

Aktuelle Forschung in der Gartenbauökonomie

Digitalisierung und Automatisierung – Welche Chancen und Herausforderungen ergeben sich für den Gartenbau?

**Tagungsband zum 3. Symposium für Ökonomie im Gartenbau am
15. November 2019 in Freising / Weißenstephan**

Walter Dirksmeyer, Klaus Menrad (eds.)

Thünen Report 89

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek
verzeichnet diese Publikationen
in der Deutschen National-
bibliografie; detaillierte
bibliografische Daten sind im
Internet unter
www.dnb.de abrufbar.

*Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek
(German National Library) lists
this publication in the German
National Bibliography; detailed
bibliographic data is available on
the Internet at www.dnb.de*

Bereits in dieser Reihe erschie-
nene Bände finden Sie im Inter-
net unter www.thuenen.de

*Volumes already published in
this series are available on the
Internet at www.thuenen.de*

Zitationsvorschlag – Suggested source citation:

Dirksmeyer W, Menrad K (eds.) (2021) Aktuelle Forschung in der
Gartenbauökonomie : Digitalisierung und Automatisierung - Welche
Chancen und Herausforderungen ergeben sich für den Gartenbau?
Tagungsband zum 3. Symposium für Ökonomie im Gartenbau am
15. November 2019 in Freising / Weißenstephan. Braunschweig:
Johann Heinrich von Thünen-Institut, 190 p, Thünen Rep 89,
DOI:10.3220/REP1634803385000

Die Verantwortung für die
Inhalte liegt bei den jeweiligen
Verfassern bzw. Verfasserinnen.

*The respective authors are
responsible for the content of
their publications.*



THÜNEN

Thünen Report 89

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-report@thuenen.de
www.thuenen.de

ISSN 2196-2324
ISBN 978-3-86576-234-4
DOI:10.3220/REP1634803385000
urn:nbn:de:gbv:253-202110-dn064048-4

Aktuelle Forschung in der Gartenbauökonomie

Digitalisierung und Automatisierung – Welche Chancen und Herausforderungen ergeben sich für den Gartenbau?

Tagungsband zum 3. Symposium für Ökonomie im Gartenbau am 15. November 2019 in Freising / Weihenstephan

Walter Dirksmeyer, Klaus Menrad (eds.)

Thünen Report 89

Dr. Walter Dirksmeyer

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei
Bundesallee 63
38116 Braunschweig
E-Mail: walter.dirksmeyer@thuenen.de
Telefon: +49 531 596-5136

Prof. Dr. Klaus Menrad

Marketing, Nachwachsende Rohstoffe
Fakultät für Gartenbau und Lebensmitteltechnologie
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Am Staudengarten 10
85354 Freising
E-Mail: klaus.menrad@hswt.de
Telefon: +49 8161 71-5410

Thünen Report 89

Braunschweig/Germany, Oktober 2021

Liste der Referenten

– In der Reihenfolge der Vorträge –

PROF. DR. ACHIM WALTER, ETH Zürich, Departement Umweltsystemwissenschaften, Professur für Kulturpflanzenwissenschaften, Schweiz

Dr. agr. MARTIN GEYER, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Abteilung Technik im Gartenbau, Potsdam

TJARK MELCHERT, Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltökonomik und Welthandel

DR. MIRA LEHBERGER, Hochschule Geisenheim University, Institut für Frischproduktlogistik, Professur für Gartenbauökonomie

DANIEL BERKI-KISS, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, TUM Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit, Fachgebiet für Marketing and Management Nachwachsender Rohstoffe

MARIKE ISAAK, Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V., Leibniz Universität Hannover

DR. ANDREAS GABRIEL, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Arbeitsgruppe Digital Farming

DR. SABINE OBENAUs, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Referat 321 – Innovationen: Ressourcenschonender Pflanzenbau, Verbraucherschutz, Digitalisierung

DR. SABINE LUDWIG-OHM, Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Braunschweig

DR. ROBERT LUER, Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V., Leibniz Universität Hannover

ANJA KRETZSCHMANN, Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Braunschweig

DR. JANA KÄTHNER, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Abteilung Technik im Pflanzenbau, Wissenschaftliche Koordination, Potsdam

Co-Autoren und Kontaktdaten können den jeweiligen Beiträgen entnommen werden.

Vorwort

Das 3. Symposium für Ökonomie im Gartenbau fand am 15. November 2019 an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) statt. Ausrichter waren die Fakultät für Gartenbau und Lebensmitteltechnologie der HSWT und das Thünen-Institut für Betriebswirtschaft.

Das Thema des Symposiums „Digitalisierung und Automatisierung – Welche Chancen und Herausforderungen ergeben sich für den Gartenbau?“ wurde in eingeladenen Vorträgen sowohl aus der Sicht der Forschung als auch der gartenbaulichen Praxis beleuchtet. Zudem gab es in diesem thematischen Zusammenhang Berichte aus dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und aus der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) über den aktuellen Stand der Innovationsförderung Gartenbau 4.0. Die in diesem Rahmen geförderten Projekte werden bis zum Jahr 2022 oder 2023 bearbeitet.

Darüber hinaus wurden zehn angemeldete Vorträge zur aktuellen gartenbauökonomischen Forschung präsentiert. Diese Beiträge wurden an verschiedenen Standorten gartenbauökonomischer Forschung erarbeitet und adressierten die Themenbereiche „Absatz und Verkauf gartenbaulicher Produkte“ und „Betriebswirtschaftliche Fragestellungen im Gartenbau“. In beiden Themenblöcken spielten Nachhaltigkeitsaspekte eine große Rolle. Im ersten Block wurde beispielsweise die Nachfrage nach Rosen aus fairem Handel analysiert oder der Frage nachgegangen, ob sich Insektenschutz im Gartenbau positiv auf den Absatz auswirkt, während im zweiten Block Fallstudien zu Lebensmittelabfällen in den Sparten Obst und Gemüse präsentiert und Projekte zur emissionsfreien Strauchbeerenproduktion sowie zu den ökonomischen Auswirkungen einer Verringerung des Torfeinsatzes im Gartenbau vorgestellt wurden. Außerdem wurden der Betriebsvergleich 4.0 präsentiert und die Reputation des deutschen Gartenbaus thematisiert. Das Programm des 3. Symposiums für Ökonomie im Gartenbau ist im Anhang zu finden.

Die dritte Ausrichtung des Symposiums für Ökonomie im Gartenbau hat erneut den Bedarf an entsprechenden Veranstaltungen im deutschsprachigen Raum deutlich gemacht, den Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen Personen aus der Wissenschaft sowie insbesondere zwischen Wissenschaft und unternehmerischer Praxis zu fördern. Diesem Bedarf entsprechend, soll das Symposium auch zukünftig weitergeführt werden und damit dem Transfer von Wissen und Erfahrungen zwischen Forschung, Beratung, Praxis und Politik ein Forum bieten.

Allen Mitwirkenden am Symposium gilt unser besonderer Dank: den Referentinnen und Referenten für ihre Vorträge und die Abfassung eines Beitrags zum Tagungsband, dem Organisationsteam um Herrn Loibl für die akribische Vorbereitung und erfolgreiche Durchführung des Symposiums und last but not least Frau Spiller und Frau Prank für die sorgfältige und sehr umfangreiche Arbeit am Tagungsband.

Walter Dirksmeyer und Klaus Menrad

Abstract

The third Symposium of Economics in Horticulture was organized by the Department of Horticulture and Food Technology at Weihenstephan-Triesdorf University of Applied Sciences and the Thünen-Institute of Farm Economics. It took place at the 15th of November 2019 at Weihenstephan-Triesdorf University of Applied Sciences in Freising / Weihenstephan. During the first part of the symposium, the theme "Digitization and automation – what opportunities and challenges arise for horticulture?" was addressed in invited keynotes from research and horticultural practice. Also, in this context, the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) and the Federal Agency for Agriculture and Food (BLE) reported on the current status of innovation funding for Horticulture 4.0. The respective projects will be running until 2022 or 2023. The second major focus of the symposium were ten presentations on recent and ongoing research in horticultural economics. These contributions addressed the research fields "Marketing and sale of horticultural products" and "Farm economics in horticulture". In both thematic blocks, sustainability aspects played a major role. In the first block, for example, the demand for fair trade roses was analyzed or the question of whether insect protection in horticulture has a positive effect on sales was addressed, while in the second block case studies on food waste in the fruit and vegetable sectors were presented and projects on emission free soft fruit production and the economic effects of reducing the use of peat in horticulture were presented. In addition, the inter-company comparison in horticulture 4.0 was introduced and a paper on the reputation of German horticulture was discussed. In this Thünen Report 89 the symposium papers are presented.

Key words: Horticultural economics, digitization, automation, horticulture 4.0, sustainability

JEL-Codes: Q11, Q12, Q13, Q 15, Q16, Q56

Inhaltsverzeichnis

Liste der Referenten	i
Vorwort und Abstract	iii
Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	III
 PROF. DR. ACHIM WALTER – KEYNOTE	
Smart Farming-Technologien in der Landwirtschaft	1
 DR. AGR. MARTIN GEYER – KEYNOTE	
Nutzung von 4.0 Technologien im Gartenbau	5
 TJARK MELCHERT, DR. HENNING KRAUSE, PROF. DR. ULRIKE GROTE	
Kaufmotivation und Zahlungsbereitschaft für innovative Produktions- und Vermarktungskonzepte für Frischgemüse	19
 DR. MIRA LEHBERGER	
Lohnt sich Insektenschutz im Gartenbau – Konsumpräferenzen am Beispiel von Äpfeln	39
 DANIEL BERKI-KISS, PROF. DR. KLAUS MENRAD	
Indikatoren für die Kaufabsicht von Fairtrade-Rosen bei unterschiedlichen Konsumentengruppen	53
 MARIKE ISAAK, IRIS BRENNEKE, PROF. DR. WOLFGANG LENTZ	
Die Reputation des deutschen Gartenbaus – Ein mehrstufiger Messansatz	65
 DR. ANDREAS GABRIEL – KEYNOTE	
Akzeptanz von digitalen Technologien in der Gesellschaft und in der landwirtschaftlichen Praxis	81
 DR. SABINE OBENAU	
Förderprogramm Innovationen für einen Gartenbau 4.0	99
 DR. SABINE LUDWIG-OHM, HANNA WILDENHUES, DR. HILDEGARD GARMING	
Ökonomische Analyse zur Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau	103

DR. ROBERT LUER, DR. MARIANNE ALTMANN, BERND HARDEWEG

Anpassung des Betriebsvergleichs Gartenbau an moderne Unternehmensführung und -beratung	113
--	------------

ANJA KRETZSCHMANN, DR. WALTER DIRKSMEYER

Substitution von Torf in Kultursubstraten im Gartenbau: Konzept für die betriebswirtschaftliche Folgenabschätzung	123
--	------------

DR. JANA KÄTHNER, PROF. DR. ANDREAS JAHR, DR. ANDREAS JENDE, JEREMY ALEX, CHRISTOPH FREHN, PROF. DR. ECKART KRAMER, EDWIN CYWINSKI, FRANK VAN DER HULST, JANA SCHWEFLER, LINDA NAGLER, MARCIN PIETRAS, KRZYSZTOF POWALLA, RAIK NEUMANN, DR. REDMOND SHAMSHIRI, WOLFGANG OEHLER, PROF. DR. CORNELIA WELTZIEN

SunBot – Emissionsfreie Strauchbeeren-Produktion in Brandenburg	145
--	------------

DR. SABINE LUDWIG-OHM, DR. WALTER DIRKSMEYER, KATHRIN KLOCKGETHER

REFOWAS-Fallstudie zu Lebensmittelverlusten in der deutschen Obst- und Gemüseerzeugung	157
---	------------

Anhang	A1
Programm	

Abkürzungsverzeichnis

1-MCP	1-Methylcyclopropen
AELF Fürth	Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Fürth
AKh	Arbeitskraftstunde
ATB	Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V.
B2C	Business-to-consumer
BGL	Bio-Gemüse-Lieferservice
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
CBC	Choice-based Conjoint
CPS	Cyber-physische Systeme
DBE	Düngebedarfsermittlung
DG	Digitales Gärtner-Konzept
DLR Rheinpfalz	Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz
DSM	Deutsche Start-up Monitor
DTL	Digitale Technologien in der Landwirtschaft
DüV	Düngeverordnung
EKC	Umwelt-Kuznets-Kurve (Environmental Kuznets Curve)
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
ERFA-Gruppen	Erfahrungsaustauschgruppen
FuE-Vorhaben	Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
GFK	Gemüse-Fisch-Kreislaufproduktion
GNSS	Globales Navigationssatellitensystem
HB	Hierarchical Bayes
HNEE	Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
HSWT	Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
IGZ Großbeeren	Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau e. V.
IoT	Internet of Things
IPM	Integrierter Pflanzenschutz

IVG	Industrieverband Garten e. V.
KSNL	Kriteriensystem Nachhaltige Landwirtschaft
LCA	Latent Class Analyse
LEH	Lebensmitteleinzelhandel
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LiDAR	Light detection and ranging
LiFePo	Lithium-Eisenphosphat
LVG	Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau
LWG	Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
LWK NRW	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
MITODE	Minderung des Torfeinsatzes in Deutschland
MoDeN	Modell- u. Demonstrationsvorhaben Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau
MuD	Modell- und Demonstrationsvorhaben
N _{min}	Gehalt eines Bodens an pflanzenverfügbarem mineralisiertem Stickstoff
PLS-SEM	Strukturgleichungsmodellierung
ptble	Projekträger der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
SC	Supply Chain
SDGs	Sustainable Development Goals
TeiGa	Torfersatzstoffe im Gartenbau
TerZ	Einsatz torfreduzierter Substrate im Zierpflanzenbau
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
ToPGa	Torfreduzierte Produktionssysteme im Gartenbau
TPB	Theory of Planned Behavior
VuT-Vorhaben	Vernetzungs- und Transfervorhaben
WSK	Wertschöpfungskette
ZBG	Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e. V.
ZHAW	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Smart Farming-Technologien in der Landwirtschaft

ACHIM WALTER¹

Zusammenfassung

Die Entwicklung von Smart-Farming-Technologien stellt ein wichtiges Thema der aktuellen agrarwissenschaftlichen Forschung im akademischen Umfeld und in Firmen dar. So gibt es beispielsweise im Gemüsebau bereits kommerziell erhältliche, autonome Hackroboter. Die Kontrolle von Unkraut- und Düngungsmanagement mit Hilfe von bildverarbeitenden Technologien wird an vielen Forschungseinrichtungen auf der ganzen Welt intensiv weiterentwickelt. Treibkraft für diese technologischen Entwicklungen ist dabei das Ziel einer Erhöhung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es wichtig, die technischen Entwicklungen mit ökonomischen Rahmenbedingungen und mit den Erwartungshaltungen verschiedener Stakeholder abzugleichen.

Summary

The development of smart farming technologies is an important topic of current agricultural research, both, in academic institutions and in companies. Autonomous hoeing robots are already used in vegetable production. Further, a lot of research and development efforts are invested in refinement of imaging technologies to improve weed and fertilizer management in general crop sciences throughout the world. These developments are driven by the aim of more sustainable agriculture. To reach this goal, it is important to take a holistic view on technology options, economic framework conditions and on expectations of multiple stakeholders.

1 Ausgewählte Fallbeispiele technologischer Entwicklungen

In Japan, den USA und Europa wurden in den vergangenen Jahren sowohl in Firmen als auch in universitären und weiteren Forschungseinrichtungen erhebliche Anstrengungen unternommen, um z. B. mit Hilfe von Bildverarbeitung und maschinellem Lernen Prozesse des Pflanzenbaus zu automatisieren. Die Automatisierung geschieht dabei mit dem Ziel, die Nachhaltigkeit der Prozesse im Sinn einer „Präzisionslandwirtschaft“ zu erhöhen, also Ressourcen nur dort und in dem Umfang einzusetzen, in dem sie benötigt werden (Finger et al., 2019). Eine Verminderung von Umweltbelastungen kann z. B. durch Minimierung von Düngereinsatz, gezieltere – und dadurch minimierte – Applikation von Pflanzenschutzmitteln oder ein geringeres Maschinengewicht erreicht werden. Idealerweise kann so auch den ökonomischen und sozialen Aspekten der Nachhaltigkeit Sorge getragen werden – durch eine Reduktion der Produktionskosten und des Arbeitseinsatzes für manuelle, belastende Tätigkeiten, wie z. B. Hackarbeiten. Nur wenn sowohl die ökologische als

¹ ETH Zürich, Dep. Umweltsystemwissenschaften, Prof. Dr. Achim Walter, Universitätstrasse 2, 8092 Zürich, Schweiz

auch die ökonomische und die soziale Dimension der Nachhaltigkeit bei der Weiterentwicklung von ‚Smart Farming‘ Technologien berücksichtigt wird, werden sich diese Techniken durchsetzen können (Walter et al., 2017). Einen Überblick über derzeit vorhandene Techniken zu behalten, ist angesichts der rapiden Entwicklung schwierig (Brewster und Willemer, 2018). Die ökonomische Dimension kann am Beispiel des Vorgehens verschiedener großer Konzerne gut veranschaulicht werden (Wolfert et al., 2017). Demgegenüber kann die Weiterentwicklung der Technik mit Hilfe von Online-Videos sowie in einigen Übersichtsartikeln (King, 2017) veranschaulicht werden. Wichtige Forschungsthemen sind derzeit z. B.:

- Kulturerkennung von Satelliten,
- drohnenbasierte Optimierung von Pflanzendüngung,
- autonom agierende Hack- oder Pflückroboter,
- kameragestützte Anhängegeräte zur Unkraut- oder Krankheitskontrolle und
- Miteinander interagierende autonome Aussaat- und Hackroboter.

Literaturverzeichnis

- Brewster C. und Willemer A. (2018) Strategic Research and Innovation Agenda. http://ict-agri.eu/sites/ict-agri.eu/files/deliverables/Strategic_Research_and_Innovation_Agenda_v2_20180323.pdf.
- Finger, R., Swinton, S., El Benni, N., Walter, A. (2019). Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment. *Annual Review of Resource Economics*, 11, 313-335.
- King, A. (2017) The future of agriculture. *Nature* 544, 21-23.
- Walter, A., Finger, R., Huber, R. und Buchmann, N. (2017) Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114: 6148-6150.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C. und Bogaardt, M.-J. (2017) Big data in Smart Farming – a review. *Agricultural Systems* 153, 69-80.

Nutzung von 4.0 Technologien im Gartenbau

MARTIN GEYER¹

1 Hintergrund

Im Rahmen der Initiative Industrie 4.0 soll „...die industrielle Produktion [...] mit moderner Informations- und Kommunikationstechnik verzahnt werden. Technische Grundlage hierfür sind intelligente und digital vernetzte Systeme. Mit ihrer Hilfe soll weitgehend selbstorganisierte Produktion möglich werden: Menschen, Maschinen, Anlagen, Logistik und Produkte kommunizieren und kooperieren in der Industrie 4.0 direkt miteinander. Durch die Vernetzung soll es möglich werden, nicht mehr nur einen Produktionsschritt, sondern eine ganze Wertschöpfungskette zu optimieren. Das Netz soll zudem alle Phasen des Lebenszyklus des Produktes einschließen – von der Idee eines Produkts über die Entwicklung, Fertigung [= Erzeugung], Nutzung [= Konsum durch die Verbrauchenden] und Wartung bis zum Recycling [= Abfall]“. So wird Industrie 4.0 in Wikipedia (Zugriff 04.07.2019) definiert.

2 Relevante Entwicklungen für den Gartenbau aus der Initiative Industrie 4.0

Welche möglichen Potenziale lassen sich aus den Entwicklungen der Industrie 4.0 für den Gartenbau herausarbeiten? Um diese Frage zu erörtern, ist es notwendig, diese Entwicklungskuster zu benennen und zu definieren, wie umfangreich von Hildner (2021) aufgeführt und nachfolgend zusammengefasst:

Cyber-physische Systeme (CPS) bilden einen essenziellen Bestandteil in den Konzepten der Industrie 4.0 und spiegeln im Kern die Grundidee dieser wider: die Verbindung der physikalischen mit der virtuellen Welt der Informations- und Kommunikations-Technologien (Kagermann et al., 2013; Lasi et al., 2014). CPS zeichnen sich prinzipiell dadurch aus, dass sie selbstständig untereinander kommunizieren, nach Änderungen der Umgebungsparameter Aktionen auslösen und sich unabhängig vom Menschen steuern. Sie benötigen dazu einen kontinuierlichen Austausch von Daten in Echtzeit (siehe unten: Big Data) (Brettel et al., 2014; Stock et al., 2016). Diese Eigenschaften entsprechen der Definition von Autonomie nach Brettel et al. (2014). Systeme können wiederum nur dann als autonom bezeichnet werden, wenn sie selbstständig Entscheidungen treffen. Folglich muss eine vertikale (Daten-)Integration über die Hierarchieebenen hinweg vorhanden sein.

Big Data bezeichnet laut Beier et al. (2020, S. 6) eine Technologie, deren Aufgabe es ist, „*to help transform the huge amount of raw data into useful information in real-time and thereby technically support automation*“. Es lässt sich konstatieren, dass es sich um eine Technologie zur Umsetzung eines Datenmanagementsystems handelt.

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Abteilung Technik im Gartenbau, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Deutschland, E-Mail: mgeyer@atb-potsdam.de

Internet of Things (IoT) hat den Charakter eines Netzwerks. Es verbindet die unterschiedlichen Beteiligten an der Produktion, z. B. Materialien, Sensoren, Maschinen, Produkte, Supply Chain (SC) und Kunden (Quin et al., 2016). Es ermöglicht die Kommunikation zwischen ihnen, die Interkonnektivität (Zhong et al., 2017) ist gegeben. Dazu wird eine Kombination unterschiedlicher Technologien genutzt, um eine digitale Arbeitsumgebung zu schaffen (Beier et al., 2020).

Der für sich stehende Begriff Cloud ist eine häufige Bezeichnung für das Prinzip des **Cloud Computing**. Bei diesem Prinzip werden dieselben Computerressourcen mit mehreren Teilnehmenden geteilt. Für einen speziellen Fall wird die benötigte (Rechen-)Kapazität dynamisch skalierbar über das Internet bereitgestellt. Um Cloud Computing verwenden zu können, muss aber zwingend eine Internetverbindung zwischen den zugangsberechtigten Geräten vorhanden sein (Shah et al., 2019).

Aus der horizontalen und vertikalen Datenintegration lässt sich mitunter ein weiteres Cluster bilden. Dieses kann auch über die Unternehmensgrenzen hinweg eingerichtet werden; es entstehen Wertschöpfungsnetzwerke, sodass die Supply Chain mit einbezogen wird. Eine solche Lösung ist mit Hilfe der bereits genannten Technologien umsetzbar und auch im Konzept Industrie 4.0 vorgesehen. Gerade im Gartenbau bietet es sich aufgrund der Frische der Produkte an, ein eigenes Cluster zu bilden, die „**Integration der Supply Chain**“ als spezielles Entwicklungsfeld.

Es ist wichtig zu betonen, dass CPS nur möglich sind, wenn ein effektives Datenmanagement (Big Data) existiert. Die Kommunikation der Systeme wiederum benötigt ein funktionierendes Netzwerk (IoT). Die dazu benötigte Speicher- und Rechenkapazität ist vielfach nur durch Cloud-Dienste wirtschaftlich zu nutzen. Auch die Abstimmung zwischen den Gliedern der Supply Chain erfolgt nur, wenn die Kommunikation (IoT) gegeben ist. Diese wiederum benötigt z. B. intelligente Maschinen. Es wird deutlich, dass das Konzept Industrie 4.0 nur umsetzbar ist, wenn die einzelnen Technologien aufeinander abgestimmt sind und ineinandergreifen.

Zusammenfassung wichtiger Charakteristika definierter Entwicklungscluster in der Industrie 4.0:

Cluster 1: Cyber-physische Systeme

- Wissen um Status, Kapazität und Optionen
- Autonom, interagierend
- Benötigen Daten in Echtzeit

Cluster 2: Big Data

- Überführt große Mengen an Rohdaten in nutzbare Information

Cluster 3: Internet of Things

- Netzwerk zur Verbindung von Materialien, Sensoren, Maschinen etc.
- Ermöglicht Kommunikation und Interkonnektivität

Cluster 4: Cloud-Dienste

- Online-Bereitstellung von dynamischer und skalierbarer Rechenkapazität

Cluster 5: Integration der Supply Chain

- Es erfolgt eine Verknüpfung der horizontal vorgelagerten Prozesse über die eigenen Unternehmensgrenzen hinaus

3 Gartenbau 4.0 – Herausforderungen und Entwicklungspotenziale

Welche Automatisierungslösungen sind bereits im Gartenbau angekommen, welche technischen Entwicklungen sind zukünftig zu erwarten und wo liegen die Probleme für die zum Teil schleppende Umsetzung? Die Herausforderungen beim Übergang zum Gartenbau 4.0 sollen am Beispiel der Automatisierung selektiver, überwiegend von Hand durchgeführter Erntearbeiten im Gartenbau aufgezeigt werden. Beispiele dafür sind die Ernte von Kernobst für den Frischmarkt, von Bleichspargel oder von Einlegegurken (Laber und Lattauschke, 2020).

3.1 Rahmenbedingungen und Anforderungen

Rahmenbedingungen für und Anforderungen an Vollerntetechnologien im Gartenbau:

- Gartenbauliche Produkte sind im Vergleich zu industriellen Produkten sehr variabel in ihrer Form, Größe und Farbe und müssen daher spezifisch und individuell gehandhabt werden.
- Die meisten gartenbaulichen Produkte, wie Blätter oder Früchte, weisen hohe mechanische Empfindlichkeit gegen Druck- und Stoßbelastungen auf.
- Die variable Anordnung der Produkte im Raum, häufig durch Blätter verdeckt, verlangt hochgenaue Erkennungs-, Greif-, Trenn-, Ablade- und Transportmechanismen.
- Pflanzen befinden sich auf dem Feld oder im Gewächshaus, sodass die technischen Geräte sich zu den Pflanzen bewegen müssen. Die Ernteeinheiten benötigen daher Fahrwerk, Antrieb und Steuerung sowie eine Transporteinheit für die Aufnahme und den Abtransport der geernteten sensiblen Produkte.
- Die Kultursysteme können aus pflanzenbaulichen und ökonomischen Gründen (Produktivität und Produktionskosten) nur begrenzt an neue technische Verfahren angepasst werden.
- Die starke Temperaturabhängigkeit des Wachstums und der Reifeentwicklung von Obst und Gemüse verlangt eine hohe Schlagkraft der Systeme.
- Kurze Ernteperioden von einigen Wochen bis wenigen Monaten führen zu einer geringen zeitlichen Auslastung der Maschinen.
- Die Geräte müssen bei jeder Witterung einsetzbar sein.
- Es werden nur relativ geringe Stückzahlen dieser Spezialmaschinen benötigt, was die Kosten für ihre Produktion und damit ihren Preis in die Höhe treibt.
- Trotzdem müssen die Kosten der Verfahren, in denen sie eingesetzt werden, vergleichsweise gering sein (Wettbewerbsdruck).
- Die Geräte müssen robust und problemlos in der Bedienung sein.
- Unterschiedlichste Anforderungen an die Arbeitssicherheit müssen erfüllt sein.

3.2 Geschützter Anbau

Die Produktion von Jung- und Topfpflanzen im Gewächshaus erfolgt weitgehend automatisch. Die meisten Arbeitsgänge wie Aussaat, Stecken, Pikieren, Topfen, Ausstellen, Rücken bis hin zur Pflanzenbewertung nach unterschiedlichen Qualitätskriterien können heute vollautomatisch ausgeführt werden. Mit Hilfe von QR-Code bzw. Barcode am Stecketikett kann jede einzelne Pflanze über die gesamte Wertschöpfungskette verfolgt werden (Abbildung 1). Auch laufen die gesamte Gewächshausklimaregelung bzw. -steuerung inklusive Bewässerung und Düngung automatisch ab (Abbildung 2). Der Mensch übernimmt nur noch Kontrollaufgaben bzw. springt ein, wenn die Technik versagt.

Abbildung 1: Jungpflanzenetiketten mit QR-Code



Quelle: Foto: ATB, Geyer.

Abbildung 2: Automatische Düngestation

Quelle: Foto: ATB, Geyer.

Bereits in der Praxis eingesetzt werden selbstfahrende optische Systeme zur Unterstützung des Menschen bei der Detektion von Pflanzenzuständen, bei der Ertragsschätzung und bei der Erkennung des Befalls mit Mehltau oder weißer Fliege in Tomatenbeständen im Gewächshaus (www.ecoation.com). Entscheidungsunterstützungssysteme helfen dem Produzierenden, schnell und gezielt zu reagieren.

Schwierig wird es immer dann, wenn direkt an der Pflanze gearbeitet werden soll. Es gibt weltweit verschiedene Forschendengruppen, die daran arbeiten, die unterschiedlichen Obst- und Gemüsearten selektiv und automatisch zu ernten. Bisher ist jedoch noch keiner dieser Roboter erfolgreich und in größerer Stückzahl am Markt etabliert. Das beste Beispiel ist der Paprikaernteroboter SWEEPER der Uni Wageningen (Boaz et al., 2020, siehe auch <https://www.wur.nl/en/project/SWEEPER-the-sweet-pepper-harvesting-robot.htm>). Trotz hoher Fördermittelsummen ist es noch nicht abschließend gelungen, gelbe Paprika schnell, sicher und wirtschaftlich zu ernten. Noch benötigt der Roboter mehr als 20 Sekunden um eine Frucht zu pflücken. Außerdem ist die Findungsrate mit unter 50 % unbefriedigend (Shamshiri et al., 2018).

Die hauptsächlichen Probleme beim automatischen Ernten liegen im sicheren Erkennen der Früchte zwischen den Blättern und das schonende Greifen und Ablegen. Besonders schwierig wird es, wenn grüne

Früchte zwischen grünen Blättern erkannt werden sollen. Wofür der Mensch mit seinem räumlichen Sehen und einem über Jahr Millionen trainierten Gehirn Sekundenbruchteile benötigt, ist die Maschine überfordert.

Entsprechend verhält es sich mit dem Greifen. Der Roboterarm mit Greifer muss so programmiert sein, dass er pflanzenindividuell im freien Raum die richtige Entscheidung trifft. Ist beispielsweise der freie Zugriff durch Blätter oder Stängel gestört, umgreift der Mensch ohne viel zu überlegen diese Störstelle. Die Maschine kann das nicht.

Aber auch der Vorgang des Greifens ist eine Herausforderung. Betrachten wir unsere Hand. Sie hat 5 Finger mit mehr als 20 Gelenken auf weniger als 20 cm Länge (Abbildung 3). Außerdem haben wir in jeder Fingerkuppe tausende Sensoren, die uns exakt darüber informieren, wie fest wir greifen. Vergleichen wir nun unsere Hand mit Roboterarmen, dann stellen wir schnell fest, dass hier deutliche Unterschiede bestehen. Die Gelenke liegen weit auseinander, meist gibt es nur zwei bis drei „Finger“ und Druckkraftsensoren fehlen ebenfalls bzw. werden durch Polster ausgeglichen.

Abbildung 3: Greifer für die Einlegegurkenenernte im Vergleich mit der menschlichen Hand



Quelle: Fotos ATB, Geyer.

Es gibt spezifische, menschlichen Händen nachempfundene Greifer, die u. a. für den Rehabilitationsbereich entwickelt wurden. Für gartenbauliche Zwecke sind sie jedoch zu kostenintensiv. Die bessere Möglichkeit, Arbeiten an der Pflanze zu automatisieren, ist, das Anbauverfahren zu verändern und die Pflanzen so zu

erziehen, dass die Früchte von einer Maschine sicher erkannt und gegriffen werden können. In wie weit es sich jedoch lohnt, über Jahrzehnte optimierte Anbauverfahren an technische Verfahren anzupassen, ist sowohl eine ökonomische Frage (Ertrag, Qualität, geeignete Sorten, pflanzenbauliche Fragestellungen) als auch eine Frage der Verfügbarkeit von Arbeitskräften.

Ein Beispiel für die Kulturmusterstellung ist die Erdbeerproduktion im Gewächshaus. Die Pflanzen wachsen auf Stellagen, sodass die Früchte rechts und links herabhängen und sicher erkannt und gepflückt werden können. Auf der Fruit Logistica 2019 wurde der einreihige Pflückroboter „Rubion“ für diese Form der Kulturführung vorgestellt (Abbildungen 4 und 5, siehe auch www.octinion.com). Mit bis zu 24 unabhängigen Roboterarmen erntet der Erdbeervollernter von Agrobot (www.agrobot.com/e-series). Die Früchte werden schonend gegriffen und sanft abgelegt.

Abbildung 4: Moderne Erdbeeranlage im Gewächshaus



Quelle: Foto: ATB, Geyer.

Abbildung 5: Erdbeer-Pflückroboter „Rubion“ auf der Fruit Logistica 2019



Quelle: Foto: ATB, Geyer.

Ein Vollernter zum Ernten von Gewächshaus Cherry-Tomaten wurde beispielsweise von Root AI Incorporation entwickelt. Der Ernteroboter erkennt reife Tomaten, greift und legt diese schonend ab (siehe auch <https://root-ai.com>).

3.3 Freilandanbau

An verschiedenen Forschungsinstituten und auch in der Industrie gibt es umfangreiche Entwicklungen zur mechanischen Apfelernte. Dies wurde möglich, nachdem die Baumerziehung geändert wurde. Die Bäume werden zu schmalen Fruchtwänden mit etwa 3 m Höhe erzogen, welche im Frühjahr maschinell als Hecke geschnitten werden. Die Früchte wachsen an der Außenseite der Fruchtwand, bekommen gleichmäßig Licht und können leicht erkannt und automatisch geerntet werden. Die Ernteroboter verfügen über mehrere Arme, die mit Hilfe optischer Sensoren zu den Äpfeln geleitet werden und diese entweder durch Vakuum ansaugen, abtrennen und zur Kiste transportieren (siehe auch <https://www.abundantrobotics.com>) oder mit Hilfe von Greifern abdrehen und auf einem Querförderer ablegen (siehe auch www.ffrobotics.com). Nach Firmenangaben ernten die Roboter zehnmal schneller als Menschen – und dies ohne Pausenzeiten und ggf. bei Nacht. Es ist zu erwarten, dass die Apfelernte in nicht allzu ferner Zukunft überwiegend vollautomatisch erfolgen wird.

Auch bei anderen arbeitsintensiven Kulturen, beispielsweise der Bleichspargelernte wird seit Jahren intensiv nach mechanischen Lösungen gesucht. Der Hersteller Cerescon nutzt die elektrische Leitfähigkeit, um Spargelstangen im Damm zu erkennen. Elektrizität wird seitlich in den Damm eingeleitet und Finger an der

Oberfläche des Dammes orten die Spargelstangen, bevor sie die Oberfläche erreichen (www.cerescon.com). Ein spezieller Stech- und Schneidmechanismus senkt sich in den Boden ein, trennt die Spargelstange ab, hebt sie an und legt sie seitlich ab. Danach wird der Boden geglättet und die Folie wieder aufgelegt. Inwiefern dieses Verfahren erfolgreich ist, hängt vor allem von wirtschaftlichen Parametern ab. Hier sind die Kosten, die Leistung, der Wartungsbedarf der Maschinen (Sandboden ist extrem abrasiv) und die Verluste, die entstehen, wenn beim „blinden“ Einstechen in den Boden andere Spargelstangen verletzt werden, zu berücksichtigen.

3.4 Einsatz von Drohnen

In wenigen Jahren hat sich der Einsatzbereich für Drohnen, die mit unterschiedlichen optischen Sensoren ausgestattet sind, vervielfacht. Mit relativ wenig Aufwand und Kosten ergibt sich die Möglichkeit, Luftbilder einer großen Anlage zu erstellen. Je nach eingesetzter Kamertechnik werden Informationen geliefert über den Wasserzustand einer Anlage, über den Blattbedeckungsgrad, über Unnatürlichkeiten, beispielsweise starke lokale Verfärbung wegen Pilzbefall am Spargelkraut, oder ob sich ggf. Rehkitze im Feld aufhalten. Die Kenntnis des Blattbedeckungsgrades ist beispielsweise von großem Nutzen, wenn nachfolgend zielgerichtet Pflanzenschutzmittel appliziert werden sollen. Die Spritzmittelmenge wird exakt dem Blattbedeckungsgrad angepasst, was im Vergleich zu einer flächigen Ausbringung zu deutlichen Wirkstoffeinsparungen führen kann.

Außerdem werden Drohnen bereits aktiv zum Ausbringen von Trichogramma Schlupfwespen gegen Maiszünsler, von Antagonisten im Weinbau oder für Pflanzenschutzmaßnahmen in Steillagen eingesetzt. Das Erkennen einzelner Schädlinge ist jedoch aufgrund der dafür erforderlichen optischen Auflösung und dem oftmals verdeckten Ort der Besiedelung kaum erfolgversprechend.

Bisher war der Einsatz der Drohnen überwiegend auf das Freiland begrenzt. In aktuellen Projekten wird der Einsatz auch im Gewächshaus untersucht, wobei die Orientierung der Drohne eine technische Herausforderung darstellt und sich die Frage stellt, welcher Mehrwert mit diesen Daten erzielt werden kann. Der große Vorteil in einem geschlossenen Gewächshaus ist, dass die Drohnen ohne Anwesenheit von Personen fliegen dürfen. Wie ein Mähroboter sollen die Drohnen von Zeit zu Zeit ihre „Garage“ anfliegen, den Akku tauschen, Daten auslesen und neu starten. Das große Problem der Drohnen ist, dass sie für ihren Auftrieb starken Wind erzeugen und damit Bildaufnahmen erschwert bis unmöglich werden.

Auch zur Insektenbekämpfung im Gewächshaus sollen Drohnen eingesetzt werden können (Abbildung 6, siehe auch www.pats-drones.com). Der grundsätzliche Wunsch nach autonom fliegenden Drohnen, auch im Freiland, bleibt solange unerfüllt, wie das Verkehrsministerium die erforderlichen Regularien nicht ändert, was jedoch in näherer Zukunft nicht zu erwarten ist.

Abbildung 6: Drohne zur Bekämpfung von Fluginsekten im Gewächshaus



Quelle: Foto: ATB, Zude.

Entsprechend verhält es sich bei autonom fahrenden Fahrzeugen. Sie dürfen bei den gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen ebenfalls nur auf eingefriedeten Flächen eingesetzt werden. Das hat zur Folge, dass der autonome Hackroboter, der 24 Stunden täglich selbständig und ohne Überwachung Unkraut in einem Gemüsebaubetrieb hackt, derzeit nicht erlaubt ist. Auf abgeschlossenen und eingefriedeten Flächen, wie wir sie im Obstbau oder in Baumschulen finden, verhält es sich ganz anders. Hier können solche Maschinen eingesetzt werden, die beispielsweise vollautomatisch Mulchen, Sprühen, Pflanzendaten erheben oder auch Ernten.

3.5 Unkrautbekämpfung

Bei der Unkrauterkennung gibt es auch große Fortschritte. Mit Hilfe der künstlichen Intelligenz und neuronalen Netzen ist es möglich, Kulturpflanzen und Unkraut bereits im frühen Keimlingsstadium zu unterscheiden. Mehrere 1.000 Fotos mit Aufnahmen von beispielsweise frisch aufgelaufenen Möhren und dem umgebenden Unkraut werden händisch analysiert und anschließend als Datengrundlage für das neuronale Netz eingesetzt (siehe auch <https://www.nature.org>). Das weitaus größere bis jetzt noch nicht abschließend gelöste Problem ist jedoch das automatische Entfernen des Unkrauts nahe den Kulturpflanzen im Keimblattstadium. Laserlicht, Heißwasserbehandlung, Stempel, die das Unkraut in den Boden drücken, oder Mikrospritzen mit Herbiziden sind Möglichkeiten, das Unkraut zu entfernen. Die Suche nach einer leistungsfähigen und wirtschaftlichen Lösung ist noch nicht abgeschlossen.

3.6 Aufbereitung und Verarbeitung

Bei der Aufbereitung und Verarbeitung hat die Digitalisierung und Automatisierung den entsprechenden Stellenwert wie in der Gewächshausproduktion. Hier ist wieder der entscheidende Vorteil, dass das Produkt zur Maschine kommt und nicht umgekehrt. Zudem können viele Techniken aus anderen Industriezweigen, insbesondere der Lebensmittelproduktion mit kleinen Änderungen übertragen werden. Damit ist die Umsetzung und Anwendung in gartenbaulichen Wertschöpfungsketten deutlich einfacher und produktbezogen kostengünstiger. Es gibt hocheffiziente Sortierroboter, die mit hoher Geschwindigkeit beispielsweise Tomaten in Schalen ablegen, Roboter, die Klappkisten auffalten, befüllen und stapeln oder zahllose Sortier- und Verpackungsmaschinen für die unterschiedlichsten Verpackungsmaterialien und Produkte.

Auch kann mit Hilfe spektraloptischer Verfahren oder Streuungsmessungen und spezifischer Datenauswertung der Zustand von Obst, Gemüse oder von Zierpflanzen bereits bei der Ernte oder zumindest bei der anschließenden Sortierung bestimmt werden. Diese Informationen in Kombination mit den Klimawerten entlang der Wertschöpfungskette von der Ernte bis zum Konsum helfen sowohl den Erzeugenden, den Transportunternehmen als auch dem Handel, den Prozess so zu gestalten, dass möglichst wenig (Qualitäts-) Verluste entstehen und Verbrauchende eine hohe Qualität und lange Produkthaltbarkeit am *point of sale* vorfindet (Abbildung 7). Die Daten stehen beispielsweise über die Cloud allen Zugangsberechtigten zur Verfügung. Somit ist eine sichere Rückverfolgbarkeit möglich. Die Daten helfen aber auch betriebsintern, unter anderem beim Aufbau eines Warenwirtschaftssystems.

Abbildung 7: Datenweitergabe in der Wertschöpfungskette von Obst und Gemüse



Quelle: ATB, verändert nach Linke, 2010.

3.7 Ausblick

Die Entwicklung von Sensoren verlief in den letzten Jahren rasant, gleichzeitig sanken deren Preise beträchtlich. Außerdem nahm und nimmt die Leistungsfähigkeit der Rechner weiter deutlich zu. Die damit erzeugte Datenflut muss jedoch beherrschbar sein. Dafür sind Entscheidungshilfeprogramme zu entwickeln, welche die Sensordaten auswerten und interpretieren und die gewonnenen Informationen dem Anwender bzw. der Anwenderin in Form von Applikationen (= Apps) so zur Verfügung stellen, wie sie für eine schnelle Entscheidung benötigt werden. So weiß der Gärtner bzw. die Gärtnerin mit Hilfe des Smartphones bei Tag und Nacht, wie es den Pflanzen geht, ob die Beregnung läuft oder ob die Dachlüftung bei Sturmwarnung geschlossen ist. Stimmt etwas nicht, gibt es ein Alarmsignal und es kann reagiert werden.

Alle Prozesse, die ortsgebunden sind, d. h. bei denen die Pflanze zur Maschine kommt, sodass der Arbeitsplatz exakt den technischen Ansprüchen angepasst werden kann, haben bereits heute im Gartenbau einen sehr hohen Automatisierungsgrad erzielt. Dagegen ist das Automatisieren im Feld oder in der Anlage weit aus komplizierter. Bei diesen Entwicklungen, trotz großer aktueller Fortschritte beispielsweise bei künstlicher Intelligenz, stehen wir immer noch am Anfang. In manchen Fällen muss ggf. auch das Anbauverfahren überdacht werden, wie z. B. bei der Kultur von Einlegegurken oder von Bleichspargel. Obwohl der Druck aus der Praxis aufgrund fehlender Arbeitskräfte und hoher Kosten für Erntearbeiten sehr groß ist, haben die meisten selektiven automatischen Ernteverfahren bisher versagt, weil entweder der Greif- und Abtrennvorgang der Früchte zu kompliziert oder zu langsam oder zu teuer ist. Auch die geforderten Materialeigenschaften haben einen großen Einfluss. Beispielsweise besitzt bisher kein filigranes Material die Standfestigkeit und Härte, um über Wochen in abrasivem Sandboden sicher nach Spargel zu graben.

Internetlinks

www.agrobot.com abgerufen 09.07.2021

www.ecoation.com abgerufen 09.07.2021

www.ffrobotics.com abgerufen 09.07.2021

www.octinion.com abgerufen 09.07.2021

www.pats-drones.com abgerufen 09.07.2021

<https://www.abundantrobotics.com> abgerufen 09.07.2021

<https://www.cerescon.com> abgerufen 09.07.2021

<https://www.naiture.org/> abgerufen 09.07.2021

<https://root-ai.com> abgerufen 09.07.2021

<https://www.wur.nl/en/project/SWEEPER-the-sweet-pepper-harvesting-robot.htm> abgerufen 09.07.2021

Literaturverzeichnis

- Beier, G., Ullrich, A., Niehoff, S., Reißig, M., Habich, M. 2020: Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review. *Journal of Cleaner Production* 259, S. 120856.
- Boaz, A., Balendonck, J., Barth, R., Ben-Shahar, O., Edan, Y., Hellström, T., Hemming, J., Kurtser, P., Ringdahl, O., Tielen, T., van Tuijl, B. 2020: Development of a sweet pepper harvesting robot. *JOURNAL OF FIELD ROBOTICS*. DOI: 10.1002/rob.21937.
- Brettel, M., Friederichsen, M., Keller, M. Rosenberg, M. 2014: How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Information and Communication Engineering* 8. H. 1, S. 37-44.
- Hildner F., 2021: Analyse der technischen Entwicklungen im Gartenbau in Abgleich mit dem Stand der Technik im Bereich Industrie 4.0. Studienarbeit Technische Universität Braunschweig.
- Kagermann, H.; Wahlster, W. und Helbig, J. (Hrsg.) 2013: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern; Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Berlin: Forschungsunion 2013.
- Laber, H. und Lattauschke, G. (Hrsg.): Gemüsebau. 3. Auflage, ISBN: 3818608377. S. 96 - 100.
- Lasi, H., Fettke, P., Feld, T., Hoffman, M. 2014: Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering* 6 (4), S. 239-242.
- Linke, M. 2010: Modulares intelligentes System zur durchgängigen Qualitätskontrolle in der Logistikkette von pflanzlichen Frischeprodukten. *Bornimer Agrartechnische Berichte*, Heft 75, S. 151-179, ISSN 0947-7314.
- Qin, J., Liu, Y. und Grosvenor, R. 2016: A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond. *Procedia CIRP* 52, S. 173-178.
- Shamshiri, R. R., Weltzien, C., Hameed, I. A., Yule, I. J., Grift, T. E., Balasundram, S. K., Pitonakova, L., Ahmad, D. Chowhary, G. 2018: Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming. *Int J Agric & Biol Eng.* Vol. 11 No. 41.
- Shah, S. A., Kasat, K. N. und Harkut, D. G. 2019: Cloud Computing - Technology and Practices. *IntechOpen* 2019, DOI: 10.5772/intechopen.72088. URL – <https://www.intechopen.com/books/cloud-computing-technology-and-practices>.
- Stock, T. und Seliger, G. 2016: Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP* 40, S. 536-541.
- Wikipedia 2019: Industrie 4.0. https://de.wikipedia.org/wiki/Industrie_4.0. Zugriff 04.07.2019.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., Newman, S. T. 2017: Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering* 3. H. 5, S. 616-630.

Kaufmotivation und Zahlungsbereitschaft für innovative Produktions- und Vermarktungskonzepte für Frischgemüse

TJARK MELCHERT¹, HENNING KRAUSE^{1,2} UND ULRIKE GROTE¹

Zusammenfassung

Die zunehmende Urbanisierung in Deutschland ist eine der Herausforderungen für den heimischen Gartenbau. Um die Versorgung der urbanen Bevölkerung mit frischem Gemüse sicherzustellen, ist es wichtig, die Produktionsprozesse effizienter zu gestalten und die Transportwege kurz zu halten. Auf diese Herausforderungen reagieren viele, oft junge Gartenbauunternehmen und bieten innovative Lösungen für die Kundenwünsche nach mehr Nachhaltigkeit und Regionalität an. Dabei stellen sich die folgenden Fragen: (1) Welche Produkt- oder Prozesseigenschaften spielen für Konsument*innen in Deutschland beim Kauf von Frischgemüse eine Rolle? (2) Wie hoch ist die Zahlungsbereitschaft der Konsument*innen für Lebensmittel von drei beispielhaften Gartenbauunternehmen mit innovativen Vermarktungs- und Produktionsansätzen? (3) Welche Faktoren beeinflussen die Zahlungsbereitschaft der Konsument*innen für Frischgemüse von diesen Gartenbauunternehmen? Untersuchungsgegenstand sind drei innovative Ansätze, Gemüse zu erzeugen und zu vermarkten, wodurch sich diese von den üblichen Wertschöpfungsketten im deutschen Gemüsebau unterscheiden. Die Auswertung einer Onlinebefragung von 165 Konsument*innen in Deutschland hat gezeigt, dass jüngere Konsument*innen häufiger bereit sind, Lebensmittel online zu kaufen. Frisches Gemüse wird allerdings weiterhin gerne an Orten gekauft, an denen die Produkte begutachtet und von Hand ausgewählt werden können. Die Zahlungsbereitschaft für die drei betrachteten innovativen Ansätze liegt um 16 und 20 % höher – im Vergleich zu konventionell produziertem Frischgemüse aus Supermärkten. Eine Ordered Probit-Regression zeigt, dass die Zahlungsbereitschaft für die Produkte umso höher ist, je wichtiger den Konsument*innen die Regionalität bei der Gemüseproduktion und je unwichtiger ihnen der Preis des Gemüses ist. Der wichtigste Einflussfaktor ist allerdings, ob den Befragten die Vermarktungs- und Produktionskonzepte innovativ erschienen und sie mit ihrem Kauf alternative, nachhaltige Produktionssysteme fördern. Diese Aspekte sollten deutsche Gartenbauunternehmen berücksichtigen, wenn sie neue Produktions- oder Vermarktungskonzepte entwickeln und diese erfolgreich am Markt platzieren wollen.

¹ Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltökonomik und Welthandel, Königsworther Platz 1, 30167 Hannover, E-Mail: tjarkmelchert@aol.com

² Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Geschäftsbereich Gartenbau, Betriebswirtschaft im Gartenbau, Heisterbergallee 12, 30451 Hannover

1 Einleitung

Um im Angesicht des Klimawandels mit sich verändernden Produktionsbedingungen eine wachsende Bevölkerung zu versorgen, müssen die Produktionsverfahren im Gemüsebau optimiert werden. Dies ist im Zuge der fortschreitenden Urbanisierung in Europa eine Herausforderung, weil die Lebensmittel oft weit von den Orten des Verbrauchs entfernt produziert werden. Der Ausbau der urbanen Infrastruktur wie öffentlicher Personennahverkehr, Betreuungseinrichtungen oder auch die Versorgung mit gesunden, frischen Lebensmitteln kann oft nicht mit dem urbanen Bevölkerungswachstum mithalten (Bettencourt & Lobo, 2016).

Die Ansprüche der deutschen Bevölkerung an die Nahrungsmittelproduktion haben sich in den letzten Jahrzehnten stark geändert. Ging es früher vor allem darum, satt zu werden, wollen sich mittlerweile viele Menschen gesünder ernähren und mit ihren Kaufentscheidungen aus ihrer Sicht nachhaltige Produktionsverfahren fördern (BMEL, 2019a). So ist der Umsatz von Bio-Lebensmitteln in Deutschland von 2000 bis 2017 um 378 % auf über 10 Milliarden Euro jährlich gestiegen (BÖLW, 2018). Bei einer gesünderen Ernährung spielt vor allem der Konsum von Obst und Gemüse eine große Rolle. Die Deutschen essen insgesamt mit durchschnittlich 103 kg pro Jahr immer noch deutlich zu wenig Gemüse (BMEL, 2019b; DGE, 2012), aber der Trend geht in den letzten Jahren aufwärts (VuMA, 2018). Gleichzeitig erleben wir durch die Distanz von Produktion und Verbrauch eine Entfremdung zwischen der Nahrungsmittelproduktion und der urbanen Bevölkerung. Auch der Markt für Frischgemüse in Deutschland ist momentan sehr intransparent für die meisten Konsument*innen. Dabei würden viele gerne mehr darüber wissen, woher ihr Essen kommt (PwC, 2016).

Viele – oft junge – Gartenbauunternehmen nehmen sich dieser Herausforderungen an und entwickeln innovative Produktions- und Vermarktungsansätze, um den veränderten Ansprüchen der Konsument*innen entgegenzukommen. Um die Zukunftsfähigkeit dieser Konzepte zu analysieren, werden in dieser Studie mit einer Online-Befragung von Konsument*innen in Deutschland Antworten auf die folgenden Forschungsfragen gesucht:

- (1) Welche Produkt- oder Prozesseigenschaften spielen für Konsument*innen in Deutschland beim Kauf von Frischgemüse eine Rolle?
- (2) Wie hoch ist die Zahlungsbereitschaft der Konsument*innen für Lebensmittel von drei ausgewählten Gartenbauunternehmen mit innovativen Vermarktungs- und Produktionsansätzen?
- (3) Welche Faktoren beeinflussen die Zahlungsbereitschaft der Konsument*innen für Frischgemüse von diesen Gartenbauunternehmen?

Die Studie strukturiert sich wie folgt: Nach einer Literaturübersicht über Start-ups im Agrarsektor und der Beschreibung der drei untersuchten Konzepte wird ein Überblick über die aktuelle Literatur zur Zahlungsbereitschaft für „nachhaltig“ produzierte Lebensmittel gegeben und dazu, welche Faktoren diese beeinflussen. Dann werden Datengrundlage, Methodik und Ergebnisse beschrieben, um mit einigen Schlussfolgerungen für Wissenschaft, Politik und Praxis zu enden.

2 Literaturübersicht

2.1 Start-ups im Agrarsektor

Der Begriff des Start-ups kommt aus dem Englischen und bezeichnet bestimmte Unternehmen. Er leitet sich aus der englischen Übersetzung für „ein Unternehmen gründen“, also to start up, ab. Es gibt zahlreiche Ansätze, ein Start-up zu definieren und dabei von konventionellen Existenzgründungen abzugrenzen. Verbreitet werden Start-ups in der Literatur definiert als junge, innovative Wachstumsunternehmen mit skalierbaren Geschäftsmodellen (Brettel et al., 2007; Kollmann, 2016; Ripsas und Tröger, 2015). So definiert der Deutsche Start-up Monitor (DSM) der Universität Duisburg Start-ups über drei Kriterien: 1. Die Unternehmung ist jünger als zehn Jahre; 2. Das Unternehmen ist mit seiner Technologie oder seinem Geschäftsmodell besonders innovativ. 3. Das Unternehmen hat ein signifikantes Wachstum oder strebt dieses zumindest an. Als Start-up eingruppiert werden im DSM alle Unternehmen, die die erste Eigenschaft (Alter) und mindestens eine der beiden weiteren Anforderungen (Innovation und Wachstum) erfüllen (Kollmann et al., 2016). Die Unternehmenskultur von Start-ups zeichnet sich meist aus durch moderne Ansätze, wie Agilität, Innovationsfähigkeit und flache Hierarchien (Allmann, 2018).

Wie alle Branchen wandelt sich auch die Branche der Agrarwirtschaft massiv durch die Digitalisierung. Nicht nur in der Produktion, auch in der Vermarktung eröffnen sich ganz neue Möglichkeiten. Dadurch können neue Märkte entstehen und alte Methoden und Produkte an Relevanz verlieren (Ruckelshausen et al., 2018). Diese Veränderungen werden von jungen Unternehmen oftmals erkannt und als Chance begriffen, die es zu nutzen gilt.

In der landwirtschaftlichen Produktion werden immer mehr und komplexere Sensor- und Messtechniken eingesetzt; einige autonom arbeitende Maschinen sind schon marktreif. Die dafür gesammelten Daten sind umfangreich und komplex und die Techniken brauchen wiederum weitere digitale Unterstützung, um zielführend vernetzt und ausgewertet werden zu können (Pollmann, 2017). Dadurch werden das Generieren, Beherrschen und Nutzen von großen Datenmengen immer wichtigere Aspekte der landwirtschaftlichen Produktion. Neben der Forschung und Entwicklung dieser neuen Technologien durch große Player auf dem Agrarmarkt und die Wissenschaft arbeiten auch zahlreiche Start-ups an passenden Lösungen und Innovationen für das Agribusiness. Mit neuen Ansätzen und Geschäftsmodellen wollen sie den Markt erschließen (Hemmerling, 2016).

In der Vermarktung spezialisieren sich viele Start-ups im Agribusiness auf digitale Marktplätze für Agrarprodukte, was in anderen Branchen bereits sehr erfolgreich verlaufen ist. Beispiele dafür sind etwa der Markt für Ferienwohnungen, wo das kalifornische Start-up Airbnb neue Maßstäbe gesetzt hat (Wallmüller, 2017). Auch der private Einkauf von Lebensmitteln verlagert sich langsam immer mehr ins Internet. Mittlerweile kaufen viele Deutsche ihre Lebensmittel auch online ein. Bei der repräsentativen Forsa-Umfrage für den BMEL-Ernährungsreport 2019 gaben 9 % der Befragten an, im vergangenen Jahr Lebensmittel online gekauft und sich beliefert lassen zu ha-

ben. In Großstädten mit über einer halben Million Einwohnern betrug der Anteil sogar 15 % (BMEL, 2019a).

2.2 Drei alternative Konzepte zur klassischen Supermarkt-Wertschöpfungskette im Frischgemüse³

2.2.1 Gemüse-Fisch-Kreislaufproduktion

Das Start-up wurde in einer Großstadt gegründet und hat mittlerweile Standorte in mehreren großen Städten. Im Gegensatz zum herkömmlichen Freiland- oder Unterglasanbau produziert das Start-up Frischgemüse in einem geschlossenen Aquaponiksystem zusammen mit Fischen. Dabei werden die Exkremente der im Wasser lebenden Fische als organischer Dünger für die Pflanzen verwendet. Die Pflanzen wiederum reinigen das Wasser für die Fische. So entsteht ein komplexes, geschlossenes Ökosystem. Es muss kein Wasser ausgetauscht werden, sondern nur so viel Wasser nachgefüllt werden, wie dem Kreislauf durch Verdunstung und Ernte entnommen wurde. Auf den Einsatz von Pestiziden, Antibiotika, Hormonen oder chemischem Dünger wird bei der Produktion verzichtet. Mit diesem Verfahren kann auf kleinem Raum eine sehr hohe Effizienz erreicht werden. Laut Betreibern kann gegenüber einer konventionellen Erzeugung derselben Menge an Fisch und Gemüse bis zu 80 % Wasser, 80 % Bodenfläche und 85 % Treibhausgase eingespart werden.

Die Vermarktung erfolgt über Hofläden direkt am Produktionsstandort. Ziel ist die Kommunikation von Transparenz und Frische: Konsumierende sollen wissen, woher ihr Essen kommt und wie es erzeugt wurde. Durch den direkten Verkauf vor Ort entstehen kaum Transportwege und die Ware kann maximal frisch angeboten werden.

2.2.2 Digitales Gärtnern

Das Konzept des Digitalen Gärtnerns (DG) wurde ebenfalls in der Nähe einer Großstadt entwickelt. Hier können Konsumierende relativ kleine Flächen Land von der Gärtnerei für ein Jahr pachten. Die Flächen der Gärtnerei liegen im ländlichen Raum im Umland der Großstadt. Anstatt allerdings herauszufahren und das Stück Land selbst zu bewirtschaften, „gärtnern“ die Konsumierenden auf einer speziell dafür entwickelten App. Die relativ kleine gepachtete Fläche wird dafür vollständig verkabelt, über Kameras kann man sich live ein Bild von den Kulturen machen und Sensoren messen Licht, Niederschlag und Bodenfeuchte. Entschließt sich der Kunde oder die Kundin für den Anbau von bestimmten Kulturen, übernimmt das Gärtnereiteam vor Ort die Aussaat bzw. Pflanzung und nach Anweisung der Kundschaft auch die Kulturführung wie Krauten,

³ Die jeweiligen Start-ups wurden aus Neutralitätsgründen für diese Veröffentlichung anonymisiert.

biologischen Pflanzenschutz und Düngung. Bewässerung kann per Knopfdruck in der App live von zu Hause gesteuert und per Kamera am Bildschirm verfolgt werden. Vom Aufbau her erinnert die App ein wenig an Mobile Games wie FarmVille, wobei durch Praxistipps auch gärtnerisches Fachwissen vermittelt wird.

Das geerntete Bio-Gemüse wird vom Betrieb zu der Kundschaft in die Großstadt bis vor die Haustür gebracht. Verkaufsargument des Start-ups sind 100 % Transparenz und Selbstbestimmung in der Produktion. Durch die 24-Stunden Live-Kamera und individuelle Steuerung von Sensoren mit jederzeit abrufbaren Informationen können die Konsumierenden immer genau sehen, was das Gemüse gerade braucht. So können die Menschen eine persönliche Bindung zum Gemüse aufbauen, auch wenn es nicht im eigenen Garten vor der Tür wächst.

2.2.3 Bio-Gemüse-Lieferservice

Der Bio-Gemüse-Lieferservice (BGL) liefert Kisten mit einer wechselnden Auswahl an saisonalem Obst und Gemüse aus den Anbauregionen um eine Großstadt herum an Kundschaft innerhalb der Großstadt. In einem vereinbarten Turnus (wöchentlich oder zweiwöchentlich) werden die Kisten mit passenden Kochrezepten geliefert. Die Kistengrößen variieren je nach Bedarf. Dieses Abonnement lässt sich jederzeit beenden oder anpassen. Dieses Konzept von Gemüseboxen-Lieferanten ist weit verbreitet und ein gern genutzter Direkt-Vertriebsweg für landwirtschaftliche Betriebe. Das Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen gibt an, dass es allein in Niedersachsen 44 Bio-Frischkost-Abonnenten-Anbieter gibt (KÖN, 2018).

Im Abonnement können einzelne unliebsame Sorten Gemüse oder Obst einfach ausgeschlossen oder zusätzliche Erzeugnisse gewünscht werden. Ergänzend zur regelmäßigen Kistenlieferung im Abonnement bietet der Anbieter in seinem Online-Shop auch die gezielte Auswahl von Obst und Gemüse, aber auch von weiteren Lebensmitteln. Das Angebot des gesamten Online-Shops entspricht nahezu dem eines Bio-Ladens.

Der Bio-Gemüse-Lieferservice versteht sich als besonders nachhaltig arbeitender Erzeuger: Durch kontrollierten Bio-Anbau wird umweltfreundliche und natürliche Erzeugung garantiert. Die regionale Erzeugung vermeidet weite Wege, wodurch Energie und Emissionen eingespart werden. Durch die Saisonalität des Angebots kann die Kundschaft erleben, welche Gemüsesorten über das Jahr hinweg in der Region wachsen und welche Preisschwankungen die einzelnen Produkte haben. Dadurch erhöht sich die Identifikation mit der eigenen Region. Laut Betreibenden müsse außerdem weniger weggeworfen werden als in der Supermarkt-Wertschöpfungskette, da im Vorfeld genau geplant werden kann, was geerntet und verkauft wird.

2.3 Motivation und Zahlungsbereitschaft für nachhaltige landwirtschaftliche Erzeugnisse

Die Definition des Begriffs Nachhaltigkeit ist durch sehr ambivalente und sehr häufige Verwendung in Fachkreisen und Öffentlichkeit in den letzten Jahren stark verwässert worden. Auch eine genaue wissenschaftliche Definition ist aufgrund der Komplexität des Konzepts sehr schwierig (Maribus, 2015). Die Vereinten Nationen stützen sich auf das Konzept der Brundtland-Kommission, wonach ein Verhalten nachhaltig ist, wenn es die Bedürfnisse der jetzigen Generation befriedigt, ohne die Bedürfnisbefriedigung der nachfolgenden Generationen zu gefährden (Brundtland, 1987). Dabei müssen die drei Dimensionen soziale, ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit gleichwertig und miteinander vernetzt betrachtet werden (ESCAP, 2015).

Vor allem die ökologische Nachhaltigkeit wird Menschen mit steigendem Einkommen tendenziell wichtiger. Mit der Umwelt-Kuznets-Kurve (EKC) hat Kuznets in den 1960er-Jahren den Zusammenhang zwischen (steigendem) Einkommen pro Kopf und dem Grad der Umweltverschmutzung in Volkswirtschaften dargestellt. Die EKC sagt aus, dass im Zuge der fortschreitenden Entwicklung von Ländern die Umweltverschmutzung zunächst ansteigt bis zum Maximum, aber danach bei weiter steigenden Einkommen wieder abnimmt (Kuznets, 1963). Für diesen Zusammenhang gibt es verschiedene Interpretationsansätze. Eine Erklärung ist, dass sich durch steigende Einkommen die Bedürfnisse der Bevölkerung verschieben: Dabei verlieren Existenzsicherung und wirtschaftliche Interessen an Bedeutung, wobei die Sauberkeit und der Erhalt der Natur und Umwelt an Bedeutung gewinnen, so dass Konsumierende auch ihr Konsumverhalten daran anpassen (Dinda, 2004). Wenn nun ein Produkt diese immateriellen Werte von nachhaltigen Produktionsverfahren bedienen kann, sind einige Menschen bereit, dafür entsprechend mehr Geld zu bezahlen. Die Kommunikation von nachhaltigen Produktionsverfahren erfolgt im Lebensmittelbereich häufig über business-to-consumer (B2C) kommunizierte Zertifizierungen, was meistens in Form von Labels direkt auf dem Produkt sichtbar wird. Prominente Beispiele im deutschen Markt für frische Gartenbauprodukte sind z. B. das EU Bio-Siegel oder das Fairtrade-Siegel.

Über die Zahlungsbereitschaft für nachhaltigere Lebensmittel sind bisher vor allem Studien zu dem EU Bio-Siegel veröffentlicht worden. In Griechenland lag die erhöhte Zahlungsbereitschaft für Lebensmittel mit Bio-Siegel zwischen 45 % und 120 % über der Zahlungsbereitschaft für konventionell erzeugte Lebensmittel (Krystallis und Chryssochoidis, 2005) und in Deutschland bei durchschnittlich 40 % (Uhl et al., 2010). Ein Grund für die höhere Zahlungsbereitschaft in Griechenland ist die Tatsache, dass die Teilnehmenden unter Bio-Lebensmitteln in erster Linie qualitativ hochwertige Lebensmittel verstanden. Das Bio-Siegel sagt allerdings in erster Linie nur etwas über die Produktionsprozesse aus, die nicht zwangsläufig zu einer höheren Qualität des produzierten Produktes in Bezug auf Frische, Geschmack oder Aussehen führen. Das Bio-Siegel ist als Marke in Deutschland und anderen Ländern mit vielen positiven Gefühlen besetzt, die auch dazu führen, dass Menschen Lebensmittel als besser schmeckend oder gesünder wahrnehmen, sofern sie das Bio-Siegel tragen (Wüstenhagen, 2012; Schuldt und Schwarz, 2010). Dieser Effekt wird Halo-Effekt genannt (Nisbett und Wilson, 1977), der zu einer zusätzlich erhöhten Zahlungsbereit-

schaft über die reine erhöhte Zahlungsbereitschaft aufgrund der nachhaltigen Produktionsweise hinausführen kann.

Neben dem Einkommen der Haushalte haben auch andere sozio-demographische Faktoren einen Einfluss auf die zusätzliche Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Produktionsverfahren. In einer Studie in Spanien fanden Forschende heraus, dass Frauen grundsätzlich weniger für Lebensmittel ausgeben, wenn dies möglich ist und auch weniger bereit sind, höhere Preisanstiege durch Bio-Zertifizierung mit zu tragen und diese Produkte weiterhin zu konsumieren. Männer waren dagegen tendenziell eher bereit, mehr für Lebensmittel auszugeben und auch besonders für Lebensmittel mit dem Bio-Siegel. Männer haben also insgesamt eine geringere Preiselastizität für Lebensmittel als Frauen (Ureña et al., 2008). In einem anderen Experiment in Spanien wurde die zusätzliche Zahlungsbereitschaft für Regionalität beim Agrarprodukt untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass sich die Zahlungsbereitschaft der Männer kaum oder gar nicht erhöht, teilweise sogar leicht zurückgeht. Bei den Frauen hingegen war durchschnittlich ein deutlicher Anstieg der Zahlungsbereitschaft zu verzeichnen (Gracia et al., 2012).

3 Daten und Methodik

3.1 Daten

Der Datensatz beruht auf einer Online-Befragung von 165 Endkonsumierenden in Deutschland. Als Befragungstool wurde Google-Forms verwendet. Die 37 Fragen erfassten sozioökonomische und demographische Angaben, sowie Verhalten und Einstellung der Teilnehmenden zu Nachhaltigkeit und Regionalität. Darüber hinaus wurde Verhalten und Einstellung zu Online-Einkauf von Frischgemüse und Einstellung und Zahlungsbereitschaften zu den drei ausgewählten alternativen Produktions- und Vermarktungskonzepten abgefragt.

Um eine möglichst große und eine heterogene Stichprobe zu erreichen, wurde der Link über verschiedene Kanäle an Freunde und Familie verbreitet mit Bitte um Weiterverbreitung. Dabei wurden gezielt auch Menschen mit unterschiedlichen Hintergründen (Alter, Bundesland, Bildungsgrad und andere demografische Faktoren) angesprochen.

3.2 Methodik

Forschungsfrage (1) und (2) werden mit deskriptiver Analyse bearbeitet. Für die Abfrage der Zahlungsbereitschaft wurde ein relativer Ansatz gewählt. Für das Frischgemüse von jedem der drei innovativen Vermarktungs- und Produktionskonzepte wurde die folgende Frage gestellt: „Wieviel wären Sie bereit, für „X“ mehr zu bezahlen als für konventionelles Gemüse aus dem Supermarkt? Die Befragten hatten dann die Auswahl von sechs Antwortmöglichkeiten: 0 %, 10 %, 25 %, 50 %, 100 %, > 100 %.

In der dritten Forschungsfrage werden Einflussfaktoren auf die gemessene Zahlungsbereitschaft gesucht. Da die gemessene Zahlungsbereitschaft eine ordinale Ausprägungen hat, stellt das „ordered Probit“ (geordnetes Probit-Modell) ein sinnvolles Modell zur Auswertung dar (Winker, 2017). Dabei gilt Folgendes:

$$y^* = x^T * \beta + \epsilon$$

Hierbei ist y^* die exakte und unabhängige Variable. x ist der Vektor mit T abhängigen Variablen und β ist der Vektor der Regressionskoeffizienten, die mit Hilfe dieser Analyse geschätzt werden sollen. Es wird angenommen, dass die Variable y^* selbst nicht beobachtet werden kann, sondern ausschließlich die oben beschriebenen 6 Antwortkategorien:

$$y = \begin{cases} 0 & \text{wenn } y^* \leq 0, \\ 1 & \text{wenn } 0 < y^* \leq \mu_1, \\ 2 & \text{wenn } \mu_1 < y^* \leq \mu_2, \\ 3 & \text{wenn } \mu_2 < y^* \leq \mu_3, \\ 4 & \text{wenn } \mu_3 < y^* \leq \mu_4, \\ 5 & \text{wenn } \mu_4 < y^* \leq \mu_5, \\ 6 & \text{wenn } \mu_5 < y^*. \end{cases}$$

Die Ordered Probit-Analyse ordnet die Merkmale auf y , die eine Form von zensierten Daten auf y^* ergeben, um den Parametervektor β optimal zu schätzen (Greene, 2012). Die Auswertung erfolgt mit Stata 14.

Basierend auf der Literaturrecherche in Kapitel 2.4 ist von verschiedenen sozio-ökonomischen Dimensionen ein Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft zu erwarten. Tabelle 1 zeigt die in der Regression verwendeten Variablen, die auf Basis der Literaturanalyse als wichtige Einflussgrößen vermutet werden.

Tabelle 1: Variablen in der Regression

Dimension	Variable	Beschreibung
Sozio-demographisch	geschlecht	1 = männlich, 2 = weiblich
	alter	Alter in Jahren
	groesse_ort	Einwohnerzahl des Ortes
	jahreseinkommen	Netto-Jahreseinkommen des Haushalts [€]
	niedersachsen	1 = lebt in Niedersachsen
	uni_abschluss	1 = Universitätsabschluss
	angestellt	1 = Angestellte*r oder Beamte*in
Persönliche Überzeugung	W_preis	1 = sehr unwichtig, 5 = sehr wichtig beim Gemüsekauf
	W_frische_optik	1 = sehr unwichtig, 5 = sehr wichtig beim Gemüsekauf
	W_geschmack	1 = sehr unwichtig, 5 = sehr wichtig beim Gemüsekauf
	W_nachhaltigkeit	1 = sehr unwichtig, 5 = sehr wichtig beim Gemüsekauf
	W_regional	1 = sehr unwichtig, 5 = sehr wichtig beim Gemüsekauf
Bekanntheit/Wahrnehmung des Konzepts	innovatives_produkt	finde X ... 1 = gar nicht innovativ, 5 = sehr innovativ
	nicht_bekannt	1 = kenne X nicht
Punkte, die für einen Kauf sprechen	KW_nachhaltig	1 = Würde bei X kaufen, um alternativ erzeugte Lebensmittel zu fördern.
	KW_regional	1 = Würde bei X kaufen, um Innovationen zu fördern.
	KW_förd_alt_lebensm	1 = Würde bei X wegen Nachhaltigkeit kaufen.
	KW_förd_innovationen	1 = Würde bei X wegen Regionalität kaufen.

Quelle: Eigene Erhebung.

4 Ergebnisse und Diskussion

Die Teilnehmenden der Umfrage kommen aus dem ganzen Bundesgebiet mit einem Schwerpunkt auf Niedersachsen und zu einem höheren Anteil sind diese weiblich – im Vergleich zum Bundesdurchschnitt (Statistisches Bundesamt, 2017a). Der Datensatz weist zudem einen größeren Anteil an Menschen zwischen 50 und 60 Jahren sowie zwischen 20 und 30 Jahren auf als die Durchschnittsbevölkerung in Deutschland (Statistisches Bundesamt, 2017b). Der Anteil an Hochschulabsolvierenden ist im Datensatz etwa doppelt so hoch wie im Vergleich zum Bundesdurchschnitt. Nahezu niemand mit einem Hauptschulabschluss hat an der Befragung teilgenommen, obwohl dieser Bildungsgrad deutschlandweit rund 30 % ausmacht (Statistisches Bundesamt, 2017c). Ein relativ hoher Anteil der Befragten arbeitet im öffentlichen Sektor (Tab. 2).

Tabelle 2: Vergleich der Repräsentativität demografischer Faktoren

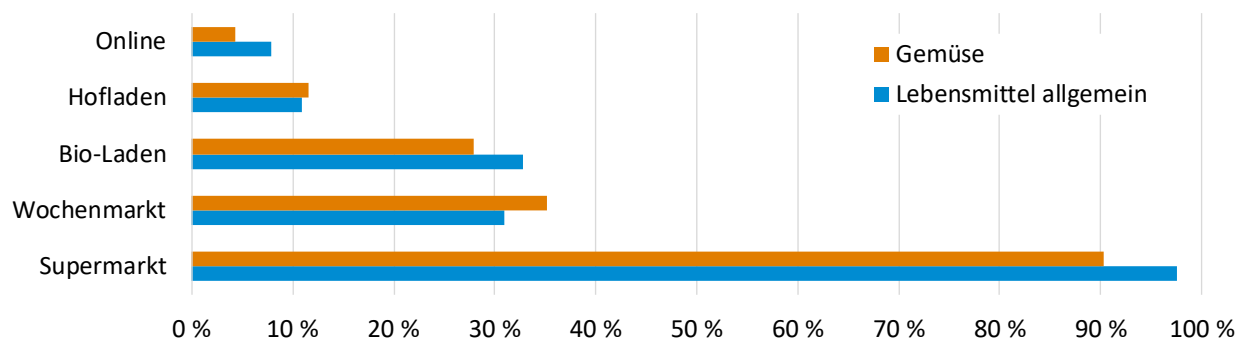
Demografischer Faktor	Anteil an der Bevölkerung	Anteil an Umfrage-Teilnehmenden	Differenz
Niedersachsen	9,7 %	71,1 % (118)	61,4 %-Punkte
Weiblich	50,7 %	61,2 % (101)	10,5 %-Punkte
Männlich	49,3 %	38,8 % (64)	10,5 %-Punkte
Kein Schulabschluss	4,0 %	0,6 % (1)	3,4 %-Punkte
Hauptschulabschluss	30,4 %	1,8 % (3)	28,6 %-Punkte
Mittlerer Abschluss	23,1 %	17,6 % (29)	5,5 %-Punkte
Hochschulabschluss	17,7 %	53,3 % (88)	35,6 %-Punkte

Quelle: Eigene Erhebung.

4.1 Einstellungen und Kaufverhalten beim Frischgemüseeinkauf

Bei den bevorzugten Einkaufsorten gibt es eine sehr ähnliche Verteilung für den Einkauf von Gemüse und allgemeinen Lebensmitteln (Abb. 1). Daraus lässt sich ableiten, dass meist das Gemüse auch dort gekauft wird, wo regulär eingekauft wird. Auf Wochenmärkten und Hofläden kaufen die Befragten mehr Gemüse als allgemeine Lebensmittel ein.

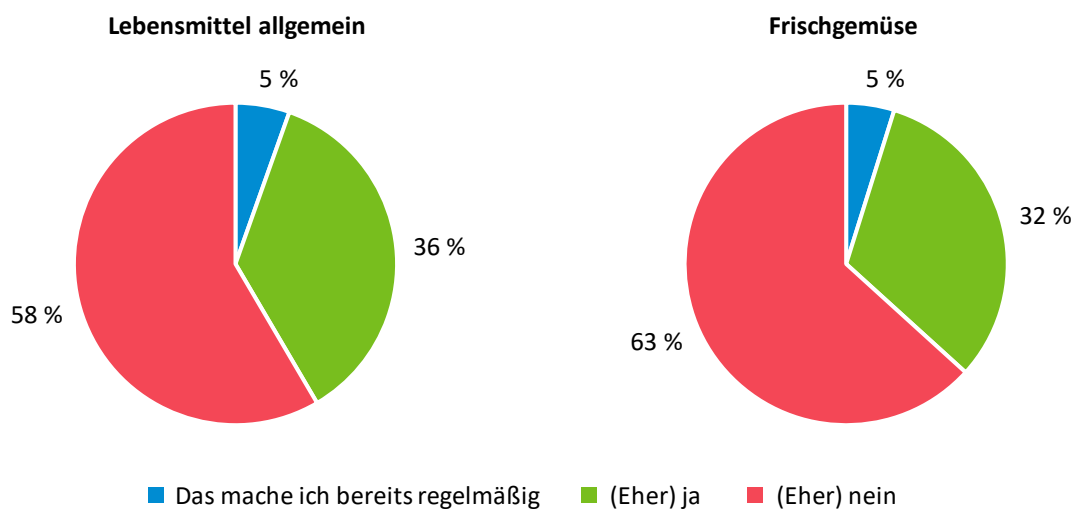
Abbildung 1: Kauforte für Lebensmittel und Frischgemüse (n = 165, Mehrfachnennung möglich)



Quelle: Eigene Erhebung.

Auch wenn der Trend zum Online-Einkauf in Deutschland immer weiter zunimmt und mittlerweile 15 Millionen Deutsche online Lebensmittel bestellen (Absatzwirtschaft, 2015), kaufen die Konsumentenden in unserer Befragung ihre Lebensmittel lieber analog ein (Abb. 2). Fast zwei Drittel aller Befragten kann sich bisher nicht vorstellen, Lebensmittel online einzukaufen – beim Frischgemüse ist die Zahl sogar noch ein wenig höher. Die Personengruppen unter 35 Jahren können sich eher vorstellen Lebensmittel online einzukaufen bzw. tun es bereits.

Abbildung 2: Bereitschaft zum Onlinekauf von Lebensmitteln (n = 165)

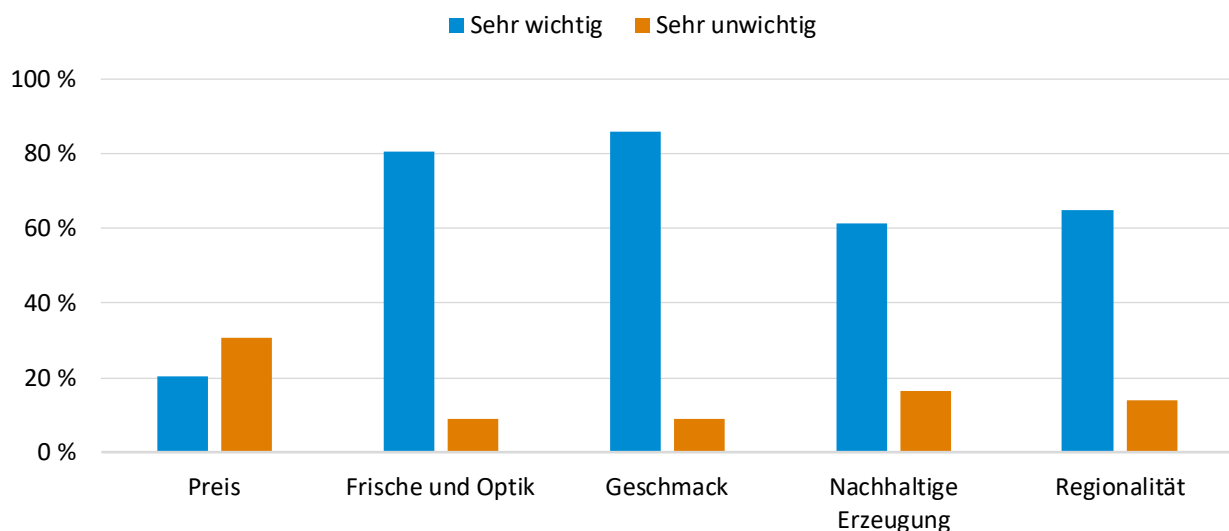


Quelle: Eigene Erhebung.

Die Zahlen decken sich weitestgehend mit dem Ernährungsreport 2019 der Bundesregierung, in dem 9 % der Befragten angaben, bereits jetzt Lebensmittel im Internet zu kaufen (BMEL, 2019a). In den Großstädten mit über 500.000 Einwohnern waren es sogar 15 %. Die etwas stärker ablehnende Haltung in unserer Befragung ist wahrscheinlich auf den etwas höheren Anteil älterer Menschen und etwas geringeren Anteil an Menschen aus Großstädten zurückzuführen, den die vorliegende Stichprobe im Vergleich zum Bundesdurchschnitt aufweist.

Die zurückhaltende Entwicklung des Online-Geschäfts bei Frischgemüse ist nicht weiter verwunderlich, wenn die Produkteigenschaften betrachtet werden, die die Befragten bei Frischgemüse als wichtig angegeben haben (Abb. 3): Die Punkte, die die Konsumierenden am meisten als „sehr wichtig“ und am seltensten als „sehr unwichtig“ angeben, sind vor allem sensorischer Natur. Frische und Optik sowie Geschmack (bzw. Geruch) kann am besten erlebt werden, wenn die Ware selbst begutachtet werden kann. In diesem Zusammenhang hat der stationäre Handel zum jetzigen Zeitpunkt noch einen entscheidenden Vorteil gegenüber dem Online-Handel.

Abbildung 3: Welche Aspekte sind Ihnen beim Kauf von Frischgemüse wichtig? (n = 165)



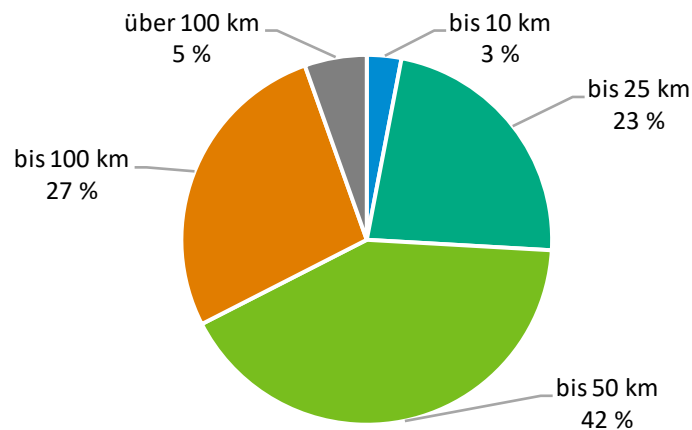
Quelle: Eigene Erhebung.

Verglichen mit demographischen Faktoren fällt auf, dass Befragte mit einem höheren Bildungsstand die nachhaltige Erzeugung des Frischgemüses beim Einkauf wichtiger finden. Darüber hinaus spielt das Einkommen eine Rolle: Je geringer das Einkommen ist, desto wichtiger ist beim Frischgemüsekauf der Preis.

Je größer die Ortschaft ist, in der die Befragten leben, desto weniger wichtig ist ihnen Regionalität beim Frischgemüsekauf. Möglicherweise liegt das daran, dass Bewohner von großen Ortschaften weniger Bezug zu lokalen Erzeugern haben als Bewohner von Dörfern (Geschmackstage Deutschland e. V., 2015). Abbildung 4 zeigt die Anzahl der Nennungen von verschiedenen Distanzen, die die Befragten noch als „regional“ bezeichnen. Über 40 % der Antworten fallen in den

Bereich bis 50 km, aber ein knappes Drittel aller Befragten betrachtet auch Lebensmittel noch als regional, die bis 100 km oder mehr vom Wohnort entfernt produziert werden.

Abbildung 4: Verständnis von Regionalität unter den Befragten (N = 165)



Quelle: Eigene Erhebung.

4.2 Einstellung zu alternativen Produktions- und Vermarktungskonzepten

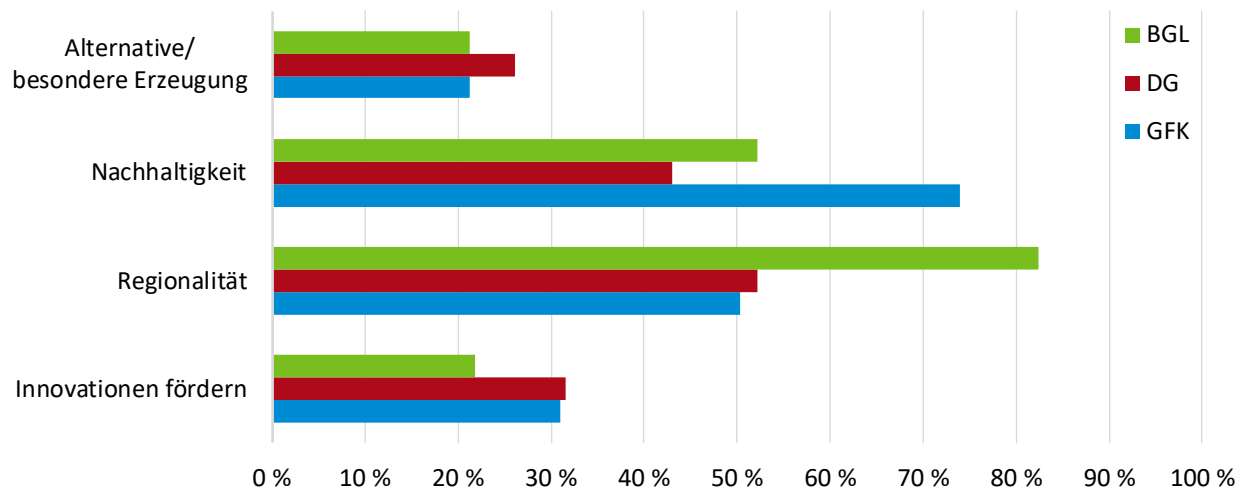
Im zweiten Teil des Fragebogens wurden den Teilnehmenden die drei verschiedenen innovativen Produktions- und Vermarktungskonzepte vorgestellt. Im Anschluss konnten die Teilnehmenden Fragen zur Bekanntheit des Konzepts, zur Wahrnehmung sowie zur Kaufbereitschaft und zusätzlichen Zahlungsbereitschaft beantworten.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Bio-Gemüse-Lieferservice (BGL) mit Abstand das bekannteste Konzept ist: 10 % der Befragten sind oder waren bereits Kundin oder Kunde bei einem Unternehmen mit so einem Konzept und 64 % haben davon schon einmal gehört. Vom Digitalen Gärtnern-Konzept (DG) und der Gemüse-Fisch-Kreislaufproduktion (GFK) haben dagegen mehr als 70 % noch nichts gehört.

Insgesamt werden alle Konzepte als ziemlich innovativ wahrgenommen, wobei die GFK am besten abschneidet. Rund 72 % aller Befragten empfinden dieses Konzept als innovativ oder sehr innovativ. Bei DG und BGL geben dies nur 55 % bzw. 63 % an. Fast 18 % der Befragten finden DG wenig bis gar nicht innovativ, bei BGL sind es 13 % und bei GFK sogar nur 4 %.

Abbildung 5 zeigt die verschiedenen Motive, die die befragten Konsumierenden zum Kauf von Frischgemüse bei einem der genannten Konzepte anregen würden. Hierbei fällt auf, dass nicht die alternative oder besondere Erzeugungsform oder die Förderung von Innovationen im Vordergrund stehen, sondern eher die Gedanken der Regionalität und Nachhaltigkeit.

Abbildung 5: Vergleich der Kaufmotivationen der drei Konzepte (n = 165, Mehrfachnennung möglich)

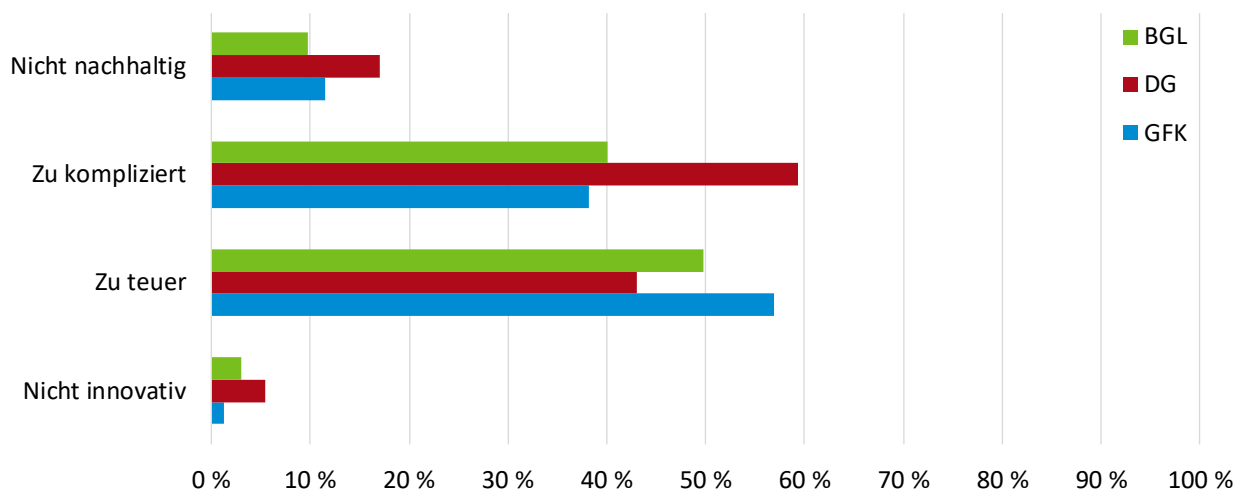


Quelle: Eigene Erhebung.

Für die BGL steht mit 82 % eindeutig die Regionalität als Kaufmotivation im Vordergrund, für die GFK ist es die Nachhaltigkeit mit 74 %. Dies könnte ein Hinweis auf die verschiedenen Kommunikationsstrategien der beiden Ansätze sein. Auf dem Markt für Frischgemüse gibt es bereits ein breites Angebot von Bio-Produkten, weshalb Unternehmen mit dem BGL-Konzept häufig auf die Besonderheit der regionalen Produktion und Lieferung hinweisen. Dies scheint sich auch bei den Teilnehmenden dieser Studie widerzuspiegeln. Die GFK ist dagegen ein völlig neuer Produktionsansatz, der über die reine Bio-Produktion hinausgeht. Dies könnte der Grund dafür sein, warum besonders viele Menschen hier aufgrund der empfundenen Nachhaltigkeit einkaufen.

Nach Gründen gefragt, was die Interviewten beim Kauf von Frischgemüse von einem der Konzepte abhalten würde, zeigt sich, dass den Befragten die Konzepte oft zu kompliziert oder zu teuer erscheinen (Abb. 6).

Abbildung 6: Vergleich der Kaufhemmnisse der drei Konzepte (n = 165, Mehrfachnennung möglich)



Quelle: Eigene Erhebung.

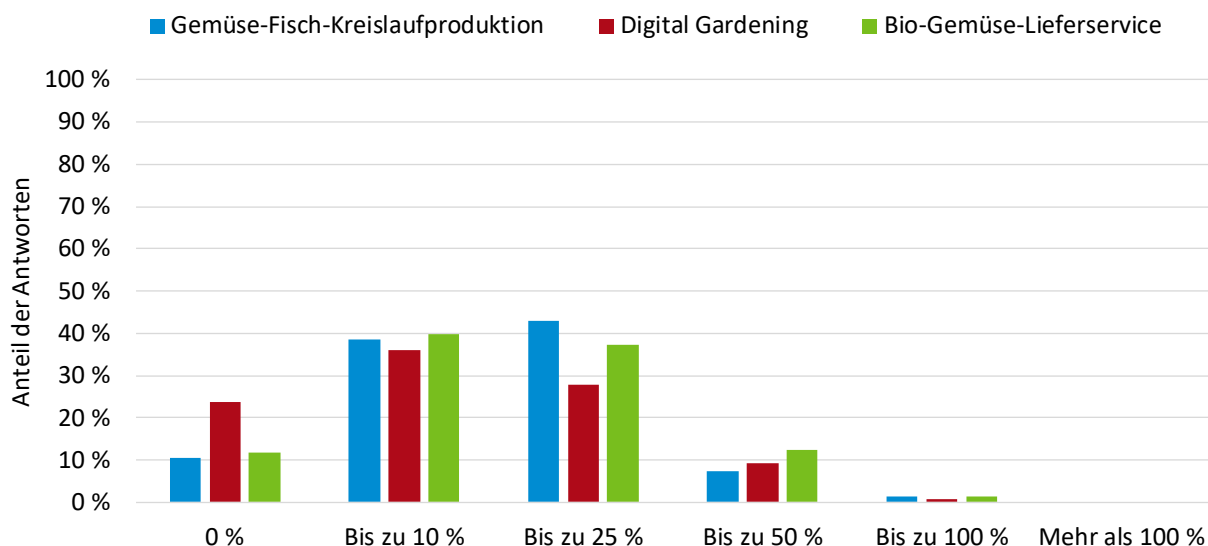
Mehr als die Hälfte aller Befragten gibt an, dass sie die GFK als zu teuer empfinden. Bei den anderen beiden Konzepten ist dieser Wert nicht substantiell kleiner. Interessanterweise werden bei der Vorstellung der Konzepte keinerlei Preise erwähnt. Alleine die Beschreibung der Konzepte scheint bereits diese Schlussfolgerung der Interviewten auszulösen. Vor allem DG empfinden viele der Befragten als potenziell zu kompliziert, um darüber ihr Gemüse zu beziehen (fast 60 %). Die Verbindlichkeit und der Aufwand, sich um den Anbau kümmern zu müssen, wird ebenfalls als negativ empfunden. Auch besteht Skepsis, ob am Ende auch wirklich die Produkte aus eigener Produktion ausgehändigt werden. Es gibt darüber hinaus auch Bedenken, ob die dargestellten Konzepte nachhaltig genug sind. Die meisten der Befragten finden die Konzepte innovativ; nur 6 % der Befragten geben „nicht innovativ“ an.

4.3 Zahlungsbereitschaft für alternative Produktions- und Vermarktungskonzepte und deren Einflussfaktoren

Über die verschiedenen Konzepte hinweg sind die meisten Konsumierenden bereit, 10 - 25 % mehr für Frischgemüse aus alternativen Vermarktungs- und Produktionskonzepten auszugeben (Abb. 7). Die geringste zusätzliche Zahlungsbereitschaft wird für den Digitalen Gärtnern-Ansatz angegeben. Kaum jemand ist bereit, mehr als 50 % zusätzlich im Vergleich zu konventionellem Gemüse aus dem Supermarkt auszugeben. Niemand will mehr als das Doppelte zahlen. Die Werte fallen geringer aus als die gemessene zusätzliche Zahlungsbereitschaft für Bioprodukte im Vergleich zu konventionellen Produkten in früheren Studien (Uhl et al., 2010; Krystallis und Chryssochoidis, 2005). Dies könnte an den z. T. neuartigen Vermarktungskonzepten in unserer Untersuchung liegen. Die Konsumierenden bewerten in unserer Studie nicht nur das Produkt

selbst, sondern auch den Aufwand, dieses Produkt zu bekommen. Dieser fällt mit Ausnahme des BGL deutlich größer aus, als der Einkauf im Supermarkt mit allen anderen Lebensmitteln zusammen. Auch die Befragungsmethodik könnte eine Rolle spielen, da bei unserem Fragebogen kein Bild stimulierend gewirkt hat, im Gegensatz zum Experiment am Universitätsklinikum Bonn (Uhl et al., 2010), sondern nur ein Text vorlag, in dem das jeweilige Konzept der Start-ups beschrieben wurde.

Abbildung 7: Zusätzliche Zahlungsbereitschaft im Vergleich zu konventionellem Gemüse aus dem Supermarkt (n = 165)



Quelle: Eigene Erhebung.

Der Einfluss von verschiedenen Faktoren auf die Zahlungsbereitschaft für Produkte der drei Konzepte wird mit den Regressionsergebnissen in Tabelle 2 dargestellt. Alle drei Regressionen liegen mit den Pseudo-R²-Werten im üblichen Bereich für Zahlungsbereitschaftsmodelle (Winker, 2017).

Die Zahlungsbereitschaft für alle drei Konzepte erhöht sich signifikant, wenn die Befragten das Produkt besonders innovativ finden. Je unwichtiger der Preis, desto höher ist die Zahlungsbereitschaft für Frischgemüse der GfK und der BGL. Beim Frischgemüse von DG steigt die Zahlungsbereitschaft, wenn die Befragten angestellt sind, was ebenfalls auf einen ökonomischen Einfluss hindeutet, da die Angestellten in unserer Befragung ein relativ hohes Einkommen haben.

Tabelle 3: Einflussfaktoren auf die Zahlungsbereitschaft

Pseudo R2	GFK 0,1359		DG 0,202		BGL 0,1007	
	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
geschlecht	0,051	0,187	0,141	0,187	0,074	0,187
alter	0,006	0,006	0,004	0,006	0,002	0,006
groesse_ort	$1,46 \cdot 10^{-7}$	$1,35 \cdot 10^{-7}$	$-7,78 \cdot 10^{-8}$	$1,39 \cdot 10^{-7}$	$5,98 \cdot 10^{-8}$	$1,30 \cdot 10^{-7}$
jahreseinkommen	$4,69 \cdot 10^{-7}$	$1,71 \cdot 10^{-6}$	$-6,15 \cdot 10^{-10}$	$1,74 \cdot 10^{-6}$	$-1,23 \cdot 10^{-6}$	$1,71 \cdot 10^{-6}$
niedersachsen	0,303	0,213	0,161	0,223	-0,236	0,207
uni_abschluss	0,203	0,198	0,144	0,195	-0,293	0,191
angestellt	-0,180	0,199	-0,516 ***	0,206	-0,290	0,197
W_preis	-0,332 ***	0,120	-0,124	0,119	-0,334 ***	0,114
W_frische_optik	-0,095	0,119	-0,164	0,123	0,083	0,120
W_geschmack	0,179	0,132	0,112	0,134	-0,067	0,129
W_nachhaltigkeit	-0,122	0,109	-0,112	0,113	-0,147	0,109
W_regional	0,142	0,124	0,054	0,124	0,266 ***	0,121
innovatives_produkt	0,373 ***	0,126	0,427 ***	0,093	0,271 ***	0,092
nicht_bekannt	0,211	0,221	-0,247	0,219	-0,279	0,215
KW_nachhaltig	0,324	0,228	0,666 **	0,215	-0,174	0,229
KW_regional	0,132 ***	0,210	0,423 ***	0,204	-0,055	0,228
KW_förd_alt_lebensm	0,267	0,228	0,479 ***	0,199	0,203	0,191
KW_förd_innovationen	0,650	0,195	0,672 *	0,201	0,263	0,250

Anm.: GFK = Gemüse-Fisch-Kreislaufproduktion; DG = Digitales Gärtnern; BGL = Bio-Gemüse-Lieferservice; W = wichtig; KW = kauf weil ...; * = signifikant zum 10 %-Level; ** = signifikant zum 5 %-Level; *** = signifikant zum 1 %-Level

Quelle: Eigene Erhebung.

Wer bei DG einkaufen würde, um alternative Produktionsmethoden oder Innovationen zu fördern, hat eine höhere Zahlungsbereitschaft für Frischgemüse von DG. Regionalität spielt bei allen drei Konzepten eine Rolle. Die Befragten sind bereit, mehr für Frischgemüse vom BGL zu bezahlen, wenn sie generell Regionalität als wichtig erachten. Bei GFK und DG hat die konkrete Kaufmotivation, Regionalität zu fördern, einen signifikanten positiven Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft.

Weniger Einfluss als erwartet haben sozio-demografische Faktoren, wie Geschlecht (Gracia et al., 2012; Ureña et al., 2008), Einkommen und der Bildungsgrad (Kuznets, 1963) der Konsumierenden auf ihre Zahlungsbereitschaft. Diese hatten in keinem der drei Beispiele einen signifikanten Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft für das jeweilige Gemüse. Dies kann teils dadurch erklärt werden, dass die Bevölkerungsgruppe zwischen 30 und 50 Jahren in der Stichprobe unterrepräsentiert ist. Tendenziell kann erwartet werden, dass diese Altersgruppe eine höhere Zahlungsbereitschaft aufweist, da die Haushalte häufig in dieser Lebensphase größer sind.

5 Schlussfolgerungen

Diese Studie hat Einstellungen von Konsumierenden zum Kaufverhalten von Frischgemüse und die zusätzliche Zahlungsbereitschaft für drei verschiedene innovative Produktions- und Vermarktungskonzepte untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten Konsumierenden Frischgemüse lieber selbst im Geschäft beziehen. Vor allem die jüngeren Teilnehmenden der Studie stehen allerdings dem Online-Einkauf von Lebensmitteln aufgeschlossen gegenüber. Die durchschnittliche zusätzliche Zahlungsbereitschaft für die innovativen Produktions- und Vermarktungskonzepte liegt bei ca. 10 bis 25 % gegenüber konventionellem Gemüse im Supermarkt. Soziodemographische Faktoren der Konsumierenden spielen dabei weniger eine Rolle, sondern eher die intrinsische Motivation, nachhaltige und regionale Lebensmittel zu kaufen. Auch die Wahrnehmung, ob ein Konzept wirklich innovativ erscheint, hat einen starken Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft. Start-ups im Agrarsektor sollten demnach in der Kommunikation sehr stark darauf achten, dass das Innovative ihres Produkts bzw. Produktionsprozesses deutlich wird. Auch sollte bei der Abschätzung des Marktpotentials für innovative Konzepte im Frischgemüsemarkt darauf geachtet werden, dass die zusätzliche Zahlungsbereitschaft für Frischgemüse nicht besonders hoch ist. Wenn eine Vermarktung über Online-Kanäle angestrebt wird, sollte bei der Kommunikation vor allem eine jüngere Zielgruppe angesprochen werden, da diese in der Studie die höchste Affinität dafür zeigte, Frischgemüse auch online einzukaufen.

Die Erkenntnisse der vorliegenden Studie können aufgrund einiger Limitationen nur als grobe Richtung interpretiert werden. Die Stichprobe war aufgrund der geringen Größe nicht repräsentativ für Deutschland, wie in Kapitel 4 erläutert wurde. Darüber hinaus birgt der Ansatz der relativen Zahlungsbereitschaft das Problem, dass die Teilnehmenden gedanklich einen individuellen „Grundpreis“ bei der Befragung ansetzen, der nicht einheitlich ist. In einer weiterführenden Studie könnten diese Aspekte aufgegriffen werden, indem z. B. Kaufexperimente mit einer deutschlandweit repräsentativen Stichprobe durchgeführt werden. Bei der Studie handelt es sich um eine Querschnittsuntersuchung, die den Status quo der Teilnehmenden festgehalten hat. Die meisten Teilnehmenden der Studie haben zumindest einen Teil der Konzepte das erste Mal während der Befragung kennengelernt. Eine weiterführende Studie sollte über einen gewissen Zeitraum mit wiederholten Befragungen geplant werden, um die gesamte „Customer Journey“ der Befragten nachvollziehen zu können.

Literaturverzeichnis

- Absatzwirtschaft (2015) Deutsche Absatzwirtschaft. Von <https://www.absatzwirtschaft.de/lebensmittel-online-einkaufen-ein-trend-der-sich-durchsetzt-45089/>. abgerufen am 10. Juni 2021.
- Allmann J F (27. August 2018) Manager Magazin: Agilität statt Hierarchie (Neue Führungskonzepte). <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/karriere/agilitaet-statt-hierarchie-neue-fuehrungskonzepte-a-1225109.html>
- VuMA, Arbeitsgemeinschaft Verbrauchs- und Medienanalyse (2018) Bevölkerung in Deutschland nach Häufigkeit des Essens von frischem Gemüse von 2013 bis 2017. Hamburg.
- Bettencourt L M und Lobo J (2016). Urban Scaling in Europe. Journal of The Royal Society Interface. <https://doi.org/10.1098/rsif.2016.0005>.
- Brettel M, Faaß K und Heinemann F (2007) Controlling für innovative junge Unternehmen. ZfCM : Zeitschrift für Controlling & Management. 3, S.52-66.
- Brundtland G (1987) Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. United Nations General Assembly document A/42/427. United Nations.
- BÖLW, Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (2018) Entwicklung der Umsätze mit Bio-Lebensmitteln in den Jahren 2000 bis 2017. Berlin.
- BMEL, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2019a) Deutschland, wie es isst - Der BMEL-Ernährungsreport 2019. Berlin.
- BMEL, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2019b) Statistik 2019. Pro-Kopf-Verbrauch von Gemüse nach Arten. <https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/GBT-0070004-2018.pdf>/ abgerufen am 10. Juni 2021.
- Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) (2011) Bundeszentrale für politische Bildung: Erwerbstätige nach Stellung im Beruf. <http://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/soziale-situation-in-deutschland/61698/erwerbstaetige-nach-stellung-im-beruf/> abgerufen am 10. Juni 2021.
- Bundeszentrale für politisches Bildung (bpb) (2011) Bundeszentrale für politisches Bildung: Einkommen privater Haushalte. <http://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/soziale-situation-in-deutschland/61754/einkommen-privater-haushalte/> abgerufen am 10. Juni 2021.
- CB Insights (2018) CB Insights. <https://www.cbinsights.com/research-unicorn-companies/> abgerufen am 10. Juni 2021.
- DGE, Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., Bonn (2012) Jetzt mit 5 am Tag in die Saison starten. DGE aktuell – Presseinformation.
- Dinda S (2004) Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. Ecological Economics, S. 431-455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- ESCAP (2015) Integrating the three dimensions of sustainable Development - A framework and tools. Environment and Development Division United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand.
- Europäische Kommission (2014) Action Plan for the future of Organic Production in the European Union. Brüssel.
- Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) (2017) Entwicklung der Umsätze mit Bio-Lebensmitteln weltweit in den Jahren 1999 bis 2016. Frick (Schweiz).

- Geschmackstage Deutschland e.V. (2015) Wie schmeckt die Region? Von Geschmackstage Deutschland e. V., Feuchtwangen: https://www.regionalbewegung.de/fileadmin/user_upload/bundes_treffen/Vortraege/Folder_GeschmackstageStudie-IT_final.pdf / abgerufen am 10. Juni 2021.
- Gracia A, de Magistris T und Nayga Jr R M (2012) Importance of Social Influence in Consumers' Willingness to Pay for Local Food: Are There Gender Differences? *Agribusiness*, an international journal, Vol.28, Issue 3, S. 261-271.
- Greene W H (2012) *Econometric analysis*. Boston u.a.: Pearson.
- Hemmerling U (2016) *Situationsbericht 2016/17: Trends und Fakten zur Landwirtschaft*. Berlin: Deutscher Bauernverband e.V.
- Kollmann T (2016) *E-Entrepreneurship - Grundlagen der Unternehmensgründung in der Digitalen Wirtschaft*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Kollmann T, Christoph S, Kensbock J, und Hensellek S (2016). *Deutscher StartUp Monitor 2016*. Berlin.
- KÖN, Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen (2018) Bio-Abokisten. <http://www.bio-abokisten.de/ergebniskarte-shops.html>/ abgerufen am 10. Juni 2021.
- Krystallis A und *Chryssochoidis* G (2005) Consumers' willingness to pay for organic food: Factors that affect it and variation per organic product type. *British Food Journal*, Vol. 107, Nr. 5, S. 320-343.
- Kuznets S S (1963) *Quantitative Aspects of the Economic Growth of Nations*. Chicago: University of Chicago.
- Maribus (2015) *World Ocean Review No. 4 - Sustainable Use of Our Oceans – Making Ideas Work*. . <https://worldoceanreview.com/en/wor-4/> abgerufen am 10. Juni 2021.
- Meyerding S (2016) *Employee and Consumer Related Aspects of Socially Sustainable Organizational and Business Development of Horticultural Enterprises in Germany*. Dissertation, Leibniz University Hannover.
- Nisbett R E und Wilson T D (1977) The halo effect: Evidence for unconscious alteration of judgments. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.35, Nr.4, S. 250-256.
- Pollmann B (2017) *Digitale Landwirtschaft: IT für Acker und Stall*. <https://biooekonomie.de/digitale-landwirtschaft-it-fuer-acker-und-stall/> abgerufen am 10. Juni 2021.
- PwC, PricewaterhouseCoopers International (2016) Rückverfolgbarkeit: Mehrheit der Verbraucher wünscht sich transparente Produkte. <https://www.pwc.de/de/pressemitteilungen/2016/rueckverfolgbarkeit-mehrheit-der-verbraucher-wuenscht-sich-transparente-produkte.html>/ abgerufen am 10. Juni 2021.
- Ripsas S, Tröger S (2015) 3. *Deutscher StartUp Monitor*. Berlin.
- Ruckelshausen A, Meyer-Aurich A, Borchard K, Hofacker C, Loy J-P, Schwerdtfeger R, Sundermeier H-H F und Theuvsen B (Hrsg.) (2018), 38. GIL-Jahrestagung, *Digitale Marktplätze und Plattformen*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.
- Schuldt J P, Schwarz N (2010) The “organic” path to obesity? Organic claims influence calorie. *Judgment and Decision Making*, Vol.5, Nr. 3, S. 144-150.
- Statistisches Bundesamt (2017a) *Bevölkerung - Einwohnerzahl in Deutschland nach Geschlecht von 1995 bis 2017*. Berlin.
- Statistisches Bundesamt (2017b) *Statistisches Bundesamt: Bevölkerung nach Altersgruppen*. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsst and/Tabellen/AltersgruppenFamilienstandZensus.html>/ abgerufen am 10. Juni 2021.

- Statistisches Bundesamt (2017c) Statistisches Bundesamt: Bevölkerung nach Bildungsabschluss in Deutschland. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/BildungForschungKultur/Bildungsstand/> abgerufen am 10. Juni 2021.
- Uhl G, Lindner N, Fließback K, Trautner P, Elger C, Weber B (2010) Organic labeling influences food-valuation and choice. *Neuroimage*. 53(1):215-220.
- Ureña F, Bernabéu R und Olmeda M (2008) Women, men and organic food: differences in their attitudes and willingness to pay. *International Journal of Consumer Studies*, 32(1) S. 18-26.
- Wallmüller E (2017) Praxiswissen Digitale Transformation: Den Wandel verstehen, Lösungen entwickeln, Wertschöpfung steigern. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
- Winker P (2017) Empirische Wirtschaftsforschung und Ökonometrie. Gießen: Springer-Verlag.
- Wüstenhagen C (22. März 2012) Was motiviert die Biokäufer? ZEIT.

Lohnt sich Insektenschutz im Gartenbau – Konsumpräferenzen am Beispiel von Äpfeln

MIRA LEHBERGER¹

Zusammenfassung

Intensive Landwirtschaft gilt als Mitverursacher des Rückgangs von Insektenarten und -biomasse weltweit. Um zu ermitteln, ob Verbraucher*innen Veränderungen im landwirtschaftlichen Verhalten zugunsten insektenfreundlicherer Produktionsprozesse honorieren, werden in dieser Studie Präferenzdaten bezüglich Apfelkonsum analysiert. Hierfür wurde eine Onlinebefragung mit deutschen Verbraucher*innen (n = 932) im September 2019 durchgeführt. Um die deutsche Bevölkerung so gut wie möglich abzubilden, wurde die Befragung nach Alter, Geschlecht, Wohnregion und Größe des Wohnorts quotiert. Die Ergebnisse zeigen, dass Verbraucher*innen Äpfel aus insektenfreundlicher Produktion bevorzugen. Verbraucher*innen präferieren vor allem Äpfel aus bienenfreundlichem Anbau und solche, bei denen keine Neonicotinoide zum Pflanzenschutz eingesetzt wurden. Es wurden mehrere verbale und grafische Nudges getestet. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass diese Nudges die Konsumpräferenzen für insektenfreundlich produzierte Äpfel nicht weiter erhöhen können.

Summary

Agricultural intensification processes, as well as agricultural pollution, are main factors in the threat of the extinction of numerous insect species. To identify whether consumers reward changes in farming behavior toward more insect-friendly production processes, this article analyzes choice-based conjoint data for apple consumption. A survey of German consumers (n = 932), using quotas for age, gender, income and region, was carried out in September 2019, and the results indicate that consumers favor apples from insect-friendly production systems. Consumers especially favor apples which were bee-friendly produced and where no neonicotinoids were used for plant protection. Several verbal and graphical nudges were tested, and the evidence suggests that these nudges cannot further increase consumer preferences for insect-friendly produced apple.

¹ Hochschule Geisenheim University, Institut für Frischproduktlogistik, Professur für Gartenbauökonomie,
E-Mail: mira.lehberger@hs-gm.de

1 Einleitung

Laut einer aktuellen Studie sind weltweit 40 % der Insektenarten vom Aussterben bedroht (Sánchez-Bayo und Wyckhuys, 2019). Für Deutschland berichten Hallmann et al. (2017) einen saisonalen Rückgang der Biomasse von Fluginsekten von 76 % und einen Rückgang im Hochsommer um 82 %, beobachtet in Naturschutzgebieten über einem Zeitraum von 27 Jahren. In Deutschland gewinnt das Thema immer mehr an gesellschaftlichem Interesse – wie das „erfolgreichste Volksbegehren in der Geschichte Bayerns“, das Volksbegehren „Artenvielfalt – Rettet die Bienen“ deutlich zeigt. Auch die o. g. Studie von Hallmann et al. (2017) wurde von großem medialen Echo überregionaler Zeitungen begleitet: „Ein ökologisches Armageddon“ (ZEIT Online, 2017) titelt die ZEIT Online, „Wir befinden uns in einem Albtraum“ (Müller-Jung, 2017) die FAZ, und „Dramatischer Insektenschwund in Deutschland“ (Baier, 2017) die Süddeutsche Zeitung. Insgesamt gerät vor allem die Landwirtschaft immer mehr in den Fokus der Kritik. Überdüngung der Flächen und der derzeitige Umgang mit Pflanzenschutzmittel sind nur zwei Beispiele, die immer wieder kritisiert werden. So veröffentlichte z. B. die Wissenschaftsakademie Leopoldina das Diskussionspapier „Der stumme Frühling – Zur Notwendigkeit eines umweltverträglichen Pflanzenschutzes“ (Schäffer et al., 2018), in dem die Wissenschaftler*innen dazu auffordern, lange akzeptierte Dogmen und Praktiken in der Wissenschaft und Praxis kritisch zu hinterfragen.

Aus verhaltensökonomischer Sicht lässt sich das Verhalten von Menschen im Allgemeinen und die Pflanzenschutzmaßnahmen von Gartenbauer*innen im Besonderen durch eine Vielzahl von extrinsischen und intrinsischen Faktoren erklären (Frey, 1997; Ostrom, 2005). Gegenwärtig bestehen extrinsische Anreize hauptsächlich in Form von Vorschriften und Verboten von Regierungen, Lebensmittelverarbeitenden Unternehmen und dem Einzelhandel. So sind Landwirt*innen und Gartenbauer*innen in der EU beispielsweise gesetzlich verpflichtet, Strategien des integrierten Pflanzenschutzes (IPM) zu verfolgen. Dementsprechend darf der Einsatz von Pestiziden nur in einem Umfang erfolgen, der ökonomisch und ökologisch gerechtfertigt ist, und nachhaltige, nicht-chemische Methoden müssen chemischen Methoden vorgezogen werden, wenn diese eine zufriedenstellende Schädlingsbekämpfung ermöglichen (Europäische Kommission, nicht datiert).

Vorschriften wie die IPM sind wichtige und wirksame Mittel zur Förderung der insektenfreundlichen (Nicht-)Anwendung von Pestiziden. Ein anderer vielversprechender Weg, um den Gartenbauer*innen Anreize zur Verhaltensänderung zu geben, könnte darin bestehen, die Produktion von Lebensmitteln zu belohnen, die aus insektenfreundlichen Verfahren stammen, z. B. in Form von erhöhten Preisen. Ob deutsche Verbraucher*innen Verhaltensänderungen von Produzent*innen jedoch tatsächlich belohnen und Lebensmittel aus insektenfreundlichen Produktionsverfahren bevorzugt kaufen würden, ist noch unklar. Forschung zu solchen Konsumpräferenzen ist spärlich und konzentriert sich hauptsächlich auf nordamerikanische Verbraucher*innen. Einige Studien finden Hinweise darauf, dass die Verbraucher*innen Produkte bevorzugen, die auf bestäuberfreundliche Weise hergestellt werden (Breeze et al., 2015; Getter et al., 2016; Mwebaze, 2010). Ergebnisse von Grygorczyk et al. (2013) legen nahe, dass eine Erhöhung des Bewusstseins dafür, dass Produkte unter Verwendung von Nützlingen hergestellt wurden, eine effektive Marketingstrategie für Tomaten

und Chrysanthemen in Kanada sein kann. Ergebnisse von Wollaeger et al. (2015) weisen auch darauf hin, dass das Ausweisen von Produkten als „neonicotinoidfrei“, „bienenfreundlich“ oder „Verwendung von Nützlingen“ eine erfolgsversprechende Strategie für verschiedene Zierpflanzenkulturen in den USA sein kann.

Die verhaltensökonomische Forschung hat sich in den letzten Jahren zunehmend auf die Wirksamkeit von sogenannten „Nudges“ konzentriert (Lehner et al., 2016; Torma et al., 2018). Nach Thaler und Sunstein (2008: 6) verändert ein Nudge *„people's behavior in a predictable way without forbidding any options or significantly changing their economic incentives.“* Nudges werden als Option angesehen, ein gewünschtes Verhalten zu induzieren, ohne dabei auf regulatorische Maßnahmen zurückgreifen zu müssen (Peth et al., 2018). Während es eine Vielzahl von verschiedenen Nudges gibt, fasst Sunstein (2014) die zehn wichtigsten zusammen. Sie reichen von der Vereinfachung von Informationen, über die Verwendung von sozialen Normen bis hin zu Reminders. In der Literatur wird auch das Potenzial von Nudges hinsichtlich der Herbeiführung von nachhaltigerem Konsum betont, z. B. im Hinblick auf gesündere Lebensweisen (Arno und Thomas, 2016) oder energieeffizientem Verhalten (Newell und Siikamäki, 2014).

Auf Basis der vorgestellten Literatur wird zwei zentralen Fragenstellungen in diesem Beitrag nachgegangen:

- Beeinflussen Hinweise bezüglich des Insektenschutzes die Kaufpräferenz von Konsument*innen bei Äpfeln? Wenn ja, welche Schutzmaßnahmen werden präferiert?
- Kann durch verbale und visuelle Nudges die Kaufpräferenz erhöht werden?

Als Forschungsgegenstand wird der Apfel genutzt, da dieser mit Abstand das am meisten konsumierte Obst in Deutschland ist (BMEL, 2019). In 2017/2018 wurden im Durchschnitt 21,3 kg pro Person und Jahr verzehrt.

2 Daten und Methode

Zur Datenerhebung wurde eine Online-Studie mit deutschen Verbraucher*innen in Zusammenarbeit mit einem externen Panelanbieter im September 2019 durchgeführt. Die Befragten wurden durch eine kleine Teilnahmeprämie incentiviert. Um die deutsche Bevölkerung so gut wie möglich abzubilden, wurde die Befragung nach Alter, Geschlecht, Wohnregion und Größe des Wohnorts quotiert (siehe Tabelle 1). Nach Eliminierung von Straightlinern und Speedern blieben $n = 932$ von ursprünglich $n = 997$ Teilnehmenden² zur Datenanalyse über.

² Laut Panelanbieter ist es üblich, dass ca. 10 % der Datensätze aufgrund mangelnder Qualität nicht zur Analyse herangezogen werden.

Tabelle 1: Übersicht der Stichprobe (n = 932)

	Spezifizierung	Häufigkeit	Prozent (%)	Deutsche Haushalte in 2018 (%)
Alter ⁺ *	18 - 29	170	18,2	19,3
	30 - 39	150	16,1	17,8
	40 - 49	164	17,6	17,4
	50 - 59	219	23,5	22,5
	> 60	229	24,6	23,2
Geschlecht**	Weiblich	480	51,5	50,7
	Männlich	452	49,5	49,3
Region***	Neue BL	193	20,7	20,6
	Alte BL	739	79,3	79,4
Größe Wohnort***	Ländlich (< 20.000)	349	37,4	37,9
	Städtisch (> 20.000)	583	62,6	62,1
Netto Haushalts- einkommen***	0 - 1.500 €	152	16,3	16,5
	1.501 - 3.000 €	352	37,8	36,3
	3.001 - 4.500 €	265	28,4	28,9
	> 4.500€	163	17,5	18,3

Anm.: +ohne Menschen unter 18 Jahren

Quellen: *Statistisches Bundesamt (2019a); **Statistisches Bundesamt (2019b); ***Best for Planning (2019).

Der Fragebogen bestand aus fünf zentralen Elementen. Zunächst wurden sozio-demographische Daten der Teilnehmenden erfasst. Dann wurden die Teilnehmenden per Zufall in vier Experimentaltgruppen eingeteilt, die dann geringfügig verschiedene Choice-Based Conjoint Analysen ausfüllen mussten. Der Versuchsaufbau wird unten im Detail erläutert. Im dritten Teil der Befragung wurde das Interesse, das subjektive Wissen und die Risikoeinstellung von Teilnehmenden bzgl. landwirtschaftlicher Praktiken erfragt. Viertens sollten die Befragten einen kleinen Test zu Pflanzenschutzmaßnahmen ausfüllen. Zum Abschluss des Fragebogens haben die Teilnehmenden noch Instrumente zur Erfassung der Persönlichkeitsmerkmale (Big Five) und des sozial erwünschten Antwortverhaltens ausgefüllt.

Nicht alle Ergebnisse dieser umfangreichen Befragung werden im Folgenden besprochen. Der Aufbau des Versuchs, der für diesen Beitrag relevant ist, sah wie folgt aus: Im zweiten Teil des Fragebogens wurden mittels Choice-Based Conjoint Analysen die Kaufpräferenzen bezüglich folgender Hinweise über das Attribut „Insektenschutz“ bei Äpfeln ermittelt: „bienenfreundlicher Anbau“, „Pflanzenschutz durch Nützlinge“ und „Anbau ohne Neonicotinoide“ (im Vergleich zu keinem Hinweis). Um eine realistische Konsumententscheidung zu simulieren, wurden die weiteren Attribute „Preis“, „Herkunft“ und „Bio-Label“ hinzugefügt (siehe Tabelle 2). In Deutschland sind diese Informationen bei realen Konsumententscheidungen bzgl. Äpfeln immer verfügbar. Die Attributausprägungen

für den Preis wurden auf der Grundlage von Marktrecherchen in mehreren Verkaufsstellen in den Wochen vor der Datenerhebung ausgewählt. Die Attributausprägungen für die Herkunft basieren auf den Importmengen von Äpfeln nach Deutschland nach Ländern im Jahr 2018. Italien und die Niederlande sind mengenmäßig die beiden größten Exporteure nach Deutschland, während Neuseeland insgesamt der viertgrößte Exporteur ist, aber der größte nicht-EU-Exporteur (Statistisches Bundesamt, 2019c). Den Teilnehmer*innen wurde keine Definition oder Erklärung zu Pflanzenschutzmethoden (o. ä.) und deren Wirkung auf Insekten gegeben. Eine „kein-Kauf“-Option wurde in jedes Auswahlset integriert, um Zwangsentscheidungen zu vermeiden.

Tabelle 2: Choice-Based Conjointattribute und ihre Ausprägungen

Attribute	Ausprägungen
Insektenschutz	Bienenfreundlicher Anbau Pflanzenschutz durch Nützlinge Anbau ohne Neonicotinoide Kein weiterer Hinweis
Preis	1,49 €, 1,99 €, 2,49 €, 2,99 €
Herkunft	Deutschland Italien Niederlande Neuseeland
Bio-Label	Nein EU und deutsche Label

Quelle: Eigene Darstellung.

Das Experiment wurde so aufgebaut, dass zusätzlich zu den einfachen Hinweisen auf die o. g. Produktionsmethoden der Effekt von drei verschiedenen Nudges getestet wurde. Hierfür wurden die Studienteilnehmenden per Zufall in vier Gruppen zu je ca. $n = 250$ eingeteilt, und diese führten geringfügig unterschiedliche Choice-Based Conjoint Analysen durch. Gruppe 1 sah lediglich einen verbalen Hinweis auf die o. g. Ausprägungen des Attributes „Insektenschutz“. Gruppe 2 erhielt zusätzlich einen visuellen Nudge in Form von selbstgestalteten Labels. Bei den Gruppen 3 und 4 wurde die zusätzliche Effektivität von zwei verbalen Nudges in Form von einem Verweis entweder auf (i) Ausführungsabsichten oder (ii) soziale Normen getestet (Sunstein, 2014). Tabelle 3 zeigt beispielhaft die verschiedenen Ausgestaltungen der Attributausprägungen in den vier Gruppen anhand der Ausprägung „Pflanzenschutz durch Nützlinge“.

Die Choice-Based Conjoint Analyse ist eine weit verbreitete Methode zur Erhebung von Konsumpräferenzen im Lebensmittelmarketing (z. B. Arboretti Giancristofaro und Bordignon, 2016). Die Hauptannahme des Ansatzes ist, dass die Verbraucher*innen aus bestimmten Produkteigenschaften (Attribute) und deren Ausprägungen Nutzen ziehen, und nicht aus einem Produkt selbst.

In Übereinstimmung mit ökonomischer Standardtheorie wird angenommen, dass Verbraucher*innen das Produkt wählen, welches ihren Nutzen maximiert (Rao, 2014). Die Analyse kann als ein Zerlegungsprozess verstanden werden, bei dem ein Produkt zunächst vollständig vom Studienteilnehmenden beurteilt wird und die Analyse für jede Attributausprägung sogenannte Teilnutzenwerte (part-worth utilities) ableitet (Green und Srinivasan, 1990; Backhaus et al., 2011). Zusätzlich gibt die errechnete durchschnittliche Wichtigkeit (mean importance value) Aufschluss über die relative Bedeutung der einzelnen Attribute für die Gesamtentscheidung. Die Choice-Based Conjoint Analysen werden mit der Statistiksoftware Lighthouse Studio 9.7.2 von Sawtooth Software durchgeführt. Die Daten werden mit dem Hierarchical Bayes (HB)-Schätzungsansatz unter Verwendung eines Monte-Carlo-Markov-Chain-Algorithmus analysiert. Die durchschnittliche „root likelihood“ (Fit-Statistik) reicht von 0,612 bis 0,641. Das durchschnittliche „percent certainty measure“ (McFaddens rho-squared) liegt zwischen 0,663 und 0,685, was auf einen sehr guten Fit der Daten hinweist.

Für die hier nachgegangenen zwei zentralen Forschungsfragen bietet die Verwendung von Choice-Based Conjoint Analysen zwei zentrale methodische Vorteile: Erstens bieten die Analysen die Möglichkeit, eine relativ realistische Einkaufssituation abzubilden und zwar im Hinblick darauf, dass Konsument*innen Kaufentscheidungen zwischen Produkten mit unterschiedlichen Attributausprägungen tätigen müssen. Zweitens, die Ergebnisse bzgl. der durchschnittlichen Wichtigkeit der Attribute für die Kaufentscheidung können direkt genutzt werden, um herauszufinden, welcher Nudge am effektivsten hinsichtlich seiner Auswirkung auf die Kaufentscheidung in dieser Studie ist (Tabelle 3).

Tabelle 3: Beispiel der Nudges bei der Ausprägung „Pflanzenschutz durch Nützlinge“

	Designs der Ausprägung „Pflanzenschutz durch Nützlinge“	Nudge
Gruppe 1	Pflanzenschutz durch Nützlinge	Kein Nudge
Gruppe 2		Graphisches Label
Gruppe 3		Graphisches Label + Verweis auf soziale Norm nach Sunstein (2014)
Gruppe 4		Graphisches Label + Verweis auf Ausführungsabsicht nach Sunstein (2014)

Quelle: Eigene Darstellung.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Beeinflussen Hinweise bezüglich des Insektenschutzes die Kaufpräferenz von Konsument*innen bei Äpfeln? Wenn ja, welche Schutzmaßnahmen werden präferiert?

Die Ergebnisse der Choice-Based Conjoint Analysen (vgl. Tabelle 4) zeigen, dass die Herkunft in allen vier Gruppen das wichtigste Attribut ist. Die Teilnutzenwerte zeigen, dass die Verbraucher*innen Äpfel aus Deutschland bevorzugen. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit vielen anderen Studien in der Verbraucherforschung, die darauf hindeuten, dass die Verbraucher*innen Lebensmittel bevorzugen, die kürzere Wege zurücklegen (für einen Überblick über die Wahrnehmung und Präferenzen von Verbraucher*innen für regionale Lebensmittel siehe Feldmann und Hamm (2015)). Der Preis ist in allen vier Gruppen das zweitwichtigste Attribut. In Übereinstimmung mit theoretischen Vermutungen sowie früheren empirischen Erkenntnissen (z. B. Meyerding et al., 2019) bevorzugen Verbraucher*innen billigere Produkte gegenüber teureren.

Was das Attribut „Insektenschutz“ betrifft, so ist es in allen vier Gruppen das drittwichtigste Attribut. Seine durchschnittliche Wichtigkeit liegt zwischen 15,83 % und 18,23 %. Die Attributausprägung, bei der kein weiterer Hinweis zu Insektenschutzmaßnahmen dargestellt wurde, hat in allen

Gruppen den geringsten Teilnutzenwert. Dies deutet darauf hin, dass die Verbraucher*innen alle vorgestellten Insektenschutzmaßnahmen gegenüber dem Verzicht auf solche Maßnahmen bevorzugen. Die Teilnutzenwerte in den Gruppen zeigen ferner, dass zwei Gruppen den Hinweis „bienenfreundlicher Anbau“ und zwei Gruppen den Hinweis „Anbau ohne Neonikotinoide“ bevorzugen (Tabelle 4). Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit denen von Wollaeger et al. (2015), die feststellen, dass Verbraucher*innen vor allem die Bienenfreundlichkeit der Pflanzenschutzmaßnahmen bei Zierpflanzen positiv bewerten, aber auch die Verwendung von Nützlingen.

Die durchschnittliche Wichtigkeit der biologischen Produktion ist in allen vier Gruppen im Vergleich zu den anderen Attributen am niedrigsten und liegt zwischen 9,98 % und 11,99 % (Tabelle 4). Diese Werte sind ähnlich der Ergebnisse aktueller Conjoint Analysen für andere gartenbauliche Produkte in Deutschland (z. B. Meyerding et al., 2019).

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse darauf hin, dass Verbraucher*innen tatsächlich Äpfel aus insektenfreundlichen Produktionsverfahren bevorzugen, wobei „bienenfreundlicher Anbau“ und „Anbau ohne Neonikotinoide“ die bevorzugten Attributausprägungen sind.

Tabelle 4: Choice-Based Conjoint Ergebnisse der vier Gruppen

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Insektenschutz				
<i>Wichtigkeit (%)</i>	18,23	16,97	16,54	15,83
Bienenfreundlicher Anbau	28,43	-10,22	20,90	15,86
Pflanzenschutz durch Nützlinge	2,13	18,34	-6,97	-3,94
Anbau ohne Neonikotinoide	-8,47	20,50	18,26	18,48
Kein weiterer Hinweis	-22,09	-28,62	-32,19	-30,40
Preis				
<i>Wichtigkeit (%)</i>	28,48	27,07	32,06	31,22
1,49 €	46,46	47,14	59,94	50,01
1,99 €	22,46	17,24	22,48	29,69
2,49 €	-19,22	-16,89	-29,94	-24,66
2,99 €	-49,70	-47,49	-52,49	-55,04
Herkunft				
<i>Wichtigkeit (%)</i>	41,30	45,06	40,95	42,97
Deutschland	90,81	102,48	92,22	91,30
Italien	-20,58	-16,36	-13,81	-6,21
Niederlande	-8,65	-21,47	-15,44	-10,31
Neuseeland	-61,57	-64,66	-62,96	-74,77
Bio-Label				
<i>Wichtigkeit (%)</i>	11,99	10,90	10,45	9,98
Nein	-18,78	-16,24	-14,33	-15,99
Ja	18,78	16,23	14,33	15,99
n	249,00	229,00	232,00	222,00

Quelle: Eigene Darstellung; Durchschnittliche Teilnutzenwerte und durchschnittliche Wichtigkeit der Attribute.

3.2 Kann durch verbale und visuelle Nudges die Kaufpräferenz erhöht werden?

Um diese Frage zu beantworten, vergleichen wir die durchschnittliche Wichtigkeit des Attributs „Insektenschutz“ in allen vier Gruppen: Die höchste durchschnittliche Wichtigkeit ist in Gruppe 1 (kein Nudge) zu verzeichnen, hier liegt sie bei 18,23 %. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die hier betrachteten Nudges für die Gruppen 2 bis 4 die durchschnittliche Wichtigkeit des Attributs

nicht erhöhen konnten.³ Um zu beurteilen, ob die Nudges die durchschnittliche Wichtigkeit signifikant *verringern* (entgegen der ursprünglichen Annahme), werden die Unterschiede in den Mittelwerten der vier Gruppen getestet. Die Homogenität der Varianzen wurde mit Hilfe des Levene-Tests festgestellt. Dieser zeigte, dass nicht von gleichen Varianzen ausgegangen werden kann ($p = .026$). Nach dem Welch's $F(3, 510.077) = 1,879$, $p = .132$ gab es keinen statistisch signifikanten Unterschied in der durchschnittlichen Wichtigkeit des Attributs „Insektenschutz“ in den vier Gruppen.

Insgesamt deuten die Ergebnisse also darauf hin, dass die in den Choice Conjoint Analysen enthaltenen Nudges keinen substantiellen oder signifikanten Einfluss auf die durchschnittliche Wichtigkeit des Attributs „Insektenschutz“ hatten. Das Ergebnis ist überraschend, da viele empirische Studien darauf hindeuten, dass geeignete Nudges das Verhalten wesentlich beeinflussen können (Sunstein, 2014). Ein Erklärungsansatz für die Ereignisse hier ist, dass die Nudges in dieser Studie in ein Label integriert wurden. Frühere Studien zeigen jedoch, dass Verbraucher*innen ein begrenztes Bewusstsein und Wissen über die bestehenden Nachhaltigkeitslabels haben (Grunert et al., 2014). Daher waren die Teilnehmenden hier möglicherweise nicht in der Lage, die Informationen richtig zu bewerten bzw. zu berücksichtigen.

4 Fazit

Die zentralen Ziele dieser Studie waren, den Einfluss von Hinweisen zum Insektenschutz und verschiedener Nudges auf die Kaufpräferenz von Verbraucher*innen beim Apfelkauf herauszufinden. Hierfür wurden Daten von $n = 932$ deutschen Verbraucher*innen analysiert. Hinsichtlich der ersten Fragen deuten die Ergebnisse der Studie darauf hin, dass Verbraucher*innen Äpfel aus insektenfreundlichen Produktionsverfahren bevorzugen. Die Ergebnisse aus den Conjoint Analysen zeigen, dass das Attribut „Insektenschutz“ für die Wahl der Verbraucher*innen wichtiger ist, als die biologische Produktion. Bezüglich der Frage, welche Art von Insektenschutz die Teilnehmenden bevorzugen, legen die Ergebnisse nahe, dass sowohl „bienenfreundlich“ als auch „Anbau ohne Neonikotinoide“ gleichermaßen bevorzugt werden. Produzent*innen und der Handel in Deutschland informieren Verbraucher*innen bisher nur vereinzelt über die Durchführung und/oder über die Vorteile von verschiedenen Pflanzenschutzmaßnahmen. Beispielsweise ist der Einsatz von Nützlingen in der deutschen Gartenbauproduktion, insbesondere im geschützten Anbau, bereits ziemlich verbreitet (Koch et al., 2019), jedoch wenig bei Verbraucher*innen bekannt (Lehberger und Becker, 2021).

³ Um den Einfluss von sozial erwünschtem Antwortverhalten einschätzen zu können, wurde die Korrelation zwischen den Conjoint Ergebnissen und der „Kurzsкала Soziale Erwünschtheit-Gamma“ von Kemper et al. (2012) errechnet. Insgesamt sind die Korrelationen zwischen der Kurzsкала und der durchschnittlichen Wichtigkeit des Attributs „Insektenschutz“ sowie den jeweiligen Teilnutzenwerten in allen vier Gruppen als eher gering einzuschätzen (Pearson's $r < 0,3$). Allerdings sind einige statistisch signifikante Korrelationskoeffizienten ähnlich hoch, wie wenn die Teilnehmenden direkt gefragt werden, wie wichtig ihnen verschiedene Aspekte beim Kauf eines Apfels sind. Die Ergebnisse weisen deswegen auch darauf hin, dass Choice-Based Conjoint Analysen nicht völlig frei von Verzerrungen aufgrund von sozial erwünschtem Antwortverhalten sind.

Eine Schlussfolgerung aus der Studie ist, dass Informationen über insektenfreundliche Pflanzenschutzmaßnahmen, für Gartenbauproduzent*innen eine erfolgsversprechende Marketingstrategie sein kann. Ein interessanter Ansatz für weitere Forschung könnte darin bestehen, die Zahlungsbereitschaften von Verbraucher*innen für bienenfreundlich produzierte oder durch Nützlinge geschützte Produkte bei unterschiedlichen Produkten zu ermitteln.

Was die zweite Frage betrifft, so liefert die Studie erste Hinweise, dass die hier getesteten grafischen und verbalen Nudges, die Präferenzen der Verbraucher*innen für insektenfreundlich produzierte Äpfel nicht positiv beeinflussen können. Dieses Ergebnis steht im Kontrast zu früheren Ergebnissen zur Wirksamkeit von Nudges (Sunstein, 2014) und signalisiert deswegen einen besonderen Bedarf an weiterer Forschung in diesem Bereich.

Insgesamt sehen sich die Ergebnisse der Studie mit einigen eher typischen Einschränkungen der Verbraucherbefragung konfrontiert. Erstens, obwohl für die Befragung eine Reihe von Quoten verwendet wurde, kann diese nicht als repräsentativ angesehen werden. Dementsprechend kann kein Anspruch auf Verallgemeinerbarkeit erhoben werden. Zweitens müssen die hier vorgestellten Ergebnisse als geäußerte Präferenzen angesehen werden. Es bleibt fraglich, ob sich die hier ermittelten Konsumpräferenzen auch in Konsumverhalten am Point of Sale ausdrücken würden.

Literaturverzeichnis

- Arboretti Giancristofaro, R. und Bordignon, P. (2016): Consumer preferences in food packaging: CUB models and conjoint analysis. *British Food Journal* 118(3): 527-540
- Arno, A. und Thomas, S. (2016): The efficacy of nudge theory strategies in influencing adult dietary behaviour: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health* 16: 676
- Backhaus, K., Erichson, B. und Weiber, R. (2011): Fortgeschrittene multivariate Analysemethoden: eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin: Springer-Verlag
- Baier, T. (2017): Dramatischer Insektenschwund in Deutschland. Süddeutsch Online vom 18. Oktober 2017. <https://www.sueddeutsche.de/wissen/insektensterben-dramatischer-insektenschwund-in-deutschland-1.3713567> Stand:12.10.2019
- Best for Planning (2019): <https://gik.media/best-4-planning/> Stand 01.09.2019
- Breeze, T.D., Bailey, A.P. Potts, S.G. und Balcombe, K.G. (2015): A stated preference valuation of the non-market benefits of pollination services in the UK. *Ecological Economics* 111: 76-85
- BMEL, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, (2019): Pro-Kopf-Verbrauch von Obst nach Arten – ohne Zitrusfrüchte. <https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/GBT-0070002-2018.pdf> Stand 12.10.2019
- Europäische Kommission (ohne Datum): Integrated Pest Management (IPM). https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/sustainable_use_pesticides/ipm_en Stand 08.12.2019
- Feldmann, C. und Hamm, U. (2015): Consumers' perceptions and preferences for local food: A review. *Food Quality and Preference* 40(A): 152-164. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.09.014>
- Frey, B.S. (1997): Not just for the money. An economic theory of personal motivation. Cheltenham, MA: Edward Elgar
- Getter, K.L., Behe, B.K. und Wollaeger, H.M. (2016): Comparative Consumer Perspectives on Eco-friendly and Insect Management Practices on Floriculture Crops. *HortScience* 26(1): 46–53
- Green, P. E. und Srinivasan, V. (1990): Conjoint analysis in marketing: New developments with implications for research and practice. *Journal of Marketing* 54(4): 3-19
- Grunert, K.G., Hieke, S. und Wills, J. (2014): Sustainability labels on food products: Consumer motivation, understanding and use. *Food Policy* 44: 177-189. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.12.001>
- Grygorczyk, A., Turecek, J. und Lesschaeve, I. (2013): Consumer preferences for alternative pest management practices used during production of an edible and a non-edible greenhouse crop. *Journal of Pest Science* 87(2): 249–258
- Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörren, T., Goulson, D. und de Kroon, H. (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE* 12(10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Kemper, C.J., Beierlein, C., Bensch, D., Kovaleva, A. und Rammstedt, B. (2012): Eine Kurzskala zur Erfassung des Gamma-Faktors sozial erwünschten Antwortverhaltens: Die Kurzskala Soziale Erwünschtheit-Gamma (KSE-G). Working Paper 25. Mannheim: Gesis – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

- Koch, E., Herz, A., Kleespies, R.G., Schmitt, A., Stephan, D., und Jehle, J.A. (2019): Statusbericht Biologischer Pflanzenschutz 2018. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 203. Braunschweig: Julius Kühn-Institut
- Lehberger, M. und Becker, C. (2021): Plant protection practices: how do risk perception, subjective and objective knowledge influence the preference of German consumers. *British Food Journal* 123(4): 1465-1477.
- Lehner, M., Mont, O. und Heiskanen, E. (2016): Nudging – A promising tool for sustainable consumption behaviour? *Journal of Cleaner Production* Volume 134 (Part A): 166-177
- Mwebaze, P., Marris, G.C., Budge, G.E., Brown, M., Potts, S.G., Breeze, T.D. und Macleod, A. (2010): Quantifying the value of ecosystem services: A case study of honeybee population in the UK. 12th Annual BIOECON Conference 'From the Wealth of Nations to the Wealth of Nature: Rethinking Economic Growth' Venice Italy
- Meyerding, S.G.H., Trajer, N. und Lehberger, M. (2019): What is local food? The case of consumer preferences for local food labeling of tomatoes in Germany. *Journal of Cleaner Production* 207: 30-43
- Müller-Jung (2017): Wir befinden uns mitten in einem Albtraum. FAZ Online vom 18. Oktober 2017. <https://www.faz.net/aktuell/wissen/leben-gene/insektensterben-75-prozent-weniger-insekten-in-deutschland-15250672.html> Stand 04.02.2020
- Newell, R. G. und Siikamäki, J. (2014): Nudging Energy Efficiency Behavior: The Role of Information Labels.” *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 1 (4): 555–598
- Ostrom, E. (2005): Understanding institutional diversity. Princeton, NJ: Princeton University Press
- Peth, D., Mußhoff, O., Funke, K. und Hirschauer, N. (2018): Nudging Farmers to Comply with Water Protection Rules – Experimental Evidence from Germany. *Ecological Economics* 152: 310-321
- Rao, V.R. (2014): Applied Conjoint Analysis. Berlin und Heidelberg: Springer
- Sánchez-Bayo, F. und Wyckhuys, K.A.G. (2019): Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation* 232: 8-27
- Schäffer, A., Filser, J., Frische, T., Gessner, M., Köck, W., Kratz, W., Liess, M., Nuppenau, E.-A., Roß-Nickoll, M., Schäfer, R. und Scheringer, M. (2018): Der stumme Frühling – Zur Notwendigkeit eines umweltverträglichen Pflanzenschutzes. Diskussion Nr. 16. Halle(Saale): Leopoldina Nationale Akademie der Wissenschaften
- Statistisches Bundesamt (2019a): Bevölkerung: Deutschland, Stichtag, Altersjahre (Code „12411-0005“). <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> Stand 12.10.2019
- Statistisches Bundesamt (2019b): Bevölkerung: Deutschland, Stichtag, Geschlecht (Code „12411-0003“). <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> Stand 12.10.2019
- Statistisches Bundesamt (2019c): Einfuhren von Tafeläpfeln nach Deutschland nach Ländern in Tonnen in Euro 2018 (vorläufig). <https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/GBT-0060092-2018.pdf> Stand 12.10.2019
- Sunstein, C. R. (2014): Nudging: A Very Short Guide. *Journal of Consumer Policy* 37(4): 583 – 588. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2499658>
- Thaler, R.H. und Sunstein, C.R. (2008): Nudge: Improving decisions about health, wealth and happiness, London: Penguin.

- Torma, G., Aschemann-Witzel, J. und Thøgersen, J. (2018): I nudge myself: Exploring 'self-nudging' strategies to drive sustainable consumption behavior. *International Journal of Consumer Studies* 42(1): 141-154
- Wollaeger, H.M., Getter, K.L. und Behe, B.K. (2015): Consumer Preferences for Traditional, Neonicotinoid-free, Bee-friendly, or Biological Control Pest Management Practices on Floriculture Crops. *Hort-Science* (5): 721–732
- ZEIT Online, ohne Autor, (2018): Ein ökologisches Armageddon. ZEIT Online vom 18. Oktober 2017. <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2017-10/insektensterben-fluginsekten-gesamtmasse-rueckgang-studie> Stand 04.02.2020

Indikatoren für die Kaufabsicht von Fairtrade-Rosen bei unterschiedlichen Konsumentengruppen

DANIEL BERKI-KISS¹, KLAUS MENRAD¹

Zusammenfassung

Nachhaltiger Konsum wird auf nationaler und internationaler Ebene, auch für private Verbraucher von Zierpflanzen, immer relevanter. In einer Vorstudie konnten, aufgrund heterogener Präferenzen hinsichtlich gewisser Kaufattribute, wie Zertifizierung, Verpackung und Qualitätsmerkmale, drei Konsumierendengruppen aus insgesamt 1.201 Blumenkäufer*innen identifiziert werden. Die vorliegende Studie untersucht weiterführend kognitive und affektive Einflussfaktoren für die Kaufabsicht von Fairtrade-Schnittrosen. Hierfür wurde eine erweiterte Form der Theory of Planned Behavior (TPB) als theoretisches Grundgerüst verwendet. Durch Anwendung einer Strukturgleichungsmodellierung (PLS-SEM) mittels der Software SmartPLS konnte der Einfluss mehrerer unabhängiger Variablen auf die Kaufabsicht empirisch und auf die vordefinierten Konsumierendengruppen gegliedert untersucht werden. Den Ergebnissen zufolge erscheint die Erweiterung des TPB-Modells mit zwei psychografischen Variablen hinsichtlich des Kaufs von Fairtrade-Rosen erfolgreich. Der Einfluss aller Konstrukte auf die Kaufabsicht erweist sich als signifikant und auf Segmentebene sind Unterschiede zwischen den Pfadkoeffizienten der Einflussfaktoren zu erkennen.

Summary

The relevance of sustainable consumption in the private sector is growing and becoming a mainstream approach on a national and international level. An example for this is the German ornamental plants market. Three different consumer segments were identified in a pre-study, based on heterogeneous preferences of 1,201 German flower purchasers regarding relevant product attributes like certification, packaging or quality. The study on hand contributes to previous findings by identifying personal influencing factors on a cognitive and affective level. An augmented version of the Theory of Planned Behavior (TPB) constitutes the main theoretical framework. A structural equation analyses (PLS-SEM) using the software SmartPLS facilitates the empirical exploration of the cause effect correlation between the conceptual variables, while differentiating between the three identified consumer segments. According to our results, extending the TPB-model with two

¹ Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, TUM Campus Straubing für Biotechnologie und Nachhaltigkeit, Fachgebiet für Marketing and Management Nachwachsender Rohstoffe, E-Mail: daniel.berki-kiss@hswt.de

psychographic variables seems successful in the context of purchasing Fairtrade roses. The influence of all constructs indicates a significant effect on behavioral intention, and we also find differences regarding different consumer segments.

1 Einleitung

Die zunehmende Relevanz von nachhaltigem Konsum in Deutschland zeigt sich auf verschiedenen Ebenen. Einerseits wurde dieser Aspekt als eines der 17 Klimaziele im Jahr 2015 beim Pariser Klimagipfel verabschiedet und in das nationale Programm des BMU aufgenommen (Becker, 2017; BMU, 2019), andererseits wird dieser Aspekt auch bei privaten Konsumierenden immer wichtiger. Der demographische und wirtschaftliche Wandel verlangt nach neuen Handelsstrategien, der Unterstützung von Entwicklungsländern und einem wachsenden Umweltbewusstsein (Becker, 2017). Eine Statista-Umfrage aus dem Jahr 2017 (Statista, 2017) zeigt an, dass 60,0 % der Befragten Nachhaltigkeit bei ihrem Einkauf als wichtig empfinden. Durch Informations- und Kommunikationsmaßnahmen kann das Bewusstsein der Verbrauchenden für soziale, ökologische und wirtschaftliche Aspekte weiter erhöht werden (Hanss und Böhm, 2013). Für den Handel wäre es von Vorteil zu wissen, mit welchen Drehschrauben sie Konsumierende zum Kauf von nachhaltig zertifizierten Produkten motivieren können.

Auch bei Zierpflanzen etablieren sich verschiedene Nachhaltigkeitsstandards und immer neue Zertifizierungen (Dressler, 2017), was eine Unterscheidung zwischen beispielsweise regionalem, grünem oder ethischem Konsum schafft und somit zur Individualisierung der Produkte beiträgt (Becker, 2017). Rosen haben schon seit Jahren den größten Anteil am Umsatz auf dem deutschen Zierpflanzenmarkt. Daher kann der Wandel in Richtung nachhaltigen Konsums durch die zunehmenden Verkaufszahlen von Fairtrade-Schnittrosen im Lebensmitteleinzelhandel (LEH) verdeutlicht werden (Transfair e. V., 2017, 2018). Durch die Förderung der Produzenten in Entwicklungsländern und Einhaltung gewisser Umweltstandards repräsentiert das Fairtrade-Label soziale und ökologische Nachhaltigkeitsaspekte. Frühere Untersuchungen zeigen zudem, dass auch beim Kauf von Schnittblumen von heterogenen Verbraucherpräferenzen auszugehen ist (Berki-Kiss und Menrad, 2019; Rihn et al., 2016; Rombach et al., 2018a, b). Damit können Konsumierende auch in verschiedene Segmente eingeteilt werden. In einer auf einem Choice-Experiment beruhenden Untersuchung von Käufer*innen von Schnittrosen haben Berki-Kiss und Menrad (2019) drei Konsumentengruppen mit unterschiedlichen Vorlieben identifiziert, die als Bio-Enthusiasten, Preisjäger und Fairtrade-Befürworter bezeichnet wurden. Es ist davon auszugehen, dass diese Konsumierendengruppen hinsichtlich ihrer Kaufabsicht wahrscheinlich von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden.

Auf Basis dieser Erkenntnisse untersucht die vorliegende Studie weiterführend, welche potenziellen Motivationsfaktoren auf kognitiver und affektiver Ebene die Kaufabsicht von deutschen Blumenkäufer*innen beeinflussen. Als theoretisches Grundgerüst hierfür wird das im Rahmen der Sozialwissenschaften weit verbreitete Modell der Theory of Planned Behavior (TPB) von Ajzen (1985, 1991) herangezogen. Dieses dient zum besseren Verstehen des menschlichen Verhaltens in

Situationen, in denen bewusste Entscheidungen gefragt sind und kann flexibel durch weitere als relevant identifizierte Faktoren ergänzt werden.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, Aufschluss zu geben über:

- (1) die Anwendbarkeit des erweiterten TPB-Modells hinsichtlich Fairtrade zertifizierten Schnittrosen,
- (2) die kognitiven und affektiven Faktoren, die den Kauf von Fairtrade-Schnittrosen beeinflussen und
- (3) den Einfluss der Faktoren in den drei unterschiedlichen Verbrauchersegmenten.

2 Theorie und Methoden

Dieses Kapitel befasst sich mit der Methode, auf der unsere aktuelle Studie aufbaut und beschreibt die erweiterte Form des Theory of Planned Behavior Modells, das als theoretisches Grundgerüst gewählt wurde. Es wird erläutert, wie die Variablen operationalisiert, die Daten erhoben und analysiert wurden.

2.1 Theoretischer Hintergrund und Modell

Zur Erstellung eines entsprechenden Fragebogens wurden die ursprünglichen Variablen der Theory of Planned Behavior (Ajzen, 1985, 1991) verwendet. Laut TPB ergibt die gemeinsame Wirkung von Einstellung gegenüber dem Verhalten (Attitude), subjektiver Norm (Subjective Norm) und Verhaltenssteuerung (Behavioral Control) die Verhaltensabsicht (Behavioral Intention). Zusätzlich ist die Erweiterung des TPB-Modells mit plausiblen Konstrukten nicht ausgeschlossen (Ajzen, 1991). Daher wurde der Einfluss von zwei zusätzlichen Variablen untersucht, in Ergänzung der von Berki-Kiss und Menrad (2019) identifizierten Konsumentengruppen Bio-Enthusiasten, Preisjäger und Fairtrade-Befürworter. Das erweiterte Modell besteht somit aus insgesamt sechs Konstrukten und untersucht die gemeinsame Wirkung von fünf unabhängigen Faktoren auf die abhängige Verhaltensabsicht Fairtrade-Rosen zu kaufen.

Das Konstrukt Einstellung bezieht sich auf die Meinung der Konsumierenden hinsichtlich des Kaufs von Fairtrade-Rosen im Allgemeinen. Unter subjektiver Norm wird der Einfluss von wichtigen Mitmenschen auf die Kaufentscheidung verstanden. Verhaltenssteuerung spiegelt die Selbständigkeit der Entscheidung bzw. die Kontrolle über das Verhalten wider. Emotionen (Emotions) haben laut Häusel (2010) einen bedeutenden Einfluss auf Konsumverhalten im Allgemeinen. Sie werden in einigen Studien auch in Zusammenhang mit nachhaltigem Verhalten gebracht (Carrus et al., 2008; Kim et al., 2013). Hinzu kommt auch, dass Pflanzenprodukte emotionale Ladungen in sich tragen (Grinde und Patil, 2009; Haviland-Jones et al., 2005). Die Variable Emotionen hinterfragt somit die

wahrgenommenen Gefühle beim Kauf von Fairtrade-Rosen. Außerdem wird das Modell um das Konstrukt der wahrgenommenen Verbraucherwirksamkeit (Perceived Consumer Effectiveness) erweitert, das ebenfalls den nachhaltigen Konsum begünstigen soll (Vermeir und Verbeke, 2008; Kang et al., 2013; Ellen et al., 1991). Diese Variable soll zeigen, wie die teilnehmenden Befragten den Effekt ihres eigenen Konsums interpretieren.

Um diese genannten latenten Konstrukte messen zu können, werden unterschiedliche Indikatoren in Form von Aussagen aus diversen Literaturstellen übernommen, dem Thema angepasst und in einem Fragebogen randomisiert abgefragt (Tabelle 1). Hierfür wurden 21 Statements verwendet, von denen letztendlich insgesamt 19 in die Analyse einfließen. Indem die Teilnehmenden der Befragung diese Aussagen individuell auf Likert-Skalen mit fünf Abstufungen beurteilen, ermöglichen sie damit die direkte Messbarkeit der übergeordneten Konstrukte.

Tabelle 1: Aussagen als Indikatoren der Konstrukte

Konstrukte und Abkürzungen	Angepasste Aussagen
Einstellung	
Att01	Den Kauf von Fairtrade-Rosen halte ich allgemein für vorteilhaft/schädlich.
Att02	Den Kauf von Fairtrade-Rosen halte ich allgemein für wertvoll/wertlos.
Att03	Den Kauf von Fairtrade-Rosen halte ich allgemein für angenehm/unangenehm.
Att04	Den Kauf von Fairtrade-Rosen halte ich allgemein für gut/schlecht.
Quellen: Ajzen, 1991; 2006.	
Subjektive Norm	
SN01	Es wird von mir erwartet, dass ich mich für Fairtrade-Rosen entscheide.
SN02	Die Mitmenschen, deren Meinung mir wichtig ist, würden sich ebenfalls für Fairtrade-Rosen entscheiden.
SN03	Viele ähnlich gesinnte Menschen würden Fairtrade-Rosen den herkömmlichen Schnittrosen vorziehen.
Quellen: Ajzen, 2006; Kang et al., 2013.	
Verhaltenssteuerung	
BC01	Wenn ich wollte, gäbe es keinen Grund, warum ich keine Fairtrade-Rosen kaufen könnte.
BC02*	Es hängt vor allem von mir selbst ab, ob ich Fairtrade-Rosen kaufe oder nicht.
BC03	Wenn Fairtrade-Rosen leichter zugänglich wären, wäre es auch für mich einfacher, diese kaufen zu können.
Quellen: Ajzen, 2006; Shaw et al., 2000.	
Kaufabsicht	
BI01	Wenn ich Fairtrade zertifizierte Rosen sehe, will ich sie kaufen oder ich denke zumindest über den Kauf nach.
BI02	Wenn mir bewusst wird, dass eine Kaufstätte Fairtrade-Rosen anbietet, habe ich das Bedürfnis dort einen Kauf zu tätigen.
BI03	Wenn ich Rosen finde, die meinen Wünschen entsprechen, wird meine Kaufwahrscheinlichkeit erhöht, falls diese Fairtrade zertifiziert sind.
Quellen: Ajzen, 2006.	
Wahrgenommene Verbraucherwirksamkeit	
PCE01	Meine individuelle Kaufentscheidung wirkt sich auf Umweltprobleme aus.
PCE02	Durch meine persönliche Entscheidung, statt herkömmlichen Rosen Fairtrade-Rosen zu kaufen, kann ich zur Lösung von Umweltproblemen beitragen.
PCE03	Meine individuelle Kaufentscheidung für Fairtrade-Rosen kann die gerechten Arbeitsbedingungen der Produzenten fördern.
PCE04*	Ungerechte Arbeitsbedingungen und soziale Schwierigkeiten in Entwicklungsländern sind zum Teil das Ergebnis meiner Kaufentscheidungen.
Quellen: Kang et al., 2013; Roberts, 1996.	
Emotionen	
Emo01	Wenn ich mich für den Kauf von Fairtrade-Rosen entscheide, fühle ich mich ermutigt/hoffnungslos.
Emo02	Wenn ich mich für Fairtrade-Rosen entscheide, fühle ich mich stolz.
Emo03	Wenn ich mich für den Kauf von Fairtrade-Rosen entscheide, fühle ich mich erfüllt/irritiert.
Emo04	Wenn ich mich beim Rosenkauf für Fairtrade-Rosen entscheide, fühle ich mich zufrieden/enttäuscht.
Quellen: Richins, 1997; Laros und Steenkamp, 2005.	

Anm.: *Entfernt aufgrund geringer Signifikanz.

Quelle: eigene Darstellung.

2.2 Datenerhebung und -analyse

Die Daten der vorliegenden Studie stammen aus einer deutschlandweiten Online-Umfrage von Blumenkäufer*innen, die Ende des Jahres 2017 durchgeführt wurde. Insgesamt konnten 1.201 vollständige Antworten von Teilnehmer*innen für die Analysemethoden herangezogen werden, deren Alters- und Geschlechterverteilung dem deutschen Durchschnitt ähnelt (German Census, 2011). Im Rahmen dieser Umfrage wurden die im vorigen Kapitel beschriebenen Aussagen bewertet und zusätzlich ein Choice-based Conjoint (CBC) Experiment durchgeführt. Letzteres bietet eine möglichst realitätsnahe Simulation einer Kaufsituation, in der Rosen mit verschiedenen Attributen zur Auswahl stehen und dadurch Nutzenwerte der Konsumierenden bestimmt werden können. Die Ergebnisse des CBC-Experiments ermöglichten es, die Teilnehmenden anhand ihrer Präferenzen hinsichtlich ausgewählter Kaufattribute, wie inhärente Qualitätsmerkmale, Verpackungsart und ausgewählte Kennzeichnungen bzw. Zertifizierungen in Segmente zu unterteilen. Im Rahmen einer früheren Studie (Berki-Kiss und Menrad, 2019) wurden anhand dieser Daten mittels einer Latent Class Analyse (LCA) drei vergleichbar große Gruppen identifiziert, „Bio-Enthusiasten“, „Fairtrade-Befürworter“ und „Preisjäger“, deren Unterschiede anhand der Konstrukte aus dem erweiterten TPB-Modell in der gegenwärtigen Studie untersucht werden.

Die Namensgebung der drei Segmente deutet auf die für die jeweilige Gruppe relevantesten Kaufattribute hin. Es wurden 408 „Bio-Enthusiasten“ identifiziert, die primär Rosen mit BIO-Zertifikat gewählt haben, auch wenn bei denen der Preisaufschlag im Vergleich zu den anderen Alternativen am höchsten war. Zudem achtet diese Gruppe auch besonders auf eine umweltfreundliche Verpackung aus Papier oder wählt lieber einen unverpackten Strauß. Die „Preisjäger“ (364 Personen) fallen auf, indem ihre Wahl größtenteils auf die günstigste Variante fällt. Sie erwarten eine relativ hohe Qualität, für die sie allerdings meistens nur den niedrigsten Preis zahlen wollen. Außerdem greifen sie am häufigsten von allen Gruppen zu Plastikverpackung und zeigen somit ein geringeres Engagement der Umwelt gegenüber. Die Gruppe der „Fairtrade-Befürworter“ umfasst 429 Personen, die einen gewissen Aufpreis akzeptieren, wenn sie dafür Fairtrade zertifizierte Ware in umweltschonender Verpackung erhalten. Die Präferenz für diese beiden Kaufattribute deutet auf vorwiegend soziale aber auch ökologische Motive der Gruppenmitglieder hin.

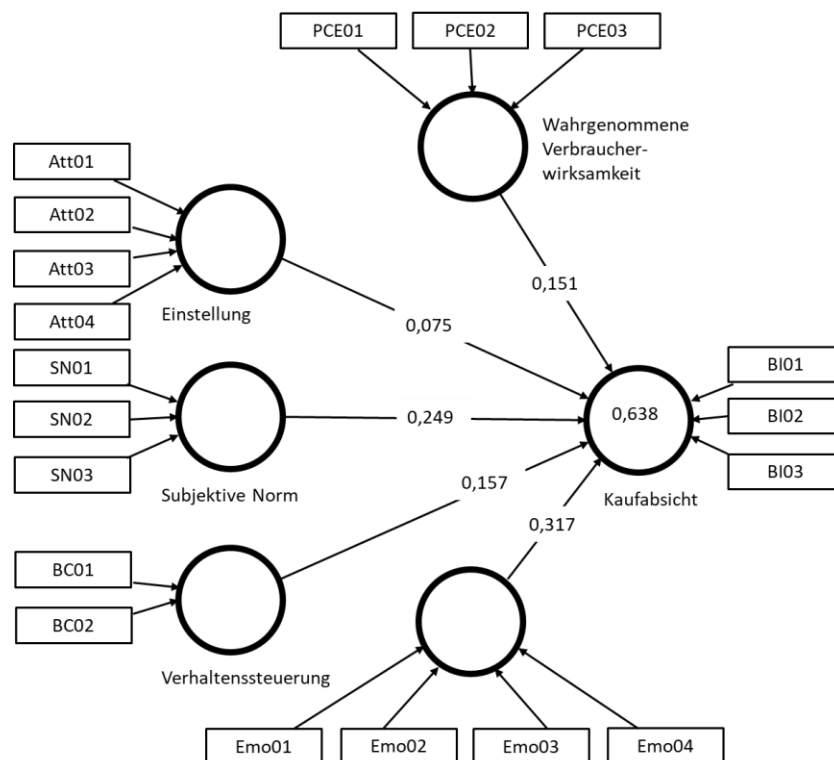
Die bewerteten Aussagen der Teilnehmenden der Befragung dienen als Indikatoren für die einzelnen Faktoren, deren Einfluss auf die Kaufabsicht mittels Strukturgleichungsmodellierung bestimmt wurde. Diese Methode ermöglicht es, den Einfluss mehrerer Faktoren auf die abhängige Variable „Kaufabsicht“ von Fairtrade-Rosen auf einmal zu untersuchen, sowie auch die Unterschiede zwischen den drei Gruppen von Konsumierenden zu verdeutlichen. Zur Voraussage von empirischen Modellen wird bevorzugt ein varianzbasierter Ansatz zur Berechnung angewandt. Diese multivariate Analysemethoden erlaubt es, die verborgenen Strukturen zwischen den untersuchten Variablen zu bestimmen und grafisch darzustellen. Mit Hilfe der Software SmartPLS war es möglich, den Einfluss und die Signifikanz der fünf hypothetischen Einflussfaktoren auf die Kaufabsicht zu berechnen. Zusätzlich konnte untersucht werden, welche Unterschiede zwischen den identifizierten Verbrauchersegmenten auftreten.

Um die Aussagekraft der Ergebnisse sicherzustellen, wurden die relevanten Gütekriterien des Modells basierend auf Hair et al. (2019) überprüft und als zufriedenstellend empfunden. SmartPLS berechnet mit Hilfe der Bootstrapping-Methode die statistischen Signifikanzen der Pfadkoeffizienten, der Bestimmtheitsmaße (R^2) und ermöglicht auch die Segmentierung der Ergebnisse. Die Aussagekraft (Q^2) des Gesamtmodells sowie der unterteilten Gruppen wurden mittels Blindfolding ermittelt, sie liegen im Bereich zwischen 0,34 und 0,46 (Tabelle 2) und deuten zumindest auf eine moderate Vorhersagegenauigkeit hin (Hair et al., 2019).

3 Ergebnisse

In Abbildung 1 werden die Zusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren und der Kaufabsicht von Fairtrade-Schnittrosen für die gesamte Stichprobe dargestellt. Das Modell ergibt ein Bestimmtheitsmaß (R^2) von etwa 0,64, was darauf hindeutet, dass die unabhängigen Faktoren die Kaufabsicht gut erklären. Auf den Pfeilen sind die jeweiligen Pfadkoeffizienten angegeben, die proportional zum Effekt die Einflussstärke der Faktoren anzeigen (Hair et al., 2019). Demnach sind Emotionen (0,317) und subjektive Norm (0,249) die wichtigsten Einflussfaktoren, gefolgt von Verhaltenssteuerung (0,157) und der wahrgenommenen Verbraucherwirksamkeit (0,151), alle mit einem Signifikanzniveau von 99,9 %. Relativ unwichtig erscheinen demgegenüber die Einstellungswerte mit einem Pfadkoeffizienten von 0,075 und einer Signifikanz von 95 %.

Abbildung 1: Strukturgleichungsmodell zur Erklärung der Kaufabsicht von Fairtrade-Schnittrosen in Deutschland



Quelle: Eigene Darstellung.

Angesichts der unterschiedlichen Präferenzen der Konsumierenden in den drei Gruppen Bio-Enthusiasten, Fairtrade-Befürworter und Preisjäger ändern sich auch die Faktorladungen für die drei identifizierten Verbrauchersegmente. In Tabelle 2 sind die relevanten Größen für die einzelnen Verbrauchersegmente dargestellt, woraus erkenntlich wird, dass der Einfluss der untersuchten Faktoren sich zwischen den Segmenten zum Teil stark unterscheidet.

Einstellungswerte haben bei allen drei Gruppen einen geringen Einfluss auf die Kaufabsicht, noch dazu ist dieser nur bei den Bio-Enthusiasten (0,089) signifikant. Verhaltenssteuerung beeinflusst Fairtrade-Befürworter am stärksten (0,219), gefolgt von den Bio-Enthusiasten (0,138), wohingegen dieser Faktor auf die Preisjäger keine signifikante Wirkung zeigt. Den Modellberechnungen zufolge wirkt dafür überraschenderweise die wahrgenommene Verbraucherwirksamkeit vorwiegend auf Preisjäger (0,146) und Bio-Enthusiasten (0,193), nicht aber auf die Fairtrade-Gruppe. Subjektive Norm ist bei allen Segmenten der zweitwichtigste Faktor, allerdings bei den Preisjägern am stärksten von allen ausgeprägt (0,275). Den wichtigsten Teil aber übernehmen letztendlich bei allen drei Gruppen die Emotionen: Fairtrade-Befürworter werden am meisten davon beeinflusst (0,345), gefolgt von den Bio-Enthusiasten (0,330) und den Preisjägern (0,299) (Tabelle 2).

Tabelle 2: Pfadkoeffizienten der Einflussfaktoren auf Kaufabsicht von Schnittrosen bei den drei identifizierten Konsumentengruppen

	Bio-Enthusiasten	Preisjäger	Fairtrade-Befürworter
Vorhersage - außerhalb der Stichprobe (Q^2)	0,439	0,381	0,339
Bestimmtheitsmaß - Kaufabsicht (R^2)	0,657***	0,544***	0,515***
Einflussfaktoren	Pfadkoeffizienten		
Einstellung	0,089**	0,094	0,079
Subjektive Norm	0,222***	0,275***	0,249***
Verhaltenssteuerung	0,138***	0,082	0,219***
Wahrgenommene Verbraucherwirksamkeit	0,193***	0,146**	0,024
Emotionen	0,330***	0,299***	0,345***

Anm.: Signifikanzniveau ** < 0,05; *** < 0,001.

Quelle: Eigene Berechnung mittels SmartPLS.

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Für den Handel, für die Förderung von Entwicklungsländern, aber auch im Allgemeinen für die Erhaltung unserer Umwelt, ist es von großem Interesse zu erfahren, welche Faktoren die Absicht der Konsumierenden beeinflussen, eine sozial nachhaltige Alternative bei ihren Konsumentenscheidungen zu wählen. Diese Fragestellung wird mit Schnittrosen bei einer Warengruppe untersucht, von der, im Vergleich zu anderen Warengruppen, mit am häufigsten mit dem Fairtrade-Label gekennzeichnete Produkte in Deutschland verkauft werden. Das theoretische Grundgerüst baut auf einer erweiterten Form des TPB-Modells auf, für deren sechs Konstrukte insgesamt 19 Indikatoren aus relevanten früheren Untersuchungen übernommen wurden und befasst sich mit kognitiven und affektiven Einflussfaktoren für die Kaufabsicht von Fairtrade-Rosen in Deutschland.

Das TPB-Modells ist grundsätzlich erweiterbar, wenn sich die Faktoren für die Untersuchung als sinnvoll erweisen (Ajzen, 1991). Anhand früherer Studien zu nachhaltigem Konsum (Vermeir und Verbeke, 2008; Kang et al., 2013; Yatish und Zillur, 2015) wurden zwei potentiell relevante Konstrukte ausgewählt und hinzugefügt. Das um die wahrgenommene Verbraucherwirksamkeit und Emotionen erweiterte Modell trifft die von Hair et al. (2019) beschriebenen Mindestanforderungen und weist hinsichtlich Bestimmtheitsmaß (R^2) über alle untersuchten Verbrauchersegmente hinweg eine moderate Aussagekraft auf. Auch die Ergebnisse für die einzelnen Käufergruppen, die mit Hilfe der Software SmartPLS berechnet wurden, weisen annehmbare Gütekriterien und Vorhersagegenauigkeiten auf. Die erfolgreiche Erweiterung des Modells ermöglicht einen detaillierteren Einblick in die psychographischen Strukturen für die Kaufabsichten von Blumenkäufer*innen. Auch für zukünftige Studien könnte das Ergänzen anderer geeigneter Konstrukte (Yatish und Zillur, 2015) zu der TPB je nach Untersuchungsobjekt zielführend sein.

Den Ergebnissen der Strukturgleichungsmodellierung ist zu entnehmen, dass die Kaufabsicht bei Fairtrade-Schnittrosen im Gesamtmodell von allen untersuchten Einflussgrößen signifikant beeinflusst wird. Werden die drei ursprünglichen Bestandteile des TPB genauer betrachtet, wird allerdings deutlich, dass Einstellungswerte im Zusammenhang mit Fairtrade-Schnittrosen eher irrelevant erscheinen. Verhaltenssteuerung hat nur auf die Kaufabsicht der beiden nachhaltigen Konsumentengruppen (Bio, Fairtrade) einen signifikanten Effekt, wobei auch zu beachten ist, dass Ajzen (1991) dieses Konstrukt primär zur Beurteilung des tatsächlichen Verhaltens inkludiert hat. Subjektive Norm wirkt von den dreien am stärksten und zwar vor allem auf die Preisjäger, die Schnittrosen ohne Kennzeichnung bevorzugen. Menapace und Raffaelli (2016) stellen diesbezüglich fest, dass Personen, die von Meinungen ähnlich gesinnter stärker geleitet werden, eher zu lokalen Produkten greifen. Anhand dieser Erkenntnisse könnte zukünftig untersucht werden, ob eine regionale Herkunftsangabe aus Deutschland, die bei Schnittblumen nur sehr schwer zu realisieren ist, einen ähnlichen Effekt aufweist, wie eine Kennzeichnung mit einem Fairtrade-Label.

Die Ergänzung des Modells durch zwei weitere Faktoren (Emotionen und wahrgenommene Verbraucherwirksamkeit) wird insofern als erfolgreich bewertet, da der Faktor Emotionen für alle Verbrauchergruppen die wichtigste Rolle spielt. Einigen Studien zufolge haben Pflanzen an sich eine positive emotionale Wirkung auf Menschen (Haviland-Jones et al., 2005; Grinde und Patil, 2009; Adachi et al., 2000). Auf Segmentebene zeigen unsere Erkenntnisse zusätzlich auch Anzeichen für einen sehr starken emotionalen Effekt (Achar et al., 2016) bei den Gruppen, die zertifizierte Rosen (Fairtrade oder Bio) präferieren. Die wahrgenommene Verbraucherwirksamkeit hat im Vergleich dazu eine etwas geringere Wirkung auf die Kaufabsicht. Gegliedert auf die einzelnen Konsumierendengruppen ist zu erkennen, dass die wahrgenommene Verbraucherwirksamkeit kaum einen Einfluss auf die Wahl der Fairtrade-Befürworter hat, wohingegen dies bei den Bio-Enthusiasten viel stärker der Fall ist. Daher drängt sich die Frage auf, ob die wahrgenommene Verbraucherwirksamkeit bei Käufern von Bioprodukten (insbesondere Schnittblumen) für diese stärker zum Tragen kommt, da diese häufiger in der eigenen Region anfallen und daher besser nachvollziehbar sind, als Effekte eines Fairtrade-Labels, das insbesondere auf Wertschöpfungsketten in Entwicklungsländern abzielt. Dies lässt sich in vergleichenden internationalen Untersuchungen für Schnittrosen, aber auch für andere Gartenbauprodukte, in zukünftigen Studien eruieren.

Letztendlich lässt sich das Fazit ziehen, dass Produzenten und Händler in Deutschland die Vermarktung von Schnittrosen optimieren können, indem sie auf die unterschiedlichen Anforderungen bzw. Präferenzen von Konsumierendengruppen näher eingehen. Sowohl kognitive als auch affektive Einflussfaktoren müssen in Betracht gezogen werden, wenn es um die Gestaltung von Marketingstrategien geht, denn diese wirken unterschiedlich auf die Kaufabsicht, je nachdem, ob die Schnittrosen ein Bio oder Fairtrade Zertifikat tragen, oder ungekennzeichnet sind. Anhand der vorliegenden Ergebnisse empfiehlt es sich, zur Förderung des nachhaltigen Konsums vor allem die Wirkungen von Emotionen und subjektiver Norm auf Kaufabsichten zu beachten und in entsprechenden Marketingaktivitäten umzusetzen.

Literaturverzeichnis

- Achar C, So J, Agrawal N, Duhachek A (2016) What we feel and why we buy: The influence of emotions on consumer decision-making. *CURR OPIN PSYCHOL* 10:166-170. doi: 10.1016/j.copsyc.2016.01.009
- Adachi M, Rohde CLE, Kendle AD (2000) Effects of floral and foliage displays on human emotions. *HORTTECHNOLOGY* 10(1)
- Ajzen I (1985) From intentions to actions: a theory of planned behaviour. In: Kuhl J, Beckmann J (eds) *Action control: from cognition to behaviour*. Springer Berlin Heidelberg: pp 11-39, zu finden in <<https://www.d.umn.edu/~kgilbert/educ5165-731/Readings/Theory%20of%20Planned%20Behavior-%20Ajzen.pdf>> [zitiert am 2.6.2017]
- Ajzen I (1991) The theory of planned behavior. *ORGAN BEHAV HUM DEC* 50(2):179-211. doi: 10.1016/0749-5978(91)90020-T
- Ajzen I (2006) Constructing a theory of planned behavior questionnaire
- Becker R (2017) Das Nationale Programm für nachhaltigen Konsum. *ÖW* 32(2):8. doi: 10.14512/OEW320208
- Berki-Kiss D, Menrad K (2019) Consumer Preferences of Sustainability Labeled Cut Roses in Germany. *SUSTAINABILITY-BASEL* 11(12):3358. doi: 10.3390/su11123358
- BMU (2019): Nationales Programm für nachhaltigen Konsum – Gesellschaftlicher Wandel durch einen nachhaltigen Lebensstil. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und nukleare Sicherheit (BMU). Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nachhaltiger_konsum_broschuere_bf.pdf>, zuletzt geprüft am 01.06.2021.
- Carrus G, Passafaro P, Bonnes M (2008) Emotions, habits and rational choices in ecological behaviours: The case of recycling and use of public transportation. *J ENVIRON PSYCHOL* 28(1):51-62. doi: 10.1016/j.jenvp.2007.09.003
- Dressler H (2017) Transparente Pflanzen-Produktion: neues GGN-Label startet. TASPO, zu finden in <<https://taspo.de/kategorien/transparente-pflanzen-produktion-neues-ggn-label-startet/>> [zitiert am 19.1.2018]
- Ellen PS, Wiener JL, Cobb-Walgren C (1991) The role of perceived consumer effectiveness in motivating environmentally conscious behaviors. *J PUBLIC POLICY MARK* 10(2):102-117, zu finden in <https://www.researchgate.net/publication/235363112_The_Role_of_Perceived_Consumer_Effectiveness_in_Motivating_Environmentally_Conscious_Behaviors> [zitiert am 8.2.2018]
- German Census (2011) Online Database, zu finden in <https://ergebnisse.zensus2011.de/#dynTable:statUnit=PERSON;absRel=PROZENT;ags=00;agsAxis=X;yAxis=ALTER_10JG,GESCHLECHT> [zitiert am 18.1.2018]
- Grinde B, Patil GG (2009) Biophilia: does visual contact with nature impact on health and well-being? *INT J ENV RES PUB HE* 6(9):2332-2343. doi: 10.3390/ijerph6092332
- Hair JF, Risher JJ, Sarstedt M, Ringle CM (2019) When to use and how to report the results of PLS-SEM. *EBR* 31(1):2-24. doi: 10.1108/EBR-11-2018-0203
- Hanss D, Böhm G (2013) Promoting purchases of sustainable groceries: An intervention study. *J ENVIRON PSYCHOL* 33:53-67. doi: 10.1016/j.jenvp.2012.10.002
- Häusel H-G (2010) *Brain View: Warum Kunden kaufen*, 2. Aufl., [Nachdr.]. Freiburg: Haufe, 264 p
- Haviland-Jones J, Rosario, Holly, Hale, Wilson P, McGuire TR (2005) An environment approach to positive emotion: flowers. *EVOL PSYCHOL*(3):104-132

- Kang J, Liu C, Kim S-H (2013) Environmentally sustainable textile and apparel consumption: The role of consumer knowledge, perceived consumer effectiveness and perceived personal relevance. *INT J CONSUM STUD* 37(4):442-452. doi: 10.1111/ijcs.12013
- Kim YJ, Njite D, Hancer M (2013) Anticipated emotion in consumers' intentions to select eco-friendly restaurants: Augmenting the theory of planned behavior. *INT J HOSP MANAG* 34:255-262. doi: 10.1016/j.ijhm.2013.04.004
- Laros FJM, Steenkamp J-BEM (2005) Emotions in consumer behavior: A hierarchical approach. *J BUS RES* 58(10):1437-1445. doi: 10.1016/j.jbusres.2003.09.013
- Larsson C, Luczynski N (2012) Perceived consumer effectiveness: the new tool for building attitude and buying intention towards green products?, Stockholm University, 58 p, zu finden in <<http://arc.hhs.se/download.aspx?mediumid=1579>> [zitiert am 8.2.2018]
- Menapace L, Raffaelli R (2016) Preferences for locally grown products: Evidence from a natural field experiment. *EUR REV AGRIC ECON* 40(1):56. doi: 10.1093/erae/jbw017
- Richins ML (1997) Measuring emotions in the consumption experience. *J CONSUM RES* 24(2):127-146. doi: 10.1086/209499
- Rihn A, Khachatryan H, Campbell B, Hall C, Behe B (2016) Consumer preferences for organic production methods and origin promotions on ornamental plants: Evidence from eye-tracking experiments. *AGR ECON* 47(6):599-608. doi: 10.1111/agec.12258
- Roberts JA (1996) Green consumers in the 1990s: profile and implications for advertising. *J BUS RES* 36(3):217-231, zu finden in <https://ac.els-cdn.com/0148296395001506/1-s2.0-0148296395001506-main.pdf?_tid=7f1f2464-0cbf-11e8-b8e0-00000aacb35e&acd-nat=1518087905_58bf1109ed531a01af50f1bbfdd90e95> [zitiert am 8.2.2018]
- Rombach M, Widmar N, Byrd E, Bitsch V (2018a) Understanding preferences of German flower consumers: The desire for sustained beauty. *IJRDM* 26(4):414. doi: 10.1108/IJRDM-10-2017-0229
- Rombach M, Widmar NO, Byrd E, Bitsch V (2018b) Do all roses smell equally sweet? Willingness to pay for flower attributes in specialized retail settings by German consumers. *J RETAIL CONSUM SERV* 40:91-99. doi: 10.1016/j.jretconser.2017.09.007
- Shaw D, Shiu E, Clarke I (2000) The contribution of ethical obligation and self-identity to the theory of planned behaviour: An exploration of ethical consumers. *JMM* 16(8):879-894. doi: 10.1362/026725700784683672
- Statista (2017) Nachhaltiger Konsum, zu finden in <<https://de.statista.com/statistik/studie/id/49771/dokument/nachhaltiger-konsum/>> [zitiert am 5.2.2018]
- Transfair e. V. (2017) Fairtrade blüht: 367 Millionen faire Rosen verkauft, 3 p, zu finden in <<https://www.fairtrade-deutschland.de/service/presse/details/fairtrade-blueht-367-millionen-faire-rosen-verkauft-1612.html>> [zitiert am 13.3.2017]
- Transfair e. V. (2018) Jahres- und Wirkungsbericht 2017, zu finden in <https://www.fairtrade-deutschland.de/fileadmin/DE/mediathek/pdf/fairtrade_transfair_jahresbericht_2017_web.pdf> [zitiert am 25.6.2018]
- Vermeir I, Verbeke W (2008) Sustainable food consumption among young adults in Belgium: Theory of planned behaviour and the role of confidence and values. *ECOL ECON* 64(3):542-553. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.03.007
- Yatish J, Zillur R (2015) Factors affecting green purchase behaviour and future research directions. *ISM* 3(1-2):128-143. doi: 10.1016/j.ism.2015.04.001

Die Reputation des deutschen Gartenbaus – Ein mehrstufiger Messansatz

MARIKE ISAAK¹, IRIS BRENNEKE², WOLFGANG LENTZ³

Zusammenfassung

Bereits in der Vergangenheit wurde auf die Bedeutung der Reputation für den Gartenbau hingewiesen. Vor dem Hintergrund eines verstärkten Umweltbewusstseins der Gesellschaft und eines zunehmenden Fachkräftemangels ist die Relevanz des Themas für den Gartenbau weiter gestiegen. Die Reputation kann für Unternehmen eine wichtige strategische Ressource darstellen. Da Reputation als latentes Konstrukt nicht direkt gemessen werden kann, ist ein Modell notwendig, welches Reputation durch quantifizierbare Indikatoren abbildet. Vor diesem Hintergrund soll dieser Beitrag einen Überblick über einen mehrstufigen Forschungsansatz zur Messung der Reputation des deutschen Gartenbaus geben. Der erste Arbeitsschritt grenzt Reputation von den Begriffen „Image“, das die externe Sicht darstellt, und „Identität“, welches die interne Sicht beschreibt, ab. Die theoretisch erarbeiteten Ergebnisse aus der Literaturanalyse werden in einem ersten Strukturmodell zusammengefasst und durch Expert*innen (N = 102) in einem zweiten Arbeitsschritt validiert. Dabei zeigt sich, dass der Ruf des Gartenbaus von diesen Fachleuten als leicht positiv wahrgenommen wird. Darüber hinaus verdeutlichen die Ergebnisse dieser Befragung, dass der Ruf der gesamten Gartenbaubranche besonders von den Sparten des Dienstleistungsgartenbaus geprägt wird. Mithilfe dieser Befragung konnte das Strukturmodell an den Gartenbau angepasst werden. Anschließend wird der Ruf des Gartenbaus am Beispiel des Obstbaus und des Garten- und Landschaftsbaus unter Anwendung des Strukturmodells in einer Befragung von Konsumierenden erhoben. Die Ergebnisse der Befragung von Konsumierenden bilden die Grundlage zur Ableitung von Handlungsempfehlungen für den Gartenbau.

Schlüsselwörter: Reputation, Gartenbau, Strukturmodell, Expert*innenbefragung

JEL-Codes: Q10, Q13

¹ Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V., Leibniz Universität Hannover, E-Mail: isaak@zbg.uni-hannover.de; aktuell: Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, E-Mail: marike.isaak@thuenen.de

² Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V., Leibniz Universität Hannover, E-Mail: brenne@zbg.uni-hannover.de

³ Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, E-Mail: wolfgang.lentz@htw-dresden.de

Abstract

The importance of reputation for horticulture has already been pointed out in the past. Against the background of increased environmental awareness in society and an increasing shortage of skilled workers, the relevance of the topic for horticulture has increased further. Additionally, reputation can be an important strategic resource for companies. Since reputation as a latent construct cannot be measured directly, a model is needed that represents reputation through quantifiable indicators. To this end, this article will provide an overview of a multi-stage research approach to measuring the reputation of German horticulture. The first step defines the relationship between reputation and the terms image, which represents the external view, and identity, which describes the internal view. The theoretically developed results from the literature analysis are summarised in a first structural model and validated by experts (N = 102) in a second step. This shows that the reputation of horticulture is considered slightly positive by the experts. Furthermore, the results of the expert survey make it clear that the reputation of the entire horticultural sector is particularly shaped by the segments of service horticulture. With the help of this survey, the structural model could be adapted to horticulture. Subsequently, based on the examples of fruit growing and gardening and landscaping the reputation is assessed in a consumer survey using the structural model developed before. The results of the consumer survey establish the basis for deriving recommendations for action for horticulture.

Key words: reputation, horticulture, structural model, expert survey

JEL codes: Q10, Q13

1 Einleitung

Bereits Anfang der 1990er Jahre wird von einer Akzeptanzkrise in der Landwirtschaft gesprochen (Meier, 1993). Gleichzeitig führt aber auch ein gesellschaftlicher Wandel zur Verschärfung der gesetzlichen Rahmenbedingungen, die auch den Gartenbau betreffen (Schenk, 1992). Eine neuere Studie zeigt zudem, dass eine Verbesserung des Berufsbilds in der Gesellschaft notwendig ist, um dem Fach- und Führungskräftemangel entgegen zu wirken (Meyerding, 2016). Somit bleibt unklar, über welchen Ruf der Gartenbau als Branche unter seinen Stakeholdern verfügt. Die Literatur deutet aber auf ein eher beschädigtes Ansehen der Branche hin.

Die Reputation stellt für Unternehmen eine wichtige strategische Ressource dar. Diese beeinflusst die Kommunikation mit Stakeholdern und legitimiert unternehmerisches Handeln (Sageder et al., 2018). So kann die Reputation im Zusammenspiel mit Kundenbindung und -identifikation zur Verbesserung der Kaufabsicht und Zahlungsbereitschaft führen und hat so einen Einfluss auf den Absatz der Branche (Keh and Xie, 2009). Die Legitimation von unternehmerischem Handeln und das Formulieren von Kommunikationsstrategien für eine langfristige Sicherung der gesellschaftlichen

Akzeptanz der Branche zeigt die Notwendigkeit, grundlegende Kenntnisse über den Ruf des Gartenbaus zu erlangen (Meier, 1995).

Die Reputation eines Unternehmens kann als direkt resultierende Größe aus der Wahrnehmung der Eigenschaften eines Unternehmens und der Einstellung zu einem Unternehmen durch seine Stakeholder verstanden werden (Wiedmann, 2012). Hautzinger (2009) beschreibt die Reputation als eine latente Größe, die im Rahmen einer Reputationsmessung in eine messbare Dimension umzuwandeln ist. Aus diesem Grund ist ein Messansatz notwendig, der die Reputation einer Branche erfasst. Da für den Gartenbau noch kein Ansatz zur Messung der Reputation vorhanden ist, soll diese Lücke im Rahmen dieses Forschungsprojektes geschlossen werden. Anschließend kann anhand des Messansatzes der Ruf differenziert beschrieben und mögliche Handlungsempfehlungen für die Branche abgeleitet werden.

Ziel dieses Beitrags ist es, einen Überblick über die verschiedenen Arbeitsschritte zur Reputationsmessung zu geben und dabei den Ruf aus interner Sicht (Experten*innen) und externer Sicht (Konsumierende) als erste Ergebnisse darzustellen. Darüber hinaus werden Einflussfaktoren sowohl für einen guten als auch für einen schlechten Ruf des Gartenbaus herausgearbeitet und rufbeeinflussende Sparten abgeleitet.

2 Vorgehensweise

Die Arbeit an einem Ansatz zur Messung der Reputation des Gartenbaus gliedert sich in die drei Arbeitsschritte Literaturanalyse, Befragung von Fachleuten und Konsumierendenbefragung. Dabei wird das Ziel verfolgt, die Reputation der Branche mithilfe eines Modells abbilden zu können. In diesem Kapitel werden der methodische Hintergrund und die Zielsetzung der einzelnen Arbeitsschritte dargestellt.

2.1 Literaturüberblick

Im ersten Arbeitsschritt wird basierend auf einer Literaturrecherche das Begriffsfeld „Reputation“ definiert und Reputation selbst von überschneidenden Begriffen (z. B. Image) abgegrenzt. Außerdem werden Methoden zu Reputationsmessungen analysiert und darin verwendete Indikatoren gesammelt. Abschließend werden inhaltlich ähnliche Indikatoren zusammengefasst, um diese zur Beschreibung der latenten Variable Reputation im Strukturmodell für den Gartenbau einzusetzen.

2.2 Befragung von Fachleuten

Auf der Grundlage der Ergebnisse des ersten Arbeitsschrittes sowie des dort entwickelten Strukturmodells, werden im zweiten Arbeitsschritt mithilfe einer Expert*innenbefragung die

gesammelten Indikatoren auf ihre Eignung überprüft und durch weitere gartenbauspezifische Merkmale ergänzt. Außerdem soll durch die Befragung eine erste Einschätzung über den Ruf des Gartenbaus sowie eine Begründung für diesen ermittelt werden. Des Weiteren werden in diesem Arbeitsschritt die Wechselwirkungen zwischen dem Ruf des Gartenbaus und dem Ruf der einzelnen Sparten betrachtet.

Als Expert*innen wird die Stakeholdergruppe der Berater*innen befragt. Diese sind aufgrund ihrer beruflichen Tätigkeit eng mit der Branche verbunden. Berater*innen stellen eine Schnittstelle zwischen der internen und externen Sicht dar. Die interne Sicht über die Branche umfasst umfangreiche Kenntnisse zu Besonderheiten der Branche, die sie durch ihre Berufserfahrung gesammelt haben. Sie haben Kenntnisse über die Heterogenität der Branche und insbesondere über die Produktvielfalt in den verschiedenen Sparten. Außerdem kann die Expert*innengruppe der Beratenden eine externe Sicht auf die Branche einnehmen, da sie ökonomisch nicht direkt vom Erfolg eines Gartenbaubetriebs abhängig sind und somit branchenspezifische Merkmale unabhängig beurteilen können. Gleichzeitig sind die Berater*innen auch Konsumierende, allerdings wird diese Perspektive durch die Kenntnisse ihrer internen Sicht beeinflusst.

Zur Befragung werden in einem Fragebogen qualitative und quantitative Methoden kombiniert eingesetzt. Der qualitative Ansatz wird in Form von Freitextfragen umgesetzt. Entsprechend des quantitativen Ansatzes werden gezielt geschlossene Fragen gestellt, die auf einer 7-stufigen Likert-Skala beantwortet werden müssen. Der Fragebogen wird per Mail an die Beratenden geschickt und kann online ausgefüllt werden. Der Online-Fragebogen umfasst folgende Abschnitte:

- Assoziationen vom Gartenbau,
- Beurteilung und Begründung der Reputation des deutschen Gartenbaus,
- Wechselwirkung zwischen der Reputation der Sparten und der gesamten Gartenbaubranche,
- Einflussfaktoren der Reputation,
- Angaben zur Person.

Der Online-Fragebogen wird mittels LimeSurvey (Version 2.6.6) erstellt. Zur Auswertung der geschlossenen Fragen wird IBM SPSS Statistics 25 und zur Auswertung der offenen Fragen MAXQDA Analytics Pro 2018 eingesetzt.

2.3 Befragung von Konsumierenden

Die Ergebnisse dieser Expert*innenbefragung fließen in ein modifiziertes Strukturmodell ein, welches die Basis für eine Befragung von Konsumierenden zur Reputation des Gartenbaus bildet (vgl. Abb. 5). Die Reputationsmessung erfolgt für zwei ausgewählte Gartenbausparten (Obstbau, Garten- und Landschaftsbau) in jeweils getrennten Fragebögen. Die Auswahl der Sparten beruht auf Ergebnissen der Expert*innenbefragung (vgl. Abb. 4). Die Fragebögen sind analog aufgebaut und

unterscheiden sich inhaltlich nur durch die Anpassung an die jeweilige Sparte. Die Online-Fragebögen beinhalten folgende Abschnitte:

- Angaben zur Person,
- Wissen und Involvement,
- Reputationsbewertung verschiedener Branchen,
- Bewertung formativer und reflektiver Indikatoren,
- Wissen zum Garten- und Landschaftsbau bzw. Obstbau,
- Bewertung formativer und reflektiver Indikatoren (wiederholte Abfrage) und
- Reputationsbewertung.

Die zuvor genannten Themenblöcke werden durch geschlossene Frage erhoben. Die formativen und reflektiven Indikatoren werden durch Items abgebildet und sollen auf einer 7-stufigen Likert Skala bewertet werden. Der Themenblock „Wissen“ wird durch eine Bilderfolge mit kurzen Statements bearbeitet, die bejaht oder verneint werden kann. Zur Auswertung der geschlossenen Fragen wird IBM SPSS Statistics 25 und zur Auswertung der offenen Fragen MAXQDA Analytics Pro 2018 eingesetzt.

3. Ergebnisse und Diskussion

Dieser Abschnitt beinhaltet eine Auswahl an Ergebnissen der zuvor genannten drei Arbeitsschritte.

3.1 Literaturüberblick Reputation

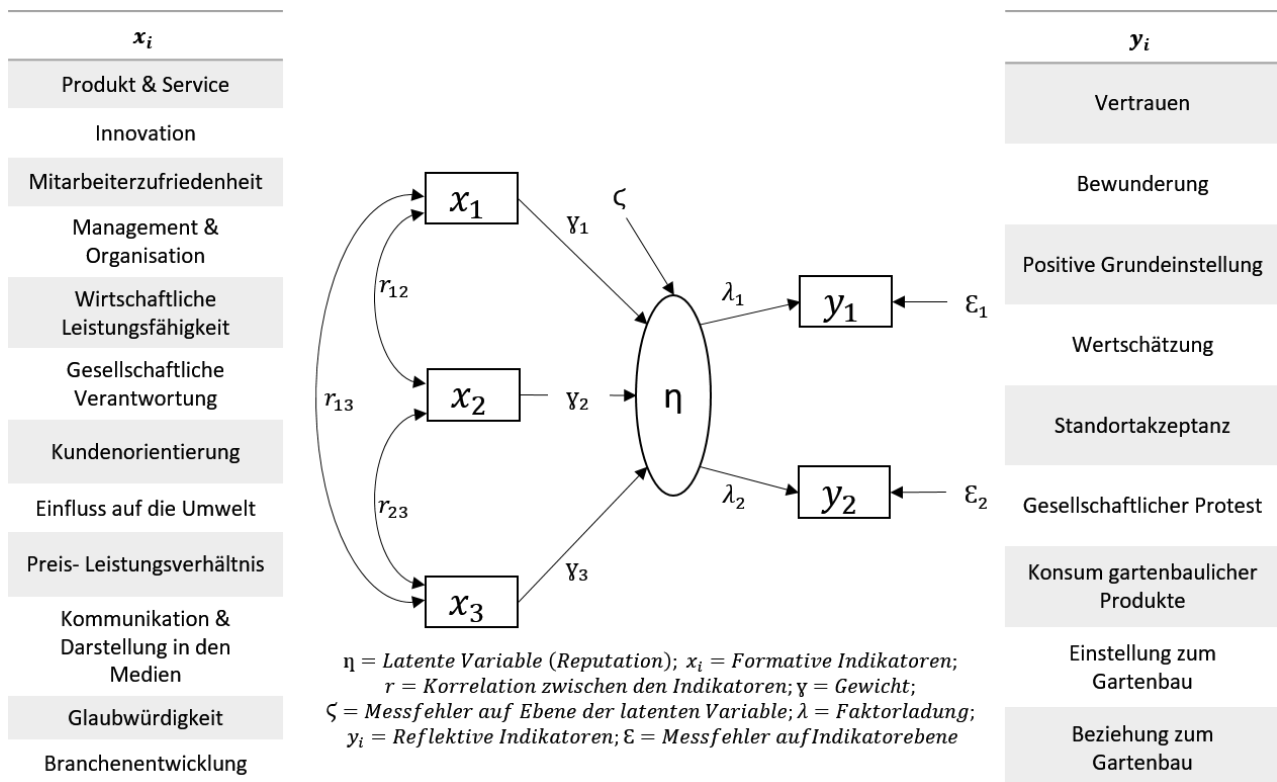
Ein Ziel dieses ersten Arbeitsschrittes ist es, synonym verwendete Begriffe abzugrenzen und Methoden zur Messung des Rufs der Gartenbaubranche zu erarbeiten.

Die Reputation selbst kann als anerkannte Leistungsfähigkeit und anerkannter Leistungswillen der Unternehmung oder der Branche definiert werden, was andere Autoren auch als „organizational performance“ bezeichnen (Boyd et al., 2010; Fombrun and Shanley, 1990; Helm, 2007). Somit stellt die Reputation einer Branche eine in der Öffentlichkeit vorherrschende Meinung dar. Der Begriff „Ruf“ wird in dieser Studie synonym zur Bezeichnung „Reputation“ verwendet. Zusätzlich abzugrenzen ist der Begriff „Identität“, der die interne Sicht durch ein Selbstbild beschreibt, gegenüber dem Image, das die Wahrnehmung der Kund*innen als externe Sicht darstellt (Davies et al., 2001). Folglich schließt die Reputation die Identität (interne Sicht) und das Image (externe Sicht) mit ein und wird durch die Summe der Eindrücke aller Stakeholder abgebildet.

Reputation ist ein hypothetisches Konstrukt, welches in dieser Form als nicht unmittelbar beobachtbar gilt. Um die Reputation messbar zu machen, muss diese in eine messbare Größe überführt werden (Joreskog and Goldberger, 1975). Reputation wird durch seine Beziehung zu beobachtbaren (abzufragenden) Indikatoren messbar. In diesem Konstrukt aus Indikatoren stellt Reputation die latente Variable dar. Die Indikatoren im Konstrukt können hinsichtlich ihrer Wirkungsrichtung untergliedert werden. In formativer Wirkungsrichtung bedingen dabei alle gemessenen Teilbausteine (Indikatoren) die Reputation. Durch die gewichtete Zusammensetzung der „Bausteine“, entsteht somit die latente formative Variable „Reputation“ (Eberl, 2004; Rossiter, 2002). Die reflektiven Indikatoren sind Beobachtungen, die von der Reputation in der Realität hervorgerufen werden. Der Ursache-Wirkungs-Zusammenhang verläuft hier vom Konstrukt in Richtung seiner Indikatoren. Zusätzlich sind moderierende Variablen (z. B. Wissen) von Bedeutung, die die Stärke der Beziehung zwischen den Indikatoren und der latenten Variable „Reputation“ beeinflussen (Hautzinger, 2009). Zusammen mit der latenten Variablen „Reputation“ stellen diese Gruppen von Indikatoren das Strukturmodell dar.

Es sind bereits einige Messmodelle bekannt, die die Reputation anhand von Indikatoren auf verschiedenen Ebenen abbilden. Am häufigsten wurde die Reputationsmessung für Unternehmen eingesetzt (z. B. RepTrak). Aber auch Reputationsmessungen für Wertschöpfungsketten (Albersmeier and Spiller, 2010) oder Branchen (Hautzinger, 2009) sind vereinzelt durchgeführt worden.

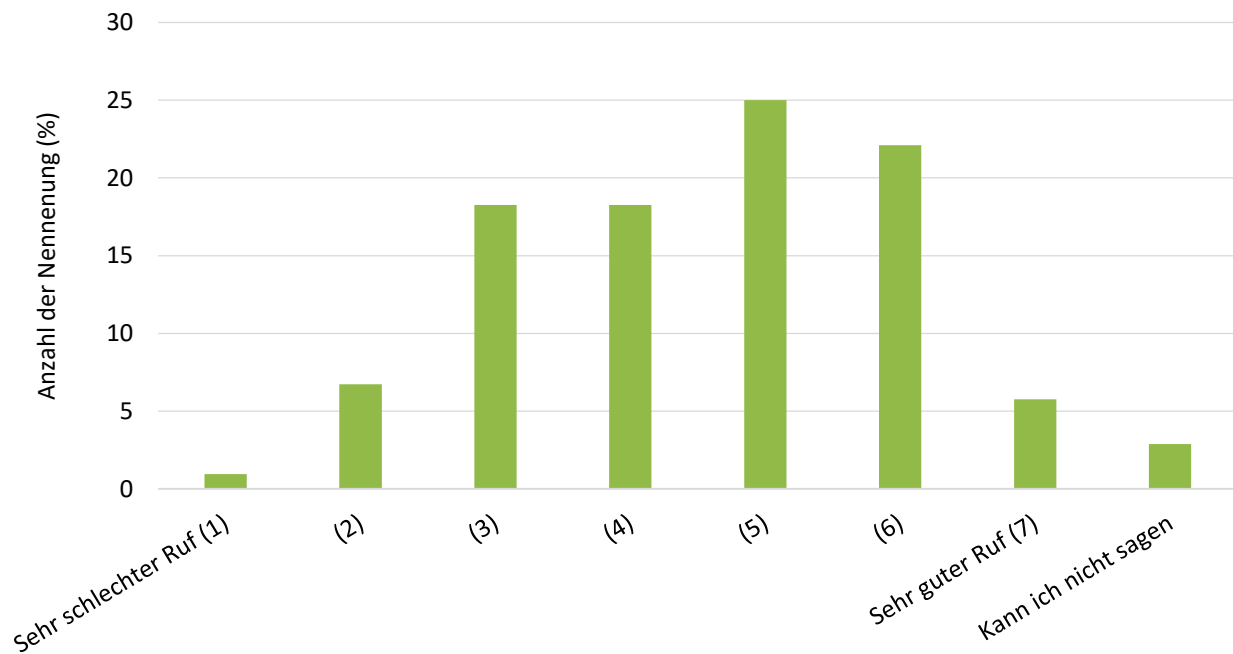
Anhand der bereits beschriebenen Messmodelle konnten in einer Literaturrecherche 12 formative Indikatoren (x_i) und 9 reflektive Indikatoren (y_i) ermittelt werden, die in einem ersten theoretischen Strukturmodell für den Gartenbau zusammengefasst wurden und die latente Variable „Reputation“ (η) abbilden (Abb. 1). Dieses Modell diente als Grundlage für den folgenden Arbeitsschritt.

Abbildung 1: Ausgangsmodell zur Messung der Reputation des deutschen Gartenbaus


Quelle: Eigene Darstellung.

3.2 Rufeinschätzung durch Fachleute

Im zweiten Arbeitsschritt wurde eine Befragung von Fachleuten anhand eines Online-Fragebogens mit 102 Berater*innen durchgeführt. Die Befragung fand von Anfang Mai bis Mitte Juli 2018 statt. Der Ruf selbst wurde von den Expert*innen als leicht positiv beurteilt ($\bar{x}=4,4$ auf einer 7-stufigen Likert-Skala). Rund ein Viertel der befragten Fachleute beurteilt den Ruf als eher gut. Hingegen gaben weniger als 10 % der Befragten an, dass der Ruf schlecht oder sehr schlecht ist (Abb. 2).

Abbildung 2: Rufeinschätzung der Experten*innen (N = 104)

Frage: Was denken Sie, wie gut ist der Ruf der Branchen in der Gesellschaft? (geschlossene Frage)

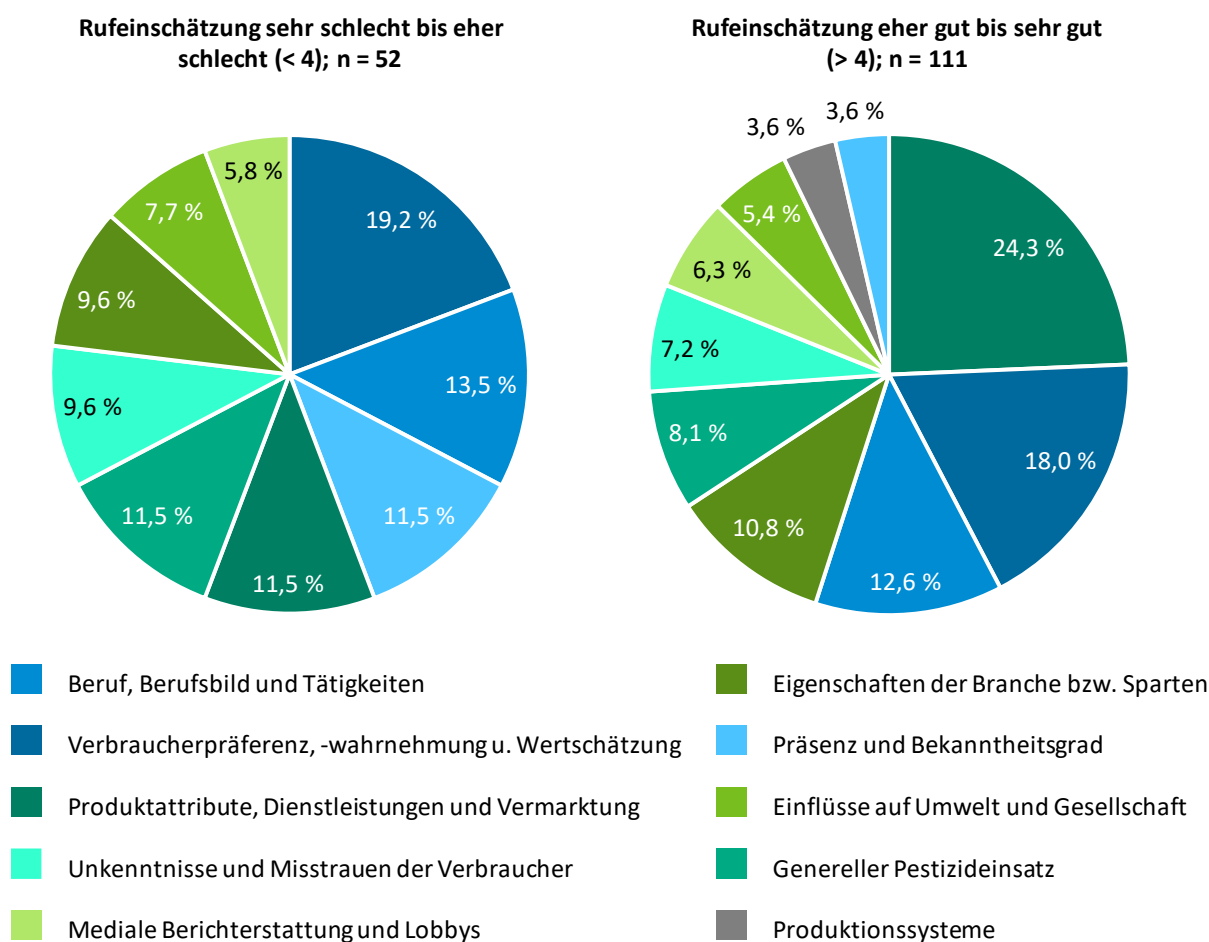
Quelle: Eigene Erhebung.

Die befragten Fachleute haben in einer Freitextfrage eine Vielzahl von Gründen für den Ruf des deutschen Gartenbaus angegeben. Eine Selektion dieser Gründe in Abhängigkeit von der individuellen Rufeinschätzung nach Abbildung 2 ermöglicht eine Interpretation der Gründe sowohl für einen guten als auch einen schlechten Ruf (Abb. 3). Ein positiver Ruf wird vor allem mit den Produkten des Gartenbaus verknüpft. Als Begründung für einen schlechten Ruf wird am häufigsten die Wahrnehmung durch den Verbrauchenden angeführt. Allerdings wird dieser Grund, wie auch die Begründung durch das Berufsbild, sowohl für einen schlechten als auch für einen guten Ruf angeführt. Das Berufsbild wird annähernd gleich häufig in beiden Ausprägungen genannt. Die fehlende Präsenz und Bekanntheit des Gartenbaus wurde von 11 % der befragten Experten*innen als Grund für einen schlechten Ruf angeführt. Die Erläuterung der Fachleute zur fehlenden Präsenz und Bekanntheit des Gartenbaus kann als alleiniger Grund für einen schlechten Ruf angesehen werden. Diese Schlussfolgerung ist möglich, da die fehlende Präsenz und Bekanntheit des Gartenbaus lediglich von wenigen befragten Experten*innen (4 Nennungen), die den Ruf positiv bewerten, genannt wurde.

Zusammenfassend zeigt die Abbildung 3, dass ein Bündel von Merkmalen den Ruf begründet. Diese können nicht allein einer positiven oder negativen Ausprägung zugeordnet werden, sondern sind im Zusammenhang zu betrachten. Diese Komplexität hat sich auch in den umfangreichen Ausführungen der Fachleute widerspiegelt (vgl. Isaak et al., 2021b).

Deutlich wird auch, dass sich der Ruf nicht allein über die Leistungen der Branche definiert, sondern vor allem auch durch Interaktionen mit der Gesellschaft bzw. den Konsumierenden geprägt wird. Die Kategorien „Verbrauchendenpräferenz/-wahrnehmung & Wertschätzung“, „Unkenntnisse & Misstrauen der Verbrauchenden“, „Mediale Berichterstattung & Lobbys“ oder „Präsenz & Bekanntheitsgrad“ lassen Rückschlüsse zu, dass der Gartenbau selbst nur zu einem Teil einen direkten Einfluss auf den Ruf des Gartenbaus ausüben kann. Für einen gesteuerten und zielgerichteten Branchenruf ist es notwendig, dass die Unternehmen (oder die gesamte Branche) präsent sind, einen Primärkontakt herstellen können oder mediale Aufmerksamkeit erzeugen können (Liebert, 2009).

Abbildung 3: Gründe für die Rufeinschätzung in Abhängigkeit des Rufes (N = 102, Mehrfachnennungen möglich)



Frage: Bitte begründen Sie Ihre Einschätzung bezüglich des Rufes der Branche in der Gesellschaft! (offene Frage)

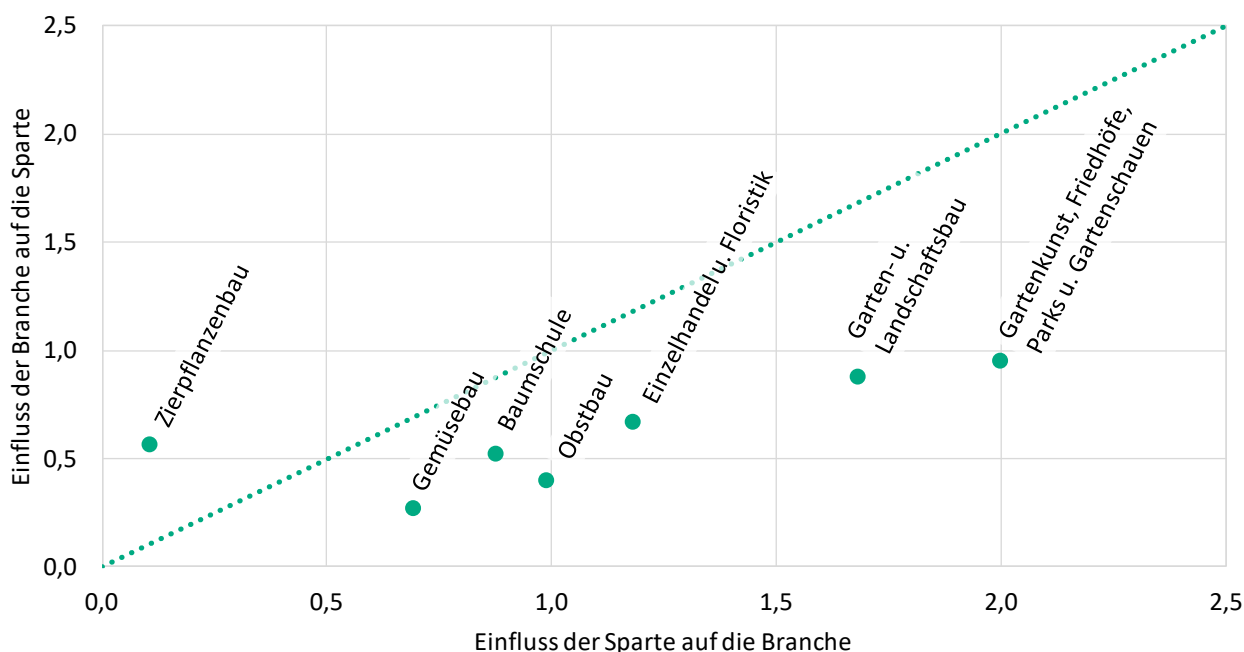
Quelle: Eigene Erhebung.

Kenntnisse über die Wahrnehmung der gartenbaulichen Sparten in der Gesellschaft und ihren Beitrag zum Ruf der Branche sind eine weitere Voraussetzung für die Rufmessung. Der Ruf des gesamten Gartenbaus beeinflusst den Ruf der gartenbaulichen Sparten. Gleichzeitig trägt der Ruf der

einzelnen Sparten aber auch zum Ruf der gesamten Branche bei (vgl. Isaak et al. 2021a). Dazu wurden die Expert*innen in der Befragung gebeten, jeweils den Einfluss der Sparten auf den Ruf des Gartenbaus auf einer Skala von stark negativ (-3) bis stark positiv (3) zu bewerten (Abb. 4, X-Achse). Zusätzlich sollten die Fachleute den Einfluss des Gartenbaus auf den Ruf der Sparten beurteilen (Abb. 4, Y-Achse). Anhand dieser Fragen kann die Wechselwirkung zwischen der Gartenbaubranche und den Sparten in einer sogenannten Reputationslandkarte dargestellt werden. Die Reputationslandkarte verdeutlicht, dass die Wirkung des Produktionsgartenbaus (Obst-, Gemüsebau und Baumschule) auf den Ruf der gesamten Gartenbaubranche geringer ist als die Wirkung des Dienstleistungsgartenbaus (Einzelhandel und Floristik, Garten- und Landschaftsbau, Gartenkunst, Friedhöfe, Parks und Gartenschauen) auf denselben. Der Einfluss der gesamten Branche auf die einzelnen Sparten ist gering. Nur der Zierpflanzenbau wird selbst stärker von dem Ruf der Branche beeinflusst als er selbst einen Beitrag zum Branchenruf leistet. Den stärksten Einfluss auf den Branchenruf haben die Gartenkunst, Friedhöfe und Gartenschauen (Abb. 4).

Zusammenfassend wird auf Basis der Ergebnisse der Befragung von Fachleuten deutlich, dass der Beitrag einzelner Sparten zum Ruf der Branche sehr heterogen ist. Allerdings kann der höhere Einfluss des Dienstleistungsgartenbaus durch die direkte Sichtbarkeit der dazu zählenden Sparten begründet werden. Außerdem werden öffentliche Grünanlagen mit positiven Assoziationen verknüpft, da sie der Freizeitgestaltung dienen (Priego et al., 2008). Aber auch für den geringeren Einfluss des Produktionsgartenbaus auf den Ruf der gesamten Branche gibt es in der Literatur Hinweise. Die Konsumierenden kommen mit dem Produktionsgartenbau weniger in direkten Kontakt als mit dem Dienstleistungsgartenbau. Da Obst und Gemüse hauptsächlich indirekt über den Lebensmitteleinzelhandel zu den Verbrauchenden gelangen, fehlt der Kontakt zwischen den Konsumierenden und den Produzierenden, wodurch ebenfalls der Bezug zur Produktion verloren gegangen ist. Die Verbrauchenden treten insbesondere durch die Direktvermarktung (z. B. Abokiste, Hofläden, Wochenmärkte) in Kontakt mit den Produzierenden (Friedrich und Theuvsen, 2012). Zusätzlich hat eine Konzentration im Lebensmitteleinzelhandel zur Entwicklung von großen Lebensmitteleinzelhandelsketten mit enormer Einkaufsmacht geführt. Diese kommissionieren Obst und Gemüse oder beziehen die Produkte von Genossenschaften, die einen geschätzten Marktanteil von 40 % haben (Bijman et al., 2012). Dies kann ebenfalls ein Grund für den geringen Einfluss des Obst- und Gemüsebaus auf den Branchenruf sein. Zum anderen kann eine negative mediale Berichterstattung, wie sie vor allem bei Lebensmittelskandalen erfolgt, negative Auswirkungen auf das Vertrauen und den Ruf der Food-Sparten des Gartenbaus haben (Bitsch et al., 2014).

Abbildung 4: Reputationslandkarte – Wechselwirkung zwischen dem Ruf der Branche und ihren Sparten (N = 102)



Frage X-Achse: Bitte bewerten Sie, inwieweit die einzelnen Gartenbausparten den Ruf der gesamten Gartenbaubranche beeinflussen. (Skala: (-3) stark negativ bis (3) stark positiv) (geschlossene Frage)

Frage Y-Achse: Bitte bewerten Sie, inwieweit der Ruf der gesamten Gartenbaubranche den Ruf der einzelnen Gartenbausparten beeinflusst. (Skala: (-3) stark negativ bis (3) stark positiv) (geschlossene Frage)

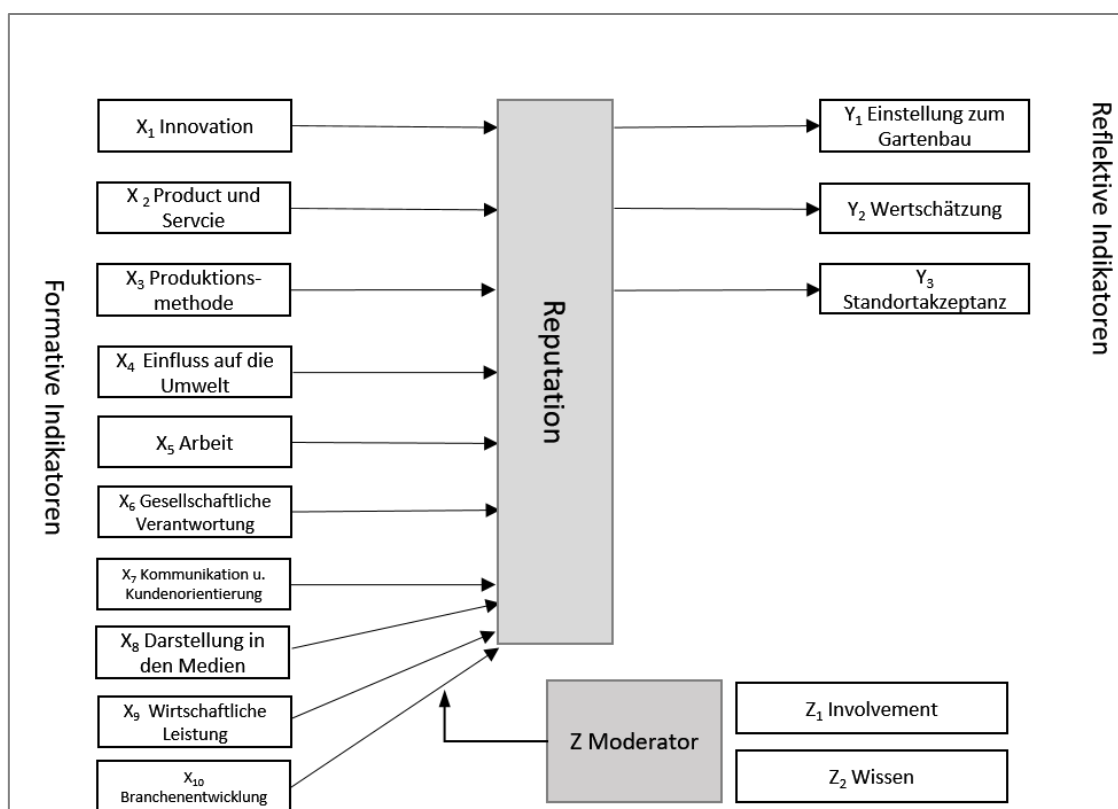
Quelle: Eigene Erhebung.

Ein weiteres Ziel dieser zweiten Phase war die Evaluierung rufbestimmender Indikatoren für den Gartenbau und eine Ergänzung des Modells durch neue Indikatoren. Die Eignung der formativen Indikatoren wurde durch eine Regressionsanalyse und die der reflektiven Indikatoren durch eine Faktorenanalyse getestet. Zusätzlich wurden die Expert*innen gebeten in einer offenen Frage weitere gartenbauspezifische Merkmale, die den Ruf beeinflussen, zu ergänzen (vgl. Isaak et al. 2021a). Die ermittelten, gartenbauspezifischen Merkmale wurden durch eine anschließende Diskussion mit Fachleuten mit den bestehenden Indikatoren kombiniert. Der Indikator „Produktionsmethode“ wurde neu mit in das Modell aufgenommen, sodass sich das angepasste Strukturmodell aus 10 formativen Indikatoren zusammensetzt (Abb. 5).

Von den reflektiven Indikatoren sind sechs Indikatoren nach der Evaluierung im Modell verblieben („Positive Grundeinstellung“, „Wertschätzung“, „Standortakzeptanz“, „Konsum gartenbaulicher Produkte“, „Einstellung zum Gartenbau“, „Beziehung zum Gartenbau“). Auch die reflektiven Indikatoren sind mithilfe einer Expert*innendiskussion kritisch geprüft worden. Als Ergebnis wurden die Indikatoren „positive Grundeinstellung“ und „Einstellung zum Gartenbau“ zu Letzterem zusammengefasst.

Darüber hinaus ist sowohl bei der Befragung von Expert*innen als auch der anschließenden Diskussion der Ergebnisse mit Fachleuten deutlich geworden, dass eine weitere Gruppe an Indikatoren (moderierende Variablen) indirekt im Strukturmodell wirkt. Aus diesem Grund sind neben den formativen und reflektiven Indikatoren die moderierenden Variablen als dritte Gruppe zu berücksichtigen. Die Beziehung eines formativen Indikators mit der Reputation kann durch eine moderierende Variable beeinflusst werden (Henseler und Fassott 2010). Eine moderierende Variable erzeugt einen Moderationseffekt, der die Beziehung eines formativen Indikators zur Reputation verstärken oder abschwächen kann. Aus diesem Grund ist der Moderator kein direkter Bestandteil einer Einflussbeziehung in einem Strukturmodell. Deshalb wurde die ursprünglich angenommene direkte, reflektive Wirkungsrichtung einiger Indikatoren kritisch diskutiert, mit dem Ergebnis, die Indikatoren „Konsum gartenbaulicher Produkte“ und „Beziehung zum Gartenbau“ zur moderierenden Variablen „Involvement“ zusammenzufassen. Zusätzlich wurde die moderierende Variable „Wissen“ mit ins Modell aufgenommen.

Abbildung 5: Überarbeitetes Strukturmodell nach der Expert*innenbefragung



Quelle: Eigene Darstellung.

3.3 Befragung von Konsumierenden

Abschließend wurde eine Befragung unter Konsumierenden zur Anwendung des Strukturmodells und zur Ermittlung des Rufes des Gartenbaus durchgeführt. Die Befragung erfolgte online im

Oktober 2019. Anhand der Reputationslandkarte wurden die Sparten Obstbau sowie Garten- und Landschaftsbau für die Befragung ausgewählt (Abb. 4). Im Produktionsgartenbau liefert der Obstbau den höchsten Beitrag zum Ruf des Gartenbaus. Im Dienstleistungsgartenbau haben die Produkte Gartenkunst, Friedhöfe, Parks und Gartenschau den höchsten Einfluss auf den Ruf des gesamten Gartenbaus. Da diese genannten Anlagen Produkte des Garten- und Landschaftsbaus darstellen, wurde diese Sparte als Beispiel für den Dienstleistungsgartenbau gewählt.

Insgesamt wurden in den zwei Befragungen – jeweils einer zur Sparte Obstbau und zum Garten- und Landschaftsbau – 1.534 Personen befragt. Auch unter den Konsumierenden erfolgte eine eindimensionale Rufmessung auf einer 7-stufigen Likert-Skala, die in gleicher Weise wie bei den Expert*innen erhoben wurde. Erste Ergebnisse dieser beiden Befragungen zeigen, dass von den befragten Konsumierenden der Ruf des Gartenbaus ($\bar{x} = 5,49$) als gut bewertet wird. Der Obstbau ($\bar{x} = 5,50$) sowie Garten- und Landschaftsbau ($\bar{x} = 5,46$) werden ebenfalls positiv wahrgenommen.

4. Fazit und Ausblick

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über das mehrstufige Vorgehen zur Messung der Reputation des Gartenbaus. Dieses komplexe Vorgehen ist notwendig, um branchenspezifische Merkmale bei der Erhebung der Reputation berücksichtigen zu können. Eine wichtige Grundlage stellt die inhaltliche Abgrenzung der Reputation unter anderem von den Begriffen Image und Identität dar.

Da die Reputation als latente Variable definiert werden kann, ist ein Strukturmodell notwendig, das die Reputation mithilfe von Indikatoren erfasst. Eine Vielzahl von Indikatoren wurden bereits zur Reputationsmessung auf Unternehmensebene beschrieben. Anhand einer Befragung von Expert*innen konnten diese Indikatoren evaluiert und um branchenspezifische Indikatoren im Modell ergänzt werden, sodass ein für den Gartenbau angepasstes Strukturmodell entstanden ist.

Der Ruf selbst kann nach Einschätzung der Fachleute als leicht positiv beurteilt werden. Im Vergleich zur internen Sicht der befragten Expert*innen wird der Ruf von den Konsumierenden positiver wahrgenommen und sogar als gut bewertet. Eine Begründung des Rufs durch die Fachleute zeigt, dass eine Vielzahl von Themen den Ruf gleichzeitig sowohl positiv als auch negativ beeinflussen. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass die gartenbaulichen Sparten den Ruf des gesamten Gartenbaus sehr unterschiedlich beeinflussen. Am größten ist jedoch der Einfluss des Dienstleistungsgartenbaus und deren Endprodukte wie zum Beispiel Parks, Friedhöfe und Gartenschauen.

Die abschließende Befragung von Konsumierenden und die daraus resultierenden Parameterschätzungen im Strukturmodell bilden den Abschluss der Analysen. Die Auswertungen des Strukturmodells am Beispiel des Obstbaus sowie Garten- und Landschaftsbaus sollen dazu dienen, den Ruf der Sparten zu beschreiben und Handlungsempfehlungen ableiten zu können.

Literaturverzeichnis

- Albersmeier F, Spiller A (2010): The Reputation of the German Meat Sector: A Structural Equation Model. *German Journal of Agricultural Economics*, 59 (4), 258–270.
- Bijman J, Pyykkönen P, Ollila P (2012): Support for Farmers' Cooperatives. Wageningen.
- Bitsch V, Kokovic N, Rombach M (2014): Risk communication and market effects during foodborne illnesses: A comparative case study of bacterial outbreaks in the U.S. and in Germany. *International Food and Agribusiness Management Review*, 17(3), 97–114.
- Boyd B K, Bergh D D, Ketchen D J (2010): Reconsidering the reputation-performance relationship: A resource-based view. *Journal of Management*, 36 (3), 588–609.
- Davies G, Chun R, Da Silva R V, Roper S (2001): The Personification Metaphor as a Measurement Approach for Corporate Reputation. *Corporate Reputation Review*, 4 (2), 113–127.
- Eberl M (2004): Formative und reflektive Indikatoren im Forschungsprozess: Entscheidungsregeln und die Dominanz des reflektiven Modells. *Schriften zur Empirischen Forschung und Quantitativen Unternehmensplanung*.
- Fombrun C, Shanley M (1990): What's in a Name? Reputation Building and Corporate Strategy. *Academy of Management Journal*, 33 (2), 233–258.
- Friedrich N, Theuvsen L (2012): Der Markt für Obst und Gemüse. *German Journal of Agricultural Economics*, 61, 73–82.
- Hautzinger H (2009): Der Ruf von Branchen- Eine empirische Untersuchung zur Messung, Wechselwirkung und Handlungsrelevanz der Branchenreputation. Wiesbaden: Gabler.
- Helm S (2007): One reputation or many? Comparing stakeholders' perceptions of corporate reputation. *Corporate Communications: An International Journal*, 12 (3), 238–254.
- Henseler J, Fassott G (2010): Testing Moderating Effects in PLS Path Models: An Illustration of Available Procedures. In V Esposito Vinzi, W W Chin, J Henseler & H Wang (Eds.), *Handbook of Partial Least Squares* (pp.713–735). Berlin: Springer.
- Isaak M, Brenneke I, Lentz W (2021a): Conception and evaluation of a structural equation model to measure the reputation of german horticulture. *International Food and Agribusiness Management Review*, 24 (2): 337–354.
- Isaak M, Brenneke I, Lentz W (2021b): The reputation of horticulture- an internal view of the industry. *International Food and Agribusiness Management Review* 24 (2): 233–247.
- Joreskog K G, Goldberger A S (1975): Estimation of a Model with Multiple Indicators and Multiple Causes of a Single Latent Variable. *Journal of the American Statistical Association*, 70 (351), 631–639.
- Keh H T, Xie Y (2009): Corporate reputation and customer behavioral intentions: The roles of trust, identification and commitment. *Industrial Marketing Management*, 38 (7), 732–742.
- Liebert T (2009): Das Image der Landwirtschaft: Ist und Wege zum Soll. Systematische Differenzierungen und kommunikationsstrategische Ableitungen aus empirischen Befunden. In J Böhm, F Albersmeier, & A Spiller (Eds.), *Die Ernährungswirtschaft im Scheinwerferlicht der Öffentlichkeit - Reihe Agrarökonomie* (4th ed., pp. 25–46). Göttingen: EUL Verlag.
- Meier T (1993). Die Erhebung kognitiver Strukturen als Ansatz zur Erklärung des Verbraucherverhaltens. In K Hagedorn, F Isermeyer, D Rost, & A Weber (Eds.), *Gesellschaftliche Forderungen an die Landwirtschaft. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e. V.* (30th ed., pp. 457–466). Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag GmbH.

- Meier T (1995). Das Image von Nahrungsmitteln als Bestimmungsfaktor des Verbraucherverhaltens: Eine Konzeption zur Operationalisierung der Image-Analyse für Gartenbauerzeugnisse. In Forschungsberichte zur Ökonomie im Gartenbau (82nd ed., p. 157). Hannover.
- Meyerding S G H (2016): Change management study of horticulture 2015 — Conditions and success factors. *Journal of Organisational Transformation and Social Change*, 13 (2), 123–146.
- Priego C, Breuste J H, Rojas J (2008): Perception and value of nature in urban landscapes: A comparative analysis of cities in Germany, Chile and Spain. *Landscape Online*, 7 (1), 1–22.
- Rossiter J E (2002): The C-OA-SE procedure for scale development in marketing. *International Journal of Research in Marketing*, 19 (4), 305–335.
- Sageder M, Mitter C, Feldbauer-Durstmüller B (2018): Image and reputation of family firms: a systematic literature review of the state of research. *Review of Managerial Science*, 12 (1), 335–377.
- Schenk E-W (1992): Konzepte von Lehre und Forschung im Bereich der Entscheidungslehre. In H Storck (Ed.), *Gartenbauökonomie- heute und morgen* - (pp. 21–42). Hannover: Institut für Gartenbauökonomie der Universität Hannover.
- Wiedmann K-P (2012): Ansatzpunkte zur Messung der Unternehmensreputation als Grundlage einer Erfolg versprechenden Reputationsmanagementplanung – Das RepTrak-Konzept als Ausgangspunkt und Skizzen zur relevanten Weiterentwicklung. In C Wüst & R T Kreutzer (Eds.), *Corporate Reputation Management* (pp. 57–103). Wiesbaden: Springer Gabler.

Akzeptanz von digitalen Technologien in der Gesellschaft und in der landwirtschaftlichen Praxis

ANDREAS GABRIEL¹

Zusammenfassung

Digitale und autonome Technologien in der Landwirtschaft, wie große, autonom fahrende Maschinen oder kleine Feldroboter auf dem Acker und dem Gemüsefeld, bieten Potentiale, einen Beitrag zur Erfüllung aktueller gesellschaftlicher Anforderungen an die landwirtschaftliche Praxis zu leisten. Allerdings wird oftmals davon ausgegangen, dass eine zunehmende Digitalisierung automatisch die gesellschaftliche Akzeptanz der Landwirtschaft erhöht. Der vorliegende Beitrag untersucht zum einen den Einsatz digitaler Technologien in der Landwirtschaft aus Sicht der Gesellschaft. Eine bundesweite Online-Umfrage bei deutschen Verbraucher*innen (N = 2.012) erfasste die Wahrnehmung der Landwirtschaft insgesamt und die Akzeptanz digitaler Technologien in der Bevölkerung. Zum anderen stellt der Beitrag die Perspektive der landwirtschaftlichen Praxis der gesellschaftlichen Sicht entgegen. Hierfür wurden schriftliche Befragungen im Rahmen von mehreren landwirtschaftlichen Informationsveranstaltungen in Bayern durchgeführt, um den aktuellen Stand der Nutzung digitaler Technologien bei den teilnehmenden Landwirt*innen zu erfassen (N = 482). Es wird aufgezeigt, welche Technologien in Bayern mit seinen spezifischen ländlichen Strukturen eingesetzt werden und welche hemmenden und fördernden Aspekte eine Marktdurchdringung einzelner Technologien derzeit erschweren bzw. positiv beeinflussen. Die Ergebnisse der bundesweiten Online-Umfrage bestätigen, dass sich ein Großteil der deutschen Bevölkerung von der landwirtschaftlichen Praxis entfernt und damit ein Rückgang des allgemeinen Kenntnisstands über die aktuellen landwirtschaftlichen Produktionsprozesse zu verzeichnen ist. Bei der Konfrontation der Verbraucher*innen mit Bildern von digitalen Technologien auf dem Feld zeigt sich ein starker Einfluss der emotionalen Komponente bei der Bewertung der Bilder durch die Teilnehmenden. Die Befragung der bayerischen Landwirt*innen lässt einen generellen Nutzen neuer Technologien in der Praxis erkennen, allerdings herrscht noch Unklarheit und Unsicherheit bei einzelnen Technologien vor. Der tatsächliche Einsatz vieler bereits auf dem Markt verfügbarer digitaler Technologien hängt noch hinter den Erwartungen von Herstellern und Fördermittelgebern zurück. Weitere Untersuchungen zur Nutzung der Technologien und zu Akzeptanzhemmnissen bei Landwirt*innen helfen dabei, Handlungsfelder für Technologiefirmen und Politik für einen stärkeren Einsatz digitaler Technologien abzuleiten. Ansätze zur Erhöhung der Akzeptanz von moderner (digitaler) Land-

¹ Arbeitsgruppe Digital Farming, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, E-Mail: andreas.gabriel@lfl.bayern.de

wirtschaft in der Bevölkerung liegen in einer besseren Aufklärung der Bevölkerung mittels objektiver Informationen und bei der Beachtung der emotionalen Komponente bei landwirtschaftlichen Sachverhalten.

Summary

Digital technologies in agriculture, such as large, autonomous tractors or small field robots offer potentials to meet societal demands on agricultural practice. However, it is often assumed that increasing digitalization will automatically increase social acceptance of agriculture. This paper analyzes the use of digital technologies in agriculture from the perspective of society. A nationwide online survey of German consumers (N = 2,012) captured the public's perception and acceptance of agriculture in general, and of digital technologies. The article contrasts the social point of view with the perspective of agricultural practice. For this purpose, written surveys were conducted at several agricultural information events in Bavaria in order to record the current status of the use of digital technologies among the participating farmers (N = 482). Hereby, information is derived, which technologies are used in Bavaria with its rather small rural structures and which inhibiting and promoting aspects currently impede or support a market penetration of individual technologies. The results of the nationwide online survey confirm that a large part of the German population is moving away from agricultural practices, and thus there is a decline in the general level of knowledge about current agricultural production processes. When the survey participants are confronted with pictures of digital technologies used on the field, a strong influence of the emotional component is evident in the participants' evaluation of these pictures. The survey of Bavarian farmers indicates a general benefit of new technologies in practice, but there is still a lot of ambiguity and uncertainty. The actual use of many digital technologies already available on the market still lags the expectations of manufacturers and funding institutions. Further research on technology use and adoption barriers among farmers would help to derive areas of action for manufacturers and policymakers to increase the use of digital technologies. Approaches for increasing the acceptance of modern (digital) agriculture among the population include better education of the population by means of objective information and attention to the emotional component of agricultural issues.

1 Hintergrund

Bei Berichten in der Tagespresse werden sowohl die positiven Seiten als auch negative Effekte des Einsatzes digitaler Technologien in der Landwirtschaft thematisiert. Ein Beispiel für eine negative Berichterstattung ist die Darstellung von großen autonomen Landmaschinen als „Monster auf dem Acker“ (Röthlein, 2013). Pro-Argumenten wie Arbeitserleichterung, vermindertem Düngemiteleinsatz oder verbessertem Umweltschutz stehen negative Aussagen wie der Verlust der Hoheit über betriebliche Daten oder einhergehende Wettbewerbsnachteile für kleinere Betriebe entgegen (Mohr und Höhler, 2020). Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass sich der Blick der Gesellschaft

immer kritischer auf die vorherrschenden Prozesse in der landwirtschaftlichen Produktion richtet. Die gesellschaftlichen Erwartungen hinsichtlich Tierwohl und umweltbewusstem, nachhaltigem Pflanzenbau sind dabei so hoch wie nie zuvor (Matzdorf et al., 2014). Im Allgemeinen werden moderne Technologien als Zeichen von Innovation, Effizienz und Wohlstand wahrgenommen und deshalb überwiegend mit etwas Positivem in Verbindung gebracht (Boogaard et al., 2011). Beispiele in der Vergangenheit haben jedoch auch gezeigt, dass das Ausmaß gesellschaftlicher Kritik an modernen Technologien im Agrarbereich häufig unterschätzt wird. Hier zeigt sich, dass grundsätzliche technische Veränderungen und Innovationen im Agrarbereich in vielen Fällen kritischer bewertet werden als in anderen Bereichen (Shaw, 2002; König et al., 2010; Möller, 2011; Gupta et al., 2012). So werden beispielsweise gentechnisch hergestellte Medikamente (z. B. Insulin) eher akzeptiert als der Einsatz von gentechnisch veränderten Pflanzen für die menschliche Ernährung (Bauer, 2002; Frewer et al., 1997). Der Einsatz von Pestiziden in der Pflanzenproduktion galt ursprünglich als eine bedeutende Innovation, die neue Möglichkeiten der Ernährungssicherheit bietet, stellt sich aber bis heute als Gegenstand einer intensiven öffentlichen Diskussion über deren negativen Auswirkungen auf Mensch, Tier und Natur dar. Das Beispiel der Pestizide unterstreicht auch, dass einmal etablierte negative Wahrnehmungen und Meinungen in der Öffentlichkeit schwer zu beseitigen sind (Frewer, 2017).

Die Einstellung der Öffentlichkeit gegenüber der modernen Landwirtschaft, einschließlich der modernen Tierhaltung, ist somit als ambivalent zu sehen. Modernität und technischer Fortschritt in der Landwirtschaft werden nicht generell als negativ angesehen, aber häufig mit dem Verlust von Werten, Traditionen und Natürlichkeit in Verbindung gebracht (Alrøe und Kristensen, 2002; Lassen et al., 2006). Dieses Dilemma ist ein Grund dafür, dass die moderne landwirtschaftliche Produktion in der Öffentlichkeit oft kritisiert wird, da sie einer in der Gesellschaft tief verwurzelten Vision von romantischen, idyllischen Familienbetrieben und „Museumslandwirtschaft“ widerspricht (Boogaard et al., 2011; Christoph-Schulz, 2018). Angesichts dieser differenzierten Wahrnehmung von Innovationen im Agrar- und Ernährungssektor kann allein aufgrund von erhöhter Produktivität oder nachhaltigerer Produktionsweisen durch den Einsatz digitaler Technologien in Landwirtschaft und Gartenbau nicht davon ausgegangen werden, dass diese automatisch eine erhöhte Akzeptanz in der Gesellschaft erfahren.

Obwohl die öffentliche Akzeptanz von digitalen Technologien in der Landwirtschaft (DTL) von hoher Bedeutung für eine erfolgreiche Implementierung ist, wurde in diesem Bereich bisher nur wenig Forschung betrieben. Häufig werden die wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen der landwirtschaftlichen Systeme analysiert, während die soziale Komponente vernachlässigt wird (Dent et al., 1995; Mollenhorst, 2005). Zudem konzentrierten sich bisherige Studien zur Akzeptanz von digitalen Technologien hauptsächlich auf die Landwirt*innen selbst und untersuchten das Adoptionsverhalten zu einzelnen Technologien (Klerkx et al., 2019). Auch technologische Entwicklungen, die sich mit anderen Branchen überschneiden, wie z. B. autonomes Fahren, finden in Bezug auf die Landwirtschaft wenig Beachtung. Während die öffentliche Akzeptanz dieser Innovation bereits seit einiger Zeit im Bereich der Automobilindustrie erforscht wird (z. B. Fraedrich und

Lenz, 2016), wurden Anwendungen in der landwirtschaftlichen Praxis bislang nur unzureichend untersucht.

Der vorliegende Beitrag stellt zum einen die Wahrnehmung und Akzeptanz des Einsatzes digitaler Technologien in der Landwirtschaft aus Sicht der Gesellschaft dar.² Zum anderen wird dieser Sichtweise die Perspektive der landwirtschaftlichen Praxis entgegengesetzt und untersucht, welche Technologien derzeit von Landwirt*innen in Bayern eingesetzt werden. Weiterhin wird aus der Sicht der Landwirt*innen erfasst, welche hemmenden und fördernden Aspekte eine Marktdurchdringung einzelner Technologien beeinflussen. Der Beitrag schließt mit Schlussfolgerungen zu beiden Untersuchungen und abgeleiteten Hinweisen zur Steigerung der Akzeptanz von digitalen Technologien, sowohl bei Verbraucher*innen als auch auf Ebene der Landwirtschaft.

Aufgrund der zeitlich großen Distanz zwischen Vortrag und Veröffentlichung des vorliegenden Tagungsbandes ist die Situation entstanden, dass zwischenzeitlich ein wesentlich umfangreicherer Datensatz zur Akzeptanz digitaler Technologien in der bayerischen Landwirtschaft vorliegt (Gabriel und Gandorfer, 2020). Der Autor weist darauf hin, dass die grundlegenden Aussagen und Schlussfolgerungen auf Basis des in diesem Beitrag dargestellten Datensatzes weitgehend konsistent mit dem nun vorliegenden größeren Datensatz sind. Der in diesem Beitrag verwendete Datensatz zur gesellschaftlichen Akzeptanz digitaler Technologien und die darauf aufbauenden Ergebnisse wurden zwischenzeitlich in einem Journalartikel veröffentlicht (Pfeiffer et al., 2021).

2 Methodik und Vorgehensweise

2.1 Online-Umfrage Bevölkerung Deutschland

Datengrundlage der Untersuchung der gesellschaftlichen Perspektive bildet eine Online-Umfrage zu digitalen Technologien in der Landwirtschaft, die im Sommer 2018 deutschlandweit durchgeführt wurde. Der Zugang zu den Befragten erfolgte über ein Bevölkerungspanel eines spezialisierten deutschen Felddienstleisters. Die vorquitierte Stichprobe ($N = 2.012$) repräsentiert in ihrer Zusammensetzung die in Deutschland wohnhafte Bevölkerung hinsichtlich Geschlecht, Alter, Wohnortgröße und Bildungsabschluss (Tabelle 1).

² Die ausführlichen Ergebnisse zur Online-Befragung der deutschen Bevölkerung 2018 sind veröffentlicht und frei zugänglich (Pfeiffer et al., 2021).

Tabelle 1: Soziodemografische Verteilung der Stichprobe (vorquotiert)

Merkmal/Einteilung	n	%
Geschlecht*		
Weiblich	1.011	50,2
Männlich	1.001	49,8
Alter*		
18 - 29 Jahre	340	16,9
30 - 39 Jahre	364	18,1
40 - 49 Jahre	395	19,6
50 - 59 Jahre	459	22,8
60 Jahre oder älter	454	22,6
Wohnortgröße*		
Weniger als 5.000 Einwohner	284	14,1
5.000 bis 99.999 Einwohner	1.075	53,4
100.000 Einwohner und mehr	653	32,5
Höchster Bildungsabschluss*		
(Noch) kein allgemeiner Schulabschluss oder Haupt- bzw. Mittelschule ohne Lehre	94	4,7
Haupt- bzw. Mittelschule mit Lehre	487	24,2
Mittlere Reife/weiterführende Schule ohne Abitur	686	34,1
Abitur, Hochschulreife ohne Studium	327	16,3
Studium (Universität, Hochschule, Fachhochschule, Akademie, Polytechnikum)	418	20,8

Anm.: *Repräsentative Verteilung der deutschen Bevölkerung nach dem b4p-Datensatz 2017 (Grundgesamtheit: deutsche Einwohner über 18 Jahre mit ständigem Internetzugang).

Quelle: Eigene Erhebung; N = 2.012.

Zusätzlich wurden mittels Likert-Skalen der Bezug der Verbraucher*innen zum landwirtschaftlichen Sektor, vorhandene Kenntnisse und die persönliche Einstellung zur Landwirtschaft und ihren Produktionsverfahren in Deutschland ermittelt. Weiterhin wurde der Standpunkt der Befragten zum Einsatz digitaler Technologien in der Landwirtschaft erfasst. Hierfür sollten die Befragten ihre Zustimmung bzw. Ablehnung zu mehreren Statements geben, die die positiven bzw. negativen Auswirkungen des Einsatzes digitaler Technologien in der Landwirtschaft thematisierten. Die gewonnenen Daten aus der Online-Umfrage wurden auf Plausibilität und Datenqualität überprüft und für die Analysen aufbereitet. Die Auswertung erfolgte über Microsoft Excel und IBM SPSS 25.0.

In einem weiteren Abschnitt des Online-Fragebogens wurden den Teilnehmenden der Umfrage Bilder digitaler Technologien im praktischen Einsatz vorgelegt, zu denen sie spontane Aussagen treffen konnten. Den Befragten wurden insgesamt vier Bilder digitaler Technologien im praktischen Einsatz gezeigt, zu denen sie jeweils bis zu drei freie Spontanassoziationen nennen konnten. Für die Tierhaltung wurden ein Bild eines Melkroboters mit einer Kuh während des Melkens sowie ein Bild mit einem Roboter zur automatischen Grundfuttervorlage gezeigt. Für den Bereich Außenwirtschaft wurde der Fokus auf unterschiedliche digitale Möglichkeiten zur Aussaat gelegt. Ein Bild

zeigte einen Schwarm kleiner Roboter und ein weiteres einen großen, autonomen Traktor im Einsatz auf dem Feld. Die genannten, freien Assoziationen zu den Bildern können mit den Antworten der Befragten zu den vorherigen Fragestellungen des Online-Fragebogens gegenübergestellt und verglichen werden. Für den vorliegenden Beitrag werden lediglich die Aussagen zu den beiden Bildern zur Außenwirtschaft (Schwarmroboter vs. große autonome Traktoren) analysiert und dargestellt.³ Die maximal drei freien Angaben der Befragten zu jedem der gezeigten Bilder wurden in mehreren Schritten in Einzelkategorien zusammengefasst und jeweils anhand ihrer Inhalte in die Kategorien „negative Assoziation“ (-), „neutrale Bewertung“ (0) und „positive Assoziation“ (+) eingeteilt.

2.2 Befragungen von Landwirt*innen in Bayern

Um Einblicke in die Digitalisierung der landwirtschaftlichen Praxis zu erhalten, wurde bei mehreren landwirtschaftlichen Informationsveranstaltungen in Bayern eine schriftliche Befragung organisiert. Jeweils im Mai und Juni fanden die von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) organisierten „Hacktage“ zur automatisierten, mechanischen Unkrautregulierung im Jahr 2018 in Schonungen (Lkr. Schweinfurt) und Ruhstorf a. d. Rott (Lkr. Passau) sowie im Jahr 2019 in Neuburg a. d. Donau (Lkr. Neuburg-Schrobenhausen) und Meeder (Lkr. Coburg) statt. Das Feld der Teilnehmenden dieser vier Veranstaltungen mit überwiegend im Ackeranbau tätigen Landwirt*innen informierte sich vor Ort über innovative Verfahren zur automatisierten Unkrautregulierung. Die Teilnehmenden der Veranstaltungen bekamen aktuelle Hacktechniken im Feldversuch erläutert und wurden gebeten, anhand eines schriftlichen Fragebogens zum Thema „Digitalisierung in der Landwirtschaft“ Stellung zu nehmen. Ergänzend wurden Landwirt*innen verschiedener Produktionsschwerpunkte auf weiteren Veranstaltungen in fünf bayerischen Regionen zwischen Dezember 2018 und Februar 2019 befragt (Tabelle 2).

³ Eine ausführliche Darstellung der Stichprobe und der abgefragten Items und Bilder sind Pfeiffer et al. (2021) zu entnehmen. Die beiden gezeigten Bilder zum autonomen Fahren (Autonomer Traktor bei der Aussaat auf dem Feld) und der Kleinrobotik (Schwarmroboter bei der Aussaat) können unter <https://www.caseih.com/emea/de-at/News/Pages/2016-08-30-Case-IH-stellt-auf-der-Farm-Progress-Show-neues-Traktorkonzept-vor.aspx> (Zugriff am 15. Juni 2018) bzw. <https://www.fendt.com/int/fendt-mars> (Zugriff am 15. Juni 2018) abgerufen werden.

Tabelle 2: Übersicht der schriftlichen Befragung von bayerischen Landwirten

Veranstaltungsort (Landkreis)	Schwerpunkt Veranstaltungen ¹	N ²	davon in %				
			Betrieb Vollerwerb	Betrieb Konventionell	BL Alter < 40 J.	BL männlich	BL Hoher Ausbildungsgrad ³
Schonungen (SW)	„Hacktage“	71	60,3	75,4	40,8	98,6	67,7
Ruhstorf (PA)	„Hacktage“	47	52,3	66,7	40,4	91,3	65,2
Meeder (CO)	„Hacktage“	109	73,1	78,8	44,4	92,7	63,2
Neuburg (ND)	„Hacktage“	65	75,4	64,3	65,6	87,9	49,1
Grub (EBE)	Allgemein	36	86,1	88,2	69,4	87,9	36,1
Regensburg (R)	Allgemein	37	81,1	96,7	32,4	94,3	42,4
Herrieden (ANS)	Allgemein	35	97,1	96,6	57,1	97,0	73,5
Rattiszell (SR)	Allgemein	54	83,0	89,7	40,7	84,0	48,9
Gestratz (LI)	Allgemein	28	82,1	54,5	25,0	84,0	50,0
Gesamt		482	74,7	78,5	49,2	91,5	57,0

Anm.: ¹Bei den vier LfL-Veranstaltungen "Hacktage" 2018/2019 wurden die Befragungsteilnehmenden explizit zum Thema digitale/automatische Hacktechnik eingeladen. ² Für Berechnungen verwendet. ³ Hoher Ausbildungsgrad: Hochschule, Techniker, Meister; ansonsten: LW-Geselle, Sonstiges.

Quelle: Eigene Erhebung; N = 482.

Um eine möglichst hohe Zahl der Veranstaltungsteilnehmenden zu erreichen, wurde für die Befragungen ein standardisierter Fragebogen entwickelt. Neben Fragen zum Betrieb (Standort, Bewirtschaftungsform, Produktionsrichtung) und der Person (Alter, Geschlecht, Ausbildung) der Teilnehmenden wurden Fragestellungen zum derzeitigen und geplanten Einsatz von digitalen Technologien sowie zur Einstellung zu solchen Technologien literaturgestützt und in Form von Likert-Skalen ausgearbeitet. Obwohl der Fragebogen sowohl für die „Hacktage“ als auch für die allgemeinen landwirtschaftlichen Veranstaltungen angepasst wurde, sind die Fragestellungen beider Varianten konsistent und die Ergebnisse miteinander vergleichbar. Alle Teilnehmenden erhielten den Fragebogen mit den Veranstaltungsunterlagen und wurden vor Ort mehrmals gebeten, den zweiseitigen Bogen auszufüllen.

Im Anschluss an die Erhebungen wurden die Datensätze zusammengefügt und auf konsistentes Antwortverhalten untersucht. Fragebögen mit geringer Antwortqualität wurden für die weiteren Auswertungen ausgeschlossen. Die insgesamt 482 verwendbaren Fragebögen der verschiedenen Veranstaltungen wurden in codierter Form in eine Excel-Datei eingegeben und für die Berechnungen im Statistikprogramm IBM SPSS 25.0 aufbereitet. Neben deskriptiven Auswertungen der aggregierten Daten (Häufigkeiten, Mittelwerte) konnten Gruppenunterschiede hinsichtlich der Ansichten zu Hemmnissen und Nutzen von digitalen Technologien identifiziert werden.

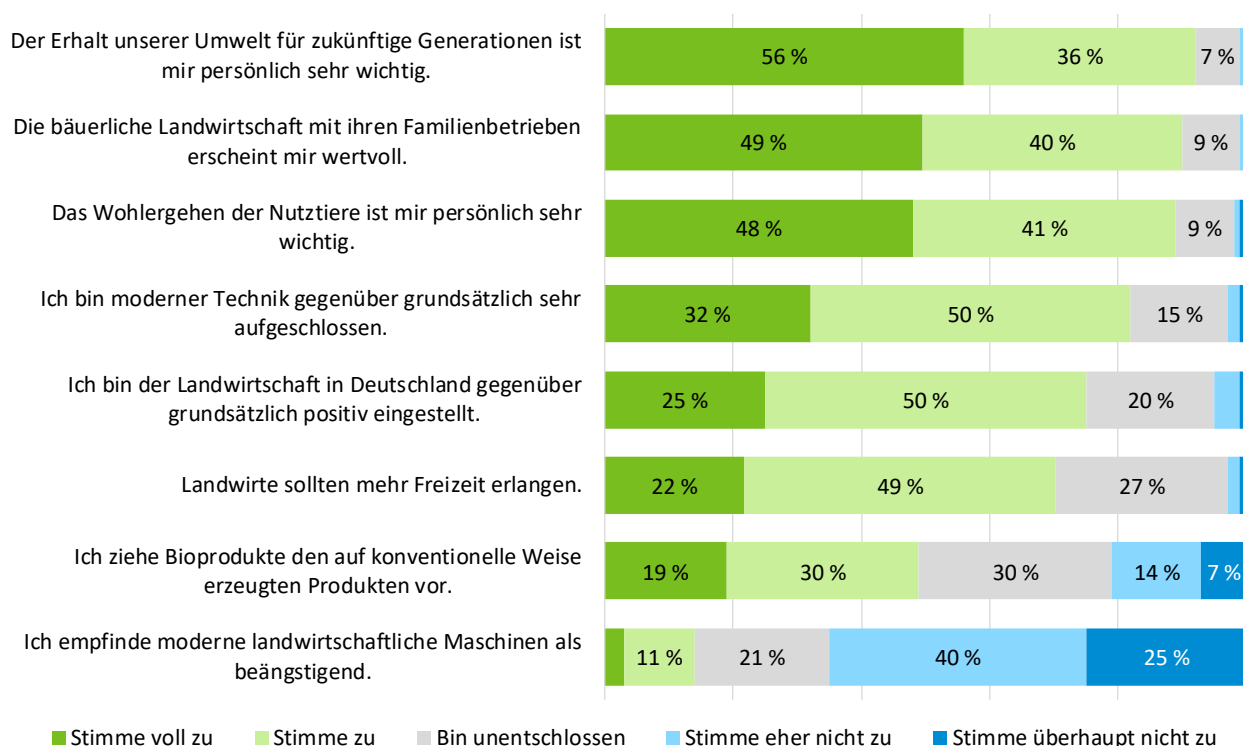
3 Ergebnisse

3.1 Wahrnehmung und gesellschaftliche Akzeptanz von digitalen Technologien in der Landwirtschaft

3.1.1 Generelle Einstellungen zur Landwirtschaft in Deutschland

Der erste Abschnitt der Online-Umfrage zeigt, wie die Bevölkerung im Allgemeinen über die Landwirtschaft in Deutschland denkt und welche Werte und Einstellungen für sie im Bezug zur landwirtschaftlichen Praxis im Vordergrund stehen. Ein höheres Wohl von Nutztieren und der Erhalt der Natur stehen dabei an vorderster Stelle (Abbildung 1). Von den Befragten stimmen 89 % (Tierwohl) beziehungsweise 92 % (Umwelt) zu oder voll zu. Ebenso wertvoll wird eine bäuerliche Landwirtschaft mit ihren Familienbetrieben eingestuft (89 % der Teilnehmenden stimmen zu oder voll zu). Die Mehrheit der Befragten gibt an, gegenüber dem Einsatz moderner Technik und Maschinen in der Landwirtschaft grundsätzlich aufgeschlossen zu sein. Dagegen stimmt nur jeweils ein Drittel der Befragten zu, dass deutsche Landwirt*innen die Umwelt schützen und sehr auf das Wohlergehen ihrer Tiere achten. Damit in Verbindung stehend empfindet auch nur ein Drittel der Befragungsteilnehmenden die Darstellung der deutschen Landwirtschaft in den Medien als zu negativ.

Abbildung 1: Bedeutung von Werten und Einstellungen in Bezug auf die Landwirtschaft



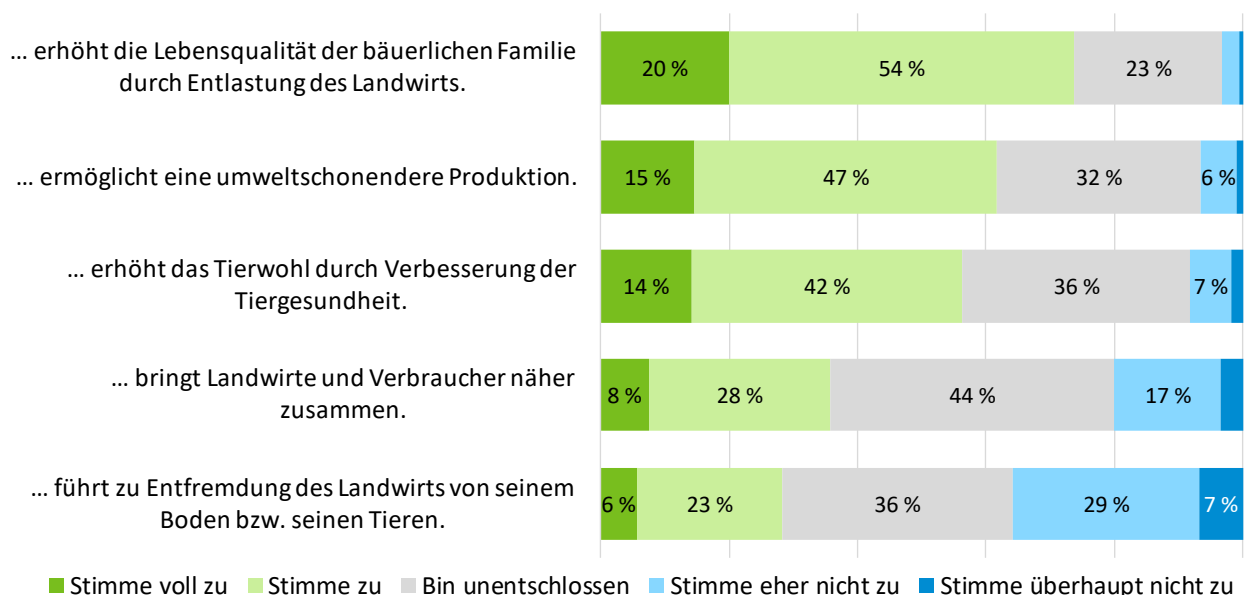
Quelle: Eigene Erhebung; N = 2.012.

3.1.2 Einstellungen zu digitalen Technologien in der Landwirtschaft

Die befragten Verbraucher*innen erweisen sich gegenüber dem Einsatz digitaler Technologien in der Landwirtschaft überwiegend positiv eingestellt (Abbildung 2). Die Mehrheit der Befragten geht davon aus, dass digitale Technologien eine umweltschonendere Produktion ermöglichen und das Tierwohl durch die Verbesserung der Tiergesundheit erhöhen können. Darüber hinaus denkt der Großteil der Teilnehmenden an der Umfrage, dass die Lebensqualität der bäuerlichen Familien durch digitale Technologien verbessert werden können. Das Stimmungsbild ist etwas gemischter bezüglich der Frage, ob die Digitalisierung Landwirt*innen und Verbraucher*innen näher zusammenbringt. Die von vielen Akteurinnen und Akteuren im Landwirtschaftssektor erhoffte höhere Transparenz in der Wertschöpfungskette, die die Landwirtschaft und die Gesellschaft näher zusammenbringen soll, wird demnach nur in begrenztem Ausmaß von der Bevölkerung wahrgenommen. Die Meinungen der Befragten sind ambivalent bei der Frage, ob digitale Technologien zur Entfremdung der Landwirt*innen von Boden bzw. Tieren führen.

Abbildung 2: Allgemeine Einstellungen zur Digitalisierung in der Landwirtschaft

Der Einsatz neuer digitaler Technologien in der Landwirtschaft ...



Quelle: Eigene Erhebung; N = 2.012.

Die Ergebnisse zur allgemeinen Einstellung der Befragten zu digitalen Technologien in der Landwirtschaft machen deutlich, dass die Bevölkerung bei neuen Entwicklungen in erster Linie Potentiale hinsichtlich einer Entlastung der bäuerlichen Familie und einer Erhöhung ihrer Lebensqualität sieht. Mehr als die Hälfte der Befragten sieht durch die Digitalisierung Möglichkeiten für eine umweltschonendere Produktion und der Verbesserung der Tiergesundheit gegeben. Jedoch traut nur

etwa ein Drittel der Befragten der Digitalisierung in der Landwirtschaft zu, dass dadurch Landwirt*innen und Verbrauchende wieder näher zusammengebracht werden. Über alle abgefragten Aspekte hinweg ist der Anteil der Befragten, die weder zustimmten noch ablehnten sehr hoch, was in der Bevölkerung auf eine generelle Unsicherheit bezüglich der Einschätzung des Einsatzes digitaler Technologien in der Landwirtschaft schließen lässt.

3.1.3 Spontanassoziationen zu gezeigten Bildern

Die in diesem Beitrag untersuchte gesellschaftliche Akzeptanz wird als Funktion von Vertrauen, Werten und Überzeugungen determiniert (Te Velde et al., 2002). Da sich diese Einzeldeterminanten nur schwer rational messen lassen, wird auch eine emotionale Komponente anhand von Aussagen zu Bildern digitaler Technologien hinzugefügt. Zu den beiden in der Befragung gezeigten Bildern zum Einsatz digitaler Technologien in der Außenwirtschaft konnten 4.397 (Bild mit autonomen Großtraktor) und 3.982 (Bild mit Feldrobotern) verwendbare Assoziationen gesammelt und kategorisiert werden. Während bei den vorherigen Fragestellungen zur Einstellung über die Nutzung von digitalen Technologien in der Landwirtschaft die Zustimmung zu den positiven Effekten überwiegt, ist das Stimmungsbild bei den spontanen Assoziationen zu den gezeigten Bildern insgesamt kritischer (Tabelle 3). Obwohl viele der Befragten den beiden gezeigten Technologien zur Außenwirtschaft Begriffe wie „Effizienz“, „Arbeitserleichterung“ und „modern“ zuordnen, werden oftmals auch negativ behaftete Aspekte wie „Arbeitsplatzverlust“, „befremdlich“, „Angst“ und „schrecklich“ mit den Bildern assoziiert. Bei den beiden digitalen Varianten zur Aussaat auf dem Feld ist zu beobachten, dass kleine Feldroboter im Vergleich zu großen autonomen Maschinen insgesamt positiver wahrgenommen werden. Während der autonome Traktor beispielsweise als „Monster“, „übertrieben“ und „befremdlich“ beschrieben wird, werden Schwarmroboter vermehrt mit Begriffen wie „süß“, „niedlich“ und „vorstellbar“ in Verbindung gebracht.

Tabelle 3: Spontanassoziationen zu den gezeigten Bildern zur Außenwirtschaft: Ranglisten der 10 häufigsten Kategorien

Rang	Zusammengefasste Kategorien	Anzahl Nennungen	Generelle Tendenz*
<i>Bild 1: Autonomes Fahren - Autonomer Traktor auf dem Feld (Anzahl verwendbarer Nennungen: 4.397)</i>			
1	Zukunft und Fortschritt	737	+
2	Arbeitserleichterung, Arbeitsreduktion, Effizienz	635	+ / (-)
3	Digitalisierung, autonom, Automation	605	0
4	Feldanbau	493	0
5	Technologie	452	0
6	Begriffe der Abneigung (z. B. "unheimlich")	303	-
7	Begriffe der Zustimmung (z. B. "gut")	235	+
8	Bedenken zum Umweltschutz	173	-
9	Industrielle Landwirtschaft/Größendimension	170	- / 0
10	Natur und Pflanze	156	0
<i>Bild 2: Schwarmtechnologie - Feldroboter (Anzahl verwendbarer Nennungen: 3.982)</i>			
1	Digitalisierung, autonom, Automation	667	0
2	Arbeitserleichterung, Arbeitsreduktion, Effizienz	643	+ / (-)
3	Zukunft und Fortschritt	591	+
4	Feldanbau	357	0
5	Industrielle Landwirtschaft/Größendimension	333	- / 0 / +
6	Technologie	284	0
7	Begriffe der Abneigung (z. B. "befremdlich")	275	-
8	Begriffe der Zustimmung (z. B. "gut", "niedlich")	267	+
9	Kosten der Technologie	142	- / (0) / (+)
10	Umweltschutz, Umweltschonung	76	+

Anm.: *Tendenz der Kategorien: + = positiv; 0 = neutral; - = negativ

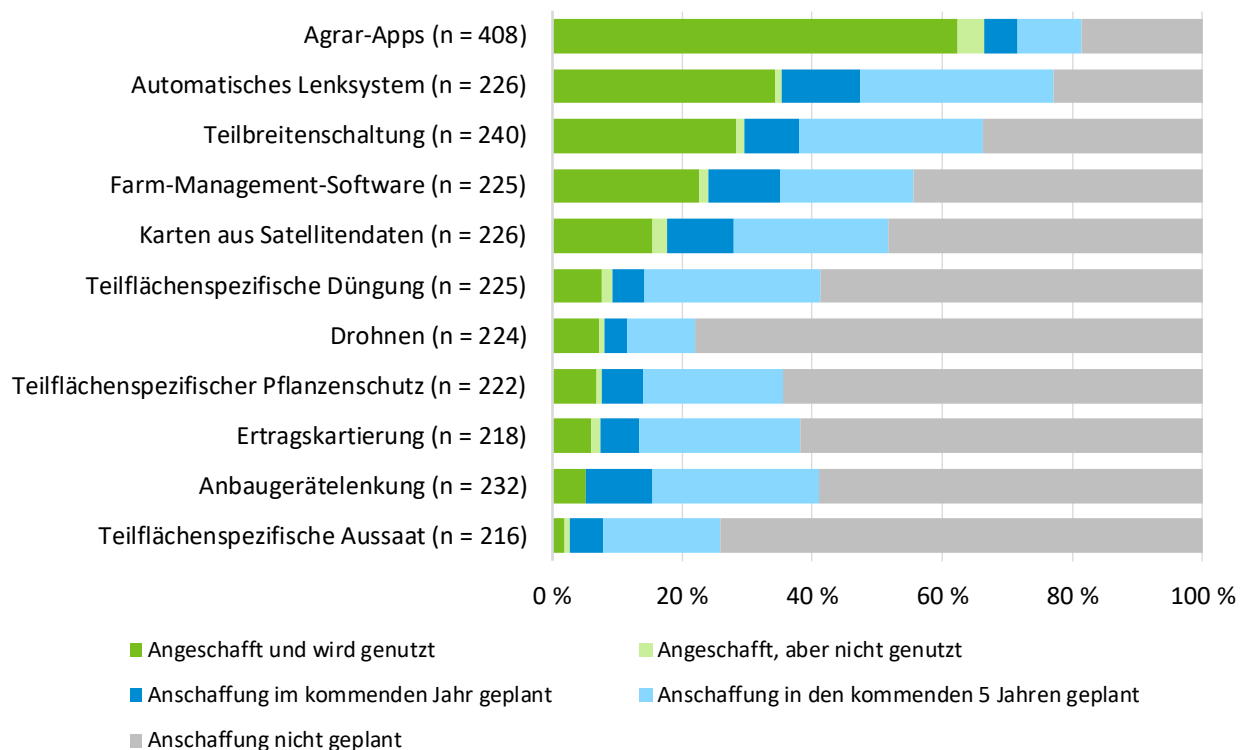
Quellen: Pfeiffer et al. (2021); Eigene Erhebung.

3.2 Nutzung und Hemmnisse von digitalen Technologien in der Praxis

Im Folgenden wird den Sichtweisen der Gesellschaft in Bezug auf die Digitalisierung in der Landwirtschaft die Perspektive der landwirtschaftlichen Praxis darauf gegenübergestellt. Die Stichprobe setzt sich aus Befragungsteilnehmenden bei mehreren landwirtschaftlichen Veranstaltungen in Bayern zusammen. Das Maß an Aufgeschlossenheit der befragten Landwirt*innen gegenüber digitalen Technologien zeigt sich dadurch, inwieweit sie bereits digitale Technologien einsetzen oder sich mit einer möglichen Investition in diesem Bereich beschäftigen. Darum wurden die Landwirt*innen gefragt, welche digitalen Helfer bereits in ihren Betrieben im Einsatz oder als zukünftige Anschaffungen geplant sind (Abbildung 3). Die unterschiedliche Fallzahl der abgefragten Tech-

nologien richtet sich u. a. nach den vorliegenden Produktionsschwerpunkten der befragten Landwirte. Betriebe mit reiner Tierhaltung wurden nicht zu Technologien für die Außenwirtschaft befragt.⁴

Abbildung 3: Übersicht über den tatsächlichen und geplanten Einsatz verschiedener Technologien bei den befragten bayerischen Landwirt*innen



Quelle: Eigene Erhebung.

Es zeigt sich, dass ein Großteil der Befragten sowohl in der Innen- als auch in der Außenwirtschaft „Agrar-Apps“ aller Art nutzt. Mehr als 60 % der Befragten nutzen solche Apps für Wettervorhersagen oder Informationsplattformen, und etwa jeder Sechste plant, in Zukunft auf solche Apps zurückzugreifen. In Bezug auf den Einsatz von digitalen Geräten auf dem Feld erwiesen sich GPS-gesteuerte Teilbreitenschaltung und automatische Lenksysteme als bereits stark genutzte Technologien. Teilflächenspezifische Bewirtschaftung z. B. in den Bereichen Pflanzenschutz, Düngung oder Aussaat werden bisher nur von einem geringen Anteil der befragten Landwirt*innen genutzt. Nur

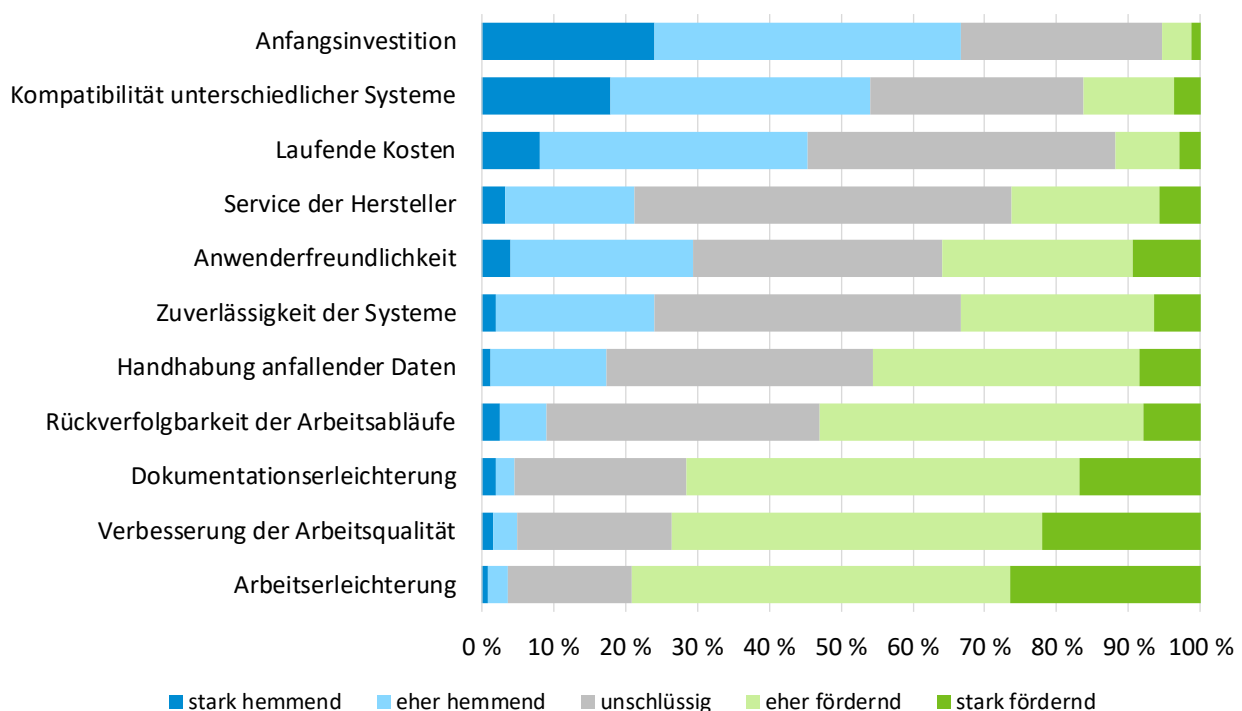
⁴ Hinweis: Im Jahr 2020 wurde von der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft eine bundeslandesweite Online-Umfrage zu den derzeitigen Nutzungsanteilen von 31 digitalen Technologien in der Landwirtschaft durchgeführt. Obwohl sich die Anteile zu den hier gezeigten Technologien nicht deutlich unterscheiden, sind die Ergebnisse nun in einem höheren Detailgrad darstellbar (Gabriel und Gandorfer, 2020). Eine Ergebnisübersicht ist unter <https://www.lfl.bayern.de/digital-farming> zu finden.

rund ein Drittel der Befragten plant, Technologien zur Teilflächenbewirtschaftung kurz- oder langfristig anzuschaffen.

Eine weitere Frage im Fragebogen beleuchtet die aus Sicht der Praxis vorherrschenden Einflüsse auf die allgemeine Verbreitung von digitalen Technologien. Abbildung 4 zeigt die Einschätzungen zu fördernden oder hemmenden Einflüssen auf einer fünfstufigen Antwortskala von „stark hemmend“ bis „stark fördernd“, wobei der mittlere Skalenteil die Antwortkategorie „bin unentschlossen“ darstellt. Es wird deutlich, dass es aus Sicht der Befragten vor allem finanzielle Aspekte (Investitions- und Betriebskosten) sind, die die Verbreitung von neuen digitalen Technologien in der Landwirtschaft stark einschränken. Doch auch eine fehlende Kompatibilität neuer digitaler Systeme mit der bereits bestehenden Infrastruktur im Betrieb wird als eher hemmend angesehen.

Bei den Aspekten zur Zuverlässigkeit von Technologien, dem Herstellerservice und der Anwenderfreundlichkeit kann insgesamt keine eindeutige hemmende oder fördernde Tendenz erkannt werden. Diese können je nach betrachteter Technologie sehr unterschiedlich ausfallen und lassen sich generell nur schwer bewerten. Arbeitserleichterung und eine Verbesserung der Arbeitsqualität sind die vorrangigen fördernden Aspekte, die zu einer schnelleren oder umfangreicheren Verbreitung von Technologien beitragen können. Weiterhin werden den damit einhergehenden Möglichkeiten zur Dokumentationserleichterung und zur besseren Rückverfolgbarkeit von Arbeitsprozessen eine fördernde Wirkung zugeschrieben.

Abbildung 4: Hemmnisse und fördernde Aspekte für die Verbreitung von digitalen Technologien



Quelle: Eigene Erhebung; N = 482.

In einer abschließenden Frage konnten die Umfrageteilnehmenden den aus Ihrer Sicht generellen Nutzen neuer digitaler Unterstützungshilfen für die Landwirtschaft bewerten.⁵ Die Resonanz der Teilnehmenden an der Umfrage bezüglich der Zustimmung oder Ablehnung von digitalen Technologien in der Landwirtschaft ergab ein überwiegend positives Stimmungsbild. So sehen 26 % der 482 befragten Landwirt*innen starke Vorteile und mehr als die Hälfte zumindest leichte Vorteile durch den Einsatz von digitalen Technologien in der Landwirtschaft. Etwas mehr als jeder Zehnte der Befragten ist diesbezüglich unschlüssig, während knapp 7 % leichte bis starke Nachteile sehen und der Digitalisierung damit generell skeptisch gegenüberstehen.

4 Fazit

Digitale Technologien wie autonom fahrende Traktoren oder auch kleine Feldroboter auf dem Feld haben das Potential, zur Erfüllung aktueller gesellschaftlicher Erwartungen an die Landwirtschaft beizutragen. Große Hoffnungen werden speziell auf Technologien gesetzt, die einen Beitrag zu rückstandsfreien Nahrungsmitteln, Natur- und Umweltschutz oder mehr Tierwohl leisten können. Bei allen Vorteilen, die der Einsatz neuer digitaler Technologien in der landwirtschaftlichen Praxis mit sich bringt, wird deren Wahrnehmung in der Gesellschaft oftmals nicht berücksichtigt. Dieser Beitrag untersuchte daher die gesellschaftliche Sichtweise auf den Einsatz digitaler Technologien in der Landwirtschaft. Die Ergebnisse der bundesweiten Online-Befragung bestätigen, dass sich die deutsche Bevölkerung verstärkt von der modernen Landwirtschaft entfernt. Die Konfrontation der Befragten mit Bildern von digitalen Anwendungen zeigt die Bedeutung der emotionalen Komponente bei der Wahrnehmung der Technologien, die in einer Vielzahl an negativen Äußerungen zu den gezeigten Technologien mündeten. Zudem deckt das breite Spektrum an Spontanassoziationen mit sowohl positiven, neutralen als auch negativen Aussagen zu den gezeigten Bildern den eher niedrigen Kenntnisstand zur modernen landwirtschaftlichen Praxis bei den Teilnehmenden der Befragung auf.

Dieses Ergebnis in Kombination mit dem hohen Anteil an Unentschlossenheit bei den abgefragten Items zur Einstellung gegenüber dem Einsatz von digitalen Technologien in der Landwirtschaft belegen den zusätzlichen Informationsbedarf der Gesellschaft bei der Implementierung von technischen Innovationen in einem stark emotional belegten Bereich wie der Landwirtschaft (siehe auch Holloway, 2004; Wuepper et al., 2018). Ein Ansatz zur Erhöhung der gesellschaftlichen Akzeptanz von (digitaler) Landwirtschaft liegt einerseits in der besseren Aufklärung der Bevölkerung mittels objektiver Information und andererseits in einem größeren Beimmessen der emotionalen Komponente von landwirtschaftlichen Sachverhalten. So wurden beispielsweise die beiden auf den Bildern gezeigten digitalen Technologien zur Aussaat häufig als „befremdlich“ oder „unheimlich“ empfunden. Hieraus lässt sich ein besonderer Aufklärungsauftrag für die landwirtschaftliche Praxis

⁵ Hier wurde erneut eine fünfstufige Skala verwendet zwischen „starke Vorteile“ bis „starke Nachteile“ mit der mittleren Kategorie „bin unschlüssig“.

und öffentliche Einrichtungen im Agrarbereich ableiten. Durch geeignete Kommunikations- und Demonstrationsstrategien sollte objektiv und neutral über die Landwirtschaft und ihre vielfältigen Leistungen allgemein als auch über einzelne digitale Technologien im Speziellen aufgeklärt werden, ohne damit einhergehende Problembereiche zu verschweigen.

Entgegen einiger öffentlicher Meinungen (z. B. Innovationsinitiative Landwirtschaft 2016) deuten die Ergebnisse der Bevölkerungsbefragung darauf hin, dass es eher unwahrscheinlich ist, dass der Einsatz von digitalen Technologien in der Landwirtschaft allein das Image der Landwirtschaft zu verbessern und Akzeptanz in der Bevölkerung zu erhöhen vermag. Es zeigt sich jedoch, dass ein stärkeres Vertrauen und eine generelle positive Einstellung des Verbrauchers gegenüber der Landwirtschaft auch die Einstellung zum Einsatz digitaler Technologien verbessert (Siegrist, 2008; Sparks et al., 1994).

Die Ergebnisse der in diesem Beitrag ebenfalls dargestellten Befragungen bei bayerischen Landwirten lassen einen generellen Nutzen von digitalen Technologien in der Praxis erkennen. Allerdings herrscht auch bei den Landwirt*innen noch ein hohes Maß an Unklarheit und Unsicherheit bei einzelnen Technologien vor. Der Einsatzumfang vieler bereits am Markt verfügbarer digitaler Technologien liegt noch hinter den Erwartungen von Herstellern und Fördermittelgebern zurück. Die Ursachen hierfür liegen nicht immer in monetären Hindernissen, wie den Investitionskosten oder der Wirtschaftlichkeit einzelner Technologien. Akzeptanzhemmnisse für den Bereich Precision Agriculture werden zwar seit längerer Zeit mit verschiedenen methodischen Ansätzen untersucht (z. B. Bramley, 2009; Aubert et al., 2012), allerdings liegen kaum repräsentative wissenschaftliche Untersuchungen für einzelne Regionen oder landwirtschaftliche Bereiche vor. Im Jahr 2020 wurde von der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft eine bayernweite Online-Umfrage zu den derzeitigen Nutzungsanteilen von digitalen Technologien in mehreren landwirtschaftlichen Sektoren (Ackerbau, Tierhaltung, Sonderkulturen wie Obst und Gemüse) durchgeführt (Gabriel und Gaudorfer, 2020). Solche regionalen repräsentativen Untersuchungen zur Technologienutzung und vorherrschenden Akzeptanzhemmnissen bei Landwirt*innen können dabei unterstützen, mögliche Ansatzpunkte für Hersteller, Beratung und Politik zur Verbesserung der Adoption abzuleiten. Technologieherstellern und Anbietern digitaler Technologien ist beispielsweise ein besserer Kenntnisstand über die aktuellen Sichtweisen der Landwirte hilfreich, um Kompatibilitätsprobleme beim gleichzeitigen Einsatz verschiedener Systeme zu lösen oder die Anwendungsfreundlichkeit der Technologien zu erhöhen. Politik und Fördermittelgeber können gezielter finanzielle Anreize anbieten, um die digitale Transformation der Landwirtschaft nachhaltig zu unterstützen.

Literaturverzeichnis

- Alrøe HF, Kristensen ES (2002) Towards a systemic research methodology in agriculture: Rethinking the role of values in science. *Agriculture and Human Values* 19: 3–23
- Aubert BA, Schroeder A, Grimaudo J (2012) IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems* 54: 510–520
- Bauer MW (2002) Controversial medical and agri-food biotechnology: a cultivation analysis. *Public Understanding of Science* 11(2): 93–111
- Boogaard BK, Oosting SJ, Bock BB, Wiskerke JSC (2011) The sociocultural sustainability of livestock farming: an inquiry into social perceptions of dairy farming. *Animal* 5(9): 1458–1466
- Bramley RGV (2009) Lessons from nearly 20 years of precision agriculture research, development, and adoption as a guide to its appropriate application. *Crop and Pasture Science* 60: 197–217
- Christoph-Schulz I (2018) Social Lab–Nutztierhaltung im Spiegel der Gesellschaft. *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 13(2): 145–236
- Dent JB, Edwards-Jones G, McGregor MJ (1995) Simulation of ecological, social and economic factors in agricultural systems. *Agricultural Systems* 49: 337–351
- Fraedrich E, Lenz B (2016). Societal and individual acceptance of autonomous driving. In *Autonomous driving: Technical, legal and social aspects*. Maurer M, Gerdes JC, Lenz B, Winner H (Hrsg.): 621–640. London, Springer.
- Frewer LJ (2017) Consumer acceptance and rejection of emerging agrifood technologies and their applications. *European Review of Agricultural Economics* 44(4): 683–704
- Frewer LJ, Howard C, Shepherd R (1997) Public Concerns in the United Kingdom about General and Specific Applications of Genetic Engineering: Risk, Benefit, and Ethics. *Science, Technology, & Human Values* 22(1): 98–124
- Gabriel A, Gandorfer, M (2020) Landwirte Befragung 2020 – Digitale Landwirtschaft Bayern. Ergebnisbericht. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Ruhstorf a. d. Rott
- Gupta N, Fischer AR, Frewer LJ (2012) Socio-psychological determinants of public acceptance of technologies: a review. *Public Understanding of Science* 21(7): 782–795
- Holloway L (2004) Showing and telling farming: agricultural shows and re-imaging British agriculture. *Journal of Rural Studies* 20: 319–330
- Innovationsinitiative Landwirtschaft (2016) Innovationsinitiative des Leibniz-Forschungsverbundes: Nachhaltige Lebensmittelproduktion & gesunde Ernährung. Positionspapier der Innovationsinitiative Landwirtschaft 4.0. Potsdam
- Klerkx, L, Jakku E, Labarthe P (2019) A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 90: 100315
- König A, Kuiper HA, Marvin HJP, Boon PE, Busk L, Cnuddle F, Cope S, Davies HV, Dreyer M, Frewer LJ, Kaiser M, Kleter GA, Knudsen IB, Pascal G, Prandini A, Renn O, Smith MR, Traill BW, Van der Voet H, Van Trijp H, Vos E, Wentholt MTA (2010) The SAFE FOODS framework for improved risk analysis of foods. *Food Control* 21: 1566–1587
- Lassen J, Sandøe P, Forkman B (2006) Happy pigs are dirty! –conflicting perspectives on animal welfare. *Livestock Science* 103(3): 221–230

- Matzdorf B, Biedermann C, Meyer C, Nicolaus K, Sattler C, Schomers S (2014) Was kostet die Welt? Payments for Ecosystem Services in der Praxis; erfolgreiche PES-Beispiele aus Deutschland, Großbritannien in den USA. Oekom, München.
- Mohr S, Höhler J (2020) Öffentliche Meinung zur Digitalisierung in der Landwirtschaft und ihren Auswirkungen. In: Gandorfer M, Meyer-Aurich A, Bernhardt H, F. X. Maidl FX, Fröhlich G, Floto H (Hrsg.) Proceedings der 40 GIL-Jahrestagung, 17.-18. Februar 2020, Weihenstephan.
- Möller A (2011) Akzeptanz von Technik und Infrastrukturen: Anmerkungen zu einem aktuellen gesellschaftlichen Problem. Acatech-Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Springer, Heidelberg
- Mollenhorst H (2005) How to house a hen: assessing sustainable development of egg production systems. PhD thesis. Wageningen University, The Netherlands
- Pfeiffer, J, Gabriel, A, Gandorfer, M (2021) Understanding the public attitudinal acceptance of digital farming technologies: a nationwide survey in Germany. *Agriculture and Human Values* 38: 107-128
- Röthlein B (2013) Monster auf dem Acker. Die Welt, veröffentlicht am 16.03.2013. Axel Springer, Berlin
- Shaw A (2002) 'It just goes against the grain.' Public understandings of genetically modified (GM) food in the UK. *Public Understanding of Science* 11: 273–291
- Siegrist M (2008) Factors influencing public acceptance of innovative food technologies and products. *Trends in Food Science and Technology*. 19(11): 603–608
- Sparks P, Shepherd R, Frewer LJ (1994) Gene technology, food production, and public opinion: a UK study. *Agriculture and Human Values* 11: 19–28
- Te Velde H, Aarts N, Van Woerkum C (2002) Dealing with ambivalence: Farmers' and consumers' perceptions of animal welfare in livestock breeding. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 15: 203–219
- Wuepper D, Wree P, Ardali G (2019) Does information change German consumers' attitudes about genetically modified food? *European Review of Agricultural Economics* 46(1): 53–78

Förderprogramm Innovationen für einen Gartenbau 4.0

SABINE OBENAU¹

Zusammenfassung

Das Programm zur Innovationsförderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) richtet sich an alle Bereiche der Land- und Ernährungswirtschaft und zielt auf die Unterstützung von technischen und nicht-technischen Innovationen in Deutschland ab. Gefördert werden Projekte aus verschiedenen Themenbereichen, beispielsweise dem Gartenbau. Entsprechende Schwerpunkte werden in Bekanntmachungen aufgegriffen und Projektideen können eingereicht werden. In der BMEL Forschungsstrategie Gartenbau wurden verschiedene Schwerpunkte identifiziert. Das BMEL beabsichtigt, den Förderschwerpunkt „Gartenbau 4.0“ umzusetzen. Schwerpunkte der Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FuE-Vorhaben) in der Richtlinie „Gartenbau 4.0“ sind Automatisierung, Sensorik und Big Data. Neben den Forschungsvorhaben wird die Richtlinie durch ein eigenständiges Vernetzungs- und Transfervorhaben (VuT-Vorhaben) begleitet, das organisatorische, fachliche und öffentlichkeitswirksame Aufgaben wahrnimmt. Die FuE-Vorhaben sollen durch dieses Projekt untereinander vernetzt werden und beteiligen sich aktiv an dem Austauschprozess. Ziel des Vorhabens ist auch, den Wissens-, Ergebnis- und Technologietransfer zu verschiedenen Zielgruppen zu übernehmen und die gesamte Fördermaßnahme zu evaluieren.

1 Hintergrund: Programm zur Innovationsförderung des BMEL

Das Programm zur Innovationsförderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft wurde 2006 veröffentlicht und richtet sich an alle Bereiche der Land- und Ernährungswirtschaft. Verschiedene Themenbereiche werden hierbei angesprochen, zum Beispiel die Pflanzenproduktion, der Gartenbau oder die Ökonomie. Ziel dieses nationalen Programms ist es, die Entwicklung innovativer und international wettbewerbsfähiger Produkte, Verfahren und Leistungen auf Grundlage neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse zu unterstützen. Der Fokus liegt dabei auf der anwendungsnahen und produktorientierten Forschung. Verbünde der gewerblichen Wirtschaft mit Forschungseinrichtungen arbeiten innerhalb dieses Programms an der Realisierung von Innovationen.

¹ Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Referat 321 – Innovationen: Ressourcenschonender Pflanzenbau, Verbraucherschutz, Digitalisierung, E-Mail: sabine.obenaus@ble.de

Die Förderung ist dabei auf

- eine nachhaltige und tiergerechte Agrar- und Ernährungswirtschaft,
- die Schonung natürlicher Ressourcen,
- die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit,
- die Stärkung der wirtschaftlichen Innovationskraft,
- die Verbesserung der Verbraucherinformation,
- die Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen und
- die Verbesserung der Arbeitsbedingungen

gerichtet.

Im Rahmen von laufenden Bekanntmachungen, die thematisch ausgerichtet sind, können Projektskizzen eingereicht werden.

2 Vernetzungs- und Transfervorhaben

Zur Verstärkung des Programms zur Innovationsförderung ist ein Monitoring des Programms gewünscht. Außerdem wird dem Wissenstransfer eine wesentliche Rolle zugesprochen. Der Wissenstransfer ist jedoch nur teilweise in den FuE-Vorhaben verankert. Aus diesem Grund sollen Themenbereiche verstärkt durch ein eigenständiges VuT-Vorhaben begleitet werden. Die typischerweise aus einer Förderbekanntmachung hervorgegangenen FuE-Projekte werden durch gezielte Vernetzungs- und Begleitmaßnahmen beim Ergebnistransfer untereinander und in die Praxis unterstützt. Hierdurch sollen Synergien genutzt, aber auch Forschungslücken identifiziert werden. Es handelt sich um partizipative Austauschprozesse mit projektübergreifender Zusammenarbeit.

Aufgaben

VuT-Vorhaben sollen organisatorische, fachliche und öffentlichkeitswirksame Aufgaben wahrnehmen. Als zentrale Anlaufstelle mit Ansprechpersonen zählen die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von (Vernetzungs-)Treffen mit aktiver Einbindung der FuE-Projekte zu den organisatorischen Aufgaben. Folgenabschätzungen sowie die Evaluierung der Fördermaßnahme bilden die fachlichen Aufgaben ab. Zu den öffentlichkeitswirksamen Aufgaben werden verschiedene Aktivitäten zur Verbreitung von Informationen zur Fördermaßnahme gezählt.

Ziele

Die Vernetzung von Akteurinnen und Akteuren innerhalb der Fördermaßnahme und darüber hinaus ermöglicht den Aufbau von themenspezifischen Clustern. Dabei entstehen Mehrwerte für die FuE-Vorhaben. Die Auswirkungen in der Branche werden dabei durch das VuT-Vorhaben beurteilt. Der Transfer-Part umfasst den Wissens-, Ergebnis- und Technologietransfer zur Branche sowie zur

fachfremden Gesellschaft. Innovationen können dadurch erleichtert Eingang in die Praxis finden und dort umgesetzt werden. Die breite Sichtbarkeit des BMEL und ein hoher Wiedererkennungswert werden angestrebt. Die Wirkung des Programms zur Innovationsförderung kann zudem festgehalten und eine Empfehlung für die künftige Ausrichtung kann ausgesprochen werden.

3 Richtlinie „Gartenbau 4.0“

Das Forschungsvorhaben „Forschungsstrategie für Innovationen im Gartenbau – HortInnova“ wurde vom BMEL gefördert. Im Rahmen dieser Forschungsstrategie wurden fünf Forschungsschwerpunkte identifiziert (http://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn058955.pdf). Die „Richtlinie über die Förderung von Innovationen für einen Gartenbau 4.0“ vom 02. August 2018 adressiert hierbei den Förderschwerpunkt Gartenbau 4.0 (Automatisierung, Sensorik, Big Data). Mit Ablauf der Frist vom 6. Dezember 2018 wurden mehr als 40 Projektideen zu FuE-Vorhaben eingereicht. Die Schwerpunkte Daten-Management-Systeme, sensorgesteuerte Lösungen zur Ressourceneffizienz sowie Automatisierung und Robotik wurden angesprochen. Thematisch erstrecken sich die Skizzen über alle Sparten des Erwerbsgartenbaus. Die FuE-Vorhaben der Fördermaßnahme werden durch ein eigenständiges VuT-Vorhaben begleitet.

3.1 Vernetzungs- und Transfervorhaben im Gartenbau 4.0

In der Richtlinie „Gartenbau 4.0“ sollen die zuvor genannten Aufgaben durch ein VuT-Verbundvorhaben wahrgenommen werden. Beteiligte des Vorhabens sind:

- das Johann Heinrich von Thünen-Institut (Koordinator),
- das Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V.,
- das Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz,
- die Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Heidelberg und
- die Technische Universität Braunschweig.

Das Vorhaben „Vernetzung, Synergien und Transfer im Gartenbau 4.0“ startete Ende 2019 unter dem Akronym HortiCo 4.0.

Ökonomische Analyse zur Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau

SABINE LUDWIG-OHM¹, HANNA WILDENHUES, HILDEGARD GARMING

Zusammenfassung

Ein wesentliches Element des Grundwasserschutzes ist die Verringerung der Nitratverluste in der landwirtschaftlichen Produktion. Die Frage nach wirksamen Maßnahmen zur Steigerung der Stickstoffeffizienz und damit zur Minimierung der Nitratreinträge in Grund- und Oberflächenwasser ist daher, unabhängig von derzeitigen Diskussionen um gesetzliche Regelungen, von dauerhafter Relevanz. Für die Erzeugung von qualitativ hochwertigem Gemüse ist eine optimale Nährstoffversorgung eine Grundvoraussetzung. Allerdings lassen einige gemüsebauliche Kulturen relativ hohe Mengen an Stickstoff als erforderlichen Mindestvorrat zum Zeitpunkt der Ernte im Boden zurück (Rest-N_{min}). Auch verbleiben relevante Stickstoffmengen in den Ernteresten auf dem Feld und unterliegen dem Risiko der Auswaschung in tiefere Bodenschichten oder in das Grundwasser.

Das vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderte Modell- und Demonstrationsvorhaben Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau (MoDeN) hat in enger Zusammenarbeit von Praxis, Beratung und Wissenschaft Maßnahmen zur Optimierung der Düngung bewertet. Auf Projektbetrieben in Nordrhein-Westfalen, im Knoblauchsland und in der Pfalz wurden deshalb verschiedene Maßnahmen auf ihre Praxistauglichkeit untersucht. Die ökonomische Begleitforschung hat dabei die Aufgabe, Kosten und Nutzen der unterschiedlichen Maßnahmen für eine optimierte Stickstoffdüngung zu analysieren und eine objektive Entscheidungsgrundlage zur Verfügung zu stellen. In diesem Beitrag werden Ergebnisse aus Modell- und Beispielrechnungen zu verschiedenen Maßnahmen vorgestellt. Grundlage dafür waren die Erfahrungen aus der Maßnahmenumsetzung auf den Praxisbetrieben.

Schlüsselwörter: Gemüse, Stickstoffeffizienz, Düngung, Nährstoffmanagement, Grundwasserschutz

JEL-Codes: Q12, Q52

¹ Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Bundesallee 63, 38116 Braunschweig
E-Mail: sabine.ludwig-ohm@thuenen.de, hanna.wildenhues@thuenen.de, hildegard.garming@thuenen.de

1 Hintergrund und Problemstellung

Ein wesentliches Element des Grundwasserschutzes ist die Verringerung der Nitratverluste in der landwirtschaftlichen Produktion. Die Frage nach wirksamen Maßnahmen zur Steigerung der Stickstoffeffizienz und damit zur Minimierung der Nitratreinträge in Grund- und Oberflächenwasser ist daher unabhängig von derzeitigen Diskussionen um gesetzliche Regelungen, sondern von dauerhafter Relevanz.

Im Gemüsebau ist die optimale und gleichzeitig verlustarme Nährstoffversorgung eine besondere Herausforderung, da viele Gemüsekulturen einen insgesamt hohen Stickstoffbedarf haben und dabei auch einen $N_{\min}$ -Mindestvorrat² bis zum Erntezeitpunkt im Boden benötigen, damit eine hohe Qualität der Ernteprodukte erzielt werden kann. Das bedeutet aber auch, dass diese Mindestvorräte als Rest- $N_{\min}$ zum Erntezeitpunkt im Boden verbleiben (Feller et al., 2011). Außerdem bleiben in den Ernteresten relevante Stickstoffmengen auf dem Feld, die insbesondere bei einer späten Herbsternte potenziell auswaschungsgefährdet sind (Thompson et al., 2018).

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht sind die Düngerkosten im Vergleich zu Arbeitskosten, beispielsweise für Pflanzung und Ernte, und insbesondere im Vergleich zum potenziellen Erlösrisiko – wenn durch Nährstoffmangel geringere Erträge und schlechtere oder nicht vermarktbare Qualitäten erzielt werden – sehr gering. Die Umsetzung von Maßnahmen zur Verringerung von N-Verlusten ist im Freilandgemüsebau daher weniger ökonomisch als vielmehr aus Wasserschutzgründen sowie durch gesetzliche Vorgaben motiviert.

Die wesentlichen den Gemüsebau betreffenden Regelungen in der Düngeverordnung 2017 (DüV, 2017) sind:

- die Dokumentation der Düngebedarfsermittlung ist verpflichtend,
- der ermittelte Düngebedarf stellt die maximal erlaubte Düngemenge für die jeweilige Kultur dar und
- die verpflichtende Anrechnung von Stickstoff aus Ernteresten der Vorkultur sowie eine obligatorische $N_{\min}$ -Probe, wenn Gemüse als Zweitkultur nach Gemüse angebaut werden soll.

Im Verbundprojekt MoDeN (Modell und Demonstrationsvorhaben N-Düngung im Freilandgemüsebau), das 2016 startete und bis 2021 läuft, kooperieren Forschungs- und Beratungseinrichtungen in Bayern (AELF Fürth³), Nordrhein-Westfalen (LWK NRW⁴) und Rheinland-Pfalz (DLR Rheinpfalz⁵) sowie das IGZ Großbeeren⁶ und das Thünen-Institut. In den Projektregionen werden – begleitet

² $N_{\min}$ = Gehalt eines Bodens an pflanzenverfügbarem mineralisiertem Stickstoff

³ Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Fürth

⁴ Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Köln-Auweiler

⁵ Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz, Neustadt a. d. Weinstraße

⁶ Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau e. V., Großbeeren

durch intensive Beratung – auf insgesamt neun Gemüsebaubetrieben verschiedene Maßnahmen zur Minimierung von N-Verlusten bzw. zur Steigerung der N-Effizienz im Freilandgemüsebau erprobt und umgesetzt. Für die Praxis sind sowohl die Durchführbarkeit und Effektivität als auch die ökonomische Analyse dieser Maßnahmen wesentliche Kriterien bei der Entscheidung über die dauerhafte Übernahme solcher Maßnahmen im Betrieb.

In diesem Beitrag werden Ergebnisse der ökonomischen Begleitforschung zu wichtigen Maßnahmen der Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau vorgestellt. Während der Projektlaufzeit haben sich gesetzliche Anforderungen verändert: Die Pflicht zur Dokumentation der Düngebedarfsermittlung ist eingeführt worden und die Methodik der Düngebedarfsermittlung wurde in der Düngeverordnung von 2017 konkretisiert (DüV, 2017). Es ist zum aktuellen Zeitpunkt bereits absehbar, dass weitere gesetzliche Anforderungen bzw. Einschränkungen im Nährstoffmanagement auf die Betriebe zukommen werden. In diesem Kontext können die hier vorgestellten Ergebnisse auch als Hinweis auf die Größenordnung von Anpassungskosten an zukünftige Rahmenbedingungen interpretiert werden.

2 Methodische Vorgehensweise

Die ökonomische Bewertung der Maßnahmen zur Optimierung der Stickstoffdüngung basiert auf Modellrechnungen für Fallbeispiele. Da die bisherigen Projektergebnisse keine Rückschlüsse auf eine Veränderung der Erträge und Vermarktungsqualitäten durch die umgesetzten Maßnahmen zulassen, wurde als Bewertungsansatz ein Kostenvergleich gewählt. Es wurden die Kosten für Düngebedarfsermittlung und Bodenproben, die Kosten für Düngemittel und deren Ausbringungskosten – Arbeitszeit, feste und variable Maschinenkosten – und ggf. auch Opportunitätskosten berücksichtigt. Weitere Produktionskosten wie Saat- und Pflanzgut, Pflanzenschutz, Kulturmanagement und -pflege sowie Erntekosten wurden nur dann berücksichtigt, wenn sie unmittelbar mit den umgesetzten Maßnahmen zusammenhängen, z. B. für den Zwischenfruchtanbau als Winterbegrünung.

In Zusammenarbeit mit den Projektpartner*innen und auf der Grundlage der Daten aus den Projektbetrieben wurden für die Analyse Gemüsekulturen ausgewählt, bei denen die Optimierungsmaßnahmen relevant waren und die in mehreren der Projektbetriebe angebaut wurden.

Zunächst wurden Annahmen für die Modellrechnungen zu den Kosten des bisherigen betriebsüblichen Düngemanagements getroffen. Dazu wurden Angaben der Projektbetriebe, Ergebnisse aus den im Rahmen des Projektes durchgeführten N_{min} -Proben, Einschätzungen der Anbauberatung sowie Kennzahlen aus der Literatur (KTBL 2013, 2017 und 2019a; Schlaghecken und Ziegler 2007-2015; BMEL 2019) herangezogen. Um die Ergebnisse nicht durch regionale oder betriebsindividuelle Besonderheiten zu verzerren, wurden hinsichtlich Preisen und Löhnen verallgemeinernde Annahmen getroffen. Für die Düngemittelkosten wurde der Preis für Kalkammonsalpeter mit 213 Euro pro Tonne (ohne Mehrwertsteuer) zugrunde gelegt. Saisonlöhne wurden mit 13 Euro je

Arbeitskraftstunde, Betriebsleitungsstunden mit 25 Euro pro Stunde kalkuliert. Für die erste Gemüsekultur im Jahr wurde eine im Boden verfügbare Stickstoffmenge von 30 kg/ha angenommen, für weitere Kulturen wurden von der Vorkultur zusätzlich der $N_{\min}$ -Mindestvorrat und die Erntereste berücksichtigt.

Diese Modellrechnungen dienten als Grundlage für Kostenvergleiche mit Szenarien, die für die Umsetzung von Maßnahmen zur Optimierung des Düngemanagements modelliert wurden. Auch die Kostenannahmen für diese Szenarien wurden in Zusammenarbeit mit den Projektpartner*innen, der Beratung und den Betriebsleitungen hergeleitet. Die Ergebnisse der Modellrechnungen zu betriebsüblicher Praxis und der Umsetzung der Maßnahmen wurden abschließend mit der Anbauberatung diskutiert und validiert.

3 Ergebnisse

3.1 Kosten und Einsparpotenziale der Düngedarfsermittlung

Die Durchführung und Dokumentation der Düngedarfsermittlung (DBE) ist in der DüV (2017) geregelt und stellt die Grundlage für die Düngplanung dar. Im Vergleich zur früher noch in vielen Fällen üblichen Düngung anhand von Erfahrungs- und Schätzwerten verursacht die Durchführung der DBE häufig Mehrkosten. Diese Kosten setzen sich aus den Kosten der vorbereitenden Probenahme, der $N_{\min}$ -Analyse und der abschließenden Ermittlung und Dokumentation des Düngedarfs zusammen. Sie sind zudem abhängig von den Vorgaben des Bundeslandes, regionalen Besonderheiten sowie den Betriebsstrukturen und -kosten. Daher variieren sie von Betrieb zu Betrieb. Gleiches gilt für die Kosten eines Bodenlabors oder Dienstleistungsunternehmens. Für die Dokumentation und Ermittlung des Düngedarfs stehen verschiedene Computerprogramme (z. B. N-Expert, IGZ) bzw. excelbasierte Formulare zur Verfügung, sodass der Zeitaufwand für eine DBE ohne $N_{\min}$ -Probe relativ gering ist. Die Kosten für die DBE werden maßgeblich bestimmt vom Aufwand für die $N_{\min}$ -Probe. Dabei variiert der Zeitaufwand für die Probenahme mit der Schlaggröße⁷ (zwischen 0,5 und 2 ha) und der Hof-Feld-Entfernung (je größer der Schlag, umso länger die Hof-Feld-Entfernung). Die Kosten für eine Analyse unterscheiden sich insbesondere in der Analysemethode. Dazu werden im Folgenden drei Fälle unterschieden, die auf den Projektbetrieben anzutreffen sind:

- (a) Probenahme und Analyse mit N-Schnelltest (Nitrachek 404) durch den Betrieb:
 - ➔ Kosten von 20 Euro (0,5 ha-Schlag) bis 29 Euro (2 ha-Schlag)

⁷ Eine $N_{\min}$ -Probe wird als Mischprobe aus mindestens 16 Einstichen, die über den gesamten Schlag verteilt sein müssen, vorgenommen. Mit der Schlaggröße steigt daher der Zeitaufwand für die Probenahme.

- (b) Probenahme durch den Betrieb, Analyse im Bodenzentrum
 ➔ Kosten von 39 Euro (0,5 ha-Schlag) bis 48 Euro (2 ha-Schlag)
- (c) Probenahme und Analyse als externe Dienstleistung
 ➔ ca. 56 Euro

Düngemittelsparungen ergeben sich vor allem durch die verpflichtende Anrechnung des $N_{\min}$ -Mindestvorrats im Boden und der N-Vorräte in den Ernteresten der Vorkultur. Im Projekt zeigte sich, dass die ermittelten Bedarfswerte oft deutlich unter den früher ausgebrachten Düngemittelmengen liegen, sodass sich aus der Umsetzung der DüV nicht nur Kosten, sondern auch Nutzen in Form eingesparter Düngerkosten ergeben. Für einen Kosten-Nutzen-Vergleich werden in Tabelle 1 die Salden aus Kosten für eine DBE mit Laboranalyse je Hektar bei verschiedenen Schlaggrößen und verschiedenen Einsparpotenzialen für die Düngemittelmenge dargestellt. Diese Einsparpotenziale ergeben sich aus verschiedenen Vorkulturen, z. B. 60 bis 80 kg N/ha bei verschiedenen Kohllarten, rund 30 kg N/ha bei Waschmöhren oder 15 bis 20 kg N/ha bei Salaten (DüV, 2017, Anlage 4 Tabelle 4). Es zeigt sich, dass erst bei einer Schlaggröße von zwei Hektar und einer mittleren Düngeeinsparung die Kosten für die DBE kompensiert werden. Insbesondere, wenn auf kleinteiligen Anbauflächen mehrere Proben und die DBE je Hektar durchgeführt werden, kommt es zu höheren Kosten. Aus diesem Grund – und weil Betriebe mit vielen unterschiedlichen Kulturen auf kleinen Flächen durch die DüV vor großen Herausforderungen hinsichtlich Probenahme und Dokumentation stehen – sieht die Gesetzgebung die Möglichkeit vor, Flächen, die kleiner als 0,5 Hektar sind, zu Bewirtschaftungseinheiten von bis zu zwei Hektar zusammenzufassen. Auf diesen werden dann beispielsweise $N_{\min}$ -Proben und DBE für Stark-, Mittel- und Schwachzehrer durchgeführt. In diesen Fällen ergeben sich zwar tendenziell geringere Düngemittelsparungen aber Kosten analog zu den zwei Hektar Schlaggrößen.

Tabelle 1: Nettokosten bzw. -ersparnis durch DBE mit $N_{\min}$ -Probe (Laboranalyse) für verschiedene Schlaggrößen und unterschiedliche Einsparpotenziale

durchschnittliche N-Einsparungen	Nettokosten/-ersparnis			
	durchschnittliche Schlaggröße			
	0,4 ha	1 ha	2 ha	3 ha
	[Euro/ha]	[Euro/ha]	[Euro/ha]	[Euro/ha]
20 kg N/ha	-82	-28	-8	0
40 kg N/ha	-66	-13	7	15
60 kg N/ha	-50	3	23	31

Quelle: KTBL (2019a), eigene Berechnungen.

3.2 Kosten und Nutzen verschiedener Ausbringungstechniken

Mit einer höheren Verteilgenauigkeit bei der Düngemittelausbringung reichen geringere Mengen an Düngemitteln aus, um die Pflanzen optimal mit Stickstoff zu versorgen. Geringere Mengen an Düngemitteln in Fahrgassen etc. bedeuten auch geringere Mengen Stickstoff, die in die Umwelt gelangen. Um diese Effizienzsteigerung durch eine verbesserte Düngetechnik ökonomisch bewerten zu können, werden im Folgenden die Düngemittelausbringung mit Anbauschleuderstreuer und Kastenstreuer mit Reihenstreuungsfunktion miteinander verglichen.

In den im Rahmen des MoDeN untersuchten Regionen konnten für die Düngemittelausbringung mit dem Kastenstreuer – abhängig vom Anbausystem – im Vergleich zum Schleuderstreuer Düngemittelsparungen zwischen 15 und 25 % ermittelt werden. Diesen Einsparungen stehen höhere Anschaffungsausgaben und längere Arbeits- und Maschinenzeiten für die Ausbringung der Düngemittel gegenüber.

Für eine ökonomische Analyse der alternativen Verfahren Schleuder- oder Kastenstreuer zur Düngerausbringung werden die Arbeitserledigungskosten (Arbeits- und Maschinenkosten) herangezogen. Da es sich um eine Investitionsentscheidung zur Anschaffung der Düngetechnik handelt, werden auch die fixen Maschinenkosten (Absetzung für Abnutzung und Zinsen) berücksichtigt.

Hohe Ausbringungsmengen pro Düngegang erfordern andere Maschinen als geringe Mengen. Daher ist die Entscheidung für eine bestimmte Maschine abhängig vom Kulturspektrum im Betrieb und den betriebsüblichen Düngemittelmengen pro Düngevorgang. In Tabelle 2 sind die Arbeitserledigungskosten für Anbauschleuderstreuer und Kastenstreuer mit Reihenstreuungsvorrichtung bei unterschiedlich hohen Ausbringungsmengen aufgelistet und die mit den verschiedenen Alternativen verbundenen Arbeitszeiten für die Ausbringung ausgewiesen. Darüber hinaus sind die Kosten für den Kastenstreuer ausgewiesen, wenn er in Kombination mit anderen Arbeitsverfahren, z. B. Bodenbearbeitung mit der Beetfräse, Aussaat oder Pflanzung, eingesetzt wird. In diesen Fällen ist keine zusätzliche Feldüberfahrt für die Düngung erforderlich.

Mit zunehmender Ausbringungsmenge steigen die Arbeitserledigungskosten pro Düngevorgang. Die Arbeits- und Maschinenzeiten bei einer Ausbringung mit dem Kastenstreuer liegen um mehr als das Zehnfache höher als bei einer Ausbringung mit dem Schleuderstreuer (KTBL 2017). Die höheren Kosten lassen sich nicht durch entsprechende Düngemittelsparungen auffangen.

Wenn die Düngung gleichzeitig mit der Aussaat bzw. Pflanzung oder Bodenbearbeitung erfolgt, entfällt die Düngeüberfahrt. In diesen Fällen sind nur die zusätzlichen Kosten für das Befüllen des Kastenstreuers und die Maschinenkosten für den Kastenstreuer zu berücksichtigen. Bei einer Einfahrt mit dem Kastenstreuer, z. B. für eine Kopfdüngung, ergeben sich immer Mehrkosten im Vergleich zum Schleuderstreuer. Da jedoch der durch die DBE nach der DüV (2017) ermittelte Wert eine absolute Höchstgrenze für die erlaubte Düngermenge darstellt, kann es sinnvoll sein, trotz höherer Kosten die Technik mit der besseren Verteilgenauigkeit zu verwenden und so die Effizienz

des aufgewendeten Stickstoffs zu maximieren. Werden die Mehrkosten auf die eingesparte Stickstoffmenge bezogen, ergeben sich je nach Ausbringungsmenge und Einsparung Werte zwischen 1 und 5 Euro je Kilogramm eingespartem Stickstoff. Diese Mehrkosten können als Preis für eine zusätzliche Flexibilität in der Düngung interpretiert werden.

Tabelle 2: Arbeitserledigungskosten der Düngemittelausbringung mit Anbauschleuderstreuer und Kastenstreuer

Ausbringungsmenge	Schleuderstreuer	Kastenstreuer	
		Einzelfahrt	mit Saat-/Pflanzmaschine
	[Euro/ha]	[Euro/ha]	[Euro/ha]
75 kg N/ha	6,33	69,17	4,17
100 kg N/ha	6,33	73,78	5,49
150 kg N/ha	8,27	78,34	6,82

Quelle: KTBL (2017, 2019b), eigene Berechnungen.

3.3 Kosten eines veränderten Düngemanagements

Viele Betriebe stehen vor der Herausforderung, dass die mit der DBE berechnete maximale Düngermenge zum Teil deutlich niedriger liegt, als die bisherige langjährige betriebliche Praxis, sodass Ertrags- oder Qualitätsminderungen befürchtet werden. Ein angepasstes Düngemanagement kann den Kulturerfolg absichern und sogar zu weiteren Düngemittelsparungen führen.

Die Aufteilung der Düngermenge in zwei Teilgaben ist für viele Kulturen bereits Standard. Eine Aufteilung in häufigere, kleinere Teilgaben erlaubt eine flexible Anpassung an Wetterbedingungen und die Entwicklung des Pflanzenbestandes. Um das Risiko einer Unterversorgung der Kultur zu verringern, können zusätzliche $N_{\min}$ -Proben durchgeführt und so der jeweils aktuelle Bedarf genauer ermittelt werden. Dabei entstehen in der Regel Mehrkosten durch zusätzliche Arbeitsgänge und Untersuchungen. Die Projekterfahrungen zeigen jedoch, dass es in den Fällen, in denen die zusätzliche $N_{\min}$ -Probe einen für die verbleibende Kulturdauer ausreichenden $N_{\min}$ -Wert feststellt, zu einer Einsparung von Arbeitsgängen kommt. Um Pflanzenschäden, z. B. durch Düngerkörner auf kopfbildendem Blattgemüse, zu vermeiden, ist die Ausbringungstechnik entscheidend. Für eine späte Kopfdüngung kommen daher Kastenstreuer mit Reihenstreuvorrichtung oder eine flüssige Düngung mit der Pflanzenschutzspritze infrage.

Um die Größenordnung von Mehrkosten bei verändertem Düngemanagement zu ermitteln, wurden Modellrechnungen für drei Varianten des Düngemanagements bei Brokkoli als Zweitkultur nach Gemüse (Brokkoli) erstellt und mit dem Standardverfahren aus Grund- und Kopfdüngung verglichen (Tabelle 3). Als Zweitkultur ist in jedem Fall eine DBE mit $N_{\min}$ -Probe erforderlich. Für die Modellrechnung wird ein Düngebedarf von insgesamt 110 kg N/ha angenommen. Dies entspricht

dem Sollwert bei mittlerem Ertragsniveau (310 kg N/ha nach DüV 2017) abzüglich des im Boden befindlichen $N_{\min}$, der anhand von Daten aus dem Projekt auf ca. 100 kg N/ha geschätzt wird, und abzüglich der N-Menge in den Ernteresten der Vorkultur (100 kg N/ha nach DüV 2017). Im Standardverfahren (Variante 0) ergeben sich Kosten für die N-Düngung von 181 Euro/ha. In der Variante 1 wird die Nachdüngung mit einer zusätzlichen freiwilligen $N_{\min}$ -Probe abgesichert, die keine Laboranalyse sein muss und daher als Schnelltest vom Betrieb selbst durchgeführt wird. Die Kosten für diese zusätzliche Information zur Kultursicherheit liegen bei knapp 25 Euro.

Tabelle 3: Variable Kosten unterschiedlicher Düngeverfahren am Beispiel Brokkoli als Zweitkultur nach Brokkoli

Düngeverfahren	Grund- und Kopfdüngung		Zwei Kopfdüngungen	
	eine DBE [Euro/ha]	zwei DBE [Euro/ha]	eine DBE [Euro/ha]	zwei DBE [Euro/ha]
Variante	0	1	2	3
Grunddüngung (Beetfräse mit Kastenstreuer)	60 kg N/ha	60 kg N/ha		
$N_{\min}$ -Probe/DBE	44	44		
- Düngemittelkosten	47	47		
- Ausbringungskosten	0 ¹	0 ¹		
Kopfdüngung 1 (Kastenstreuer)	50 kg N/ha	50 kg N/ha	80 kg N/ha	80 kg N/ha
$N_{\min}$ -Probe/DBE	–	25 ²	44	44
- Düngemittelkosten	39	39	63	63
- Ausbringungskosten	50	50	50	50
Kopfdüngung 2 (Pflanzenschutzspritze)			30 kg N/ha	30 kg N/ha
$N_{\min}$ -Probe/DBE			–	25 ²
- Düngemittelkosten			24	24
- Ausbringungskosten			7	7
variable Kosten der Düngung	181	205	187	212

Anm.: ¹ Für das Ausbringen des Düngers entstehen keine Kosten, weil es gleichzeitig mit der Beetvorbereitung erfolgt. Der Vorgang erfordert lediglich geringfügige Arbeitszeit für das Anhängen und Befüllen des Kastenstreuers.
² Für die freiwillige zweite DBE ist keine Laboranalyse erforderlich. Deshalb werden Kosten für einen betriebsintern durchgeführten Schnelltest kalkuliert.

Quelle: KTBL (2017), eigene Berechnungen.

Die Ausbringung einer Grunddüngung während der Beetvorbereitung hat arbeitswirtschaftliche Vorteile, da keine zusätzliche Überfahrt benötigt wird. Es fallen lediglich Dünger-, aber keine Ausbringungskosten an. Bei den Varianten 2 und 3 entfällt die Grunddüngung unter der Annahme, dass der $N_{\min}$ -Vorrat der Vorkultur und die Nachlieferung aus dem Boden für die ersten drei bis vier

Kulturwochen ausreichen. Die DüV schreibt eine DBE mit $N_{\min}$ -Probe vor der ersten Ausbringung von N-Düngern vor, die hier zur ersten Kopfdüngung durchgeführt wird. Dies hat den Vorteil, dass eine genauere Abschätzung des Pflanzenbedarfs möglich ist. Für die zweite Kopfdüngung wird die Ausbringung mit der Pflanzenschutzspritze veranschlagt. Falls noch Pflanzenschutzüberfahrten notwendig sind, kann die Düngegabe damit kombiniert und ggf. in kleinere Gaben aufgeteilt werden.

Die Kosten für Variante 2 mit zwei Kopfdüngungen liegen mit 187 Euro/ha nur geringfügig höher als die Vergleichsvariante 0. Entsprechend erhöhen sich die Kosten in Variante 3 um 25 Euro, wenn eine zweite $N_{\min}$ -Probe durchgeführt wird. Allerdings bieten die Varianten mit zusätzlicher kulturbegleitender $N_{\min}$ -Probe den Vorteil, dass – abhängig von der Entwicklung des Pflanzenbestandes und des Witterungsverlaufes – Dünger- und damit Kosteneinsparungen möglich sind und die Umwelt entlastet wird.

4 Fazit und Ausblick

Die vorgestellten Modellrechnungen geben einen Überblick über die Größenordnung der Kosten, die für Maßnahmen zur Optimierung der N-Düngung im Freilandgemüsebau entstehen. Dabei ist die Variationsbreite je nach betrieblichen Gegebenheiten, beispielsweise bei der technischen Ausstattung, den Schlaggrößen oder den Hof-Feld-Distanzen, groß, wie insbesondere die Beispiele zur Düngbedarfsermittlung mit $N_{\min}$ -Probe zeigen. Gegenüber früher teilweise noch üblichen Düngemengen, die nach der Sollwertmethode ermittelt wurde, steht den Kosten der Düngbedarfsermittlung aber auch eine teils deutliche Einsparung des Düngeraufwandes gegenüber. Eine Einsparung von beispielsweise 60 kg N/ha bei einer Zweitkultur Gemüse ist durchaus möglich und führt bei mindestens einen Hektar großen Schlägen bereits zu Kostenneutralität und gleichzeitig zu einer deutlichen Entlastung der Nährstoffbilanz. Insbesondere bei Kulturen mit einem hohen Nährstoffbedarf ist es lohnenswert, in die Verteilgenauigkeit bei der Düngerausbringung zu investieren, um bei begrenzter erlaubter Düngermenge den Kulturerfolg zu sichern.

Änderungen im Düngemanagement können dazu beitragen, den Kulturerfolg abzusichern, bedeuten aber einen höheren Kontroll- und Organisationsaufwand in Zeiten mit ohnehin hoher Arbeitsbelastung. Notwendige Veränderungen in den gewohnten Betriebsabläufen werden daher von Betriebsleitungen als besondere Belastungen wahrgenommen. Deshalb gibt es in den Modellregionen verschiedene Ansätze, die Betriebe bei der Düngeplanung und Düngbedarfsermittlung zu unterstützen, z. B. durch die Anbauberatung oder durch externe Dienstleister für $N_{\min}$ -Probennahmen.

Eine häufig gestellte Frage im MoDeN-Projekt ist, inwieweit die Anforderungen der aktuellen DüV sowie weitere zu erwartende verschärfte Anforderungen sich auf das Ertrags- und Erlörisiko der Gemüsebetriebe auswirken werden. Der nächste Schritt im Projekt ist daher eine Risikoanalyse, die auch weitere Maßnahmen wie eine Begrenzung der erlaubten Düngemenge auf Werte, die unter dem ermittelten Düngbedarf liegen, berücksichtigen soll. Dabei sollen das wirtschaftliche Risiko quantifiziert und Kosten für effektive Risikomanagementstrategien ermittelt werden.

Literaturverzeichnis

- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2019) Testbetriebsnetz Landwirtschaft: Buchführung der Testbetriebe – Ausführungsanweisung zum BMEL-Jahresabschluss. <https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/BFB-0113004-2019.pdf>.
- DüV (2017) Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) DüV vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305, die durch Artikel 1 der Verordnung vom 28. April 2020 (BGBl. I S. 846) geändert worden ist.
- Feller C, Fink M, Laber H, Maync A, Paschold P, Scharpf H C, Schlaghecken J, Strohmeyer K, Weier U und Ziegler J (2011) Düngung im Freilandgemüsebau. In: Fink M (Hrsg.) Schriftenreihe des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ), 3. Auflage, Heft 4, Großbeeren.
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (2013) Ökologischer Feldgemüsebau, Betriebswirtschaftliche und produktionstechnische Kalkulationen. Darmstadt.
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (2017) Gemüsebau – Freiland und Gewächshaus. Darmstadt.
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (2019a) Web-Anwendungen „Feldarbeitsrechner“ und „Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau“. <https://www.ktbl.de/webanwendungen/>.
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (2019b) Funk M: Erweiterter Ergebnisauszug der Arbeitsverfahren im Pflanzenbau. Darmstadt.
- Schlaghecken J und Ziegler J (2007-2015) Kalkulation im Freilandgemüsebau. Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz, Neustadt an der Weinstraße.
- Thompson R B, Voogt W, Incrocci L, Fink M und de Neve S (2018) Strategies for optimal fertilizer management of vegetable crops in Europe. Acta Horticulturae 1192, S. 129-140.

Anpassung des Betriebsvergleichs Gartenbau an moderne Unternehmensführung und -beratung

ROBERT LUER¹, MARIANNE ALTMANN², BERND HARDEWEG³

Zusammenfassung

Bedingt durch den Strukturwandel und den Abbau der Officialberatung sinkt die Zahl der am Betriebsvergleich des Zentrums für Betriebswirtschaft im Gartenbau e. V. (ZBG) teilnehmenden Unternehmen. Um dennoch eine aussagekräftige Datenbasis für politische Entscheidungen zu haben, sollen in einem Entscheidungshilfeporhaben des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) Vorschläge erarbeitet werden, wie der Betriebsvergleich gestärkt und für eine moderne Unternehmensführung und -beratung attraktiv gestaltet werden kann. In einem partizipativen Ansatz wurden dazu zunächst explorativ in drei regionalen Workshops unterschiedliche Interessengruppen eingebunden. Als zentrale Teilnehmergehemnisse am Betriebsvergleich wurden dabei die späte Verfügbarkeit der Auswertung und eine geringe Vergleichbarkeit genannt. Im Anschluss wurde ein Prototyp einer Online-Anwendung entwickelt und in leitfragengestützten Interviews 88 Unternehmen vorgestellt. Der auf den Rückmeldungen seitens der Unternehmen und der Beratung entwickelte Betriebsvergleich 4.0 bietet nun u. a. unterjährige Auswertungen und Auswertungen für einzelne Gruppen an, welche neben den standardmäßigen Mittelwertvergleichen auch einen Vergleich betriebsindividueller Daten für geschlossene Gruppen ermöglicht. Seit März 2018 wird der Betriebsvergleich 4.0 genutzt und kontinuierlich verbessert und ausgebaut. Zeitgleich läuft eine Befragung der Nutzerinnen und Nutzer, welche die Akzeptanz des Systems klären soll.

Schlüsselwörter: Unternehmensführung, Beratung, Gartenbau, World Café-Methode

JEL-Codes: Q12, Q13

¹ Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e. V., Leibniz Universität Hannover, E-Mail: luer@zbg.uni-hannover.de

² CO CONCEPT, E-Mail: altmann@coconcept.lu

³ Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, E-Mail: bernd.hardeweg@htw-dresden.de

1 Einleitung

Gartenbauunternehmen agieren bereits seit vielen Jahren auf einem gesättigten Markt. Dies lässt sich zum Beispiel an den stabilen Pro-Kopf-Ausgaben für Blumen und Zierpflanzen ablesen, die zwischen 2010 und 2018 nur sehr leicht zwischen 104 € und 106 € jährlich schwankten (AMI, 2019). Auf diesem gesättigten Markt stehen die Unternehmen in einem intensiven Wettbewerb um Marktanteile. Lebensmitteleinzelhändler und Discounter konnten zwischen den Jahren 2013 und 2018 den Marktanteil von 22 % auf 29 % zu Lasten von Blumenfachgeschäften steigern (AMI, 2019). Darüber hinaus sind Gartenbauunternehmen zunehmend mit neuen Herausforderungen konfrontiert. Wetterextreme, Fachkräftemangel, wachsende rechtliche Anforderungen durch den Gesetzgeber sowie steigende umweltschutzbezogene Erwartungen der Konsumierenden sind nur einige Stichworte.

Diese angespannte Marktsituation findet unter anderem Ausdruck in einem beschleunigten Strukturwandel. Zwischen 2005 und 2016 sank die Anzahl der Gartenbaubetriebe mit Schwerpunkt Erzeugung um 37,9 % von 23.034 auf 14.305 Unternehmen. Zeitgleich wuchs die bewirtschaftete Nutzfläche um 10,1 % (Isaak und Hübner, 2019). Zusammen mit der Betriebsgröße steigt in der Regel die Komplexität eines Unternehmens an, was wiederum die Unternehmensführung vor die Herausforderung stellt, komplexe rationale Entscheidungen zu treffen. Dadurch wird der Informationsbedarf der Unternehmen erhöht. Zusätzlich benötigen Verbände und Politik eine aussagekräftige Datenbasis zur Formulierung und Kommunikation politischer Positionen und Maßnahmen. Eine wichtige Datengrundlage für diese Zwecke ist seit über 60 Jahren der Betriebsvergleich des Zentrums für Betriebswirtschaft im Gartenbau (ZBG).

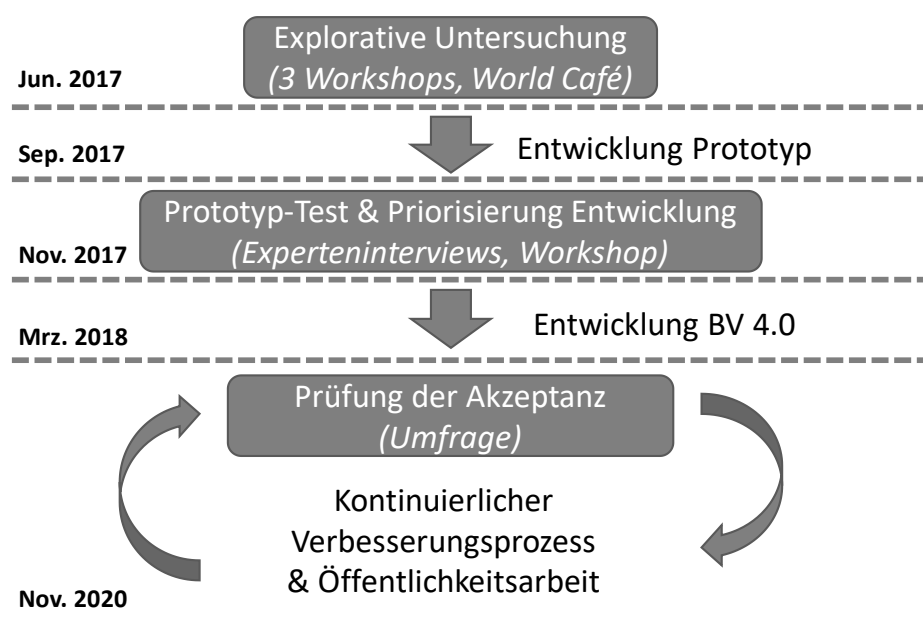
Die Zahl der am Betriebsvergleich des ZBG teilnehmenden Unternehmen war zwischen den Jahren 2005 und 2016 stark rückläufig. Während in die Auswertung des Jahres 2005 (inkl. Wirtschaftsjahr 2005/2006) noch 1.238 Betriebe eingeflossen sind, konnten für das Jahr 2016 (inkl. 2016/2017) nur noch die Abschlüsse von 700 Betrieben ausgewertet werden (ZBG, 2007; ZBG, 2018). Diese Reduktion um 43 % kann zu einem Teil mit dem allgemeinen Strukturwandel erklärt werden. Zusätzlich bedingen der Abbau der Officialberatung der Länder und geringere Kapazitäten bei den landwirtschaftlichen Buchstellen, welche als Mittler des Betriebsvergleichs wesentliche Funktionen wie die Anonymisierung der Daten und die Standardisierung der Jahresabschlüsse übernehmen, die sinkende Teilnehmerzahl (Kölbel, 2012).

Um Vorschläge zu erarbeiten, wie die Teilnehmerzahl am Betriebsvergleich wieder erhöht werden kann, wurde die Marketingberatung CO CONCEPT seit Dezember 2016 vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) mit der Durchführung eines Entscheidungshilfeporhabens beauftragt. Dieses Paper fasst einen Zwischenstand dieses Vorhabens zusammen und zeigt, wie durch eine stärkere Fokussierung auf die Bedürfnisse der Unternehmen die Akzeptanz des Betriebsvergleichs erhöht werden kann und welche Chancen sich für die moderne Unternehmensführung und -beratung aus der Digitalisierung des Betriebsvergleichs ergeben.

2 Methodik

Von Beginn an wurden im Projekt einem partizipativen Ansatz folgend alle relevanten Akteursgruppen, d. h. Unternehmen der gartenbaulichen Sparten, Verbände sowie Vertreter von (Steuer-)Beratung, Wissenschaft und Politik, eingebunden. Die Forschungsfrage, wie der Betriebsvergleich gestärkt und für eine moderne Unternehmensführung und -beratung attraktiv gestaltet werden kann, sollte in drei Untersuchungsphasen beantwortet werden, die im Folgenden kurz dargestellt werden (Abb. 1).

Abbildung 1: Ablauf und zeitliche Einordnung der drei Untersuchungsphasen „Explorative Untersuchung“, „Prototypetestung“ und „Bewertung“



Quelle: Eigene Darstellung.

Um die Erwartungen und Bedürfnisse der einzelnen Interessengruppen an einen überarbeiteten Betriebsvergleich in Erfahrung zu bringen, wurden zunächst Workshops durchgeführt. Zu diesen Workshops wurden Akteure der verschiedenen Akteursgruppen eingeladen, um relevante Hinweise aus verschiedenen Perspektiven zu bekommen und eine vielfältige Diskussion zu gewährleisten. Insgesamt wurden drei regionale Workshops durchgeführt, die durch unterschiedliche Tagungsorte möglichst viele verschiedene Teilnehmerinnen und Teilnehmer erreichen sollten (Heidelberg, Klein Altendorf, Hannover). Aufgrund nicht vorhandener Annahmen und Thesen erschien eine explorative Herangehensweise geeignet. Für die Durchführung der Workshops fand die World-Café-Methode Anwendung (Brown und Isaacs, 2005), die sich eignet, heterogene Akteure mit unterschiedlichem (fachlichen) Hintergrund miteinander in Austausch zu bringen und die kollektive Kreativität zu fördern (Ruppert-Winkel, 2014).

Die World-Café-Methode geht auf die Unternehmensberater Brown und Isaacs (2005) zurück. Sie zeichnet sich durch ein hohes Maß an Austausch zwischen den Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus. Diese sitzen in kleinen Gruppen von 5 bis 10 Personen an Tischen zusammen und diskutieren unter Leitung eines Tischmoderators. Nach 20 bis 30 Minuten wechseln alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer bis auf den Tischmoderator den Tisch. Dieser stellt den aktuellen Stand der Diskussion der neuen Gesprächsrunde vor, auf dessen Basis die Diskussion mit den neuen Teilnehmerinnen und Teilnehmern fortgesetzt wird. Den Abschluss bildet eine Reflexionsphase, in welcher die Tischmoderatoren die Ergebnisse ihrer Gesprächsrunden vorstellen und diese gemeinsam mit allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern diskutieren.

Abbildung 2: Abschlussfoto mit den Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Workshops in Klein-Altendorf



Anm.: Im Vordergrund die Tische des World-Cafés; im Hintergrund die Ergebnisse der Diskussion.

Quelle: Eigene Aufnahme.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer diskutierten insbesondere über konkrete Maßnahmen, die den Betriebsvergleich beschleunigen und zugleich effizienter gestalten könnten. Darüber hinaus wurden Teilnahmehemmnisse debattiert und diesbezügliche Lösungsmöglichkeiten abgewogen. Zentrale Anforderungen an den Betriebsvergleich, die in den Workshops herausgearbeitet wurden, wurden anschließend in einem Prototyp umgesetzt.

Nach der ersten, explorativen Untersuchungsphase wurden die Bedürfnisse der Unternehmerinnen und Unternehmer konkreter untersucht. Ziel dieser zweiten Phase war zum einen, den Informationsbedarf seitens der Unternehmen präziser zu erfassen, zum anderen sollte der auf Basis der Workshops entwickelte Prototyp einer ersten Testung unterzogen werden. Zu diesem Zweck wurden deutschlandweit 88 Unternehmen aller gartenbaulichen Sparten befragt. Mit leitfadengestützten Interviews wurde auch in der zweiten Phase eine qualitative Untersuchungsmethode gewählt. Dadurch wurde sichergestellt, dass differenzierte Meinungen Berücksichtigung fanden.

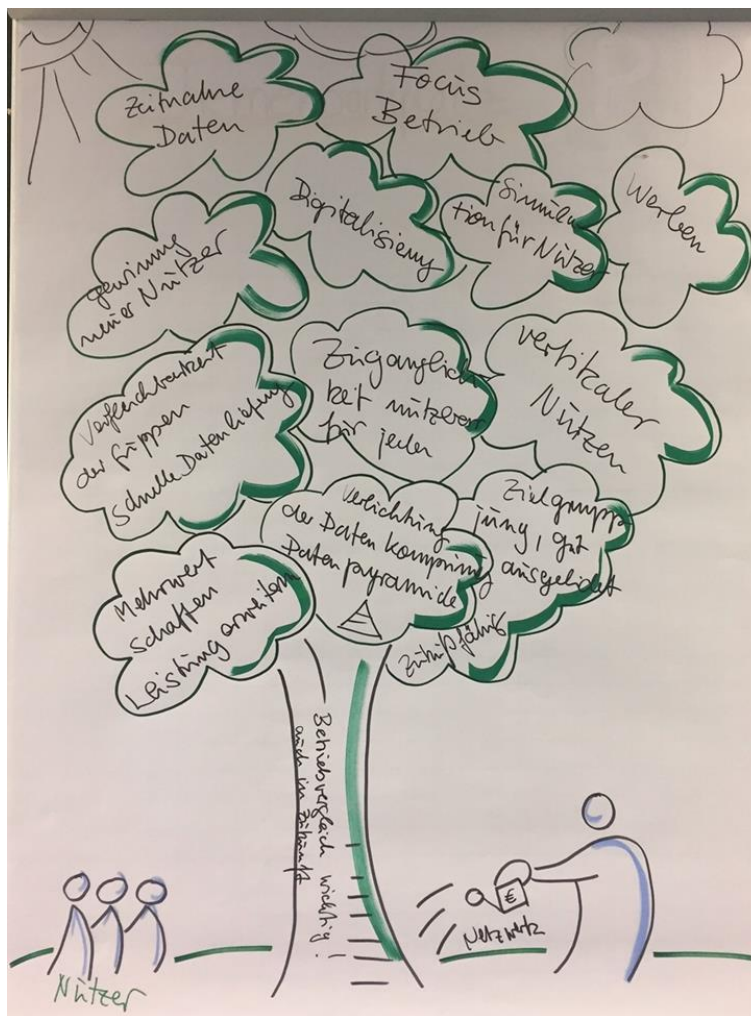
Die Ergebnisse aus der ersten und zweiten Untersuchungsphase wurden im Anschluss aufbereitet und in einem Workshop mit Unternehmen und Beratung, die an den vorangegangenen Workshops teilgenommen hatten, diskutiert. Ziel war es, die nächsten Entwicklungsschritte zu priorisieren. Die Anforderungen der Unternehmen und der Beratung wurden anschließend in einer Online-Anwendung (Betriebsvergleich 4.0) umgesetzt, die seit März 2018 freigeschaltet ist. Für eine Evaluation kann die Nutzungsstatistik herangezogen werden. Zusätzlich werden die ersten Erfahrungen der Nutzerinnen und Nutzer des Betriebsvergleichs 4.0 in einer Umfrage erhoben, die beim Abmelden aus der Anwendung aufgerufen wird und darauf abzielt, weitere Verbesserungsbedarfe und gleichzeitig Teilnahmehemmnisse zu identifizieren.

Um die Teilnahme am Betriebsvergleich 4.0 und damit an der abschließenden Bewertung der Anwendung zu erhöhen, werden über intensive Öffentlichkeitsarbeit Gartenbauunternehmen und ihre Beratung angesprochen und Zugangsdaten versandt. Der Betriebsvergleich 4.0 wird dabei kontinuierlich entsprechend der Rückmeldungen der Nutzerinnen und Nutzer verbessert und weiterentwickelt. Die Projektlaufzeit endet Dezember 2020.

3 Ergebnisse

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Workshops heben die Wichtigkeit eines spartenübergreifenden Systems heraus. Als zentrale Hemmnisse einer Teilnahme am bisherigen Betriebsvergleich des ZBG wurden die geringe Bekanntheit und der späte Zeitpunkt der Verfügbarkeit der Auswertungen genannt. Die Jahresabschlüsse, die in der Regel als Datengrundlage für den Betriebsvergleich herangezogen werden, liegen den Unternehmen oftmals erst einige Monate nach Bilanzstichtag vor. Zusätzlich wird die Auswertung dadurch verzögert, dass sie aus Gründen der Anonymität nur über einen Mittler (z. B. betriebswirtschaftliche Berater*innen oder Steuerberater*innen) zum Unternehmen weitergeleitet werden kann. Außerdem wurde der hohe zeitliche Aufwand für die Standardisierung der Jahresabschlüsse beklagt, welche für die Vergleichbarkeit der Unternehmen essentiell ist. Als ein weiteres zentrales Hemmnis einer Teilnahme wurde die subjektiv empfundene geringe Vergleichbarkeit des eigenen Unternehmens identifiziert. Daraus wurde abgeleitet, dass die Attraktivität von sogenannten Erfahrungsaustauschgruppen (ERFA-Gruppen) höher ist, in denen sich ähnlich strukturierte Unternehmen zusammenschließen.

Abbildung 3: Zusammenfassung der Ergebnisse des Workshops in Heidelberg im Baum der Erkenntnis



Quelle: Eigene Ergebnisse.

Als zentrale Anforderungen an ein Onlinesystem wurden unter anderem der Datenschutz und die Anonymität der teilnehmenden Unternehmen herausgestellt. Darüber hinaus war es den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Workshops wichtig, dass die Ergebnisse des Betriebsvergleichs für wenig fachkundige Nutzerinnen und Nutzer einfach und übersichtlich dargestellt werden und die Möglichkeit zur Einbindung einer Beraterin bzw. eines Beraters für eine tiefergehende Analyse bei identifizierten Schwierigkeiten besteht. Des Weiteren wurde als Ergebnis festgehalten, dass für die Unternehmensführung neben der Analyse von Jahresabschlüssen auch kurzfristige Auswertungen von Halbjahren, Quartalen oder sogar Monaten benötigt werden, um Aussagen über den Verlauf einzelner Saisons treffen und etwaige Kurskorrekturen vornehmen zu können. Außerdem wurde für eine effiziente Datenverarbeitung eine Schnittstelle zu der Buchhaltungssoftware des Unternehmens oder der Steuerkanzlei angeregt. Schließlich wurde vorgeschlagen, virtuelle ERFA-Gruppen zu ermöglichen, um diese Gruppen für den Betriebsvergleich zu gewinnen oder stärker an den Betriebsvergleich zu binden.

Der auf Basis der vorgestellten Ergebnisse der Workshops programmierte Prototyp des Betriebsvergleichs 4.0 fokussierte auf eine übersichtliche Auswertung der eingegebenen Daten auf einer Cockpit-Seite. Diese Auswertung wurde von den befragten Unternehmen weit überwiegend (92 %) mit gut oder besser bewertet. Den Aufbau dieser Auswertung fanden 82 % logisch und verständlich. Es wurde allerdings weiterer Unterstützungsbedarf artikuliert, der zum Beispiel in Form eines Glossars oder übersichtlicheren Erläuterungstexten umzusetzen sei. Außerdem wurde neben der automatischen Zuordnung zu einer Vergleichsgruppe eine individuelle Auswahlmöglichkeit von Vergleichsbetrieben gewünscht. Die Jahresabschlüsse liegen den Unternehmen im Mittel nach 5,2 Monaten vor. Durch den mitunter großen zeitlichen Verzug zwischen Bilanzstichtag und Erhalt des Jahresabschlusses (max. 20 Monate) wurde die zusätzliche Verwendung von unterjährigen Daten von insgesamt 57 % der befragten Unternehmen gewünscht. Ein Viertel der Unternehmen kann sich vorstellen, die Daten selbst einzugeben. Die übrigen Befragten möchten mit dieser Tätigkeit die Steuerbüros oder die betriebswirtschaftliche Beratung betrauen. Schlussendlich können sich 70 % der befragten Personen eine zukünftige Teilnahme am Betriebsvergleich 4.0 vorstellen.

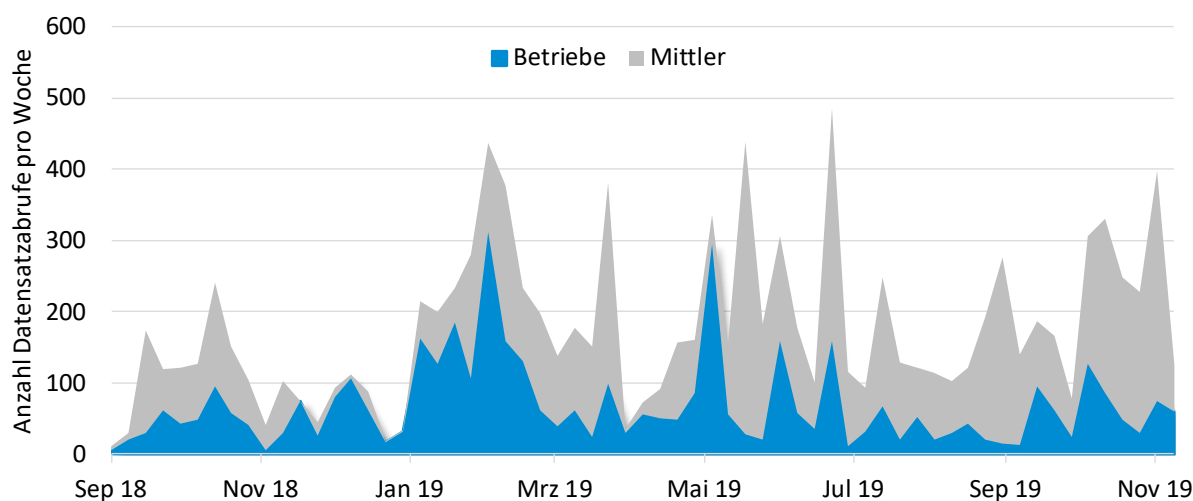
Die in den ersten Untersuchungsphasen identifizierten Teilnahmemhemmnisse und Anforderungen der unterschiedlichen Gruppen wurden für den Priorisierungsworkshop aufgearbeitet und diskutiert. Auf diesem Workshop wurde als Ergebnis festgehalten, dass eine Onlineanwendung prinzipiell geeignet ist, den Betriebsvergleich zu beschleunigen und effizienter zu gestalten. Für eine Nutzung sollte zunächst eine Nutzerauthentifizierung entwickelt werden, welche eine anonyme Teilnahme ermöglicht. Dazu wurden u. a. Mittlerzugänge geschaffen, mit welchen Zugangscodes für teilnahmewillige Unternehmen durch die (Steuer-)Beratung erstellt werden können; auch eine eigenständige Nutzung des Betriebsvergleichs 4.0 durch Gartenbaubetriebe wurde vorgesehen. Mit diesem Entwicklungsstand wurde der Betriebsvergleich im März 2018 zur Nutzung freigeschaltet.

Als ein weiterer wichtiger Entwicklungsschritt wurde die effiziente Datenübernahme aus der Buchhaltungssoftware der Steuerkanzleien identifiziert. Dazu wurde eine Importfunktion entwickelt, welche die Übernahme von Summen- und Saldenlisten aus der Buchhaltungssoftware der Steuerkanzleien ermöglicht. Weitere entscheidende Entwicklungen waren die unterjährigen Auswertungen, wodurch den Unternehmen relevante Auswertungen zeitnah und mehrmals im Jahr zur Verfügung stehen, sowie die Gruppenfunktion, durch welche ERFA-Gruppen zu einer Teilnahme motiviert werden. In den vergangenen Monaten wurden diese Funktionen den Nutzern bereitgestellt. Die Möglichkeit einer individuellen Auswahl der Vergleichsgruppe ist noch in der Entwicklung (Stand November 2019). Darüber hinaus wurden spartenspezifisch detaillierte Auswertungsmodule wie eine Betriebszweigabrechnung für Spargel- und Beerenobstbetriebe umgesetzt, um den spezifischen Anforderungen einzelner Nutzergruppen besser gerecht zu werden.

Seit der Freischaltung der Website im März 2018 sind insgesamt 354 Zugangsdaten an interessierte Unternehmen verschickt worden. Diese wurden in erster Linie auf gärtnerischen Veranstaltungen und über Verbände angesprochen. Außerdem haben 45 Steuerkanzleien und 36 Beraterinnen und Berater einen Mittlerzugang mit erweiterten Rechten beantragt (Stand November 2019). Diesen Mittlern kommt beim Betriebsvergleich 4.0 in mehrfacher Hinsicht eine besondere Bedeutung zu.

Sie haben zum einen die Aufgabe, die Anonymität der teilnehmenden Unternehmen zu gewährleisten und die Dateneingabe zu übernehmen, zum anderen kann diese Nutzergruppe eine wichtige Funktion als Multiplikator übernehmen. Darüber hinaus wurden Zugangsdaten an zwölf Bildungseinrichtungen wie zum Beispiel Fachschulen und Hochschulen verschickt, mit dem Ziel, dass zukünftige Unternehmensinhaberinnen und -inhaber frühzeitig mit dem System vertraut gemacht werden.

Abbildung 4: Anzahl der wöchentlichen Datensatzabrufe im Zeitraum zwischen September 2018 und November 2019



Anm.: Es werden die Nutzergruppen „Betrieb“ und „Mittler“ unterschieden.

Quelle: Eigene Ergebnisse.

Die Abbildung 4 stellt die Anzahl der wöchentlichen Datensatzabrufe beim Betriebsvergleich 4.0 zwischen September 2018 und November 2019 dar. Dabei wird zwischen den Nutzergruppen „Betrieb“ und „Mittler“ unterschieden. Deutlich wird, dass die Nutzung des Betriebsvergleichs 4.0 innerhalb eines Jahres erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Diese können zum einen mit Tätigkeiten im Projekt in Verbindung stehen. Der Ausschlag bei den Datensatzabrufen der Nutzergruppe „Betrieb“ im Februar 2019 zeigte sich zum Beispiel in einem kurzen zeitlichen Abstand zu Seminaren für Unternehmerinnen und Unternehmer, die im Rahmen des Projekts durchgeführt worden sind. Zum anderen können Datensatzabrufe auf Fristen zur Dateneinreichung für unterschiedliche Auswertungen des ZBG zurückgeführt werden. So sind die Ausschläge Ende März 2019 und Mai 2019 auf die Aktivitäten von Steuerkanzleien aus Baden-Württemberg zurückzuführen, welche vorläufige Jahresabschlüsse für die Veröffentlichung „Orientierungsdaten Baden-Württemberg“ importiert haben. Eine weitere wichtige Erkenntnis aus der Analyse der Datensatzabrufe ist, dass die Nutzung des Betriebsvergleichs 4.0 durch die Nutzergruppe „Mittler“ kontinuierlich wächst. Neben neuen (Steuer-)Beratern bevorzugen inzwischen auch bestehende Partner die Nutzung des Online-Zugangs für den Datenimport.

4 Fazit und Ausblick

Ziel des Projekts ist es, den Betriebsvergleich zu stärken und für die Unternehmensführung attraktiv zu gestalten. Durch den angewandten partizipativen und explorativen Ansatz konnten relevante Teilnahmehemmnisse der Unternehmen sowie ihrer Beratung identifiziert werden. Dies sind u. a. der hohe zeitliche Aufwand für die Standardisierung der Jahresabschlüsse und die geringe Aktualität der Auswertung. Diese Ergebnisse flossen in die Entwicklung der Online-Anwendung Betriebsvergleich 4.0 ein. So wird nun neben der Auswertung von Jahresabschlüssen auch die Auswertung von unterjährigen Daten auf BWA-Basis ermöglicht. Die Eingabe der Daten wird durch eine Importfunktion erleichtert, welche ein effizientes Einlesen von Summen- und Saldenlisten aus der Steuerberatung ermöglicht. Diese Funktion wird nicht nur von neuen Mittlern gerne genutzt. Auch Buchstellen und Beraterinnen und Berater, die bereits seit mehreren Jahren mit dem ZBG zusammenarbeiten, nutzen verstärkt diese Importfunktion und können auf diesem Weg auch weiterhin von einer Teilnahme am Betriebsvergleich überzeugt werden. Darüber hinaus wurden zahlreiche weitere Anforderungen der Nutzergruppen aufgenommen und umgesetzt. Der Betriebsvergleich ist seit März 2018 unter www.bv-gartenbau.de kostenfrei nutzbar. Die Attraktivität des Systems wird noch bis in die zweite Hälfte 2020 durch eine Umfrage unter den Anwenderinnen und Anwendern analysiert und bewertet. Zeitgleich werden weitere Anregungen technisch umgesetzt und die Bekanntheit des Systems durch intensive Öffentlichkeitsarbeit erhöht.

Literaturverzeichnis

- AMI, Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH (2019): Markt Report Zierpflanzen 2018. Bonn.
- Brown J, Isaacs D (2005): The World Café: Shaping our futures through conversations that matter. Berrett-Koehler, San Francisco.
- Isaak M, Hübner S (2019): Der Gartenbau in Deutschland – Auswertung des Gartenbaumoduls der Agrarstrukturhebung 2016. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Bonn.
- Kölbel C (2012): Ein ökonomisches Betriebsmodell für den Produktionsgartenbau: Möglichkeiten der Modellierung mit Jahresabschlussdaten. Hannover: Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek.
- Ruppert-Winkel C. et al. (2014): Das World Café als Integrationsinstrument in der transdisziplinären Nachhaltigkeitsforschung. GAIA 23/3, 243 – 252.
- Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V. (2007): Kennzahlen für den Betriebsvergleich im Gartenbau. 50. Jahrgang, Hannover.
- Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V. (2018): Kennzahlen für den Betriebsvergleich im Gartenbau. 61. Jahrgang, Hannover.

Substitution von Torf in Kultursubstraten im Gartenbau: Konzept für die betriebswirtschaftliche Folgenabschätzung

ANJA KRETZSCHMANN¹ UND WALTER DIRKSMEYER¹

Zusammenfassung

Der Abbau von Torf und die Nutzung von Torf in gartenbaulichen Produktionssystemen führen zu CO₂-Emissionen. Aus diesem Grund sehen die Klimaschutzziele der Bundesregierung eine Reduktion der Nutzung von Torf vor. In diesem politischen Kontext wurde das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) mit der Erstellung einer Torfminderungsstrategie beauftragt und zur wissenschaftlichen Begleitforschung das Verbundprojekt „MITODE“ initiiert. Als Teil dieses Verbundprojekts ist das Thünen-Institut für Betriebswirtschaft damit beauftragt, die ökonomischen Effekte einer Torfreduktion im Produktionsgartenbau auf einzelbetrieblicher Ebene zu analysieren und zu bewerten. Risiko wird dabei berücksichtigt. Hier wird das Forschungskonzept für die ökonomischen Analysen vorgestellt.

Zur Analyse und Bewertung der ökonomischen Effekte einer Reduktion des Torfeinsatzes in einzelnen gartenbaulichen Produktionssystemen werden zunächst die aktuell typischen Produktionssysteme ausgewählter Beispielskulturen (Status quo) modelliert. Im Anschluss werden mit Hilfe von Versuchsergebnissen und Expertenwissen typische torfreduzierte Produktionssysteme modelliert und diese mit den typischen Produktionssystemen Status quo auf Grundlage von Rentabilitäts- und Risikoanalysen verglichen. Die Ergebnisse geben Aufschluss über die betriebswirtschaftlichen Effekte der Verringerung des Torfeinsatzes in Gartenbaubetrieben. Auf Grundlage der Ergebnisse sollen sinnvolle politische Begleitmaßnahmen für die BMEL-Torfminderungsstrategie abgeleitet werden.

Schlüsselwörter: Torf, Kultursubstrat, Gartenbau, typische Produktionssysteme, Rentabilität, Risiko

JEL-Codes: Q12, Q16, Q32, Q56

¹ Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Bundesallee 63, 38116 Braunschweig.
E-Mail: anja.kretzschmann@thuenen.de, walter.dirksmeyer@thuenen.de.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Torf hat sich seit vielen Jahrzehnten als der Hauptbestandteil in Kultursubstraten für die gartenbauliche Produktion bewährt (Rivière und Caron, 2001; Pozzi et al., 2003; Böhne, 2004; Ceglie et al., 2015; Huntenburg und Reil, 2019). In Deutschland werden jährlich etwa 4,2 Mio. m³ Torf für die Produktion von Substraten für den deutschen Markt verwendet (IVG, 2020b). Laut dem Industrieverband Garten e. V. wurden 2018 für die deutsche Substratproduktion 3,8 Mio. m³ Torf aus deutschen Lagerstätten abgebaut (IVG, 2020a). Der Abbau und die Nutzung von Torf als Pflanzensubstrat verursachen durch die Zersetzung des Torfs Treibhausgasemissionen. Gemäß den Daten der Klimaberichterstattung entstanden 2018 dadurch in Deutschland klimaschädliche Emissionen in Höhe von mehr als 2,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (UNFCCC, 2020).

Die im Jahr 2021 beschlossenen Klimaschutzziele der deutschen Bundesregierung sehen eine vollständige Reduktion der jährlichen Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2045 vor. Als Zwischenschritte sind eine Verringerung um 65 % bis zum Jahr 2030 und um 88 % bis 2040 im Vergleich zu 1990 vorgegeben (BMU, 2016). Die Nutzung von Torf im Gartenbau wird im Klimaschutzplan der Bundesregierung für das Jahr 2050 explizit als Verursacher von Treibhausgasemissionen genannt. Darin heißt es, dass der Einsatz von Torf als Kultursubstrat deutlich reduziert werden soll (BMU, 2020). Im Koalitionsvertrag zwischen CDU/CSU und SPD (2018) wurde festgelegt, dass die Nutzung von Torf in Deutschland vermindert werden soll (Koalitionsvertrag, 2018). Auf der Grundlage dieser politischen Entwicklung wurde im Oktober 2019 ein detaillierter Arbeitsplan für das Klimaschutzprogramm 2030 verabschiedet (BMU, 2019; BMWi, 2021). In diesem Zusammenhang wurde das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) mit der Erstellung einer Torfminderungsstrategie beauftragt. Das Ziel der Torfminderungsstrategie ist es, die Torfnutzung im Gartenbau zu reduzieren, ohne dass dies zur wirtschaftlichen Belastung für Erdenherstellende und gartenbauliche Unternehmen wird.

Zur wissenschaftlichen Begleitforschung der BMEL-Torfminderungsstrategie wurde das Thünen-JKI-Verbundprojekt MITODE (Minderung des Torfeinsatzes in Deutschland) initiiert. Innerhalb des Verbundprojekts ist das Thünen-Institut für Betriebswirtschaft damit beauftragt, die ökonomischen Effekte einer Torfreduktion im Produktionsgartenbau auf einzelbetrieblicher Ebene zu analysieren und zu bewerten.

Zusätzlich gibt es in Deutschland zahlreiche weitere Projekte, die sich mit dem Thema der Reduktion des Torfeinsatzes im Produktionsgartenbau beschäftigen. Zunächst haben einige Bundesländer, insbesondere Niedersachsen, Forschungsprojekte finanziert. Ein Beispiel dafür ist das Verbundprojekt „Torfersatzstoffe im Gartenbau“ (TeiGa), das vom März 2016 bis zum Februar 2019 durchgeführt wurde. Neuere Projekte werden vom BMEL über den Projektträger der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (ptble) gefördert, wie z. B. das Modell- und

Demonstrationsvorhaben „Einsatz torfreduzierter Substrate im Zierpflanzenbau“ (TerZ, Januar 2019 bis Dezember 2023).

In den nachfolgenden Unterkapiteln dieser Einleitung wird zunächst beleuchtet, welche Mengen an Torf überhaupt in Deutschland verwendet werden. Ferner werden die Bedeutung des deutschen Produktionsgartenbaus und die Relevanz der Torfreduktion für den Klimaschutz erörtert. Außerdem werden die Klimawirkung alternativer Substratausgangsstoffe und die Möglichkeiten der Substitution von Torf in der gartenbaulichen Produktion anhand von Versuchsergebnissen dargestellt. Abschließend werden die Forschungslücken und der damit verbundene Forschungsbedarf erläutert, um darauf aufbauend das Ziel der Untersuchung abzuleiten. In Kapitel 2 werden Methodik und Vorgehensweise beschrieben, während im dritten Kapitel die erwarteten Ergebnisse der Untersuchung skizziert werden.

1.2 Einsatzmengen von Torf im deutschen Produktionsgartenbau

Torfsubstrate wurden in verschiedenen europäischen Ländern in den sechziger Jahren populär. Dieses lag an den Standardsubstraten, die zuvor entwickelt wurden. In Deutschland wurde in diesem Zuge im Jahr 1950 die sogenannte „Einheitserde“ von Fruhstorfer entwickelt (Rivière und Caron, 2001; Bohlin und Holmberg, 2004). Diese Einheitserde bestand zu 60 bis 70 % aus Weißtorf und zu 30 bis 40 % aus Ton. Standardsubstrate wurden und werden industriell in Erdenwerken hergestellt, wodurch erstmalig eine gleichbleibende Substratqualität und dadurch eine große Sicherheit in der Kulturführung gewährleistet werden konnte (Schmilewski, 2018).

Torfbasierte Kultursubstrate sind ein wichtiger Inputfaktor für die gartenbauliche Produktion. Dies gilt insbesondere in den Bereichen (1) Baumschulen, (2) Beerenobstanbau, (3) Erzeugung von Gemüsejungpflanzen, (4) Topfkräuterproduktion und (5) Zierpflanzenbau (inkl. Stauden).

Aktuell werden in Deutschland jährlich 5,8 Mio. m³ Kultursubstrat für den deutschen Markt hergestellt (IVG, 2020b). Diese Menge gibt jedoch noch keine direkte Auskunft über die Mengen an Substrat, die in Deutschland verwendet werden, da sie die Substratimporte nicht umfasst, sodass von einer höheren in Deutschland eingesetzten Menge auszugehen ist. Allerdings gibt es keine Angaben zur Höhe der Substratimporte für die inländische Verwendung.² Für die Substratmenge, die in Deutschland für den deutschen Markt produziert wird, wird eine Torfmenge von jährlich etwa 4,2 Mio. m³ benötigt (IVG, 2020b). Ungefähr 1,8 Mio. m³ der in Deutschland hergestellten Substrate werden im Produktionsgartenbau als Kultursubstrat und zur Bodenverbesserung eingesetzt. Der Rest findet im Freizeitgartenbau Verwendung (IVG, 2013, 2016).

² In der Außenhandelsstatistik wird unter „2703 Torf, auch agglomeriert“ nicht zwischen Torf als Rohstoff und Substraten mit einem Torfgehalt von mehr als 75 % Torf differenziert. Zudem gibt es keine Angaben zur Importmenge von Substraten mit einem geringeren Torfanteil, sodass die Aussagekraft der verfügbaren Statistiken für die Menge an Substratimporten zur Verwendung in Deutschland sehr gering ist Destatis (2021).

Laut Schmilewski (Schmilewski, 2017) haben Kultursubstrate in Deutschland einen mittleren Torfanteil von 89 % und Blumenerde einen von 73 % (Stand 2013). Der Grund für den hohen Torfanteil im Substrat sind die hervorragenden chemischen und physikalischen Eigenschaften von Torf für die gartenbauliche Produktion. So hat Torf eine ideale Porenstruktur, die zum einen für eine gute Wasserhaltekapazität sorgt und gleichzeitig eine gute Belüftung des Wurzelraums ermöglicht (Rivière und Caron, 2001; Bohlin und Holmberg, 2004; Raviv, 2011). Durch die geringe Dichte von Torf sind die Transportkosten zudem vergleichsweise gering (Raviv, 2011). Außerdem ist Torf frei von Pathogenen und Urkrautsamen, was die Kultivierung erleichtert (Bohlin und Holmberg, 2004).

Da es keine Officialstatistik zum Torfabbau und zur Torfverwendung in Deutschland gibt, beruht die Literatur zu den verwendeten Torfmengen im Gartenbau ausschließlich auf den wenigen öffentlich zugänglichen Zahlen des Industrieverbandes Garten e. V. (IVG). Bei den Zahlen des IVG handelt es sich um Verbandsdaten, sodass nicht alle Torf- und Erdenwerke erfasst werden. Zudem gibt es keine Daten zu den Substratimporten nach Deutschland, sodass die Gesamtmenge an Substrat und Torf, die im deutschen Gartenbau verwendet wird, unklar bleibt. Allgemein kann jedoch festgehalten werden, dass zum jetzigen Zeitpunkt große Mengen an Torf im deutschen Produktionsgartenbau Verwendung finden.

1.3 Ökonomische Bedeutung des deutschen Produktionsgartenbaus

Der Produktionswert der in Deutschland hergestellten torfhaltigen Kultursubstrate für das Jahr 2018 betrug 127 Mio. Euro (Destatis, 2019). Für den Produktionsgartenbau (inklusive Obstbau) wurde für das Jahr 2019 ein Produktionswert in Höhe von insgesamt 7,11 Mrd. Euro geschätzt. Der Gemüsebau (inklusive der Gemüsejungpflanzen- und der Topfkräuterproduktion) erwirtschaftete mit 3,82 Mrd. Euro den größten Anteil (54 %), gefolgt von der Blumen- und Zierpflanzenproduktion, die mit einem geschätzten Produktionswert von 1,39 Mrd. Euro ca. 20 % des Gesamtwertes ausmachten. Baumschulerzeugnisse und der Obstanbau erwirtschafteten mit 0,94 Mrd. Euro und 0,84 Mrd. Euro jeweils einen Anteil von etwas mehr als 10 % des Produktionswerts des deutschen Gartenbaus (BMEL, 2019, 2020).

Eine Studie des Thünen-Instituts zur wirtschaftlichen Bedeutung des Gartenbaus hat zudem die gesamte Bruttowertschöpfung des Gartenbausektors ermittelt. Die Einbeziehung der dem Produktionsgartenbau vor- und nachgelagerten Wirtschaftszweige ist wichtig, um die wirtschaftliche Bedeutung des Gartenbausektors umfassend quantifizieren zu können. Mit vor- und nachgelagerten Wirtschaftszweigen hatte der gesamte Gartenbau im Jahr 2008 eine Bruttowertschöpfung von knapp 20 Mio. Euro. Das entsprach etwas weniger als 1 % der Bruttowertschöpfung Deutschlands (Dirksmeyer und Fluck, 2013). Folglich stellt der deutsche Produktionsgartenbau einen relevanten Wirtschaftsbereich in Deutschland dar, sodass eine Torfreduktion unter der Prämisse der Erhaltung der Wirtschaftlichkeit dieses Bereichs erreicht werden sollte.

1.4 Klimawirkungen des Torfeinsatzes im Gartenbau

Moorböden sind die kohlenstoffreichsten Böden der Erde. Über Tausende von Jahren wurde durch die unvollständige Zersetzung von Pflanzenresten Kohlenstoff in Form von Torf gespeichert. Mooren enthalten bis zu zehnmal mehr Kohlenstoff pro Hektar als andere Ökosysteme (Batjes, 1996).

CO₂ wird beim Wachstum von Pflanzen aufgenommen und nach ihrem Absterben im Torf festgelegt. Intakte Moore fungieren daher als wichtige Kohlenstoffspeicher. Sie entziehen der Atmosphäre weltweit jedes Jahr 150 bis 250 Mio. Tonnen CO₂. So wurden im Laufe vieler Jahrzehnte gigantische Mengen an CO₂ in Mooren gespeichert. Obwohl sie nur 3 % der terrestrischen Erdoberfläche bedecken, binden sie in ihren Torfschichten ein Drittel des terrestrischen CO₂, was etwa doppelt so viel ist, wie in der Biomasse aller Wälder weltweit (Parish et al., 2008). Der Schutz von Mooren vor dem Abbau oder vor einer Bewirtschaftung ist eine der effektivsten Klimaschutzmaßnahmen (SRU, 2012).

Torf kann nicht als nachwachsender Rohstoff bezeichnet werden (Meerow, 1997). Gerade einmal 1 mm Torf kann pro Jahr unter günstigen anaeroben Bedingungen neu gebildet werden (Immirzi und Maltby, 1992). Wird unterstellt, dass zur Torfgewinnung an Abbaustellen jährlich etwa 10 cm Torf abgebaut wird, wird deutlich, dass mindestens 100 Jahre Moorbildung erforderlich sind, um ein Jahr Torfgewinnung zu betreiben. Alan W. Meerow schrieb bereits 1997 *“As a product of wetland ecosystems, both sphagnum and sedge peat can't really be considered renewable resources at the level at which they are harvested from bogs and swamps to satisfy horticultural demand...”* (Meerow, 1997).

Die Gesamtfläche an Mooren in Deutschland beträgt circa 1,4 Mio. Hektar, was etwa 4 % der Landfläche Deutschlands entspricht (Roeder und Osterburg, 2012; Gaudig und Krebs, 2016). 95 bis 99 % dieser Fläche sind heute durch Entwässerung und landwirtschaftliche Nutzung als Acker- oder Grünland degradiert (Cowerberg und Joosten, 2001; Berghöfer et al., 2015). Jährlich werden in Deutschland circa 5 bis 6 Mio. m³ Torf auf 269 km² Moorboden für die Nutzung in Erdenwerken oder den Export industriell abgebaut. Nach dem Ende des Abbaus werden die Flächen häufig renaturiert. Allerdings ist dies eine Maßnahme, die über sehr lange Zeiträume ein Management bzw. eine Begleitung erfordert, da Torf nur sehr langsam wächst (SRU, 2012). Deutschland befindet sich im Hinblick auf die Größe der Moorfläche in der EU-25 an siebter Stelle. Allerdings steht Deutschland an zweiter Stelle bei den Emissionen klimarelevanter Gase aus Mooren (Drösler et al., 2013).

Seit Ende der 1980er-Jahre wird Torfabbau in Deutschland nur noch auf landwirtschaftlich vorge nutzten Flächen genehmigt. Diese Flächen wurden vor vielen Jahrzehnten entwässert und in Grünland oder heute vermehrt in Ackerflächen umgewandelt (IVG, undatiert) und emittieren dadurch CO₂. Dennoch führt der Torfabbau zu aeroben Metabolisierungsprozessen im abgebauten Torf sowie im zurückbleibenden abgetorften Boden. Diese führen zu einer schnellen Freisetzung der ursprünglich enormen Mengen an gebundenem CO₂. Laut der Treibhausgasberichterstattung

wurden 2017 durch den Torfabbau für gartenbauliche Nutzungen 2,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente freigesetzt (UBA, 2019). Diese Emissionen setzen sich zusammen aus den Emissionen aus den entwässerten Abbauf Flächen sowie aus der Mineralisierung des entnommenen Torfs. Vereinfachend wird dabei kalkuliert, dass die Menge an Kohlenstoff im entnommenen Torf im Jahr des Abbaus emittiert wird. Die Emissionen werden nach dem Territorialprinzip im Land angerechnet, in dem der Abbau stattfindet (UNFCCC, 2020).

In Deutschland werden die Vorräte an inländischem abbauwürdigen Torf ohne Neuausweisung von Vorratsflächen und ohne Erteilung neuer Genehmigungen zum Torfabbau voraussichtlich im Jahr 2040 nahezu erschöpft sein (Schmatzler, 2012; Schmatzler und IVG, undatiert). Innerhalb der Europäischen Union gibt es allerdings große Torfvorräte, vor allem im Baltikum (Altmann, 2008), die die deutschen Lieferungen ersetzen können (BMU, 2019). Sollte die Torfgewinnung in Deutschland aufgrund geänderter rechtlicher Rahmenbedingungen eingeschränkt werden oder in Zukunft auslaufen, könnten deutsche Abbaumengen leicht durch Importe substituiert werden. Eine solche Verlagerung der Abbaumengen führt gemäß des Territorialprinzips lediglich zu einer Verlagerung der CO₂-Emissionen in andere Länder und sogar zu steigenden Emissionen durch zusätzlich erforderliche Transportwege. Es kann also festgehalten werden, dass die Torfverwendung im Gartenbau in Deutschland aus Klimagesichtspunkten reduziert werden muss, um die bis 2045 angestrebte Klimaneutralität wirtschaftlicher Aktivitäten (BMW i, 2021) erreichen zu können.³

1.5 Alternative Substratausgangsstoffe und deren Eigenschaften

Seit mehr als dreißig Jahren werden Substrate getestet, die einen erheblich geringeren Torfanteil haben als Standardsubstrate (Pryce, 1991). In den letzten Jahren, ausgelöst durch Klima- und Nachhaltigkeitsdebatten, hat sich der Trend zur Torfreduktion in Kultursubstraten verstärkt. Nicht nur Umweltschutzgruppen, sondern auch große Handelsketten, wie etwa REWE, fordern verstärkt torf-reduzierte Substrate (Ceglie et al., 2015; Großmann et al., 2015).

Es gibt viele denkbare Möglichkeiten für alternative Substratkomponenten. Die meisten in Deutschland verwendeten Torfersatzstoffe werden aus Biomassereststoffen hergestellt und sind Komposte aus Rinde oder Grünschnitt, Holzfasern aus Sägeresten von unbehandelten Fichten- oder Kiefernholzern oder bestehen aus Kokosmaterialien (Allaire et al., 2004; Bohne, 2004; Warren et al., 2009; Russo et al., 2011).

Eine Ökobilanzstudie der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) in der Schweiz testete im Jahr 2015 zehn Substratkomponenten und sieben Substratmischungen auf ihr Potenzial, Torf in Kultursubstraten zu ersetzen und dabei eine Reduktion der Umweltbelastung zu erreichen. Von den untersuchten Substratkomponenten zeichnen sich insbesondere Landerde,

³ Alternativ können CO₂-Emissionen auch durch CO₂-Senken an anderer Stelle ausgeglichen werden, was zu einer Verteuerung von Produktionsprozessen führt.

Rindenkompost, TEFA-Maisfasern, Holzfasern und Holzhäcksel sowohl durch geringe Umweltauswirkungen als auch durch eine positive Beurteilung der sozialen Aspekte und der zukünftigen Rohstoffverfügbarkeit aus. Von diesen Substratkomponenten haben aufgearbeitete Holzfasern, TEFA und unter bestimmten Voraussetzungen auch Rindenkompost das Potenzial, Torf direkt zu substituieren. Landerde und Holzhäcksel können als Zusatzstoffe in torffreien Substratmischungen eingesetzt werden. Alle getesteten Torfersatzstoffe hatten einen deutlich geringeren CO₂-Fußabdruck als Torf (Eymann et al., 2015).

In einer Folgestudie wurden 2019 neun weitere Substratkomponenten getestet (Stucki et al., 2019). Auch hier zeigte das Ergebnis, dass alle Substratkomponenten klimafreundlicher sind als Torf. Allerdings waren einige der getesteten Stoffe in der Schweiz nur begrenzt verfügbar.

1.6 Vorläufige Einschätzung der Möglichkeiten zur Verringerung des Torfeinsatzes

Verschiedene Versuche zur gartenbaulichen Produktion in gänzlich torffreiem Substrat zeigten bereits, dass unter bestimmten Bedingungen gute Kulturergebnisse erzielt werden können. Andere Ergebnisse weisen jedoch auch auf pflanzenbauliche Probleme bei einer hohen Torfsubstitution hin. Wichtige Ergebnisse von Versuchen mit teilweiser oder vollständiger Substitution von Torf in Kultursubstraten werden im Folgenden diskutiert.

Die Ergebnisse des TeiGa-Projekts der LVG (Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau) Ahlem zeigten für den Zierpflanzenbau, dass sich die untersuchten torffreien Substrate verschiedener Hersteller sogar ohne eine Anpassung der Nährstoffgehalte oder pH-Werte bei der Kultivierung von Alpenveilchen gut eignen und keine Unterschiede in der Qualität der verkaufsfertigen Ware sichtbar waren. Die Bewässerung wurde allerdings auf die Eigenschaften der jeweiligen Substrate angepasst (Ahrens et al., 2019a).

In einem Versuch der LVG Heidelberg mit der Kultur von Elatior-Begonien in torffreiem und torfhaltigem Substrat wurden hingegen bei gleicher Behandlung aller Versuchsglieder, insbesondere bei Bewässerung und Düngung, qualitativ schlechtere Ergebnisse im torffreien Substrat erzielt (Degen und Koch, 2015).

Andere Versuche im Zierpflanzenbau mit Usambaraveilchen als empfindlicher Pflanzenart zeigten, dass bei einer Anpassung der Produktionssysteme an die Anforderungen von Kultur und Substrat gute Ergebnisse im torffreien Substrat mit Kokosmark und Sphagnum⁴ erzielt werden konnten. Bei allen getesteten Substraten wurde im Vorhinein eine einheitliche Einstellung des pH- und Stickstoff-Niveaus vorgenommen und die Bewässerung angepasst. Der Kontrollaufwand auf Nährstoff-

⁴ Sphagnum ist der wissenschaftliche Name für die Gattung der Torfmoose.

und Wasserbedarf steigt im torffreien Substrat allerdings deutlich. Zudem wurde auf die momentane Problematik bezüglich der Verfügbarkeit von Sphagnum hingewiesen, wodurch Sphagnum derzeit nur begrenzt als Torfersatzstoff dienen kann (Ahrens et al., 2019c, 2019b).

In einem neueren Versuch der LVG Heidelberg mit Poinsettien in torf reduziertem und torffreiem Substrat konnten in beiden Varianten gute Pflanzenqualitäten erzeugt werden. Dazu wurden die Bewässerung und die Düngung an die Anforderungen der Kultur in den verschiedenen Substraten mithilfe kulturbegleitender Substratanalysen zu Nährstoffgehalten und pH-Werten angepasst (Degen und Koch, 2020).

In einem Versuch mit starkwüchsigen Topfsonnenblumen mit hohem Wasserbedarf (*Helianthus annuus*) an der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) Veitshöchheim wurde die geringere Wasserhaltekapazität der torffreien Substrate im Vergleich zu torfhaltigem Substrat deutlich. Die Kulturen im torffreien Substrat mussten im Vergleich zu Pflanzen in torf reduzierten Substraten durchschnittlich doppelt so oft bewässert werden. Allerdings gab es zwischen den torffreien Substraten trotz ähnlicher Substratausgangsstoffe deutliche Unterschiede in der Wasserhaltekapazität, sodass keine pauschale Bewässerungsempfehlung abgeleitet werden konnte (Trost et al., 2019).

In einem früheren Versuch an der LWG Veitshöchheim wurde die Kultivierung des kompletten Beet- und Balkonpflanzensortiments im torffreien und im torfhaltigen Substrat verglichen. Die Pflanzen im torffreien Substrat wiesen im Durchschnitt eine geringere Pflanzenhöhe und einen geringeren Pflanzendurchmesser auf. Die Verkaufsqualität wurde als etwas schwächer bewertet. Auch hier gab es allerdings deutliche Unterschiede zwischen den Pflanzengattungen und -arten und auch zwischen den Sorten (Geiger, 2016).

Ein Versuch mit kalk- und nährstoffempfindlichen Gaultherien der Sorte Red Baron zeigte, dass die Kultur in einigen der untersuchten torffreien Substrate im Vergleich zur Kultur im Weißtorfsubstrat sogar zu besseren Pflanzen bezüglich Wachstum, Durchwurzelung, Frischmasse und Qualität führte (Ueber, 2015). Allerdings kam es bei anderen torffreien Substraten zu Wachstumsunterschieden, für die keine Ursache ermittelt werden konnte, sodass keine pauschalen Aussagen zur Eignung torf reduzierter oder torffreier Substrate für die Kultur von kalk- und nährstoffempfindlichen Kulturen wie Gaultherien möglich waren (Ueber, 2015).

Gute Ergebnisse bei der Kultur im torffreien Substrat konnten laut einer Studie der LVG Bad Zwi-schenahn zur Eignung verschiedener torf reduzierter und torffreier Substrate bei der Produktion von kalkempfindlichen Gehölzen erzielt werden. Allerdings wurde ein deutlicher Anstieg der Schwankungen der Produktqualitäten zwischen den Produkten aus torffreiem Substrat im Vergleich zum torfbasierten Standardsubstrat ermittelt (Beltz, 2016).

Es wird deutlich, dass eine Umstellung des Kultursubstrates häufig zu Anpassungsbedarf in der Kulturführung führt. Die Versuchsergebnisse deuten allerdings auch darauf hin, dass bei

entsprechender Anpassung der Produktionssysteme, insbesondere durch erhöhte Kontrollen und ein angepasstes Wasser- und Düngemanagement, die Produktion vieler gartenbaulicher Kulturen in torfreduzierten Substraten möglich ist (Großmann et al., 2015; Drake et al., 2016).

Bisher haben diese torfreduzierten bzw. torffreien Substrate bei der Produktion gartenbaulicher Erzeugnisse wenig Verwendung gefunden. Dafür gibt es viele Gründe, wie z. B. Lern- und Anpassungskosten aufgrund der erforderlichen Umstellung der Produktionssysteme, höhere Kosten für die Überwachung der Düngung und der Bewässerung sowie die zunehmende Unsicherheit bei der Kulturführung mit Blick auf die Qualität und Quantität der Erzeugnisse (Großmann et al., 2015; Drake et al., 2016; Trost et al., 2019).

1.7 Forschungsbedarf und Zielsetzung

Torf gilt seit Jahrzehnten als idealer Substratausgangsstoff und ist daher seit vielen Jahrzehnten Hauptbestandteil in Kultursubstraten für die gartenbauliche Produktion. Der Abbau und die Nutzung von Torf führen allerdings zur Emission klimaschädlicher Gase, weswegen es das erklärte Ziel der Bundesregierung ist, die Verwendung von Torf zu reduzieren. Andere bereits genutzte oder potenzielle Substratausgangsstoffe sind deutlich klimafreundlicher als Torf (Eymann et al., 2015; Stucki et al., 2019). Versuchsergebnisse haben gezeigt, dass eine Pflanzenproduktion mit alternativen Substraten möglich ist (z. B. (Drake et al., 2016)). Die Umstellung auf alternative Substrate erfordert jedoch meistens eine Anpassung des gesamten Produktionssystems, insbesondere mit Blick auf Düngung und Bewässerung, teils auch im Pflanzenschutz.

Die pflanzenbaulich gebotene Anpassung der Produktionssysteme kann jedoch Effekte auf die Wirtschaftlichkeit der Erzeugung einer Kultur und somit, in der Summe der Kulturen, auf die Wirtschaftlichkeit des gesamten Produktionsgartenbaus haben. Bis jetzt gibt es keine Untersuchungen der betriebswirtschaftlichen Effekte, die sich aus einer aus Klimaschutzgründen erfolgten Reduktion der Torfnutzung auf die gartenbaulichen Produktionssysteme ergeben. Diese Forschungslücke soll mit dem hier vorgestellten Forschungskonzept geschlossen werden.

Vor dem geschilderten Hintergrund ist es das übergeordnete Ziel der Untersuchung, die Effekte einer teilweisen oder vollständigen Substitution von Torf in Kultursubstraten gartenbaulicher Produktionssysteme ökonomisch zu analysieren und zu bewerten.

Dafür werden folgende Teilziele adressiert:

- Zunächst sollen die Rentabilität der Produktion in torfreduzierten Substraten im Vergleich zur Rentabilität der Erzeugung gärtnerischer Produkte in den aktuellen torfbasierten Produktionssystemen auf Ebene gartenbaulicher Produktionsbetriebe ermittelt werden.
- Da verschiedene Untersuchungen und Expert*innen wiederholt darauf hinwiesen, dass eine Verringerung des Torfanteils in Kultursubstraten zu einer Erhöhung des Produktionsrisikos

führt, sollen aus der Substitution resultierende Risikoänderungen in der Analyse berücksichtigt werden.

2 Methodik und Vorgehensweise

2.1 Auswahl von Beispielkulturen

Um die ökonomischen Effekte der Reduktion von Torf auf den Produktionsgartenbau zu analysieren, werden Vorher-Nachher-Vergleiche von Produktionssystemen durchgeführt. Dabei werden Status quo und torf reduzierte Produktionssysteme miteinander verglichen.

Zunächst müssen für die Fragestellung relevante Kulturen ermittelt werden. Aufgrund der großen Vielfalt an unterschiedlichen Kulturen und Kulturansprüchen und der daraus resultierenden zum Teil erheblichen Unterschiede zwischen den Produktionssystemen ist es praktisch nicht möglich, jedes Produktionssystem jeder Kultur zu analysieren, die potenziell von einer Verringerung des Torfeinsatzes betroffen sein kann. Daher werden Beispielkulturen ausgewählt, von denen aus Kapazitätsgründen nur die wichtigsten Produktionssysteme analysiert werden können. Anhand dieser Beispielkulturen wird es möglich sein, generelle Rückschlüsse zu den wirtschaftlichen Auswirkungen einer Verringerung des Torfeinsatzes im Produktionsgartenbau zu ziehen.

Die Gartenbausparten, in denen Substrat und somit auch Torf als Ausgangsstoff von Relevanz ist, sind (1) Baumschulen, (2) Obstbau (Beerenobst), (3) Gemüsebau (Gemüsejungpflanzen und Topfkrauter) und (4) Zierpflanzenbau (inkl. Stauden). In jeder der genannten Gartenbausparten sollen die Effekte einer Verringerung des Torfeinsatzes für mindestens zwei Beispielkulturen aus ökonomischer Perspektive untersucht werden.

Die Auswahl dieser Beispielkulturen erfolgt auf Basis verschiedener Kriterien. Um für den Gartenbausektor relevante Untersuchungen durchzuführen und generelle Aussagen aus den Ergebnissen ableiten zu können, werden wirtschaftlich bedeutende Kulturen gewählt. Dies geschieht anhand von Produktions- und Anbaustatistiken und mit Hilfe von Expertenwissen. Um sicherzustellen, dass Erkenntnisse zu den Effekten einer Torfreduktion verfügbar sind, sollten die Beispielkulturen bestenfalls in den vom BMEL geförderten Modell- und Demonstrationsvorhaben zur Torfreduktion eingesetzt werden. Auf dieser Grundlage zeigt Tabelle 1 die ausgewählten Beispielkulturen differenziert nach Gartenbausparten.

Tabelle 1: Geplante Beispielkulturen für die Analyse der wirtschaftlichen Effekte einer Verringerung des Torfeinsatzes in gartenbaulichen Produktionssystemen nach Anbausparten

Gartenbausparten	Beispielkultur 1	Beispielkultur 2
Baumschulen	Johannisstrauch (<i>Hypericum cv.</i>)	Scheinzypresse (<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>)
Beerenobstbau	Erdbeeren (<i>Fragaria x ananassa</i>)	Heidelbeeren (<i>Vaccinium corymbosum</i>)
Gemüsebau	Salat (<i>Lactuca sp.</i>)	Kohlarten (<i>Brassica oleracea var.</i>)
Topfkräuter	Basilikum (<i>Ocimum basilicum</i>)	Noch nicht definiert
Zierpflanzenbau	Alpenveilchen (<i>Cyclamen persicum</i>)	Petunie (<i>Petunia x hybrida</i>)

Quelle: Eigene Übersicht.

Aus Vergleichbarkeitsgründen wird in diesem Projekt versucht, dieselben Kulturen zu betrachten, die auch in Projekten zur Verringerung des Torfeinsatzes mit pflanzenbaulichem Fokus analysiert werden. Ein Beispiel für solche Projekte ist das geplante Verbundprojekt Entwicklung und Bewertung von torfreduzierten Produktionssystemen im Gartenbau (ToPGa), welches sich mit den Möglichkeiten und Effekten einer Torfreduktion im gesamten Gartenbau beschäftigt. Ein weiteres Beispiel ist das Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD) TerZ, welches sich unter anderem mit den in Tabelle 1 genannten Beispielkulturen des Zierpflanzenbaus für dieses Projekt beschäftigt.

2.2 Einzelbetriebliche Analyse einer Verringerung des Torfeinsatzes im deutschen Produktionsgartenbau

Für den Vorher-Nachher-Vergleich werden die typischen Produktionssysteme jeder Beispielkultur sowohl für den Status quo, als auch für die torfreduzierte Produktion modelliert. Dafür müssen zunächst agronomische und ökonomische Parameter, also die wahrscheinlichsten Werte für Preise, Inputmengen und Erträge dieser Produktionssysteme erfasst werden. Dies erfolgt in einem iterativen Prozess aus Expertenbefragungen und Betriebsbefragungen.

Zur Vorbereitung der Betriebsbefragungen werden zunächst anhand von Anbaustatistiken und mit Hilfe von Befragungen von Fachleuten typische Produktionsregionen und die mengenmäßig und ökonomisch wichtigsten Produktionssysteme der Beispielkulturen identifiziert. Darauf aufbauend

werden in Absprache mit Expertinnen und Experten und unter Zuhilfenahme von Sekundärliteratur Fragebögen für Betriebsbefragungen entwickelt.

Im Anschluss werden dem Fallstudienansatz folgend etwa fünf Betriebsbefragungen pro Produktionssystem durchgeführt, um Daten aus der betrieblichen Gartenbaupraxis zu erfassen. Die genaue Anzahl an Betriebsbefragungen pro Produktionssystem wird in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Ressourcen und der Homogenität der Ausgestaltung der Produktionssysteme in den befragten Betrieben festgelegt. Diese Betriebe produzieren mindestens eine der Beispielskulturen und werden in Absprache mit den Fachleuten als charakteristisch für die Produktion einer Beispielskultur in einer für sie wichtigen Anbauregion ausgewählt. Die erhobenen Daten geben Aufschluss über den wahrscheinlichsten Wert aller relevanten Einflussgrößen auf die Rentabilität sowie erste Einblicke über mögliche Schwankungen dieser Werte.

Auf Basis der Ergebnisse der Betriebsbefragungen werden Entwürfe für Modelle aktuell typischer Produktionssysteme für jede Beispielskultur (im nachfolgenden bezeichnet als typische Produktionssysteme Status quo) abgeleitet. Jeder dieser Entwürfe für typische Produktionssysteme Status quo wird im Anschluss in Fokusgruppen mit Expert*innen, z. B. Beratende oder Betriebsleiter*innen, diskutiert, gegebenenfalls angepasst, dadurch validiert und **als typisches Produktionssystem Status quo** für die Beispielskulturen definiert.

Typische Betriebe sind hypothetische Betriebsmodelle, die einen typischen Betrieb in einer spezifischen Anbauregion abbilden (Dirksmeyer et al., 2014). Für die Erhebung von typischen Betrieben wurde von *agri benchmark* eine Standardvorgehensweise entwickelt (Zimmer und Deblitz, 2005). Nach diesem Verfahren werden zunächst die wichtigsten Anbauggebiete identifiziert. Danach wird das vorherrschende Produktionssystem bzw. werden die vorherrschenden Produktionssysteme für jede Produktionsregion ermittelt. Im letzten Schritt wird die Größe für jeden typischen Betrieb definiert, wobei sichergestellt wird, dass sie das typische Managementniveau in der Region widerspiegelt. Normalerweise wird jeweils ein mittelgroßer und ein großer typischer Betrieb modelliert, um den Hauptanteil der Produktion widerzuspiegeln (Zimmer und Deblitz, 2005). Bestandteil eines typischen Betriebes sind ein oder mehrere typische Produktionssysteme.

Bei der Modellierung typischer Produktionssysteme steht das Anbauverfahren des ausgewählten Produktes im Fokus (Dirksmeyer, 2006). Folglich wird auf die Abbildung eines kompletten Betriebes mit seinen Betriebszweigen verzichtet. Für die Technikfolgenabschätzung auf Ebene gartenbaulicher Erzeugnisse ist dies ein adäquater Ansatz (Dirksmeyer, 2007). Dabei wird nicht nur das vorherrschende Produktionssystem betrachtet, sondern alle für die zu untersuchende Fragestellung relevanten Produktionssysteme modelliert. Typische Produktionssysteme orientieren sich folglich an real existierenden Produktionssystemen und bilden die üblichen Produktionsbedingungen bei der Produktion einer bestimmten Kultur in einer üblichen Anbauregion ab (Balmann et al., 1998). Es handelt sich dabei nicht um ein Produktionssystem eines bestimmten, real existierenden Betriebes, sondern mehr um ein virtuell konstruiertes Verfahren (Krug, 2013). Typische Produktionssysteme werden detailliert mit dem kompletten Preis-Mengen-Gerüst für eine Kultur modelliert,

wobei Zusammenhänge zwischen dem Faktoreinsatz und dem Ertrag berücksichtigt werden (Zimmer und Deblitz, 2005). Die Modellierung dieser Produktionssysteme erfordert Informationen über die übliche Größe der Produktionsfläche und die normalerweise verwendete Art und Menge an Inputfaktoren. Für die Analyse der Rentabilitätseffekte einer Substitution von Torf in gartenbaulichen Produktionssystemen sind dies beispielsweise Mengen und Preise von Kultursubstrat, Wasser, Dünger, Arbeitskraft, Diesel, Strom sowie Informationen über die eingesetzte Technologie. Ferner werden Daten zu der aus diesen Produktionssystemen üblicherweise resultierenden Produktionsmenge und Produktqualität benötigt. Diese Daten können anhand empirischer Daten oder mit Hilfe von Expertenwissen in einem iterativen Prozess mit Fokusgruppendifkussionen erhoben werden.

Auf Grundlage der typischen Produktionssysteme können verschiedene Zielgrößen berechnet werden, beispielsweise Erlöse, Kosten oder Deckungsbeiträge (Hemme, 2000; Zimmer und Deblitz, 2005; Strohm et al., 2014). Der Ansatz der typischen Betriebe bzw. typischen Produktionssysteme liefert zwar keine statistisch repräsentative Stichprobe, allerdings hat er den Vorteil, dass die Kosten der Datenerhebung für die Fokusgruppendifkussionen deutlich geringer sind als für statistisch repräsentative Befragungen auf einzelbetrieblicher Ebene (Dirksmeyer et al., 2014). Außerdem bilden typische Produktionssysteme funktionierende Kulturverfahren mit einem kompletten Preis-Mengen-Gerüst ab, was es erlaubt, verschiedenste ökonomische Zielgrößen zu berechnen (Zimmer und Deblitz, 2005; Dirksmeyer, 2006). Hier wird der Effekt einer Torfreduktion auf die Rentabilität der Produktionssysteme mit Hilfe von Vorher-Nachher-Vergleichen auf Basis der typischen Produktionssysteme analysiert.

Die Methode der typischen Produktionssysteme sieht eine Befragung auf Betriebsebene nicht explizit vor, schließt sie jedoch auch nicht aus (Hemme et al., 1999; Hemme, 2000; Zimmer und Deblitz, 2005; Strohm et al., 2014). Frühere Untersuchungen zeigten, dass es für die Untersuchung spezifischer Fragestellungen zu Produktionssystemen hilfreich ist, zumindest einige Betriebe zu besuchen, um dort die realen Produktionssysteme detailliert zu erfassen. Als besonders hilfreich für die Datenanalyse hat sich gezeigt, dass während der Befragung ein visueller Eindruck von den Produktionssystemen gewonnen werden kann, was das Verständnis der Zusammenhänge im Produktionssystem sehr erleichtert (Dirksmeyer, 2006; Lindemann und Dirksmeyer, 2015). Hierfür kann der ressourceneffiziente Fallstudien-Ansatz verwendet werden (Schmidt et al., 2019).

Der **Fallstudien-Ansatz** ist ein flexibler methodischer Ansatz, der keine standardisierte Vorgehensweise vorschreibt (Bitsch, 2000). Fallstudien sind dazu geeignet, erste Aussagen zur Funktionsweise von Produktionssystemen zu liefern (Garming, 2016). Wenn sie den Kriterien der Glaubwürdigkeit, Übertragbarkeit, Verlässlichkeit und Nachvollziehbarkeit gerecht werden, sind Fallstudien eine wertvolle Ergänzung statistischer und ökonometrischer Ansätze für die wirklichkeitsnahe Forschung (Bitsch, 2000). Diese Methode der quantitativen Forschung ermöglicht es, im Rahmen einer geringen Fallzahl von 4 bis 10 Fällen einen relevanten Überblick zu erlangen. Mit zunehmender Fallzahl sind schrittweise zunehmend geringere zusätzliche Erkenntnisgewinne verbunden (Göthlich, 2003; Kromrey und Strübing, 2009). Vor diesem Hintergrund ermöglicht dieser Ansatz für die

zu untersuchende Fragestellung ein forschungsökonomisch effizientes Vorgehen verbunden mit dem Vorteil, Zusammenhänge in Produktionssystemen besonders gut erfassen zu können.

Im nächsten Schritt müssen die ökonomischen Parameter von ausgewählten **Produktionssystemen**, in denen die ausgewählten Kulturen **mit einem reduziertem Torfanteil** im Kultursubstrat produziert werden, erfasst werden. Der Ausgangspunkt dafür sind die typischen Produktionssysteme Status quo. Diese werden abgewandelt, um die aufgrund der Reduzierung des Torfeinsatzes erforderlichen Anpassungen der Produktionssysteme widerzuspiegeln. Die Informationsgrundlage für diese Anpassungen wird aus Literaturdaten, Versuchsdaten und -berichten (insbesondere von den kooperierenden MuDs) sowie Expert*innengesprächen abgeleitet. Im Rahmen einer Fokusgruppe mit Fachleuten werden diese Annahmen diskutiert, bei Bedarf angepasst und abschließend validiert, wodurch die typischen torfreduzierten Produktionssysteme analog zu den typischen Produktionssystemen Status quo definiert sind.

Für den Vorher-Nachher-Vergleich der typischen Produktionssysteme Status quo mit den typischen torfreduzierten Produktionssystemen wird eine **Rentabilitätsanalyse** durchgeführt. Da eine Veränderung des Kultursubstrates Effekte sowohl auf die variablen Kosten, als auch auf die Erträge der einzelnen Produktionssysteme haben kann, wird die Rentabilitätsanalyse der typischen Produktionssysteme anhand des Deckungsbeitrags durchgeführt. Eine alleinige Kostenrechnung würde keine hinreichenden Ergebnisse liefern, da die Ertragsveränderungen unberücksichtigt blieben. Da die Veränderung des Kultursubstrates nach derzeitigem Erkenntnisstand keinen Einfluss auf die Auswahl von Maschinen, die Menge fester Arbeitskräfte oder anderer Fixkosten hat, wird als Zielgröße der Analyse der Deckungsbeitrag I verwendet (z. B. Brandes und Odening, 1992).

2.3 Analyse der Veränderungen von Produktionsrisiken

Zahlreiche Versuchsergebnisse haben gezeigt, dass eine Reduktion des Torfanteils im Kultursubstrat zu einer höheren Variabilität bei Menge und Qualität der verkaufsfertigen Ware führt (Drake et al., 2016; Beltz, 2016; Trost et al., 2019). Diese Schwankungen haben Effekte auf die Erfolgsgröße, den Deckungsbeitrag I. Aus diesem Grund kann es bei einer rein komparativ-statischen Analyse der Veränderung der Produktionssysteme, bei der die Berechnung auf Basis der Modalwerte der ökonomischen Parameter durchgeführt wird und folglich die Variabilität der Parameterausprägungen der Inputgrößen in der Analyse nicht berücksichtigt wird, zu Fehlinterpretationen kommen (Hirschauer et al., 2012).

Beispielsweise kann bei einem der Produktionssysteme, das auf Basis der komparativ-statischen Analyse anhand des Deckungsbeitrags I als rentabel identifiziert wurde, zugleich die Variabilität dieser Erfolgsgröße deutlich ausgeprägter sein, als bei einem inferioren Produktionssystem, mit dem es in der komparativ-statischen Analyse verglichen wurde. Deshalb ist die Durchführung einer Risikoanalyse zur Untersuchung der Streuung der Erfolgsgröße wichtig, um möglichen Fehlinterpretationen, die sich aus der komparativ-statischen Analyse ergeben können, vorzubeugen.

Sensitivitätsanalyse

Bei pragmatischen Ansätzen zur Bewertung des Risikos, wie beispielsweise der Sensitivitätsanalyse, handelt es sich um in der Praxis häufig genutzte Variantenrechnungen, die zusätzlich zu der deterministischen Planungsrechnung durchgeführt werden. Diese Ansätze ermöglichen es mit einfachen Mitteln einen ersten Einblick vom Risiko einer Entscheidung zu gewinnen (Mußhoff und Hirschauer, 2016). Pragmatische Ansätze haben den Vorteil, dass sie relativ leicht umsetzbar sind, da sie methodisch gesehen wiederholt einwertige Planungsrechnungen darstellen (Hirschauer et al., 2012). Durch Variantenrechnungen werden unterschiedliche Umweltzustände betrachtet, allerdings ohne dabei deren Eintrittswahrscheinlichkeiten zu berücksichtigen. Folglich wird die Höhe des Risikos, das mit verschiedenen Handlungsalternativen verbunden ist, nicht vollständig erfasst.

Bei der Sensitivitätsanalyse wird ausgehend vom deterministischen Planungsmodell die Höhe einer einzelnen unsicheren Einflussgröße variiert. Anschließend werden die Auswirkungen dieser Änderungen auf die Zielgröße analysiert. Einflussgrößen auf der Kostenseite sind alle variablen Preise und Mengen, beispielsweise für Wasser, Dünger (insbesondere Stickstoff), Pflanzenschutz, Arbeit oder Kulturdauer. Auf der Ertragsseite werden insbesondere die Erntemenge und der Produktpreis betrachtet. Die Ausprägungen der Einflussgrößen und deren mögliche Schwankungen werden für den Status quo der Produktionssysteme, den Betriebsbefragungen und den Experteneinschätzungen, die in den Fokusgruppen, wie in Kapitel 2.2 beschrieben, erhoben wurden, entnommen. Für die torfreduzierten Produktionssysteme werden die Schwankungen anhand von Versuchsergebnissen und mit Hilfe von Einschätzungen der Fachleute in den Fokusgruppen geschätzt. Für jede dieser Einflussgrößen wird der kritische Wert berechnet, bei dem der Deckungsbeitrag I des typischen torfreduzierten Produktionssystems das gleiche Niveau wie der Deckungsbeitrag I des typischen Produktionssystems Status quo erreicht. Es wird also der Wert berechnet, in dem die Rentabilitätsschwelle unter- oder überschritten wird. In diesem Fall wird von Break-Even-Analyse gesprochen (Hardaker et al., 2015; Mußhoff und Hirschauer, 2016). Dadurch können die Einflussgrößen identifiziert werden, die einen besonders großen Einfluss auf den Deckungsbeitrag I und folglich auf Rentabilitätsänderungen durch eine Umstellung eines Produktionssystems hin zur torfreduzierten Produktion haben. Die Wahrscheinlichkeit mit der ein bestimmtes Niveau einer Einflussgröße erreicht wird, wird bei der Break-Even-Analyse allerdings nicht berücksichtigt.

Mit Hilfe dieser Break-Even-Analyse oder auch Kritische-Wert-Analyse wird der kritische Wert einer unsicheren Einflussgröße bestimmt, der unter sonst gleichen Bedingungen denjenigen Zustand der betrachteten Variablen angibt, bei dem der Entscheider indifferent zwischen den Handlungsalternativen ist (Mußhoff und Hirschauer, 2016).

Stochastische Risikoanalyse

Ein weit verbreiteter Ansatz zur Risikoanalyse stellt die stochastische Monte-Carlo-Simulation dar, mit der eine repräsentative Anzahl zukünftiger risikobedingter Szenarien berechnet und analysiert werden kann (Ryll und Wagner, 2019). Dafür müssen Verteilungen relevanter Inputgrößen definiert werden, die, wie im Fall der Sensitivitätsanalyse, aus den oben beschriebenen Quellen Literatur, Betriebsbefragung und Fokusgruppen mit Fachleuten abgeleitet werden. Die Szenarien

werden ermittelt, indem aus den Verteilungen der Inputgrößen für die Analyse pro Szenario jeweils eine Parameterausprägung stochastisch bestimmt wird. Auf Grundlage dieser Parameterausprägungen wird die Zielgröße berechnet. Eine vielfache Wiederholung dieser Prozedur liefert die Verteilung der Zielgröße, auf dessen Grundlage das Risiko für den Untersuchungsgegenstand, hier die verschiedenen Produktionssysteme, ermittelt werden kann (Hardaker et al., 2015). Dieser Ansatz wurde bereits erfolgreich für die Analyse gartenbaulicher Produktionssysteme eingesetzt (z. B. (Wesseler, 1997; Dirksmeyer, 2006).

3 Erwartete Ergebnisse

Mit Hilfe der Ergebnisse der komparativ-statischen Rentabilitäts- und den Risikoanalysen werden die betriebswirtschaftlichen Effekte der Verringerung des Torfeinsatzes in Gartenbaubetrieben identifiziert. Auf Basis der Ergebnisse der komparativ-statischen Rentabilitätsanalyse können zunächst die Unterschiede in der Rentabilität der zu vergleichenden Produktionssysteme einer Beispielkultur in Vorher-Nachher Analysen gezeigt werden. Unterschiede in der Rentabilität der typischen torf reduzierten Produktionssysteme unterschiedlicher Beispielkulturen geben Hinweise darauf, bei welchen Kulturen die Torfreduktion relativ kostengünstig realisiert werden kann.

Die Sensitivitätsanalyse gibt auf einfache Weise Hinweise darauf, wie stabil die Ergebnisse der komparativ-statischen Rentabilitätsanalyse sind. Die Berechnung von kritischen Werten zeigt auf, wie stark Einflussgrößen sich verändern können bzw. verändert werden müssen, um die relative Vorzüglichkeit von Produktionssystemen zueinander zu ändern. Des Weiteren werden durch die Sensitivitätsanalyse die wichtigsten Einflussgrößen auf die Rentabilität der Produktionssysteme herausgearbeitet, indem die Variablen identifiziert werden, die bei vergleichsweise geringen Änderungen die Ergebnisse der komparativ-statischen Rentabilitätsanalyse kippen. Beides gibt Hinweise auf mögliche Ansatzpunkte für politische Maßnahmen, z. B. die Besteuerung des Torfeinsatzes oder die Subventionierung des Einsatzes alternativer Substratausgangsstoffe, die nötig wären, damit typische torf reduzierte Produktionssysteme dem Status quo vorgezogen werden. So können mögliche ökonomische Effekte ausgewählter politischer Maßnahmen auf die typischen Produktionssysteme ermittelt und erste Empfehlungen für Ansatzpunkte sinnvoller politischer Maßnahmen in den relevanten Gartenbausparten identifiziert werden.

Die Ergebnisse der stochastischen Risikoanalyse geben Aufschluss darüber, in wie weit das Risiko bei einem Wechsel zu torf reduzierten Produktionssystemen steigt. Außerdem zeigt die Analyse, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass die Zielgröße unter ausgewählte kritische Werte fällt (z. B. negativer Deckungsbeitrag I). Darauf aufbauend können wiederum Empfehlungen für die Politik abgeleitet werden. So kann z. B. durch die gezielte Einführung von Kompensationszahlungen das Risiko, dass die Zielgröße eines torf reduzierten Produktionssystems unter einem kritischen Wert landet, reduziert und somit die Bereitschaft zur Umstellung auf die torf reduzierte Produktion gesteigert werden.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die ökonomischen Untersuchungen zur Begleitung der BMEL-Torfminderungsstrategie wertvolle Erkenntnisse darüber liefern werden, ob und in welchem Ausmaß eine Verringerung des Torfeinsatzes im Produktionsgartenbau zu erhöhten Produktionskosten führen wird. Das Ertragsniveau und die Qualität werden ebenfalls betrachtet, sodass Rentabilitätsveränderungen durch den Systemwechsel aufgezeigt werden. Ferner werden die Effekte auf das Produktionsrisiko quantifiziert. Es ist zu erwarten, dass auf dieser Grundlage sinnvolle politische Maßnahmen abgeleitet werden können, um die Verringerung des Torfeinsatzes im Produktionsgartenbau politisch zu begleiten und zu stimulieren.

Literaturverzeichnis

- Ahrens N, Emmel M, Beßler B (2019a) Versuche im deutschen Gartenbau 2018 _Zierpflanzen_ TeiGa: Cyclamen in torffreien Substraten für den Erwerbsgartenbau
- Ahrens N, Emmel M, Beßler B (2019b) Versuche im deutschen Gartenbau 2018 _Zierpflanzen_ TeiGa: Gefärbtes Perlit in torffreien Substraten für Usambaraveilchen, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=79118>> [zitiert am 23.9.2020]
- Ahrens N, Emmel M, Beßler B (2019c) Versuche im deutschen Gartenbau 2018 _Zierpflanzen_ TeiGa: Kultur von Usambaraveilchen in torffreien Substraten, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=79117>> [zitiert am 23.9.2020]
- Allaire S, Caron J, Ménard C, Dorais M (2004) Growing Media Varying in Particle Size and Shape for Greenhouse Tomato
- Altmann M (2008) Socio-Economic Impact of the Peat and Growing Media Industry on Horticulture in the EU., zu finden in <https://coconcept.lu/fileadmin/Downloads/Socio_Economic_Study1.pdf>
- Balmann A, Lotze H, Noleppa S (1998) Agrarsektormodellierung auf der Basis "typischer Betriebe". Agrarwirtschaft 47(5)
- Batjes NH (1996) Total carbon and nitrogen in the soils of the world. Eur J Soil Science 47(2):151-163. doi: 10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x, zu finden in <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x>>
- Beltz H (2016) Torffreie/torfreduzierte Substrate für kalkempfindlich Gehölze, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=71286>> [zitiert am 30.9.2020]
- Berghöfer A, Couwenberg J, Drösler M, Jensen R, Kantelhardt J, Luthardt V, Permien T, Röder N, Schaller L, Schweppe-Kreft B, Tanneberger F, Trepel M, Wichmann S (eds) (2015) Naturkapital und Klimapolitik : Synergien und Konflikte [Langfassung]: 5. KLIMASCHUTZ DURCH WIEDERVERNÄS-SUNG VON KOHLENSTOFFREICHEN BÖDEN. Naturkapital Deutschland TEEB DE, 28 p
- Bitsch V (2000) Die Fallstudie als Forschungsansatz: Konjunktur für eine vernachlässigte Strategie der Erkenntnisgewinnung. Gartenbauwissenschaft(65):229-236, zu finden in <https://www.pubhort.org/ejhs/2000/file_3665.pdf> [zitiert am 19.10.2020]
- BMEL (2019) Der Gartenbau in Deutschland: Daten und Fakten, zu finden in <<https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/daten/GBB-0000100-2012.pdf>> [zitiert am 30.3.2021]
- BMEL (2020) Ertragslage Garten und Weinbau 2020: Daten-Analyse(723), zu finden in <www.bmel-statistik.de> [zitiert am 30.3.2021]
- BMU (2016) Klimaschutzplan 2050 - Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, zu finden in <https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf> [zitiert am 30.3.2021]
- BMU (2019) Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, zu finden in <<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1>> [zitiert am 4.9.2020]
- BMWi (2021) Deutsche Klimaschutzpolitik, zu finden in <<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-deutsche-klimaschutzpolitik.html>> [zitiert am 4.10.2021]
- Bohlin C, Holmberg P (2004) Peat – Dominating Growing Medium in Swedish Horticulture. Acta Horticulturae:177-181

- Bohne H (2004) Growth of Nursery Crops in Peat-Reduced and in Peat-Free Substrates. *Acta Horticulturae*(644):103-106
- Brandes W, Odening M (1992) Investition, Finanzierung und Wachstum in der Landwirtschaft: 31 Tabellen. Stuttgart: Ulmer, 303 p
- Ceglie FG, Bustamante MA, Ben Amara M, Tittarelli F (2015) The Challenge of Peat Substitution in Organic Seedling Production: Optimization of Growing Media Formulation through Mixture Design and Response Surface Analysis. *PLoS ONE* 10(6):e0128600. doi: 10.1371/journal.pone.0128600
- Cowerberg J, Joosten H (2001) ur anthropogenen Veränderung der Moore: Bilanzen zum Moorverlust, das Beispiel Deutschland. *Landschaftsökologische Moorkunde*.(2. Aufl.)
- Degen B, Koch R (2015) Versuche im deutschen Gartenbau 2015: Begonien im torffreien Substrat blieben deutlich kleiner
- Degen B, Koch R (2020) Versuche im deutschen Gartenbau 2020 Zierpflanzen Gute Poinsettien-Qualitäten in torfreduzierten und torffreien Substraten, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=83377>> [zitiert am 23.9.2020]
- Destatis SB (2019) Produktion des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden - Fachserie 4 Reihe 3.1 - 2018, zu finden in <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Industrie-Verarbeitendes-Gewerbe/Publikationen/Downloads-Konjunktur/produktion-jahr-2040310187004.pdf?__blob=publicationFile> [zitiert am 28.9.2020]
- Destatis SB (2021) 51000-0009: Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Jahre, Land, Warenverzeichnis (4-/6-Steller): Verfügbarer Zeitraum: 2008 - 2020, zu finden in <<https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=51000-0009&bypass=true&levelindex=0&levelid=1622098350156#abreadcrumb>> [zitiert am 27.5.2021]
- Dirksmeyer W (2006) Economics of Pesticide Reduction and Biological Control in Open Field Vegetables – A Cross Country Comparison. In: Weingarten P (ed) *Landwirtschaft und Umwelt: Schriften zur Umweltökonomik* 21
- Dirksmeyer W (2007) Ist eine Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes im Freilandgemüsebau möglich: Paper prepared for presentation at the 47th annual conference of the GEWISOLA
- Dirksmeyer W, Fluck K (2013) Wirtschaftliche Bedeutung des Gartenbausektors in Deutschland, 2., überarb. Aufl. Braunschweig: Johann-Heinrich-von-Thünen-Inst, 140 p. Thünen-Report 2, zu finden in <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dn052164.pdf> [zitiert am 2.9.2020]
- Dirksmeyer W, Garming H, Strohm K (2014) Horticulture Report understanding agriculture worldwide: Global Supporting Partner, zu finden in <http://www.agribenchmark.org/fileadmin/Dateiablage/B-Horticulture/Misc/F_Horticulture_Report_2014_Druck.pdf>
- Drake T, Keating M, Summers R, Yochikawa A, Pitman T, Dodd AN (2016) The Cultivation of Arabidopsis for Experimental Research Using Commercially Available Peat-Based and Peat-Free Growing Media. *PLoS ONE* 11(4):e0153625. doi: 10.1371/journal.pone.0153625, zu finden in <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0153625>> [zitiert am 5.10.2020]
- Drösler M, Adelman W, Augustin J, Bergmann L, Beyer C, Chojnicki, Bogdan, Förster, Christoph, Freibauer A, Giebels M, Görlitz S, Höper H, Kantelhardt J, Liebersbach H, Hahn-Schöfl M, Minke M, Petschow P, Pfadenhauer J, Schaller L, Schäger P, Sommer M, Thuille A, Wehrhan M (2013) Klimaschutz durch Moorschutz: Schlussbericht des Vorhabens „Klimaschutz - Moornutzungsstrategien“ 2006-2010

- Eymann L, Mathis A, Stucki M, Amrein S (2015) Torf und Torfersatzprodukte im Vergleich: Eigenschaften, Verfügbarkeit, ökologische Nachhaltigkeit und soziale Auswirkungen
- Garming H (2016) Auswirkungen des Mindestlohns in Landwirtschaft und Gartenbau: Erfahrungen aus dem ersten Jahr und Ausblick. ThuenenWorkingPaper(53), zu finden in <https://www.thuenen.de/media/publikationen/thuenen-workingpaper/ThuenenWorkingPaper_53.pdf> [zitiert am 9.9.2020]
- Gaudig G, Krebs M (2016) Torfmooskulturen als Ersatzlebensraum. *Biologie in unserer Zeit* 46(4):251-257. doi: 10.1002/biuz.201610600
- Geiger E-V (2016) Beet- und Balkonpflanzen: Vergleich der Kultur eines breiten Sortimentes in einem torffreien Substrat und einem torfhaltigen Substrat Versuche im deutschen Gartenbau 2016. Versuche im deutschen Gartenbau 2016 Zierpflanzen, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=71318>> [zitiert am 6.10.2020]
- Göthlich SE (2003) Fallstudien als Forschungsmethode: Plädoyer für einen Methodenpluralismus in der deutschen betriebswirtschaftlichen Forschung, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel 578, zu finden in <<https://ideas.repec.org/p/zbw/cauman/578.html>> [zitiert am 10.9.2020]
- Großmann M, Neumaier D, Schmitt B, Wartenberg S, Wrede A (2015) Torfreduktion und Vollversorgung mit Vorratsdüngern bei Stauden. *Gärtnerbörse*(10):56-61
- Hardaker JB, Lien G, Anderson JR, Huirne RBM (2015) *Coping with risk in agriculture: Applied decision analysis*, 3. ed. Wallingford: CABI, 276 p
- Hemme T (2000) Ein Konzept zur international vergleichenden Analyse von Politik- und Technikfolgen in der Landwirtschaft. Braunschweig: FAL, 284 p. *Landbauforschung Völkenrode Sonderheft* 215
- Hemme T, Deblitz C, Goertz D, Isermeyer F, Knutson R, Anderson D (1999) Politik- und Technikfolgenanalysen für typische Betriebe im Rahmen des „International Farm Comparison Network“ (IFCN)
- Hirschauer N, Mußhoff O, Bavorová M (2012) *Risikomanagement in der Landwirtschaft*. Bergen/Dumme: Agrimedia, 216 p. Themenbibliothek Ökonomie
- Huntenburg K, Reil M (2019) Forschungsverbundprojekt auf dem Gebiet der Torfersatzstoffe im Gartenbau - Projekt TeiGa
- Immirzi CP, Maltby E (1992) *The global status of peatlands and their role in carbon cycling: A report for Friends of the Earth*, June 1992. London, 145 p
- IVG (undatiert) 10 Fragen zum Thema Torf: Beiträge zur aktuellen politischen Diskussion, zu finden in <<https://www.warum-torf.info/download/10-fragen-zumthema-torf.>> [zitiert am 6.10.2021]
- IVG (2013) Einsatz von Torf im Erwerbsgartenbau, zu finden in <<https://www.warum-torf.info/torf-gartenbau/gartenbau-torfeinsatz>> [zitiert am 3.10.2020]
- IVG (2016) Torfgewinnung: Aktuelle Situation: Torfgewinnung und Import, zu finden in <<https://www.warum-torf.info/torfgewinnung-in-deutschland/torfgewinnung-aktuelle-situation>> [zitiert am 3.10.2020]
- IVG (2020a) 2020 an FNR, Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe.
- IVG (2020b) Erhebung der Produktion und Torfverwendung der deutschen Substratindustrie, zu finden in <https://www.ivg.org/fileadmin/downloads/Flyer/Faktenblatt_Erden_final.pdf> [zitiert am 13.11.2020]

- Koalitionsvertrag (2018) Ein neuer Aufbruch für Europa Eine neue Dynamik für Deutschland Ein neuer Zusammenhalt für unser Land: Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD 19. Legislaturperiode. Zeile 4070, zu finden in <<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/656734/847984/5b8bc23590d4cb2892b31c987ad672b7/2018-03-14-koalitionsvertrag-data.pdf>> [zitiert am 30.3.2021]
- Kromrey H, Strübing J (2009) Empirische Sozialforschung: Modelle und Methoden der standardisierten Datenerhebung und Datenauswertung, 12., überarb. und erg. Aufl. Stuttgart: Lucius & Lucius, 552 p. UTB 1040, zu finden in <<http://www.utb-studi-e-book.de/9783838510408>>
- Krug J (2013) Perspektiven ackerbaulicher Grenzstandorte in Nordostdeutschland: Übertragbarkeit extensiver Produktionssysteme überseeischer Trockenstandorte. Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2013. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 57 p. Thünen Report 6, zu finden in <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn052166.pdf> [zitiert am 30.12.2020]
- Lindemann T, Dirksmeyer W (2015) Typical cauliflower production systems in Germany. *Acta Hort.*(1103):197-202. doi: 10.17660/ActaHortic.2015.1103.29
- Meerow AW (1997) Coir Dust, A Viable Alternative to Peat Moss. *HortScience*:1, zu finden in <https://www.researchgate.net/publication/239530350_Coir_Dust_A_Viable_Alternative_to_Peat_Moss> [zitiert am 25.9.2020]
- Mußhoff O, Hirschauer N (2016) Modernes Agrarmanagement: Betriebswirtschaftliche Analyse- und Planungsverfahren, 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Verlag Franz Vahlen, 610 p
- Parish F, Sirin A, Charman D, Joosten H, Minayeva T, Silvius M, Stringer L (2008) Assessment on peatlands, biodiversity, and climate change. Kuala Lumpur: Global Environment Centre & Wetlands International, Wageningen, 2 volumes, zu finden in <http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/assessment_peatland.pdf> [zitiert am 7.9.2020]
- Pozzi A, Frangi P, Castelnovo M, Pardossi A (2003) GROWTH AND FLOWERING OF GERANIUM AND NEW GUINEA IMPATIENS IN PEAT-REDUCED AND IN PEAT-FREE SUBSTRATES WATERED WITH DIFFERENT IRRIGATION SYSTEMS. *Acta Hort.*(614):291-295. doi: 10.17660/ActaHortic.2003.614.43
- Pryce S (1991) Alternatives to peat on JSTOR: Professional Horticulture. Chartered Institute of Horticulture, No. 3, zu finden in <<https://www.jstor.org/stable/45121205>> [zitiert am 23.9.2020]
- Raviv M (2011) The Future of Composts as Ingredients of Growing Media. *Acta Horticulturae*(891):19-32
- Rivière L-M, Caron J (2001) RESEARCH ON SUBSTRATES: STATE OF THE ART AND NEED FOR THE COMING 10 YEARS. *Acta Horticulturae*:29-42
- Roeder N, Osterburg B (2012) The impact of map and data resolution on the determination of the agricultural utilisation of organic soils in Germany. *Environmental management* 49(6):1150-1162. doi: 10.1007/s00267-012-9849-y, zu finden in <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22525988/>>
- Russo G, Lucia B de, Vecchiotti L, Rea E, Leone A (2011) Environmental and Agronomical Analysis of Different Compost-Based Peat-Free Substrates in Potted Rosemary. *Acta Horticulturae*(891):265-272
- Ryll J, Wagner P (2019) Ökonomische Bewertung von Low-Input-Genotypen unter der Berücksichtigung von Kosteneinsparungseffekten für Fungizide. In: Henning CHCA (ed) Visionen für eine Agrar- und Ernährungspolitik nach 2020: 58. Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. vom 12. bis 14. September 2018, 1. Auflage 2019. Münster: Landwirtschaftsverlag: pp 31-42
- Schmatzler E (2012) Die Torfindustrie in Niedersachsen – Ergebnisse einer Umfrage zur Zukunft der Torfgewinnung in Niedersachsen. *TELMA*(Band 42):27-42. doi: 10.23689/FIDGEO-2959

- Schmatzler E, IVG (undatiert) Die Zukunft der Torfgewinnung in Niedersachsen: Untersuchung und Umfrage im Auftrag der Bundesvereinigung Torf- und Humuswirtschaft in der Fachabteilung Substrate, Erden, Ausgangsstoffe im Industrieverband Garten e.V., 6 p
- Schmidt T, Baumgardt B, Blumenthal A, Burdick B, Claupein E, Dirksmeyer W, Hafner G, Klockgether K, Koch F, Leverenz D, Lörchner M, Ludwig-Ohm S, Niepagenkemper L, Owusu-Sekyere K, Waskow F (2019) Wege zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen - Pathways to reduce food waste (RE-FOWAS) : Maßnahmen, Bewertungsrahmen und Analysewerkzeuge sowie zukunftsfähige Ansätze für einen nachhaltigen Umgang mit Lebensmitteln unter Einbindung sozio-ökologischer Innovationen, Volume 1: Volume 1. Thünen Report(73), zu finden in <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061368.pdf> [zitiert am 10.9.2020]
- Schmilewski G (2017) Growing media constituents used in the EU in 2013. *Acta Hortic.*(1168):85-92. doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1168.12
- Schmilewski G (2018) Kultursubstrate und Blumenerden – Eigenschaften, Ausgangsstoffe, Verwendung. Herausgegeben vom Industrieverband Garten e.V., 254 p
- SRU SfU (2012) Umweltgutachten 2012- Verantwortung in einer begrenzten Welt, zu finden in <https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2012_2016/2012_06_04_Umweltgutachten_HD.pdf?__blob=publicationFile> [zitiert am 7.9.2020]
- Strohm K, Dirksmeyer W, Garming H (2014) International Analysis of the Profitability of Wine Grape Production. Hochschule Geisenheim, 12 p. 8th International Conference, zu finden in <http://academyofwinebusiness.com/wp-content/uploads/2014/07/BM04_Dirksmeyer_Walter.pdf> [zitiert am 10.9.2020]
- Stucki M, Wettstein S, Mathis A, Amrein S (2019) Erweiterung der Studie «Torf und Torfersatzprodukte im Vergleich»: Eigenschaften, Verfügbarkeit, ökologische Nachhaltigkeit und soziale Auswirkungen. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
- Trost V, Geiger E-V, Schneider T (2019) Topfkultur von *Helianthus annuus*: Einfluss von torffreien und torf-reduzierten Substraten auf das Bewässerungsmanagement. Versuche im deutschen Gartenbau 2019 ZIERPFLANZEN, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=82318>> [zitiert am 23.9.2020]
- UBA U (2019) Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2019, zu finden in <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-28_cc_23-2019_nir-2019_0.pdf> [zitiert am 18.12.2020]
- Ueber E (2015) Eignung torfreduzierter und torffreier Substrate für die Kultur von *Gaultheria procumbens*. Versuche im deutschen Gartenbau 2015 Zierpflanzen, zu finden in <<https://www.hortigate.de/bericht?nr=66663>> [zitiert am 3.10.2020]
- UNFCCC UNCC (2020) Greenhouse Gas Inventory Data - Flexible Queries Annex I Parties, zu finden in <https://di.unfccc.int/flex_annex1> [zitiert am 3.9.2020]
- Warren SL, Bilderback TE, Owen J (2009) Growing Media for the Nursery Industry: Use of Amendments in Traditional Bark-Based Media. *Acta Horticulturae*(819):143-156
- Wesseler J (1997) Die Ökonomik der Einführung von Obstkulturen in der Cordillera Central von Nordluzon, Philippinen. *Forschungsberichte zur Ökonomie im Gartenbau*:273
- Zimmer Y, Deblitz C (2005) agri benchmark Cash Crop: A standard operating procedure to define typical farms. FAL, Braunschweig, zu finden in <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dk038513.pdf> [zitiert am 4.9.2020]

SunBot – Emissionsfreie Strauchbeeren-Produktion in Brandenburg

JANA KÄTHNER¹; ANDREAS JAHR²; ANDREAS JENDE³; JEREMY ALEX²; CHRISTOPH FREHN⁴; ECKART KRAMER⁵; EDWIN CYWINSKI⁶; FRANK VAN DER HULST⁷; JANA SCHWEFLER⁵; LINDA NAGLER⁵; MARCIN PIETRAS⁸; KRZYSZTOF POWALLA⁸; RAIK NEUMANN⁹; REDMOND SHAMSHIRI¹; WOLFGANG OEHLER¹⁰; CORNELIA WELTZIEN¹

Zusammenfassung

Im Obst- und Beerenanbau führt die relativ hohe Anzahl notwendiger Pflegemaßnahmen zu hohen Arbeitskosten und organisatorischen Herausforderungen. Zeitliche Überschneidungen von Pflegemaßnahmen und Ernte lassen die Obstanbauenden an die Grenzen ihrer personellen Ressourcen stoßen und gefährden die Erreichung von Ertrags- und Qualitätszielen. Hier setzt das Projekt „SunBot“ für den Brandenburgischen Obst- und Beerenanbau an. Die Idee: Pflegearbeiten sollen autonom ausgeführt und in die Nachtstunden verlegt werden. Bereits vorhandene Anlagen zur Selbsterzeugung elektrischer Energie dienen dabei zum Laden des autonomen, elektrisch angetriebenen Traktors.

Das vierjährige Projekt „SunBot“ soll dazu beitragen, den Strauchbeerenanbau in Brandenburg in wesentlichen Punkten zu optimieren:

- (1) Steigerung der Kosteneffizienz mittels steigender Qualität und Wertschöpfung bei reduzierten Verfahrenskosten,
- (2) höhere Nachhaltigkeit durch Reduktion des CO₂-Ausstoßes,
- (3) Steigerung der Arbeitsproduktivität durch Reduzierung des Arbeitsaufwandes,
- (4) Stärkung regionaler Strukturen durch den Ausbau regionaler Wertschöpfungsketten und gesteigerte Attraktivität von Arbeitsplätzen im ländlichen Raum.

¹ Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V. (ATB), Abt. Technik im Pflanzenbau, Wissenschaftliche Koordination, E-Mail: jkaethner@atb-potsdam.de

² Hochschule Düsseldorf (HSD)

³ Versuchs- und Kontrollring für den Integrierten Anbau von Obst und Gemüse im Land Brandenburg e. V. (VKR)

⁴ Biohof Schöneiche GbR (FREHN)

⁵ Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE)

⁶ MCE GmbH (MCE)

⁷ Bauernhof Weggun GbR (WEGGUN)

⁸ HYDAC Software GmbH (HYDAC)

⁹ Obsthof Raik Neumann (NEUMANN)

¹⁰ Ennepetaler Schneid- und Mähtechnik GmbH & Co.KG (ESM)

Dafür steht ein interdisziplinäres Team aus Wissenschaftler*innen, Obstanbauenden und Industriepartner*innen zur Verfügung, das sich u. a. mit der Entwicklung eines autonom fahrenden Traktors zur Unterwuchspflege im Beerenanbau beschäftigt. Auf dem Markt verfügbare E-Traktor- und Navigationskomponenten werden im Rahmen des Vorhabens weiterentwickelt und zu einem selbstfahrenden, elektrischen Traktor aufgebaut. Für das Mähen wird ein neuartiges, leistungsfizientes, elektrisch angetriebenes und voll integriertes Schneidwerk entwickelt und erprobt. Die Energiebereitstellung für den Demonstrator erfolgt durch hofeigene Photovoltaikanlagen. Für diese wird eine Ladestation für den Traktor entwickelt, damit der Traktor optimal geladen werden kann.

Der Einsatz eines elektrisch angetriebenen Traktors soll zum einen die Kraftstoffkosten der Betriebe senken und zum anderen deren Ökobilanz durch einen verminderten Emissionsausstoß verbessern. Die Automatisierung ermöglicht häufigere Pflegemaßnahmen, welche einen positiven Effekt auf die Plantagenhygiene und damit den Ertrag und die Qualität versprechen. Zum Nachweis finden Untersuchungen in den Partnerbetrieben des Projektes statt, um durch Feldversuche und durch Simulationen u. a. potenzielle Veränderungen der Produktivität, der Beerenqualität, der Verfahrenskosten, des Energiebedarfs und bei den Arbeitsspitzen zu bewerten.

Die Konzeptplanungen für die einzelnen Teilprojekte sind abgeschlossen. Zurzeit erfolgt der Aufbau des Demonstrators mit den Prototypen für das elektrische Mähwerk, den elektrischen Traktor, die autonome Navigation sowie die Umfelderkennung. Daneben finden die Datenerhebungen hinsichtlich der Plantagenhygiene, der Fruchtqualität und Produktivität sowie des Energiebedarfs statt.

Summary

In berry production, orchard nursery practices such as mowing the rows between cultivars on a regular basis are necessary for improving produce quality and yield. This is, however, a repetitive labor-intensive task that is carried out by skilled operators using fossil fuel tractors. The current method constraints farmers to reduce the number of orchard mowing operations and prevents them from achieving the optimum practice. This causes limitations in the berry orchard management, limitations of labor resources and costs, which again lead to loss of yield and fruit quality along with reduced competitiveness. To overcome this challenge, the 'SunBot' aims at the autonomous and emission-free execution of the mowing operation.

The four-year 'SunBot' project aims to optimize major aspects of berry orchard management in Brandenburg. Main objectives are:

- (1) to improve the yield and quality of berry fruits,
- (2) to improve sustainability and ecological effects by reducing CO₂ output,

- (3) to increase labor productivity by reducing workload and operational cost, and
- (4) to strengthen regional structures by expanding regional value chains and increasing the attractiveness of jobs in rural areas.

An interdisciplinary team of scientists, farmers and industrial partners is available for this purpose, e. g. for the development of an autonomously driving tractor for managing the vegetation soil cover between the rows in berry cultivation. E-tractor and navigation components are being acquired on the market as part of the project and belong to a self-propelled tractor. A new type of an electric-powered, efficiently performing and a fully integrated cutting unit is being developed and tested for mowing.

The energy supply for the demonstrator is provided by the farms' own photovoltaic systems. A charging station for the tractor is being developed for these systems so that the tractor can be optimally charged.

By using an electric transport tractor, the fuel costs of the farms are reduced and the ecological balance is improved through reduced emissions. Automation enables more options for maintenance measures, which promise a positive effect on plantation hygiene and thus on yield and fruit quality. These effects are assessed in the partner orchards where field trials and simulations to evaluate potential changes in productivity, berry quality, labor costs and energy requirements, among others, are carried out.

1. Einleitung

1.1 Hintergrund

Der Anbau von Strauchbeeren erfordert einen hohen Arbeitszeiteinsatz, um optimale Erträge und Fruchtqualitäten zu erzielen. Dies führt zu hohen Arbeitskosten, was die Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu Produktionsregionen mit einem niedrigeren Lohnniveau verringert. Zusätzlich kommt es durch die zeitliche Überschneidung von Pflegemaßnahmen und Ernte zu Arbeitsspitzen, die mit verfügbaren Arbeitskräften oft nicht zu bewältigen sind.

Vor diesem Hintergrund wurde für den Brandenburgischen Obst- und Beerenanbau das Projekt „SunBot“ initiiert. Die Idee: Pflegearbeiten sollen autonom ausgeführt und in die Nachtstunden verlegt werden. Bereits vorhandene Anlagen zur Selbsterzeugung elektrischer Energie dienen dabei der Energieversorgung des Antriebs.

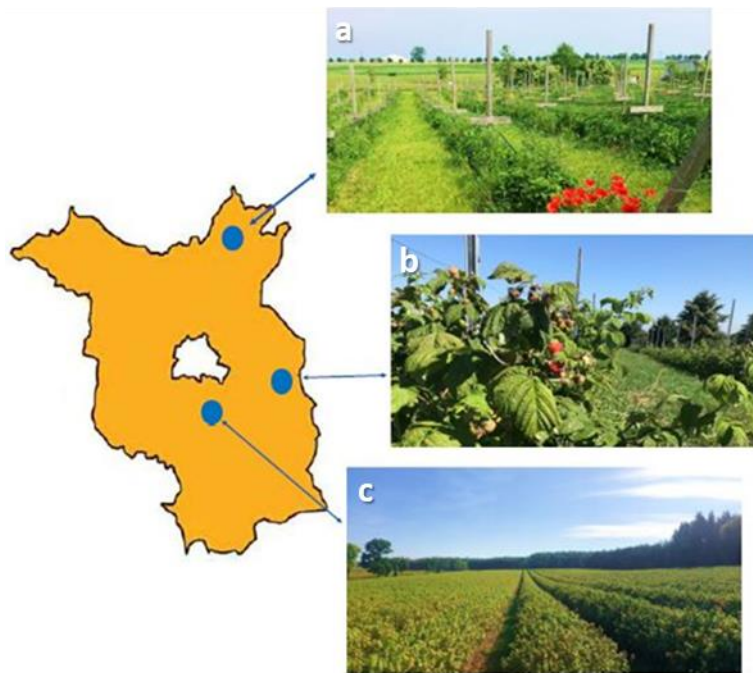
Das vierjährige Projekt „SunBot“ soll dazu beitragen, den Strauchbeerenanbau in Brandenburg in wesentlichen Punkten zu optimieren:

- (1) Steigerung der Kosteneffizienz mittels steigender Qualität und Wertschöpfung bei reduzierten Verfahrenskosten,
- (2) höhere Nachhaltigkeit durch Reduktion des CO₂-Ausstoßes,
- (3) Steigerung der Arbeitsproduktivität durch Reduzierung des Arbeitsaufwandes und
- (4) Stärkung regionaler Strukturen durch den Ausbau regionaler Wertschöpfungsketten und gesteigerte Attraktivität von Arbeitsplätzen im ländlichen Raum.

Das Projekt „SunBot“ soll den Nachweis erbringen, dass eine Optimierung der Pflegemaßnahmen den Strauchbeerenanbau hinsichtlich Kosteneffizienz, Arbeitsproduktivität und Ökobilanz verbessert. Die Entwicklung von Konzepten für optimierte Anbauverfahren, deren Überprüfung in Feldversuchen sowie die Entwicklung und Erprobung des Demonstrators soll die qualitativen Auswirkungen der Pflegemaßnahmen auf die Plantagenhygiene, die Vermarktungsfähigkeit frischer Produkte, die Ertragsentwicklung und die Fruchtqualität – mithilfe von Form- und Farbtabellen – an drei beispielhaften Strauchbeerenanlagen zeigen. Berücksichtigt werden der gegenseitige Einfluss von Pflegeleistung, Verfahrenskosten und Arbeitsspitzen sowie der Energiebedarf, das Energieangebot, die Schademissionen, die Analyse der verschiedenen Einsatzmöglichkeiten und Kriterien, die bei der Sicherheit im Rahmen der Nutzung des Demonstrators eingehalten werden müssen, und die Verfügbarkeit des Systems.

Als Versuchsstandorte stehen drei ökologisch wirtschaftende Beerenobstbetriebe in Brandenburg zur Verfügung (Abbildung 1), wo Versuchsparzellen in Himbeere, Johannisbeere und Heidelbeere aufgebaut werden.

Abbildung 1: Versuchsstandorte in Brandenburg: a) Bauernhof Weggun, b) Obsthof Raik Neumann und c) Biohof Schöneiche



Quelle: HNEE, Jana Schwefler.

Zur Umsetzung der Ziele steht ein interdisziplinäres Team aus Wissenschaftler*innen, Anbauern und Industriepartner*innen zur Verfügung, das sich u. a. mit der Entwicklung eines autonom fahrenden Traktors zur Unterwuchspflege im Beerenanbau beschäftigt. Folgende Projektpartner*innen sind involviert (Tabelle 1):

Tabelle 1: Projektpartnerinnen und -partner

Praxisbetriebe Beerenobstbau	
<i>Ökologischer Anbau:</i>	Bauernhof Weggun GbR Biohof Schöneiche GbR
<i>Konventioneller Anbau:</i>	Obsthof Raik Neumann
Transfer	
<i>Ökologischer und konventioneller Anbau:</i>	Versuchs- & Kontrollring für den Integrierten Anbau von Obst und Gemüse im Land Brandenburg e. V.
Industriepartner	
<i>Anbaugeräte:</i>	ESM - Ennepetaler Schneid- und Mähtechnik GmbH & Co. KG
<i>Sicherheits-Maschinensteuerung:</i>	HYDAC Software GmbH
<i>Solar-Energiemanagement:</i>	MCE GmbH Energiespeichersysteme
Wissenschaft	
<i>Anbauverfahren und Prozessmanagement:</i>	Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
<i>Automatisierung und Sensortechnik:</i>	Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V.
<i>Elektrische Antriebe und Geräteintegration:</i>	Hochschule Düsseldorf – FMDauto

Quelle: Eigene Darstellung.

1.2 Ziel und Struktur des Projektes

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines autonom fahrenden, mit Energie aus Photovoltaik gespeisten Traktors zur Unterwuchspflege im Beerenobstanbau. Es wurden mehrere Arbeitspakete für das Projekt definiert, die die verschiedenen notwendigen Arbeitsbereiche abdecken: (1) Feldversuche, (2) Lademanagement, (3) Elektrotraktor und Mähwerk, (4) Sicherheit und (5) Bewertung. Diese Arbeitspakete sind in drei Projektphasen unterteilt: Konzept- und Praxisphase sowie Analyse.

Marktverfügbare E-Traktor- und Navigationskomponenten werden weiterentwickelt und zu einem selbstfahrenden, elektrischen Traktor aufgebaut. Für das Mähen wird ein neuartiges, leistungsfizientes, elektrisch angetriebenes, voll integriertes Schneidwerk getestet. Die Energiebereitstellung für den Demonstrator erfolgt durch hofeigene Photovoltaikanlagen. Es wird eine Ladestation für den Traktor entwickelt, damit der Traktor durch diese Photovoltaikanlagen optimal geladen werden kann. Vorgesehen sind außerdem Untersuchungen, um den Einfluss des Systems auf die Qualität der Pflegemaßnahmen, die Verfahrenskosten, die Arbeitsbelastung und den Energiebedarf bewerten zu können.

Der Einsatz eines elektrisch angetriebenen Traktors soll zum einen die Kraftstoffkosten der Betriebe senken und zum anderen deren Ökobilanz durch den verminderten Emissionsausstoß verbessern. Die Automatisierung ermöglicht häufigere Pflegemaßnahmen, welche einen positiven Effekt auf die Plantagenhygiene und damit auf den Ertrag und die Fruchtqualität versprechen. Zum

Nachweis finden Untersuchungen in den Partnerbetrieben statt, um durch Feldversuche und durch Simulationen u. a. potenzielle Veränderungen der Produktivität, der Beerenqualität, der Verfahrenskosten, der Arbeitsspitzen und des Energiebedarfs zu bewerten. Die Konzeptplanungen für die einzelnen Teilprojekte sind abgeschlossen.

Zurzeit erfolgt der Aufbau des Demonstrators mit den Prototypen für das elektrische Mähwerk, den elektrischen Traktor, die autonome Navigation sowie die Umfelderkennung. Daneben finden die Datenerhebungen hinsichtlich der Plantagenhygiene, der Fruchtqualität und der Produktivität sowie des Energiebedarfs statt.

2 Projektumsetzung

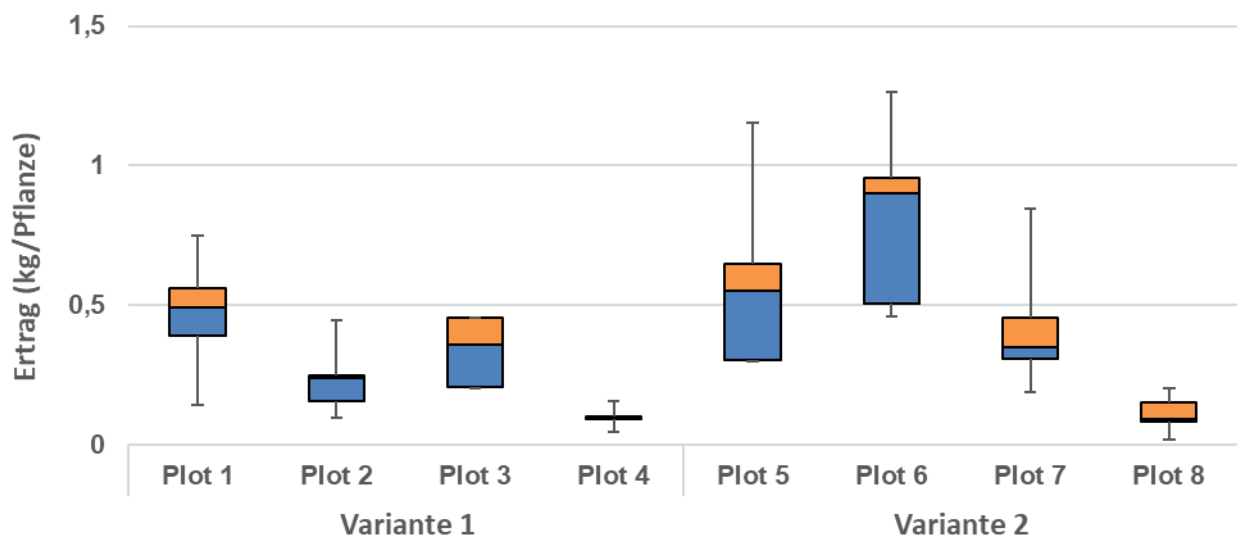
Die Konzeptplanungen für die einzelnen Teilprojekte sind abgeschlossen. In der folgenden Projektphase wird sich auf die Praxisversuche konzentriert. Das beinhaltet das Erfassen verschiedener Daten und den Aufbau des Demonstrators.

2.1 Feldversuch

Um die Wirkung des „SunBot“ ökologisch in Bezug auf Energiebilanz und Feldgröße sowie ökonomisch mit Blick auf die betriebliche Wertschöpfung bewerten zu können, finden auf jedem der drei Praxisbetriebe Feldversuche mit verschiedenen Mähvarianten über vier Jahre statt. Dabei handelt es sich um Beerenobstanlagen, die im Frühjahr 2019 unter Praxisbedingungen in Versuchspartzellen angelegt wurden. Untersucht werden (i) Ertrag, (ii) Beerenqualität, (iii) Plantagenhygiene, (iv) Pflanzengesundheit und (v) Biodiversität. In wöchentlichen Bonituren werden die entsprechenden Daten erhoben.

Dafür werden Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur gemessen sowie Mikroklimadaten (Willmer et al., 1996) im Bestand ermittelt. Dafür werden verschiedene Messsysteme der Firma AdaptiveAgroTech eingesetzt (Shamshiri et al., 2020). Darüber hinaus werden Bonituren von Krankheiten und Insekten sowie Ertragshöhe und Beerenqualität in den verschiedenen Versuchspartzellen durchgeführt. Es werden zwei Varianten getestet: Variante 1 (Grashöhe wird konstant gehalten) und Variante 2 (Anbauer entscheidet, wann gemäht wird) (Abbildung 2). Zur Validierung der Daten werden Laboranalysen von Bodenproben in externen Laboren und Qualitätsparameterbestimmungen von Zucker- und Säuregehalt, Farbe und Form am Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V.) (ATB) durchgeführt. Die unterschiedlichen Mähvarianten stellen dabei eine besondere Herausforderung dar, da sie für eine praxisübliche Bewirtschaftung schwer im laufenden Betrieb umzusetzen sind. In den Betrieben werden diese Mäharbeiten mit einem Handbalkenmäher durchgeführt. Zusätzlich wurde ein Testfeld am ATB aufgebaut, in dem die verschiedenen Mähvarianten über die ganze Saison von April bis Oktober mit dem Demonstrator getestet werden.

Abbildung 2: Exemplarischer Datensatz zur Darstellung der Erträge in Versuchsparzellen der Varianten 1 und 2



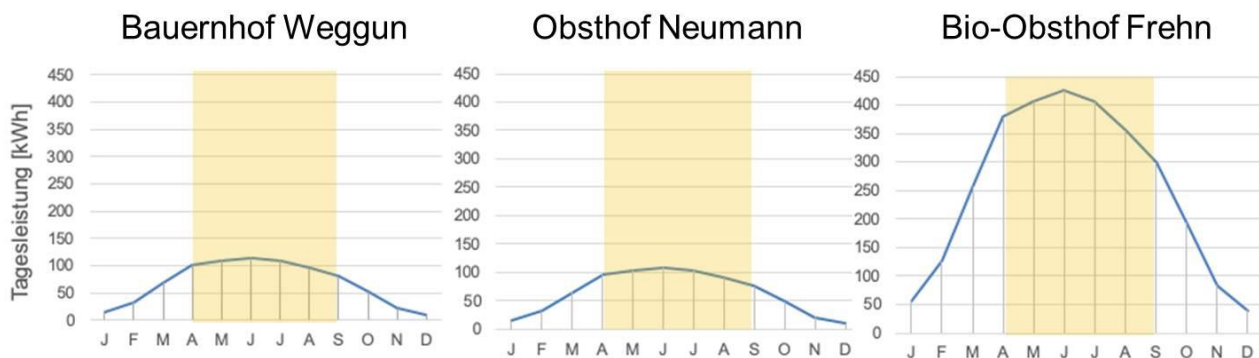
Quelle: HNEE, Jana Schwefler.

2.2 Lademanagement

Zur Bestimmung der benötigten Energie zum Laden des „SunBot“-Demonstrators werden der Stromverbrauch und die Stromgewinnung ermittelt (Abbildung 3). Auf Grundlage dieser Daten wurde das Ladekonzept aufgebaut. Für das Ladekonzept gab es eine ausführliche Recherche von verfügbaren und neuesten Produkten und eine Vorortbegehung, um die Ladeinfrastruktur optimal an den Verbrauch anzupassen (Gorjian et al., 2020). Es wird ein LiFePO¹¹ Pufferspeicherkonzept aufgebaut und die Batterie des Demonstrators wird angepasst. Des Weiteren wurden die Strom-anbietenden kontaktiert, um die Konditionen bestehender Verträge zu ermitteln, die gegebenenfalls bei der Auslegung des Pufferspeichers berücksichtigt werden müssen.

¹¹ LiFePo (Lithium-Eisenphosphat)

Abbildung 3: Darstellung der eigenproduzierten Solarenergie der Obstbaubetriebe als monatlich gemittelte Tagesleistung



Quelle: HNEE, Linda Nagler.

2.3 Demonstrator

Der E-Traktor soll in der Lage sein, autonom zwischen den Reihen mit einer Genauigkeit von fünf bis zehn Zentimetern im Abstand zu den Pflanzen zu navigieren und dabei eine ideale Geschwindigkeit von fünf bis acht km/h beizubehalten. Zu diesem Zweck wird ein systematischer Ansatz verwendet, um native Datenströme von verschiedenen Sensortypen (GNSS¹², LiDAR¹³, Laser, Radar) in verwendbare Informationen innerhalb des Befehls- und Steuerungssystems für die autonome Navigation umzuwandeln (Shamshiri et al., 2018a). Dabei sollen bewegende oder stationäre Hindernisse im Obstgarten umfahren werden. Dies ist jedoch aufgrund der strukturellen Dynamik des Obstgartens und der vorhandenen Variation in den Pflanzsystemen eine äußerst herausfordernde Aufgabe.

Um diese Herausforderung zu bewältigen, mussten verschiedene Sensoren und Navigationsalgorithmen für autonomes Fahren getestet und validiert werden. Es wurden verschiedene Konzepte im Realen und in der Simulation (Shamshiri et al., 2018b) mit sowohl wirklicher Hardware als auch simulierten Sensoren entwickelt. Diese Konzepte sind alle in dem final bereitgestellten Kontrollsystem eingebunden, die auf dem Experimentierfahrzeug implementiert wurden.

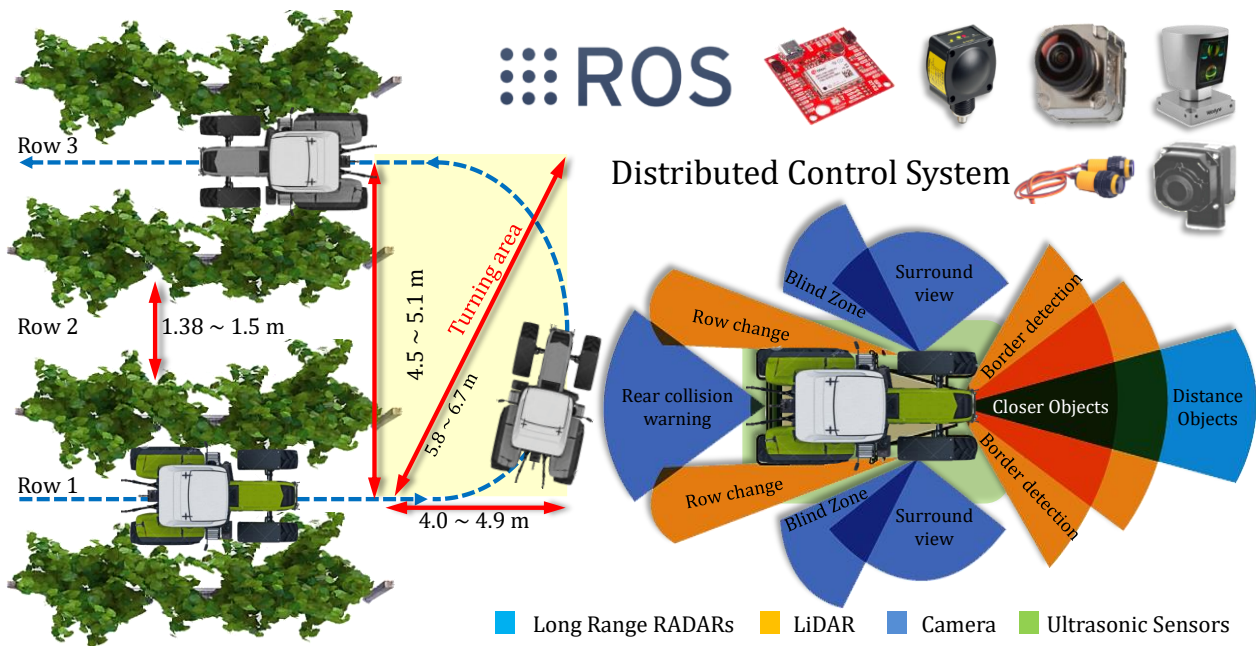
In der Saison 2021/22 wird der E-Hoftrac der Firma Weidemann als „SunBot“-Demonstrator umgebaut und in den Versuchsanlagen getestet. Hierzu wurden Simulationen programmiert, um zu ermitteln, welches die optimale Fahrspur, der optimale Wendekreis und der optimale Anbau der Sensoren ist. Des Weiteren wurde untersucht, welche möglichen Hindernisse die Navigation erschweren, wie zum Beispiel eine vergessene Obstkiste oder Bodenunebenheiten. Das

¹² GNSS (Globales Navigationssatellitensystem)

¹³ LiDar (Abkürzung für englisch Light detection and ranging)

Sensorkonzept wurde nach ausführlicher Recherche und unter Berücksichtigung neuester Sensoren kalkuliert (Abbildung 4).

Abbildung 4: Sensorkonzepte für die Umfelderkennung beim autonomen Fahren



Quelle: ATB, Redmond Shamshiri.

Ein weiterer Punkt ist die Implementierung des speziell für das Projekt entworfenen Mähwerkes. Die Herausforderung hierbei ist zum einen der Stromverbrauch und zum anderen das Gewicht.

2.4 Sicherheit

Nach der Festlegung des Sicherheitskonzeptes für die Umfeldsicherung wurden die benötigten Sensoren beschafft. Der Hauptfokus liegt zurzeit auf der Umsetzung des Konzeptes und der Programmierung der Software. Dabei werden die Kernfunktionen für Hindernisse-, Menschen- und Tiererkennung programmiert. Des Weiteren wurden die ersten Programmanpassungen an der Sicherheitssoftware vorgenommen.

2.5 Bewertung

Für die Ermittlung der Nachhaltigkeit und Optimierungsmöglichkeiten wurden Protokolle angefertigt und zusammen mit den obsterzeugenden Projektpartner*innen bearbeitet. Die Erhebung dieser Daten erfolgt über die gesamte Projektlaufzeit und ermöglicht es, später Rückschlüsse zu ziehen. Für die Bewertung soll das Kriteriensystem Nachhaltige Landwirtschaft (KSNL) verwendet

werden, welches von der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) entwickelt wurde. Die für die Bewertung der Nachhaltigkeit nach KSNL wesentlichen Indikatoren wie Median, Feldgröße und Energiebilanz (Breitschuh et al., 2008) wurden bei einer ersten Besprechung mit dem Verantwortlichen der TLL diskutiert.

3. Weitere Schritte

Zurzeit laufen die Auswertungen der Daten und die Vorbereitungen für die nächste Saison. Des Weiteren stehen der Umbau des E-Hoftracs, der Aufbau der Ladeinfrastruktur für die Versorgung des E-Hoftracs mit hofeigener Solarenergie und weitere technische Tests an. Weitere Fortschritte können auf der Projekthomepage www.sunbot.de verfolgt werden.

Danksagung

Dank der Firma Weidemann, die uns den E-Hoftrac 1160e zur Verfügung gestellt haben. Gefördert wird das Projekt „SunBot“ durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER).

Literaturverzeichnis

- Breitschuh, G.; Eckert, H.; Matthes, I.; Strümpfel, J.; Bachmann, G.; Herold, M.; Breitschuh, T.; Gernand, U. (2008): Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft (KSNL). Ein Verfahren zur Nachhaltigkeitsanalyse und Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben. KTBL-Schrift 466, KTBL, Darmstadt
- Gorjian, S., Minaei, S., MalehMirchegini, L., Trommsdorff, M., & Shamshiri, R. R. (2020). Applications of solar PV systems in agricultural automation and robotics. In Photovoltaic Solar Energy Conversion (pp. 191-235). Academic Press.
- Shamshiri, R. R., Bojic, I., van Henten, E., Balasundram, S. K., Dworak, V., Sultan, M., & Weltzien, C. (2020). Model-based evaluation of greenhouse microclimate using IoT-Sensor data fusion for energy efficient crop production. *Journal of Cleaner Production*, 121303.
- Shamshiri, R. R., Weltzien, C., Hameed, I. A., Yule, I. J., Grift, T. E., Balasundram, S. K., Pitonokava L., Ahmad, Desa & Chowdhary, G. (2018a). Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming.
- Shamshiri, R. R., Hameed, I. A., Pitonakova, L., Weltzien, C., Balasundram, S. K., J Yule, I., Grift, T. E. & Chowdhary, G. (2018b). Simulation software and virtual environments for acceleration of agricultural robotics: Features highlights and performance comparison.
- Willmer, P. G., Hughes, J. P., Woodford, J. A. T., & Gordon, S. C. (1996). The effects of crop microclimate and associated physiological constraints on the seasonal and diurnal distribution patterns of raspberry beetle (*Byturus tomentosus*) on the host plant *Rubus idaeus*. *Ecological Entomology*, 21(1), 87-97.

Bildrechte

Abbildung 1 und 2: HNEE, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Jana Schwefler

Abbildung 3: HNEE, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Linda Nagler

Abbildung 4: ATB, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V., Dr. Redmond Shamshiri

REFOWAS-Fallstudie zu Lebensmittelverlusten in der deutschen Obst- und Gemüseerzeugung

SABINE LUDWIG-OHM¹, WALTER DIRKSMEYER¹, KATHRIN KLOCKGETHER²

Zusammenfassung

Für ausgewählte Obst- und Gemüseprodukte (Möhre, Salat, Apfel, Erdbeere, Himbeere) wurden die Lebensmittelverluste entlang der gärtnerischen Wertschöpfungskette (WSK) und deren Ursachen identifiziert sowie praxisorientierte Vorschläge für eine Verringerung dieser Verluste erarbeitet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Verluste auf Ebene der Erzeugung erheblich sein können und dabei deutliche Abweichungen vom Mittelwert nach oben und unten auftreten. Im Freilandanbau gehen im Durchschnitt mehr als 25 % der genussfähigen Salate und Möhren verloren. Bei den Obstprodukten sind diese Verlustwerte tendenziell niedriger, doch es zeigen sich größere Unterschiede zwischen den leicht verderblichen Himbeeren und Erdbeeren, deren Verluste sich auf 15 % bzw. 15 bis 20 % belaufen, und den länger haltbaren und gut in die Verarbeitung absetzbaren Äpfeln mit Verlusten zwischen 6 bis 16 %. Die Ursachen dieser Verluste liegen bei der Witterung und Extremwetterereignissen sowie der Marktsituation, die insbesondere bei kurzer Haltbarkeit einen großen Einfluss auf die Höhe der Verluste hat. Gleiches gilt für die vorherrschenden Qualitätsstandards des Lebensmitteleinzelhandels (LEH) und fehlende alternative Absatz- und Verwertungsmöglichkeiten von genuss-, aber nicht marktfähiger Ware. Wirksame Maßnahmen zur Reduzierung der Lebensmittelverluste in den WSK für Obst und Gemüse sind der geschützte Anbau, Maßnahmen zur Verlängerung der Produkthaltbarkeit, Anpassungen bei den marktüblichen Qualitätsstandards und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle für die Verwertung und den Absatz von Überschussware und von Produkten mit Schönheitsfehlern.

Schlüsselwörter: Lebensmittelabfälle, Nachhaltigkeit, Obst, Gemüse, Erzeugung

JEL-Codes: Q00, Q51

¹ Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Bundesallee 63, 38116 Braunschweig.
E-Mail: sabine.ludwig-ohm@thuenen.de, walter.dirksmeyer@thuenen.de.

² Bis 2018: Thünen-Institut für Betriebswirtschaft.

1 Hintergrund und Problemstellung

Bei Obst und Gemüse treten im Vergleich zu anderen Lebensmitteln relativ hohe Lebensmittelverluste auf. Daher rücken der Obst- und Gemüsesektor in den Fokus, um das Nachhaltigkeitsziel 12.3 der UN-Agenda 2030 – eine Halbierung der Lebensmittelabfälle auf Einzelhandels- und Verbrauchsebene und eine Verringerung der Nahrungsmittelverluste entlang der Produktions- und Lieferkette – zu erreichen (UN, 2015).

In Deutschland schätzte die erste Studie zu Lebensmittelverlusten im Jahr 2012, dass etwa elf Millionen Tonnen Lebensmittel pro Jahr verloren gehen (Hafner et al., 2012). Die Studie konzentrierte sich auf die der Primärproduktion nachgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette, schloss also die landwirtschaftliche Produktion aus. Darauf aufbauende Forschungsarbeiten bilanzieren die Verluste in der Primärproduktion im Allgemeinen, um sie in den Wertschöpfungsketten zu quantifizieren und zu überwachen, z. B. für Monitoringzwecke in der Lebensmittelindustrie im Rahmen der Erreichung der sogenannten Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen (Schmidt et al., 2019). Andere Untersuchungen fokussierten darauf, qualitative Einblicke in die Gründe für Lebensmittelverluste in der Obst- und Gemüseproduktion zu erhalten (Beausang et al., 2017; WRAP, 2017).

Mit der Fallstudie Obst und Gemüse im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundprojekts REFOWAS (Wege zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen) wurden von 2015 bis 2020 die Lebensmittelverluste auf Ebene der Erzeugung und entlang der WSK für Obst und Gemüse quantifiziert, deren Ursachen identifiziert und darüber hinaus wirksame Gegenmaßnahmen herausgearbeitet.

2 Methodik und Vorgehensweise

Die Lebensmittelverluste wurden mit Hilfe von Fallstudien analysiert. Die zu den qualitativen Methoden zählende Fallstudienforschung ist dazu geeignet, auf der Grundlage von kleinen Fallzahlen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge aufzuzeigen (vgl. Göthlich, 2003). Mit der gewählten vergleichenden Fallstudie werden Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen den Fällen herausgearbeitet. Aus forschungsökonomischen Gründen mit Blick auf die Auswertungen der Fallstudien wird eine Anzahl von vier bis zehn Fällen empfohlen (Borchardt und Göthlich, 2009). Mit zunehmender Fallzahl sind zumeist nur noch geringe zusätzliche Erkenntnisgewinne verbunden.

Im Rahmen der Fallstudie wurden für fünf Obst- und Gemüseprodukte (Möhre, Salat, Apfel, Erdbeere und Himbeere) fragebogengeleitete Expert*inneninterviews mit Akteur*innen entlang der gesamten WSK durchgeführt und deren Ergebnisse durch Expert*innenworkshops mit den interviewten Personen und weiteren Akteur*innen aus der Praxis, insbesondere aus der Beratung und

der Vermarktung, validiert.³ Die gewählten Produkte repräsentieren sowohl schnell verderbliche als auch lagerfähige Produkte. Um regionale Besonderheiten in Produktions- und Vermarktungsstrukturen berücksichtigen zu können, wurden für jede WSK zwei wichtige Anbauregionen in die Untersuchungen einbezogen.

Der Fokus der Untersuchungen lag auf der Analyse des Freilandanbaus. Je Produkt und Region wurden etwa zehn Befragungen durchgeführt.⁴ Bei zusätzlichen Erhebungen im geschützten Anbau von Erdbeeren und Himbeeren wurde die Anzahl der Befragungen je Kultur und Region auf ca. fünf verringert. Die zuvor durchgeführten Befragungen ließen erkennen, dass diese Anzahl ausreicht, um solide Erkenntnisse im Kontext von Lebensmittelverlusten zu gewinnen. Im Freilandanbau führten darüber hinausgehende Befragungen zu nur noch marginalen zusätzlichen Erkenntnissen.

Schwerpunktmäßig wurden Leitungspersonen auf Ebene der Erzeugung befragt, die z. T. weitere Funktionen innerhalb der WSK, wie den auf die jeweiligen Produkte spezialisierten Großhandel, übernehmen. Für die nachgelagerten Stufen der WSK wurden weitere Expert*innen aus den Bereichen Bündelung und Großhandel sowie Verarbeitungsindustrie und Lebensmitteleinzelhandel (LEH) befragt, sodass insgesamt 136 Befragungen ausgewertet werden konnten (Tab. 1).

Tabelle 1: Anzahl Befragungen für die Fallstudie Obst und Gemüse

	Produkt						produkt- über- greifend
	Freilandanbau					Geschützter Anbau	
	Möhre	Salat	Apfel	Erdbeere	Himbeere	Erdbeere	Himbeere
Erzeugerbetriebe aus							
Niedersachsen	10	9	10	11	3	6	5
Nordrhein-Westfalen		10		10	2	5	5
Rheinland-Pfalz	11						
Bodensee			10				
Bündler ¹	4	4	7	2			4
Verarbeitungsindustrie ²							5
LEH							3

Anm.: ¹ Großhändler und Erzeuger*innenorganisationen

² Konfitüren-, Saft- und Convenience-Herstellende

Quelle: Eigene Ergebnisse.

³ Für die Durchführung aller Interviews und Expert*innenworkshops wurden die Landwirtschaftskammer Niedersachsen, der Obstbauversuchsring des Alten Landes e. V. (OVR), die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, das Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz (DLR) und das Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee (KOB) als Praxispartner einbezogen, da diese über intensive Kontakte zu den Produktionsbetrieben und zu weiteren Akteur*innen der WSK verfügen.

⁴ Bei Freilandhimbeeren konnte aber auch die Schwelle von fünf Fällen nicht erreicht werden, da der Anbau von Himbeeren im Freiland stark rückläufig ist.

3 Lebensmittelverluste bei Erzeugung im Freiland

Für die ausgewählten Produkte wurden die Lebensmittelverluste im Freilandanbau quantifiziert, deren Ursachen kulturübergreifend identifiziert und darauf aufbauend Maßnahmen erarbeitet, die zu einer Verringerung der Lebensmittelverluste auf Ebene der Erzeugung beitragen können.

Tabelle 2 zeigt, dass die Lebensmittelverluste auf Erzeuger*innenebene erheblich sein können. Bei der Produktion für den Frischmarkt gehen im Durchschnitt mehr als 25 % der genussfähigen Salate und Möhren verloren. Beim Tafelobst gibt es größere Unterschiede zwischen den leicht verderblichen Himbeeren und Erdbeeren mit 15 % bzw. 15 bis 20 % und den länger haltbaren Äpfeln mit nur 6 bis 16 % durchschnittlichen Verlusten. Insgesamt sind die Verluste bei den untersuchten Obstprodukten tendenziell geringer als bei den Gemüseprodukten. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen können die Verluste bis auf 50 % ansteigen.

Eine Unschärfe bei der Messung der Lebensmittelverluste resultiert aus den nicht eindeutig abzugrenzenden Vorernteverlusten, die per Definition nicht zu den Lebensmittelverlusten zählen. Die Betriebsleiter*innen konnten diese Vorernteverluste nicht von den Ernteverlusten trennen.⁵

Tabelle 2: Lebensmittelverluste auf Erzeuger*innenebene (Freilandanbau)

		Gute Jahre	Durchschnitt	Schlechte Jahre
Möhren		10 - 15 %	25 - 40 %	> 50 %
Salat		10 - 15 %	25 - 30 %	35 - 40 %
Erdbeeren	Niedersachsen	5 - 10 %	15 - 20 %	bis zu 40 %
	Nordrhein-Westfalen	ca. 10 %		40 - 50 %
Himbeeren		5 %	15 %	bis zu 50 %
Äpfel			6 - 16 %	

Quelle: Eigene Ergebnisse.

Als wesentlich für Lebensmittelverluste in der WSK Obst und Gemüse konnten folgende Ursachen identifiziert werden:

- Witterung und Extremwetterereignisse können zu optischen Mängeln bis hin zum Totalausfall führen.
- Die Marktsituation hat vor allem bei den Produkten mit kurzer Haltbarkeit einen großen Einfluss auf die Höhe der Verluste.

⁵ Derartige Abgrenzungsprobleme bei der Erfassung von Lebensmittelverlusten auf Ebene der Erzeugung sind nicht untypisch (vgl. hierzu auch Leibetseder, 2012 und Beausang et al., 2017).

- Das Management arbeitet mit Sicherheitsaufschlägen bei der Produktionsmenge, die bei Salat etwa 10 bis 20 % und bei Erdbeeren 15 bis 20 % betragen, und in Jahren mit guter Witterung zu einem Überangebot führen können.
- Die vorherrschenden hohen Qualitätsstandards des LEH bei Wuchsform, Optik und Größe, sowie bei Pflanzenschutzmittelrückständen – die sich in den vergangenen zehn Jahren deutlich erhöht haben – sind mitverantwortlich für die Höhe des Anteils vermarktungsfähiger Ware.⁶
- Fehlende alternative Absatz- und Verwertungsmöglichkeiten von genussfähiger, nicht den Standards entsprechender Frischware beeinflussen die Höhe der Lebensmittelverluste ebenso wie die Lagerfähigkeit des Produktes. Tendenziell gibt es für Obst mehr alternative Verwertungsmöglichkeiten als für Gemüse.

Um diesen Ursachen entgegenzuwirken, wurden unterschiedliche Handlungsoptionen mit spürbarem Vermeidungspotenzial erarbeitet:

- Frostschutz- und Sommerberegung oder Hagelschutznetze helfen, Spätfrost-, Trocken- und Hagelschäden sowie Sonnenbrand zu vermeiden.
- Mit der geschützten Erzeugung verringert sich der Witterungseinfluss auf die Produktion, so dass der Anteil vermarktungsfähiger Ware steigt.
- Fortschritte bei der Entwicklung von intelligenten Verpackungen könnten helfen, die Produktqualität länger zu erhalten.
- Eine frühzeitige und durchgehende Kühlkette von der Erzeugungs- bis zur Handelsebene ist wichtig, um Frische und Qualität von Obst und Gemüse zu erhalten.
- Frühzeitige Lieferverträge für den Frischmarkt – ähnlich dem Geschäftsmodell des Vertragsanbaus für die Vermarktungsindustrie – könnten den Erzeuger*innenbetrieben die Absatzmengeplanung erleichtern und helfen, weniger Überschüsse zu produzieren.
- Größere Toleranzen bei den LEH-Standards für Größe, Farbe, Form könnten den Anteil vermarktungsfähiger Ware deutlich erhöhen. Selbiges gilt mit Blick auf die vereinbarte Liefermenge.

⁶ Die Bedeutung der äußeren Qualität als ein wesentlicher Faktor für die Entstehung von Lebensmittelverlusten bei Obst und Gemüse wird auch in den Untersuchungen von Runge und Lang, 2016, Meyer et al., 2018, und de Hooge et. al., 2018 bestätigt.

4 Wirksamkeitsanalyse ausgewählter Maßnahmen zur Verringerung von Lebensmittelverlusten

Die beschriebenen Maßnahmen zielen auf witterungsunabhängigere Produktionsbedingungen, eine Verlängerung der Haltbarkeit und gemeinsame Aktionen mit den der Erzeugung nachgelagerten Stufen der WSK. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen wird im Folgenden näher untersucht.

Die Wirksamkeit des geschützten Anbaus wird durch weitere Fallstudienanalysen beurteilt. Für zahlreiche andere Maßnahmen sind enge Kooperationen zwischen der Erzeugung, möglicherweise dem Erfassungs- oder Großhandel und dem LEH unerlässlich, um nennenswerte Mengen von Lebensmittelverlusten zu verringern. Daher war es eine wesentliche Aufgabe der Wirksamkeitsanalyse, die verschiedenen Stakeholder zu gemeinsamen Gesprächen zusammenzuführen, um die Rahmenbedingungen und Sichtweisen der jeweiligen Akteur*innen transparent zu machen und auf dieser Grundlage die Umsetzbarkeit stufenübergreifender Handlungsmöglichkeiten auszuloten.⁷ Hierzu wurde im Februar 2020 ein Workshop mit Expert*innen aus Gartenbaubetrieben und Erzeugermärkten, vom Fachgroßhandel, der gartenbaulichen Beratung, dem LEH sowie Vertreter*innen staatlicher und berufsständischer Institutionen durchgeführt, auf dem stufenübergreifende Maßnahmen zur Verbesserung der Haltbarkeit, Anpassung der marktüblichen Qualitätsstandards und Entwicklung neuer Geschäftsmodelle diskutiert wurden.

4.1 Geschützter Anbau

Im geschützten Anbau gibt es eine höhere Ertragssicherheit, Qualitätsverbesserungen und eine bessere Haltbarkeit der Früchte – wichtige Vorteile gegenüber der Freilandproduktion, um Lebensmittelverluste zu verringern.

Lebensmittelverluste im geschützten Anbau

Im geschützten Erdbeeranbau liegen die durchschnittlichen Lebensmittelverluste bei 10 %. Die mittleren Verluste bei geschützten Himbeeren betragen 7 %. Die Verlustanteile halbieren sich gegenüber der Freilandproduktion, sodass bezogen auf die Gesamterntemenge Verluste in Höhe von durchschnittlich 8 %-Punkten bei Himbeeren und bis zu 10 %-Punkten bei Erdbeeren vermieden werden können (Tab. 3).

In guten Jahren bestehen nur geringe Unterschiede bei den Verlustanteilen zwischen Freilandproduktion und geschütztem Anbau. Sowohl für Erdbeeren als auch für Himbeeren belaufen sich die Verluste in beiden Produktionssystemen auf lediglich 5 %. Dagegen erreichen in schlechten Jahren die Verluste im geschützten Anbau bei Erdbeeren nur Werte bis zu 15 % und bei Himbeeren bis zu

⁷ Die Bedeutung einer besseren Kommunikation in der WSK für die Verringerung von Lebensmittelverlusten wird auch in der Studie von Meyer et al., 2018, herausgestellt.

20 %, während im Freilandanbau bei beiden Kulturen Ausfälle bis zu 50 % entstehen können (Tab. 3).

Tabelle 3: Lebensmittelverluste im geschützten Anbau von Erdbeeren und Himbeeren im Vergleich zum Freilandanbau

Produkt		Gute Jahre	Durchschnitt	Schlechte Jahre
Erdbeere	Freiland	5 - 10 %	15 - 20 %	40 - 50 %
	Geschützt	5 %	10 %	bis 15 %
Himbeere	Freiland	5 %	15 %	bis 50 %
	Geschützt	5 %	7 %	bis 20 %

Quelle: Eigene Ergebnisse.

Kosten und Nutzen des geschützten Anbaus

Die in Tabelle 4 ausgewiesenen Investitionsausgaben belegen den stark erhöhten Kapitalbedarf für geschützte Anlagen, der bei Erdbeeren rund 20 Euro/m² beträgt, während im Freiland keine speziellen Investitionen erforderlich sind. Der Kapitalbedarf für geschützte Himbeeren ist mit 11,70 Euro/m² nahezu dreimal so hoch wie für den Freilandanbau.

Tabelle 4: Kostenvergleich von Freiland- und geschütztem Anbau von Erd- und Himbeeren

	Erdbeeren		Himbeeren	
	Freilandanbau	Geschützter Anbau auf Stellagen ¹	Mehrjähriger Freilandanbau	Geschützter einjähriger Anbau ²
Investitionsausgaben	–	199.418 Euro/ha	42.100 Euro/ha	117.375 Euro/ha
Ertrag	22 bis 32 t/ha	40 bis 60 t/ha	8 bis 10 t/ha	17 bis 23 t/ha
Kalkulationswert	26 t/ha	50 t/ha	9 t/ha	18 t/ha
durchschnittliche Lebensmittelverluste	20 %	10 %	15 %	7 %
Einzelkosten ³				
je ha	86.282 Euro/ha	145.914 Euro/ha	100.754 Euro/ha	214.882 Euro/ha
je kg marktfähige Ware	3,32 Euro/kg	2,92 Euro/kg	11,19 Euro/kg	11,94 Euro/kg

Anm.: ¹ Produktion in Pflanzgefäßen mit Substrat auf Stellagen.

² Produktion in Pflanzgefäßen mit Substrat, die auf dem Boden stehen.

³ Die enthaltenen Arbeitskosten sind mit 13 Euro/AKh kalkuliert.

Die Standzeit (Nutzungsdauer) der Freilandhimbeeren beträgt 7 Jahre.

Die Nutzungsdauer für die Tunnelkonstruktion beträgt 8 Jahre, die Nutzungsdauer für die Tunnelfolie 4 Jahre.

Quelle: Eigene Berechnungen nach Linnemannstöns (2016a, 2016b, 2013 und 2009).

Für eine umfassende Kostenbeurteilung des geschützten Anbaus ist die alleinige Betrachtung der Investitionsausgaben jedoch unzulänglich, da sich mit dem geschützten Anbau auch die Anbauverfahren verändern, sodass alle dem geschützten Anbau verursachungsgerecht zurechenbaren Kosten, die Einzelkosten, miteinander verglichen werden müssen. Beim Kostenvergleich zeigt sich, dass höhere Flächenerträge, geringere Lebensmittelverluste und höhere Arbeitsproduktivitäten durch höhere Pflückleistungen die höheren flächenbezogenen Einzelkosten gegenüber dem Freilandanbau weitestgehend kompensieren. Der geschützte Anbau von Erdbeeren verursacht leicht niedrigere Kosten je Kilogramm marktfähiger Ware als der Freilandanbau, bei Himbeeren ist der Freilandanbau etwas kostengünstiger (Tab. 4).

In diesen Kalkulationen bleiben erzielbare höhere Erzeugungspreise für Früchte aus dem geschützten Anbau aufgrund besserer Produktqualitäten und Angebotszeiträumen außerhalb der Haupterntezeiten unberücksichtigt, da sie schwer zu quantifizieren sind. Zudem ist schwer abzuschätzen, wie sich die Produktpreise bei zunehmendem Angebot entwickeln würden.

Die ökonomische Tragfähigkeit der geschützten, steuerbaren Produktion wird durch weitere Nutzenaspekte begünstigt:

- Höhere Planungssicherheit bei der Arbeitsorganisation und der Lieferfähigkeit (Menge und Zeitpunkt).
- Geringere Lebensmittelverluste auf den nachgelagerten Stufen der WSK, da die Produkte eine höhere Qualität und somit auch eine bessere Haltbarkeit aufweisen.
- Geringere Landnutzung aufgrund von höheren Flächenerträgen und besseren Produktqualitäten.
- Geringerer Einsatz von Pflanzenschutzmitteln.
- Attraktivere Arbeitsplätze durch bessere Arbeitsbedingungen gegenüber dem Freilandanbau.

Eine große Herausforderung der geschützten Produktion gegenüber dem Freilandanbau ist die hohe Kapitalbindung, die – vor dem Hintergrund unsicherer zukünftiger Preisentwicklungen – ein hohes ökonomisches Risiko darstellt. Mögliche Aufschläge auf den Erzeugungspreis aufgrund besserer Produktqualität bei Ware aus geschütztem Anbau können mit steigendem Flächenumfang des geschützten Anbaus sinken. Letztendlich werden aber die Wirtschaftlichkeit und die Risikobereitschaft der Betriebsleitungen die Umsetzung des geschützten Anbaus in den Gartenbaubetrieben bestimmen.

Ungeklärt ist auch die gesellschaftliche Akzeptanz des Anbaus in Folientunneln. Der regelmäßig durchzuführende Folienwechsel führt zu einer Erhöhung des Abfallvolumens und des CO₂-Footprints. Dies ist ein Grund, weshalb Folientunnel in der Bevölkerung ein schlechtes Image haben, sodass die mangelnde Akzeptanz des geschützten Anbaus ein großes Problem für eine Ausdehnung des geschützten Anbaus werden könnte.

4.2 Innovative Haltbarkeits- und Lagerungstechnologien

Mit der Ernte beginnen die Abbauprozesse in Obst- und Gemüseprodukten. Das hat Auswirkungen auf die Produktqualität. Daher ist es ein wesentliches Ziel, die Frische der Produkte durch Einsatz von (Lager-)Technologien zur Verbesserung der Haltbarkeit zu erhalten. Neben bewährten Maßnahmen, die i. d. R. (hohe) Investitionen und viel Know-how erfordern und daher nicht überall eingesetzt werden, gibt es auch neuere Verfahren, die aktuell Einzug in die Praxis halten. All diesen Maßnahmen ist gemein, dass sie produktspezifisch zu betrachten sind. Eine Übertragbarkeit auf andere Produkte ist vielfach nicht möglich bzw. erfordert erst einmal zusätzliche Praxisversuche.

Kühlung und Lagerung

Auf Ebene der Erzeugung gibt es vielfältige, produktangepasste Kühl- und Lagertechnologien, um Ernteprodukte schnell herab zu kühlen. Mit der Übertragbarkeit der langjährigen Erfahrungen im CA-/ULO-Lager⁸ auf neue Produkte können weitere Erfolge erzielt werden. Beispielsweise kann dadurch die Haltbarkeit von Johannisbeeren auf vier bis fünf Monate verlängert werden.

Bei der innovativen Smartfresh-Lagerungstechnologie wird die Wirkung der etablierten CA-/ULO-Lagermethode durch den Wirkstoff 1-Methylcyclopropen (1-MCP) ergänzt, der den natürlichen Reifeprozess hemmt und bei Äpfeln gut funktioniert. Eine Lagerung von einem Jahr und länger ist möglich.

Für andere, schnell verderbliche Produkte kann die Frische über sehr begrenzte Zeiträume nur durch Einsatz von Eis- und Schnellkühlungsanlagen, eine durchgehende Kühlkette und kurze Transportwege gewährleistet werden.

Verpackung und Coating

Wenngleich bei losem Obst und Gemüse deutlich höhere Lebensmittelverluste zu verzeichnen sind als bei verpackter Ware, steht das Thema produktschonende Verpackungen aktuell wegen des im Verpackungsbereich stark verbreiteten Einsatzes von Kunststoffen und der daraus resultierenden Müllproblematik stark in der Kritik.

Beim Coating erhalten die Produkte eine innovative Schutzschicht aus pflanzlichen Stoffen⁹, die Wasserlust und Oxidation vermindern, sodass die Produkte länger frisch bleiben.

⁸ Im CA-Lager (CA: controlled atmosphere) herrschen kontrollierte Lagerbedingungen für Temperatur, Luftfeuchtigkeit sowie den Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt der Luft. Durch eine Verringerung des Sauerstoffgehalts wird der Reifeprozess der Lagerware verzögert. ULO-Lager (ULO: ultra-low oxygen) sind eine Weiterentwicklung des CA-Lagers, bei denen der Sauerstoffgehalt der Luft auf das absolute Mindestmaß reduziert wird.

Äpfel können beispielsweise in CA-/ULO-Lagern ohne nennenswerte Qualitätsverluste bis zu 12 Monate gelagert werden.

⁹ Dabei handelt es sich um Lipide und Glycerolipide, die aus Schalen, Samen und dem Fruchtfleisch von Früchten gewonnen werden.

Für die Bewertung des Einsatzes von Verpackungen und Coatings sollten ganzheitliche Untersuchungen die ökonomischen und ökologischen Kosten umfassend bewerten und die gesellschaftliche Diskussion mit fundierten Erkenntnissen unterstützen.

Haltbarkeitsmessungen

Ein anderer Ansatz wird bei der Messung von Qualität und Haltbarkeit von Produkten mit Hilfe von kostengünstigen Food-Scannern verfolgt (Goisser et al., 2020). Über die Messung von Reifegrad und Haltbarkeit sollen insbesondere die Verluste am Ende der WSK – im LEH und bei den Verbraucher*innen – verringert werden. Da es sich beim Food-Scanner um eine in der Entwicklung befindliche Innovation handelt, lässt sich deren Nutzen erst zu einem späteren Zeitpunkt beurteilen. Der Food-Scanner wurde bislang am Beispiel von Tomaten untersucht.

4.3 Anpassungen bei marktüblichen Qualitätsstandards

Die gegenüber den gesetzlichen Vermarktungsnormen i. d. R. erheblich strengeren Qualitätsstandards des LEH haben einen großen Einfluss auf die Höhe der Lebensmittelverluste bei Obst und Gemüse. Daher könnten größere Toleranzwerte bzgl. Optik und Größensortierungen, die an die Variabilität der Naturprodukte Obst und Gemüse angepasst sind, diese Verluste deutlich verringern. Konkrete Vorschläge für derartige Anpassungen sind:

- **Saisonale Anpassungen der Gewichts- und Qualitätsansprüche**

Mit dem Verzicht auf starre Mindestgewichte und der Hinwendung zu saisonalen Qualitätsstandards könnten die Besonderheiten der Freilandproduktion, beispielsweise die oftmals zu leichten Salate im Frühjahr, besser berücksichtigt werden. Dies könnte durch saisonal angepasste Größensortierungen oder Mischpackungen verschiedener Produkte, die zudem die Angebotspalette erweitern, erfolgen.

- **Preisgestaltung nach Gewicht**

Salate oder Kohlgemüse werden üblicherweise mit Stückpreisen, die ein vordefiniertes Gewicht implizieren, vermarktet. Um auch kleinere und größere Produkte absetzen zu können, sollte für diese Produkte eine Preisgestaltung nach Gewicht geprüft werden. Eine größere Vielfalt bei den Produktgrößen bei größerer „Preisgerechtigkeit“ könnte für die große Anzahl an Singlehaushalten in Deutschland attraktiv sein.

- **Vermarktung ohne Blatt**

Möhren, Kohlrabi und Radies werden üblicherweise mit Blättern vermarktet. Aus Frische- und Haltbarkeitsgründen sollte darauf aber verzichtet werden, da über die anhängenden Blätter erhebliche Mengen an Feuchtigkeit aus den Produkten abgegeben werden. Darüber hinaus könnten bei der Erzeugung auch Pflanzenschutz- und Düngemittel, die teilweise allein für frisch aussehende und gesunde Blätter eingesetzt werden müssen, eingespart werden.

4.4 Neue Geschäftsmodelle

Vor dem Hintergrund, dass es durch zunehmende Wetterextreme (Hagel, Sturm, Hitze) mehr und häufiger Klasse 2-Ware und nicht verkäufliche Ware geben wird, sollte über neue Geschäftsmodelle nachgedacht werden, um zu verhindern, dass solche Ware – ebenso wie Überschussware und „Misfits“¹⁰ – zu Lebensmittelverlusten wird:

- **Regionale Verarbeitungsprodukte**

Die regionale Verarbeitung von unregelmäßig anfallender Überschussware und „Misfits“ ist im kleinen Maßstab für Hofläden etc. bereits etabliert. Demgegenüber ist die industrielle Verarbeitung auf eine kontinuierliche Belieferung mit Rohware ausgerichtet und nicht für unregelmäßig anfallende oder maschinell nur schwer zu bearbeitende Ware geeignet.

Beispielhaft benannt wurden Ideen, dass sich Betriebe aus einer Anbauregion zusammenschließen und gemeinsam hochwertige Verarbeitungsprodukte mit regionaler Herkunftsangabe, z. B. gefrostenes Beerenobst oder Apfelsaft, herstellen könnten.

- **Zweitmarkt für „Misfits“**

Der Trend zu kleinem, zu großem oder eigenwillig gewachsenem Obst und Gemüse als Ware mit Schönheitsfehlern zu vermarkten, könnte zu einem Zweitmarkt für „Misfits“ ausgebaut werden.

5 Fazit

Lebensmittelverluste auf Ebene der Erzeugung können erheblich sein und insbesondere witterungsbedingt stark schwanken. Sie stellen auf allen Stufen der WSK immer auch ökonomische Verluste dar. Da aber auch Maßnahmen zur Verringerung von Lebensmittelverlusten i. d. R. Kosten verursachen, werden nur solche Maßnahmen durchgeführt, die aus einzelbetrieblicher Sicht wirtschaftlich vertretbar sind. Vielversprechende Maßnahmen zur Reduzierung von Lebensmittelverlusten zielen auf eine witterungsunabhängige Produktion, eine Verlängerung der Haltbarkeit und auf gemeinsame Aktivitäten mit den nachgelagerten Stufen der WSK.

Der geschützte Anbau ist eine wirksame Maßnahme, um Lebensmittelverluste deutlich zu verringern. Dies konnte beispielhaft für die geschützte Produktion von Erdbeeren und Himbeeren dargestellt und quantifiziert werden. Bei einer ausgeprägten Hochskalierung des geschützten Anbaus könnte die Herausforderung in einem verstärkten Wettbewerb und dadurch sinkenden Erzeugungspreisen bestehen.

Gleichfalls bedeutsam ist die Anpassung von marktüblichen Qualitätsstandards, die helfen kann, größere Mengen an Lebensmittelverlusten zu verhindern. Hierfür bedarf es intensiver

¹⁰ Als Misfits (Außenseiter, Sonderlinge) werden Obst- und Gemüseprodukte bezeichnet, die zwar ernährungsphysiologisch unbedenklich sind, aber die Qualitätsanforderungen der Kaufenden – insbesondere des LEH – aufgrund von Schönheitsfehlern (zu groß, zu klein, unförmig etc.) nicht erfüllen.

Kommunikation entlang der WSK bis hin zu den Konsumierenden, um auf Ebene des Handels und des Konsums das Wissen und die Wertschätzung für Naturprodukte und deren optischer Variabilität zu steigern und gemeinsame Veränderungen mit allen LEH-Ketten anzustoßen.

Neue Geschäftsmodelle, die helfen können, größere Mengen an Lebensmittelverlusten zu verhindern, sollten in einem weiteren Analyseschritt auf ihre Marktchancen und ökonomische Tragfähigkeit untersucht werden.

Literaturverzeichnis

- Beausang C, Hall C, Toma L (2017) Food waste and losses in primary production: Qualitative insights from horticulture. *Resources, Conservation & Recycling* 126: 177-185
- Borchardt A, Göthlich S E. (2009) Erkenntnisgewinnung durch Fallstudien. in: Albers S, Klapper D, Konradt U, Walter A, Wolf J (ed): *Methoden der empirischen Forschung*, 3. überarb. und erw. Auflage, Wiesbaden
- de Hooge I E, van Dulm E, van Trijp H C M (2018) Cosmetic specifications in the food waste issue: Supply chain considerations and practices concerning suboptimal food products. *Journal of Cleaner Production* 183: 698-709
- Göthlich S E (2003) Fallstudien als Forschungsmethode: Plädoyer für einen Methodenpluralismus in der deutschen betriebswirtschaftlichen Forschung. Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, Nr. 578
- Goisser S, Mempel H, Bitsch V (2020) Food-Scanners as a Radical Innovation in German Fresh Produce Supply Chains. *International Journal on Food System Dynamics* 11 (2): 101-116
- Hafner G, Barabosz J, Schuller H, Leverenz D, Kölbig A, Schneider F, Lebersorger S, Scherhauser S, Kranert M, (2012) Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft. Stuttgart.
- Leibetseder M (2012) Lebensmittelabfälle in der landwirtschaftlichen Produktion – Abschätzung des Verlusts von Obst und Gemüse in der Landwirtschaft und während des Transportes zum Händler. Masterarbeit, Institut für Abfallwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien
- Linnemannstöns L (2009) Terminkultur mit Long Canes im geschützten Anbau. In: Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Weinsberg (Hrsg.) 5. Bundesbeerenobstseminar 27-28.01.2009, S.67-70
- Linnemannstöns L (2013) Wirtschaftlichkeit des einjährigen Himbeeranbaus. Verband der Landwirtschaftskammern e. V. (Hrsg.) *Versuche im deutschen Gartenbau Jahrgang 2015: Baumschule, Obstbau*, 194-198
- Linnemannstöns L (2016a) Anbau remontierender Erdbeeren in Zukunft nur noch im Tunnel auf Stellage? Verband der Landwirtschaftskammern e. V. (Hrsg.) *Versuche im deutschen Gartenbau Jahrgang 2016: Baumschule, Obstbau*, 119-124
- Linnemannstöns L (2016b) Produktionskosten beim terminierten Anbau mit gekühlten Himbeerruten. Verband der Landwirtschaftskammern e. V. (Hrsg.) *Versuche im deutschen Gartenbau Jahrgang 2016: Baumschule, Obstbau*, 136-140
- Meyer C H, Hamer M, Frieling D, Oertzen G (2018) Lebensmittelverluste von Obst, Gemüse, Kartoffeln zwischen Feld und Ladentheke – Ergebnisse einer Studie in Nordrhein-Westfalen. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Fachbericht 85
- Runge F, Lang H (2016) Lebensmittelverluste in der Landwirtschaft durch Ästhetik-Ansprüche an Obst und Gemüse – Gründe, Ausmaß und Verbleib. *Berichte über Landwirtschaft* 94(3): 1-12
- Schmidt T, Schneider F, Leverenz D, Hafner G (2019) Lebensmittelabfälle in Deutschland – Baseline 2015. Johann Heinrich von Thünen-Institut (Hrsg.): *Thünen-Report 71*, Braunschweig
- UN – United Nations (2015) Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. UN Doc. A/RES/70/1
- WRAP (2017) *Food Waste in Primary Production – A Preliminary Study on Strawberries and Lettuce*. WRAP (Hrsg.), Banbury, UK.

Anhang

3. SYMPOSIUM FÜR ÖKONOMIE IM GARTENBAU

15.11.2019 IN FREISING/WEIHENSTEPHAN

DIGITALISIERUNG UND AUTOMATISIERUNG – WELCHE CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN ERGEBEN SICH FÜR DEN GARTENBAU?

PROGRAMM

- » 9:00 Uhr Begrüßung
 - » Prof. Dr. Stefan Krusche, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
 - » Dr. Walter Dirksmeyer, Johann Heinrich von Thünen-Institut
 - » Prof. Dr. Klaus Menrad, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
- » 9:15 Uhr Digitalisierung und Automatisierung in Landwirtschaft und Gartenbau
 - » Prof. Dr. Achim Walter, Institut für Agrarwissenschaften der ETH Zürich
Smart Farming-Technologien in der Landwirtschaft
 - » Dr. agr. Martin Geyer, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V.
Nutzung von 4.0 Technologien im Gartenbau
- » 10:45 Uhr Pause
- » 11:15 Uhr Forschungsarbeiten aus der Gartenbauökonomie I: Absatz und Verkauf gartenbaulicher Produkte
 - » Tjark Melchert et al., Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
Kaufmotivation für innovative Konzepte für Frischgemüse in der Direktvermarktung
 - » Dr. Mira Lehberger, Hochschule Geisenheim University
Lohnt sich Insektenschutz im Gartenbau?
 - » Daniel Berki-Kiss et al., Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Investigating purchase intention of different consumer segments for Fairtrade cut roses in Germany
 - » Prof. Dr. Kai Sparke, Hochschule Geisenheim University
Von Online-Shopping und POS-Prognosetools bei Frischprodukten
 - » Marike Isaak et al., Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V., Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Die Reputation des deutschen Gartenbaus
- » 12:30 Uhr Mittagspause
- » 13:30 Uhr Praktische Erfahrungen mit Automatisierung und Digitalisierung
 - » Rainer Carstens, Westhof Bio-Gemüse GmbH & Co. KG, Friedrichsgabekoog
 - » Tanja Dworschak, Bioland KräuterGut, Nürnberg
 - » Dr. Andreas Gabriel, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Akzeptanz von Digital Farming Technologien in der Praxis und in der Gesellschaft
- » 14:45 Uhr Innovationsförderung Gartenbau 4.0
 - » Dr. Thomas Schmidt, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
Strategien des BMEL zur Innovationsförderung im Gartenbau
 - » Dr. Sabine Obenaus, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Förderprogramm Innovationen für einen Gartenbau 4.0

- » 15:15 Uhr Pause
- » 15:30 Uhr Forschungsarbeiten aus der Gartenbauökonomie II: Betriebswirtschaftliche Fragestellungen im Gartenbau
 - » Dr. Sabine Ludwig-Ohm et al., Johann Heinrich v. Thünen-Institut
Ökonomische Analyse zur Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau
 - » Robert Luer, Zentrum für Betriebswirtschaft im Gartenbau e.V.
Anpassung des Betriebsvergleichs Gartenbau an moderne Unternehmensführung und -beratung
 - » Anja Kretzschmann et al., Johann Heinrich von Thünen-Institut
Substitution von Torf in Kultursubstraten im Gartenbau
 - » Dr. Jana Käthner et al., Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V.
Emissionsfreie Strauchbeeren-Produktion in Brandenburg
 - » Dr. Sabine Ludwig-Ohm et al., Johann Heinrich von Thünen-Institut
Fallstudie zu Lebensmittelverlusten in der deutschen Obst- und Gemüseerzeugung
- » 16:45 Uhr Zusammenfassung und Verabschiedung

Ab 17 Uhr besteht für Interessierte die Möglichkeit an Führungen in den Weihenstephaner Gärten teilzunehmen.

Kontakt:

Prof. Dr. Klaus Menrad
Fachgebiet für Marketing und Management Nachwachsender Rohstoffe
Hochschule Weihenstephan Triesdorf - TUM Campus Straubing
Petersgasse 18, 94315 Straubing
Telefon: +49 9421-187-200; Email: klaus.menrad@hswt.de

Dr. Walter Dirksmeyer
Johann Heinrich von Thünen-Institut
Institut für Betriebswirtschaft
Bundesallee 63, 38116 Braunschweig
Telefon: +49 531 596 5136; Email: walter.dirksmeyer@thuenen.de

Anmeldung und Tagungsbeitrag

<https://www.hswt.de/hochschule/fakultaeten/gl/veranstaltung/article/3-symposium-fuer-oekonomie-im-gartenbau.html>
[Anmeldung online](#)

Der Tagungsbeitrag beträgt für Frühbucher 75 € (Zahlung bis 15.10.2019), der Normalpreis beträgt 100 €. Der Tagungsbeitrag beinhaltet die Teilnahme am Symposium, das Mittagessen sowie die weitere Verpflegung. Ende der Registrierungsfrist: 08.11.2019.

Thünen Report

Bereits in dieser Reihe erschienene Hefte – *Volumes already published in this series*

1 - 70	siehe http://www.thuenen.de/de/infothek/publikationen/thuenen-report/
71	Thomas Schmidt, Felicitas Schneider, Dominik Leverenz, Gerold Hafner Lebensmittelabfälle in Deutschland – Baseline 2015 –
72	Friederike Mennicke, Martin Ohlmeyer, Vera Steckel, Jörg Hasener, Julia Borowka, Joachim Hasch Entwicklung einer Prüfmethode für die schnelle Bestimmung von VOC aus Holzprodukten zur frühzeitigen Ableitung des langfristigen Emissionsverhaltens und Qualitätskontrolle bei der Herstellung von Holzwerkstoffen
73	Thomas Schmidt, Sandra Baumgardt, Antonia Blumenthal, Bernhard Burdick, Erika Claupein, Walter Dirksmeyer, Gerold Hafner, Kathrin Klockgether, Franziska Koch, Dominik Leverenz, Marianne Lörchner, Sabine Ludwig-Ohm, Linda Niepagenkemper, Karoline Owusu-Sekyere, Frank Waskow Wege zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen - Pathways to reduce food waste (REFOWAS) Maßnahmen, Bewertungsrahmen und Analysewerkzeuge sowie zukunftsfähige Ansätze für einen nachhaltigen Umgang mit Lebensmitteln unter Einbindung sozio-ökologischer Innovationen - Volume 1
73	Thomas Schmidt, Sandra Baumgardt, Antonia Blumenthal, Bernhard Burdick, Erika Claupein, Walter Dirksmeyer, Gerold Hafner, Kathrin Klockgether, Franziska Koch, Dominik Leverenz, Marianne Lörchner, Sabine Ludwig-Ohm, Linda Niepagenkemper, Karoline Owusu-Sekyere, Frank Waskow Wege zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen - Pathways to reduce food waste (REFOWAS) Maßnahmen, Bewertungsrahmen und Analysewerkzeuge sowie zukunftsfähige Ansätze für einen nachhaltigen Umgang mit Lebensmitteln unter Einbindung sozio-ökologischer Innovationen - Volume 2 (Anhang)
74	Jan T. Benthien, Susanne Gäckler, Martin Ohlmeyer Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Durchtrittbeständigkeit von Pferdebox-Ausfachungsböhlen sowie Entwicklung von Alternativen zu derzeit verwendeten Ausfachungsmaterialien für den Bau von Pferdeboxen
75	Sophie Drexler, Gabriele Broll, Axel Don, Heinz Flessa Standorttypische Humusgehalte landwirtschaftlich genutzter Böden Deutschlands
76	Mirko Liesebach (ed.) Forstpflanzenzüchtung für die Praxis, 6. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 16. bis 18. September 2019 in Dresden, Tagungsband
77	Hans-Dieter Haenel, Claus Rösemann, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Bernhard Osterburg, Roland Fuß Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2018 Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2018
78	Alexandra Purkus, Jan Lüdtko, Dominik Jochem, Sebastian Rüter, Holger Weimar Entwicklung der Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in Deutschland: Eine Innovationssystemanalyse im Kontext der Evaluation der Charta für Holz 2.0
79	Peter Elsasser, Kerstin Altenbrunn, Margret Köthke, Martin Lorenz, Jürgen Meyerhoff Regionalisierte Bewertung der Waldleistungen in Deutschland



- 80 Lutz Laschewski, Andreas Tietz
Auswirkungen überregional aktiver Investoren in der Landwirtschaft auf ländliche Räume : Ergebnisse aus zwei Fallstudien
- 81 Martin Ohlmeyer, Friederike Mennicke, Saskia Poth
Erarbeiten eines objektiven Verfahrens unter Berücksichtigung der Besonderheiten von Holz und Holzwerkstoffen bei der Bewertung ihres Einflusses auf die Innenraumluftqualität (HolnRaLu), TV 1: Untersuchungen unter realen Raumluftbedingungen
- 82 Marlen Haß, Martin Banse, Claus Deblitz, Florian Freund, Inna Geibel, Alexander Gocht, Peter Kreins, Verena Laquai, Frank Offermann, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Jörg Rieger, Claus Rösemann, Petra Salamon, Maximilian Zinnbauer, Max-Emanuel Zirngibl
Thünen-Baseline 2020 – 2030: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland
- 83 Marc Simon Weltersbach, Carsten Riepe, Wolf-Christian Lewin, Harry V. Strehlow
Ökologische, soziale und ökonomische Dimensionen des Meeresangelns in Deutschland
- 84 Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Cora Vos, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Bernhard Osterburg, Roland Fuß
**Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2019
Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2019**
- 85 Andreas Tietz, Richard Neumann, Steffen Volkenand
Untersuchung der Eigentumsstrukturen von Landwirtschaftsfläche in Deutschland
- 86 Katja Butter, Martin Ohlmeyer
Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen von Holz und Holzwerkstoffen
- 87 Kim Pollermann
Regional Governance: Begriffe, Wirkungszusammenhänge und Evaluationsansätze
- 88 Gerold Rahmann, Frédéric Rey, Reza Ardakani, Khalid Azim, Véronique Chable, Felix Heckendorn, Paola Migliorini, Bram Moeskops, Daniel Neuhoﬀ, Ewa Rembiałkowska, Jessica Shade, Marc Tchamitchian (eds.)
From its roots, organic inspires science, and vice versa. Book of Abstracts of the Science Forum at the Organic World Congress 2021, September 8-10, 2021. Rennes, France
- 89 Walter Dirksmeyer, Klaus Menrad (eds.)
Aktuelle Forschung in der Gartenbauökonomie : Digitalisierung und Automatisierung - Welche Chancen und Herausforderungen ergeben sich für den Gartenbau? Tagungsband zum 3. Symposium für Ökonomie im Gartenbau am 15. November 2019 in Freising / Weihenstephan



THÜNEN

Thünen Report 89

Herausgeber/Redaktionsanschrift

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

www.thuenen.de

ISBN 978-3-86576-234-4



9 783865 762344