



Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna

Masterarbeit

Eine Effektivitätsanalyse von GAP-Maßnahmen mittels Agrarumweltindikatoren am Beispiel eines milchviehhaltenden Modellbetriebes in Österreich

verfasst von

Michael NOTHNAGEL, BSc

im Rahmen des Masterstudiums

Agrar- und Ernährungswirtschaft

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur (DI)

Wien, Oktober 2021

Betreut von:

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Erwin Schmid
Institut für Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung
Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (WISO)

Mitbetreut von:

DDipl.-Ing. Dr. Hermine Mitter

Institut für Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung

Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (WISO)

Vorwort und Danksagung

Als Sohn eines Landwirts bin ich auf einem Milchviehbetrieb aufgewachsen und durfte die Vorgänge in der Landwirtschaft seit meiner Kindheit erfahren und die landwirtschaftliche Praxis miterleben. Dazu durfte ich nach einer landwirtschaftlichen Fachschule (Hafendorf), und einer landwirtschaftlichen Höheren Bundeslehranstalt (Francisco Josephinum, Wieselburg) mein fachliches Wissen auch auf der BOKU in den Studien „Agrarwissenschaften“ sowie „Agrar- und Ernährungswirtschaft“ vertiefen.

Neben den Tätigkeiten auf dem Betrieb durfte ich auch die betriebswirtschaftliche Praxis bei meiner Anstellung bei LBG GmbH als „Grüner Bericht-Betriebe-Betreuer“ (2014-2020) und bei der Landwirtschaftskammer Niederösterreich als „Betriebswirtschaftlicher Berater“ (ab 2021) kennen lernen. Diese theoretischen und praktischen Erfahrungen haben sich immer wieder wunderbar ergänzt und interessante Erkenntnisse für mich gebracht.

Ein wichtiger Aspekt für die landwirtschaftliche Tätigkeit, der in all meinen Tätigkeitsbereichen immer wieder aufgetaucht ist, ist die Gemeinsame Agrarpolitik. Die Einhaltung der Vorgaben auf dem elterlichen Betrieb, die theoretischen Hintergründe zur Ausgestaltung einzelner Maßnahmen, die finanzielle Unterstützung durch die ausbezahlten Förderungen für Betriebe, sowie einerseits Zufriedenheit, aber andererseits auch das Schimpfen von LandwirtInnen über die Gemeinsame Agrarpolitik durfte ich miterleben. Daraus ist die Idee für diese Masterarbeit entstanden, und so durfte ich mich noch intensiver mit diesem Thema befassen.

An dieser Stelle möchte ich mich bedanken. Ganz besonders möchte ich Prof. Erwin Schmid nennen, der mir in den Gesprächen immer wieder weitergeholfen hat, mich auf relevante Aspekte hingewiesen hat, mich bei der Umsetzung des GAMS-Modells unterstützt hat und mich bei dieser Masterarbeit begleitet hat.

Ebenso bedanken möchte ich mich bei Familie Eder und bei Anita Haselbacher, die meine Arbeit korrekturgelesen haben.

Abstract

Agri-environmental measures influence both type and intensity of agricultural production and therefore the environmental impact. Agri-environmental indicators are usually used to evaluate agri-environmental measures with respect to their environmental impact. This thesis aims to review the literature on agri-environmental indicators and to model the environmental impact of selected agri-environmental measures of a typical dairy farm in Austria. The results of the model show production plans with selected agri-environmental measures. The selected agri-environmental measures are evaluated with agri-environmental indicators to assess the environmental impact of the farm. The results show that an increased production intensity in dairy farming lead to reduced methane emissions per production unit. The model results also show that production plans with high intensity levels are chosen if agri-environmental measures were not available. Agri-environmental measures such as “UBB” or “Biologische Wirtschaftsweise” (organic farming) lead to an extensification of production with favourable effects on biodiversity. Extensification in production can also be expected at low commodity prices and in less favoured areas such as in mountainous areas. It can be concluded that single farm agri-environmental indicators can improve the evaluation of agri-environmental measures particularly with respect to their synergetic or antagonistic environmental effects.

Kurzzusammenfassung

Agrarumweltmaßnahmen beeinflussen die Art und Intensität der landwirtschaftlichen Produktion und in Folge die Umweltwirkung. Die Messung und Evaluierung der Umweltwirkung von Agrarumweltmaßnahmen erfolgt üblicherweise mit Agrarumweltindikatoren. Das Ziel dieser Masterarbeit ist es, die Vielzahl von Agrarumweltindikatoren in der Literatur zu sichten sowie die Umweltwirkung von ausgewählten Agrarumweltmaßnahmen anhand eines Modellbetriebes mit Milchviehhaltung in Österreich zu analysieren. Für die Sichtung der Agrarumweltindikatoren werden wissenschaftliche Literatur und aktuelle Evaluierungsberichte, wie der nationale Detailbericht für Österreich, herangezogen. Für die Modellanalyse wird ein lineares Programmierungsmodell für einen typischen Milchviehbetrieb in Österreich entwickelt. Die modellierten Produktionspläne beinhalten Agrarumweltmaßnahmen, welche mit den Agrarumweltindikatoren aus der Literatur bewertet werden, um die Effektivität der Maßnahmen hinsichtlich ihrer Umweltwirkung zu ermitteln. Die Modellergebnisse zeigen, dass mit zunehmender Intensität der Milchproduktion der Methanausstoß je erzeugter Produkteinheit abnimmt. Das Modell zeigt auch, dass ohne Agrarumweltmaßnahmen immer eine hohe Intensität gewählt wird. Agrarumweltmaßnahmen wie „UBB“ oder „Biologische Wirtschaftsweise“ bewirken einen Extensivierungseffekt in der Flächennutzung was günstig für die Biodiversität ist. Eine extensive Produktion ist auch bei niedrigen Agrarpreisen und in benachteiligten Gebieten wie den Berggebieten zu erwarten. Die Analysen zeigen, dass einzelbetriebliche Agrarumweltindikatoren eine genauere Bewertung von Agrarumweltmaßnahmen insbesondere hinsichtlich ihrer synergetischen und antagonistischen Umweltwirkung ermöglichen.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	XI
Tabellenverzeichnis.....	XIII
1. Einleitung	1
1.1. Agrarumweltindikatoren im Kontext Nachhaltiger Entwicklung	1
1.2. Ziel, Forschungsfragen und Aufbau der Masterarbeit	2
2. Stand des Wissens (Literaturanalyse).....	5
2.1. Gemeinsame Agrarpolitik (GAP).....	5
2.2. Agrarumweltindikatoren (Allgemeines)	8
2.2.1. Anforderungen und Definition von Indikatoren	8
2.2.2. Gliederung von Indikatoren	8
2.2.3. Agrarumweltindikatoren und Zuordnung zu thematischen Bereichen	11
2.3. Agrarumweltindikatoren und Datengrundlagen.....	15
2.3.1. Einzelbetriebliche Indikatorenerhebung und das FLINT-Projekt.....	15
2.3.2. Internationale Indikatoren-Sets	16
2.4. Agrarumweltindikatoren in Österreich	17
2.4.1. Erhebung von Agrarumweltindikatoren in Österreich.....	17
2.4.2. Zuordnung von Agrarumweltindikatoren zu ÖPUL-Maßnahmen.....	19
2.4.3. Indikatoren für den Bereich Boden.....	22
2.4.4. Indikatoren für den Bereich Wasser	24
2.4.5. Indikatoren für den Bereich Luft und Klima.....	24
2.4.6. Indikatoren für den Bereich Tierwohl	26
2.4.7. Indikatoren für den Bereich Biodiversität.....	27
2.4.8. Indikatoren für den Bereich Energie- und Ressourceneffizienz.....	29
2.5. Ausgewählte Agrarumweltindikatoren für die Milchviehhaltung.....	29
3. Analyse eines typischen milchviehhaltenden Modellbetriebs in Österreich	33
3.1. Daten	33
3.2. Lineare Optimierung und das Betriebsmodell	34
3.2.1. Allgemeines zum Modell	34
3.2.2. Im Modell berücksichtigte Agrarumweltmaßnahmen.....	36
3.2.3. Szenarien und punktuelle Sensitivitätsanalyse im Modell.....	39

3.3.	Analyse von Auswirkungen von GAP-Maßnahmen auf Agrarumweltindikatoren....	40
4.	Ergebnisse	41
4.1.	Produktionsplan für den Modellbetrieb.....	41
4.2.	Szenarien-Analyse.....	43
4.2.1.	Szenario 1: Produktpreisreduktion um 20%	43
4.2.2.	Szenario 2: Betrieb im stärker benachteiligten Gebiet	44
4.2.3.	Gegenüberstellung der Szenarien	45
4.3.	Punktuelle Sensitivitätsanalyse	46
4.3.1.	Analyse zu aktuellen Agrarumweltmaßnahmen (ÖPUL).....	46
4.3.2.	Analyse zu möglichen Veränderungen bei Agrarumweltmaßnahmen	47
4.4.	Auswirkungen von GAP-Maßnahmen auf Agrarumweltindikatoren	49
4.4.1.	Allgemeines	49
4.4.2.	Auswirkungen auf den Bereich Luft und Klima	49
4.4.3.	Auswirkungen auf den Grünlandflächenerhalt und Biodiversität	51
4.4.4.	Auswirkungen auf die Nährstoffbilanz	55
5.	Diskussion	59
5.1.	Diskussion des Literaturteils	59
5.2.	Diskussion der Daten und der Methode	60
5.3.	Diskussion der Ergebnisse	62
5.3.1.	Diskussion des Modelloutputs	62
5.3.2.	Diskussion der Auswirkungen auf Agrarumweltindikatoren	65
6.	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	71
	Eidesstattliche Erklärung.....	73
	Literatur.....	75
	Anhang I – Optionen der Landnutzung im Modell.....	87
	Anhang II – Optionen der Tierhaltung im Modell	88
	Anhang III – GAMS-Code	89

Abkürzungsverzeichnis

BAB	Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen
BMLFUW...	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BMLRT.....	Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus
BMNT.....	Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus
dt	Dezitonnen
EC.....	European Commission (Europäische Kommission)
EEA.....	European Environment Agency (Europäische Umweltagentur)
EEB.....	Einschränkung Ertragssteigernder Betriebsmittel (ÖPUL-Maßnahme)
EFA.....	Ecological Focus Area (Ökologische Vorrangflächen)
EU	Europäische Union
FADN.....	Farm Accountancy Data Network
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FBI.....	Farmland Birds Index
FLINT	Farm-level Indicators for New Topics in policy evaluation
g nXP.....	Gramm nutzbares Rohprotein im Darm
GAMS	General Algebraic Modelling System (Modellierungssoftware)
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GHG	Greenhouse gases (Treibhausgase)
HNVF.....	High Nature Value Farmland (Index für ökologisch wertvolle Flächen)
INVEKOS....	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
IPCC.....	Intergovernmental Panel on Climate Change
kg	Kilogramm
LfL	Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft
MJ NEL.....	Megajoule Netto-Energie-Laktation
OECD.....	Organisation for Economic Cooperation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)

ÖPUL.....Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft

% Prozent

SDG Sustainable Development Goals

t..... Tonnen

UBB Umweltgerechte und Biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung (ÖPUL-Maßnahme)

UN..... United Nations (Vereinte Nationen)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1/1: Auflistung Agrarumweltindikatoren (Teil 1)	13
Tabelle 1/2: Auflistung Agrarumweltindikatoren (Teil 2)	14
Tabelle 2/1: Agrarumweltmaßnahmen und Agrarumweltindikatoren in Österreich (1. Teil)	20
Tabelle 2/2: Agrarumweltmaßnahmen und Agrarumweltindikatoren in Österreich (2. Teil)	21
Tabelle 3: Annahmen für die %-Änderungen der Datenwerte für die biologische Wirtschaftsweise	38
Tabelle 4: Annahmen für die %-Änderung der Datenwerte bei der Maßnahme „Einschränkung ertragssteigernder Betriebsmittel“	39
Tabelle 5: Flächennutzung und Tierhaltung in den Szenarien – Modelloutput.....	45
Tabelle 6: Intensität der Tierhaltung – Modelloutput	50
Tabelle 7: Intensität der Flächennutzung – Modelloutput	52
Tabelle 8: Intensität der Flächennutzung bei geänderten Fördermodalitäten – Modelloutput	54
Tabelle 9: Nährstoffbilanz der Flächen – Modelloutput	56

1. Einleitung

1.1. Agrarumweltindikatoren im Kontext Nachhaltiger Entwicklung

Die Landwirtschaft hat als Teil der menschlichen Aktivität Auswirkungen auf die Umwelt und ist von abiotischen und biotischen Umweltfaktoren abhängig (Romm, 2016). Die Vereinten Nationen haben diese umweltbezogenen Wechselwirkungen aufgegriffen und dazu die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung im Jahr 1983 eingesetzt (Kopfmüller, Luks und Siebenhüner, 2007). Damit beschäftigte sich erstmals die Weltgemeinschaft mit dem Thema Nachhaltigkeit. Im Jahr 1987 wurde der viel beachtete Brundtland-Bericht (benannt nach der norwegischen Ministerpräsidentin und Vorsitzenden der Kommission) veröffentlicht. Darin wird Nachhaltigkeit erstmals als eine Entwicklung beschrieben, bei der die gegenwärtigen Bedürfnisse gedeckt werden können, ohne dabei die Möglichkeit für zukünftige Generationen zu gefährden, damit auch diese ihre Bedürfnisse decken können (WCED, 1987). Ab diesem Zeitpunkt sind Themen wie der Ressourcenverbrauch, die Auswirkungen auf Klima, Umwelt und Biodiversität sowie die sozialen und ökonomischen Ungleichheiten auf der politischen, internationalen Agenda unverzichtbar geworden (Čuček, Klemeš and Kravanja, 2012).

Ebenso haben die Vereinten Nationen (UN) immer wieder versucht in gemeinsamen Erklärungen verbindliche Ziele für die Staatengemeinschaft festzulegen (Hák, Janoušková and Moldan, 2016). In den letzten zehn Jahren wurden dazu die so genannten Sustainable Development Goals (SDG) entwickelt. Diese sind eine Zusammenstellung aus 17 übergeordneten Zielen und 169 spezifischen Zielen sowie vielen Indikatoren und sollen einen Rahmen für die Agenden und politischen Anstrengungen der Mitgliedsstaaten vorgeben (Hák, Janoušková and Moldan, 2016). Die Erreichung dieser Sustainable Development Goals wird bis 2030 angestrebt, auch wenn die Zielerreichung aufgrund der großen Anzahl an teilnehmenden Staaten eher vage und allgemein formuliert ist (Murray, 2015).

Die Sektoren Wasser, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Biodiversität zeigen starke Wechselwirkungen (EEA, 2017) und müssen somit gemeinsam betrachtet werden. Nach einer aktuellen Veröffentlichung von DeBoe (2020) muss eine Politik angestrebt werden, die es schafft, Ökosysteme zu erhalten, Müll zu vermeiden und Wasser zu schützen, aber dabei gleichzeitig wirtschaftliche Entwicklung ermöglicht. In der Landwirtschaft wird dies durch die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union (EU) umgesetzt (Massot, 2020). In Österreich wird dies insbesondere mit dem Österreichischen Programm zur Förderung einer

umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL) verfolgt. Landwirtschaftliche Betriebe können sich zu verschiedenen Agrarumweltmaßnahmen in diesem Programm freiwillig verpflichten.

Zur Evaluierung von Agrarumweltmaßnahmen werden unter anderem Agrarumweltindikatoren verwendet. Agrarumweltindikatoren können für einen gesamten Staat, für eine Region, aber auch für nur einen einzelnen Betrieb eine Aussage treffen (Poppe et al., 2016) und sind bei der Erstellung und Evaluierung von Agrarumweltmaßnahmen erforderlich (Herzon et al., 2018). Da es Bestrebungen gibt, Prämienzahlungen nicht maßnahmen- sondern ergebnisorientiert zu gewähren (Burton and Schwarz, 2013; Matzdorf, 2004), ist die Entwicklung und laufende Erhebung von Agrarumweltindikatoren auf einzelbetrieblicher Ebene notwendig (Burton and Schwarz, 2013). Dies gestaltet sich aber in vielen Fällen als schwierig (Poppe et al., 2016). Um jene Agrarumweltindikatoren zu kennen, welche einerseits erhoben werden können und andererseits auch Aussagekraft haben, bedarf es gezielter Forschung.

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit Agrarumweltindikatoren und legt dabei einen Fokus auf die Milchviehhaltung in Österreich. Der Produktionswert der Bereiche Rinder, Kälber und Milch beträgt in Österreich 29 Prozent (%) der gesamten landwirtschaftlichen Produktion bzw. 60,2% der tierischen Erzeugnisse in 2020 (BMLRT, 2020a). Zusätzlich ist der Anteil an Treibhausgasemissionen in Österreich durch die Landwirtschaft mit 10% und dabei alleine durch die Rinderhaltung mit 4,9% (Umweltbundesamt, 2020b; Umweltbundesamt, 2019a) nicht zu vernachlässigen. Eine Quantifizierung der Umweltwirkungen milchviehhaltender Betriebe ist deshalb von Interesse. Dazu ist eine übersichtliche Darstellung von Agrarumweltindikatoren auf verschiedenen Ebenen (national, regional, einzelbetrieblich) wichtig.

1.2. Ziel, Forschungsfragen und Aufbau der Masterarbeit

Das **Ziel der Masterarbeit** ist es die Literatur zu Agrarumweltindikatoren systematisch aufzuarbeiten und im Rahmen einer Betriebsmodellanalyse für einen typischen milchviehhaltenden Betrieb in Österreich anzuwenden. Mit dem Modell können die Auswirkungen von Produktionsentscheidungen und von Agrarumweltmaßnahmen mittels Agrarumweltindikatoren für einen milchviehhaltenden Betrieb dargestellt werden.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit zwei aufeinander aufbauenden **Forschungsfragen**:

- Welche Agrarumweltindikatoren eignen sich für die Wirkungsmessung von ÖPUL-Maßnahmen für milchviehhaltende Betriebe in Österreich?
- Welche ÖPUL-Maßnahmen tragen zur kosten-effektiven Verbesserung der Umweltleistung im milchviehhaltenden Modellbetrieb bei?

Der **Aufbau dieser Masterarbeit** besteht im Wesentlichen aus zwei Teilen. Im ersten Teil wird eine Literaturanalyse samt Tabelle mit möglichen Agrarumweltindikatoren präsentiert. Es wird vor allem Literatur verwendet, welche sich mit den Erhebungsmöglichkeiten für einzelne Länder oder für Teilbereiche beschäftigt hat. Auch die Erfahrungen des FLINT-Projekts, welches eine Erhebung in sieben Ländern durchgeführt hat (Poppe et al., 2016), fließen in diese Arbeit ein. Um die Anwendungsmöglichkeiten der Agrarumweltindikatoren aufzuzeigen, werden den Agrarumweltmaßnahmen konkrete Evaluierungsindikatoren zugewiesen.

Im zweiten Teil der Arbeit wird ein lineares Optimierungsmodell für einen Beispielbetrieb (Acker, Grünland, Milchvieh) erstellt und in der Software GAMS programmiert. Dabei werden Agrarumweltmaßnahmen der GAP und mögliche Änderungen in einer neuen Förderperiode berücksichtigt. Die Daten zur Gestaltung des Modellbetriebes sind dem Grünen Bericht (BMLRT, 2020a) entnommen. Zur Modellierung der Maßnahmen wurden die Bestimmungen der aktuellen ÖPUL-Maßnahmen (BMNT, 2018b) herangezogen. Bei den Berechnungen werden für den Modellbetrieb effiziente Produktionspläne (effiziente Nutzung knapper Ressourcen) mit unterschiedlichen betrieblichen Voraussetzungen erstellt. Die Modellergebnisse werden im Anschluss mit den Agrarumweltindikatoren aus der Literaturanalyse verknüpft, um die Wirksamkeit einzelner Agrarumweltmaßnahmen zu analysieren.

2. Stand des Wissens (Literaturanalyse)

2.1. Gemeinsame Agrarpolitik (GAP)

Die Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union (GAP) ist Grundlage für die gemeinsame Marktorganisation sowie die Direktzahlungen und die Politik zur Entwicklung des ländlichen Raumes. Die aktuelle Periode 2015-2020 der GAP endete planmäßig Ende 2020. Für die folgende Periode 2021-2027 werden die nationalen Maßnahmen derzeit neu verhandelt (EC, 2019b). Bis die Programme für die folgende Periode ausverhandelt sind, wurden zwei Übergangsjahre (2021 und 2022) beschlossen (EC, 2021). Zukünftig wird es zu einer stärkeren Gewichtung von Umweltthemen kommen (EC, 2019a), was sich auch in den neun Zielen der GAP 2021 – 2027 widerspiegelt. So finden sich dabei die Ziele „Beitrag zum Klimaschutz“, „Effiziente und nachhaltige Bodenbewirtschaftung“ sowie „Biologische Vielfalt und Kulturlandschaften“ (EC, 2018).

Die Gemeinsame Agrarpolitik setzt sich aus zwei Säulen zusammen. Die erste Säule der GAP besteht aus der Gemeinsamen Marktorganisation sowie den Direktzahlungen (Massot, 2020). Diese Maßnahmen der ersten Säule waren ursprünglich zur Einkommenssicherung für Landwirte*innen konzipiert, wurden aber durch die Reformen seit 1992 immer stärker an Auflagen, auch im Umweltbereich, gebunden (Massot, 2020).

Die Zweite Säule der GAP fördert die Entwicklung des ländlichen Raumes. Dabei werden von den Mitgliedsstaaten jeweils eigene Programme umgesetzt (Nègre, 2020). Für Österreich ist dies das ÖPUL-Programm, welches eine umweltfreundliche und ressourcenschonende Produktion, die biologische Bewirtschaftung sowie moderne Tierhaltungssysteme unterstützt (WIFO, 2019). Die Sonderrichtlinie des ÖPUL 2015 nennt folgende Ziele (BMNT, 2018b):

- Wissenstransfer und Innovation
- Wettbewerbsfähigkeit
- Wiederherstellung, Erhaltung und Verbesserung der Ökosysteme und
- Ressourceneffizienz

Damit ist das ÖPUL ein wesentlicher Teil der Agrarpolitik und versucht mit verschiedenen Maßnahmen eine umweltgerechte Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen zu unterstützen (EC, 2017b).

In einer Arbeit von Himics, Fellmann and Barreiro-Hurle (2019) wird jedoch Verbesserungspotential bei der aktuellen Agrarpolitik aufgezeigt. Insbesondere zeigt das Fördersystem Ineffizienzen im Bereich von Anreizen zur Treibhausgasreduktion für Landwirte*innen. Derzeit trägt der landwirtschaftliche Sektor zwölf % zum gesamten Ausstoß an Treibhausgasen in der EU bei (EC, 2019a). Seit 1990 wurden diese zwar bereits um 21 % reduziert (EC, 2017a), jedoch könnte nach Himics, Fellmann and Barreiro-Hurle (2019) eine budget-neutrale Umverteilung finanzieller Mittel zu einer weiteren Treibhausgasreduktion im Bereich von Nicht-CO₂-Emissionen um weitere 21% bis 2030 führen. Auch wenn gravierende regionale Unterschiede bestehen, zeigt dies eindeutig, dass durch gezielte Maßnahmen in der Gemeinsamen Agrarpolitik eine Reduktion der Treibhausgasemissionen erreicht werden kann (Himics, Fellmann and Barreiro-Hurle, 2019).

Einen weiteren Hinweis auf Verbesserungspotential gibt eine Arbeit von Feichtinger et al. (2014). Darin wird untersucht bis zu welchem Grad sich Agrarförderungen in Pachtpreisen kapitalisieren. Für entkoppelte Direktzahlungen wurde festgestellt, dass sich 47% der Zahlungen direkt auf den Pachtpreis auswirken. Einen ähnlich hohen Wert (45% - 48%) weisen Zahlungen für benachteiligte Gebiete auf. Demgegenüber konnte keine signifikante Kapitalisierung von Agrarumweltzahlungen festgestellt werden (Feichtinger et al., 2014). Dies zeigt, dass Agrarumweltzahlungen zur Gänze, Direktzahlungen jedoch nur rund zur Hälfte als Leistungsabgeltung betrachtet werden können. Es bestehen also Ineffizienzen. Daher wäre es empfehlenswert Förderzahlungen, insbesondere Direktzahlungen, noch stärker an die Erbringung von Umweltleistungen zu knüpfen.

Maßnahmen der gemeinsamen Agrarpolitik können in zwei Richtungen wirken. Einerseits wird versucht, die Umweltwirkung der Betriebe positiv zu beeinflussen. Andererseits wird aber auch versucht, durch finanzielle Mittel die Wirtschaftlichkeit landwirtschaftlicher Betriebe zu sichern. Dabei kann es zu gegenläufigen Effekten und damit auch zu Zielkonflikten kommen (WIFO, 2019). Jedoch können je nach Gestaltung der Maßnahmen auch „Trade-offs“ entstehen und beide Seiten, sowohl ökonomische als auch ökologische Aspekte verbessert werden (DeBoe, 2020).

Insbesondere die Maßnahmen der zweiten Säule (die ländliche Entwicklung, in Österreich umgesetzt mit dem ÖPUL-Programm und der Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete) sollen zur Verbesserung der die Umweltwirkung der landwirtschaftlichen Betriebe beitragen. Konkret besteht dieses Programm aus 24 einzelnen Maßnahmen, welche sich auf einzelne

Ackerflächen, einzelne Grünlandflächen, einzelne Tierkategorien, oder den gesamten Bestand an Flächen oder Tieren bzw. den Gesamtbetrieb beziehen (BMLRT, 2020c). Insgesamt nehmen in Österreich 91.710 landwirtschaftliche Betriebe an zumindest einer Maßnahme teil. Diese Betriebe bewirtschaften 1.841.559 ha mit ÖPUL-Auflagen (BAB, 2019). Dies sind 56,6% der Betriebe bzw. 66,7% der Flächen (BMLRT, 2020a). Betrachtet man die Anzahl der teilnehmenden Betriebe, sind nach BAB (2019) die fünf wichtigsten Maßnahmen folgende:

- Umweltgerechte und Biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung (UBB) (50.392 Betriebe)
- Tierschutz Weide (36.029 Betriebe)
- Begrünung Zwischenfruchtanbau (25.557 Betriebe)
- Einschränkung ertragssteigernder Betriebsmittel (EEB) (23.322 Betriebe)
- Biologische Wirtschaftsweise (23.014 Betriebe)

Wird hingegen die Fläche, welche unter den Auflagen der einzelnen Maßnahmen bewirtschaftet wird, betrachtet, sind folgende Maßnahmen die bedeutendsten (BAB, 2019):

- UBB (1.092.505 ha)
- Biologische Wirtschaftsweise (484.050 ha)
- Vorbeugender Grundwasserschutz (324.438 ha)
- Alpfung und Behirtung (312.207 ha)
- EEB (274.994 ha)

Die bedeutendsten Maßnahmen des ÖPUL-Programms 2015-2020 sind damit „Umweltgerechte und Biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung“ (UBB), „Einschränkung ertragssteigernder Betriebsmittel“ (EEB) und Biologische Wirtschaftsweise, da diese sowohl bei der Anzahl der teilnehmenden Betriebe, als auch bei der teilnehmenden Fläche unter den bedeutendsten fünf Maßnahmen rangieren. Diese Maßnahmen sind auch alle als allgemeine, gesamtbetriebliche Maßnahme konzipiert, das heißt, es muss der gesamte Betrieb teilnehmen, und die Maßnahme kann nicht nur für einzelne Teilflächen beantragt werden (BMLRT, 2020c). Diesen drei Maßnahmen ist auch gemein, dass sie alle auf eine Extensivierung der Flächenbewirtschaftung abzielen (bei biologischer Wirtschaftsweise werden auch andere Ziele verfolgt).

Zur Feststellung der Wirkungen der Maßnahmen werden diese bereits jetzt evaluiert. Mehrere Institute bzw. Organisationen veröffentlichen Evaluierungsberichte. Das Bundesamt

für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen veröffentlicht den nationalen Detailbericht (BAB, 2019) und von Bird Life Österreich wird die Wirkung der Agrarumweltmaßnahmen anhand von Vogeldaten evaluiert (Bergmüller und Nemeth, 2018; Bergmüller und Nemeth, 2019). Daneben veröffentlichen noch das Umweltbundesamt (2019b) und das WIFO (2019) Evaluierungen zum ÖPUL-Programm. Welche Ergebnisse diese Evaluierungen bringen und wie diese vorgehen wird näher in Kapitel 2.4.1. dieser Arbeit beleuchtet.

2.2. Agrarumweltindikatoren (Allgemeines)

2.2.1. Anforderungen und Definition von Indikatoren

Für die Darstellung der Umwelteffekte von Maßnahmen in der Gemeinsamen Agrarpolitik, ist Monitoring und Evaluierung der Handlungen von Landwirten*innen notwendig (Latruffe et al., 2016; Herzon et al., 2018). Um dies bewerkstelligen zu können, werden in der Literatur Indikatoren vorgestellt, die Nachhaltigkeit messbar machen (Birkmnn, 1999; Latruffe et al., 2016).

Die zu erhebenden Indikatoren müssen nach bestimmten Anforderungen ausgewählt werden. Latruffe et al. (2016) nennen Kriterien, welche für Indikatoren ausschlaggebend sind: **Repräsentativität, Übertragbarkeit, Anpassungsfähigkeit und Messbarkeit zu akzeptablen Kosten**. Insbesondere die Messbarkeit zu akzeptablen Kosten erweist sich in vielen Fällen als Kriterium, welches nicht oder nur ungenügend erfüllt werden kann.

Als Definition von Indikatoren findet man je nach Forschungsbereich unterschiedliche Formulierungen in der Literatur. Eine sehr allgemeine, aber auch für die Umweltwirkung der Landwirtschaft treffende Definition ist jene der OECD. Indikatoren sind demnach eine quantitative oder qualitative Variable, wodurch ein einfacher, aber verlässlicher Vergleichswert zur Verfügung gestellt wird, um Änderungen in Verbindung mit einer Intervention, oder die Leistung eines Akteurs darstellen zu können (OECD, 2002).

2.2.2. Gliederung von Indikatoren

Zur Gliederung von Indikatoren gibt es verschiedene Ansätze. Dabei ist jeder Gliederungsansatz gut begründbar und kann zu einem besseren Verständnis über Indikatoren

beitragen. Nachfolgend werden die wichtigsten Gliederungsansätze überblicksweise dargestellt:

Indikatoren können nach Nardo et al. (2005) nach ihrer Entstehung in verschiedene Kategorien eingeteilt werden.

- Individuelle Indikatoren: Werden aus Rohdaten erstellt und entstehen direkt aus einem Input-Datensatz
- Aggregierte Indikatoren: mehrere Rohdatensätze können zusammengenommen (aggregiert) werden, um mehrere Aspekte in einem aggregierten Indikator darstellen zu können.
- Zusammengesetzte Indikatoren: sind Indikatoren die aus individuellen und/oder aggregierten Indikatoren zusammengesetzt sein können

Insbesondere bei Indikatoren, die auf die Umweltwirkung abzielen, kann nach Bockstaller et al. (2011) eine weitere Einteilung nach der Natur der Indikatoren getroffen werden:

- Einfache Indikatoren („simple indicator“): Basierend auf einer Variablen, oder auf einer einfachen Kombination von Variablen
- Voraussagende Indikatoren („predictive indicator“): Basierend auf einem Modell-Output
- Gemessene Indikatoren („measured indicator“): Basierend auf Feldmessungen oder Beobachtungen

Generell müssen Indikatoren danach ausgewählt werden, worauf sie eine Antwort geben sollen. Es muss also nach der Art der Fragestellung entschieden werden, welche Indikatoren verwendet werden und wie diese ausgestaltet sein sollen (Niemeijer and de Groot, 2008).

Aber auch nach dem Ziel eines Indikators kann eine Einteilung getroffen werden. Zum Monitoring und Evaluierung der GAP wird von der Europäischen Kommission (EC, 2017c) folgende Einteilung getroffen:

- Output Indikator: zur Darstellung von Aktivitäten, direkt ausgelöst durch Maßnahmen
- Ergebnis Indikator: zur Darstellung von Effekten, direkt und unmittelbar ausgelöst durch Maßnahmen
- Einfluss Indikator: zur Darstellung der Auswirkung von Maßnahmen, die über direkte Effekte hinausgehen

- Kontext Indikator: zur Darstellung genereller kontextbezogener Trends (EC, 2017c)

Neben der Art der Erhebung oder dem Ziel von Indikatoren kann auch eine thematische Einteilung getroffen werden. Geht es um die Bewertung menschlichen Handelns, existiert eine sehr generelle, überblickverschaffende Einteilung, die auch im landwirtschaftlichen Bereich zum Einsatz kommt:

- Ökonomische Indikatoren
- Ökologische Indikatoren
- Soziale Indikatoren

Diese Gliederung wird auch im Bereich von Nachhaltigkeitsindikatoren verwendet (Pope et al., 2016). Wenn mehrere Indikatoren gemeinsam genannt werden, stellt dies ein Set an Indikatoren dar. Insbesondere zur Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft muss ein Set Indikatoren aus allen drei Bereichen (ökonomische, ökologische und soziale Indikatoren) enthalten (Herrera, Gerster-Bentaya and Knierim, 2016).

Allerdings gibt es kein klares Verfahren, wie Indikatoren zu beurteilen oder bewerten sind. Vielmehr sind in wissenschaftlichen Prozessen, je nach Forschungsziel, durch Standardisierung, Gewichtung und Kombination verschiedener Ausgangsdaten unterschiedliche Ansätze zur Erstellung von Indikatoren entstanden, die jeweils ihre Berechtigung haben (Herrera, Gerster-Bentaya and Knierim, 2016).

Eine weitere grundsätzliche Einteilung von Indikatoren kann nach dem geographischen Erhebungslevel vorgenommen werden. Dabei können folgende Ebenen unterschieden werden:

- Einzelbetriebliche Ebene
- Regionale Ebene
- Nationale Ebene

Dazu ist relevant, was evaluiert wird. Wenn der Erfolg eines Umweltprogramms eines gesamten Staates bewertet werden soll, ist eine Erhebung auf nationaler Ebene sinnvoll. Wenn allerdings der Erfolg eines*r einzelnen Landwirten*in bewertet und womöglich auch die Gewährung von Förderungen daran geknüpft werden soll, ist eine einzelbetriebliche Erhebung notwendig. Auf dieser Ebene stellt sich aber immer die Frage der möglichen Erhebung zu akzeptablen Kosten.

Zur Evaluierung agrarpolitischer Maßnahmen sind diverse Indikatoren erforderlich. Es wird jedoch kein umfangreiches Set an Indikatoren flächendeckend erhoben. Der einzige landwirtschaftliche Bereich, in dem gezielt Indikatoren erhoben werden, ist der ökonomische Bereich. Hier sind Kennzahlen und der damit dargestellte vertikale und horizontale Vergleich bereits länger bekannt (Dabbert und Braun, 2012). Auf europäischer Ebene werden im „Farm Accountancy Data Network“ (FADN) und auf nationaler Ebene werden im Grünen Bericht erhobene Daten dargestellt (BMNT, 2018a). Im Vergleich dazu besteht im ökologischen Bereich eine Vielfalt an Themen und ein großes öffentliches Interesse. Damit verbunden entstand durch viele Initiativen der letzten 20 Jahre auch eine große Anzahl an Vorschlägen für Indikatoren in diesem Bereich (Latruffe et al., 2016). Dadurch sind der Vergleich und die Einordnung einzelner Indikatoren schwierig bzw. aufwendig. Insbesondere durch das große Interesse der Bevölkerung gibt es aber weiterhin eine steigende Anzahl an erhobenen Indikatoren im ökologischen Bereich (Pope et al., 2016).

2.2.3. Agrarumweltindikatoren und Zuordnung zu thematischen Bereichen

Diese Masterarbeit richtet den Fokus auf ökologische Indikatoren und befasst sich spezifisch mit Agrarumweltindikatoren, also jenen Indikatoren, welche die Umweltwirkung von landwirtschaftlichen Betrieben darstellen können. Nach einer Arbeit von Pope et al. (2016) sollen diese Indikatoren verschiedene Themen wie Verwendung von Pestiziden, Stickstoffbilanz, Wasserverbrauch, Treibhausgasemissionen sowie betriebliche Praktiken in Bezug auf Bodenerosion, Nitratauswaschung und Bodenhumusgehalt abdecken.

Durch ein steigendes Interesse der breiten Öffentlichkeit an dieser Thematik kam es in den letzten Jahren speziell bei Agrarumweltindikatoren zu einem großen Anstieg bei der Anzahl an vorgeschlagenen Indikatoren (Pope et al., 2016). Die folgenden Tabellen 1/1 und 1/2 sind eine Zusammenstellung der wichtigsten und aussagekräftigsten Agrarumweltindikatoren. Dazu wurden diverse Literaturquellen herangezogen, die an vielen Stellen ähnliche Auflistungen zeigen, jedoch teilweise unterschiedliche Schwerpunkte setzen.

Wichtig bei der Interpretation dieser Tabelle ist es, die hier gewählte Zuordnung zu Bereichen nicht als trennende Abgrenzung der Indikatoren zueinander zu sehen. Aus einzelnen Indikatoren können Aussagen zu mehreren Bereichen abgelesen werden. Beispielsweise kann der Pestizidverbrauch ein Indikator für die Bodengesundheit sein, aber auch zur

Wasserqualität oder der Biodiversität wichtige Erkenntnisse beitragen. Es bestehen also fließende Übergänge zwischen den Bereichen.

Die Einteilung der Indikatoren erfolgt nach der in diesem Kapitel genannten Gliederung.

Tabelle 1/1: Übersicht an Agrarumweltindikatoren (Teil 1)

Bereich	Subbereich	Indikator	Einteilung von Indikatoren		
			Erhebungslevel	Natur der Indikatoren	Ziel des Indikators
Landnutzungsart		Grünlandfläche (Erhaltung, extensiv genutzt)	B, R, N	E	O
		EFA (ecological focus area)	B, R, N	E	O
		Anbau von Leguminosen	B, R, N	E	O
Boden	Humusgehalt	Bodenumusgehalt	B	G	Ein
	Nährstoffe	N, P, K - Düngerbilanz	B, N	G	Erg
		Pestizidverbrauch	(B), N	G	Erg
		Bodenerosion	(B)	V	Ein
		Nitratauswaschung	R	G	Ein
Wasser	Wasserverbrauch	Wasserverbrauch gesamt	(B)	E	Erg
		Wasserverbrauch für Bewässerung	(B)	E	Erg
Klima	Treibhausgasemissionen	GHG Emission pro Produkt	B	V	Ein
		GHG Emission pro ha	B	V	Ein
		Ammoniakemissionen	B, N	V	Ein
	Kohlenstoffbindung	Kohlenstoffbindung pro ha		V	Ein

Quelle: Eigene Darstellung (nach Diazabakana et al., 2014; Eurostat, 2020; Kelly et al., s.a.; OECD, 2020b – Einteilung nach Bockstaller et al. 2011; EC, 2017c)

Verwendete Abkürzungen zur Einteilung der Indikatoren:

zu Erhebungslevel: betriebliche Ebene (B), regionale Ebene (R), nationale Ebene (N);

zu Natur der Indikatoren nach Bockstaller et al. (2011): einfacher Indikator (E), voraussagender Indikator (V), gemessener Indikator (G);

zu Ziel des Indikators nach der Europäischen Kommission (EC, 2017c): Output Indikator (O), Ergebnis Indikator (Erg), Einfluss Indikator (Ein), Kontext Indikator (K)

Tabelle 1/2: Übersicht an Agrarumweltindikatoren (Teil 2)

Bereich	Subbereich	Indikator	Einteilung von Indikatoren		
			Erhebungslevel	Natur der Indikatoren	Ziel des Indikators
Tierwohl	Artgerechte Tierhaltung	Weidehaltung je Tierkategorie	B	G	O
		Technopathien bei der Schlachtung	B, N	G	Erg
Biodiversität		Farmland Bird Index (FBI)	N	G	K
		High Nature Value Farmland (HNVF)	N, (R)	G	Erg
		Natura 2000 Flächen	B, R, N	E	O
Energie und Ressourceneffizienz	Energieverbrauch	Direkter Energieverbrauch	B	G	Erg
		Indirekter Energieverbrauch	B	V	Erg
	Betriebliche RE-produktion	Energieerzeugung auf dem Betrieb (Wind, Wasser, Solar, Biomasse, Biotreibstoffe)	B	G	Erg
	Ressourcenverbrauch	Fußabdruck-Indikatoren	B, R, N	V	Erg

Quelle: Eigene Darstellung (nach Diazabakana et al., 2014; Eurostat, 2020; Kelly et al., s.a.; OECD, 2020b – Einteilung nach Bockstaller et al. 2011; EC, 2017c)

Verwendete Abkürzungen zur Einteilung der Indikatoren:

zu Erhebungslevel: betriebliche Ebene (B), regionale Ebene (R), nationale Ebene (N);

zu Natur der Indikatoren nach Bockstaller et al. (2011): einfacher Indikator (E), voraussagender Indikator (V), gemessener Indikator (G);

zu Ziel des Indikators nach der Europäischen Kommission (EC, 2017c): Output Indikator (O), Ergebnis Indikator (Erg), Einfluss Indikator (Ein), Kontext Indikator (K)

2.3. Agrarumweltindikatoren und Datengrundlagen

2.3.1. Einzelbetriebliche Indikatorenerhebung und das FLINT-Projekt

Die Erhebung von Agrarumweltindikatoren ist auf allen räumlichen Ebenen (einzelbetrieblich, regional, national) erstrebenswert. Die Erhebung auf einzelbetrieblicher Ebene ist, wenn sie flächendeckend durchgeführt werden soll, deutlich aufwendiger als die Erhebung auf darüber liegenden Ebenen, bringt aber auch deutlich detailliertere Informationen (Diazabakana et al., 2014). So können Indikatoren betriebsintern zur Entscheidungsfindung beitragen und Aussagen zur ökonomischen sowie ökologischen Lage des Betriebes geben. Weiters können einzelne Betriebe miteinander verglichen werden. Bei der Erhebung von Agrarumweltindikatoren auf einzelbetrieblicher Ebene erscheint das Kriterium „Messbarkeit zu akzeptablen Kosten“ nach Latruffe et al. (2016) oftmals als schwierig zu erfüllen. Es ist damit schwieriger bzw. mit größerem Aufwand verbunden, einzelbetriebliche aussagekräftige Agrarumweltindikatoren zu erstellen und auch zu erheben (Burton and Schwarz, 2013).

Insbesondere im Bereich der Maßnahmen für Ländliche Entwicklung sowie für die Erbringung von Umweltleistungen besteht die Forderung, die Erhebung von Indikatoren auszuweiten um in weiterer Folge auch die Förderzahlungen an die tatsächlich erreichten Ergebnisse zu knüpfen (Burton and Schwarz, 2013; Herzon et al., 2018). Um diese Ergebnisorientierung der Maßnahmen umsetzen zu können, ist eine gezielte Erhebung auch auf einzelbetrieblicher Ebene notwendig.

In diesem Bereich gab es bereits einen umfangreichen wissenschaftlichen Anlauf in sieben europäischen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union. Mit dem Projekt „Farm-level Indicators for New Topics in policy evaluation“ (FLINT) wurde versucht auf einzelbetrieblicher Ebene Indikatoren zu erheben, um damit eine bessere Evaluierung der Gemeinsamen Agrarpolitik zu erreichen (Pope et al., 2016). Dieses FLINT-Projekt hat einen Mangel an Daten auf einzelbetrieblicher Ebene, insbesondere im ökologischen Bereich, festgestellt (Pope et al., 2016). Hier wurden Themen wie Verwendung von Pestiziden, Stickstoffbilanz, Wasserverbrauch, Treibhausgasemissionen, betriebliches Management in Bezug auf Bodenerosion, Nitratauswaschung und organische Substanz im Boden bearbeitet. Dazu erforderliche Indikatoren wurden im Rahmen dieses Projektes bei über 1000 Betrieben erhoben, um die Möglichkeit der Erhebung auszutesten (Pope et al., 2016). Bei dem Projekt konnten wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Eine flächendeckende Erhebung

zusätzlicher einzelbetrieblicher Indikatoren zur Evaluierung der GAP konnte damit aber nicht initiiert werden.

2.3.2. Internationale Indikatoren-Sets

Indikatoren auf nationaler Ebene werden international von verschiedenen Institutionen erhoben. Weiters gibt es für den landwirtschaftlichen Bereich unterschiedliche Organisationen, die mehrere Indikatoren zu Indikatoren-Sets zusammenfassen. Aufgrund der Verfügbarkeit von Daten und zur Vergleichbarkeit, sind die veröffentlichten Indikatoren meistens auf Ebene von Nationalstaaten ausgewiesen.

Eine wichtige Institution, die laufend Agrarumweltindikatoren erhebt und auch veröffentlicht, ist die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD). Auch die OECD trifft eine Einteilung für Agrarumweltindikatoren, die der Einteilung anderer Autoren, und der dieser Arbeit ähnelt. In der Datenbank der OECD.Stat werden aktuelle und umfassende Daten von verschiedenen Stellen zusammengetragen, um ein Agrarumweltindikatoren-Set für 35 OECD Staaten von 1990 bis 2018 ausweisen zu können (OECD, 2020b). Aus dieser Datenbank sind Trends ablesbar, ob gesetzte Ziele des Umweltschutzes, beispielsweise die Sustainable Development Goals (SDG), von einem Land erreicht werden können. Ebenso können sich entwickelnde oder bereits bestehende Problemfelder erkannt werden (OECD, 2020b). Auch eine generelle überblicksmäßige Entwicklung der Lage in OECD-Staaten ist ablesbar. So wurde bereits ein gewisser Fortschritt im Bereich der Treibhausgasemissionsreduktion, sowie beim Energie- und Wasserverbrauch je Einwohner erreicht. Trotzdem sind noch verstärkt Anstrengungen nötig, um beispielsweise die gesamten CO₂-Emissionen einzudämmen (OECD, 2020a). Von der OECD (2020a) werden daher die Staaten aufgefordert, stärkere und striktere Instrumente umzusetzen und Umweltleistungen zu erfassen. Davon ist auch die Landwirtschaft mit der Forderung nach einer flächendeckenden Erhebung von Agrarumweltindikatoren betroffen.

Für die europäische Union weist Eurostat ein Indikatoren-Set mit 28 Indikatoren aus. Die dabei zusammengestellten Daten ermöglichen einen Vergleich zwischen den einzelnen Ländern der Europäischen Union in verschiedenen Bereichen (Eurostat, 2020). Auch von Eurostat wird eine ähnliche Zusammenstellung an Indikatoren, wie in dieser Arbeit angeführt, erhoben. Für die

Erhebung ist zu einem Teil die Eurostat selbst und zu einem Teil die European Environment Agency (EEA) zuständig.

International gibt es mehrere Anläufe, diese vorhandenen Indikatoren-Sets als Gesamtes zu betrachten. Mit verschiedenen Werkzeugen bzw. Programmen wird versucht, den Einfluss landwirtschaftlicher Praktiken auf die Umwelt darzustellen (Galan, Peschard and Boizard, 2007). Dabei ist es nach Galan, Peschard and Boizard (2007) von zentraler Bedeutung, welches Werkzeug verwendet wird. Die vorliegende Arbeit jedoch legt den Fokus auf mögliche Indikatoren selbst und nicht so sehr auf deren Zusammenstellung.

2.4. Agrarumweltindikatoren in Österreich

2.4.1. Erhebung von Agrarumweltindikatoren in Österreich

Dieses Kapitel legt den Fokus auf Agrarumweltindikatoren in Österreich. Nach einem Überblick über Einteilung und Erhebungsmöglichkeiten in den Kapiteln 2.2. sowie 2.3. wird herausgearbeitet, in welchen Bereichen in Österreich bereits Indikatoren erhoben werden und wo noch mehr Datensammlung nötig wäre, um die Evaluierung des ÖPULs zu verbessern.

Die Evaluierung des österreichischen Agrar-Umweltprogramms (ÖPUL) ist unter mehreren Institutionen aufgeteilt. Dabei werden bereits sehr wichtige Indikatoren erhoben.

Ein zentraler Bestandteil der Evaluierung ist der nationale Detailbericht. Darin werden, gegliedert nach Schwerpunktbereichen, die Auswirkungen der Maßnahmen des ÖPUL-Programms beleuchtet (BAB, 2019). Die Schwerpunktbereiche in der Bewertung des ÖPUL-Programms ähneln den in dieser Arbeit gewählten Bereichen für Agrarumweltindikatoren:

- Biodiversität
- Wasser
- Boden
- Klima (Unterteilt in zwei Bereiche: „Verringerung der Treibhausgase und Ammoniakemissionen“ und „Förderung von Kohlenstoffspeicherung“) und
- Tierwohl

Es werden verschiedene Datenquellen herangezogen, um die Indikatoren zu berechnen. Eine wichtige Datenbank, in welcher Daten zur Landnutzung aller landwirtschaftlichen Parzellen, für welche Fördermittel der GAP ausbezahlt werden, gespeichert sind, ist das Integrierte

Verwaltungs- und Kontrollsystem (INVEKOS) (BMLRT, 2020b). Die Berechnung der Output-Indikatoren des Bereichs Landnutzungsart erfolgt aus dieser Datenbank. Daneben werden diese Daten aber auch für die Evaluierung im Bereich der Biodiversität verwendet (BAB, 2019). Auch der Ergebnis-Indikator High Nature Value Farmland (HNVF) als weiterer Indikator für Biodiversität bezieht sich auf die INVEKOS-Datenbank (BAB, 2019). Darüber hinaus werden auch Auswirkungen auf das Klima zum Teil durch Indikatoren, die sich auf die Landnutzungsart beziehen, dargestellt (Umweltbundesamt, 2019b).

Im nationalen Detailbericht wird versucht, für jede Maßnahme im ÖPUL-Programm entsprechende Indikatoren zu finden und anhand dieser die Wirkung der einzelnen Maßnahmen abzulesen. Beispielsweise werden für die Maßnahme UBB welche als Ziel die Förderung von Biodiversität und die Bewahrung einer vielfältigen Kulturlandschaft hat (BMNT, 2018b), verschiedene Indikatoren herangezogen (BAB, 2019). Im Bereich der Biodiversität werden hierbei die mittlere Schlaggröße, das Ausmaß an Landschaftselementen und das Ausmaß von Biodiversitätsflächen (= extensiv oder nicht genutzte Flächen) als Indikatoren verwendet. Daraus werden dann, mit Verweis auf wissenschaftliche Untersuchungen, Auswirkungen abgeleitet (BAB, 2019). Eine ähnliche Vorgehensweise wurde für alle Maßnahmen mit Bezug auf alle Schwerpunktbereiche durchgeführt. Damit wird gezeigt, welche Indikatoren mit der aktuellen Datenlage berechnet werden können.

Eine weitere Evaluierung im Bereich der Biodiversität geht konkreter auf die Auswirkungen auf Vögel ein. In der Evaluierung von Bird Life Österreich (Evaluierung der Wirkungen von Agrarumweltmaßnahmen anhand von Vogeldaten) wird der Farmland Birds Index (FBI) dargestellt. Durch diesen Kontext-Indikator kann ein Trend in der Entwicklung des Vogelbestandes aufgezeigt werden (Bergmüller und Nemeth, 2019; Bergmüller und Nemeth, 2018). Ebenso wird der Einfluss einzelner Maßnahmen des ÖPUL auf die Artenvielfalt bei Vögeln dargestellt. Zum Beispiel wird genannt, dass die Maßnahme UBB eine positive Wirkung auf diese hat. Insbesondere die Biodiversitätsflächen zeigen einen positiven Effekt (Bergmüller und Nemeth, 2019; Bergmüller und Nemeth, 2018). Eine Extensivierung in der Flächenbewirtschaftung, wie sie für die Biodiversität der Vögel erstrebenswert wäre, wurde aber auch durch dieses Programm nicht erreicht. Eine weitere interessante Erkenntnis ist, dass die biologische Wirtschaftsweise keine eindeutig positive Wirkung auf Vögel zeigt (Bergmüller und Nemeth, 2019; Bergmüller und Nemeth, 2018).

Das Umweltbundesamt hat ebenso eine Evaluierung bzw. zusammenfassende Bewertung des LE-Programms für die Bereiche Klima und Umwelt erstellt (Umweltbundesamt, 2019b). Darin wurde nach einzelnen Evaluierungsfragen (bezogen auf Klimaschutz und biologische Vielfalt) vorgegangen und verschiedene Arten an Indikatoren verwendet. Unter anderem kommen der Farmland Birds Index und der High Nature Value Farmland-Indikator zum Einsatz. Zusätzlich wurden zum Abschätzen verschiedener Szenarien Modellberechnungen eingesetzt (Umweltbundesamt, 2019b).

Eine weitere Evaluierung durch das Wirtschaftsforschungsinstitut beleuchtet mit einem breiteren Blickwinkel das Gesamtprogramm (WIFO, 2019). Dabei werden die Wirkungen des ÖPUL-Programms für die gesamte Bevölkerung oder Volkswirtschaft dargestellt. Neben den ökologischen Auswirkungen werden auch ökonomische und soziale Auswirkungen des Programms gemeinsam betrachtet und evaluiert (WIFO, 2019).

Auch wenn bereits viele Indikatoren erhoben werden, wäre zur Evaluierung der umgesetzten Maßnahmen nach dem BMLFUW (2017a) die Weiterentwicklung von programmspezifischen Indikatoren notwendig. Durch die Erhebung von zusätzlichen Agrarumweltindikatoren könnten noch bessere Aussagen über die Effektivität und Effizienz von Agrarumweltmaßnahmen getroffen werden.

2.4.2. Zuordnung von Agrarumweltindikatoren zu ÖPUL-Maßnahmen

Mit dieser Arbeit soll aufgezeigt werden, wo es möglicherweise noch zu wenige Daten gibt, bzw. wo noch nicht ausreichend Indikatoren vorhanden sind, um die Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt zu beurteilen. In Tabelle 2/1 und Tabelle 2/2 sind wieder die Bereiche für mögliche Agrarumweltindikatoren dargestellt. Hier erfolgt aber eine weitere Gliederung nach den aktuellen Maßnahmen im ÖPUL-Programm. Dazu werden in einer Spalte Indikatoren aufgelistet. Hier sind dies jeweils Vorschläge zur Evaluierung der einzelnen Maßnahmen. Durch diesen Umstand sind hier auch Indikatoren (oder Überbegriffe) enthalten, die noch nicht erhoben werden, oder für die noch die Datengrundlage fehlt. Diese Indikatoren sind in Tabelle 2/1 und Tabelle 2/2 grau hinterlegt.

Tabelle 2/1: Agrarumweltmaßnahmen und Agrarumweltindikatoren in Österreich

Bereich	Maßnahme	Indikator
Landnutzungsart	Greening	Grünlandfläche (Erhaltung, extensiv genutzt); EFA (ecological focus area); Farmland Bird Index; High Nature Value Farmland
	UBB (Umweltgerechte und biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung)	EFA (ecological focus area); Farmland Bird Index; High Nature Value Farmland
	Biologische Wirtschaftsweise	Farmland Bird Index; High Nature Value Farmland
	Begrünung Acker - Zwischenfruchtanbau	Anbau von Leguminosen; Farmland Bird Index; High Nature Value Farmland
	Begrünung System Immergrün	Farmland Bird Index; High Nature Value Farmland
	Silageverzicht	Grünlandfläche (Erhaltung, extensiv genutzt)
	Bewirtschaftung von Bergmähwiesen	Grünlandfläche (Erhaltung, extensiv genutzt)
Boden	Einschränkung ertragssteigernder Betriebsmittel (EEB)	N, P, K – Düngerbilanz; Bodenhumusgehalt
	Mulch- und Direktsaat (inkl. Strip-till)	Bodenerosion
	Verzicht auf Fungizide und Wachstumsregulatoren bei Getreide	Pestizidverbrauch
	Pflanzenschutzmittelverzicht Wein und Hopfen	Pestizidverbrauch
	Nützlingseinsatz im geschützten Anbau	Pestizidverbrauch
	Erosionsschutz Obst, Wein und Hopfen	Bodenerosion
		Bodenhumusgehalt; Kohlenstoffbindung pro ha

Quelle: eigene Darstellung (nach BMLFUW, 2017a; BMLRT, 2020c; Diazabakana et al., 2014)

Derzeit (noch) nicht erhobene Indikatoren sind grau hinterlegt.

Tabelle 2/2: Agrarumweltmaßnahmen und Agrarumweltindikatoren in Österreich (2. Teil)

Bereich	Maßnahme	Indikator
Wasser	Vorbeugender Grundwasserschutz	Belastung von Grundwasser mit Schadstoffen (Nitrat auswaschung)
	Vorbeugender Oberflächen-Gewässerschutz auf Ackerflächen	Belastung von Oberflächengewässern mit Schadstoffen
	Bewirtschaftung auswaschungsgefährdeter Ackerflächen	Belastung von Grundwasser mit Schadstoffen (Nitrat auswaschung)
	Wasserrahmenrichtlinie Landwirtschaft	Belastung von Oberflächengewässern und Grundwasser mit Schadstoffen
		Wasserverbrauch
Luft und Klima	Bodennahe Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger und Biogasgülle	Emissionen durch Wirtschaftsdüngermanagement
		GHG Emission pro Produkt
		GHG Emission pro ha
Tierwohl	Alpung und Behirtung	Weidehaltung je Tierkategorie
	Tierschutz – Weide	Weidehaltung je Tierkategorie
	Tierschutz – Stallhaltung	Artgerechte Stallhaltung
		Technopathien bei der Schlachtung
Biodiversität	Naturschutz; ergebnisorientierter Naturschutzplan	Farmland Bird Index; High Nature Value Farmland, eigene ergebnisorientierte Indikatoren
	Anbau seltener landwirtschaftlicher Kulturpflanzen	
	Natura 2000-Landwirtschaft	Natura 2000 Flächen
	Erhaltung gefährdeter Nutztierassen	Anzahl Tiere gefährdeter Rassen
		Vorkommen von Schmetterlingsarten, Populationsgrößen
Energie und Ressourceneffizienz		Direkter und indirekter Energieverbrauch
	Ökostrom-Förderungen (außerhalb des ÖPUL)	Energieerzeugung auf dem Betrieb (Wind, Wasser, Solar, Biomasse, Biotreibstoffe)

Quelle: eigene Darstellung (nach BMLFUW, 2017a; BMLRT, 2020c; Diazabakana et al., 2014; Šálek et al., 2018)

Derzeit (noch) nicht erhobene Indikatoren sind grau hinterlegt.

2.4.3. Indikatoren für den Bereich Boden

Um die Auswirkungen landwirtschaftlicher Tätigkeit auf den Boden umfassend evaluieren zu können, wären weitere Daten wünschenswert. Die Nährstoffströme, wie die Ausbringung von Stickstoff und Phosphor, sind hier besonders relevant. Die Erhebung des Stickstoff- und Phosphor-Aufwands kann mit unterschiedlichen Ansätzen durchgeführt werden. Die wichtigste Unterscheidung besteht darin, ob die gelieferte und verkaufte Menge von Düngemittelfirmen oder die auf Betriebsebene aufgezeichneten Mengen herangezogen werden (Salo et al., 2017). Untersuchungen zeigen, dass durch diese beiden Erhebungswege auch unterschiedliche Ergebnisse entstehen. Beispielsweise zeigen Salo et al. (2017) für Finnland, dass bei Erhebung auf Betriebsebene eine deutlich höhere Düngermenge ausgewiesen wird als bei einer Erhebung der verkauften Düngermengen in den jeweiligen Regionen. Begründet wird dies durch möglicherweise nicht repräsentative Umfragen unter Betrieben zum Düngeraufwand, da eher Vollerwerbsbetriebe mit intensiverer Flächennutzung an einer solchen Umfrage teilnehmen würden als extensivere Nebenerwerbsbetriebe (Salo et al., 2017).

In Österreich werden die Auswirkungen landwirtschaftlicher Tätigkeit auf den Boden hingegen primär mit Output-Indikatoren dargestellt. Im Nationalen Detailbericht 2019 wird vorwiegend das Flächenausmaß, der an einzelnen Maßnahmen teilnehmenden Flächen, als Indikator herangezogen – beispielsweise der Anteil angelegter Begrünungen in % der Gesamtfläche (BAB, 2019). Daraus können zwar gewisse Rückschlüsse auf die Auswirkungen auf den Boden gezogen werden, zielführender, wenn auch bedeutend aufwendiger, wäre es, Ergebnis- oder Einfluss-Indikatoren zu erheben. Insbesondere der Bodenhumusgehalt und die Bodenerosion könnten wertvolle Inputs dazu liefern.

Der Bodenhumusgehalt wird durch die Untersuchung von Bodenproben in einem Labor ermittelt. Zusätzlich wäre die Ermittlung einer rechnerische Humusbilanz sinnvoll (Körschens, 2010). Die flächendeckende Ermittlung von Bodenhumusgehalten und deren Veränderungen wäre aber sehr aufwendig. Dass dies aber trotzdem möglich ist zeigt ein Projekt des Vereines „Ökoregion Kaindorf“. Bei einzelnen Landwirten*innen, die beim „Humus-Aufbauprogramm“ teilnehmen, werden Bodenproben untersucht und so die Entwicklung des Bodenhumusgehalts festgestellt (Ökoregion Kaindorf, 2020). Jedoch ist festzuhalten, dass in diesem Projekt lediglich eine Fläche von 2400 ha Acker beprobt wird (Ökoregion Kaindorf,

2020). Eine Ausweitung auf einen größeren Flächenanteil oder eine flächendeckende Umsetzung wäre mit einem erheblichen organisatorischen Aufwand verbunden. Bei diesem Projekt ist auch die Probenuntersuchung von den Landwirten*innen selbst zu bezahlen. Bei einer Ausweitung des Projektes könnten daraus auch Daten für einen möglichen Indikator generiert werden. Jedoch ist jedenfalls zu beachten, dass die teilnehmenden Betriebe keine repräsentative Stichprobe darstellen. Die Ermittlung von Humusgehalten im Boden bzw. eine Humusbilanzierung mit bereits vorhandenen Daten wäre für eine größere Fläche bzw. für eine größere Anzahl an Betrieben erstrebenswert (BMLFUW, 2015). Dadurch wäre es möglich den „Beitrag des Agrarumweltprogramms zum Humusaufbau“ (BMLFUW, 64, 2015) besser zu evaluieren.

Beim Bereich Boden spielt auch die Bodenerosion eine große Rolle. Da eine tatsächliche, vor allem flächendeckende Erhebung der Bodenerosion nicht möglich ist, muss auf Modellrechnungen zurückgegriffen werden. Syrbe et al. (2016) haben die Bodenerosion für Deutschland näherungsweise durch eine Modellberechnung ermittelt. Dafür ist eine gute Datenlage über die Landnutzungsart, die Topographie und auch erosionsschützende Maßnahmen Voraussetzung. Die Berechnungen des Modells zeigen, dass eine kleinstrukturierte Landwirtschaft mit Hecken und anderen Landschaftselementen Bodenerosion verringert (Syrbe, et al., 2016). Eine Untersuchung für Österreich von Mitter et al. (2013), die ebenso auf einer Modellberechnung basiert, zeigt, dass eine höhere Jahres-Niederschlagssumme auch eine höhere Bodenerosion verursacht. Noch relevanter im Hinblick auf Agrarumweltmaßnahmen erscheint jedoch die Erkenntnis, dass eine reduzierte Bodenbearbeitung und noch stärker die Anlage einer Winterbegrünung die Bodenerosion verringert. Begrünungsmaßnahmen sowie die Maßnahme Mulch- und Direktsaat tragen daher nach Mitter et al. (2013) zu einer Verringerung der Bodenerosion bei. Den Ergebnissen zufolge wird der Ertragsentgang bzw. der zusätzliche Aufwand durch die ausbezahlten Prämien für die Landwirte kompensiert. Durch die Vorgehensweise der Modellberechnung kann ein positiver Einfluss des ÖPUL nachgewiesen werden. Eine genaue einzelbetriebliche Berechnung ist damit jedoch nicht möglich.

2.4.4. Indikatoren für den Bereich Wasser

Für den Bereich Wasser gibt es verschiedene Indikatoren, die teilweise auch regelmäßig erhoben werden. Die Belastung des Grundwassers mit Schadstoffen wird in Österreich aufgrund der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung durch das Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus erhoben (BMLRT, 2020d). Dabei wird eine lange Liste an möglichen Schadstoffen untersucht. Unter anderem die Schwermetallbelastung, aber auch die Nitratbelastung, sowie die Belastung mit relevanten Pestiziden der Grundwässer. Diese Daten stellen eine wichtige Basis zur Erkennung von Problemfeldern dar. Es ist aber jedenfalls anzumerken, dass hier die Belastung selbst, nicht aber die Ursachen für mögliche erhöhte Werte erhoben werden.

Um den Beitrag der Landwirtschaft zum Eintrag von Schadstoffen ins Grundwasser festzustellen, werden immer wieder Studien durchgeführt. Stickstoff ist dabei der wichtigste, durch die Landwirtschaft eingetragene Stoff. Damit befasst sich auch eine Arbeit des Umweltbundesamtes (2013) und berechnet Stickstoffbilanzen in der Landwirtschaft, jeweils für Grundwasserkörper in Österreich. Das Überschreiten der Grenzwerte für Belastungen von Grundwasserkörpern ist demnach überwiegend der Landwirtschaft geschuldet. Wie bei der Bodenerosion handelt es sich hier aber auch um eine Modellberechnung, welche sich hauptsächlich auf INVEKOS-Daten und Annahmen aufgrund der „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ stützt (Umweltbundesamt, 2013). Zusätzlich wäre eine regelmäßig wiederkehrende Untersuchung dieser Thematik (Beitrag der Landwirtschaft zur Schadstoffbelastung der Grundwasserkörper) wünschenswert.

Eine flächendeckende einzelbetriebliche Erhebung der Schadstoffbelastung der Grundwasser wäre aufgrund des zu großen Aufwands nicht umsetzbar. Umso mehr wäre eine genauere Erhebung der aufgewendeten Wirtschafts- sowie Mineraldüngermengen erstrebenswert, um genauere Rückschlüsse auf den Einfluss der Landwirtschaft ziehen zu können.

2.4.5. Indikatoren für den Bereich Luft und Klima

Bei der Erhebung von Agrarumweltindikatoren muss jedenfalls auch der Ausstoß an Treibhausgasen berücksichtigt werden. Daten der FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) zeigen, dass unterschiedliche Produktionsweisen bei der

Milchviehhaltung in unterschiedlichen Regionen der Welt einen wesentlichen Einfluss auf die produzierte Menge an Treibhausgasen haben (FAO, 2020).

Die Landwirtschaft, insbesondere die Rinderhaltung, trägt zum Treibhauseffekt bei (Haque, 2018; Umweltbundesamt, 2020c). Die von der Landwirtschaft in Österreich ausgestoßene Menge an CO₂-Äquivalent, ist seit 1990 um 13,7% zurückgegangen, macht aber noch einen Anteil von 10% aus (Umweltbundesamt, 2020c). Diese Zahlen stützen sich auf die Vorgaben zur Erhebung der nationalen Treibhausgasemissionen durch das zwischenstaatliche Gremium für Klimawandel (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) der Vereinten Nationen. Vom IPCC wurde 2006 definiert, wie der Ausstoß an Treibhausgasen berechnet werden soll. Darunter sind auch Berechnungsvorgaben für den Bereich Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzungsarten (IPCC, 2006). Diese Vorgaben für die einzelnen Bereiche (zum Beispiel Ackerland, Grünland, Emissionen durch Tierhaltung und Düngermanagement) beinhalten jeweils mehrere Berechnungsmethoden, welche je nach national verfügbarer Datenlage zur Anwendung kommen sollen (IPCC, 2006).

Bei der Landnutzung ist, neben anderen Faktoren, jeweils die Veränderung der gespeicherten Menge an Kohlenstoff relevant. Davon wird der Ein- bzw. Austrag von CO₂ in die Atmosphäre abgeleitet (IPCC, 2006). Für den tierischen Bereich werden über den ermittelten Energiebedarf je Tierkategorie und Emissionsfaktoren je Tierkategorie die Treibhausgasemissionen berechnet (IPCC, 2006). Dabei kommen für jede Kategorie an Emissionen verschiedene Vorgehensweisen in Frage (Tier 1, Tier 2, Tier 3). Je nach vorhandener Datenlage und Anteil der Kategorie am Gesamtausstoß an Treibhausgasen wird eine einfachere, ungenauere Vorgehensweise (Tier 1), oder eine genauere Vorgehensweise mit Einbeziehung spezifischer nationaler Emissionsfaktoren (Tier 2, Tier 3) gewählt (Umweltbundesamt, 2020a). Auch in diesem Bereich erfolgt eine Berechnung für Gesamt-Österreich. Die Auswirkungen des Handelns des*der einzelnen Landwirten*in sind damit nicht abgebildet. Die Erhebung und Veröffentlichung wird für Österreich jährlich durch das Umweltbundesamt im „Austria’s National Inventory Report“ (Umweltbundesamt, 2020a) umgesetzt. Relevante Daten werden dann auch im Klimaschutzbericht veröffentlicht (Umweltbundesamt, 2020b).

Neueren wissenschaftlichen Erkenntnissen zufolge ist jedoch der Ausstoß von Treibhausgasen wesentlich auch von Faktoren, die in diesem Bericht nicht berücksichtigt werden, abhängig. So kann insbesondere in der Tierhaltung durch verbesserte Fütterung eine Reduktion um 40

bis 75 % des Methanausstoßes erreicht werden (Haque, 2018). Insbesondere eine verbesserte Grundfutterqualität wirkt sich positiv auf den Treibhausgas („Greenhouse gas“, GHG) - Ausstoß durch die Milchviehhaltung aus (Stöbich, 2014). Durch Anstrengungen im Bereich der Pansen-Fermentation bei Wiederkäuern kann ebenso ein wesentlicher Beitrag erreicht werden (Haque, 2018).

Eine Verringerung der Treibhausgasemissionen, insbesondere Methan, durch eine verbesserte Fütterung oder Haltungsform, wird allerdings in den Berechnungen nicht berücksichtigt, da die Datengrundlage dafür als nicht ausreichend angenommen wird. In diesem Bereich wäre also eine zusätzliche Erhebung von Daten von großer Bedeutung, um die Auswirkungen der Fütterung und Haltung abbilden zu können.

Auch der Bereich des Düngermanagements wird vom Umweltbundesamt berücksichtigt. Insbesondere die Menge an aufgewendetem Stickstoff-Mineraldünger und das Wirtschaftsdüngersystem haben Einfluss auf die Emissionen. Dabei stehen Methan und Lachgas im Fokus. Eine Reduktion der Emission dieser Stoffe, wie sie in Österreich seit 1990 beobachtet wurde, ist auf einen geringeren Stickstoff-Mineraldüngereinsatz (geringere Lachgasemissionen) und eine geringere Anzahl an gehaltenen Rindern (geringere Methanemissionen) zurückzuführen. Dieser Entwicklung hat ein gestiegener Anteil an Flüssigmistsystemen, und daraus gestiegenen Methanemissionen entgegengewirkt (Umweltbundesamt, 2020b). Auch in diesem Bereich erfolgt die Berechnung, ähnlich der Berechnung der Emissionen aus der Verdauung von Nutztieren, mittels nationaler Emissionsfaktoren und damit nicht auf einzelbetrieblicher Ebene (Umweltbundesamt, 2020a).

2.4.6. Indikatoren für den Bereich Tierwohl

Im Bereich des Tierwohls werden zwei grundsätzliche Arten von Indikatoren unterschieden, auf deren Basis auf das Tierwohl geschlossen werden kann: Umwelt/Management-Indikatoren (indirekt) und tierbezogene Indikatoren (direkt) (Johnsen, Joannesson and Sandøe, 2001). Indirekte Indikatoren sind einfacher zu erheben und auch zu kontrollieren. Daher werden diese auch vorwiegend für gesetzliche Regelungen verwendet. Daneben kommen derartige Regelungen (Ausführung des Haltungssystems, Bewegungsfreiheit, Weidehaltung, u.a.) auch in den Voraussetzungen für Förderungen, in den Cross Compliance Bestimmungen, zur Anwendung (AMA, 2019).

Im Bereich der direkten Indikatoren, ist die Erhebung meist zeit- und kostenaufwendiger (Gadermaier, 2017). Trotzdem gibt es Möglichkeiten das Tierwohl auch direkt mit angemessenem Aufwand zu erheben. Die in Tabelle 1/2 angeführten Technopathien an Tieren, erhoben bei der Schlachtung, wären ein Vorschlag dafür.

2.4.7. Indikatoren für den Bereich Biodiversität

Zwei wichtige Indikatoren, die auch bereits seit längerer Zeit erhoben werden und damit auch bereits eine längerfristige Entwicklung darstellen können, sind folgende:

- Farmland Bird Index
- High Nature Value Farmland

Der High Nature Value Farmland Index ist in Bezug auf Biodiversität ein wichtiger Indikator. Da dazu landwirtschaftliche Flächen mit hohem Naturwert erfasst werden, eignet sich der Indikator auch sehr gut, um die Auswirkungen des Agrarumweltprogramms auf die Biodiversität zu erfassen (Umweltbundesamt, 2011).

Der **Farmland Bird Index** wird nach Teufelbauer und Seaman (2020) jährlich für Österreich erhoben und weist eine gut dokumentierte Zählmethode auf. Als Basis dient das „Monitoring der Brutvögel Österreichs“. In diesem Bereich gibt es konkrete Evaluierungen, welche eine klar positive Wirkung auf Vögel durch die Verpflichtung zur Anlage von Biodiversitätsflächen auf Ackerland feststellen konnten (BAB, 2019). Auch Arbeiten von Bird Life Österreich befassen sich mit dieser Thematik und evaluieren einzelne Maßnahmen des ÖPUL. Darin wurde festgestellt, dass mehrere Maßnahmen keinen so großen Effekt haben wie gewünscht oder von zu wenigen Landwirten*innen umgesetzt werden (Bergmüller und Nemeth, 2019; Bergmüller und Nemeth, 2018). Im Bereich des Farmland Bird Index wurde seit 1998 eine drastische Verschlechterung festgestellt. So sind in Österreich im Schnitt 40% der Vogelbestände seither verschwunden (Teufelbauer und Seaman, 2020).

Da bereits für den Farmland Bird Index die gewünschte Anzahl an Zählstrecken für bestimmte Vogelarten nicht erreicht werden konnte und damit die gewünschte Stichprobengröße nicht überall zur Gänze erreicht wurde (Teufelbauer und Seaman, 2020), erscheint eine Erhebung auf niedrigerer räumlicher Ebene oder auf Betriebsebene als unrealistisch. Auf nationaler Ebene ist dieser Indikator jedoch einer der wenigen gemessenen Kontextindikatoren im

Bereich der Umweltwirkung und damit von großer Bedeutung. Auch auf internationaler Ebene werden die Daten des Farmland Bird Index von mehreren Staaten zusammengetragen und dann von mehreren Organisationen veröffentlicht (Eurostat, 2020; OECD, 2020b).

Demgegenüber ist es beim **High Nature Value Farmland Index** aufgrund der guten Datenlage – über die Landnutzung im INVEKOS – möglich, diesen flächendeckend zu erheben. Landwirtschaftliche Flächen mit hohem Naturwert werden darin erfasst. Dadurch können Rückschlüsse auf die Auswirkungen des ÖPULs auf die Biodiversität gezogen werden (Umweltbundesamt 2011). Konkret wird in Österreich zur Evaluierung der einzelnen Maßnahmen im ÖPUL hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Biodiversität vorrangig der HNVP, mit INVEKOS-Daten als Basis, herangezogen (Guggenberger, 2019).

Zur verbesserten Erhebung der Biodiversität wären, nach Vorbild des Farmland Bird Index, auch die Erhebung anderer Arten denkbar und sinnvoll. Beispielsweise können aus dem Artenreichtum von Schmetterlingen Rückschlüsse auf die Biodiversität gezogen werden (Šálek et al., 2018). Würde das Vorkommen bestimmter Schmetterlingsarten erhoben werden, könnte man daraus auch auf die Wirksamkeit bestimmter ÖPUL-Maßnahmen schließen. Da dazu aber auch längerfristige Erhebungen, möglichst flächendeckend, nötig wären, erscheint dies sehr aufwendig. Trotzdem könnten daraus wichtige Informationen über die Entwicklung der Biodiversität generiert werden.

Auch in anderen Bereichen, jedoch ganz besonders im Bereich Biodiversität, erscheint die Erhebung von Indikatoren auf einzelbetrieblicher Ebene als schwierig, oder sie ist mit beträchtlichem organisatorischem Aufwand und damit mit Kosten verbunden. Somit ist auch die Gestaltung von ergebnisorientierten Maßnahmen schwierig. Es gibt jedoch bereits initiative Projekte, die versuchen, in diesem Bereich Möglichkeiten aufzuzeigen. Zum Beispiel wird in Österreich der ENP (Ergebnisorientierter Naturschutzplan) als Teil der Maßnahme Naturschutz umgesetzt (Thema Natur, 2019). Indikatoren, welche am Beginn der Förderperiode für jeden einzelnen Betrieb, sogar für einzelne Schläge festgelegt werden, dienen dazu, die Förderhöhe zu bemessen. Dabei werden auf einzelbetrieblicher Ebene Ziele gemeinsam mit dem*der Landwirt*in vereinbart. Die Flächenstrukturen und betrieblichen Gegebenheiten werden dabei berücksichtigt und Verbesserungspotentiale unter den gegebenen Umständen gesucht. Am Ende der Förderperiode wird wieder gemeinsam mit dem*der Landwirt*in die Zielerreichung erhoben. Daran ist dann auch die Ausschüttung von Förderprämien geknüpft. Dieser Ansatz wäre grundsätzlich sehr erstrebenswert, da dadurch

auch das Engagement des*der Landwirte*in gefördert wird (Thema Natur, 2019), jedoch ist dies auch mit einem enormen Verwaltungsaufwand verbunden. Da der Projektbeschreibung zufolge an der Weiterbildung und dem Engagement jedes*r einzelnen Landwirten*in langfristig kein Weg vorbeiführt, wird eine Ausweitung des Projektes gewünscht und für die nächste Förderperiode werden bis zu 1500 teilnehmende Betriebe angestrebt. Jedoch bleibt dies bei 162.000 land- und forstwirtschaftlichen Betrieben in Österreich (BMLRT, 2020a) jedenfalls ein Nischen-Projekt bei dem eine flächendeckende Umsetzung aktuell als zu aufwendig erscheint.

2.4.8. Indikatoren für den Bereich Energie- und Ressourceneffizienz

Der Energieverbrauch hat Einfluss auf die Umweltwirkung menschlicher Aktivität. Der Sektor „Energie und Industrie“ (inkl. Emissionshandel) stößt 43,4% der gesamten Treibhausgasemissionen 2018 aus (Umweltbundesamt, 2020b). Auch aus der Landwirtschaft trägt der Energieverbrauch zum Treibhausgasausstoß bei und beträgt rund 1,2% der gesamten nationalen Emissionen (Umweltbundesamt, 2020b). Die Berechnungen dafür fußen allerdings wiederum auf einem Modell und beziehen sich auf ganz Österreich.

Den Ergebnissen des FLINT-Projektes zu Folge, wäre es möglich sowohl den direkten als auch den indirekten Energieverbrauch auf einzelbetrieblicher Ebene zu erheben (Kelly et al., s.a.). Der indirekte Energieverbrauch lässt sich demnach bereits aus vorhandenen Daten im FADN errechnen. Für den direkten Energieverbrauch auf einzelbetrieblicher Ebene wäre eine Erhebung unter Landwirten*innen umsetzbar und auch wünschenswert (Kelly et al., s.a.).

2.5. Ausgewählte Agrarumweltindikatoren für die Milchviehhaltung

Nach dem allgemeinen Überblick über die in Österreich erhobenen Indikatoren zur Evaluierung des Agrarumweltprogramms ÖPUL in Kapitel 2.4. werden jetzt ausgewählte Agrarumweltindikatoren für den Milchviehsektor genannt und in Kontext zur Modellanalyse dieser Arbeit gesetzt. Für diese Arbeit werden drei relevante Bereiche der Umweltwirkungen der Milchviehhaltung genauer beleuchtet, um dann erwartbare Entwicklungen im linearen Optimierungsmodell darstellen zu können.

Diese drei Bereiche sind:

- Methanausstoß der Milchviehhaltung
- Grünlandflächenerhaltung (mit extensiver Bewirtschaftungsweise)
- N/P/K-Bilanz (Düngebilanz der Flächen)

Da sich diese Arbeit auf die in Österreich sehr bedeutende Milchviehhaltung (BMLRT, 2020a) fokussiert, kommt dem Thema **Methanausstoß** eine zentrale Bedeutung zu. Wie bereits in Kapitel 2.4.5. genannt, haben verschiedene Faktoren Einfluss auf die Umweltwirkung der Wiederkäuerhaltung. Dabei benötigen Produktionsformen mit geringerer Produktivität, also extensivere Tierhaltung, mehr Energie je produzierter Einheit als jene mit höherer Produktivität (Gerber et al., 2013). Ebenso ist bei Wiederkäuerhaltung mit geringerer Produktivität ein höherer Ausstoß an Treibhausgasen je produzierter Einheit feststellbar als bei höherer Produktivität (Gerber et al., 2013). Daraus kann gefolgert werden, dass ein Streben nach Produktivitätssteigerung in der Wiederkäuerhaltung sinnvoll ist. Aufgrund dieser Umstände wird in dieser Arbeit der Intensität der Produktion Bedeutung zugemessen. Das lineare Optimierungsmodell, welches in Kapitel 3 beschrieben wird, berücksichtigt verschiedene mögliche Intensitäten und trägt dem damit Rechnung. Als einfacher Ergebnis-Indikator wird die Milchleistung je Kuh herangezogen.

Neben der Intensität in der Rinderhaltung ist auch die **Intensität der Flächenbewirtschaftung** von Bedeutung. Da es nach Gossner et al. (2016) einen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Intensität der Bewirtschaftung von Flächen und der damit verbundenen Wirkung auf die Biodiversität gibt, wird in dieser Arbeit auch darauf ein Fokus gelegt. Je größer der angestrebte Ertrag je Flächeneinheit und damit je größer die Düngegaben und einheitlicher die Kulturartenzusammensetzung, sowohl auf kleiner lokaler, als auch auf größerer regionaler Ebene ist, umso geringer zeigt sich die Biodiversität an einem Standort (Gossner et al., 2016). Somit wirkt sich die Intensität der Produktion von Grundfutter für die Wiederkäuerhaltung auf landwirtschaftlichen Flächen direkt auf die Biodiversität aus und ist damit ein relevanter Bereich der Umweltwirkung der Wiederkäuerhaltung.

Da zur Fütterung von Wiederkäuern rohfaserreiches Grundfutter notwendig ist, ist die Rinderhaltung ein zentraler Bestandteil der Grünlandbewirtschaftung und damit auch notwendig für die Erhaltung von Grünlandflächen im Berggebiet. Die Produkte der Grünlandbewirtschaftung können erst durch die Verdauung von Wiederkäuern für den

Menschen nutzbar gemacht werden. Somit trägt die Wiederkäuerhaltung durch den Bedarf an rohfaserreicher Grundfutter zur Erhaltung von Grünlandstandorten in allen Lagen in Österreich bei (Nöbauer, 2014). Auch zur Kleinstrukturiertheit der Kulturlandschaft, welche vor allem im Berggebiet eher extensiv bewirtschaftet wird, leistet die Wiederkäuerhaltung, insbesondere die Milchviehhaltung, einen Beitrag (Nöbauer, 2014). Trotzdem ist eine stetige Abnahme der Grünlandfläche insgesamt festzustellen, da hauptsächlich Grenzertragsstandorte, vor allem im alpinen Gebiet (Hochalpen, Alpenostrand, Voralpen) nicht mehr bewirtschaftet werden und verwalden (Wagner, 2015). Umgekehrt kann das Streben nach immer intensiverer Tierhaltung auch zur Intensivierung von Grünlandstandorten, vor allem in Gunstlagen, und damit zum Biodiversitätsverlust führen. Da die Erhaltung und Förderung der Biodiversität ein zentrales Ziel des ÖPULs ist und auch ein Schwerpunktbereich der Evaluierung diesem Thema gewidmet ist (BAB, 2019), wird für diese Arbeit versucht, auch diese Zusammenhänge im linearen Optimierungsmodell abzubilden.

Der dritte Bereich, der in dieser Arbeit betrachtet wird, ist die **Nährstoffbilanz**. Im Hinblick auf den Bereich Wasser und der Thematik des Oberflächenabtrags und der Auswaschung von Nährstoffen ins Grundwasser, ist eine Überdüngung aus ökologischer Sicht jedenfalls zu vermeiden. Aus pflanzenbaulicher Sicht wäre eine bedarfsgerechte Düngung sinnvoll. Aus Sicht der Biodiversität jedoch, ist eine extensivere Bewirtschaftung von Flächen und damit eher eine Unterversorgung der Kulturen wünschenswert.

Für die Betrachtung der Nährstoffversorgung eines Betriebes ist es daher sinnvoll, eine Nährstoffbilanz zu berechnen. Mittels einer Nährstoffbilanz der Flächen kann festgestellt werden, wie der Bedarf der angebauten Kulturen mit den ausgebrachten Nährstoffmengen aus Wirtschaftsdüngeranfall sowie aus Mineraldüngerzukauf übereinstimmt. Dabei werden auf der einen Seite nicht nur verkaufte Marktfrüchte, sondern auch das produzierte Futter für die Nutztiere berücksichtigt. Auf der anderen Seite finden die aus der Tierhaltung entstehenden Nährstoffgehalte der Wirtschaftsdünger sowie die zugekauften Nährstoffe der Mineraldünger Berücksichtigung in der Nährstoffbilanz.

Aus den Ergebnissen einer solchen Nährstoffbilanz können Rückschlüsse auf die Umweltwirkung eines Milchviehbetriebes gezogen werden. Insbesondere die Intensität der Flächenbewirtschaftung sowie mögliche Über- oder Unterversorgungen mit einzelnen Nährstoffen aus der Tierhaltung können dadurch erkannt werden.

Mit dem in diesem Kapitel beschriebenen Wissensstand über Umweltwirkungen verschiedener landwirtschaftlicher Tätigkeiten und den möglichen Auswirkungen auf Agrarumweltindikatoren wird nun ein lineares Optimierungsmodell gestaltet. Die notwendigen Daten für dieses Modell und deren Quelle werden im folgenden Kapitel 3.1. und das Modell selbst in Kapitel 3.2. beschrieben.

3. Analyse eines typischen milchviehhaltenden Modellbetriebs in Österreich

3.1. Daten

Als Datengrundlage für diese Masterarbeit wird der Grüne Bericht mit Naturalien- und Mengenströmen, die in einem land- und forstwirtschaftlichen Betrieb passieren, herangezogen. Es werden Daten für verschiedene Betriebsrichtungen und Betriebsgrößen separat ausgewertet und veröffentlicht. Jedoch werden aus datenschutzrechtlichen Gründen keine einzelbetrieblichen Daten, sondern jeweils nur Mittelwerte der einzelnen Auswertungsgruppen veröffentlicht (BMNT, 2018a). Zur Modellierung eines typischen österreichischen Milchviehbetriebs werden daher Durchschnittswerte verwendet.

Diese Auswertungen im Grünen Bericht sind jeweils für die in dieser Betriebsgruppe in Österreich vorhandenen Betriebe repräsentativ. Das heißt, dass die Ergebnisse der Testbetriebe nach der Anzahl der tatsächlich vorhandenen Betriebe in Österreich gewichtet werden. (BMNT, 2018a).

Weiters gibt es bei den Auswertungen eine Unterteilung nach spezialisierten Betrieben. So gibt es auch bei der Gruppe der Futterbaubetriebe eine Auswertung nur für den Teil der spezialisierten Milchviehbetriebe (BMLRT, 2020a). Innerhalb dieser Gruppe kann man wiederum eine Unterscheidung nach Größenklassen finden. So werden Daten für Betriebe mit einem Standardoutput von 15.000 bis 40.000 Euro, für Betriebe mit einem Standardoutput von 40.000 bis 100.000 Euro und für Betriebe mit einem Standardoutput von 100.000 bis 300.000 Euro veröffentlicht. Bei der Erstellung des Modells für diese Arbeit wird die mittlere Größenklasse (40.000 bis 100.000 Euro Standardoutput) verwendet.

Eine weitere Quelle, aus der Daten für das Modell bezogen werden, sind die betriebswirtschaftlichen Auswertungen der Aufzeichnungen freiwillig buchführender Betriebe in Österreich (LBG, 2020). Auch darin sind diverse Kennzahlen für die Betriebsrichtung Futterbaubetriebe ausgewiesen.

Weitere Daten, die für das Modell benötigt werden, stammen aus dem Deckungsbeitragsrechner der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (BAB, 2020). Insbesondere die Kosten der einzelnen Produktionsverfahren beziehen sich auf den Deckungsbeitragsrechner der BAB. Der Bedarf an Energie und Protein für die möglichen Modelloptionen in der Tierhaltung wurden der „Gruber Tabelle“, veröffentlicht von der

bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (2017), entnommen. Die in den Modelloptionen anfallende Menge an feldfallenden Reinnährstoffen je Tierkategorie wurden den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ (BMLFUW, 2017b) entnommen.

Neben den Standarddaten des Betriebes, den durchschnittlichen Kosten und dem Nährstoffgehalt der erzeugten Produkte und Dünger sind die Preise der verkauften Produkte von großer Bedeutung. Die angenommenen Werte wurden den Veröffentlichungen von Agrarpreisen durch die Agrar Markt Austria (AMA) entnommen (2020) und entsprechen dem Durchschnitt der letzten drei Jahre für die jeweilige Produktkategorie.

Die **für das Modell verwendeten Daten** sind in **Anhang I** ersichtlich. Diese Tabelle (Anhang I) zeigt relevante Daten für den Milchviehsektor in Österreich bei konventioneller Wirtschaftsweise und ist in der angeführten Form auch Ausgangspunkt für alle Berechnungen im Modell.

3.2. Lineare Optimierung und das Betriebsmodell

3.2.1. Allgemeines zum Modell

Entscheidungen, die in der Realität getroffen werden und von verschiedenen Einflussfaktoren abhängen, können durch mathematische Programmierung modelliert werden (McCarl and Spreen, 1999). Für diese Arbeit wird ein typischer milchviehhaltender Modellbetrieb in Österreich analysiert. Dafür eignet sich die lineare Optimierung, bei der für verschiedene Optionen, unter Einhaltung bestimmter Bedingungen, die betriebswirtschaftlich beste Lösung gefunden werden kann (Mußhoff und Hirschauer, 2016). Für dieses Modell wurden einerseits verschiedene Varianten der betrieblichen Tätigkeit im Bereich der pflanzlichen Produktion und der Tierhaltung als mögliche Optionen implementiert und andererseits begrenzende Faktoren und Bedingungen, wie die maximal zur Verfügung stehende Fläche, die zur Verfügung stehende Arbeitszeit und die vorhandenen Stallplätze hinzugefügt. Bei einer Modelllösung wird ein effizienter Produktionsplan für den Modellbetrieb bestimmt. Es wird nach einer Lösung für die **effiziente Nutzung knapper Ressourcen** am Betrieb gesucht.

Die Umsetzung des Modells erfolgt in der Software GAMS (General Algebraic Modelling System). Das Modell besteht im Wesentlichen aus dem Datensatz sowie dem notwendigen Programmcode. Dieser Code enthält die Begriffsdefinitionen, Parameter und Tabellen mit den

Preisen und Förderhöhen der Agrarumweltmaßnahmen, sowie Vorgaben zu möglichen Kulturartenzusammensetzungen und Variablen und Gleichungen, anhand derer das lineare Programm gelöst wird. Die Gleichungen wiederum enthalten eine Zielfunktion, Variablen und Nebenbedingungen. Beim Lösen des Modells wird die Zielvariable maximiert, unter Einhaltung aller Nebenbedingungen.

Der Datensatz (der Ursprung der Daten ist in Kapitel 3.1. beschrieben) beinhaltet die Ausstattung des typischen Milchviehbetriebes mit 4.200 Stunden Jahresarbeitskraftkapazität, 50 Stallplätze, 50 Hektar (ha) Ackerland und 35 ha Grünland, aufgeteilt in zwei Kategorien. Die beiden Kategorien sind Grünland Normalertragsfläche (30 ha) (durchschnittliches Grünland, repräsentiert sowohl bessere, als auch schlechtere Standorte) und Grünland Grenzertragsfläche (5 ha) mit geringeren Erträgen und höheren Kosten (repräsentiert Standorte an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit der Nutzung, bei denen eine Nutzungsaufgabe und Aufforstung möglich erscheint).

Weiters beinhaltet das Modell Daten zu verschiedenen Kulturen auf landwirtschaftlichen Flächen. Dabei werden jeweils für drei verschiedene mögliche Produktionsintensitäten (gering, mittel, intensiv) der zu erwartende Ertrag, die entstehenden Kosten, die in der Erntefrucht enthaltenen Energie- und Proteingehalte, der Nährstoffbedarf der Kulturen für Stickstoff, Phosphor und Kalium und die benötigte Arbeitszeit je Fläche angegeben (BAB, 2020; BMLFUW, 2017b; LfL, 2017). Dies beinhaltet die Daten für Weizen, Gerste, Mais, Heu und Biodiversitätsfläche, jeweils für konventionelle und biologische Bewirtschaftung. Zusätzlich sind im Modell für Grünland Daten für eine mögliche Aufforstung mit Wald (landwirtschaftliche Nutzungsaufgabe) als Alternative zu den landwirtschaftlichen Kulturen angegeben.

Ebenso wird die Nutztierhaltung im Modell abgebildet. Hier sind Daten für konventionelle und biologische Wirtschaftsweisen, für Milchkühe und für Stiermast enthalten, wobei bei der Milchkühhaltung die drei möglichen Produktionsintensitäten (gering, mittel, intensiv) zur Verfügung gestellt werden. Die Daten beinhalten die erzeugte Milch- und Fleischmenge, die Kosten, den Bedarf an Energie und Protein, die anfallenden Nährstoffmengen in Form von Wirtschaftsdüngern (Stickstoff, Phosphor und Kalium in feldfallenden Reinnährstoffen) und die benötigte Arbeitszeit je Nutztier-Einheit (BAB, 2020; BMLFUW, 2017b; LfL, 2017). Der Bedarf an Energie und Protein für die Fütterung soll im Modell durch die Erzeugung auf eigenen Flächen gedeckt werden. Nährstoffdefizite können durch zukaufbares Heu

ausgeglichen werden. Für das Halten der Nutztier-Einheiten sind Stallplätze erforderlich, wobei das Halten einer Milchkuh einen Stallplatz und die Erzeugung eines Maststieres 1,5 (konventionell) bzw. 1,7 (biologisch) Stallplätze benötigt.

Die im Modell produzierten Produkte können dann entweder direkt am Betrieb verwendet werden (produziertes Heu kann der Fütterung der gehaltenen Rinder dienen) oder verkauft werden. Ebenso können zur Produktion benötigte Rohstoffe (Nährstoffe in Form von Mineraldünger und Heu als Futtermittel) sowie Arbeitszeit zugekauft werden. Für die Modellgestaltung wurden dazu Preise angenommen (AMA, 2020), wobei bei Heu (kann zu- und verkauft werden) der Zukaufpreis um anfallende Transportkosten höher als der Verkaufspreis angenommen wird.

Um die erzeugten und benötigten Mengen an Nährstoffen in den verfütterten Kulturen (Energie und Protein), sowie die erzeugten, zugekauften und benötigten Mengen an Düngernährstoffen in Wirtschaftsdüngern und Mineraldüngern nachvollziehen zu können, werden die vom Modell berechneten und transferierten Mengen angezeigt.

3.2.2. Im Modell berücksichtigte Agrarumweltmaßnahmen

Mit dieser Arbeit sollen die Einflüsse von Agrarumweltmaßnahmen auf die landwirtschaftliche Produktion analysiert werden. Dazu wurden folgende Maßnahmen der GAP berücksichtigt:

- Einheitliche Betriebsprämie
- Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete
- Biologische Landwirtschaft (ÖPUL-Maßnahme)
- Umweltgerechte und biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung (ÖPUL-Maßnahme)
- Einschränkung ertragssteigernder Betriebsmittel (ÖPUL-Maßnahme)

Die einheitliche Betriebsprämie wurde mit 283 € pro ha für alle im Produktionsplan berücksichtigten landwirtschaftlichen Flächen berücksichtigt. Die Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete wurde ebenso für alle landwirtschaftlichen Flächen berücksichtigt. Bei dieser Maßnahme werden, in Abhängigkeit von mehreren Faktoren, Zahlungen für Flächen in aus naturbedingten oder aus anderen spezifischen Gründen benachteiligten Gebieten gewährt (BMNT, 2019). Dabei hat die vorherrschende Hangneigung den größten Einfluss auf die Höhe der Zahlung (BMNT, 2019). Für den Modellbetrieb wurde für Ackerflächen

angenommen, dass diese am geringsten benachteiligt sind. Für Grünland Grenzertragsstandort-Flächen wurde angenommen, dass diese am stärksten benachteiligt sind. Dementsprechend wurden die Prämien gestaffelt: Acker 95 € je ha, Grünland-Normalertragsstandort 200 € je ha und Grünland-Grenzertragsstandort 320 € je ha.

Zur Modellierung der ÖPUL-Maßnahmen wurde die Sonderrichtlinie ÖPUL 2015 (BMNT, 2018b) verwendet.

Fördermaßnahmen der GAP können nur für landwirtschaftlich genutzte Flächen beantragt werden, nicht jedoch für forstwirtschaftliche genutzte Flächen. Dies hat Einfluss darauf, ob Grünlandflächen, insbesondere Grenzertragsstandorte, weiter landwirtschaftlich genutzt oder aufgeforstet werden. Dies wurde im Modell berücksichtigt.

Das Modell erstellt einen Produktionsplan für den Modellbetrieb und kann dabei Agrarumweltmaßnahmen berücksichtigen. Um die Maßnahme UBB und die darin enthaltenen Fruchtfolgeauflagen modellieren zu können, werden Kulturartenzusammenstellungen („crop mixes“) verwendet. Dabei kann das Modell nicht einzelne Kulturen, sondern Zusammenstellungen aus einer Auswahl verwenden. Diese enthalten mehrere Kulturen in einem bestimmten Verhältnis, wobei einige nur intensive Kulturen, andere Zusammenstellungen auch die extensive Kultur „Biodiversitätsfläche“ enthalten. Wenn in dem erstellten Produktionsplan für den Modellbetrieb die Maßnahme UBB gewählt wird, sind nur jene Kulturartenzusammenstellungen möglich, die auch 5% Biodiversitätsfläche enthalten. Auch die Fruchtfolgeauflagen werden auf diesem Weg in das Modell implementiert.

Die Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“ ist eine gesamtbetriebliche Maßnahme. Wenn der erstellte Produktionsplan also die biologische Wirtschaftsweise enthält, dann für die gesamten Flächen und gehaltenen Tiere. In den Daten der Kulturen und Nutztiere gibt es jeweils unterschiedliche Datenzeilen für konventionell und biologisch. Bei der biologischen Wirtschaftsweise werden höhere Kosten und geringere Erträge, im Vergleich zu dem erstellten Datensatz (Anhang 1) für die konventionelle Wirtschaftsweise angenommen:

Tabelle 3: Annahmen für die %-Änderungen der Datenwerte für die biologische
Wirtschaftsweise

	Änderung in %	verwendete Einheit
Preise für Produkte des Ackerbaus	135%	€
Preise für Milch und Fleisch	120%	€
Gehalt an Energie und Protein der Produkte	95%	MJ NEL, g nXP
Erträge der Kulturen	80%	dt
Kosten je ha auf Ackerland für teureres Saatgut, zusätzliches Striegeln/Hacken	110%	€
Kosten je ha auf Grünland	105%	€

Quelle: Eigene Darstellung

*Die Änderungen in % beziehen sich auf die konventionelle Wirtschaftsweise ohne
Maßnahmenteilnahme (= 100%)*

Für die „Einheitliche Betriebsprämie“ und die „Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete“ werden die Förderbeträge je ha angegeben und mitkalkuliert.

Für die Maßnahme EEB werden ebenso geringere Erträge und höhere Kosten angenommen. Im Modell wird dies durch verschiedene Intensitäten der möglichen Kulturen dargestellt und für die Intensität „gering“ eine Teilnahme angenommen:

Tabelle 4: Annahmen für die %-Änderungen der Datenwerte bei der Maßnahme „Einschränkung ertragssteigernder Betriebsmittel“

	Änderung in %	verwendete Einheit
Erträge der Kulturen im Ackerbau	85 %	dt
Erträge des Grünlandes	Maximal 2 Schnitte	dt
Kosten je ha auf Ackerland für weniger Überfahrten bei geringeren Erträgen	95%	€

Quelle: Eigene Darstellung

Die Änderungen in % beziehen sich auf die konventionelle Wirtschaftsweise ohne Maßnahmenteilnahme (= 100%)

Auf Grünland wird bei der Teilnahme an EEB nicht ein geringerer Ertrag, sondern maximal 2 Schnitte angenommen. Damit sind bei Teilnahme an dieser Maßnahme auf Normalertrags-Grünland nur die Intensität „gering“ und bei Grenzertrags-Grünland die Intensitäten „gering“ und „mittel“ möglich.

3.2.3. Szenarien und punktuelle Sensitivitätsanalyse im Modell

Die Modellanalyse berücksichtigt neben den Daten eines typischen Milchviehbetriebs in Österreich (Ausgangssituation, dargestellt in Kapitel 3.2.1.) auch Szenarien. Dazu werden in den Daten für jedes Szenario Änderungen angenommen und in den Datensatz implementiert. Folgende Szenarien (genauere Beschreibung in Kapitel 4.2.) werden berücksichtigt:

- Generelle Produktpreisreduktion der verkauften Produkte um 20%
- Betrieb liegt im stärker benachteiligten Gebiet

Diese Ergebnisse können dann dem Produktionsplan für die Ausgangssituation und einem weiteren erstellten Produktionsplan für die Annahme, dass keine Förderungen existieren, gegenübergestellt werden.

Zusätzlich zu den einzelnen Szenarien werden in einer punktuellen Sensitivitätsanalyse mögliche Änderungen der Preise und Kosten sowie der Förderhöhen und der Förderbedingungen einzelner Maßnahmen in das Modell implementiert und der Einfluss auf

den vorgelegten Produktionsplan analysiert. Jede einzelne Veränderung wird unter der Annahme ceteris paribus durchgeführt. Bei der Förderhöhe wird ein Grenzbetrag bestimmt, ab dem der Produktionsplan eine Maßnahme enthält oder eben nicht mehr enthält.

Bei den Bedingungen der Maßnahmen werden die Fruchtfolgeauflagen in %, das Mindestausmaß an Biodiversitätsflächen und der Ertragsrückgang in % (verursacht durch einzelne Maßnahmen) verändert. Da die Verkaufspreise einen großen Einfluss auf das Modellergebnis haben, werden auch diese im Rahmen der punktuellen Sensitivitätsanalyse schrittweise verändert und auch hier werden Grenzwerte bestimmt, ab welchen das Modell zu einem anderen Ergebnis kommt.

Für jede Veränderung wird ein Lauf des Modells durchgeführt und jeweils ein Produktionsplan mit optimalem Einsatz der gegebenen Ressourcen geliefert.

3.3. Analyse von Auswirkungen von GAP-Maßnahmen auf Agrarumweltindikatoren

Das Modell gibt als Ergebnis jedes Laufes die effizienteste Flächenzusammensetzung sowie Art und Anzahl der gehaltenen Rinder für das jeweilige Szenario im erstellten Produktionsplan an. Ebenso wird die gewählte Intensität angegeben.

Diese Ergebnisse werden im Hinblick auf die Umweltwirkung des Modellbetriebes anhand der Agrarumweltindikatoren aus dem Literaturteil analysiert. Dabei wird spezifisch auf die Umweltbereiche „Luft und Klima“, „Grünlandflächenerhalt und Biodiversität“ sowie auf die „Nährstoffbilanz“ der im Modell bewirtschafteten Flächen eingegangen.

Insbesondere sind dazu die gewählte Kulturartenzusammensetzung und die gewählte Intensität von Bedeutung.

4. Ergebnisse

4.1. Produktionsplan für den Modellbetrieb

In diesem Kapitel wird das Ergebnis der Modellberechnung für den Beispielbetrieb präsentiert: In der Ausgangssituation (durchschnittliche Produktionsbedingungen in Bezug auf Erträge und Kosten sowie aktuelle ÖPUL-Maßnahmen) enthält der Produktionsplan die konventionelle Wirtschaftsweise, die Teilnahme an der Maßnahme UBB, volle Auslastung der Stallplätze und generell eine möglichst intensive Produktion sowie die Aufforstung von Grünlandflächen, die nicht für die Fütterung benötigt werden.

Auf Ackerland wird jene Kulturartenzusammenstellung angewendet, die den größten Anteil Weizen, aber auch die für UBB erforderliche Biodiversitätsfläche enthält. Es zeigt sich folgende Kulturartenzusammensetzung: 33 ha Weizen, 4,5 ha Gerste, 5 ha Mais, 5 ha Heu und 2,5 ha Biodiversitätsfläche. Für alle Kulturen zeigt der Produktionsplan eine möglichst hohe Intensität in der Produktion, um die zur Verfügung gestellten Ressourcen (insbesondere die Ressource Fläche) möglichst effizient zu nutzen. Auf Grünland-Normalertragsfläche wird auf 28,02 ha Heu produziert und auf 1,50 ha eine Biodiversitätsfläche (für UBB erforderliche 5%) angelegt. Ebenso sind auf Grünland-Grenzertragsfläche, wo 1,50 ha Heu und 0,25 ha Biodiversitätsfläche kultiviert werden, die Auflagen für UBB erfüllt. Das gesamte erzeugte Heu wird für die Rinderfütterung des Modellbetriebes verwendet. Die für die Rinderhaltung nicht benötigten Grünlandflächen (3,73 ha) werden in dem erstellten Produktionsplan aufgeforstet. Dies zeigt, dass im vorliegenden Produktionsplan für Grünlandflächen eine hohe Intensität und die Aufforstung nicht benötigter Flächen effizienter ist als die Umsetzung einer mittleren oder geringen Intensität.

Zur effizienten Grünlandbewirtschaftung ist somit auch die Haltung von Tieren als Verbraucher des erzeugten rohfaserreichen Futters erforderlich. Ansonsten erscheint der Grünlandflächenerhalt als nicht gesichert.

In dem vom Modell gelieferten Produktionsplan werden 204,6 t (Tonnen) Weizen, 20,25 t Gerste, 47,5 t Mais und 23,18 Festmeter Holz erzeugt und verkauft.

In der Tierhaltung ist für den Modellbetrieb die Milchviehhaltung effizienter als die Stiermast und damit auch im Ergebnis enthalten. Auch für die Milchkühe wird die intensivste Variante umgesetzt. In den Daten stehen bei der Milchviehhaltung bei intensiverer Produktion höhere Erträge je Kuh den höheren Kosten je Kuh gegenüber (BAB, 2020). Die vorhandenen

Kapazitäten des Stalles (50 Plätze) werden vollständig genutzt und trotz des hohen Arbeitszeitbedarfes 50 Milchkühe gehalten und die fehlenden Arbeitskraftstunden zugekauft. Dadurch werden 425.000 kg (Kilogramm) Milch und 3000 kg Fleisch produziert und verkauft. Aus der Tierhaltung werden dabei 4.235 kg Stickstoff-Reinnährstoff, 2.215 kg Phosphor-Reinnährstoff und 10.055 kg Kalium-Reinnährstoff in den Wirtschaftsdüngern erzeugt und auch zur Düngung verwendet. Entsprechend des Produktionsplans kauft der Modellbetrieb 2.114 Stunden Arbeitszeit, 6.913 kg Stickstoff-Reinnährstoff, 2.172 kg Phosphor-Reinnährstoff und 995 kg Kalium-Reinnährstoff zu.

Von den im Modell zur Verfügung gestellten GAP-Maßnahmen wurden die „Einheitliche Betriebsprämie“ und die „Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete“ in Anspruch genommen. Zusätzlich wird an der ÖPUL-Maßnahme UBB teilgenommen und die Fruchtfolgeauflagen werden eingehalten. Nicht teilgenommen wird an den Maßnahmen EEB und „Biologische Wirtschaftsweise“. Hier sind jeweils geringere Flächenerträge hinterlegt, welche von der Förderprämie für den Modellbetrieb nicht (vollständig) aufgewogen werden.

Um zu erkennen, wie sehr die derzeitigen Agrarumweltmaßnahmen auf die Kulturartenzusammensetzung und die Intensität der Kulturen wirken, wurde mittels Modellberechnung auch ein Produktionsplan ohne die Möglichkeit der Teilnahme an ÖPUL-Maßnahmen erstellt. Darin wird auf der gesamten Ackerfläche (50 ha) Weizen mit hoher Intensität angebaut. Auf dem Grünland (Normalertragsfläche) (30 ha) wird Heu mit hoher Intensität kultiviert. Auf den Grenzertragsflächen wird die landwirtschaftliche Nutzung aufgegeben und diese Flächen werden aufgeforstet. In der Tierhaltung werden 50 Milchkühe mit hoher Intensität gehalten und geringe fehlende Mengen an Heu werden zugekauft.

Wenn neben den ÖPUL-Maßnahmen auch die Einheitliche Betriebsprämie und die Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete nicht zur Verfügung stehen, enthält der vom Modell gelieferte Produktionsplan weiterhin nur Weizen (intensiv) auf Ackerland. In diesem Fall wird dann jedoch die gesamte Grünlandfläche aufgeforstet. Die 50 Milchkühe in der Tierhaltung werden dann ausschließlich mit zugekauftem Heu gefüttert.

Dies zeigt, dass für den Modellbetrieb die Fördermaßnahmen erforderlich sind, damit die Fruchtfolge auf Ackerland mehr als eine Kultur enthält und das Grünland weiterhin genutzt wird.

4.2. Szenarien-Analyse

4.2.1. Szenario 1: Produktpreisreduktion um 20%

Neben dem Modellergebnis bei durchschnittlichen Produktionsbedingungen (Ausgangssituation) werden für diese Masterarbeit auch Produktionspläne erstellt, unter der Annahme, dass sich die Bedingungen ändern. Das erste dazu erstellte Szenario geht von einer Preisreduktion für alle verkauften Produkte aus. Pauschal wird dafür eine Reduktion des Preises im Vergleich zur Ausgangssituation um 20% für alle Produkte des Ackerbaus gleichermaßen wie für die tierischen Produkte angenommen.

Im Vergleich zur Ausgangssituation, bei der eine intensive Produktion im Produktionsplan enthalten ist, kommt es durch die Preisreduktion auch zu einer Verringerung der Intensität in manchen Bereichen. Die Wirtschaftsweise ist jedoch auch in diesem Szenario konventionell. Die Kulturartenzusammensetzung auf Ackerland ist ebenso 33 ha Weizen, 5 ha Mais, 4,5 ha Gerste, 5 ha Heu und 2,5 ha Biodiversitätsfläche. Für die Kulturen Gerste und Heu weist der Produktionsplan jedoch die Intensität gering auf.

In der Rinderhaltung bewirkt die Preisreduktion eine noch drastischere Veränderung. Die arbeitsintensive Rinderhaltung wird nur mit 31 Milchkühen geführt, denn dadurch ist der Betrieb in der Lage die anfallende Arbeitszeit mit der eigenen Arbeitskraftkapazität zu bewältigen und muss keine Arbeitskraftstunden zukaufen. Bei geringeren Verkaufspreisen für alle Produkte ist diese Vorgangsweise die effizienteste.

Auf den Grünlandflächen wird daher auch nur jene Menge an Heu produziert, die auch für 31 Milchkühe erforderlich ist. Dies sind auf Normalertragsflächen 15,23 ha und auf Grenzertragsflächen 1,5 ha. Um die Auflagen der Maßnahme UBB zu erfüllen, werden auch entsprechend Biodiversitätsflächen angelegt und der Rest (16,52 ha) aufgeforstet.

Dieses Ergebnis zeigt, dass bei geringeren Preisen auch geringere Erträge effizienter sind, wenn dadurch einzusetzende Ressourcen eingespart werden können. Bei Grünland, insbesondere auf Grenzertragsflächen, ist den Modellergebnissen zufolge eine intensive

Produktion, aber nur auf den für die Tierhaltung erforderlichen Flächen, und eine Aufforstung der übrigen Flächen effizienter als eine extensivere Produktion auf der gesamten zur Verfügung stehenden Grünlandfläche.

4.2.2. Szenario 2: Betrieb im stärker benachteiligten Gebiet

In einem weiteren Szenario dieser Arbeit befindet sich der Modellbetrieb in einem stärker benachteiligten Gebiet, beispielsweise im Berggebiet. Dazu wurde angenommen, dass im Vergleich zum Datensatz für durchschnittliche Produktionsbedingungen (Anhang 1) höhere Kosten für die Bewirtschaftung der Flächen, bei jedoch geringeren erzielbaren Erträgen auftreten. Die Kosten für alle Produktionsverfahren auf landwirtschaftlichen Flächen wurden pauschal um 20% erhöht und die Erträge pauschal um 10% reduziert. Weiters wurde angenommen, dass der Modellbetrieb, wenn er sich in einem stärker benachteiligten Gebiet befindet als im Vergleich zum Datensatz für durchschnittliche Produktionsbedingungen, höhere Zahlungen der Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete erhalten kann. Dazu wurden die Zahlungen auf folgende Werte erhöht: Acker 200 € je ha, Grünland-Normalertragsstandort 320 € je ha und Grünland Grenzertragsstandort 490 € je ha.

Im Vergleich zur intensiven Produktion in der Ausgangssituation enthält der Produktionsplan des Betriebes im stärker benachteiligten Gebiet eine geringere Intensität. Es wird die biologische Wirtschaftsweise umgesetzt und damit entstehen höhere Kosten und geringere Erträge als in der konventionellen Wirtschaftsweise (siehe Tabelle 3). Durch die ausbezahlten Zahlungen für die ÖPUL-Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“, werden diese Nachteile jedoch aufgewogen. Für den Modellbetrieb im stärker benachteiligten Gebiet ist somit die Umsetzung einer geringeren Intensität effizienter.

Der erstellte Produktionsplan unter diesen Annahmen enthält 15 ha Weizen, 25 ha Gerste und 10 ha Heu auf Ackerland. Auf Grünland wird auf den gesamten Normalertragsstandorten (30 ha) und auf 0,58 ha der Grenzertragsstandorte Heu kultiviert. Von den im Modell zur Verfügung gestellten verschiedenen Intensitäten für biologische Wirtschaftsweise wurde erneut für alle Kulturen die höchste mögliche Intensität gewählt. Auch die zur Verfügung gestellten Stallplatzkapazitäten werden zur Gänze durch Milchkühe (50 Kühe) mit der höchsten möglichen Milchleistung genutzt. Auf den Grenzertragsstandorten des Grünlands

zeigt sich erneut eine Aufforstung von nicht mehr für die Fütterung benötigten Flächen – im Produktionsplan werden 4,42 ha Wald angelegt.

4.2.3. Gegenüberstellung der Szenarien

Zur Veranschaulichung der Modellergebnisse werden die wesentlichen Punkte der Produktionspläne in den einzelnen Szenarien gegenübergestellt:

Tabelle 5: Flächennutzung und Tierhaltung in den Szenarien – Modelloutput

Szenario	Ohne Maßnahmen		Ausgangssituation		Geringerer Preis		Benachteiligtes Gebiet		
	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	biol.
Weizen	50		33		33				15
Gerste			4,5			4,5			25
Mais			5		5				
Heu (Acker)			5			5			10
BDiv (Acker)				2,5		2,5			
Heu (GL)	30		29,52		16,73				30,58
BDiv (GL)				1,75		1,75			
Wald	5		3,73		16,52				4,42
Milchkühe	50		50		31				50
Masttiere									

Quelle: Eigene Darstellung (Modellergebnisse)

Verwendete Abkürzungen:

„B-Div“ Biodiversitätsflächen; „GL“ Grünland; „Int.“ Intensiv; „Ext.“ Extensiv; „biol.“ Biologische Wirtschaftsweise

Diese Ergebnisse zeigen, dass unter für Österreich durchschnittlichen Produktionsbedingungen eine möglichst intensive Produktion effizient ist. Dies gilt sowohl für die Flächenbewirtschaftung als auch für die Tierhaltung. Durch verschiedene Faktoren wird jedoch eine Reduktion der Intensität und der erzeugten Produkt-Menge erreicht. Sowohl ein

sinkender Preis als auch produktionstechnische Nachteile, wie sie in stärker benachteiligten Gebieten auftreten, bewirken geringere Produktionsmengen und damit verbunden die Aufforstung von Grenzertragsstandorten. Maßnahmen des ÖPUL-Programms, wie Zahlungen für extensive Bewirtschaftungsformen sowie die Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete, können einerseits eine Reduktion der Intensität erreichen, aber andererseits auch eine Aufrechterhaltung der Nutzung landwirtschaftlicher Flächen bewirken.

4.3. Punktuelle Sensitivitätsanalyse

4.3.1. Analyse zu aktuellen Agrarumweltmaßnahmen (ÖPUL)

Bei der Maßnahme „**Umweltgerechte und biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung**“ (UBB) hat sich gezeigt, dass diese bei durchschnittlichen Produktionsbedingungen (Ausgangssituation) im erstellten Produktionsplan enthalten ist. Bei der Möglichkeit zum Anbau von intensiven Ackerkulturen wäre die Maßnahme – rein für Ackerland – nicht im Produktionsplan enthalten. Für Grünland erscheint eine Teilnahme an UBB jedoch als effizient. Da der Modellbetrieb aber Acker- und Grünland bewirtschaftet und nur der Gesamtbetrieb teilnehmen kann, erscheint eine Teilnahme dennoch als effizient. Bei einer Senkung der Prämienhöhe von 45 € pro ha würde die Maßnahme bei alleiniger Betrachtung von Grünland ab 21 € pro ha nicht mehr umgesetzt werden. Bei einer alleinigen Betrachtung von Ackerland, müsste die Zahlung 85 € pro ha betragen, damit die Maßnahme gewählt würde.

Die Maßnahme „**Einschränkung ertragssteigernder Betriebsmittel**“ (EEB) ist im Produktionsplan in der Ausgangssituation nicht enthalten. Die Sensitivitätsanalyse zu dieser Maßnahme zeigt, dass die derzeitige Prämienhöhe (60 € je ha) für die angenommenen Veränderungen bei Teilnahme an dieser Maßnahme (15% Ertragsrückgang und 5% Kostenrückgang im Vergleich zu den Erträgen und Kosten ohne Maßnahmenteilnahme) für den Modellbetrieb zu gering ist. Eine Maßnahmenteilnahme erscheint erst ab einem Ertragsrückgang von maximal 9% als effizient.

Bei einer Annahme von 15% Ertragsrückgang, und damit wäre bei vollständigem Verzicht auf stickstoffhaltige Mineraldüngermittel zu rechnen, wird bereits wieder für alle Kulturen die Intensität intensiv gewählt. Dies zeigt, dass die Prämie von 60 € je ha zu gering ist, um eine

hohe Teilnehmerquote unter den Landwirten zu erreichen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass teilnehmende Flächen auch ohne die Maßnahmenprämie extensiv mit weniger oder keinem Mineraldüngereinsatz bewirtschaftet werden würden.

Geht man von einem noch deutlicheren Ertragsrückgang von 20% durch die Teilnahme an der Maßnahme EEB im Vergleich zu den Erträgen ohne Maßnahmenteilnahme aus, müsste die Zahlung dafür anstatt 60 € je ha, zwischen 109€ je ha (Gerste) und 222€ je ha (Mais) betragen. Die intensive Kultur Mais ist jedoch ein Ausreißer nach oben und die anderen Kulturen liegen bei etwa 140€ je ha.

Bei **biologischer Wirtschaftsweise** zeigt die Sensitivitätsanalyse, dass minimale Veränderungen bei den Preisen zu einer Veränderung zugunsten von biologischer Wirtschaftsweise im Produktionsplan führen können. Bereits eine Erhöhung des Milchpreises für biologische Milch um 1 Cent je kg Milch und die Annahme von ceteris paribus, bewirkt die biologische Wirtschaftsweise. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht sind daher die biologische und die konventionelle Wirtschaftsweise für diesen Modellbetrieb annähernd gleichzusetzen. Dies zeigt aber auch, dass vor allem der Preis der verkauften Produkte einen großen Einfluss auf die Produktionsentscheidung hat.

Bei biologischer Wirtschaftsweise werden weiterhin 50 Milchkühe mit möglichst hoher Milchleistung (intensiv) gehalten. Die Futterflächen (auf Grünland und Heu auf Ackerland) weisen durch die biologische Wirtschaftsweise geringere Erträge auf, jedoch werden sie mit möglichst hoher Intensität bewirtschaftet, um die Futtergrundlage für die Milchviehherde zu produzieren.

4.3.2. Analyse zu möglichen Veränderungen bei Agrarumweltmaßnahmen

Eine weitere Analyse betrifft mögliche Änderungen bei den Fördermaßnahmen selbst. Nach Neudorfer (2020) vom BMLRT, werden die Anpassungen des ÖPUL derzeit diskutiert und Vorschläge erarbeitet. Für die Maßnahmen nach der voraussichtlich bis 2022 dauernden Übergangsphase zeichnet sich eine gewisse Kontinuität ab. Dem Artikel zufolge soll die derzeit bestehende Maßnahme UBB zu einer Basismaßnahme geformt werden, mit der Möglichkeit andere Maßnahmen darauf aufzusetzen. Dies kann so interpretiert werden, dass auch Betriebe mit biologischer Wirtschaftsweise die Auflagen von UBB einhalten und beispielsweise Biodiversitätsflächen anlegen müssen. Dazu wurde die Anlage von

Biodiversitätsflächen als Voraussetzung für biologische Wirtschaftsweise ins Modell integriert. Dann enthält der vorgelegte Produktionsplan weiterhin die konventionelle Wirtschaftsweise. Es reicht allerdings auch unter diesen Voraussetzungen eine Erhöhung des biologischen Milchpreises um 1 Cent (*ceteris paribus*) und der erstellte Produktionsplan enthält wieder die biologische Wirtschaftsweise.

Die Analyse einer möglichen Ausweitung von Biodiversitätsflächen, geht bei der Maßnahme UBB von einer Erhöhung des verpflichtenden Anteils von 5 auf 7% aus. Unter diesen Voraussetzungen erscheint die biologische Wirtschaftsweise als effizienter, da der Wegfall von 2% der Fläche aus der Produktion bei biologischer Wirtschaftsweise mit generell geringeren Erträgen nicht so starke Auswirkungen hat. Bei einer leichten Erhöhung der UBB-(Basis)-Prämie auf 46 € je ha ist jedoch wieder die konventionelle Wirtschaftsweise effizienter.

Bei einer Erhöhung der Fruchtfolgeauflagen zeigt die Sensitivitätsanalyse, dass der Wegfall von intensiver Ackerfläche bei der intensivsten Kultur relativ große Auswirkungen hat. Wenn 7% Biodiversitätsfläche und eine Begrenzung auf 55% (anstatt 66%) einer Kultur bei der Maßnahme UBB verpflichtend sind, wäre eine bedeutend höhere Prämie notwendig, damit eine Teilnahme für den Modellbetrieb effizient ist. Betrachtet man ausschließlich das Ackerland, wäre nun eine Prämie von 114 € je ha oder mehr (im Vergleich zu 85€ bei aktuellen Fruchtfolge- und Biodiversitätsflächenauflagen) notwendig, damit der Modellbetrieb auch für Ackerland die Maßnahme wählt.

Diese Analysen zeigen, dass bei der Möglichkeit intensive Ackerkulturen anzubauen, der effiziente Produktionsplan für den Modellbetrieb weniger Agrarumweltmaßnahmen enthält als beispielsweise in benachteiligten Gebieten. Insbesondere in Gebieten wo höhere Erträge möglich sind, werden aus betriebswirtschaftlichen Gründen eher intensive Produktionspläne umgesetzt und an Agrarumweltmaßnahmen, die zu einer Extensivierung von Flächen oder Flächenteilen verpflichten, wird nicht teilgenommen.

4.4. Auswirkungen von GAP-Maßnahmen auf Agrarumweltindikatoren

4.4.1. Allgemeines

Zur Darstellung der Auswirkungen landwirtschaftlicher Produktion auf die Umwelt, werden die in Kapitel 2 beschriebenen Agrarumweltindikatoren verwendet. Jene Indikatoren die in der Milchviehhaltung in Österreich relevant sind, werden nun auf den Modellbetrieb umgelegt und damit die erarbeitete Zusammenstellung an Agrarumweltindikatoren mit den Ergebnissen des Modells verknüpft. Für jede Maßnahme ist es notwendig, spezifische Indikatoren zu finden und zu erheben (BMLFUW, 2017a), um die Effektivität der Agrarumweltmaßnahmen beschreiben zu können.

4.4.2. Auswirkungen auf den Bereich Luft und Klima

Bei der Wirkung der Milchviehhaltung auf den Bereich **Luft und Klima** ist insbesondere der Methanausstoß der Kühe von Bedeutung. Um diesen annähernd genau darstellen zu können, wäre eine Berechnung mit detaillierten Daten zur Haltung und Fütterung der Milchkühe notwendig (Haque, 2018). Die Futterzusammensetzung und die Haltungsform sind jedoch im vorliegenden Modell nicht enthalten. Daher bezieht sich diese Arbeit, ebenso wie der „Austria’s National Inventory Report“ auf milchleistungsabhängige Daten.

Betrachtet man die Treibhausgasemissionen, insbesondere die Methan-Emissionen aus der Wiederkäuerhaltung je ha landwirtschaftlicher Fläche, zeigt sich bei höherem Leistungsniveau ein höherer Methanausstoß (Gerber et al., 2011). Auch Stöbich (2014) bestätigt dies und nennt pro ha und Jahr einen GHG-Ausstoß zwischen 4.534 kg CO₂-Äquivalent (bei 5.000 kg Leistung und geringer Grundfutterqualität) und 5.160 kg CO₂-Äquivalent (bei 8.000 kg Leistung und hoher Grundfutterqualität).

Zehetmeier et al. (2011) und auch Gerber et al. (2011) kommen zu ähnlichen Ergebnissen, betonen aber je kg erzeugter Milch geringere Treibhausgasemissionen bei steigender Laktationsleistung (Intensität der Fütterung und Haltung). Nach Stöbich (2014) werden pro kg Milch zwischen 1,22 kg CO₂-Äquivalent (bei 5.000 kg Leistung und geringer Grundfutterqualität) und 0,95kg CO₂-Äquivalent (bei 8.000 kg Leistung und hoher Grundfutterqualität) emittiert. Damit stimmen die angenommenen möglichen Leistungsbereiche mit jenen dieser Arbeit überein und zeigen eine mögliche Reduktion der

Methan-Emissionen um 22%. Zehetmeier et al. (2011) kommen auf vergleichbare Ergebnisse und weisen zwischen 1,06 kg CO₂-Äquivalent (bei 6.000 kg Leistung) und 0,89 kg CO₂-Äquivalent (bei 10.000 kg Leistung) aus. Den Autoren zufolge sind allerdings auch die Zusammensetzung und der Umfang des betrachteten Systems relevant.

Die Modellergebnisse der vorliegenden Arbeit, dargestellt in Tabelle 6, weisen in allen Szenarien die intensivste der jeweils möglichen Intensitäten auf. In der Tierhaltung wird aus betriebswirtschaftlichen Gründen für den Modellbetrieb eine Intensivierung angestrebt.

Tabelle 6: Intensität der Tierhaltung – Modelloutput

Intensität	konv. (intensiv, 8500 kg)	konv. (mittel, 7500 kg)	konv. (gering, 6500 kg)	biol. (intensiv, 7000 kg)	biol. (mittel, 6000 kg)	biol. (gering, 5000 kg)
Tierhaltung in Ausgangssituation (Teilnahme an der Maßnahme UBB)						
Milchkühe	50	-	-	-	-	-
Masttiere	-	-	-	-	-	-
Tierhaltung bei biologischer Wirtschaftsweise						
Milchkühe	-	-	-	50	-	-
Masttiere	-	-	-	-	-	-

Quelle: Eigene Darstellung (Modellergebnisse)

Da für eine intensive Tierhaltung auch entsprechend hohe Grundfutterqualitäten erforderlich sind (Gruber, s.a.), bewirkt eine intensive Tierhaltung auch eine intensive Flächenbewirtschaftung. Nach Gruber and Pötsch (2006) kann, im europäischen Vergleich, in Österreich von einer extensiven Grünlandbewirtschaftung ausgegangen werden. Damit sind Verbesserungen bei Grundfutterqualitäten durch intensivere Flächenbewirtschaftung für Österreich möglich, wodurch eine Leistungssteigerung in der Rinderhaltung erreicht werden kann. Dieser als positiv erscheinende Effekt einer steigenden Intensität in der Flächenbewirtschaftung bezieht sich aber nur auf den Methanausstoß aus der Rinderhaltung. Aus Sicht der Biodiversität ist eine Intensivierung nicht als positiv zu werten.

Daten des Grünen Berichtes zeigen, dass es zu einer Zunahme der Milchleistung je Kuh in den vergangenen 10 Jahren (um 14% von 2009 bis 2019) gekommen ist (BMLRT, 2020a). Durch das betriebswirtschaftliche Streben nach Leistungssteigerung kommt es also zu einer Verringerung des Methanausstoßes je erzeugtem Produkt in der Milchviehhaltung.

Bei der Betrachtung der Modellergebnisse, in Abhängigkeit von den modellierten Maßnahmen, kann die „biologische Wirtschaftsweise“ als jene mit dem größten Einfluss auf die durchschnittliche Milchleistung je Milchkuh identifiziert werden, da im Modell die konventionell gehaltenen Kühe um 1.500 kg Milch mehr produzieren als die biologisch gehaltenen Kühe. Da allerdings viele andere Faktoren und nicht so sehr die Entscheidung ob konventionell oder biologisch ausschlaggebend sind, darf hier keine pauschale Aussage getroffen werden. Eine differenziertere Betrachtung dieser Umstände ist in Kapitel 5.3.2. zu finden.

4.4.3. Auswirkungen auf den Grünlandflächenerhalt und Biodiversität

Bei der Analyse zu Biodiversität und Grünlandflächenerhalt ist das Ausmaß an extensiv bewirtschafteten, kleinstrukturierten Flächen von Bedeutung, da sich diese Flächen besonders positiv auf die Biodiversität auswirken (Gossner et al., 2016; Nöbauer, 2014; Umweltbundesamt, 2019b). Indikatoren wie der HN VF dienen daher zur Evaluierung der Effektivität der Agrarumweltmaßnahmen in diesem Bereich.

Die erstellten Produktionspläne für den Modellbetrieb in den einzelnen Szenarien inklusive der jeweiligen Intensität der Flächennutzung sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Intensität der Flächennutzung - Modelloutput

Intensität	konv. (intensiv)	konv. (gering)	biol. (intensiv)	biol. (gering)	Bio- Div	Größte Kultur	Wald
Flächennutzung ohne Agrarumweltmaßnahmen							
Ackerland	100 %					100% Weizen	
Grünland (NE)	100 %						
Grünland (GE)							100 %
Flächennutzung in Ausgangssituation (Teilnahme an der Maßnahme UBB)							
Ackerland	95 %				5 %	66 % Weizen	
Grünland (NE)	93 %				5 %		2 %
Grünland (GE)					5 %		95 %
Flächennutzung bei extensiver Bewirtschaftung (durch geringeren Preis) (konv. + UBB)							
Ackerland	76 %	19 %			5 %	66 % Weizen	
Grünland (NE)	51 %				5 %		44 %
Grünland (GE)	30 %				5 %		65 %
Flächennutzung bei biologischer Wirtschaftsweise							
Ackerland			100 %			50% Gerste	
Grünland (NE)			100 %				
Grünland (GE)			22 %				78 %

Quelle: Eigene Darstellung (Modellergebnisse)

Angaben jeweils in % der Gesamtfläche

Verwendete Abkürzungen:

„Bio-Div“ Biodiversitätsflächen; „Größte Kultur“ auf Ackerland – Nennung und % der Anbaufläche der häufigsten Kultur in der Fruchtfolge des Betriebes; „Wald“ auf Grünland – %-Angabe der aufgeforsteten Fläche im vorliegenden Produktionsplan;

„NE“: Grünland Normalertragsstandorte; „GE“: Grünland Grenzertragsstandorte

Eindeutig ist das Modellergebnis bei der Bewirtschaftungsintensität. Hier zeigt sich, dass auf Standorten, auf denen eine intensive Bewirtschaftungsweise möglich ist, diese auch angestrebt wird. Dem entgegen wirken die Maßnahmen UBB, EEB und „Biologische Wirtschaftsweise“. Diese Maßnahmen schränken die Intensität der Bewirtschaftung ein. Im Modell wurde jedoch gezeigt, dass bei der Möglichkeit zur intensiven Flächenbewirtschaftung auf Ackerland keine Maßnahmenteilnahme im Produktionsplan enthalten ist. Somit ist besonders in Gebieten, wo aufgrund der Standortbedingungen intensive Landbewirtschaftung möglich ist, und damit diese Maßnahmen die größte Wirkung hätten, eine Teilnahme keinesfalls gesichert. In Gebieten mit mittlerer möglicher Ertragshöhe ist eine Teilnahme an den genannten Maßnahmen im Produktionsplan enthalten. Aufgrund der Verpflichtung zur gesamtbetrieblichen Teilnahme kann davon ausgegangen werden, dass in diesen Gebieten eine extensivere Flächenbewirtschaftung oder zumindest das Hintanhalten einer Intensivierung auf überwiegenden Anteilen der vorhandenen Fläche erreicht wird.

Eine konkret messbare Auswirkung der Maßnahme UBB ist die Fläche der angelegten Biodiversitätsflächen. Diese nicht gedüngten und auf Ackerland mit insektenblütigen Mischungspartnern angebauten Flächen (BMNT, 2018b) tragen direkt zur Förderung der tierischen und pflanzlichen Biodiversität bei (BMLFUW, 2017a).

Die Modellergebnisse zeigen, dass die Standortbedingungen Einfluss auf die Maßnahmenteilnahme haben. Es kann bei günstigen Standortbedingungen keine Maßnahmenteilnahme, die Teilnahme an der Maßnahme UBB, oder bei schlechteren Standortbedingungen (stärker benachteiligtes Gebiet) eine Teilnahme an der Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“ im Produktionsplan enthalten sein. Evaluierungen zur Förderperiode 2015-2020 bestätigen diese Modellergebnisse und weisen je nach Gebiet unterschiedliche Teilnehmeraten aus. Bei rund 50% der landwirtschaftlichen Fläche Österreichs besteht eine Teilnahme an UBB. Damit ergeben sich (bei der Verpflichtung zu 5% der teilnehmenden Fläche) 2,5% der landwirtschaftlichen Fläche als Biodiversitätsflächen, welche ansonsten, ebenso wie alle anderen Flächen, tendenziell intensiviert würden. Damit trägt die Maßnahme UBB bereits in der Förderperiode 2015-2020 zur Erhaltung von schützenswertem Magergrünland (Umweltbundesamt, 2011) und damit zur Verbesserung des HNMF-Indexes bei.

Die Modellergebnisse zeigen auch, dass bei geringfügigen preislichen Veränderungen die biologische Wirtschaftsweise im Produktionsplan enthalten sein kann. Durch eine Ausweitung der Verpflichtung zur Anlage von Biodiversitätsflächen auch bei biologischer Wirtschaftsweise, wie in Kapitel 4.3.2. beschrieben, könnte eine Ausweitung der gesamten angelegten Biodiversitätsflächen erreicht werden. Auch eine Ausweitung der Verpflichtung für teilnehmende Flächen von 5% auf 7% könnte zur Ausweitung dieser Flächen beitragen. Welche Flächennutzung der Produktionsplan für den Modellbetrieb unter diesen Voraussetzungen, und bei strengeren Fruchtfolgeauflagen vorsieht ist in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Intensität der Flächennutzung bei geänderten Fördermodalitäten - Modelloutput

Flächennutzung bei biologischer Wirtschaftsweise							
Intensität	konv. (intensiv)	konv. (gering)	biol. (intensiv)	biol. (gering)	Bio- Div	Größte Kultur	Wald
Ackerland			93 %		7 %	50% Gerste	
Grünland (NE)			93 %		7 %		
Grünland (GE)			93 %		7 %		

Quelle: Eigene Darstellung (Modellergebnisse)

Angaben jeweils in % der Gesamtfläche

Verwendete Abkürzungen:

„Bio-Div“ Biodiversitätsflächen; „Größte Kultur“ auf Ackerland – Nennung und % der Anbaufläche der häufigsten Kultur in der Fruchtfolge des Betriebes; „Wald“ auf Grünland – %-Angabe der aufgeforsteten Fläche im vorliegenden Produktionsplan; „NE“: Grünland Normalertragsstandorte; „GE“: Grünland Grenzertragsstandorte

Aus Sicht der Umweltwirkung ist jedenfalls positiv zu bewerten, dass die biologische Wirtschaftsweise ebenso eine effiziente Alternative darstellen kann. Nach Tuck et al. (2014) ist der Artenreichtum auf Flächen mit biologischer Wirtschaftsweise um 30% höher als auf Flächen mit konventioneller Wirtschaftsweise. Die Evaluierung des ÖPUL bestätigt diesen Effekt und sieht den Grund in einer durchschnittlich extensiveren Bewirtschaftung bei biologischer Wirtschaftsweise, wengleich die Intensität auch auf biologisch bewirtschafteten Flächen in den letzten Jahren zugenommen hat (BAB, 2019; BMLFUW, 2017a). Somit trägt die Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“ eindeutig zum Artenreichtum bei.

Die mittlere Schlaggröße, und damit ob die Flächen klein- oder großflächiger strukturiert sind, lässt sich aus dem für diese Arbeit angewendeten Modell nicht ableiten, da für den

Modellbetrieb die vorhandenen Flächen als gegeben angenommen werden. Praktisch gesehen kann die Struktur der Flächen auch nicht jährlich geändert werden. Der erkennbare betriebswirtschaftliche Druck zur Intensivierung der Flächen lässt aber eher einen Trend zur Abnahme von Flächen wie Streuobstwiesen, Hutweiden oder Bergmähder, welche meist kleinstrukturierter sind, vermuten. Konkrete Zahlen zur Veränderung in diesem Bereich können jedoch aufgrund dieses Modells nicht geliefert werden.

4.4.4. Auswirkungen auf die Nährstoffbilanz

Durch die Nährstoffbilanz der Flächen soll die Abschätzung möglicher Belastungen des Grundwassers bzw. ein möglicher Oberflächenabfluss von Nährstoffen ermöglicht werden.

In Tabelle 9 sind die jeweiligen Bedarfsmengen angegeben, die sich aus den einzelnen gewählten Kulturartenzusammensetzungen und Intensitäten ergeben. Die Reinnährstoffmengen wurden sowohl für den Gesamtbetrieb als auch nur für jene Flächen, die für die Futtererzeugung verwendet werden (Heu und Biodiversitätsflächen), berechnet. Da von guter landwirtschaftlicher Praxis ausgegangen wird, wird auch eine bedarfsgerechte Düngung angenommen. Dem gegenübergestellt werden die anfallenden Nährstoffmengen der Wirtschaftsdünger aus der Tierhaltung. Eindeutig erkennbar ist, dass bei Teilnahme an mehreren und höherwertigen Maßnahmen der Bedarf an Nährstoffen (für alle drei Hauptnährstoffe, N, P, K) sinkt und damit Extensivierungsschritte erkennbar sind. Dabei ist auch erkennbar, dass zwischen der Ausgangssituation (mit Teilnahme UBB) und der biologischen Wirtschaftsweise ein größerer Extensivierungsschritt erfolgt, als durch eine Ausweitung der Biodiversitätsflächen.

Tabelle 9: Nährstoffbilanz der Flächen - Modelloutput

Nährstoffe	N	P	K
Nährstoffbilanz der Flächen ohne Agrarumweltmaßnahmen			
Nährstoffbedarf der Gesamtfläche	12.185 kg	4.685 kg	11.310 kg
Nährstoffbedarf der Futterfläche	5.985 kg	2.205 kg	9.450 kg
Nährstofflieferung aus Wirtschaftsdünger	4.235 kg	2.215 kg	10.055 kg
Nährstoffbilanz der Flächen in Ausgangssituation (Teilnahme an der Maßnahme UBB)			
Nährstoffbedarf der Gesamtfläche	11.148 kg	4.387 kg	11.050 kg
Nährstoffbedarf der Futterfläche	5.919 kg	2.208 kg	9.463 kg
Nährstofflieferung aus Wirtschaftsdünger	4.235 kg	2.215 kg	10.055 kg
Nährstoffbilanz der Flächen bei biologischer Wirtschaftsweise			
Nährstoffbedarf der Gesamtfläche	9.102 kg	3.424 kg	10.024 kg
Nährstoffbedarf der Futterfläche	5.724 kg	2.108 kg	9.038 kg
Nährstofflieferung aus Wirtschaftsdünger	3.900 kg	1.870 kg	8.935 kg
Nährstoffbilanz der Flächen bei biol. Wirtschaftsweise mit 7% Biodiversitätsflächen			
Nährstoffbedarf der Gesamtfläche	8.635 kg	3.291 kg	9.452 kg
Nährstoffbedarf der Futterfläche	5.257 kg	1.975 kg	8.466 kg
Nährstofflieferung aus Wirtschaftsdünger	3.900 kg	1.870 kg	8.935 kg

Quelle: Eigene Darstellung (Modellergebnisse)

Bei der Betrachtung der Nährstofflieferung durch Wirtschaftsdünger ist auch hier ein Rückgang der Nährstoffgehalte bei biologischer Wirtschaftsweise, im Vergleich zur Ausgangssituation, erkennbar. Trotzdem verkleinert sich die fehlende Menge an Reinnährstoffen, die durch zugekaufte Mineraldünger ausgeglichen werden muss. Somit wirken sich die Maßnahmen biologische Wirtschaftsweise und UBB eindeutig positiv auf die Gefahr der Nitratauswaschung und den Oberflächenabfluss aus.

Bei der Betrachtung von ausschließlich Futterflächen zur Fütterung der Rinder zeigt sich in der Ausgangssituation ein höherer Anfall an Phosphor und Kalium als Bedarf. Bei Betrieben mit intensiver Tierhaltung ohne Produktion von Marktfrüchten für den Verkauf müssen diese Flächen mit den anfallenden Nährstoffmengen in Wirtschaftsdüngern verglichen werden. In

diesen Fällen kann daher ein Überschuss an Phosphor und Kalium entstehen. Bei extensiverer Bewirtschaftung, also bei biologischer Wirtschaftsweise und auch bei zusätzlicher Ausweitung der Biodiversitätsflächen, entsteht kein Überschuss an Nährstoffen. Somit zeigt das Modell, dass auch im Bereich der ausgebrachten Düngermengen Verbesserungen durch die Agrarumweltmaßnahmen erreicht werden.

5. Diskussion

5.1. Diskussion des Literaturteils

Der erste Teil dieser Arbeit befasst sich zentral mit dem Thema der Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt und wie diese gemessen werden können. Aufgrund der umfangreichen Literatur zu diesem Thema orientiert sich die Auswahl vor allem am Thema der Umweltwirkung durch die Landwirtschaft. Konkret wird versucht, eine Zusammenstellung an Agrarumweltindikatoren für die wichtigsten Bereiche zu finden. Die Einteilung dieser Zusammenstellung wurde an bereits bestehende Literatur (Diazabakana et al., 2014; Eurostat, 2020; Kelly et al., s.a.; OECD, 2020b) angelehnt und ein möglichst großer Bereich möglicher Umweltwirkungen abgedeckt. Dabei ist jedenfalls festzuhalten, dass Tabelle 1/1 und Tabelle 1/2 nur eine Auswahl an Indikatoren darstellt und jederzeit erweitert werden kann.

Ähnlich sind die angeführten Indikatoren in Tabelle 2/1 und Tabelle 2/2 ein Vorschlag zur Evaluierung der einzelnen Agrarumweltmaßnahmen des ÖPUL. Auch hier sind weder die Aufzählung noch die Zuweisung zu den einzelnen Maßnahmen endgültig.

Die bisher durchgeführte Evaluierung der ÖPUL-Maßnahmen (BMLFUW, 2017a) verwendet an vielen Stellen Daten des INVEKOS-Systems, um daraus Rückschlüsse ziehen zu können. Dies ist bei aktueller Datenlage jedenfalls ein nachvollziehbarer Weg, bei dem gesicherte Daten verwendet werden. Diese Arbeit versucht dazu weitere mögliche Indikatoren aufzuzeigen, bei welchen eine Erhebung sinnvoll erscheint um die Evaluierung zu verbessern. Gleichzeitig wird aber auch darauf hingewiesen, dass eine Erhebung in einigen Fällen schlicht zu aufwendig und damit nicht möglich ist. Im Bereich der einzelbetrieblichen Indikatoren zeigt sich, dass es schwierig wäre, diese flächendeckend zu erheben. Insbesondere die Einführung von ergebnisorientierten Agrarumweltmaßnahmen ist daher mit Schwierigkeiten in der Indikatoren -Erhebung verbunden (Burton and Schwarz, 2013). Demgegenüber zeigen die Erfahrungen des FLINT-Projekts, dass in mehreren Bereichen die Erhebung von zusätzlichen Indikatoren mit überschaubarem Aufwand möglich wäre (Diazabakana et al., 2014). Im Kapitel 2.4. wird gezeigt, dass für Österreich eine intensivere Indikatoren-Erhebung unter anderem in den Bereichen Methanemissionen von Rindern und der einzelbetrieblichen Wirkung auf die Biodiversität angestrebt werden sollte.

Neben den genannten Indikatoren existiert eine weitere große Gruppe, die Fußabdruck-Indikatoren. Diese zeigen sehr gut die Umweltwirkung menschlichen Handelns, und errechnen jeweils eine dafür benötigte Fläche (Čuček, Klemeš and Kravanja, 2012). In diesem Bereich gibt es eine Vielzahl an verschiedenen Indikatoren, die sich einer ähnlichen Gliederung wie der dieser Masterarbeit (zum Beispiel nach den drei Säulen Ökologie, Ökonomie und Soziales) unterziehen lassen.

Diese Indikatoren beziehen sich auf die Auswirkungen menschlichen Handelns und dabei vorwiegend auf das Konsumverhalten und die Lebensgewohnheiten (Čuček, Klemeš and Kravanja, 2012). Die Vorgangsweise in der Herstellung landwirtschaftlicher Produkte und damit auch die Art der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen ist für Fußabdruck-Indikatoren weniger relevant. Daher wird diese Art an Indikatoren in dieser Masterarbeit nicht näher behandelt.

5.2. Diskussion der Daten und der Methode

Als Datengrundlage für diese Arbeit werden die Daten des Grünen Berichtes sowie Veröffentlichungen von Agrarpreisen verwendet (BMLRT, 2020a; AMA, 2020). Da diese Daten nachvollziehbar erhoben werden, kann die Datengrundlage als solide erachtet werden.

Die lineare Optimierung für einen einzelnen Modellbetrieb hingegen ist eine von mehreren möglichen anwendbaren Methoden zur Evaluierung von Fördermaßnahmen. Ein ähnliches Modell stellt das PASMA-Modell dar. Dabei wird ebenso der Erlös, plus GAP-Förderungen, abzüglich variabler Kosten kalkuliert und das Modell mit einem positiven mathematischen Programmierungsansatz gelöst. Der bedeutendste Unterschied ist, dass im PASMA-Modell Regionen und nicht ein Einzelbetrieb abgebildet werden (Schönhart, Schmid und Sinabell, 2019). Ein weiteres sehr ähnliches System stellt FAMOS dar. Dabei werden ebenso mit mathematischer Programmierung und dem Ziel der betriebswirtschaftlichen Optimierung die Effekte der GAP quantifiziert (Schmid, 2004).

Für diese Arbeit wurde der Ansatz eines einzelnen Modellbetriebes gewählt. Die Methode der linearen Optimierung mit dem Ziel der Verbesserung der Nettoerträge, durch optimalen Einsatz vorhandener, knapper Ressourcen erscheint geeignet, um betriebswirtschaftliche Zusammenhänge und Einflüsse nachvollziehen zu können.

Zu berücksichtigen ist auch, dass landwirtschaftliche Betriebsführer*innen nicht immer direkt durch betriebswirtschaftliche Kennzahlen geleitet sind, sondern viele verschiedene, auch persönliche und soziale Faktoren rund um den*die Betriebsführer*in, bei Entscheidungen mitwirken (Nothnagel, 2020). Ähnlich formulieren auch Vuillot et al. (2016), dass individuelle mentale Modelle von Landwirten*innen, also deren Weg zu denken, Auswirkungen auf die Landnutzungspraktiken haben. Daher ist nicht davon auszugehen, dass der höchste mögliche Nettoertrag das einzige Entscheidungskriterium darstellt.

Das vorliegende Modell geht weiters davon aus, dass die zur Verfügung stehenden Ressourcen optimal genutzt, also effizient eingesetzt werden. Nach einer Studie von Kirner, Ortner and Hambrusch (2007) kann aber davon ausgegangen werden, dass ein überwiegender Teil der österreichischen Betriebe nicht die gesamte mögliche Produktionskapazität ausnützt. Somit ist festzuhalten, dass einzelne Betriebe geringere Mengen an Output je Einheit Produktionsfaktor produzieren. Trotzdem erscheint die lineare Optimierung für diese Arbeit als der beste Ansatz, um die Zusammenstellung von Produktionsplänen nachvollziehen zu können.

Es wäre interessant, wenn die Veränderung von Agrarumweltindikatoren direkt im Modell abgebildet werden könnte. Jedoch können Indikatoren, die nach der Gliederung der Europäischen Kommission (EC, 2017c) über einen Output-Indikator hinausgehen, nicht durch dieses einzelbetriebliche Modell berechnet werden. So kann beispielsweise vom Modell beantwortet werden, ob es unter bestimmten Umständen zu einer Ausweitung von ökologisch wertvollen Flächen (im Modell durch Biodiversitätsflächen dargestellt) kommt oder nicht. Das Flächenausmaß solcher Flächen für gesamt Österreich kann vom vorliegenden einzelbetrieblichen Modell aber nicht errechnet werden. Damit kann beispielsweise auch die Veränderung des HN VF-Indexes nicht vom Modell in Zahlen ausgedrückt werden, sondern es können vom Modell-Output und anhand der erarbeiteten Literatur nur positive oder negative Einflüsse abgeleitet werden. Ebenso kann die Veränderung des FBI nicht vom Modell quantifiziert werden, sondern auch hier können nur positive und negative Effekte abgeleitet werden.

5.3. Diskussion der Ergebnisse

5.3.1. Diskussion des Modelloutputs

Die Modellergebnisse zeigen den besten möglichen Produktionsplan aus betriebswirtschaftlicher Sicht für den Beispielbetrieb und damit den optimalen Einsatz knapper Ressourcen unter den gegebenen Voraussetzungen. Dies ist allerdings nur ein Beispielbetrieb, der die durchschnittliche Flächenausstattung eines österreichischen spezialisierten Milchviehbetriebes und zusätzlich die eines Marktfruchtbetriebes (um Aussagen zur Rinderhaltung sowie zum Ackerbau treffen zu können) aufweist (LBG, 2020). Somit können die Entscheidungen eines*r durchschnittlichen landwirtschaftlichen Betriebsführers*in nachvollzogen werden. Jedoch unterscheiden sich alle Betriebe voneinander. Ebenso weisen alle Betriebe unterschiedliche Voraussetzungen auf und diese haben einen wesentlichen Einfluss auf den Erfolg (Nothnagel, 2020). Die gewählte Produktion des Modells und damit das errechnete Ergebnis haben also nur für den gewählten Beispielbetrieb Gültigkeit. Für Betriebe mit Voraussetzungen die von den getroffenen Annahmen abweichen, weicht damit auch das Ergebnis ab.

Die Einschränkung, dass an einigen Maßnahmen nur gesamtbetrieblich teilgenommen werden kann, ist ein entscheidender Faktor für das Ergebnis. Wäre eine Teilnahme mit nur einem Teil der Flächen möglich, würde bei UBB, bei EEB und bei „biologischer Wirtschaftsweise“ nicht der gesamte Betrieb teilnehmen. Die Ausführungen im „Nationalen Detailbericht 2019“ zur Evaluierung des ÖPULs bestätigen, dass dies einerseits zur Steigerung der teilnehmenden Flächen an den Maßnahmen beiträgt. Andererseits wird in intensiveren Gebieten, mit vorwiegend Schweinehaltung, dadurch eher an gar keiner Maßnahme teilgenommen (BAB, 2019). Daraus ergibt sich die Frage, ob weitere Maßnahmen für Einzelflächen mit dem Ziel der extensiveren Bewirtschaftung angeboten werden sollten. Die Ergebnisse dieser Arbeit beantworten diese Frage mit ja.

Die gesamtbetriebliche Maßnahme UBB ist, nach den Ergebnissen des Modells, für Ackerbau, insbesondere wenn der Anbau intensiver Kulturen möglich ist, wenig attraktiv. Dies wird auch von tatsächlichen Zahlen des BMLFUW (2017a) bestätigt. Demnach gibt es Unterschiede bei den Teilnehmeraten zwischen einzelnen Bezirken und zwischen der vorrangig vorherrschenden Produktionsrichtung in einem Gebiet. Insbesondere bei

schwerpunktmäßiger Schweinehaltung und bei Ackerbau sind geringe Teilnahmeraten festzustellen (regional nur 10% bis 50% in Oberösterreich und im Ackerbaugebiet der Steiermark). Umgekehrt nehmen in alpinen Bezirken über 80% der Betriebe an UBB oder der biologischen Wirtschaftsweise teil (BMLFUW, 2017a). Damit überein stimmen die Ergebnisse der Szenarien. In Regionen mit generell geringer Ertragsfähigkeit, z.B. durch schlechtere Böden (seichtgründiger, geringere Bodenklimateilzahl), wird eher an Maßnahmen mit dem Ziel der Extensivierung teilgenommen als in Regionen mit Böden mit höherer Ertragsfähigkeit. Somit ist der tatsächliche Effekt von Agrarumweltmaßnahmen geringer, als es aus den Daten des INVEKOS hervorgeht. Für Regionen mit geringer Ertragsfähigkeit kann davon ausgegangen werden, dass für zumindest einen Teil der Flächen eine extensive Bewirtschaftung auch ohne die entsprechenden Maßnahmen mit dem Ziel der Extensivierung umgesetzt würde.

Van der Sluis et al. (2016) haben für Österreich durchschnittlich eine anhaltende Steigerung der Intensität (Steigerung des In- oder Outputs pro Einheit an Fläche und Zeit) in der Landbewirtschaftung zwischen 2001 und 2011 festgestellt, obwohl es im Vergleich dazu in anderen europäischen Ländern zu einer Stagnation oder zu einem Rückgang der Intensität im gleichen Zeitraum gekommen ist. Dass in anderen Ländern keine steigende Intensität mehr festgestellt wurde, könnte mit einer dort vergleichsweise höheren aktuellen Bewirtschaftungsintensität erklärt werden. Gruber and Pötsch (2006) bestätigen diese Annahme und weisen für Österreich, im europäischen Vergleich, eine extensive Grünlandbewirtschaftung aus. Eine Steigerung des Outputs in Österreich könnte aber auch auf eine Produktivitätssteigerung durch technischen Fortschritt zurückzuführen sein (Mußhoff und Hirschauer, 2016).

Zur Intensität der Bewirtschaftung wurden im Modell drei mögliche Intensitäten zur Verfügung gestellt. Dabei ist ein Trend zu einer intensiveren Bewirtschaftung, sowohl bei der Landnutzung als auch bei der Tierhaltung erkennbar. Das Modell zeigt aber auch eindeutig, dass Agrarumweltmaßnahmen eine Intensivierung verhindern können. Dies stimmt damit ebenso mit Aussagen von van der Sluis et al. (2016) überein, dass mehrere Maßnahmen der GAP einen Extensivierungseffekt bewirken.

Eine weitere Erkenntnis der Modellergebnisse ist, dass es auf Grenzertragsstandorten (geringere Erträge und höhere Kosten der Bewirtschaftung) betriebswirtschaftlich durchaus attraktiv sein kann, diese aufzuforsten. Bürgi et al. (2016) zeigen, dass Forstwirtschaft in Österreich im Durchschnitt profitabel ist, insbesondere dann, wenn eine Erreichbarkeit mit

Maschinen gegeben ist. Damit die Erhaltung von Grünland mit der Option des Waldes mithalten kann, muss dem Modell zufolge ein betrieblicher Bedarf an Nährstoffen für die Fütterung vorhanden sein, ansonsten erscheint eine Erhaltung von Grünland auf Standorten mit erschwerten Bedingungen als nicht gesichert. Relevant für die Bewirtschaftung dieser Standorte sind jedenfalls auch die Mittel der GAP. Vergleicht man diese Flächen mit durchschnittlichen Grünlandflächen, so ist erkennbar, dass höhere Prämien für diese Flächen zum Ausgleich der steigenden Kosten und der geringeren Nährstoffgehalte im Futter notwendig sind. Ein wichtiger Punkt zur Aufforstung, der in diesem Modell jedoch nicht abgebildet ist, muss zusätzlich berücksichtigt werden: Der Produktionszyklus für Grünland ist ein Jahr, da die Bewirtschaftungsweise – zum Beispiel die Intensität – jährlich verändert werden kann. In der Forstwirtschaft hingegen dauert ein Produktionszyklus etwa 100 Jahre und Erträge sind hauptsächlich am Ende der Periode zu kalkulieren. Dadurch wird die Kalkulation in der Forstwirtschaft schwieriger und beinhaltet auch viel größere Unsicherheiten als in der Landwirtschaft (Bieger, 1964).

Dass die Erhaltung extensiver Grünlandstandorte nicht als attraktiv erscheint wird auch von Plieninger, Höchtl and Spek (2006) bestätigt: Viele traditionelle Landbewirtschaftungsformen sind in den letzten Jahrzehnten verloren gegangen – entweder durch weitere Extensivierung und teilweise Aufforstung, vor allem an Grenzertragsstandorten, oder durch zunehmende Intensivierung. Dadurch wurde vor allem die vorhandene Biodiversität negativ beeinflusst.

In der Szenarienanalyse wird gezeigt, dass die Abwesenheit von Agrarumweltmaßnahmen eine Intensivierung bewirkt. Veränderungen der Verkaufspreise, aber auch Veränderungen in der Kostenstruktur führen auch zu einer Veränderung, einer Extensivierung, im effizienten Produktionsplan für den Modellbetrieb. Dazu ist jedoch festzuhalten, dass die Veränderungen für einzelne Szenarien lediglich auf Annahmen beruhen. Mögliche Preisschwankungen wurden aufgrund historischer Entwicklungen abgeschätzt und Veränderungen bei den GAP-Maßnahmen beziehen sich auf Veröffentlichungen und Artikeln zu Vorschlägen für die neue Förderperiode. Kleinere oder auch größere Veränderungen als in der Szenarienanalyse und der Sensitivitätsanalyse angenommen, könnten in der Zukunft jedenfalls eintreten.

5.3.2. Diskussion der Auswirkungen auf Agrarumweltindikatoren

Die tatsächliche Umweltwirkung eines landwirtschaftlichen Milchviehbetriebes hängt von vielen Faktoren ab. Das im Einzelnen angewendete Bewirtschaftungssystem der Flächen und das Haltungssystem der Nutztiere sowie die Umstände jedes einzelnen Betriebes beeinflussen die beobachtbare Umweltwirkung eines Betriebes (Soteriades et al., 2016). Klootwijk et al. (2016) formulieren, dass Wachstum und Intensivierung von Milchviehbetrieben von den äußeren Umständen eines Betriebes, wie den Zukaufs- aber auch den Verkaufspreisen, der Verfügbarkeit von Produktionsfaktoren sowie dem Vorhandensein möglicher Phosphor-Quoten abhängt. Dies konnte zum Teil auch durch die vorliegende Arbeit bestätigt werden, da das lineare Optimierungsmodell sehr sensitiv auf die gegebenen Daten und Annahmen reagiert. Insbesondere geringfügige Änderungen bei den Kosten für die einzelnen Produktionsverfahren (für möglicherweise von Betrieb zu Betrieb schwankende Beschaffungskosten) bewirken andere angebaute Kulturen oder Intensitäten der Produktion bzw. die Teilnahme oder Nicht-Teilnahme an Agrarumweltmaßnahmen.

Die Ergebnisse zum **Ausstoß an GHGs aus der Tierhaltung** beziehen sich ausschließlich auf die Milchleistung je Kuh. Der in den Ergebnissen erkennbare Trend zu einer Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung bewirkt jedenfalls eine steigende Belastung für die gehaltenen Rinder. Diese Belastung und mögliche Effekte auf das Tierwohl wurden in dieser Arbeit jedoch nicht untersucht.

Hier wird die bereits erforschte Annahme zu Grunde gelegt, dass eine höhere Milchleistung je Kuh eine geringere Menge an Treibhausgasen je erzeugter Einheit Produkt bewirkt (Gerber et al., 2011; Zehetmeier et al., 2011). Dabei wird auch ein positiver Einfluss einer intensiven Tierhaltung gegenüber einer extensiven Tierhaltung auf den GHG-Ausstoß ausgewiesen. Es kann ein eindeutig positiver Effekt einer steigenden Leistung je Kuh abgeleitet werden (Hörtenhuber et al. 2010). Insbesondere die Milchviehhaltung bei sehr geringem Leistungsniveau weist eine um ein Vielfaches höhere Menge an GHG-Emissionen je erzeugter Einheit Produkt auf (Gerber et al., 2013). Dies ist besonders beim Vergleich der GHG-Emissionen zwischen dem globalen Süden und dem globalen Norden relevant (Vergleich von 2.000 kg und 10.000 kg Milchleistung je Kuh). Bei der Analyse in dieser Arbeit wird eine Milchleistung zwischen 5.000 und 8.500 kg Milch je Kuh verglichen. Nach Gerber et al. (2013)

können insbesondere durch verbesserte landwirtschaftliche Praktiken und den Einsatz effizienterer Produktionsweisen und Technologien Verbesserungen im Bereich des Treibhausgasausstoßes durch die Milchviehhaltung erreicht werden. Im Bereich der Tierhaltung muss die gemeinsame Agrarpolitik also einen Fokus auf Weiterbildung und Schulung von Landwirten*innen legen um eine Effizienzsteigerung und verbesserte landwirtschaftliche Praktiken zu erreichen. Zusätzliche finanzielle Anreize (Förderungen) die Tierhaltung zu intensivieren, sind den Ergebnissen dieser Arbeit zufolge nicht erforderlich.

Betrachtet man die einzelnen Maßnahmen, hat als einzige Maßnahme die „biologische Wirtschaftsweise“ einen Einfluss auf die Milchleistung je Kuh. Die im vorliegenden Modell angenommene geringere Milchleistung je Kuh von 1.500 kg wurde aufgrund geringerer Nährstoffgehalte in biologischem Futter und der verpflichtenden Weidehaltung für biologische Rinder (gesteigerter Erhaltungsbedarf) kalkuliert. Dazu gibt es Arbeiten, die geringere GHG-Emissionen je erzeugtem kg Milch bei biologischer Wirtschaftsweise und damit verbundene geringere Leistung je Milchkuh ausweisen (Hörtenhuber et al., 2010; Lindenthal et al., 2010). Den Autoren zufolge verwenden biologische Betriebe eher Eiweißfuttermittel aus regionalen Quellen und verzichten auf südamerikanischen Sojaimport, welcher mit Landnutzungsänderungen im Tropengebiet verbunden ist. Ähnlich positiv bewerten Lindenthal et al. (2010) den biologischen Landbau und berücksichtigen dabei eine Humusanreicherung im Boden. Diese ist aber nach Körschens (2010) auf Acker als CO₂-Senke nicht als relevant anzusehen. Ebenso hängt der Ausstoß bzw. die Speicherung von CO₂ im Boden eher von den tatsächlich durchgeführten landwirtschaftlichen Arbeitsgängen sowie der Düngeintensität ab. Daher erscheint die Frage ob biologische oder konventionelle Wirtschaftsweise nicht so relevant, wie von Lindenthal et al. (2010) formuliert. Auch Hörtenhuber et al. (2010) relativieren ihre positive Bewertung der biologischen Wirtschaftsweise in Bezug auf dieses Thema und bestätigen, dass die Wirtschaftsweise (biologisch oder konventionell) direkt keinen so großen Einfluss auf die GHG-Emissionen hat. Eher der Ursprung und die Produktionsweise der Inputs (Futtermittel) sowie die gewählte Intensität der Milchviehhaltung haben Einfluss auf die tatsächlich emittierten GHGs. Ebenso haben die Zusammensetzung der Ration und die Qualität des Grundfutters Einfluss darauf. Hohe Grundfutterqualitäten wirken sich jedenfalls positiv aus (Haque, 2018; Stöbich, 2014).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass weder eine Erhöhung noch eine Verringerung der GHG-Emissionen aus der Milchviehhaltung durch biologische

Wirtschaftsweise anzunehmen ist. Die tatsächliche Umweltwirkung eines Betriebes ist ein Ergebnis aus vielen verschiedenen Einflussfaktoren und betrieblichen Umständen.

Im Hinblick auf die GAP-Maßnahmen und deren Effektivität, wäre es daher sinnvoll die Weiterbildung von Landwirten*innen in den Bereichen der Grundfutterwerbung und der Nährstoffversorgung der Rinder zu forcieren, um hohe Grundfutterqualitäten und eine optimale Fütterung zu gewährleisten. Ebenso hätte die Förderung des Anbaus von Kulturen die als Eiweißquelle in der Rinderfütterung benötigt werden, wie beispielsweise Sojabohne, positive Effekte.

Im Bereich der **Grünlanderhaltung** bzw. der **Biodiversität** bezieht sich die vorliegende Arbeit auf den Indikator „High Nature Value Farmland“: Dieser zeigt für Österreich in den Jahren 2007 bis 2010 einen leichten Anstieg des Anteils an HN VF-Typ1. Dies wird durch die erweiterte Teilnahme an Naturschutzmaßnahmen im ÖPUL begründet. Allerdings war gleichzeitig ein Rückgang von gering bestoßenen Hutweiden und anderen sehr extensiv bewirtschafteten Flächen beobachtbar (Umweltbundesamt, 2011). Dies stimmt insofern mit den Ergebnissen des Modells dieser Arbeit überein, als dass im vorgelegten Produktionsplan immer eher eine intensive Bewirtschaftung enthalten ist. Zusätzlich wird der Trend zur Intensivierung durch die Möglichkeit der Kultivierung von Wald auf Grünlandflächen im Modell gestärkt.

Die Ergebnisse (Modelloutput in Verbindung mit der Literaturrecherche) zeigen, dass die Erhaltung bzw. die Ausweitung von artenreichem Magergrünland, welches nach Arbeiten des Umweltbundesamtes (2011) jedenfalls schützenswürdig ist, durch Umgestaltung einzelner Maßnahmen durchaus erreichbar ist. Diese Extensivierung im Bereich der Flächenbewirtschaftung durch GAP-Maßnahmen ist positiv zu bewerten. Dies wurde genauer in Kapitel 5.3.1. beschrieben.

Zu hinterfragen bzw. jedenfalls weiterhin zu beobachten ist der Effekt von Agrarumweltmaßnahmen auf das Vorkommen von Vögeln. Ein sehr wichtiger Kontext-Indikator, der FBI, zeigt einen Rückgang der Vögel-Bestände von 1998 bis 2019 um 40% (Teufelbauer und Seaman, 2020). Das Ausmaß der HN VF-Fläche (Typ 1) zeigt sich in den letzten Jahren (2007 bis 2018), trotz des Entgegenwirkens durch GAP-Maßnahmen, als leicht rückläufig (Umweltbundesamt, 2019b). Der FBI ist in diesem Zeitraum aber stärker gesunken. Eine überproportionale Abhängigkeit oder aber auch der Einfluss anderer Faktoren könnten

dafür der Grund sein. Die Indikatoren (HNVF und FBI) sollten daher jedenfalls weiter erhoben und beobachtet werden.

Der dritte Bereich der Auswirkungen auf Agrarumweltindikatoren ist die **Nährstoffbilanz**. Dabei wurden die Bedarfs-Mengen dem Anfall an Nährstoffen aus der Tierhaltung gegenübergestellt. Übereinstimmend mit den anderen untersuchten Bereichen kann auch hier eine Verbesserung durch die Agrarumweltmaßnahmen erkannt werden. Sehr effektiv erscheint die Maßnahme Biologische Wirtschaftsweise, da bei Teilnahme an dieser Maßnahme keine Nährstoffüberschüsse bei ausschließlicher Betrachtung der Futterflächen mehr entstehen.

Die Ergebnisse zu einem möglichen Überschuss an Phosphor bei intensiven Tierhaltungsbetrieben stimmen mit Berechnungen für Phosphor-Flüsse, für Länder mit intensiver Milchviehhaltung überein. In den Niederlanden wurde beispielsweise eine durchschnittliche Anreicherung von 17 kg Phosphor-Reinnährstoff im Boden je ha und Jahr genannt (Smit et al., 2010). Daher wurde zur Begrenzung der Phosphor-Düngemengen in den Niederlanden nach dem Wegfall des Milchquotensystems eine Phosphor-Quote eingeführt (Klootwijk et al., 2016).

Zu den Modellergebnissen bei den Nährstoffen ist noch festzuhalten, dass dies nur die errechnete Menge eines theoretischen Modells für einen einzelnen Betrieb ist. Für die Berechnung des Indikators auf nationaler Ebene wären beispielsweise Düngerverkaufsmengen oder zusätzliche Erhebungen auf Betrieben erforderlich (Salo et al., 2017).

In Kapitel 2.4. wurden Indikatoren zur Evaluierung weiterer Bereiche genannt. Dies sollte einen Überblick über mögliche Agrarumweltindikatoren in Österreich geben. Das Modell der vorliegenden Arbeit jedoch lässt nur Aussagen zu den bisher genannten Bereichen zu. Direkte Aussagen zu weiteren Bereichen wie dem Boden (zum Beispiel Humusauf- oder -abbau) oder dem Wasser (zum Beispiel Auswaschung ins Grundwasser von Nährstoffen) bedürfen einer gesonderten Untersuchung.

Generell erweist es sich als Herausforderung eine eindeutige Aussage zur Umweltwirkung landwirtschaftlicher Praktiken zu tätigen. Einerseits werden in verschiedenen Bereichen unterschiedliche Handlungsweisen als positiv erachtet – so zeigt zum Beispiel diese Arbeit die Auswirkungen von Intensivierung in der Tierhaltung auf Methanausstoß versus Biodiversität. Andererseits ist die Evaluierung der gesamten Umweltwirkung nur durch Zusammenstellung verschiedener Indikatoren und gemeinsamer Auswertung dieser möglich, und dabei ist das Ergebnis sehr stark von der angewendeten Methode abhängig (Galan, Peschard and Boizard, 2007). Weiters weisen Indikatoren nur einen aktuellen Stand des Beobachteten aus. Dies kann in der betrachteten agrarpolitischen Maßnahme ursächlich sein, jedoch können nach Latruffe et al. (2016) auch die klimatische oder topografische Charakteristik des Standortes oder auch die Position des Betriebes im Lebenszyklus auf den Indikator wirken. Somit sind die Ergebnisse von Agrarumweltindikatoren immer differenziert zu betrachten.

6. Schlussfolgerungen und Ausblick

Diese Arbeit verdeutlicht die Komplexität der Messung von Umweltwirkungen auf landwirtschaftlichen Betrieben. Zum einen gestaltet sich die Erfassung dieser aufwendig und in manchen Bereichen schwierig. Im Literaturteil wurde aufgezeigt, dass dies insbesondere auf einzelbetrieblicher Ebene schwierig ist. Trotzdem müssen genau in diesem Bereich weitere Anstrengungen unternommen werden, um eine verbesserte Datenlage zu erreichen. Ebenso ist eine Erhebung bei den einzelnen Betrieben notwendig, um Maßnahmen wie den „Ergebnisorientierten Naturschutzplan“ (Thema Natur, 2019) oder ähnliche Initiativen weiter auszubauen. Das FLINT-Projekt hat für andere europäische Staaten gezeigt, dass eine detailliertere Erhebung von Agrarumweltindikatoren auf einzelbetrieblicher Ebene möglich ist (Pope et al., 2016). Auch in Österreich sollten Strukturen der Erhebung geschaffen werden, um die Maßnahmen der GAP besser evaluieren zu können.

Eine weitere wichtige Erkenntnis ist, dass viele verschiedene Faktoren Einfluss auf die Umweltwirkung der Betriebe haben (Latruffe et al., 2016). Von der Faktorausstattung, über die persönliche Einstellung des*der Betriebsführers*in, den Zu- und Verkaufspreisen bis hin zu den Maßnahmen der GAP beeinflussen sich diese Faktoren gegenseitig und haben Einfluss auf die Handlungen der Betriebsführer*innen und damit auch auf die Umweltwirkung der Betriebe.

Die Modellanalyse der vorliegenden Arbeit hat aufgezeigt, dass das System Landwirtschaft sehr sensitiv auf kleine Änderungen in den Eingangsvoraussetzungen reagiert, jedoch auch, dass durch Agrarumweltmaßnahmen die Handlungsweise der Betriebsführer*innen deutlich beeinflusst werden kann.

Für die Zukunft sollten verstärkt Agrarumweltindikatoren erhoben und auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse Agrarumweltmaßnahmen gestaltet werden. Dazu sollen verstärkt Landwirte*innen im Sinne von Citizen Science miteinbezogen werden, damit die Landwirt*innen auch hinter den Maßnahmen stehen. Die Landwirtschaft soll in der nachhaltigen Produktion von Lebensmittel unterstützt werden, da damit auch viele Umweltleistungen erbracht werden.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

Oktober 2021, Michael Nothnagel

Literatur

AMA – Agrar Markt Austria (2020): Agrarpreise Österreich.

<https://markt.services.ama.at/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=Anwendungen%2Fmarktinformation.gvw&host=QVS%40qlik1dmz&anonymous=true&sheet=SH01&lang=de-DE> (23.11.2020).

AMA – Agrar Markt Austria (2019): Merkblatt Cross Compliance 2019. Teil 3 Zusätzliche CC Bestimmungen für Nutztierhalter. Wien: Eigenverlag.

BAB – Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (2020):

Deckungsbeitragsrechner.

<https://idb.awi.bmlfuw.gv.at/default.html> (23.11.2020).

BAB – Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen (2019): Evaluierung des österreichischen Agrar-Umweltprogramms ÖPUL – Nationaler Detailbericht 2019. Wien: Selbstverlag.

Bergmüller, K. und Nemeth, E. (2019): Evaluierung der Wirkungen von Agrarumweltmaßnahmen anhand von Vogeldaten - 2. Zwischenbericht. Im Auftrag des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus, Bird Life Österreich, Wien.

Bergmüller, K. und Nemeth, E. (2018): Evaluierung der Wirkungen von Agrarumweltmaßnahmen anhand von Vogeldaten - 1. Zwischenbericht. Im Auftrag des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus, Bird Life Österreich, Wien.

Bieger, E. (1964): Die forstliche Umtriebszeit als betriebswirtschaftliches Problem.

Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Birkmann, J. (1999): Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung. Eckpunkte eines

Indikatorensystems für räumliche Planungsfragen auf kommunaler Ebene.

Raumforschung und Raumordnung, 57, 120-131.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2017a): Nationaler Evaluierungsbericht LE 2014-20 Evaluierungspakete D, E und F. Wien: Selbstverlag.

BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2017b): Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. 7. Auflage, Wien: Selbstverlag.

BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2015): Boden und Klima. Einflussfaktoren, Daten, Massnahmen [sic] und Anpassungsmöglichkeiten. Wien: Selbstverlag.

BMLRT – Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (2020a): Grüner Bericht 2020. Wien: Selbstverlag.

BMLRT – Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (2020b): Invekos / Invekos-GIS.

<https://www.bmlrt.gv.at/land/direktzahlungen/Invekos.html> (15.09.2020)

BMLRT – Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (2020c): Massnahmenübersicht ÖPUL 2015.

BMLRT – Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (2020d): Wasserqualität und Gewässerschutz.

<https://www.bmlrt.gv.at/wasser/wasserqualitaet.html> (17.09.2020).

BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2019): Sonderrichtlinie Ausgleichszulage (AZ). Sonderrichtlinie der Bundesministerin für Nachhaltigkeit und Tourismus zur Gewährung von Zahlungen für aus naturbedingten oder anderen spezifischen Gründen benachteiligte Gebiete im Rahmen des österreichischen Programms für ländliche Entwicklung 2014-2020. Richtlinie. BMNT-LE.1.1.6/0004-II/3/2019.

BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2018a): Einkommensermittlung für den Grünen Bericht – Methodenbeschreibung – Version 2018. Wien: Selbstverlag.

BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2018b): Sonderrichtlinie ÖPUL 2015. Sonderrichtlinie der Bundesministerin für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten,

- extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft. Richtlinie. BMNT-LE.1.1.8/0032-II/3/2018.
- Bockstaller, C., Lassere-Joulin, F., Slezack-Deschaumes, S., Piutti, S., Villerd, J., Amiaud, B. and Plantureux, S. (2011): Assessing biodiversity in arable farmland by means of indicators: an overview. *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 18(3), 137-144.
- Bürgi, P.; Sekot, W.; Ermisch, N.; Pauli, B.; Möhring, B. und Toscani, P. (2016): Forstbetrieblicher Kennzahlenvergleich Deutschland – Österreich – Schweiz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 167 (2), 73 – 81.
- Burton, R. and Schwarz, G. (2013): Result-oriented agri-environmental schemes in Europe and their potential for promoting behavioural change. *Land Use Policy*, 30, 628 – 641.
- Čuček, L.; Klemeš, J.J. and Kravanja, Z. (2012): A Review of Footprint analysis tools for monitoring on sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 34, 9-20.
- Dabbert, S. und Braun, J. (2012): *Landwirtschaftliche Betriebslehre*. 3. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- DeBoe, G. (2020): Economic and environmental sustainability performance of environmental policies in agriculture. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, No. 140, Paris: OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/3d459f91-en> (23.10.2020).
- Diazabakana, A.; Latruffe, L.; Bockstaller, C.; Desjeux, Y.; Finn, J.; Kelly, E.; Ryan, M. and Uthes, S. (2014): A review of farm level indicators of sustainability with a focus on CAP and FADN. Working Paper, FLINT-Project.
- EC – Europäische Kommission (2021): CAP transitional regulation: 2021-22.
https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/transitional-regulation_de (13.3.2021).
- EC – Europäische Kommission (2019a): Agriculture and Climate Mitigation. CAP Objective 4.
https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap-specific-objectives-brief-5-agriculture-and-climate-mitigation_en.pdf (22.10.2019).
- EC – Europäische Kommission (2019b): Die gemeinsame Agrarpolitik nach 2020: Umweltnutzen und Vereinfachung. Brüssel.

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap-post-2020-enviro-benefits-simplification_de.pdf (03.08.2020).

EC – Europäische Kommission (2018): Zukunft der Gemeinsamen Agrarpolitik.

https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/future-cap_de (22.10.2019).

EC – Europäische Kommission (2017a): Modernising and simplifying the CAP. Climate and Environmental challenges facing EU agriculture and rural areas. Background Document, Brüssel.

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/env_background_final_en.pdf (26.08.2020)

EC – Europäische Kommission (2017b): Modernising and simplifying the CAP. Economic challenges facing EU agriculture. Background Document, Brüssel.

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/eco_background_final_en.pdf (26.08.2020)

EC – Europäische Kommission (2017c): Technical Handbook on the Monitoring and Evaluation Framework of the Common Agricultural Policy 2014-2020.

https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cmef_en#indicator (21.07.2020).

EEA – European Environment Agency (2017): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 - An indicator-based report. EEA-Report No 1/2017, Luxemburg: Publications Office of the European Union.

Eurostat (2020): Agri-environmental indicators.

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/agri-environmental-indicators> (18.08.2020).

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020): Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM).

<http://www.fao.org/gleam/en/> (01.09.2020).

Feichtinger, P.; Salhofer, K.; Sinabell, F. and Thompson, S. (2014): „This Land is your Land, this Land is my Land” – Who Benefits from Agricultural Subsidies?. In: The Common

- Agricultural Policy in the 21st Century - Europäische Agrarpolitik im 21. Jahrhundert. 67 – 82, Wien: Facultas.
- Gadermaier, J. (2017): Evaluierung der Einführung des „Leitfaden Tierwohl“ von BIO AUSTRIA für Milchkühe und Milchziegen mittels Befragung von Bio-Landwirten. Wien: Masterarbeit, Universität für Bodenkultur.
- Galan, M.; Peschard, D. and Boizard, H. (2007): ISO 14 001 at the farm level: Analysis of five methods for evaluation the environmental impact of agricultural practices. *Journal of Environmental Management*, 82, 3, 341-352.
- Gerber, P.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Falcucci, A. and Tempio, G. (2013): Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Gerber, P.; Vellinga, T.; Opio, C. and Steinfeld, H. (2011): Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. *Livestock Science*, 139, 100-108.
- Gossner, M.; Lewinsohn, T.; Kahl, T.; Grassein, F.; Boch, S.; Prati, D.; Birkhofer, K.; Renner, S.; Sikorski, J.; Wubet, T.; Arndt, H.; Baumgartner, V.; Blaser, S.; Blüthgen, N.; Börschig, C.; Buscot, F.; Diekötter, T.; Ré Jorge, L.; Jung, K.; Kevel, A.; Kleim, A.; Klemmer, S.; Kraus, J.; Lange, M.; Müller, J.; Overmann, J.; Pašalić, E.; Penone, C.; Perović, D.; Purschke, O.; Schall, P.; Socher, S.; Sonnemann, I.; Tschapka, M.; Tschardt, T.; Türke, M.; Venter, P.; Weiner, C.; Werner, M.; Wolters, V.; Wurst, S.; Westphal, C.; Fischer, M.; Weisser, W. and Allan, E. (2016): Land-use intensification causes multitrophic homogenization of grassland communities. *Nature*, 540, 266-269.
- Gruber, L. (s.a.): Grundfutterqualität, Kraftfutterniveau und genetisches Potenzial als Schlüsselfaktoren für die Höhe der Milchleistung. Irdning: Institut für Nutztierforschung, LFZ Raumberg-Gumpenstein.
- Gruber, L. and Pötsch, E. (2006): Calculation of nitrogen excretion of dairy cows in Austria. *Die Bodenkultur*, 57.
- Guggenberger, T. (2019): Evaluierungsbericht LE 14-20. Wirkung der Ausgleichszahlungen auf die Biodiversität und den Erosionsschutz in Österreich. Antragsjahr 2018,

- Arbeitspaket G. HBLFA Raumberg Gumpenstein Landwirtschaft, Irdning-Donnersbachtal: Eigenverlag.
- Hák, T.; Janoušková, S. and Moldan, B. (2016): Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. *Ecological Indicators* 60, 565–573.
- Haque, M.N. (2018): Dietary manipulation: a sustainable way to mitigate methane emissions from ruminants. *Journal of Animal Science and Technology*, 60, 15.
- Herrera, B.; Gerster-Bentaya, M. and Knierim, A. (2016): Stakeholders' perceptions of sustainability measurement at farm level. *Studies in Agricultural Economics*, 118, 131-137.
- Herzon, I.; Birge, T.; Allen, B.; Povellato, A.; Vanni, F.; Hart, K.; Radley, G.; Tucker, G.; Keenleyside, C.; Oppermann, R.; Underwood, E.; Poux, X.; Peaufoy, G. and Pražan, J. (2018): Time to look for evidence: Results-based approach to biodiversity conservation on farmland in Europe. *Land use Policy*, 71, 347-354.
- Himics, M.; Fellmann, T and Barreiro-Hurle, J. (2019): Setting Climate Action as the Priority for the Common Agricultural Policy: A Simulation Experiment. *Journal of Agricultural Economics*, 71, 50-69.
- Hörtenhuber, S.; Lindenthal, T.; Amon, B.; Markut, T.; Kirner, L. and Zollitsch, W. (2010): Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems – model calculations considering the effects of land use change. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25 (4), 316–329.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston, H.S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T. and Tanabe, K. (Eds.). Japan: IGES.
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html> (23.11.2020).
- Johnsen, P. F.; Johannesson, T. and Sandøe, P. (2001): Assessment of Farm Animal Welfare at Herd Level: Many Goals, Many Methods. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 51, 26–33.
- Kelly, E.; Ryan, M.; Finn, J. and Hennessy, T. (s.a.): Farm-level indicators for evaluating sustainability and emerging new policy topics. Working Paper, FLINT-Project.

- Kirner, L.; Ortner, K. M. and Hambrusch, J. (2007): Using technical efficiency to classify Austrian dairy farms. *Die Bodenkultur*, 58 (1-4), 15-24.
- Klootwijk, C.; van Middelaar, C.; Berentsen, P. and de Boer, I. (2016): Dutch dairy farms after milk quota abolition: Economic and environmental consequences of a new manure policy. *American Dairy Science Association*, 99, 8384 – 8396.
- Kopfmüller, J; Luks, F. und Siebenhüner, B. (2007): 20 Jahre Brundtland-Bericht. *Ökologisches Wirtschaften*, 1, 14 – 15.
- Körschens, M. (2010): Der organische Kohlenstoff im Boden (C_{org}) – Bedeutung, Bestimmung, Bewertung. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 56, 4c, 375 – 192.
- Latruffe, L.; Diazabakana, A.; Bockstaller, C.; Desjeux, Y.; Finn, J.; Kelly, E.; Ryan, M. and Uthes, S. (2016): Measurement of sustainability in agriculture: a review of indicators. *Studies in Agricultural Economics*, 118, 123-130.
- LBG Österreich GmbH Wirtschaftsprüfung & Steuerberatung (2020): Betriebswirtschaftliche Auswertung der Aufzeichnungen freiwillig buchführender Betriebe in Österreich 2019. Wien: Eigenverlag.
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2017): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. Freising-Weißenstephan: Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft.
- Lindenthal, T.; Markut, T.; Hörtenhuber, S.; Rudolph, G. und Hanz, K. (2010): Klimabilanz von Ökoprodukten-Klimavorteile erneut nachgewiesen. Wien: *Ökologie und Landbau*, 153, 51-53. Wien.
- Matzdorf, B. (2004): Ergebnisorientierte Honorierung ökologischer Leistungen der Landwirtschaft. *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung*, 16, 125 – 133.
- Massot, A. (2020): Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP). Europäisches Parlament.
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/section/196/die-gemeinsame-agrarpolitik-gap-> (17.08.2020).
- McCarl, B.A. and Spreen, T.H. (1999): *Applied Mathematical Programming using Algebraic Systems*.

- Mitter, H.; Kirchner, M.; Schönhart, M. and Schmid, E. (2013): Assessing the vulnerability of cropland to soil water erosion under climate change in Austria. In: Eder, M.; Kantelhardt, J.; Pöchltrager, S. und Schönhart, M. (Hrsg.): Jahrbuch der österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie. 22(2), 13-22, Wien: Facultas.
- Murray, C. (2015): Shifting to Sustainable Development Goals – Implications for Global Health. The New England Journal of Medicine, 373/15, 1390-1393.
- Mußhoff, O. und Hirschauer, N. (2016): Modernes Agrarmanagement – Betriebswirtschaftliche Analyse und Planungsverfahren. 4. Auflage, München: Franz Vahlen.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A. and Tarantola, S. (2005) Tools for composite indicators building. Report EUR 21682 EN, Joint Research Center, European Commission. Ispra.
- Nègre, F. (2020): Die zweite Säule der GAP: Politik zur Entwicklung des ländlichen Raums. Europäisches Parlament.
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/110/die-zweite-saule-der-gap-politik-zur-entwicklung-des-landlichen-raums> (17.08.2020).
- Neudorfer, T. (2020): Weiterentwicklung des österreichischen Agrarumweltprogramms ÖPUL. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.
https://www.bmlrt.gv.at/land/eu-agrarpolitik-21-27/nationaler-strategieplan/weiterentwicklung_oepul.html (27.11.2020).
- Niemeijer, D. and de Groot, R.S. (2008): Framing environmental indicators: moving from causal chains to causal networks. Environment, Development and Sustainability, 10(1), 89-106.
- Nöbauer, B. (2014): Europäisierung der österreichischen Agrarpolitik. Österreich und die EU. Hamburg: Diplomica Verlag.
- Nothnagel, M. (2020): Erfolgsfaktoren in der Land- und Forstwirtschaft am Beispiel von Grüner Bericht-Betrieben. Wien: Bachelorarbeit, Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik.
- OECD – Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2020a): Environment at a Glance 2020. Paris: OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/4ea7d35f-en> (27.08.2020).

- OECD – Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2020b):
Environmental Indicators for Agriculture. OECD.Stat
<https://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=77276&lang=en> (05.08.2020).
- OECD – Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2002): Glossary
of key terms in evaluation and result based management. Paris: OECD Publications.
- Ökoregion Kaindorf (2020): Humusaufbau.
<https://www.oekoregion-kaindorf.at/humusaufbau.95.html> (17.09.2020).
- Plieninger, T.; Höchtl, F. and Spek, T. (2006): Traditional land-use and nature conservation in
European rural landscapes. *Environmental Science & Policy*, 9, 317-321.
- Poppe, K.; Vrolijk, H.; Dolman, M. and Silvis, H. (2016): FLINT – Farm-level Indicators for New
Topics in policy evaluation: an introduction. *Studies in Agricultural Economics*, 118,
116-122.
- Romm, J. (2016): *Climate Change. What everyone needs to know*. New York: Oxford
University Press.
- Šálek, M.; Hula, V.; Kipson, M.; Daňková, R.; Niedobová, J. and Gamero, A. (2018): Bringing
diversity back to agriculture: Smaller fields and non-crop elements enhance
biodiversity in intensively managed arable farmlands. *Ecological Indicators*, 90, 65-73.
- Salo, T.; Ketoja, E.; Mattila, P. and Nousiainen, J (2017): Improving calculation of NP
excretion and fertilizer use statistics. Technical Report (Final Report on Implementation
of the Action), 08413.2015.005-2015.372, Natural Resources Institute Finland.
- Schmid, E. (2004): *Das Betriebsoptimierungssystem FAMOS. FArM Optimization System*.
Diskussionspapier, DP-09-2004, Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung. Wien:
Universität für Bodenkultur.
- Schönhart, M.; Schmid, E. und Sinabell, F. (2019): *Politikoptionen zur Förderung
landwirtschaftlicher Betriebe in Regionen mit spezifischen Nachteilen*. Wien:
Forschungsbericht, Universität für Bodenkultur.
- Smit, A.; van Middelkoop, J.; van Dijk, W.; van Reuler, H.; de Buck, A. and van de Sanden, P.
(2010): A quantification of phosphorus flows in the Netherlands through agricultural
production, industrial processing and households. *Plant Research International*, part of
Wageningen UR, Business Unit Agrosystems. Wageningen: DLO Foundation.

- Soteriades, A.; Stott, A.; Moreau, S.; Blanchard, M.; Liu, J. and Faverdin, P. (2016): The relationship of dairy farm eco-efficiency with intensification and self-sufficiency. Evidence from the French dairy sector using life cycle analysis, data envelopment analysis and partial least squares structural equation modelling. *PLoS ONE*, 11(11).
- Stöbich, C. (2014): Effekte von Leistungsniveau und Grundfutterqualität auf die Treibhausgas- und Nährstoffbilanz grünlandbasierter Bio-Milcherzeugung. Wien: Masterarbeit, Universität für Bodenkultur.
- Syrbe, R.-U.; Schorcht, M.; Grunewald, K.; Meinel, G.; Kramer, J. (2016): Indikatoren für Ökosystemleistungen am Beispiel der Regulierung der Bodenerosion. In: Meinel, G.; Förtsch, D.; Schwarz, S. und Krüger, T. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring VIII. Flächensparen – Ökosystemleistungen – Handlungsstrategien*. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 69, 281-291.
- Teufelbauer, N. und Seaman, B. (2020): Farmland Bird Index für Österreich: Indikatorenermittlung 2015 bis 2020. Teilbericht 5: Farmland Bird Index 2019. Bird Life Österreich, im Auftrag des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.
- Thema Natur (2019): *Ergebnisorientierter Naturschutzplan*. Fachbericht. Wien: Eigenverlag.
- Tuck, S.; Winqvist, C.; Mota, F.; Ahnström, J.; Turnbull, L. and Bengtsson, J. (2014): Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51, 746-755.
- Umweltbundesamt (2020a): Austria's national inventory report 2020. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Wien: Eigenverlag.
- Umweltbundesamt (2020b): *Klimaschutzbericht 2020*. Wien: Eigenverlag.
- Umweltbundesamt (2020c): *Treibhausgas-Bilanz 2018*. Wien: Eigenverlag.
<https://www.umweltbundesamt.at/aktuelles/presse/news2020/news200203>
(20.07.2020).
- Umweltbundesamt (2019a): *Klimaschutzbericht 2019. Analyse der Treibhausgas-Emissionen bis 2017*. Wien: Eigenverlag.

Umweltbundesamt (2019b): Zusammenfassende Bewertung der Auswirkungen des Programms LE 14-20 auf die Querschnittsthemen Umwelt und Klima. Wien: Eigenverlag.

Umweltbundesamt (2013): Stickstoffbilanzen Berechnung auf GWK-Ebene. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Umweltbundesamt (2011): „High Nature Value Farmland“ für Österreich. Weiterentwicklung des Agrarumweltindikators „High Nature Value Farmland“ für Österreich. Wien: Eigenverlag.

van der Sluis, T.; Pedroli, B.; Kristensen, S.; Cosor, G. and Pavlis, E. (2016): Changing land use intensity in Europe – Recent processes in selected case studies. *Land use Policy*. 57, 777-785.

Vuillot, C.; Coron, N.; Calatayud, F.; Sirami, C.; Mathevet, R. and Gibon, A. (2016): Ways of farming and ways of thinking: do farmers' mental models of the landscape relate to their land management practices?. *Ecology and Society*, 21(1), 35.

Wagner, K. (2015): Regionale Strukturveränderungen in Österreichs Landwirtschaft seit dem EU-Beitritt 1995. Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Wien: Selbstverlag.

WCED – World Commission on Environment and Sustainable Development (1987): *Our Common Future*. (The Brundtland Report), New York: Oxford University Press.

WIFO – Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (2019): Eine Zwischenbilanz zu den Wirkungen des Programms der Ländlichen Entwicklung 2014-2020. Wien: Eigenverlag.

Zehetmeier, M.; Baudracco, J.; Hoffmann, H. and Heißenhuber, A. (2011): Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* (2012), 6:1, 154-166.

Anhang I – Optionen der Landnutzung im Modell

Prodsyst	LandCat	Intensity	Crops	yield	costs	energy	protein	N	P	K	labor	cropland	meadow	pasture
conv	cropland	mod	Wheat	6,2	395,0	13,1	158,0	20,0	8,0	6,0	10,0	1,0		
conv	cropland	mod	Barley	4,5	370,0	12,8	124,0	21,0	8,0	6,0	10,0	1,0		
conv	cropland	mod	Corn	9,5	840,0	13,3	106,0	15,0	8,0	5,0	15,0	1,0		
conv	cropland	mod	Hay	9,2	710,0	6,6	145,0	19,0	7,0	30,0	25,0	1,0		
conv	cropland	mod	Bdiv	3,0	690,0	5,3	130,0	-10,0	0,0	0,0	22,0	1,0		
conv	cropland	low	Wheat	5,3	375,3	13,1	158,0	20,0	8,0	6,0	10,0	1,0		
conv	cropland	low	Barley	3,8	351,5	12,8	124,0	21,0	8,0	6,0	10,0	1,0		
conv	cropland	low	Corn	8,1	798,0	13,3	106,0	15,0	8,0	5,0	15,0	1,0		
conv	cropland	low	Hay	7,8	674,5	6,6	145,0	19,0	7,0	30,0	25,0	1,0		
conv	cropland	low	Bdiv	3,0	690,0	5,3	130,0	-10,0	0,0	0,0	22,0	1,0		
conv	meadow	int	Hay	9,2	710,0	6,6	145,0	19,0	7,0	30,0	30,0		1,0	
conv	meadow	mod	Hay	7,8	675,0	6,0	130,0	19,0	7,0	30,0	25,0		1,0	
conv	meadow	low	Hay	6,5	640,0	5,2	115,0	19,0	7,0	30,0	20,0		1,0	
conv	meadow	low	Bdiv	2,5	665,5	3,5	65,0	0,0	0,0	0,0	15,0		1,0	
conv	meadow	low	wood	6,8	805,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0		1,0	
conv	pasture	int	Hay	7,8	776,3	6,0	130,0	19,0	7,0	30,0	25,0			1,0
conv	pasture	mod	Hay	6,5	736,0	5,0	115,0	19,0	7,0	30,0	20,0			1,0
conv	pasture	low	Hay	3,6	695,8	4,5	100,0	19,0	7,0	30,0	15,0			1,0
conv	pasture	low	Bdiv	2,5	765,3	3,5	65,0	0,0	0,0	0,0	15,0			1,0
conv	pasture	low	wood	6,1	896,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0			1,0
orga	cropland	mod	Wheat	5,0	434,5	12,4	150,1	20,0	8,0	6,0	15,0	1,0		
orga	cropland	mod	Barley	3,6	407,0	12,2	117,8	21,0	8,0	6,0	15,0	1,0		
orga	cropland	mod	Corn	7,6	924,0	12,6	100,7	15,0	8,0	5,0	20,0	1,0		
orga	cropland	mod	Hay	7,4	781,0	6,3	137,8	19,0	7,0	30,0	25,0	1,0		
orga	cropland	mod	Bdiv	3,0	690,0	5,3	130,0	-10,0	0,0	0,0	22,0	1,0		
orga	meadow	int	Hay	7,4	745,5	6,3	137,8	19,0	7,0	30,0	30,0		1,0	
orga	meadow	mod	Hay	6,2	708,8	5,7	123,5	19,0	7,0	30,0	25,0		1,0	
orga	meadow	low	Hay	5,2	672,0	4,9	109,3	19,0	7,0	30,0	20,0		1,0	
orga	meadow	low	wood	6,8	1030,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0		1,0	
orga	meadow	low	Bdiv	2,5	665,5	3,5	65,0	0,0	0,0	0,0	15,0		1,0	
orga	pasture	int	Hay	6,2	815,1	5,7	123,5	19,0	7,0	30,0	25,0			1,0
orga	pasture	mod	Hay	5,2	772,8	4,8	109,3	19,0	7,0	30,0	20,0			1,0
orga	pasture	low	Hay	2,9	730,5	4,3	95,0	19,0	7,0	30,0	15,0			1,0
orga	pasture	low	wood	6,1	1121,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0			1,0
orga	pasture	low	Bdiv	2,5	765,3	3,5	65,0	0,0	0,0	0,0	15,0			1,0

Wirtschaftsweise (Prodsyst): „conv“ = konventionell, „orga“ = biologisch; **Nutzung** (Landcat): „cropland“ = Ackerland, „meadow“ = Grünland (Normalertragsfläche), „pasture“ = Grünland (Grenzertragsfläche); **Intensität** (intensity): „low“ = gering, „mod“ = mittel, „int“ = intensiv

Anhang II – Optionen der Tierhaltung im Modell

Prodsyst	Intensity	Livestock	Milk	Meat	costs	energy	protein	N	P	K	labor	Stand
conv	low	cow	6500,0	60	1221,0	36,0	724,0	74,7	35,1	171,3	85,0	1,0
conv	mod	cow	7500,0	60	1377,0	39,3	809,0	81,4	39,7	186,2	90,0	1,0
conv	int	cow	8500,0	60	1532,0	42,6	894,0	84,7	44,3	201,1	95,0	1,0
conv	mod	Bull		380	1160,0	25,0	265,0	50,0	19,0	47,0	16,0	1,5
orga	low	cow	5000,0	60	1007,0	31,0	597,0	64,7	28,2	148,9	80,0	1,0
orga	mod	cow	6000,0	60	1221,0	34,4	682,0	71,3	32,8	163,8	85,0	1,0
orga	int	cow	7000,0	60	1435,0	37,7	767,0	78,0	37,4	178,7	90,0	1,0
orga	mod	Bull		380	1160,0	25,0	265,0	50,0	19,0	47,0	16,0	1,7

Wirtschaftsweise (Prodsyst): „conv“ = konventionell, „orga“ = biologisch; **Intensität** (intensity): „low“ = gering, „mod“ = mittel, „int“ = intensiv

Anhang III – GAMS-Code

```
sets
  alli all items
  /wheat,barley,corn,hay,wood,bdiv,
  bull,cow,land,cropland,meadow,pasture,
  labor,yield, costs,price,milk,meat,
  energy,protein,N,P,K,stand,
  SFP,OPUL,LFP,orgpay,UBBpay
  conv,orga,ubbyes,ubbno/

  products (alli) all farm commodities
  /wheat,barley,corn,hay,bdiv,wood,milk,meat/

  crops (products) all crops on farm
  /wheat,barley,corn,hay,bdiv,wood/

  livestock(alli) all livestock on farm
  /cow,bull/

  intensity management intensities
  /int,mod,low/

  AgPol agricultural policy premiums
  /SFP,OPUL,LFP,orgprem/

  FeedNut(alli) feed nutrients
  /energy,protein/

  FertNut(alli) Fertilizer Nutrients
  /N,P,K/

  farmendow(alli) farm ressource endowment
  /cropland,meadow,pasture,labor,stand/

  buditem(alli) budget items
  /yield, costs,energy,protein,N,P,K,land,labor,stand/

  LandCat(alli) type of land
  /cropland,meadow,pasture/

  ProdSyst(alli) farm production system
  /conv,orga/

  mixes crop mixes
  /mix1*mix13/

  ubbmixes(mixes) ubb mixes
  /mix10*mix13/

;

parameter CropData(prodsyst,landcat,intensity,products,alli)
$call GDXXRW .\FarmData_v05.xlsx output= .\FarmData_v05.gdx Par=CropData Rng=Landuse!a1:o33
Rdim=4 Cdim=1
$GDXIN .\FarmData_v05.gdx
$LOAD CropData
$GDXIN

option Cropdata:1:3:1;
display Cropdata
;

parameter LiveData(prodsyst,intensity,livestock,alli)
$call GDXXRW .\FarmData_v05.xlsx output= .\FarmData_v05.gdx Par=LiveData Rng=Livestock!a1:m9
Rdim=3 Cdim=1
$GDXIN .\FarmData_v05.gdx
$LOAD LiveData
$GDXIN

display Livedata
;
```

Effektivitätsanalyse von GAP-Maßnahmen

parameter

```
endowdata(alli) farm ressource endowment
/cropland 50
meadow 30
pasture 5
labor 4200
stand 50/
```

ProdPrice(prodsyst,alli)

```
/conv.wheat 160
conv.barley 179
conv.corn 162
conv.hay 95
conv.wood 75
conv.milk 0.42
conv.meat 3.5
orga.wheat 220
orga.barley 250
orga.corn 195
orga.hay 120
orga.wood 75
orga.milk 0.50
orga.meat 4.2/
```

PurchPrice(prodsyst,alli) price for purchasing items

```
/conv.labor 14.0
conv.hay 140
conv.N 1.2
conv.P 1.1
conv.K 0.7
orga.labor 14.0
orga.hay 160
orga.N 3.8
orga.P 1.6
orga.K 1.2/
```

FeedCtrl(products) control feed commodities

```
/hay 1
bdiv 1/
```

UBBprem(prodsyst)

```
/conv 45/
;
```

Table mktFeed(prodsyst,products,FeedNut)

	energy	protein
conv.hay	6.0	130.0
orga.hay	4.8	105.0

;

Table CropMix(prodsyst,landcat,crops,mixes) crop mix data

	mix1	mix2	mix3	mix4	mix5	mix6	mix7	mix8	mix9	mix10	mix11	mix12	mix13
conv.cropland.wheat	0.50	0.20	0.20	0.20	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.66	0.09	0.00
conv.cropland.barley	0.20	0.50	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.09	0.66	0.00
conv.cropland.corn	0.20	0.20	0.50	0.20	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.10	0.10	0.00
conv.cropland.hay	0.10	0.10	0.10	0.50	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.95
conv.cropland.bdiv	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05
orga.cropland.wheat	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.10	0.10	0.00
orga.cropland.barley	0.10	0.10	0.50	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.10	0.00
orga.cropland.corn	0.20	0.50	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00
orga.cropland.hay	0.60	0.20	0.20	0.20	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.25	0.80	1.00
conv.meadow.hay	1.00	0.80	0.00	0.60	0.40	0.20	0.00	0.00	0.00	0.85	0.30	0.95	0.60
conv.meadow.wood	0.00	0.20	1.00	0.40	0.60	0.80	0.00	0.00	0.00	0.10	0.65	0.00	0.35
conv.meadow.bdiv	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05
orga.meadow.hay	1.00	0.80	0.00	0.60	0.40	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.80
orga.meadow.wood	0.00	0.20	1.00	0.40	0.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	0.50	0.00	0.20
conv.pasture.hay	1.00	0.80	0.00	0.60	0.40	0.20	0.00	0.00	0.00	0.85	0.30	0.95	0.60
conv.pasture.wood	0.00	0.20	1.00	0.40	0.60	0.80	0.00	0.00	0.00	0.10	0.65	0.00	0.35
conv.pasture.bdiv	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05
orga.pasture.hay	1.00	0.80	0.00	0.60	0.40	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.60
orga.pasture.wood	0.00	0.20	1.00	0.40	0.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	0.50	0.00	0.40

*Mix10-13 sind UBB

;

Effektivitätsanalyse von GAP-Maßnahmen

Table AgPolData(prodsyst, LandCat, Intensity, AgPol)

	SFP	OPUL	LFP	orgprem
conv.cropland.mod	283		95	
conv.cropland.low	283	60	95	
conv.meadow.int	283		200	
conv.meadow.mod	283		200	
conv.meadow.low	283	60	200	
conv.pasture.int	283		320	
conv.pasture.mod	283	60	320	
conv.pasture.low	283	60	320	
orga.cropland.mod	283		95	230
orga.meadow.int	283		200	225
orga.meadow.mod	283		200	225
orga.meadow.low	283		200	225
orga.pasture.int	283		320	225
orga.pasture.mod	283		320	225
orga.pasture.low	283		320	225

*Die Prämie die unter OPUL mit 60 eur eingetragen ist, bezieht sich auf die Maßnahme

*"Einschränkung ertragssteigernder Betriebsmittel" - im Modell wird diese Maßnahme für die

*Intensity low angenommen

free variable

netreturn total farm netreturn in eur

;

positive variable

cropprod(prodsyst, landcat, intensity, products) crop production in ha

liveprod(prodsyst, intensity, livestock) livestock production

sales(prodsyst, products) commodity sales

croptrans(prodsyst, landcat, intensity, products) crop product transfer

feedtrans(prodsyst, landcat, intensity, products) feed transfer

purchase(prodsyst, alli) purchasing items

MixUse(prodsyst, landcat, mixes) crop mix choices

*FertTrans(buditem) Fertilizer transfer;

binary variable

ProdChoice(prodsyst) production system choice

;

equation

objf objective function

const(prodsyst, farmendow) farm resource endowment constraint

croppbal(prodsyst, landcat, intensity, products)

prodbal(prodsyst, products) farm commodity balance eq.

FeedBal(prodsyst, FeedNut) feed balance eq.

FertBal(prodsyst, FertNut) fertilizer balance eq

Prodint production int. eq.

CrpMix1(prodsyst, landcat, crops) crop mix eq1

CrpMix2(prodsyst, landcat) crop mix eq2

;

objf.. netreturn

=e=

sum((prodsyst, products),

sales(prodsyst, products) *

prodprice(prodsyst, products))

+ Sum((prodsyst, LandCat, Intensity, crops, AgPol)

\$ (AgPolData(prodsyst, LandCat, Intensity, AgPol) and

cropdata(prodsyst, landcat, intensity, crops, "costs")),

AgPolData(prodsyst, LandCat, Intensity, AgPol) *

cropprod(prodsyst, landcat, intensity, crops))

+ Sum((prodsyst, landcat, ubbmixes)

\$UBBprem(prodsyst),

MixUse(prodsyst, landcat, ubbmixes) * UBBprem(prodsyst))

- sum((prodsyst, landcat, intensity, crops)

\$cropdata(prodsyst, landcat, intensity, crops, "costs"),

cropdata(prodsyst, landcat, intensity, crops, "costs") *

cropprod(prodsyst, landcat, intensity, crops))

- sum((prodsyst, intensity, livestock)

\$LiveData(prodsyst, intensity, Livestock, "costs"),

LiveData(prodsyst, intensity, Livestock, "costs") *

LiveProd(prodsyst, intensity, livestock))

- sum((prodsyst, alli)

\$PurchPrice(prodsyst, alli),

PurchPrice(prodsyst, alli) *

purchase(prodsyst, alli))

;

Effektivitätsanalyse von GAP-Maßnahmen

```
const (prodsyst, farmendow) ..
+ sum((landcat, intensity, crops)
      $cropdata (prodsyst, landcat, intensity, crops, Farmendow) ,
      cropdata (prodsyst, landcat, intensity, crops, Farmendow) *
      cropprod (prodsyst, landcat, intensity, crops))
+ sum((intensity, livestock)
      $LiveData (prodsyst, intensity, Livestock, FarmEndow) ,
      LiveData (prodsyst, intensity, Livestock, FarmEndow) *
      LiveProd (prodsyst, intensity, livestock)
      =L=
      endowdata (farmendow) * prodchoice (prodsyst)
+ Purchase (prodsyst, FarmEndow)
      $PurchPrice (prodsyst, FarmEndow)
      ;

cropbal (prodsyst, landcat, intensity, products) ..
- cropdata (prodsyst, landcat, intensity, products, "yield") *
  CropProd (prodsyst, landcat, intensity, products)
  $cropdata (prodsyst, landcat, intensity, products, "yield")
+ feedtrans (prodsyst, landcat, intensity, products)
  $(FeedCtrl (products) and
  cropdata (prodsyst, landcat, intensity, products, "yield"))
+ croptrans (prodsyst, landcat, intensity, products)
  $cropdata (prodsyst, landcat, intensity, products, "yield")
  =L= 0
  ;

prodbal (prodsyst, products) ..
Sum((landcat, intensity)
     $cropdata (prodsyst, landcat, intensity, products, "yield") ,
     croptrans (prodsyst, landcat, intensity, products))
+ sum((livestock, intensity)
     $LiveData (prodsyst, intensity, Livestock, products) ,
     LiveData (prodsyst, intensity, Livestock, products) *
     LiveProd (prodsyst, intensity, livestock)
     =G=
     sales (prodsyst, products)
     ;

FeedBal (prodsyst, FeedNut) ..
sum((landcat, intensity, products)
     $(FeedCtrl (products) and
     CropData (prodsyst, landcat, intensity, products, FeedNut)) ,
     CropData (prodsyst, landcat, intensity, products, FeedNut) *
     feedtrans (prodsyst, landcat, intensity, products))
+ Sum((products)
     $mktFeed (prodsyst, products, FeedNut) ,
     Purchase (prodsyst, products) * mktFeed (prodsyst, products, FeedNut))
  =G=
  sum((intensity, livestock)
       $LiveData (prodsyst, intensity, Livestock, FeedNut) ,
       LiveData (prodsyst, intensity, Livestock, FeedNut) *
       LiveProd (prodsyst, intensity, livestock)
       ;

FertBal (prodsyst, FertNut) ..
sum((intensity, livestock)
     $Livedata (prodsyst, intensity, livestock, FertNut) ,
     Livedata (prodsyst, intensity, livestock, FertNut) *
     liveprod (prodsyst, intensity, livestock))
+ Purchase (prodsyst, FertNut)
  $Purchprice (prodsyst, FertNut)
  =G=
  sum((landcat, intensity, crops)
       $CropData (prodsyst, landcat, intensity, crops, "yield") ,
       CropData (prodsyst, landcat, intensity, crops, FertNut) *
       CropData (prodsyst, landcat, intensity, crops, "yield") *
       CropProd (prodsyst, landcat, intensity, crops))
  ;

ProdInt ..
sum (prodsyst, prodchoice (prodsyst))
=L= 1
  ;
```

Effektivitätsanalyse von GAP-Maßnahmen

```
CrpMix1 (prodsyst, landcat, crops) ..
    Sum (mixes,
        CropMix (prodsyst, landcat, crops, mixes) *
        MixUse (prodsyst, landcat, mixes))
    =L=
    Sum (intensity
        $CropData (prodsyst, landcat, intensity, crops, "yield"),
        CropProd (prodsyst, landcat, intensity, crops))
    ;

CrpMix2 (prodsyst, landcat) ..
    Sum ((intensity, crops)
        $CropData (prodsyst, landcat, intensity, crops, "yield"),
        CropProd (prodsyst, landcat, intensity, crops))
    =L=
    Sum (mixes,
        MixUse (prodsyst, landcat, mixes) *
        Sum (crops,
            CropMix (prodsyst, landcat, crops, mixes)))
    ;

Model farm /all/;
Solve farm using mip maximizing Netreturn;

parameter check (*, *)
    ;

check ("Demand", FeedNut) = sum ((prodsyst, intensity, livestock)
    $LiveData (prodsyst, intensity, Livestock, FeedNut),
    LiveData (prodsyst, intensity, Livestock, FeedNut) *
    LiveProd.l (prodsyst, intensity, livestock));

check ("Supply", FeedNut) = sum ((prodsyst, landcat, intensity, products)
    $(FeedCtrl (products) and
        CropData (prodsyst, landcat, intensity, products, FeedNut)),
    CropData (prodsyst, landcat, intensity, products, FeedNut) *
    feedtrans.l (prodsyst, landcat, intensity, products))
    + Sum ((prodsyst, products)
        $mktFeed (prodsyst, products, FeedNut),
        Purchase.l (prodsyst, products) * mktFeed (prodsyst, products, FeedNut));

display check;

parameter bilanz (*, *)
    ;

bilanz ("Need with crops sold", FertNut) =
    sum ((prodsyst, landcat, intensity, products)
        $(FeedCtrl (products) and
            CropData (prodsyst, landcat, intensity, products, FertNut)),
        CropData (prodsyst, landcat, intensity, products, FertNut) *
    feedtrans.l (prodsyst, landcat, intensity, products))
    + sum ((prodsyst, landcat, intensity, products)
        $ CropData (prodsyst, landcat, intensity, products, FertNut),
        CropData (prodsyst, landcat, intensity, products, FertNut) *
    croptans.l (prodsyst, landcat, intensity, products))
    ;

bilanz ("Need without crops sold", FertNut) =
    sum ((prodsyst, landcat, intensity, products)
        $(FeedCtrl (products) and
            CropData (prodsyst, landcat, intensity, products, FertNut)),
        CropData (prodsyst, landcat, intensity, products, FertNut) *
    feedtrans.l (prodsyst, landcat, intensity, products))
    ;

bilanz ("livefert", fertnut) =
    sum ((prodsyst, intensity, livestock)
        $LiveData (prodsyst, intensity, Livestock, FertNut),
        LiveData (prodsyst, intensity, Livestock, FertNut) *
    LiveProd.l (prodsyst, intensity, livestock));

display bilanz;
```