburger Allgemeine | Region-alzeitung | ja | Bayern | 22.05.2011 | n.a. (ull) |
| Schwarze Zeiten für Spargelanbauer | Artikel | Kreiszeitung.de | Region-alzeitung | ja | Niedersachsen | 03.05.2014 | Anke Seidel |
| Spargelfelder „ökologisch wertlos“ | Artikel | Potsdamer Neueste Nachrichten | Region-alzeitung | ja | Berlin/Brandenburg | 09.05.2014 | Enrico Bellin |
| Gemüseanbau unter Plastikfolie. Umweltsünde Spargel? | Text zum Podcast | Deutschlandfunk Kultur | Radiosender | nein | | 13.09.2014 | Axel Flemming |
| BRANDENBURG TOTAL VERPLANT! Spargel-Anbau: Politiker fordert Folienvorbot | Artikel | Bild | überregionale Boulevardzeitung | nein | | 06.05.2015 | M.Sauerbieber |
| Königsgemüse und Naturschutz. Kratzer an der Spargelfolie | Artikel | Potsdamer Neueste Nachrichten | Region-alzeitung | ja | Berlin/Brandenburg | 17.06.2015 | Henry Klix |
| Wie viel Folie verträgt das Land? | Artikel | Märkische Allgemeine | Region-alzeitung | ja | Berlin/Brandenburg | 03.04.2016 | Jens Steglich |
| Ein zorniger Landwirt und der „grüne Terror“ | Artikel | Märkische Allgemeine | Region-alzeitung | ja | Berlin/Brandenburg | 19.03.2017 | Oliver Fischer |
| Grüne gegen Spargelanbau unter Folie | Artikel | top agrar online | landwirtschaftliche Fachzeitschrift | nein | | 29.03.2017 | Stefanie Awater-Esper |
| Erfolgsstory Spargel – aber nur mit Folie? | Artikel | Märkische Allgemeine | Region-alzeitung | ja | Berlin/Brandenburg | 04.04.2017 | Alexander Reidel |
| Ärger für die Grünen wegen Folienvorbot | Meldung (?) | Potsdamer Neueste Nachrichten | Region-alzeitung | ja | Berlin/Brandenburg | 05.04.2017 | n.a. (axf) |
| Naturschützer kritisieren Einsatz von Folien bei Spargelanbau | Artikel | Tagesspiegel | Region-alzeitung | ja | Berlin/Brandenburg | 14.04.2017 | Sandra Dassler |
| Mit oder ohne Folie: Wie zieht man den besten Spargel heran? | Artikel | Badische Zeitung | Region-alzeitung | ja | Baden-Württemberg | 30.04.2017 | Sophia Hesser |
| Abfall-Ärger bei Spreewaldbauer Ricken | Artikel | Lausitzer Rundschau | Region-alzeitung | ja | Berlin/Brandenburg | 07.06.2017 | n.a. |

| | | | | | | | |
|---|-----------|-------------------------------|---|------|----------------------|------------|----------------------|
| Bauern: Pestizide müssen sein | Artikel | Potsdamer Neueste Nachrichten | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 19.06.2017 | Martin Anton |
| Spargelanbau unter Folien kann verboten werden | Artikel | berlin.de | offizielles Hauptstadt-portal des Landes Berlin | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 11.09.2017 | n.a. (dpa) |
| Spargelanbau in Beelitz. Folienanbau kann untersagt werden | Artikel | Potsdamer Neueste Nachrichten | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 12.09.2017 | Julia Frese |
| Weniger Insekten in Land-wirtschaftsge-bieten | Artikel | Märkische Allgemeine | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 05.11.2017 | Anja Meyer |
| Bauern müssen zur Spargelprüfung | Artikel | Märkische Allgemeine | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 05.02.2018 | Frank Bür-stenbinder |
| Grüne wollen Spargelfolien verbannen | Artikel | Märkische Allgemeine | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 05.04.2018 | Ulrich Wange-mann |
| Spargelanbau – geht das noch plastikfrei? | Artikel | Waschbär Magazin | (Firmen)maga-zin | nein | | 09.04.2018 | Eva S. |
| Buntes zwischen Folien | Artikel | Potsdamer Neueste Nachrichten | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 13.04.2018 | Eva Schmid |
| Spargelbauern verteidigen Folie auf Feldern | Artikel | nordbay-ern.de | Region-alzeitung (online) | ja | Bayern | 27.04.2018 | Petra Fiedler |
| Folientunnel schützen Spargel und Erdbeeren vor Wind und Wetter | Artikel | Badische Zeitung | Region-alzeitung | ja | Baden-Württemberg | 29.04.2018 | Gabriele Hennicke |
| Plastikreste auch auf Brandenburgs Äckern | Artikel | Lausitzer Rundschau | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 10.07.2018 | Benjamin Lassiwe |
| Bei Folienspargel in Erklärungsnot | Artikel | Lausitzer Rundschau | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 12.08.2018 | Benjamin Lassiwe |
| EU will Aufklärung über Brandenburger Folienspargel | Artikel | Märkische Allgemeine | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 13.08.2018 | Torsten Gellner |
| Folienberge sorgen für Unmut | Artikel | Lausitzer Rundschau | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 08.10.2018 | Rüdiger Hofmann |
| Wie es die Land-wirte im Rebland mit der Spargelfolie halten | Artikel | Badische Zeitung | Region-alzeitung | ja | Baden-Württemberg | 01.11.2018 | Victoria Langelott |
| Plastik am Feld-rand: Foliemüll wird entfernt | Artikel | Märkische Allgemeine | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 20.11.2018 | Robert Tiesler |
| „Für Spargelbau-ern war 2018 de-saströs“ | Interview | Märkische Allgemeine | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 26.03.2019 | Jens Steglich |
| Bauer lagert alte Spargelfolie meterhoch am Wald | Artikel | Märkische Allgemeine | Region-alzeitung | ja | Ber-lin/Brandenbur-g | 26.03.2019 | Marion von Imhoff |

| | | | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------------|--|------|-----------------------------|----------------|----------------------------------|
| Endlich Spargelzeit! Aber wie umweltfreundlich ist das Gemüse? | Artikel | Augsburger Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Bayern | 31.03.2 019 | Daniela Hungbaur |
| Zwei Landwirte aus dem Breisgau produzieren Spargel in Bio-Qualität | Artikel | Badische Zeitung | Region- alzeitung | ja | Baden- Württemberg | 06.04.2 019 | Gabriele Hennicke |
| Brandenburger Bauern erwarten Start der Spargelsaison | Artikel | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 07.04.2 019 | n.a. (dpa/RND) |
| Spargel ohne Folie und mit Gütesiegel | Artikel | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 15.04.2 019 | n.a. (dpa) |
| Folie über den Spargelfeldern in der Kritik - Verband klärt auf | Artikel | Kreiszeitung. de | Region- alzeitung | ja | Niedersachsen | 17.04.2 019 | n.a. (fra) |
| Tausende Quadratmeter Folie: So viel Plastik liegt auf Deutschlands Äckern | Artikel | weather.com | Online Wetter Berichterstat- ter | nein | | 27.04.2 019 | n.a. (chz/dpa, Burda) |
| Grüne wollen klare Regeln für Spargel-Folie | Artikel | Potsdamer Neueste Nachrichten | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 05.05.2 019 | Anna Kris- tina Bück- mann |
| Naturschützer kritisieren Spargelanbau mit Folien | Artikel | Badische Zeitung | Region- alzeitung | ja | Baden- Württemberg | 15.05.2 019 | Sophia Hesser |
| Brandenburg will weniger Plastikmüll | Artikel | Potsdamer Neueste Nachrichten | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 21.05.2 019 | Klaus Peters |
| Brandenburg soll Pfandpflicht für Wegwerfbecher prüfen | Artikel | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 24.05.2 019 | Torsten Gellner |
| Erster Biospargel aus Beelitz | Artikel | Potsdamer Neueste Nachrichten | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 20.06.2 019 | Eva Schmid |
| Folienspargel droht das Aus: Landwirt Thiermann soll Anbau beenden | Artikel | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 07.01.2 021 | Frank Bür- stenbinder |
| Gutes tun mit dem Geld anderer Leute | Kommentar | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 09.01.2 021 | Benno Rougk |
| Freie Wähler Brandenburg/Havel stellen sich an die Seite der Spargelbauern | Artikel | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 12.01.2 021 | n.a. (MAZ) |
| Spargelbauern wehren sich: „Die machen uns den Laden dicht“ | Artikel | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 14.01.2 021 | Frank Bür- stenbinder |
| Roskower Lokalpolitiker begrüßen harten Kurs gegen Folienspargel | Artikel | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 06.02.2 021 | Frank Bür- stenbinder |

| | | | | | | | |
|--|-----------------------|----------------------------|------------------------------|------|-----------------------------|----------------|--------------------------|
| Streit um Spargelanbau unter Folien in Brandenburger Schutzgebieten | Artikel | Märkische Onlinezeitung | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 09.02.2 021 | n.a. (dpa) |
| Nabu klagt wegen Spargelanbau unter Folie in Rauschendorf | Artikel | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 18.02.2 021 | n.a. (MAZ- online) |
| Rauschendorfer Spargelanbau wird zum Streitfall | | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 19.02.2 021 | n.a. |
| Hilferuf aus Mötzow: Ist Thiermanns Spargel noch zu retten? | Artikel | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 02.03.2 021 | Frank Bür- stenbinder |
| OB Scheller setzt die Rodung von Spargelfeldern aus | | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 08.03.2 021 | n.a. |
| Tiemann: „Grüner Naturschutz“ nimmt Bauern die Grundlage für ihre Arbeit | Artikel | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 19.03.2 021 | Benno Rougk |
| Forscher prüfen: Wie viel Mikroplastik steckt in unseren Böden? | Artikel | Augsburger Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Bayern | 25.03.2 021 | Eva Maria Knab |
| Folien-Streit zwischen Spreewaldbauer Ricken und Abfallbehörde kommt vor Gericht | Artikel | Lausitzer Rundschau | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 03.04.2 021 | Harriet Stürmer |
| Am Kaiserstuhl und im Breisgau setzen Landwirte vermehrt auf Folie | Artikel | Badische Zeitung | Region- alzeitung | ja | Baden- Württemberg | 18.04.2 021 | Martin Wendel |
| Naturschützer sauer: Folienspargel wird von Saison zu Saison gerettet | | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 18.05.2 021 | n.a. |
| Rechtswidriger Folienspargel im Schutzgebiet muss zurückgebaut werden | Pressemit- teilung | grueneli- ga.de | Webseite der grünen Liga | nein | | 19.05.2 021 | n.a. |
| Rückenwind für Spargel unter Folie aus Brüssel | Artikel | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 30.06.2 021 | Benno Rougk |
| Spargelstreit: Grüne werfen FW „fehlende Sachkenntnis“ vor | Artikel | Märkische Allgemeine | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 05.07.2 021 | Benno Rougk |
| Wohin mit der Spargel-Folie? | Artikel | Schwäbisch- es Tagblatt | Region- alzeitung | ja | Baden- Württemberg | 12.08.2 021 | Julia Rizzo- lo |
| Brandenburg will stärkeres Recycling von Agrarfolien | Artikel | Tagesspiegel | Region- alzeitung | ja | Ber- lin/Brandenbur g | 08.10.2 021 | Benjamin Lassiwe |
| Unsere Äcker sind voll Plastik | Artikel | Schrot+Korn | überregionale Zeitschrift | nein | | 23.10.2 021 | Heike Holdinghau |

| | | | | | | | |
|--|---------|----------------------|-----------------|----|--------------------|------------|------------------------|
| | | | | | | | sen |
| Gutachten im Spargelstreit mit dem Pächter des Brandenburger Domstiftsgutes | Artikel | Märkische Allgemeine | Regionalzeitung | ja | Berlin/Brandenburg | 29.03.2022 | André Wirsing |
| Brandenburgs Grüne sorgen sich wegen der Spargelfolien | Artikel | Märkische Allgemeine | Regionalzeitung | ja | Berlin/Brandenburg | 01.04.2022 | Rüdiger Braun |
| Teltow-Fläming: Spargelfolien – besser als ihr Ruf? | Artikel | Märkische Allgemeine | Regionalzeitung | ja | Berlin/Brandenburg | 02.04.2022 | Franziska von Werder |
| Genuss mit Reue: Wer etwas für die Umwelt tun will, sollte weißen Spargel meiden | Artikel | Tagesspiegel | Regionalzeitung | ja | Berlin/Brandenburg | 07.04.2022 | Anna Kristina Bückmann |
| Plastikplanen auf Feldern steigern die Ernte, aber schaden der Umwelt | Artikel | Badische Zeitung | Regionalzeitung | ja | Baden-Württemberg | 19.04.2022 | Andreas Frey |
| Warum folienfrei angebaute Spargel eine Rarität ist | Artikel | Badische Zeitung | Regionalzeitung | ja | Baden-Württemberg | 01.05.2022 | Stephan Elsemann |

6.6 Interviewanfrage und Leitfaden

Sehr geehrte(r) ...,

zusammen mit meiner Kollegin (cc) führen wir an der HNEE ein Projekt durch, das eine Situationsbeschreibung zum Thema „Nutzung von **Agrarfolien** in der Landwirtschaft“ erstellen soll (s.u.). Ziel ist es, die vielfältigen Wissensbestände und Akteursperspektiven ergebnisoffen und möglichst ausgewogen zu beschreiben. Auf Basis unserer Internetrecherche wissen wir, dass Sie über sehr umfangreiches Wissen und Kompetenzen verfügen.

Daher würden wir mit Ihnen gern ein **Experteninterview** durchführen. Darin geht es uns um Ihr umfangreiches Wissen und Erfahrung als Expertin für Plastik(vermeidung), Mikroplastik und Folien in der Agrarlandschaft. Wir interessieren uns für Ihre Wahrnehmung der aktuellen Situation und Fragen rund um den Einsatz von Agrarfolien und deren Auswirkung auf die Umwelt und wie Sie dieses Thema im weiteren Kontext der Diskussionen zu Kunststoffen einschätzen.

Nicht zuletzt fragt das Projekt auch nach Möglichkeiten, wie konstruktiv mit Konflikten um unerwünschte Wirkungen von Agrarfolien (Mikroplastik, Additive, Biodiversität in der Agrarlandschaft) umgegangen werden kann im Licht von aktuellen Marktentwicklungen, Wissen und Technologien sowie Rahmenbedingungen.

Das Projekt ist konfliktensibel angelegt, d.h. durch Anonymisierung und Pseudonomisierung sowie Anwenden der Chatham Rules soll möglichst der Fokus auf Wissensbestände und -lücken gelenkt werden.

Wir würden das Interview gern online (BigBlueButton) durchführen und Ihnen vorab Informationen zum Projekt und Leitfragen schicken. Wir benötigen nach unseren Erfahrungen voraussichtlich gut 45 Minuten bis eine Stunde. Würde einer der folgenden Termine für Sie passen? ... Sollten diese Tage nicht möglich sein, können Sie gern auch Alternativvorschläge machen.

Wir freuen uns auf eine Rückmeldung und verbleiben

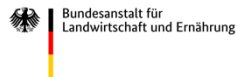
mit freundlichen Grüßen, Tabea Selleneit und Bettina König

Über das Projekt:

Ziel des Projektes ist die Schaffung einer durch Praxis und Wissenschaft partizipativ validierten Wissensbasis (Situationsbeschreibung) einschließlich der partizipativen Bewertung von sozioökonomischen und ökologischen Spannungsfeldern und Lösungsansätzen für den Einsatz von Agrarfolien im Obst- und Gemüseanbau am Beispiel des Spargelanbaus in Deutschland. Das Vorhaben ist ergebnisoffen und konfliktensibel angelegt. Es wird ein konzeptionell strukturiertes und empirisch fundiertes Gesamtsystemverständnis erarbeitet, sodass Forschungs-, Innovations- und Veränderungsbedarf identifiziert, kartiert, verortet und beschrieben werden kann. Es wird angestrebt für Entscheidungsträger:innen Hinweise für evidenzbasierte Politikentwicklung und -implementierung abzuleiten, z. B. zu geeigneten Formaten für Forschung, für Praxistests, Wissenstransfer sowie angemessene gesellschaftliche Teilhabe und Kommunikation. Das Projekt wird von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) gefördert (FKZ: 2821HS006, Juli 2021-März 2022).

Sozioökonomische und ökologische Bewertung des Einsatzes von Kunststofffolien im Spargelanbau in Deutschland und daraus resultierende Handlungsempfehlungen

FKZ: 2821HS006



Interviewleitfaden

Vorstellung des Projekts:

Ziel des Vorhabens ist die Schaffung einer durch Praxis und Wissenschaft partizipativ validierten Wissensbasis (Situationsbeschreibung) einschließlich der partizipativen Bewertung von sozio-ökonomischen und ökologischen Spannungsfeldern und Lösungsansätzen für den Einsatz von Agrarfolien im Obst- und Gemüseanbau am Beispiel des Spargelanbaus in Deutschland. Das Vorhaben ist ergebnisoffen und konfliktsensibel angelegt. Es wird ein konzeptionell strukturiertes und empirisch fundiertes Gesamtsystemverständnis erarbeitet, so dass Forschungs-, Innovations- und Veränderungsbedarf identifiziert, kartiert, verortet und beschrieben werden kann. Es wird angestrebt für Entscheidungsträger:innen Hinweise für evidenzbasierte Politikentwicklung und -implementierung abzuleiten, z. B. zu geeigneten Formaten für Forschung, für Praxistests, Wissenstransfer sowie angemessene gesellschaftliche Teilhabe und Kommunikation. Dies erfolgt im Sinn einer national, regional und branchenbezogen koordinierten, systemischen und nachhaltigkeits-

orientierten Innovationskompetenz des Gartenbaus am Beispiel des Spargelanbaus, wofür ein konzeptioneller Zugang erarbeitet wird.

Prinzipien für den konfliktsensiblen Ansatz umfassen

- Chatham rules – es wird nur das, was gesagt wird, berichtet und nicht von wem etwas gesagt wird
- Interviews werden anonymisiert und pseudonomisiert

Forschungsfragen des Projekts

F1: Wie ist das aktuelle System der Produktion von Spargel (und anderen Kulturen mit Agrarfolien) organisiert? Welche Faktoren bestimmen die Entwicklung zur Nutzung von Agrarfolien?

F2: Welche (un)erwünschten ökonomischen, ökologischen und sozialen Wirkungen entstehen durch den Einsatz von Agrarfolien?

F3: Was sind Ansatzpunkte, um unerwünschte Wirkungen von Agrarfolien zu vermeiden? Wie müssen dafür Innovation, Veränderung, Wissensgenerierung und -transfer organisiert werden?

Leitfragen

- 1. In der Gesamtschau auf die Entwicklung der Gemüseproduktion in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten: welche Entwicklungen haben durch die Einführung von Agrarfolien stattgefunden – und wie ordnen Sie dies in den breiteren Kontext von Produktion, Markt und Gesellschaft ein?**

Im Licht verschiedener (ehemaliger) Innovationen in Gartenbau und Landwirtschaft und aktueller marktlicher und gesellschaftlicher Entwicklungen – wie ordnen Sie die Bedeutung von Agrarfolien ein? Bitte beschreiben Sie die aktuelle Entwicklung der Agrarfoliennutzung und ihre Treiber aus Ihrer Perspektive. Was macht die Folien jetzt/ in Zukunft zu einem zentralen Betriebsmittel? Welche Besonderheiten der Entwicklung in Deutschland sehen Sie im internationalen Vergleich?

- 2. Spargelanbautechnik/ Agrarfoliennutzung: Status Quo, Stand der Forschung**

Welche Anbauverfahren/ Foliennutzungsstrategien sind derzeit verbreitet/ in der Beratung nachgefragt/ haben aus Ihrer Sicht Zukunftspotential?

Wie schätzen Sie die Umsetzung auf den Betrieben ein – was ist aus Ihrer Sicht ‚gute Praxis‘?

In welchem Rahmen gibt es empirische/experimentelle Forschung und andere Beobachtungen/Dokumentationen zu diesem Thema?

Welche Behörden und Institutionen beschäftigen sich bereits mit dem Thema? (regional, national, international)

Welche Fragen werden (nicht) bearbeitet?

- 3. Bitte beschreiben Sie aus Ihrer Sicht: worin bestehen Möglichkeiten und Grenzen der systematisierten Beschreibung, Erfassung und Bewertung erwünschter und unerwünschter Wirkungen der Nutzung von Agrarfolien?**

z. B. nach Kultur, nach Prozessstufe (Produktion, Nachernte, Transport, Vermarktung, Konsum), Wirkung auf Ressourceneffizienz, Vergleich mit anderen Produkten...

Wie entsteht das Wissen über erwünschte und unerwünschte Wirkungen bisher?

- 4. Interaktion: Welche Formen des Austauschs gab oder gibt es zwischen den verschiedenen Akteursgruppen zum Thema Agrarfolien (z. B. Spargelproduktion, Naturschutzbehörden, Politik, Zivilgesellschaft, Handel, Verbraucher/innen, Beratung, Versuchswesen, Forschung, Verbände...)? Wie arbeiten sie zusammen?**

(Formate, Ziele, Netzwerke, Moderation, Lobbying, Kommunikation, Öffentlichkeitsarbeit, Klagen...)

Sind aus Ihrer Erfahrung Unterschiede zwischen den Bundesländern/ zwischen Deutschland und anderen Ländern hinsichtlich des Austauschs der Akteure beschreibbar?

- 5. Bitte schätzen Sie die Situation ein: Ist das Thema Agrarfolien aus Ihrer Sicht eine Frage von Spannungsfeldern zwischen verschiedenen Interessen, Lücken (Wissen, Akteure, Technologien, Rahmenbedingungen) oder Konflikten?**

Was trägt dazu bei, dass das Themenfeld oft als ‚Konfliktfeld‘/ ‚konfliktbehaftet‘ beschrieben wird?

Was brauchen die Akteure, um Konflikte für Lösungen nutzbar zu machen?

6. Wo sehen Sie Ansatzpunkte für eine Lösung des Problems/ verantwortungsvolle Agrarfoliennutzung/ innovative Lösungen?

Ggf. unterschieden nach verschiedenen Wirkungen, z. B. Mikroplastik, Wirkungen in der Agrarlandschaft, Landschaftsästhetik, Boden, nachhaltigere Lebensmittelsysteme...
Welchen Entscheidungsunterstützungsbedarf haben die Betriebe aus Ihrer Sicht? Wo bestehen interessante Ansatzpunkte für Veränderungen und Innovationen?

7. Wo gibt es Projekte/ Akteure/ Betriebsbeispiele (in Brandenburg, bundesweit, international?)

- die konfliktbehaftet sind,
- die bereits Lösungen umsetzen?

8. Welche weiteren Ansprechpartner (regional, national, international) empfehlen Sie uns, um ein hilfreiches Gesamtverständnis generieren zu können?

9. Welche Hinweise möchten Sie uns noch mitgeben? Welchen Aspekt haben wir nicht erwähnt? Worauf sollte das Projekt aus Ihrer Sicht achten?

Wie könnte ein Problemlösungsweg für das gesamte Feld der Agrarfoliennutzung aussehen und welche Akteure müssten zur Lösung welche Beiträge leisten?

- *Mikroplastik, Landschaftsästhetik, Bodenqualität, Biodiversität, nachhaltigere Lebensmittelsysteme etc.*

Einwilligungserklärung zur Erhebung und Verarbeitung personenbezogener Interviewdaten

Forschungsprojekt: Agrarfolien

Interview zum Thema ‚Bewertung der Wirkung von Agrarfolien aus der Perspektive der Interessensvertretung‘

Sehr geehrte(r)...,

vielen Dank für Ihre Teilnahme an unserer Untersuchung. Die Daten des Interviews mit Ihnen sind wie folgt:

- Termin: ...
- Zugangslink
- Zugangscode
- An dem Interview nehmen vom Projekt Agrarfolien teil: Dr. Bettina König (Projektleiterin), Tabea Selleneit (wiss. Mitarbeiterin)

Zu Zwecken der besseren Auswertbarkeit würden wir das Gespräch gerne aufzeichnen. Die Aufzeichnung mit BigBlueButton, einer aus datenschutzrechtlichen Gründen an der HNEE bevorzugten Videokonferenzsoftware wird auf den Servern der HNEE gespeichert.

Darf das Gespräch aufgezeichnet werden? ja nein

Für die wissenschaftliche Auswertung verschriftlichen, anonymisieren und pseudonomisieren wir die Interviews und sichern sie als Forschungsdaten auf Servern der HNEE getrennt von Informationen zu Ihrer Person. Sie erhalten von uns das Transkript mit der Bitte, uns innerhalb von 2 Wochen Ihr Einverständnis der Verwendung zu Forschungszwecken in dieser Form oder Klarstellungen zu geben.

Sollte sich eine direkte Verwendung von anonymisierten Zitaten aus dem Gespräch als hilfreich erweisen, erfolgt dies nicht ohne Ihre ausdrückliche Zustimmung. Diese holen wir im Einzelfall ein. Sie können uns jedoch nach Durchsicht des Transkripts eine generelle Einwilligung zur Verwendung von Zitaten geben.

Vor Erstellen des Abschlussberichts ist ein Workshop zur Validierung der Situationsbeschreibung geplant, ggf. ergeben sich auch weitere Rückfragen.

- Dürfen wir Sie im Laufe des weiteren Forschungsprozesses, z. B. für vertiefende Fragen oder einen online Workshop mit Akteuren aus verschiedenen Themenfeldern einbinden?

ja nein nach Absprache

Sämtliche Inhalte unseres Gesprächs werden ausschließlich zu Zwecken unserer Forschung verwendet. Es werden keine persönlichen oder firmenspezifischen Daten weitergegeben oder veröffentlicht und die Interviews werden von den BearbeiterInnen nur zum Zweck der Forschung verwendet. Wir speichern die Daten nach bestem Wissen und nach dem aktuellen Stand der Praxis zu Datensicherheit und Forschungsdatenmanagement.

Name Interviewer

Name Interviewter

Bisher veröffentlichte Diskussionspapiere des Forschungszentrums [NTT]

- Nr. 1 / 22 Götttert T, König B, Nölting B, Roose I, unter Mitarbeit von Crewett W, Demele U, Fritz H (2022) Konzeptpapier – Perspektiven auf Nachhaltigkeitstransformation und -transfer an der HNEE. Eberswalde: Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (Diskussionspapier-Reihe Nachhaltigkeitstransformation & Nachhaltigkeitstransfer, Nr. 1/22). <https://doi.org/10.57741/opus4-224>
- Nr. 2 / 22 Roose I, Nölting B, König B, Demele U, Crewett W, Georgiev G, Götttert T unter Mitarbeit von Hobelsberger C (2022) Nachhaltigkeitstransfer – ein Konzept für Wissenschafts-Praxis-Kooperationen. Eine empirische Potentialanalyse am Beispiel der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. Eberswalde: Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (Diskussionspapier-Reihe Nachhaltigkeitstransformation & Nachhaltigkeitstransfer, Nr. 2/22). <https://doi.org/10.57741/opus4-272>
- Nr. 3 / 22 König B, Nölting B, Crewett W, Demele U (2022) Methode und Meta-Daten zur bürgerwissenschaftlichen Studie „Logbuch der Veränderungen“. Eberswalde: Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (Diskussionspapier-Reihe Nachhaltigkeitstransformation & Nachhaltigkeitstransfer, Nr. 3/22). <https://doi.org/10.57741/opus4-277>
- Nr. 4 / 22 Gutsohn A, Selleneit T, König B, Nölting B (2022) Solidarität und solidarisches Verhalten in der Corona-Pandemie. Ergebnisse aus dem „Logbuch der Veränderungen“. Eberswalde: Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (Diskussionspapier-Reihe Nachhaltigkeitstransformation & Nachhaltigkeitstransfer, Nr. 4/22). <https://doi.org/10.57741/opus4-360>
- Nr. 5 / 22 Gutsohn A, Wiemers H, König B, Nölting B (2022) Information, Kommunikation und die Entwicklung digitaler Kompetenzen in der Corona-Pandemie. Ergebnisse aus dem „Logbuch der Veränderungen“. Eberswalde: Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (Diskussionspapier-Reihe Nachhaltigkeitstransformation & Nachhaltigkeitstransfer, Nr. 5/22). <https://doi.org/10.57741/opus4-368>
- Nr. 6 / 22 Selleneit T, Verdugo-Raab D, Kipp S, Sprenger D, König B (2022) Sozioökonomische und ökologische Bewertung des Einsatzes von Kunststofffolien im Spargelanbau in Deutschland und daraus resultierende Handlungsempfehlungen. Eberswalde: Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (Diskussionspapier-Reihe Nachhaltigkeitstransformation & Nachhaltigkeitstransfer, Nr. 6/22). <https://doi.org/10.57741/opus4-376>

Diskussionspapier-Reihe Nachhaltigkeitstransformation & Nachhaltigkeitstransfer

Herausgeben vom Forschungszentrum

[Nachhaltigkeit – Transformation – Transfer]

Das Forschungszentrum [Nachhaltigkeit – Transformation – Transfer] ist eine wissenschaftliche Einrichtung der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE), gefördert vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur (MWFK) des Landes Brandenburg. Ziel des Forschungszentrums ist die wissenschaftliche Fundierung und Schärfung des Konzeptes Nachhaltigkeitstransfer und ein substanzieller wissenschaftlicher Beitrag zur Nachhaltigkeitstransformation. Die vielfältigen Aktivitäten der HNEE in diesen Bereichen sollen durch das Forschungszentrum exemplarisch selbst erforscht, empirisch erfasst, analytisch gebündelt, sichtbar gemacht und konzeptionell weiterentwickelt werden. Damit soll die HNEE in die Lage versetzt werden, ihre Rolle in der Nachhaltigkeitstransformation hochschul- und fächerübergreifend besser zu verstehen und ihre Beiträge entsprechend zu pointieren.

Adresse:

Hochschule für nachhaltige Entwicklung

Forschungszentrum [Nachhaltigkeit – Transformation - Transfer]

Schicklerstr. 5, D-16225 Eberswalde, Germany

www.hnee.de/forschungszentrumNTT

DOI: <https://doi.org/10.57741/opus4-376>



**Hochschule
für nachhaltige Entwicklung
Eberswalde**

Forschungszentrum

Nachhaltigkeit – Transformation – Transfer