



UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna

Masterarbeit

Ökosystemleistungen in der Landwirtschaft

Eine Analyse verschiedener Bewirtschaftungsmethoden

verfasst von

Bodo Christoph Werner Freiherr von Bodenhausen, BSc

im Rahmen des Masterstudiums

Agrar- und Ernährungswirtschaft

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Wien, Jänner 2023

Betreut von:

Univ.-Doz.Mag. Dr. Christine Jasch
Institut für Agrar- und Forstökonomie

Abstract

Die vorliegende Arbeit behandelt das Thema der ökonomischen Bewertung von Ökosystemleistungen anhand von drei unterschiedlichen Bewirtschaftungsmethoden der Landwirtschaft. Im ersten Teil der Arbeit wird zunächst eine Einführung in die drei Bewirtschaftungsmethoden (konventionell, ökologisch und biologisch-dynamisch) gegeben. Weiterhin werden wichtige Begrifflichkeiten, Ökosystemleistungen im landwirtschaftlichen Bereich sowie Monetarisierungsmethoden mithilfe aktueller und internationaler Literatur definiert. Im zweiten Teil der Arbeit werden ausgewählte Ökosystemleistungen der Landwirtschaft anhand der Region Göttingen identifiziert, erhoben und gemessen. Die Auswahl der Ökosystemleistung sowie die Auswahl der Indikatoren erfolgte anhand der Kategorisierung nach CICES. Stellvertretend für jede Bewirtschaftungsmethode wurde je ein landwirtschaftlicher Betrieb der Region befragt. Zusätzlich erfolgte eine Szenario-Analyse mit verschiedenen Landnutzungsverhältnissen der Bewirtschaftungsmethoden. Die Ergebnisse zeigen für die drei Leistungskategorien bzw. Indikatoren (Versorgungs-, Regulierungs- und kulturelle Ökosystemleistungen) unterschiedliche Rangfolgen der Bewirtschaftungsmethoden an. Anhand der Ergebnisse ist für die ausgewählten Indikatoren zu beobachten, dass eine ökologischere Bewirtschaftungsmethode zu höheren Ergebnissen führt, außer bei der Versorgungsleistung. Weiterhin ist durch die Monetarisierung der Ökosystemleistungsauswahl zu beobachten, dass durch einen steigenden ökologischen Bewirtschaftungsanteil höhere monetäre Wertschöpfungen in der Region Göttingen realisiert werden könnten.

This thesis deals with the topic of the economic valuation of ecosystem services on the basis of three different farming methods. In the first part of the thesis, a comprehensive introduction to the three farming methods (conventional, organic and biodynamic) is given. Furthermore, the relevant terms, ecosystem services in the agricultural sector and monetarization methods are defined with the help of current and international literature. In the second part of the thesis, the selected agricultural ecosystem services are identified, surveyed and measured on the basis of the region Göttingen. The selected ecosystem services as well as the selected indicators are based on the categorization according to CICES. For each management method, one representative farm of the region was surveyed. In addition, a scenario analysis with different land use ratios of the management methods was performed. The results indicate different rankings of the management methods for the three service categories and indicators (provisioning, regulating, and cultural ecosystem services). Based on the results, it can be observed that for the selected indicators a more ecological management method leads to higher results, excluding the provisioning service. Furthermore, through the monetization of the ecosystem service selection, it can be observed that higher monetary value added could be realized in the region of Göttingen through an increasing ecological management share.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Einführung und Problemstellung | 7 |
| 1.1 | Ziele der Arbeit & Forschungsfrage | 8 |
| 2 | Die Bewirtschaftungsmethoden..... | 9 |
| 2.1 | Konventionelle Landwirtschaft..... | 9 |
| 2.2 | Ökologische Landwirtschaft..... | 11 |
| 2.3 | Landwirtschaft nach Demeter – Standard..... | 15 |
| 3 | Ökosystemleistungen in der Landwirtschaft | 19 |
| 3.1 | Der Begriff „Ökosystemleistungen“..... | 19 |
| 3.2 | Ökosystemleistungen in der Landwirtschaft | 26 |
| 3.3 | Monetarisierungsmethoden in der Landwirtschaft | 30 |
| 3.3.1 | Direkte Marktbewertungsmethoden..... | 33 |
| 3.3.2 | Indirekte Marktbewertungsmethoden | 35 |
| 3.3.3 | Nicht – marktbezogene Bewertung (geäußerte Präferenzen) | 37 |
| 3.3.4 | Benefit Transfer (Nutzentransfer) | 39 |
| 3.3.5 | Gesamtübersicht der Bewertungsmethoden..... | 39 |
| 4 | Methode..... | 41 |
| 4.1 | Qualitative Bewertungsmethode der Ökosystemleistungen | 41 |
| 4.2 | Monetäre Bewertungsmethode | 48 |
| 5 | Datengrundlage | 50 |
| 5.1 | Die Modellregion | 50 |
| 5.2 | Die konventionelle Bewirtschaftung..... | 52 |
| 5.3 | Die ökologische Bewirtschaftung..... | 54 |
| 5.4 | Die biologisch-dynamische Bewirtschaftung..... | 57 |
| 5.5 | Weitere Datengrundlagen | 60 |
| 6 | Bewertung der Ökosystemleistungen..... | 62 |
| 6.1 | Berechnung der Ökosystemleistungen..... | 62 |
| 6.2 | Monetäre Auswirkungen in der Region Göttingen | 69 |
| 7 | Diskussion & Schlussfolgerungen | 73 |
| 8 | Fazit..... | 81 |
| 9 | Literaturverzeichnis | 85 |
| | Anhang I Abbildungen, Tabellen, Textdateien etc..... | 92 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1 Verbrauch von Düngemittel (Landwirtschaft Deutschland) 2019 | 10 |
| Abbildung 2 Anzahl Betriebe im ökolog. Landbau in Deutschland 2008 – 2020 | 12 |
| Abbildung 3 Konzept ökonomischer Gesamtwert..... | 23 |
| Abbildung 4 Werte von Ökosystemleistungen und deren Erfassung | 23 |
| Abbildung 5 Kaskadenmodell | 25 |
| Abbildung 6 Rahmenkonzept Natural Capital Protocol..... | 31 |
| Abbildung 7 Methoden zur ökonomischen Bewertung von Ökosystemleistungen | 32 |
| Abbildung 8 Übersicht Landkreis Göttingen I | 97 |
| Abbildung 9 Übersicht Landkreis Göttingen II | 97 |
| Abbildung 10 Humusgehalte in der Region Göttingen..... | 98 |
| Abbildung 11 Ackerbaulich Ertragspotenzial in der Region Göttingen..... | 98 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-------------------|---|----|
| Tabelle 1 | Unterscheidung Bio und Demeter..... | 16 |
| Tabelle 2 | Maximale Mengen Wirtschafts- und Zukaufsdüngern nach Betriebstypen..... | 17 |
| Tabelle 3 | Ökosystemleistungen in der Landwirtschaft | 27 |
| Tabelle 4 | Indikatoren von Ökosystemleistungen in Deutschland..... | 28 |
| Tabelle 5 | Indikatoren für landw. Ökosystemleistungen (Literaturanalyse)..... | 29 |
| Tabelle 6 | Gesamtübersicht der Methoden & Bewertungseignung..... | 40 |
| Tabelle 7 | Übersicht Kategorien und Indikatoren..... | 43 |
| Tabelle 8 | Landwirtschaftliche Flächennutzung im LK Göttingen | 51 |
| Tabelle 9 | Nutzungsverteilung Dauergrünland LK Göttingen..... | 52 |
| Tabelle 10 | konventionelle Flächennutzung im LK Göttingen..... | 52 |
| Tabelle 11 | Nutzungsverteilung Dauergrünland im konventionellen Bereich | 53 |
| Tabelle 12 | Kulturen und Erträge - konventionelle Betriebe | 54 |
| Tabelle 13 | ökologische Flächennutzung im LK Göttingen..... | 55 |
| Tabelle 14 | Nutzungsverteilung Dauergrünland im ökologischen Bereich | 56 |
| Tabelle 15 | Kulturen und Erträge - ökologischer Betrieb | 56 |
| Tabelle 16 | Demeter - Flächennutzung im LK Göttingen..... | 58 |
| Tabelle 17 | Nutzungsverteilung Dauergrünland im Demeter - Bereich..... | 58 |
| Tabelle 18 | Kulturen und Erträge - Demeter..... | 59 |
| Tabelle 19 | Datengrundlage der Szenarien..... | 61 |
| Tabelle 20 | V1: Ertragspotenzial Szenario-Bericht | 63 |
| Tabelle 21 | Veränderungen produzierte Gesamtmenge im LK Göttingen | 63 |
| Tabelle 22 | R1: THG-Speicherung Szenariobericht | 64 |
| Tabelle 23 | R2: Flächennutzung - Grünland Szenariobericht | 65 |
| Tabelle 24 | R3: Vielfalt der Kulturen - Vergleich..... | 67 |
| Tabelle 25 | K1: Landnutzungsvielfalt – Szenario-Bericht | 69 |
| Tabelle 26 | Monetarisierung Versorgungsleistung | 70 |
| Tabelle 27 | Monetarisierung Biodiversität | 71 |

| | |
|---|----|
| Tabelle 28 Wertschöpfungsübersicht ÖSL im LK Göttingen..... | 72 |
| Tabelle 29 Landw. THG - Emissionen in Deutschland | 92 |
| Tabelle 30 Faktorvergabe nach Burkhard und Müller..... | 93 |
| Tabelle 31 Faktorvergabe nach Burkhard und Müller..... | 94 |
| Tabelle 32 Haupterwerbsbetriebe des ökol. und konv. Landbaus im Vergleich..... | 95 |
| Tabelle 33 Ergebnisse nach Meyerhoff et. al. | 96 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------------------------------|---|
| AWI | Bundesanstalt für Agrarwirtschaft |
| BKG | Bundesamt für Kartographie und Geodäsie |
| BMEL | Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft |
| BP | Bodenpunkte |
| C | Kohlenstoff |
| CH ₄ | Methan |
| CICES | Common International Classification of Ecosystem Services |
| CLC | CORINE Land Cover |
| CO ₂ | Kohlenstoff-Dioxid |
| C _{org} | organischer Kohlenstoff |
| DOK | biologisch-dynamisch (D), organisch-biologisch (O), konventionell (K) |
| DWD | Deutscher Wetterdienst |
| EWG-Nitratrichtlinie (91/676) | Richtlinie der EU zum Grund- und Oberflächenwasserschutz |
| FBV | Feinbodenvorrat |
| GIS | Geoinformationssystem |
| GV | Großvieheinheiten |
| IEEP | Institute for European Environmental Policy |
| INVEKOS | Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem |
| LF | landwirtschaftlich genutzte Fläche |
| MA | Millenium Ecosystem Assessment |
| N | Stickstoff |
| N ₂ O | Lachgas |
| ÖSL | Ökosystemleistung |
| SQR | Soil Quality Rating |
| TEEB | The Economics of Ecosystems and Biodiversity |
| TEV | Total Economic Value |
| THG | Treibhausgase |
| TM-Gehalt | Trockenmassegehalt |
| TOC | Total Organic Carbon |
| ü.NN. | über Normalnull |
| UNEP | United Nations Environment Programme |
| VO | Verordnung |

1 Einführung und Problemstellung

Im Zuge der Industrialisierung erfolgte ein tiefgreifender Wandel des gesamten Wirtschaftssystems, auf welchen zahlreiche Effekte, wie die Urbanisierung, Bevölkerungswachstum sowie auch Umweltverschmutzungen zurück gehen. Dadurch veränderte sich auch die Landwirtschaft hin zu einer mechanisierten und industrialisierten Wirtschaftsweise. Große Felder, chemischer Pflanzenschutz, mineralische Dünger und neue Pflanzenzuchtmethoden führten zu einer Optimierung der agrarischen Wirtschaft, um die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung sicherzustellen. (Groß, 2020) Doch diese Entwicklungen neuer Technologien hatten auch Konsequenzen zur Folge. Ökosysteme wurden beschädigt, die biologische Vielfalt reduziert und das Artensterben beschleunigt.

Diese Effekte werden als externe Effekte bzw. Externalitäten beziffert. Die Verursacher externer Effekte beziehen diese nicht in ihre Entscheidung mit ein und wirken sich außerdem nicht direkt auf den Verursacher aus, sondern auf unbeteiligte Dritte. Externe Effekte können sowohl positiv als auch negativ sein und werden auch als externe Kosten bzw. externer Nutzen bezeichnet. Oft werden diese auf dem Markt nicht ausreichend berücksichtigt. So kann beispielsweise die Bewirtschaftung einer Fläche sowohl den Artenschwund (externe Kosten) begünstigen als auch zur Landschaftspflege beitragen (externer Nutzen). Diese Externalitäten betreffen häufig öffentliche Güter, wie Wasser, Klima und Boden oder die Biodiversität. (Schrader, 1989) Es gibt somit keinen ökonomischen Anreiz öffentliche Güter herzustellen, da sie aufgrund ihres fehlenden Marktpreises in der Öffentlichkeit als selbstverständlich wahrgenommen werden. (Schröter-Schlaack, 2014) Aus diesem Grund ist das Konzept der Ökosystemleistung in den letzten Jahren verstärkt im wissenschaftlichen, gesellschaftlichen und politischen Diskurs thematisiert worden. Es wird u.a. versucht, eine ökonomische Betrachtung der Dienstleistungen der Natur für den Menschen herzuleiten und diese Werte in Entscheidungskalküle miteinfließen zu lassen. (Schröter-Schlaack, 2014)

Infolgedessen wandelte sich in den letzten Jahrzehnten auch das Betriebsmodell zahlreicher landwirtschaftlicher Betriebe von der konventionellen Landwirtschaft hin zu einer regenerativeren Wirtschaftsweise. Es entstanden zahlreiche Modelle, welche sich u.a. dafür einsetzen externe Kosten zu mindern und die Ökosystemleistung der Natur zu stärken. Grob lässt sich die Landwirtschaft somit in den konventionellen und den ökologisch wirtschaftenden Bereich einteilen, wobei sich die Frage stellt, wie deren unterschiedliche Ökosystemleistungen zu bewerten sind.

1.1 Ziele der Arbeit & Forschungsfrage

Ziel dieser Arbeit ist es, die Ökosystemleistungen unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmethoden zu analysieren und gegenüberzustellen. Vergleichsgegenstand sind dabei die konventionelle und die ökologische Landwirtschaft sowie die Bewirtschaftung nach dem Demeter-Standard (biologisch-dynamische Landwirtschaft). Die Forschungsthematik wird sich schwerpunktmäßig auf den ackerbaulichen Bereich konzentrieren, aber auch Grünlandnutzungen werden analysiert, um ein ganzheitliches Bild der Landwirtschaft darstellen zu können. Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Modellregion untersucht. Um ein möglichst realitätsnahes Modell zu erarbeiten, werden Daten von landwirtschaftlichen Betrieben aus der Region Göttingen erhoben. Die Analyse der Daten erfolgt anhand einer Szenario-Analyse mit Hilfe eines Excel-Tools. In den Szenarien werden Landnutzungsänderungen modelliert, auf Grundlage von Zielen der europäischen Kommission und des aktuellen Koalitionsvertrages der Bundesrepublik Deutschland. Es soll durch die Ergebnisse gezeigt werden, welche Auswirkungen die entsprechende Bewirtschaftungsmethode in den jeweiligen Szenarien auf die Region hat.

Hierfür werden zunächst im ersten Kapitel die drei Bewirtschaftungsmethoden umfänglich beschrieben. Anschließend wird das Konzept der Ökosystemleistungen erläutert. Hierfür werden die wichtigsten Klassifizierungsmethoden beschrieben. Im Anschluss erfolgt eine spezifizierte Erörterung der landwirtschaftlichen Ökosystemleistungen aus der einschlägigen Literatur. Außerdem werden die konkreten Monetarisierungsmethoden von Ökosystemleistungen vorgestellt. Auf Grundlage der ersten beiden Kapitel erfolgt im Anschluss die zugrundeliegende Methodenwahl und Methodenbeschreibung. Im Anschluss werden die erhobenen Daten vorgestellt. Auf Basis der Methode und der Datengrundlage werden daraufhin die erforderlichen Berechnungen durchgeführt und die Ergebnisse vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse mit der aktuellen Literatur verglichen, diskutiert und Schlussfolgerungen gezogen. Im letzten Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse zusammengetragen und reflektiert, Handlungsempfehlungen für verschiedene Ebenen formuliert und eventueller weiterer Forschungsbedarf geschildert.

Es soll folglich durch die Ergebnisse der Arbeit ermöglicht werden einen umfassenden Einblick in ausgewählte Ökosystemleistungen der Landwirtschaft zu erlangen. Außerdem sollen für unterschiedliche Entscheidungsträger die eventuellen Auswirkungen von Landnutzungsänderungen in der Landwirtschaft sichtbar gemacht werden. Anhand der Ergebnisse können somit Empfehlungen und Handlungsoptionen abgeleitet werden. Aus diesem Grund wird folgende Forschungsfrage gestellt:

„Wie lassen sich Ökosystemleistungen von unterschiedlichen landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmethoden einteilen, messen und bewerten und welche Handlungsoptionen lassen sich auf politischer, gesellschaftlicher und unternehmerischer Ebene für die Region Göttingen ableiten?“

2 Die Bewirtschaftungsmethoden

Im folgenden Kapitel werden die drei, für die vorliegende Arbeit relevanten, Bewirtschaftungsmethoden der Landwirtschaft vorgestellt und beschrieben. Zunächst wird die konventionelle Landbewirtschaftung dargestellt und im Anschluss die ökologische Landbewirtschaftung. Abschließend wird die Bewirtschaftung nach dem Demeter-Standard erläutert. Alle Bewirtschaftungsformen werden anhand ihrer Entwicklung, wichtigen Kennzahlen, Hauptkulturarten, Düngung, ihres Pflanzenschutzes und ihrer Umweltwirkung beschrieben.

2.1 Konventionelle Landwirtschaft

Die konventionelle Landwirtschaft ist in Deutschland die am weitesten verbreitete Bewirtschaftungsmethode. (Statistisches Bundesamt, 2021) Die Bewirtschaftungsform wird z.T. als industrielle Landwirtschaft bezeichnet, was sich v.a. durch die Technisierung in Zeiten der industriellen Revolution begründet. Insbesondere im 20. Jhd. haben große Landmaschinen, chemischer Pflanzenschutz und synthetisch-mineralische Dünger in diese Bewirtschaftungsform Einzug erhalten, welche seitdem fortlaufend weiterentwickelt werden. (Groß, 2020) Es entstanden große Lieferanten für die Landwirtschaft wie z.B. BASF, Bayer oder Landmaschinenhersteller wie John Deere, Fendt oder Deutz.

In Deutschland wirtschafteten 2020 89,9 % (rd. 232.700 Betriebe) der Betriebe konventionell. Die durchschnittliche Betriebsgröße beträgt rund 63 ha. Somit bewirtschaftet der konventionelle Sektor etwa 15 Millionen ha in Deutschland, was 90,4 % der landwirtschaftlichen Gesamtfläche entspricht.¹ (Statistisches Bundesamt, 2021) (BMEL, 2021) Die Hauptkulturarten der konventionellen Landwirtschaft im Jahr 2020 in Deutschland waren Weizen (2,6 Mio. ha), Wintergerste (1,3 Mio. ha), Winterraps (950.000 ha), Silomais (2,3 Mio. ha), Kartoffeln (262.000 ha) und Zuckerrüben (381.000 ha). (Statistisches Bundesamt, 2021) Der durchschnittliche Grünlandanteil pro Betrieb betrug 17 ha (27%). Der Anteil an brachliegenden Flächen betrug 3,2 %. (Statistisches Bundesamt, 2021)

¹ aufgeführte Werte basieren z.T. auf eigenen Berechnungen (Grundlage: angegebene Quellen)

In der konventionellen Landwirtschaft wird chemischer Pflanzenschutz eingesetzt und häufig synthetisch-mineralische Dünger, insbesondere für die Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumdüngung. Ein Verbrauch nach Nährstoffen für das Jahr 2019 ist in Abbildung 1 dargestellt.

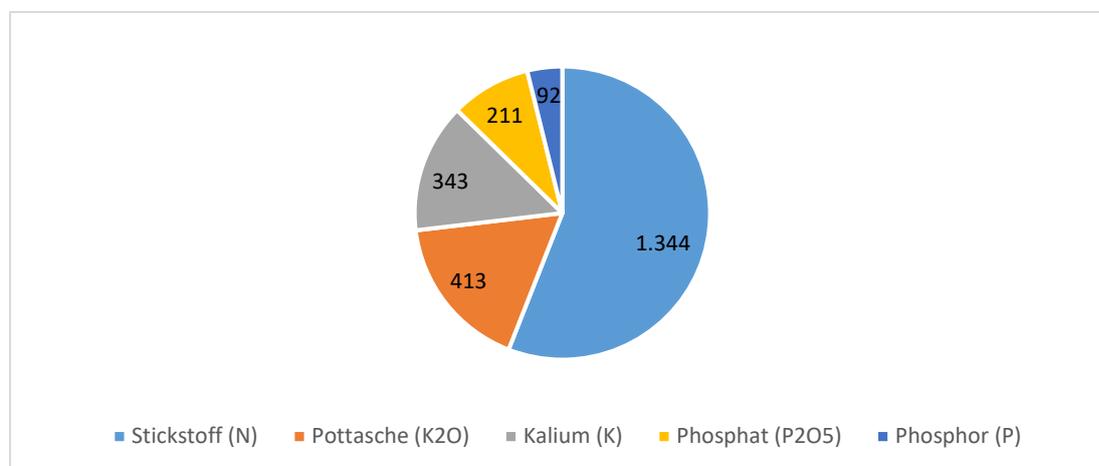


Abbildung 1 Verbrauch von Düngemittel (Landwirtschaft Deutschland) 2019

Quelle: Fertilizers Europe, 2019

Kommentar: Angaben in 1.000 Tonnen Pflanzennährstoff

Insgesamt steht Deutschland wegen unzureichender Umsetzung der EWG-Nitratrichtlinie 91/676 häufig in der Kritik. Aus diesem Grund wurde die Düngeverordnung zuletzt 2020 auf Bundesebene und 2021 auf Landesebene angepasst, sodass bspw. die N-Obergrenze aus organischem Stickstoff auf 170 kgN/ha abgesenkt wurde oder je nach Bewirtschaftungszustand einer Fläche strengere Abstandsregeln zu offenen Gewässern bestehen (BMEL, 2020) (LWK NRW, 2021).

Die Bodenbearbeitung in konventionellen Betrieben ist oft intensiv, sodass laut der Agrarstrukturerhebung 2016 auf 53 % des Ackerlandes ein Pflugeinsatz erfolgte. Die reduzierte Bodenbearbeitung (nichtwendende-konservierende Bodenbearbeitung) erfolgte in 40 % der konventionellen Betriebe. Es wurde beobachtet, dass mit zunehmender Betriebsgröße die Akzeptanz für die konservierende Bodenbearbeitung steigt. Direktsaatverfahren (keine Bodenbearbeitung) werden auf 1 % der Ackerfläche angewendet und haben somit in Deutschland noch keine wesentliche Relevanz. (Statistisches Bundesamt, 2016)².

Die gesamte Landwirtschaft in Deutschland ist für 61,8 Millionen Tonnen CO₂ – Äquivalente³ verantwortlich und somit für 7,6 % der gesamten Treibhausgasemissionen. Die

² Daten für das Wirtschaftsjahr 2015/2016 im Rahmen der Agrarstrukturerhebung 2016 - repräsentativ mit ca. 80.000 Betrieben

³ bezeichnet die Menge an CO₂, welche, in einem festgelegten Zeitraum, die gleiche Erwärmungswirkung hat wie die emittierte Menge eines Treibhausgases (IPCC, 2016)

Treibhausgasemissionen sind dabei v.a. auf die Methan⁴ und Lachgas-Emissionen⁵ zurückzuführen. Insgesamt emittiert der landwirtschaftliche Sektor seit 1990 rund 20 % weniger. (Rösemann, et al., 2021) Die genaue Aufteilung der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen befindet sich im Anhang auf Tab. 29. Auf die konventionelle Landwirtschaft sind insbesondere die N₂O - Emissionen zurückzuführen, die primär durch negative Humusbilanzen entstehen bzw. durch die synthetisch-mineralische Düngung. (Osterburg, Kätsch, & Wolff, 2013) Weitere N₂O-Emissionen entstehen durch Landnutzungsänderungen von Grünland zu Ackerland. CO₂-Emissionen in der konventionellen Landwirtschaft entstehen hauptsächlich durch ackerbaulich genutzte Moore (25,1 Mio t CO₂). (Osterburg, Kätsch, & Wolff, 2013) Hinsichtlich der vielfältigen Bodenfunktionen steht die konventionelle Landwirtschaft des Öfteren im Fokus. So ist die bereits angesprochene Klimawirkung konventionell genutzter Böden laut einschlägiger Literatur durch die anteilige höhere Nutzung organischer Böden und geringerer Humusgehalte, im Gegensatz zu alternativen landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten, geringer und in Teilen negativ einzustufen. Da dem Humus vielfältige Funktionen zukommen wie z.B. THG-Speicherung, Filter- und Pufferfunktionen für den Grundwasserschutz oder Lebensraum für Mikroorganismen, wird das konventionelle Verfahren zunehmend kritisiert. (Thünen-Institut, 2022) Außerdem wird durch den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel (PSM) und synthetisch-mineralischer Dünger der Boden in seinen vielfältigen Funktionen gestört, sodass sich Rückstände sowohl in den Böden als auch im Grundwasser befinden. Weiterhin ist die Erosionsgefahr je nach Bodenbearbeitungsmethode auf intensiv genutzten Ackerflächen deutlich höher einzuschätzen. (Umweltbundesamt, 2015)

Problematiken werden außerdem hinsichtlich der Biodiversität dargelegt, da die konventionelle Landwirtschaft durch vielfältige Ursachen (z.B. geringe Fruchtvielfalt, PSM-Einsatz etc.) als Mitverursacher des Biodiversitätsverlustes gesehen wird. Hierfür werden fortlaufend auf europäischer Ebene (Biodiversitätsstrategie 2030) und auch auf Bundesebene zahlreiche Strategien entwickelt, um dieser Entwicklung entgegenzuwirken. (BMEL, 2021) (Europäische Kommission, 2020)

2.2 Ökologische Landwirtschaft

Die biologische bzw. ökologische Landwirtschaft teilt sich in unterschiedliche Produktionsstandards auf. Alle Standards haben gemeinsam, dass mit wenigen Ausnahmen weder chemischer Pflanzenschutz noch synthetisch-mineralische Dünger eingesetzt werden, sondern stattdessen natürliche Prozesse genutzt werden sollen. Dies kann z.B. durch die Förderung

⁴ CH₄: durch tierische Verdauung

⁵ N₂O: durch Böden

von Nützlingen oder durch das Düngen mit Hilfe von stickstoffbindenden Pflanzen erfolgen. Die ökologische Landwirtschaft ist somit das Gegenstück zur konventionellen Bewirtschaftungsmethode auf allen Produktionsebenen (Pflanzen-, Tier- und Energiepflanzenproduktion). (Best, 2006) Es bildeten sich im 20. Jhd. unterschiedliche Verbände, wie z.B. Biokreis (1979), Bioland (1971), Naturland (1982) oder der Demeter-Verband (1924 - vgl. Kapitel 2.3). Produziert ein Betrieb auf Grundlage der Bewirtschaftungsmethode eines Verbandes gelten jeweils unterschiedliche Produktionsauflagen. Seit der EU-Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 aus dem Jahr 1991 kann außerdem auf staatlichen Standards ökologisch produziert werden. Heute wird auf Grundlage der EU-Verordnung (EG) Nr. 834/2007 (Öko-Verordnung) gewirtschaftet, wodurch Produktions- und Vermarktungsinhalte mit den dazugehörigen Produktionsmethoden geregelt sind. Die Verordnung wurde 2018 durch die VO 2018/848 ersetzt und ist seit dem 01.01.2022 anzuwenden. (BMEL, 2021) Diese EU-Verordnung ist somit der Mindeststandard für ökologisch wirtschaftende Betriebe.

In Deutschland wirtschafteten 10,1 % (26.133 Betriebe) der landwirtschaftlichen Betriebe ökologisch. Die durchschnittliche Betriebsgröße beträgt etwa 61 ha. Somit bewirtschaftet der ökologische Sektor 1,6 Millionen ha in Deutschland, was 9,6 % der landwirtschaftlichen Gesamtfläche ausmacht. (Statistisches Bundesamt, 2021) Der Zuwachs ökologisch wirtschaftender Betriebe seit 2008 ist in Abb. 3 dargestellt.

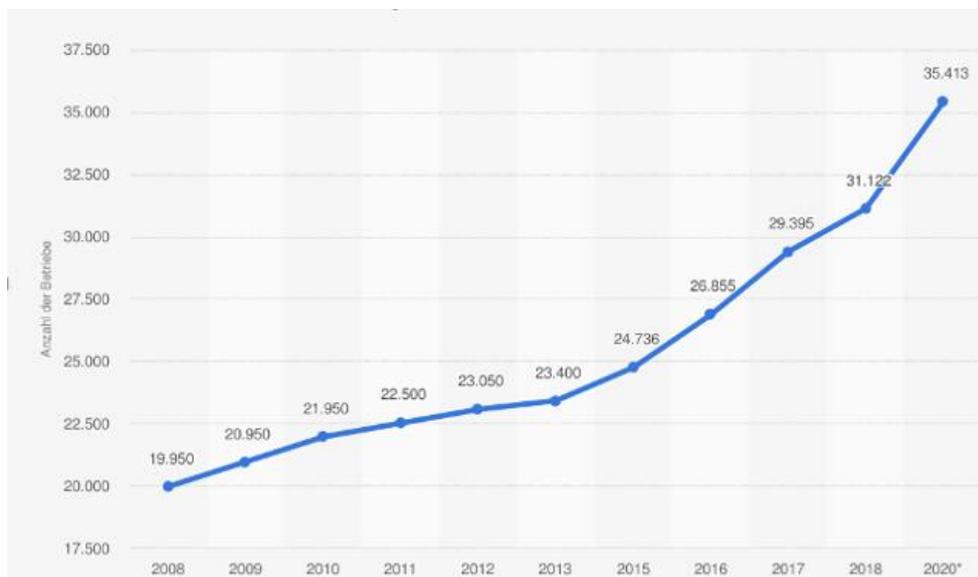


Abbildung 2 Anzahl Betriebe im ökolog. Landbau in Deutschland 2008 – 2020

Quelle: Statista, 2021

Von 2008 bis 2020 war somit ein Wachstum ökologisch wirtschaftender Betriebe von 78 % zu beobachten. Die höchsten Flächenanteile ökologisch bewirtschafteter Flächen befinden sich in den Bundesländern Saarland (18 %) und Hessen (15 %). (Statista, 2021)

Im Jahr 2020 ergab sich bei ökologisch wirtschaftenden Betrieben ein Flächennutzungsverhältnis von 47 % (733.986 ha) ackerbaulicher Nutzung und 53 % (834.177 ha) für die Nutzung als Dauergrünland (Statistisches Bundesamt, 2020). Die Hauptkulturarten waren zu 23 % für die Getreideproduktion (8 % Weizen, 4 % Roggen), 4 % Hülsenfrüchte und 15 % Pflanzen zur Grünernte⁶. Der durchschnittliche Grünlandanteil pro Betrieb betrug 23 ha (37,7 %). (Statistisches Bundesamt, 2020) Insgesamt lässt sich feststellen, dass die ökologisch wirtschaftenden Betriebe in Deutschland aufgrund des geschlossenen Nährstoffkreislaufs, den Schwerpunkt im Futterbau für die entsprechende Tierproduktion (51 %) haben. (Statistisches Bundesamt, 2020)

Die Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen werden im ökologischen Landbau möglichst integriert durchgeführt. Das bedeutet, dass insbesondere durch die Förderung der Bodenfruchtbarkeit und vielgliedrige Fruchtfolge Düngungseffekte erreicht werden. Es wird z.B. versucht verstärkt humusmehrende Kulturen wie Klee gras oder Luzerne anzubauen, um diese Effekte zu erzielen und die Bodenfruchtbarkeit darüber hinaus zu fördern. Humuszehrende Kulturen sind v.a. Hackfrüchte wie die Zuckerrübe. (Thünen-Insitut, 2022) Aber auch die Unkraut-, Krankheits- und Schädlingsregulierung soll durch eine breite Fruchtfolge erfolgen. Häufig werden Leguminosen für die Stickstoffbindung (Klee gras, Luzerne etc.) oder Zwischenfrüchte in die Fruchtfolge integriert. (Best, 2006) Neben diesen Düngemethoden werden organische Dünger verwendet. Aber auch mineralische Dünger sind in Teilen zugelassen wie z.B. Gesteinsmehl, Kalk, Kaliumsulfat, Schwefel und Spurenelementdünger. (BLE, 2021) Die jeweilige Zulassung variiert je nach ökologischem Bewirtschaftungsstandard. Die Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau unterscheidet sich nicht grundlegend vom konventionellen Verfahren. Da die Unkrautregulierung neben den genannten Methoden weitestgehend mechanisch verläuft, werden zusätzlich Striegel- und Hacksysteme eingesetzt. Ähnlich wie im konventionellen Verfahren wird der Pflug eingesetzt, da er als wirksames Unkrautregulierungsmittel gilt und die N-Mineralisation fördert. Es werden jedoch auch im ökologischen Bereich Verfahren angewandt ohne den Einsatz der wendenden Bodenbearbeitung. (Urbatzka, Eckl, & Dörfel, 2013)

Die negativen Umweltauswirkungen der ökologischen Landwirtschaft werden deutlich geringer eingestuft als die der konventionellen Bewirtschaftungsmethode, sodass auf europäischer und auch auf Bundesebene die ökologische Wirtschaftsweise gezielt gefördert wird. Angestrebt werden laut dem Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung 30 % ökologischer Landbau. (Bundesregierung, 2021) Auf EU-Ebene werden nach der Biodiversitätsstrategie 25 %

⁶ „... sind Ackerwiesen und -weiden, die weniger als fünf Jahre dieselbe Ackerfläche beanspruchen und grün geerntete Pflanzen hervorbringen. Die Pflanzen zur Grünernte werden als Futterpflanzen verwendet und als Substrat, um erneuerbare Energien zu erzeugen.“ Quelle: Stat. Bundesamt, 2022

ökologische Landwirtschaft beabsichtigt. Hierdurch sollen insbesondere Prozesse für Klima, Böden und die Biodiversität geschützt und gefördert werden. Hinsichtlich des Klimaschutzes weisen It. Sanders & Heß ökologisch bewirtschaftete Flächen einen um 10 % höheren Kohlenstoffgehalt (256 kg C/ha jährliche Kohlenstoffspeicherungsrate) auf, als konventionell bewirtschafteten Flächen. Ebenfalls niedriger sind die N₂O-Emissionen, im Mittel bis zu 24 %, wodurch sich eine kumulierte Klimaschutzleistung des ökologischen Landbaus von 1.082 kg CO₂-Äquivalenten je ha und Jahr ergibt. (Sanders & Heß, 2019) Diese Werte basieren auf Flächeneinheiten. Werden die Treibhausgasemissionen auf Ertragseinheiten umgerechnet, verweisen Sanders & Heß auf das Fehlen von empirischen Vergleichsstudien. Es wird somit angenommen, dass bei einer ertragsskalierten Untersuchung die Treibhausgasemissionen ähnliche Leistungen wie in der konventionellen Landwirtschaft zugrunde legen. Zu geringeren Treibhausgasemissionen kommt es insbesondere durch den niedrigeren Energieverbrauch und den geringeren Einsatz von synthetischen Düngern. Dem gegenüber steht jedoch It. Meemken & Qaim ein höherer Einsatz von organischen Düngern und somit eine höhere N₂O-Emission je Ertragseinheit. (Meemken & Qaim, 2018) Laut Skinner et al. müsste die ökologische Bewirtschaftung eine Ertragssteigerung von 9 % erreichen, um auf die gleichen ertragsbezogenen Emissionen wie die konventionelle Landwirtschaft zu kommen. (Skinner, et al., 2014) Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Lindenthal et al. in einer Studie im Auftrag der Bio Austria, wobei mögliche Vorteile der biologischen Landwirtschaft im Hinblick auf den Klimaschutz analysiert wurden. Lindenthal et al. schlussfolgern, dass ökologisch bewirtschaftete Ackerflächen als C-Senke angesehen werden können, hingegen konventionell genutzte Ackerflächen je nach Bodenart als C-Emitter gesehen werden können. Laut der Studie werden in ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen durchschnittlich 0,2 % bis 0,3 % mehr C gebunden als in konventionellen Böden. Dieses entspreche einer Mehrmenge zwischen 9 und 14 t C pro Hektar. (Lindenthal, et al., 2011)

Hinsichtlich der Erosionsvermeidung von ökologisch bewirtschafteten Böden weisen ökologische Böden vergleichbare oder bessere Werte als konventionelle auf. Laut Sanders & Heß werden durch einen durchschnittlich um 26 % höheren C_{org}-Gehalt (bzw. 5g/kg) positive Effekte sowohl im Klimaschutz als auch in der Erosionsvermeidung erreicht. Auch hinsichtlich der Wasserqualitäten (28 % geringere Stickstoffausträge) und Bodenfruchtbarkeit (z.B. höhere Regenwurmpopulationen) weist die ökologische Bewirtschaftung Vorteile auf. (Sanders & Heß, 2019) Ebenfalls vorteilhaft ist das ökologische Verfahren hinsichtlich der Biodiversität. In diesem Zusammenhang wird häufig die Artenzahl von Feldvögeln als Indikator verwendet, welche laut der empirischen Untersuchung von Sanders & Heß um 35 % höher ist als auf konventionell bewirtschafteten Flächen. Ähnliche Resultate erzielen Chamberlain et al. und Lokemoen & Beiser. Insgesamt wird festgestellt das sowohl in Flora als auch in Fauna eine höhere Variabilität vorliegt. (Sanders & Heß, 2019) (Chamberlain, Wilson, & Fuller, 1999)

(Lokemoen & Beiser, 1997) Für die Biodiversität auf ackerbaulich genutzten Böden sind zur Förderung von Feldvögeln oder auch Insekten v.a. mehrjährige Kulturen vorteilhaft, da durch die ausbleibende Bodenbearbeitung Bruthabitate nicht zerstört werden. Wie bereits in diesem Kapitel erwähnt, werden in der ökologischen Landwirtschaft vermehrt mehrjährige Kulturen angebaut. Der gleichzeitige Humusaufbau der mehrjährigen Kulturen fördert außerdem die Biodiversität im Boden, sodass sowohl die oberirdische als auch die unterirdische Biodiversität durch diesen Anbau gefördert wird. (Buscot, 2015) (Don, et al., 2018) Durch eine erhöhte Anzahl von Früchten und den Wechsel von Sommerungen, Winterungen und mehrjährigen Kulturen wird lt. Tscharrntke et al & Landis eine heterogenere Agrarlandschaft geschaffen, die ein breiteres Spektrum an Lebensraum abbildet und sich für unterschiedliche Artengemeinschaften vorteilhaft auswirkt. (Tscharrntke, Klein, Kruess, Steffan-Dewenter, & Thies, 2005) (Landis, 2017)

Laut zahlreicher Literaturen kann eine ressourcensparende Bewirtschaftungsmethode des ökologischen Landbaus einen signifikanten Lösungsbeitrag zur Minderung von Umweltproblemen beitragen. (Sanders & Heß, 2019) (Mäder, Fliessbach, & Pfiffner, 2000)

2.3 Landwirtschaft nach Demeter-Standard

Der Bewirtschaftungsstandard nach Demeterrichtlinien ist eine Kategorie des ökologischen Landbaus. Weiterhin ist der Demeter-Verband der älteste deutsche Bio-Verband. Die Wirtschaftsweise wird nach eigenen Angaben als „biologisch-dynamisch“ bezeichnet. (Demeter, 2021) Das Konzept zeichnet sich durch eine spirituell-esoterische Weltanschauung der Anthroposophie aus und wurde 1924 von Rudolf Steiner gegründet. (Zander, 2007) Der Verband ist global aufgestellt, sodass insgesamt 6.433 landwirtschaftliche Höfe (210.388 ha) Mitglied der Biodynamic Federation Demeter-International sind. (Demeter, 2021)

In Deutschland wirtschaften insgesamt 1.740 Betriebe nach dem Demeter-Standard. Die durchschnittliche Betriebsgröße beträgt rd. 57 ha. Somit bewirtschaften die Verbandsmitglieder insgesamt eine Fläche von 98.793 ha in Deutschland, was 6 % der ökologisch bewirtschafteten Fläche in Deutschland ausmacht bzw. 0,6 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche. Der Demeter-Verband ist gemessen an der Fläche hinter Bioland (475.068 ha), Naturland (260.579 ha) und Biopark (114.256) der viertgrößte Bioverband in Deutschland (BÖLW, <https://www.boelw.de/>, 2021). 500 Demeter-Betriebe erzeugten im Jahr 2021 Obst (inkl. Streuobstwiesen) und 660 Betriebe Gemüse. 128 Betriebe waren als Imker gemeldet und 97 als Weinbauern. Den größten Anteil machte die Tierhaltung mit 1.100 Betrieben aus.⁷

⁷ Doppelungen sind enthalten

Die biologisch-dynamische Wirtschaftsweise zeichnet sich lt. Verbandsangaben v.a. dadurch aus, dass der Hof als einzigartiger, lebendiger Organismus gesehen wird und durch das Zusammenwirken von Menschen, Pflanze, Tier und Boden über das Bild des geschlossenen Kreislaufs hinaus gegangen wird. Es wird nicht allein auf die materielle Substanz fokussiert, sondern es soll auf die irdische und kosmische Kräftewirkung aufmerksam gemacht werden. Im Mittelpunkt der Demeter-Bewirtschaftung steht der Boden. Es werden außerdem Präparate⁸ zubereitet, welche den Blick für Zusammenhänge der naturellen Kräfte stärken soll. (Demeter, 2021) Diese Präparate-Arbeit ist ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zu sonstigen ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Weitere wesentliche Unterscheidungsmerkmale zwischen Biobetrieben (lt. EU-Öko-Verordnung) und Demeter-Betrieben sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 Unterscheidung Bio und Demeter

| | EU-Ökoverordnung | Demeter |
|---|--|---|
| Umstellung & Umstellungszeitraum | Teilumstellung möglich | Gesambetriebsumstellung |
| | - Ernte: 12 Monate nach Umstellung = „in Umstellung“. - Aussaat: 24 Monate nach Umstellung = „Öko“. - Dauerkulturen: 36 Monate nach Umstellung = „Öko“ | Wie EU Öko, aber zeitversetzte Umstellung (z.B. erst Pflanzenbau, dann Tierhaltung) muss innerhalb von fünf Jahren erfolgen. Wenn der Betrieb schon 3 Jahre ökologisch anerkannt ist, kann die Umstellungszeit für Demeter verkürzt werden |
| Management | Betriebsleiter kann auch konventionellen Betrieb führen | Betriebsleiter kann keinen konventionellen Betrieb leiten |
| Pflanzenschutz | synth. Pyrethroide und natürliche Phrethrine dürfen eingesetzt werden | Nur natürliche Pyrethrine (ohne Synergist Piperonylbutoxid) nur im Gartenbau und bei Dauerkulturen, jedoch nicht bei der Pilzerzeugung. |
| | 4 kg Kupfer/ha/Jahr im Hopfen & 3 kg in Wein- Obst- und Gemüsebau | max. 3 kg Kufer/ha/Jahr nur in Dauerkulturen |
| | Spinosad & hydrolisiertes Eiweiß ist erlaubt | Spinosad und hydrolisiertes Eiweiß ist nicht zulässig |
| Saatgut | Keine Regelung für hybridzchtung bzw. Züchtungstechniken | Keine Hybride erlaubt (außer Mais), keine CMS-Sorten |
| | | Saat- und Pflanzengut soll aus biodynamischer Züchtung und Vermehrung stammen |
| | | Saat- und Pflanzengut soll bevorzugt aus biodynamischer Züchtung und Vermehrung stammen (falls nicht möglich: ökologisches oder ungebeiztes konventionelles Saatgut) |
| Tierhaltung | Tierhaltung nicht verpflichtend | Tierhaltung verpflichtend bis auf Gartenbau- und Obstbetriebe und Forschungsbetriebe |
| | Enthornung grundsätzlich zulässig | Enthordnung nicht zulässig |
| Verarbeitung | 95% der Zutaten müssen ökologischen Ursprungs sein, damit das „Bio-Logo“ geführt werden darf. | Min. 90% der Zutaten müssen aus Demeter-Herstellung sein, damit das Demeter-Markenzeichen geführt werden darf. |

Quelle: Demeter, 2021

⁸ Definition lt. Demeter: „... Die biodynamischen Präparate sind vitalisierende Zubereitungen für Boden und Pflanzen. Als eine Art Heilmittel für die Erde fördern sie auch Wachstum und Qualität der Pflanzen sowie die Tiergesundheit. Für ihre Herstellung werden pflanzliche, mineralische und tierische Substanzen kombiniert und natürlichen Kräften ausgesetzt, um sie dann in veränderter Form der Natur wieder zuzuführen...“

Die erwähnte verpflichtende Tierhaltung ist ebenfalls ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal. Laut Demeter-Richtlinie müssen bei landwirtschaftlichen Betrieben ein Mindestbesatz von 0,2 Großvieheinheiten (GV) pro ha gehalten werden. Der maximale Besatz beträgt 2,0 GV/ha. Großvieheinheiten sind Rinder, Schafe, Ziegen und/oder Pferde. Je nach Betrieb können jedoch auch Ausnahmen oder individuelle Modellierungen in Absprache mit dem Verband erfolgen. (Demeter, 2021) Zusätzlich ist im Gegensatz zur EU-ÖKO-VO die Mindestgröße je nach Großviehmart geregelt. Weiterhin verpflichten sich Demeter-Betriebe 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche als Biodiversitätsflächen auszuweisen. Bei Nichteinhaltung muss ein Biodiversitätsplan in Abstimmung mit dem Demeter-Verband erstellt werden. (Demeter, 2021)

Die Düngung auf Demeter-Betrieben ist in der Verbandsrichtlinie formuliert, sodass die Grundlage der Düngung bei allen Betriebstypen aus Mist oder Kompost inkl. Präparatebehandlung bestehen muss. Die maximalen Mengen an Wirtschafts- bzw. Zukaufsdüngern je nach Betriebstyp ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 Maximale Mengen von Wirtschafts- und Zukaufsdüngern nach Betriebstypen

| Betriebstyp | Maximaler Stickstoffeintrag in kg N pro ha und a als Durchschnitt über die landw. Nutzfläche des Betriebs | Davon aus org. Handelsdüngern in kg N pro ha und a |
|--------------------|---|---|
| Ackerbau/Grünland | 112 kg N/ha | 40 kg N/ha |
| Gartenbau Freiland | 112 kg N/ha | 80 kg N/ha als Durchschnitt über die gemüsebauliche Fruchtfolge |
| Obstbau | 96 kg N/ha | 40 kg N/ha |
| Weinbau | 150 kg N/ha im dreijährigen Turnus ausgebracht | 40 kg N/ha |

Quelle: Demeter, 2021

Hinsichtlich der Umweltwirkungen sind die Auswirkungen vergleichbar mit denen der ökologischen Landwirtschaft (vgl. Kapitel 2.2). In einer Langzeitstudie aus der Schweiz (DOK-Versuch) wurden die biologisch-dynamische, organisch-biologische und konventionelle Landwirtschaft verglichen. (Mäder, et al., 2002) Die organische und biologisch-dynamische Landwirtschaft schnitt hierbei bzgl. der Bodenstruktur und Artenvielfalt besser ab als die konventionelle Bewirtschaftung. Die Erträge sind lt. der Studie jeweils bis zu 30 % niedriger. (Mäder, Fliessbach, & Pfiffner, 2000) Aus der Studie wird ersichtlich, dass biologisch bewirtschaftete Flächen deutlich weniger Treibhausgase (z.B. 40 % weniger N₂O-Emissionen) emittieren als konventionell genutzte Flächen. (FiBL, 2021) Die biologisch-dynamische Bewirtschaftung weist dabei die geringsten flächen- und ertragsbezogenen N₂O-Emissionen auf. Ebenfalls werden in der biologisch-dynamischen Methode die geringsten Verluste an organischer Bodensubstanz gemessen. Auch in der Treibhausgasspeicherung werden lt. dem DOK-Versuch die höchsten Ergebnisse erzielt. Auf biologisch-dynamisch bewirtschafteten Flächen wird bis zu 15 % mehr Kohlenstoff gespeichert im Vergleich zur konventionellen Alternative. Es wird

geschlussfolgert, dass dieser Effekt v.a. durch die langjährige Kompostanwendung zu Stande kommt. Die Kompostanwendung wirkt sich lt. Mäder et al. außerdem positiv auf den Boden-pH aus. Insgesamt wird der Boden durch diese Anwendung stabiler, was maßgeblich anhand der Huminstoff-Fraktionierung sichtbar wird. Humine sind in der biologisch-dynamischen Bewirtschaftung deutlich höher als in der ökologischen und konventionellen Bewirtschaftung. Insgesamt wird jedoch in dem Versuch festgestellt, dass bei allen Anbauverfahren ein Rückgang organischer Bodensubstanz zu verzeichnen ist, jedoch am geringsten im biologisch-dynamischen Verfahren. Die Schlussfolgerung bzgl. der Kompostanwendung wird durch einen Dauerversuch in Darmstadt durch J. Raupp, 2001 bestätigt, wobei durch verschiedene Düngeversuche u.a. der C-Gehalt in Böden gemessen wurde. Es wurde beobachtet, dass bei der Düngung mit verrottetem Stallmist ein höherer C-Gehalt resultiert. (Raupp, 2001) Weitere wichtige Ergebnisse des DOK-Versuches sind eine höhere Regenwurmdichte und eine höhere Stabilität der Bodenkrümel. Insgesamt wird die Bodenstruktur in der biologisch-dynamischen Landwirtschaft am höchsten eingestuft. Gleiches gilt für die Artenvielfalt gemessen an Beikräuterbesatz, Samenvorrat und Laufkäfern (Mäder, et al., 2002) (Mäder, Fliessbach, & Pfiffner, 2000). In weiteren Untersuchungen wurde außerdem festgestellt, dass die Durchwurzelungsintensität und die Aktivität von Mikroorganismen in biologisch-dynamischen bewirtschafteten Böden 54 % bzw. 18 % höher ist als auf organisch bewirtschafteten Flächen. (Raupp, 2001) Weiterer Forschungsbedarf besteht lt. Mäder et al. darin, ähnliche Versuche in unterschiedlichen Regionen (andere Böden, Temperatur, Niederschläge) durchzuführen. Literaturübergreifend wird jedoch geschlussfolgert, dass für die Minderung der Treibhausgase (THG) die ökologische Landwirtschaft, und somit insb. die biologisch-dynamische Landwirtschaft, ein wirksames Mittel für die THG-Minderung sein kann. (Sanders & Heß, 2019)

3 Ökosystemleistungen in der Landwirtschaft

Im folgenden Kapitel erfolgt eine umfassende Einführung in das Konzept der Ökosystemleistungen. Hierfür wird zunächst der Begriff „Ökosystemleistung“ detailliert beschrieben. Primär werden hier die Klassifizierungsverfahren nach dem „Millenium Ecosystem Assessment“ (MA), dem „The Economics of Ecosystems and Biodiverstiy“ (TEEB) und dem „Common International Classification of Ecosystem Services“ (CICES) erläutert. Weiterhin werden für die vorliegende Arbeit wichtige Begriffe definiert, die im Zusammenhang mit dem Konzept der Ökosystemleistungen stehen. Danach erfolgt eine Darlegung der unterschiedlichen Ökosystemleistungen in der Landwirtschaft auf deren Grundlage spätere Analysen durchgeführt werden. Am Ende des Kapitels werden die Monetarisierungsmethoden ausführlich beschrieben.

3.1 Der Begriff „Ökosystemleistungen“

Ökosystemleistungen werden in der Literatur unterschiedlich definiert, sodass es keine einheitliche Definition gibt. (Götzl, Schwaiger, & Süßenbacher, 2011) Gemeinsam haben jedoch alle Definitionen, dass das Konzept dazu dienen soll, die Vielfältigkeit der Beziehungen zwischen Natur und Gesellschaft zu kommunizieren und somit die Bedeutung der natürlichen Lebensgrundlage für den Menschen mit Hilfe von Konzepten und Klassifikationen zu vermitteln. (Schröter - Schlaack , 2014). Hierdurch sollen die Naturellen Leistungen verständlich erklärt werden und somit das Bewusstsein von Ökosystemleistungen der Bevölkerung geschärft werden. Es sind somit solche Leistungen der Ökosysteme gemeint, die für den Menschen einen Nutzen stiften. Bei den unterschiedlichen Konzepten wird zumeist mit Hilfe von Indikatoren eine Messung durchgeführt. Anhand dieser Messungen sollen Auswirkungen eingeordnet und Entscheidungsprozesse abgewogen werden. (Staub, et al., 2011)

Das grundlegende Konzept bzgl. dieser Thematik erklärt das Millenium Ecosystem Assessment (MA)⁹ aus dem Jahr 2005. Zwar werden die Leistungen von Ökosystemen schon deutlich länger gesellschaftlich, politisch und insbesondere wissenschaftlich diskutiert, jedoch fand das MA im internationalen Kontext große Anerkennung, da besonders eindrücklich der Zusammenhang zwischen funktionierenden Ökosystemen und dem menschlichen Wohlergehen beschrieben wird. (Schröter - Schlaack & Hansjürgens, 2014) So wird beispielsweise erläutert, dass zweidrittel der weltweiten Ökosysteme beschädigt sind und in diesem Zusammenhang die Leistungen der Ökosysteme ebenfalls in Gefahr sind (MA, 2005). Extremwetterereignisse wie Überflutungen, Dürren, Wasserknappheiten und zusätzliche CO₂-Ausstöße sind nur einige beschriebene Auswirkungen, die durch die Beschädigung der Ökosysteme zunehmen (MA,

⁹ großangelegte Studie im Auftrag der UN für Zustandserfassung der wichtigsten Ökosystemleistungen
Ökosystemleistungen in der Landwirtschaft

2005). Hierdurch können gleichzeitig die Bereitstellungsleistungen wie sauberes Trinkwasser, Hochwasserschutz oder auch Erholungsfunktionen beeinträchtigt werden (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012). Durch diese Studie wurde ein Überblick erarbeitet, in welcher 24 zentrale Ökosystemleistungen dargestellt und beschrieben werden. (MA, 2005)

Für die Ökosystemleistungen wurde eine Klassifizierung in folgende vier Kategorien vorgenommen:

1. Basisleistungen

Die Basisleistungen werden als Grundlage aller anderen Leistungen beschrieben und umfassen Leistungen, die nicht unmittelbar nutzbar für den Menschen sind, wie Wasserkreisläufe, Photosynthese oder die Bodenbildung. Sollten jedoch diese Basisleistungen ausfallen, so werden die anderen Leistungen (Kategorien 2 bis 4) direkt oder indirekt in Mitleidenschaft gezogen. Ein verständliches Beispiel hierfür liefert das Naturkapital-Deutschland-TEEB DE anhand der Photosynthese Leistung des Waldes. Sollte durch externe Einflüsse die Photosynthese des Waldes beeinträchtigt werden (z.B. zu hohe Schadstoffeinträge), so kann dieses zu anhaltenden Störungen bzw. zum Absterben ganzer Wälder führen. Durch die ausbleibende Photosynthese wird weniger CO₂ gespeichert (Regulierungsleistung) und es kann zum abrupten Einbruch der Holzproduktion (Versorgungsleistung) kommen. Der Wald erfüllt außerdem für viele Menschen eine Erholungsleistung (kulturelle Leistungen), welche durch die ausbleibende Photosynthese und das damit einhergehende Absterben des Waldes ebenfalls nicht mehr im vollem Umfang gegeben wäre (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012). Es wird somit verdeutlicht wie komplex die Zusammenhänge in Ökosystemen sind und wie sich eine Einschränkung von Basisleistungen auf die anderen drei Leistungen auswirkt. Basisleistungen sind aufgrund ihrer Komplexität nur indirekt über die Versorgungs-, Regulierungs- und kulturelle Leistungen zu bewerten. (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012) Die entsprechenden Bewertungsmethoden werden in Kapitel 3.3 beschrieben.

2. Versorgungsleistungen

Die Versorgungleistung stellen Güter bereit. Diese Güter sind v.a. Nahrungsmittel, Wasser, biomassebasierte Energierohstoffe oder Holz. Weitere Güter sind Wasserbewohner wie Fische oder generierte Güter durch das Jagen und Sammeln (Wildtiere, Pilze etc.). Für die Versorgungsleistungen existieren in den meisten Fällen Märkte, auf denen die Güter zu einem Marktpreis gehandelt werden können (Naturkapital Deutschland - TEEB DE, 2015). Bei der Betrachtung der Versorgungsleistung (z.B. Nahrungsmittelerzeugung) sollte jedoch darauf geachtet werden, dass sich diese Leistungen auch negativ auf andere Leistungen auswirken können. Es kann z.B. eine hohe Versorgungsleistung erzielt werden durch eine erhöhte Düngermenge, was sich jedoch negativ auf die Grundwasserqualität durch Stickstoffeinträge auswirken kann. Somit wäre wiederum die Regulierungsleistung beeinträchtigt. Eine isolierte

Betrachtung der Versorgungsleistung sollte daher entweder deutlich als solche kenntlich gemacht werden oder im Kontext mit den anderen Ökosystemleistungen erfolgen. (Schröter - Schlaack & Hansjürgens, 2014)

3. Regulierungsleistungen

Regulierungsleistungen wirken sich zumeist durch einen indirekten Nutzwert aus. Diese Leistungen wirken somit auf Prozesse anderer Ökosystemleistungen ein, wie z.B. die Reinigungsfunktion von Böden und Gewässern. Weitere Beispiele sind die Minderung von Klimagasen, Bestäubung, Erosionsschutz, Hochwasserschutz oder die natürliche Schädlingsregulierung (Naturkapitel Deutschland – TEEB DE, 2012). Die Bestäubungsleistung hat z.B. direkten Einfluss auf die Nahrungsmittelproduktion, da viele Kulturpflanzen auf die entsprechenden Insekten angewiesen sind. Daran wird ersichtlich, dass die Elemente der Regulierungsleistungen direkten Einfluss bzw. Nutzen für den Menschen haben und sich die Regulierungsleistung als solche indirekt auf die Gesellschaft auswirkt. Für Regulierungsleistungen bestehen in der Regel nur wenige Märkte. (Naturkapitel Deutschland - TEEB DE, 2015)

4. Kulturelle Leistungen

Die kulturellen Leistungen sorgen vor allem für das Wohlbefinden der Menschen durch unterschiedliche Instrumente der Natur. (Schröter - Schlaack & Hansjürgens, 2014) Die Leistungen tragen zur Erholung bei und haben damit eine positive Wirkung auf die Gesundheit. Weitere Leistungen und Vorteile entstehen durch Inspiration z.B. für künstlerische Darstellungen oder durch Heimatgefühle. Weiterhin ist die Bildung, Wissenschaft und Forschung Teil der kulturellen Leistungen, da die Natur komplexe Vorbilder oder Ausgangsstoffe für Medizin, Technik und die Nahrungsmittelproduktion liefert. Es können dadurch neue Erkenntnisse für diese Bereiche generiert werden. Wie bei den Regulierungsleistungen bestehen für die kulturellen Leistungen zumeist keine Märkte. (Naturkapitel Deutschland – TEEB DE, 2012) Die Wichtigkeit der kulturellen Leistungen kann gut am Tourismus beschrieben werden. Viele Tourismusaktivitäten wie Wandern, Fahrradfahren oder Rudern sind auf gut funktionierende Ökosysteme angewiesen. In Deutschland sind ca. 2,4 Millionen der Erwerbstätigen in der Tourismusbranche aktiv, was einer Bruttowertschöpfung von rd. 105 Milliarden Euro pro Jahr entspricht. (BMWI, 2019) Sollte also die kulturelle Leistung der Ökosysteme beeinträchtigt werden (z.B. durch den Verlust der Ästhetik), kann dies in weiterer Folge nicht nur zu Erholungs- und Gesundheitsfolgen führen, sondern auch die Bruttowertschöpfung mindern.

Eine weitere Initiative, die in Teilen auf der MA Studie aufbaut, hat international viel Aufsehen erlangt. Die Initiative „The Economics of Ecosystems and Biodiverstiy“ (TEEB) wurde im

Rahmen eines G8 + 5¹⁰ Treffens im Jahr 2007 gegründet. Die Schirmherrschaft über das Projekt übernahm die UNEP¹¹. (TEEB, 2021) Das erklärte Ziel der veröffentlichten Studien (2008 bis 2012) war es, die Natur in allen Dimensionen abzubilden. Hierfür wurden die Qualität, Quantität und Vielfalt der Ökosysteme untersucht, inklusive deren Arten- und Genpool. Neben gesellschaftlichen Themen wurden auch wirtschaftliche Zusammenhänge zwischen Ökosystemen und Menschen analysiert. Weiterhin wird veranschaulicht, dass die Gesellschaft mit ihrem natürlichen Kapital ökonomisch verantwortlich umgehen sollte (TEEB, 2010) (Naturkapital Deutschland - TEEB DE, 2015). Die Studie gibt hierfür zahlreiche konkrete Vorschläge, wie eine Monetarisierung der Ökosystemleistungen systematisch erfolgen kann (vgl. Kapitel 3.3). Als Grundlage hierfür ist es wichtig das Konzept des ökonomischen Gesamtwertes (TEV)¹² zu kennen. Der TEV bietet die Möglichkeit die verschiedenen Arten von Naturwerten darzustellen. Dabei können diese Werte in zwei Hauptkategorien eingeteilt werden (nutzabhängige und nutzungsunabhängige Werte), welche wiederum verschiedene Unterkategorien haben (Freeman, Herriges, & Kling, 2014). Die **nutzungsabhängigen** Werte teilen sich auf in die direkten bzw. indirekten Nutzungswerte. Wie bereits in diesem Kapitel beschrieben, sind direkte Nutzungswerte z.B. landwirtschaftliche Produkte (konsumptiver Nutzen) oder Erholungsleistungen (nicht konsumptiver Nutzen) (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012). Indirekte Nutzungswerte sind primär Regulierungsleistungen, wie am oben beschriebenen Beispiel der Bestäubung bereits verdeutlicht wurde. Die **nutzungsunabhängigen** Werte teilen sich in den Vermächtniswert, den altruistischen Wert und den Existenzwert auf. Zwischen den nutzungsunabhängigen und nutzungsabhängigen Werten steht außerdem der **Optionswert**, der den Nutzen beschreibt, eine Möglichkeit zukünftig nutzen zu können. Das Naturkapital Deutschland-TEEB DE beschreibt den Optionswert anhand eines Beispiels zur Erhaltung der biologischen Vielfalt in Regenwäldern. Die Vielfalt, insbesondere die genetische Vielfalt, kann somit bspw. für zukünftige Forschung in der Pharmaindustrie genutzt werden. Optionswerte werden jedoch häufig nicht in eine Berechnung der Ökosysteme integriert. (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012) Eine Übersicht inkl. kurzer Beschreibung der Unterkategorien des ökonomischen Gesamtwerts befindet sich in Abbildung 4.

¹⁰ G8 + 5: Alle G8 Staaten + die 5 wichtigsten Schwellenländer (China, Brasilien, Indien, Mexiko und Südafrika). Wurde 2005 das erste mal einberufen u.a. für effektivere Klimaschutzmaßnahmen. Quelle: <https://www.kas.de/de/einzeltitel/-/content/der-g-8-gipfel-in-japan-perspektiven-aus-den-outreach-staaten>

¹¹ United Nations Environment Programme – Umweltprogramm der Vereinten Nationen

¹² in Englisch: Total Economic Value (TEV)

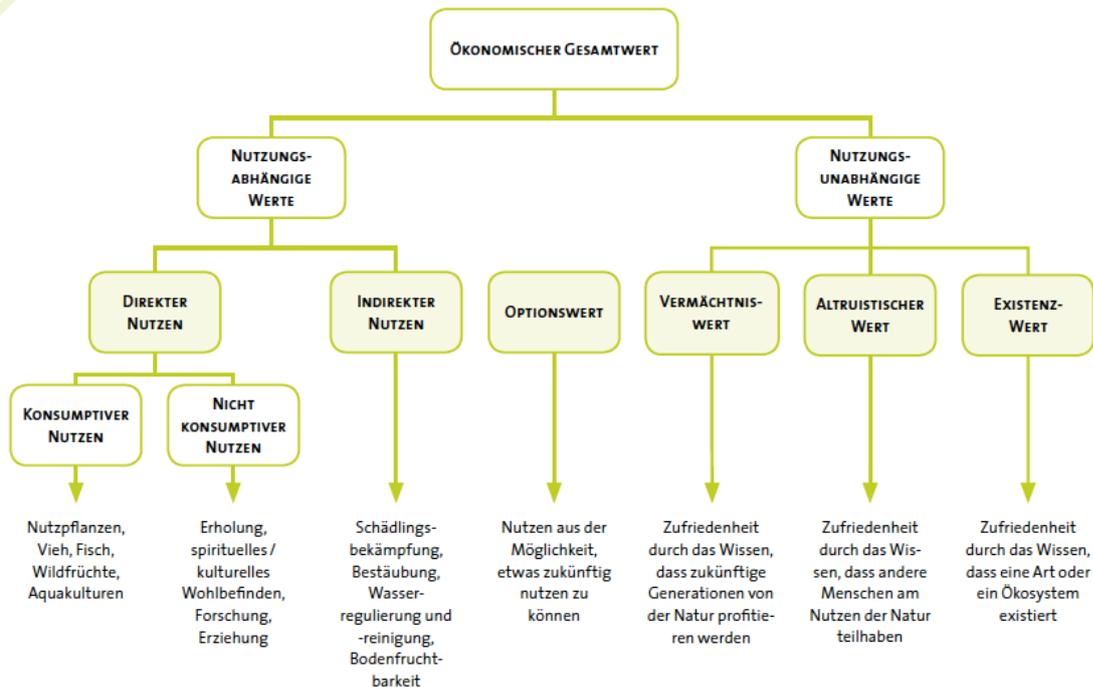


Abbildung 3 Konzept ökonomischer Gesamtwert

Quelle: Naturkapital Deutschland-TEEB DE, 2021

Als weitere Unterstützung in der Einteilung und Erfassung von Ökosystemleistungen dient die Darstellung der Abbildung 4.



Abbildung 4 Werte von Ökosystemleistungen und deren Erfassung

Quelle: Naturkapital Deutschland-TEEB DE, 2012

Diese anthropozentrische¹³ Darstellung verdeutlicht außerdem die Komplexität von Ökosystemleistungen. Es kann somit bei der Bewertung von ÖSL zum „Eisberg-Effekt“ kommen, in dem nur einige Werte von Ökosystemen erfasst werden und andere wichtige Komponenten verdeckt bleiben (Naturkapital Deutschland - TEEB DE, 2015). Um Ergebnisverzerrungen zu vermeiden ist eine korrekte Erfassung von ÖSL wichtig. Teile dieser Darstellung und auch der in Abbildung 3 dargestellten Informationen dienen als Grundlage für die Erfassung (vgl. Kapitel 3.3) von Ökosystemleistungen.

Außerdem wird als wichtiger Begriff in der TEEB -Studie das „Naturkapital“ genannt. Dabei wird der Begriff als Grundlage für Wertschöpfung und Wohlstand definiert, da die vielseitigen Leistungen der Natur als Voraussetzung für die Produktion zahlreicher anderer Güter und Dienstleistungen gelten. Somit bildet die Natur aus der Artenvielfalt, den Lebensgemeinschaften und den Ökosystemen das Naturkapital. Ökonomisch wird beschrieben, dass die Natur als das „Kapital“ zu verstehen ist und die entsprechenden Leistungen als „Dividende“, welche den Menschen ausgezahlt wird. Um nachhaltig zu wirtschaften, sollte folglich der Kapitalstock erhalten werden, damit die Dividenden künftigen Generationen auch zugutekommen. (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012)

Aufbauend auf die Kategorisierung von MA und TEEB bieten Potschin et al. im Rahmen des CICES-Katalogs einen weiteren Kategorisierungsvorschlag. (Potschin, Haines-Young, Turner, & Fish, 2016)

Die „Common International Classification of Ecosystem Services“¹⁴ (CICES) ist ein Projekt der europäischen Umweltagentur und hat laut eigenen Angaben nicht zum Ziel, die Klassifikationen von Ökosystemleistungen bestehender Studien zu ersetzen. Es soll mit dem System erleichtert werden die naturellen Leistungen für den Menschen besser zu verstehen, die entsprechenden Informationen leichter zu erfassen und im Anschluss zu analysieren. So erkennt CICES die Versorgungs-, Regulierungs- und kulturellen Leistungen aus dem MA-Standard an (CICES, 2021). Jedoch bleiben die Basisleistungen außen vor, da sie als Grundlage aller anderen Ökosystemleistungen verstanden werden (Naturkapital Deutschland - TEEB DE, 2015). Laut CICES werden diese Leistungen nur indirekt konsumiert und ermöglichen vielseitige Endprodukte, wodurch sie als Bestandteil der anderen drei Kategorien angesehen werden. Somit wurden in der ersten Fassung (V4) primär die biotischen Bestandteile von Ökosystemleistungen fokussiert und die abiotischen Leistungen (z.B. Wind) als eine Parallelklassifikation geführt. In der aktuellen Version (V 5.1) aus dem Jahr 2018 liegt der Schwerpunkt zwar weiterhin

¹³ „den Menschen in den Mittelpunkt stellend“ (<https://languages.oup.com/google-dictionary-de/>) – es werden also nur Leistungen erfasst die dem Menschen nutzen.

¹⁴ Übersetzung: Gemeinsame internationale Klassifikation der Ökosystemleistungen.

auf den biotischen Faktoren, jedoch wurde die Klassifizierung auch auf die abiotischen Faktoren ausgeweitet. (Haines-Young & Potschin, 2018) Weiterhin wird mit potenziellen „finalen Ökosystemleistungen“¹⁵ in diesem System gearbeitet. Die finalen Ökosystemleistungen stehen dem Menschen direkt zur Verfügung und wirken somit unmittelbar auf das Wohlbefinden der Menschen ein. Potschin und Haines-Young beschreiben diese konzeptionell anhand des Kaskadenmodells (vgl. Abbildung 5).

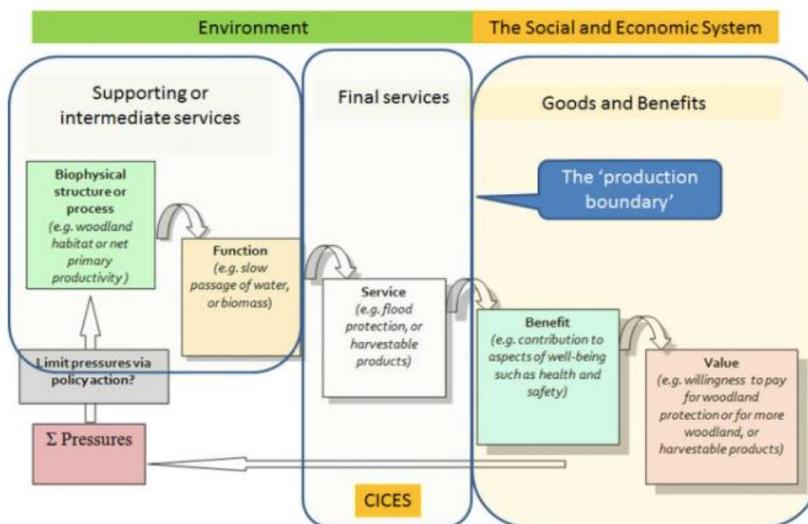


Abbildung 5 Kaskadenmodell

Quelle: Haines-Young & Potschin, 2018

Mittels eines fünfstufigen hierarchischen Verfahrens werden die finalen Ökosystemleistungen ermittelt und klassifiziert. Folgende fünf Schritte beinhaltet das Verfahren und wird hier anhand eines gewählten Beispiels (Getreide) von CICES erklärt (CICES, 2021):

| | Beispiel |
|----------------------------|--|
| 1. Abschnitt (Section) | Versorgung |
| 2. Abteilung (Division) | Biomasse |
| 3. Gruppe (Group) | Kulturpflanze für Ernährung, Energie o.ä. |
| 4. Klasse (Class) | für Ernährungszwecke kultivierte Pflanze |
| 5. Klassentyp (Class type) | Getreide (z.B. als ökologischer Beitrag zum Wachstum von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen für die Weiterverwendung in der Nahrungsmittelproduktion) |

¹⁵ Leistungen, die vom Menschen direkt konsumiert, genossen oder genutzt werden. (BfN S. 25)

Durch die hierarchische Struktur soll das Hinzufügen weiterer Klassifikationen ermöglicht werden, Größenprobleme gelöst und eventuelle geografische Unterschiede berücksichtigt werden können. Es soll damit ein dynamisches System gewährleistet werden. Für die Durchführung des Systems ist ein Tool entwickelt worden, welches Äquivalenzen von MA, TEEB und weiteren Studien mit einbezieht.¹⁶ (CICES, 2021) In diesem Tool befinden sich zahlreiche Informationen zu den Klassifikationen von Regulierungs-, Versorgungs- und kulturellen Leistungen. Diese werden wiederum anhand des oben beschriebenen fünfstufigen Verfahrens klassifiziert und eingeordnet. Weiterhin wird ggf. vorhandene Literatur beigefügt und eine Einordnung zu den Klassifikationen nach MA bzw. TEEB dargestellt. Die Gliederung erfolgt außerdem nach biotischen bzw. abiotischen Faktoren.

In der Literatur werden zwar noch weitere Konzepte beschrieben, jedoch reichen die drei vorgestellten Ansätze für die Durchführung der vorliegenden Arbeit aus und geben sowohl national als auch international einen umfassenden Überblick über die konzeptionellen Gemeinsamkeiten und Unterschiede von dem System der Ökosystemleistungen.

3.2 Ökosystemleistungen in der Landwirtschaft

Deutschland weist eine Gesamtfläche von 357.600 km² auf. Die Landwirtschaft beansprucht hierbei eine Fläche von 180.934 km² und hat mit ca. 51 % den größten Anteil der Flächennutzung in Deutschland (Statistisches Bundesamt, 2021). Es wird dadurch deutlich, dass die Landwirtschaft einen besonderen Einfluss auf das Landschaftsbild und die Leistungen der Ökosysteme hat. Die Nutzflächen der Landwirtschaft teilte sich im Jahr 2021 auf 70 % Ackerland, 29 % Dauergrünland und 1 % Dauerkulturen auf. (Statistisches Bundesamt, 2021)

Anhand der Verteilung wird ersichtlich, dass die ackerbauliche Landwirtschaft mit 70 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche den elementarsten Anteil hat. Somit wird ebenfalls deutlich, dass die ackerbauliche Nutzung den potenziell größten Einfluss auf die Ökosystemleistungen hat.

Die Landwirtschaft stellt Ökosystemleistungen bereit (z.B. Sicherung der Kulturlandschaft oder Versorgungsleistungen) und nutzt sie (z.B. durch Bestäubungsleistung von Bienen). Die Einflüsse durch die Landbewirtschaftung können sich hierbei positiv und negativ auf die Ökosystemleistungen auswirken. Folglich wird das Verhältnis zwischen der Landwirtschaft und Ökosystemleistungen als sehr komplex angesehen, weil in der Landwirtschaft die natürlichen Prozesse einen besonderen Einfluss z.B. auf das Ertragspotenzial haben. (Götzl, Schwaiger, & Süßenbacher, 2011) Eine von der europäischen Kommission finanzierte Studie vom Institut

¹⁶ Das Exceltool steht auf der Website von CICES zum Download zur Verfügung (<https://cices.eu/>)

für europäische Umweltpolitik (IEEP) aus dem Jahr 2009 gliedert die Ökosystemleistungen der Landwirtschaft in zehn verschiedene Themenkomplexe und bietet damit ein europäisches Grundgerüst der landwirtschaftlichen Leistungen. (Cooper, Hart, & Baldock, 2009) Diese Leistungen sind in Tabelle 3 dargestellt, wodurch ersichtlich wird, dass sowohl private als auch öffentliche Güter durch die Ökosysteme bereitgestellt werden.

Tabelle 3 Ökosystemleistungen in der Landwirtschaft

| Ökosystemleistung | Beispiel |
|------------------------------------|--|
| Kulturlandschaft | z.B. durch das Angebot von Natur- und Kulturlandschaften für touristische Nutzung |
| Biologische Vielfalt | z.B. durch Blühstreifen und vielfältige Fruchtfolgen |
| Wasserqualität und -verfügbarkeit | z.B. Filter für Schadstoffe |
| Bodenfunktion | z.B. Fruchtbarer Boden für landw. Nutzung |
| Klimastabilität | z.B. CO ₂ -Speicherung |
| Reduktion der Hochwassergefahren | z.B. Schutzleistungen durch landw. Gebiete, die überflutet bzw. Wasser zurückhalten können |
| Reduktion der Lawinengefahr | z.B. durch Schutzwälder |
| Reduktion der Erosionsgefahr | z.B. durch permanente Bodenbedeckung (Grünland vs. Ackerland) |
| Nahrungsmittelsicherheit/Rohstoffe | z.B. durch Nahrungsmittelproduktion |
| Genetische Vielfalt | z.B. durch den Erhalt alter Kultursorten |

Quelle: erstellt nach Cooper, Hart & Baldock, 2008; Götzl, Schwaiger & Süßenbacher, 2011

Diese Gliederung wurde u.a. vom österreichischen Umweltbundesamt verwendet, um ein Inventar der landwirtschaftlichen Ökosystemleistungen zu erstellen und zu untersuchen. (Götzl, Schwaiger, & Süßenbacher, 2011) Die Arbeit baut u.a. auf einer vorerghenden Inventarisierung der landwirtschaftlichen Ökosystemleistungen des Umweltbundesamtes der Schweiz auf (Staub, et al., 2011). Hierbei wurden die nutzbaren Ökosystemleistungen in vier verschiedene Nutzengruppen (Gesundheit, Sicherheit, wirtschaftliche Leistungen und natürliche Vielfalt) unterteilt. Außerdem wurde eine Kategorisierung der Ökosystemleistungen mit den dazugehörigen Indikatoren nach MA bzw. CICES vorgenommen. Es wurden somit finale Ökosystemleistungen verwendet. (Staub, et al., 2011). Durch die Verwendung der finalen ÖSL sollte eine gute Eignung standardisierter quantitativer Erfassung in den Bereichen Bewusstseinsbildung,

Landschaftsmanagement, Kosten-Nutzen-Analysen, Versorgungsbilanzen und für die Grundlage des Ressourcenmanagements gewährleistet sein. (Banzhaf & Boyd, 2007) (Götzl, Schwaiger, & Süßenbacher, 2011) Dieses Inventar der landwirtschaftlichen Ökosystemleistungen wird anschließend durch geeignete Indikatoren gemessen (vgl. hierzu auch Kapitel 3.3). Da sich die Schweiz und Österreich geografisch ähnlich sind, konnte hier ein methodischer und in Teilen auch inhaltlicher Transfer vorgenommen werden, sodass nur geringfügige Anpassungen durch das österreichische Umweltbundesamt erfolgen mussten.

In Deutschland kann eine Erhebung ebenfalls durch finale Ökosystemleistungen mit einem grundsätzlich ähnlichen Inventar erfolgen, jedoch sind die Indikatoren andere. Aus diesem Grund hat das Bundesamt für Naturschutz 2015 eine erste Empfehlung in Form eines Diskussionspapiers zur Entwicklung bundesweiter Indikatoren zur Erfassung von Ökosystemleistungen veröffentlicht. (Schweppe-Kraft, Dietrich, & Engels, 2015) Eine Übersicht der Kategorisierung inkl. der gewählten Indikatoren befindet sich in Tabelle 4.

Tabelle 4 Indikatoren von Ökosystemleistungen in Deutschland

| | |
|------------------------------|---|
| Versorgungsleistung | Natürliche Fruchtbarkeit ackerbaulich genutzter Böden – landwirtschaftliche Pflanzenproduktion |
| | Anteil Grünland an der landwirtschaftlich genutzten Fläche – Tierproduktion |
| | Holzvorrat im Wald – Holzproduktion |
| Regulationsleistung | Selbstreinigungspotenzial von Fließgewässern |
| | Schutz der Grundwasserqualität |
| | Erosionsminderung |
| | Verminderung von Hochwassergefahren durch Wasserretention in Auen |
| | Bestäubung und biologische Schädlingskontrolle – natürliche und halbnatürliche Flächen und Kleinstrukturen in Agrarlandschaften |
| | Minderung von Klimagasemissionen (z.B. Wiedervernässung von Moorböden) |
| kulturelle Leistungen | Mikroklimatische Puffer- und Ausgleichsfunktionen und Luftfilterwirkung städtischer Grünflächen |
| | Indikatoren für die Erholungsfunktion veränderbarer Eigenschaften der Ökosysteme der freien Landschaft (Natürlichkeit, Vielfalt, Ungestörtheit, Angebote für spezielle Nutzungen etc.) |

Quelle: erstellt nach Schweppe-Kraft, Dietrich & Engels, 2015

Das Bundesamt für Naturschutz bekräftigt jedoch, dass der Bericht lediglich als Diskussionsgrundlage für die weitere Entwicklung von Indikatoren gelten soll. Weiterhin wird ausgeführt, dass die Indikatoren bundesweite Geltung haben sollen, allerdings die Definition der Indikatoren durchaus Spielraum für Veränderungen lassen (Schweppe-Kraft, Dietrich, & Engels, 2015). Da sich in der vorliegenden Arbeit insb. auf die verschiedenen ÖSL der Landwirtschaft

bezogen werden soll, sind die relevanten Indikatoren, die durch die Landwirtschaft beeinflusst werden können, markiert.

Das Bundesamt für Naturschutz hat im Jahr 2020 einen weiteren Bericht veröffentlicht, in welchem die Ökosystemleistungen in der Landschaftsplanung untersucht werden. (Schrapp, et al., 2020) Hierfür wurde eine umfassende Literaturrecherche zu Indikatoren von ÖSL erstellt. In der folgenden Tabelle 5 sind die relevanten landwirtschaftlichen Indikatoren aufgelistet.

Tabelle 5 Indikatoren für landw. Ökosystemleistungen (Literaturanalyse)

| Ökosystemleistung | Indikatoren |
|---|---|
| Nahrungsmittel - Pflanzliche Agrarprodukte | Ernteerträge |
| | Deckungsbeiträge |
| | Ackerbauliches Ertragspotenzial |
| | Mittlere Ertragsmesszahlen (abgeleitete natürliche Ertragsfähigkeit der Böden) |
| | Index der Erntestatistik |
| | Anteil der Ackerflächen/landwirtschaftlichen Flächen an der Gesamtfläche |
| | Änderung des Ertragspotenzials |
| | Erntestatistik zu Getreideeinheiten |
| | Anteil Landwirtschaftsfläche |
| | Anteil Öko-Landbau |
| Erosionsregulierung - Regulierung von Wassererosion | permanente Bodenbedeckung |
| | Flächenanteil an vegetationsbedeckten Flächen in potenziell wassererosionsgefährdeten Gebieten |
| | Langjähriger mittlerer Bodenabtrag durch Wassererosion |
| | Anteil gewonnenes Trinkwasser (aus Grundwasser) im Vergleich zu neu gebildetem Grundwasser (%) |
| | Aktuelle Wassererosion ($t/ha \cdot a$) |
| | Anteil des organischen Ackerbaus (%) |
| Regulierung der Wasserqualität - Grundwasserneubildung | Nitratkonzentration im Grundwasser |
| | Nitratbelastung des Grundwassers |
| | Trinkwassergewinnung aus Grundwasser |
| | Mittlere Sickerwasserrate aus dem Boden (mm/a) |
| | Mittlere jährliche Grundwasserneubildung |
| | Grundwasseremissionsindex |
| | Jährliche Bodeninfiltration |
| | Bodenfunktion „Ausgleichkörper im Wasserkreislauf“ |
| Chemischer Zustand der Oberflächengewässer | |
| Regulierung der Wasserqualität - Pufferwirkung des Bodens | Gesamtfläche nach Nutzungsarten und Emissionsbetrachtung über Landnutzung |
| | Nitratkonzentration im Grundwasser |
| | Bodenfunktion: Filter und Puffer für Schadstoffe |
| | pH-Wert der Böden/Versauerung |
| | Humusgehalt/organische Bodensubstanz/gesamter organischer Kohlenstoff |
| | Tongehalt |
| | Schwermetalleintrag |
| | Anteil Flächen ökologischer Landwirtschaft |
| | Bodennutzung in der Landwirtschaft |
| | Stickstoffüberschuss |
| Wasserversorgung aus unbehandeltem Quell- und Grundwasser | |
| Klimaregulierung | Vegetationsflächenanteile (%) |
| | Bodenformen (Moore) |
| | CO ₂ -Speicherleistung Anlehnung an IPCC und NIR; CO ₂ -Äquivalente [kg/ha] |
| | Kohlenstoffspeicherung in lebender Bio-masse |
| | Netto-Produktivität |
| | CO ₂ -Speicherleistung (inkl. Emissionen) nach IPCC/nach InVest/nach ARIES |
| | Jährlicher Nettoeffekt der Ökosysteme |
| | Absoluter Wert des CO ₂ -Vorrats |
| Index Veränderung des CO ₂ -Vorrats | |
| Erholung | Unzerschnittene Räume |
| | Häufigkeit und Verteilung von Kleinstrukturen |
| | Beherbergungsbetriebe mit Öko-Label/Bettenzahlen in Beherbergungsbetrieben mit Öko-Label je Fläche |
| | Landschaftliches Potenzial für die Feierabend-, Tages- und Wochenenderholung |
| Ästhetik | Grünasstattung pro Einwohner (m^2) |
| | Flächennutzung |
| | Vegetationstypen |
| | Vielfalt der Kulturarten |
| | Relieffvielfalt |
| Existenzwert | Hangneigung |
| | Ästhetischer Wert der Landschaften |
| Existenzwert | Landschaftsvielfalt |

Quelle: erstellt nach Schrapp et al. 2020

Zu erkennen ist, dass eine grundsätzlich ähnliche Struktur gewählt wurde wie vom IEEP (vgl. Tabelle 3) und die Leistungen den Kategorien nach MA, TEEB und CICES jeweils zugeordnet werden können.

Wie genau die genannten Indikatoren letztlich untersucht werden können ist vor allem davon abhängig, ob die jeweiligen Daten regional verfügbar sind. Die vorgestellten Berichte des österreichischen, schweizerischen und deutschen Umweltbundesamt mit dem dazugehörigen Inventar bzw. Indikatoren, dienen als Grundlage und Auswahlpool für spätere Analysen der landwirtschaftlichen Ökosystemleistungen.

3.3 Monetarisierungsmethoden in der Landwirtschaft

Um den Ökosystemleistungen einen ausweisbaren Wert zuzuschreiben bestehen methodisch verschiedene Ansätze. Die Literatur weist hierfür zahlreiche Methoden der Monetarisierung aus. Einige dieser Methoden betrachten die Ökosystemleistungen aus unternehmerischer Sicht und bewerten schwerpunktmäßig die eigenen ökonomischen Umweltauswirkungen ihres Handelns, z.B. die ISO Norm 14.008. Die unternehmensinternen Ziele sind bei dieser Norm, ein besseres Verständnis für die Abhängigkeit von Ökosystemleistungen zu schaffen wie z.B. sauberes Wasser oder saubere Luft. Weiterhin sollen Chancen und Risiken, welche im Zusammenhang mit den Ökosystemleistungen stehen, aufgezeigt werden und der Wert des Naturkapitals des Unternehmens sichtbar gemacht werden. Durch das Sichtbarmachen des unternehmerischen Handelns werden zunehmend auch diese Werte in die internen Entscheidungsprozesse mit einbezogen (ISO, 2019) (Bengt Steen, 2018). Um mehr Informationen bzgl. des Naturkapitals bzw. ÖSL zu generieren, hat das „Natural Capital Protocol“ ein standardisiertes Rahmenkonzept entworfen, um direkte und indirekte Abhängigkeiten von ÖSL zu identifizieren und messbar zu machen. Die dadurch gewonnenen Informationen sollen in die Unternehmensentscheidungen mit einbezogen werden und können somit bspw. in das Risikomanagement integriert werden. (Natural Capital Coalition, 2021) Das grundsätzliche Vorgehen des Natural-Capital-Protocols befindet sich in Abbildung 6.

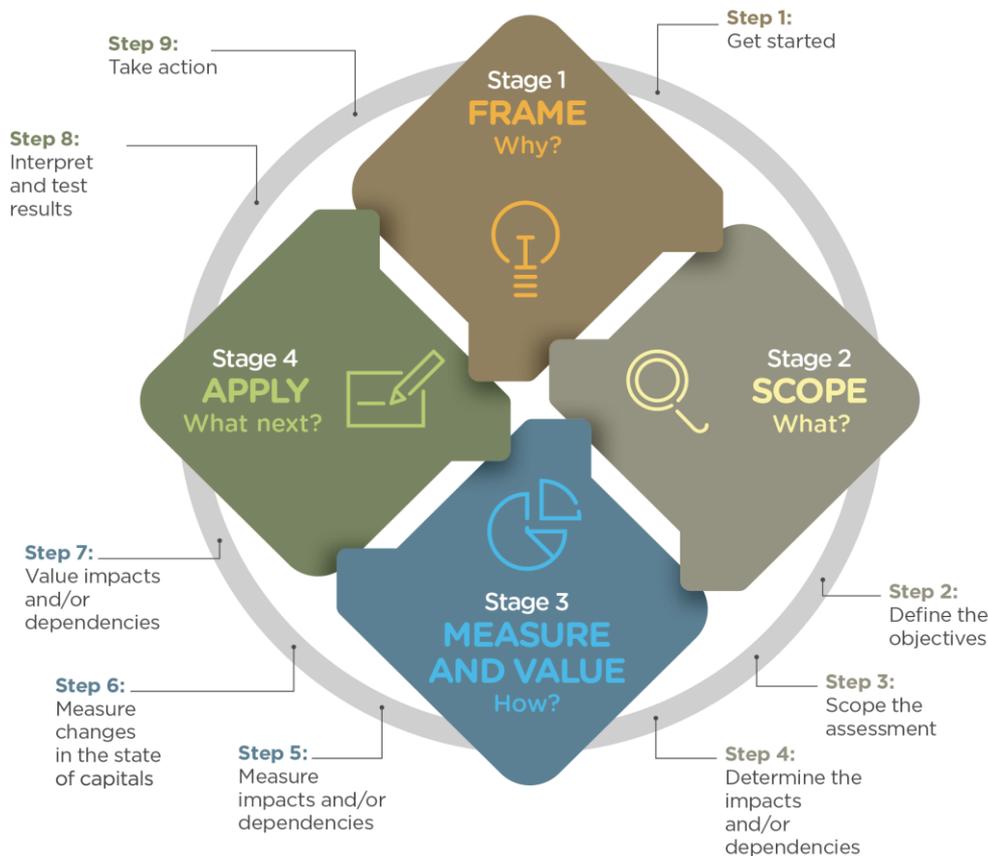


Abbildung 6 Rahmenkonzept Natural Capital Protocol

Quelle: Natural Capital Coalition, 2021

Die beschriebenen Ansätze bauen auf den vorgestellten Konzepten aus Kapitel 3.1 auf. Wie bereits erwähnt, werden in der TEEB-Studie zahlreiche Ansätze zur Monetarisierung von Ökosystemleistungen geliefert, welche als besonders pragmatisch gelten. Es wird ein dreigliedriger Ablauf zur Vorgehensweise der Bewertung von Ökosystemleistungen skizziert, welcher in der wissenschaftlichen Praxis häufig Anwendung findet.

Im **ersten Schritt** werden zunächst die Ökosystemleistungen identifiziert. Hierfür kann auf die drei bzw. vier Kategorien (Basis-, Versorgungs-, Regulierungs- und kulturelle Leistungen) aus Kapitel 3.1 zurückgegriffen werden. Je nach Bewertungsgegenstand müssen die primären Ökosystemleistungen identifiziert und gewichtet werden. In weiterer Folge sollte bereits in diesem Schritt priorisiert werden, welche Ökosystemleistungen in die fortlaufende Analyse mit einbezogen werden. In der Literatur werden hierbei unterschiedliche Kategorisierungen und Inventarisierungen vorgestellt. Der entscheidende Faktor ist jedoch, dass bei der Identifikation die Ökosystemleistungen den individuellen naturräumlichen und gesellschaftlichen Verhältnissen angepasst werden. (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012) (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014)

Im **zweiten Schritt** folgt die Erfassung der Ökosystemleistungen. Hierbei kann mit Hilfe von verschiedenen Einzeldaten und Indikatoren eine Erfassung erfolgen. Wichtig ist dabei, dass die Indikatoren zur Erfassung geeignet sind. Das heißt, dass der Indikator messbar sein muss

und die Daten Rückschlüsse auf die zu untersuchenden Ökosystemleistungen geben. Weiterhin sollen bei der Erfassung durch die Indikatoren das jeweilige Gebiet und der entsprechende Zeitraum berücksichtigt werden. Sind also geeignete Indikatoren gewählt, werden die erforderlichen Daten mit einer passenden Erhebungsmethode ermittelt, z.B. mittels Gemeindedatenbanken oder Fragebögen. Hierdurch können weiterhin Informationen zum Zustand des entsprechenden Indikators erlangt werden. Da die Erfassung von Ökosystemleistungen eine zunehmende politische Priorität erlangt hat, wurde im Rahmen der europäischen Biodiversitätsstrategie eine solche Erfassung durchgeführt. Die entsprechenden landwirtschaftlichen Ergebnisse wurden bereits in Kapitel 3.1 bzw. 3.2 vorgestellt (vgl. Tabelle 3). (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014) (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012)

Sind nun die Ökosystemleistungen identifiziert, erfasst und die relevanten Daten erhoben, erfolgt im **dritten Schritt** die Bewertung. Hierfür muss eine geeignete Bewertungsmethode gewählt werden. Bei der Wahl der geeigneten Bewertungsmethode ist zu beachten, um welche Art von Ökosystemleistung es sich handelt. So lassen sich beispielweise ÖSL wie die Bodenfruchtbarkeit durch eine Marktanalyse sinnvoll monetarisieren. Für eine ökonomische Bewertung zum Erhalt der Kulturlandschaft hingegen bietet sich vielmehr eine kontingente Bewertungsmethode an (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012) (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014). Eine Übersicht der an den häufigsten genutzten Methoden befindet sich in Abbildung 7.

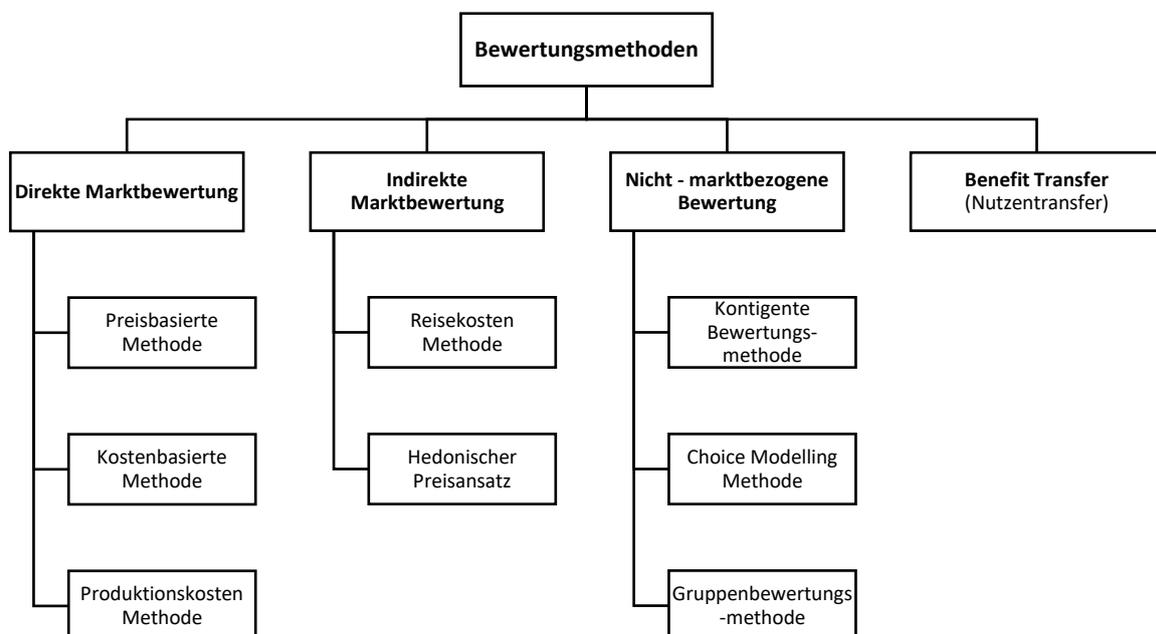


Abbildung 7 Methoden zur ökonomischen Bewertung von Ökosystemleistungen

Quelle: Eigentwurf nach Saleta, 2016 & TEEB, 2010

Weiterhin hängt die Wahl der richtigen Methode von unterschiedlichen Faktoren ab. Es muss z.B. je nach identifizierten ÖSL, den dazugehörigen Indikatoren und den vermeintlich verfügbaren Daten die geeignete Bewertungsmethode bestimmt werden. Die primären Kriterien sind also die zu bewertende Ökosystemleistung, die Datenverfügbarkeit, der Zweck der Bewertung und die notwendige Genauigkeit des Bewertungsergebnisses (Saleta, 2016) (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014).

Um einen umfassenden Überblick über die in Abbildung 7 aufgeführten Bewertungsmethoden zu erhalten, werden in den folgenden Kapiteln 3.3.1 bis 3.3.4 die Methoden ausführlich beschrieben. Zusätzlich werden Vor- und Nachteile der jeweiligen Methode aufgeführt und die Bewertungsmethode anhand eines Beispiels erklärt. In Kapitel 3.3.5 erfolgt abschließend eine Gesamtübersicht über die verschiedenen Methoden.

3.3.1 Direkte Marktbewertungsmethoden

Bei den direkten Marktbewertungsmethoden werden Datenquellen genutzt, welche von tatsächlich bestehenden Märkten stammen. Demnach werden reale Marktpreise verwendet, die auf der Angebots- und Nachfrageseite von Ökosystemleistungen bestehen. Insbesondere können die Versorgungsleistung (Kategorie 2) mit den direkten Marktbewertungsmethoden erfasst werden. Weiterhin können durch die Marktpreise Verbrauchswerte¹⁷ oder Produktionswerte¹⁸dargestellt werden (Saleta, 2016). Die Daten basieren auf realen Zahlungsbereitschaften und sind somit leicht zu erheben, da Kosten, Mengen oder Preise zumeist bekannt sind. Bewertungsgegenstände können somit bspw. Getreide, Holz oder Wasser sein. (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014)

Da die Marktpreise unterschiedlich gegliedert sein können, werden nach TEEB drei Gruppen von direkten Marktbewertungsmethoden unterschieden.

1. Preisbasierte Methode

Diese Methode beruht auf Daten, bei denen direkte Marktpreise vorhanden sind. Die Methode findet häufig Anwendung, wenn Bereitstellungsdienstleistungen bewertet werden sollen, da für die Güter, die das Ökosystem bereitstellt, zumeist ein Markt existiert. Es wird also davon ausgegangen, dass der Marktpreis die Präferenzen der Verbraucher bzw. die Produktionsgrenzkosten der Anbieter widerspiegelt, sodass der Marktpreis als geeigneter Indikator für den wirtschaftlichen Wert der Ökosystemleistung angesehen wird. (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012)

¹⁷ Ökosystemleistungen für den direkten Verbrauch (Saleta, 2016)

¹⁸ Ökosystemleistungen als Input im Produktionsprozess (Saleta, 2016)

Ein Beispiel wäre ein jagdbares Wildtier, welches durch einen Jäger in seiner Freizeit erlegt wurde und anschließend im Eigenverbrauch verwertet wird. Der zu bewertende Gegenstand ist das erlegte Stück Wild, wofür ein Marktpreis existiert. Die Gesamtaktivität ist in Wahrheit größer, jedoch kann mit dieser Methode nur ein Teilwert der Gesamtaktivität erfasst werden. Der freizeitliche Nutzen (kulturelle Leistungen) wird jedoch nicht erfasst. (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012)

Somit ist diese Methode v.a. für die Bewertung von Versorgungsleistungen geeignet. In gegebenen Fällen lassen sich jedoch auch regulierende und kulturelle Leistungen bewerten. Der Vorteil an dieser Methode besteht darin, dass ein leichter Zugang zu Daten besteht und sie somit zeitsparend anzuwenden ist. Ebenfalls wird eine hohe Transparenz erreicht. Nachteile bestehen durch mögliche Verzerrungen der Marktpreise durch staatliche Subventionen. In diesem Fall müssen Marktpreise angepasst werden, damit der Indikator den wirtschaftlichen Wert widerspiegelt. Außerdem können nur bestimmte Teile an ÖSL erfasst werden, sodass ein isolierter Wertbeitrag gemessen wird und nicht die Gesamtleistung der Ökosystemleistung. (Saleta, 2016) (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012) (Schröter - Schlaack & Hansjürgens, 2014)

2. Kostenbasierte Methode

Die kostenbasierte Methode beruht auf unterschiedlichen Kostenarten. So beschreibt die TEEB-Studie zum einen die Ermittlung der ÖSL durch die Schadenkosten, Vermeidungskosten, Alternativkosten oder Wiederherstellungskosten (TEEB, 2010). Bei der Schätzung von Schadkosten werden z.B. zusätzliche CO₂-Emissionen gemessen, die bei der Rodung von Wäldern entstehen. Vermeidungskosten sind entgangene Erträge die bspw. entstehen, wenn Moorrenaturierungen auf bislang ackerbaulich genutzten Flächen stattfinden. Der bezifferte Verlust ist der Verlust der landwirtschaftlichen Produktion (TEEB, 2010) (Barthelmes et al., 2005). Bei den Wiederherstellungskosten werden entweder Kosten geschätzt, die entstehen, wenn eine verlorene ÖSL wiederhergestellt werden muss bzw. eine Schätzung der Kosten für die Abmilderung des Verlustes von ÖSL erforderlich ist. (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012). Die Alternativkosten beschreiben Kosten, welche durch alternative Maßnahmen entstehen. Ein Beispiel hierfür wäre die verbesserte Selbstreinigungskraft von renaturierten Gewässern gegenüber der aufwendigen Alternative durch technische Reinigungen von Kläranlagen (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012). Es wird eine Zahlungsbereitschaft unterstellt.

Es werden somit hauptsächlich Regulierungsleistungen bewertet. Vorteile sind auch bei dieser Methode eine einfache Verfügbarkeit von Marktdaten und eine dadurch transparente Bewertung. Obwohl die Daten zumeist leicht verfügbar sind ist diese Methode trotzdem datenintensiv. Weiterhin beschränkt sich diese Methode auf ÖSL, die als Vorleistungen in industriellen

Produktionsprozessen verwendet werden. (Saleta, 2016), (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012), (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014)

3. Produktionskosten-Methode

Bei der Produktionskosten-Methode wird die Umwelt als Produktionsfaktor gewertet. Es wird ermittelt, wie der Beitrag der ÖSL zur Produktion eines Gutes gewertet wird. Das zu untersuchende Gut wird auf existierenden Märkten gehandelt. Anhand dessen kann der Beitrag des Gutes bewertet werden. Die Methode wird in der Regel in einem zweistufigen Verfahren angewendet. Im ersten Schritt wird die biophysikalische Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen der Veränderung der Ökosystemleistung und der Produktionsfunktion ermittelt. Im zweiten Schritt wird die Veränderung eines gehandelten Endproduktes verwendet, um anschließend eine wirtschaftliche Bewertung der Veränderung der ÖSL vorzunehmen (TEEB, 2010). Es wird außerdem angenommen, dass bei einer Erhöhung (quantitativ und qualitativ) der Ökosystemleistungen niedrigere Produktionskosten anfallen. Hierdurch sinkt der Marktpreis des Gutes und die gehandelten Mengen steigen, was zu einem höheren Einkommen (steigende Konsumentenrente) und einer Erhöhung der Produktivität führt (steigende Produzentenrente) (Freemann, 2014). Somit müssen erhobene Daten darüber Auskunft geben wie sich bei einer Veränderung von Quantität und Qualität der ÖSL die Produktionsprozesse verändern und wie sich die Auswirkungen auf die Produktionskosten des Endproduktes und somit auf das Angebot und die Nachfrage des Endproduktes auswirken. Ein häufig verwendetes Beispiel hierfür ist die Angabe des ackerbaulichen Ertragspotentials. Hierbei können Aussagen über den Einfluss der Bodengüte auf den Ertrag der jeweiligen Kulturpflanze geschlussfolgert werden.

Bewertet werden können somit v.a. Versorgungsleistungen, aber auch für einige regulierende und kulturelle Leistungen lässt sich diese Methode anwenden. Durch die Verwendung von standardmäßigen wirtschaftlichen Techniken, lässt sich die Produktionskosten-Methode einfach anwenden. Nachteile der Methode bestehen darin, dass die Verfügbarkeit von Daten entscheidend ist und viele Daten benötigt werden. Weiterhin besteht ein hohes Fehlerpotential bei der Anwendung, wenn die Ursache-Wirkungs-Beziehung falsch interpretiert wird. (Saleta, 2016), (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012), (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014)

3.3.2 Indirekte Marktbewertungsmethoden

Die indirekten Marktbewertungsmethoden werden auch als Methoden der offenbarten Präferenzen beschrieben. Es werden Daten generiert, die auf tatsächlichem Verhalten aus der Vergangenheit beruhen. Die zu erhebenden Daten müssen die Eigenschaft haben, dass sie eine Verbindung zwischen einem gehandelten Gut und der zu untersuchenden ÖSL aufweisen. Außerdem sollte die Nachfrage nach diesem Gut die Qualität der ÖSL beeinflussen. Es

werden durch diesen Bewertungsansatz Werte generiert, die einer starken Verbindung mit einer ÖSL stehen, jedoch nicht vermarktbar sind. Aus diesem Grund wird der Bewertungsansatz „indirekte Marktbewertungsmethode“ genannt. In der TEEB-Studie wird bei der Verwendung dieses Ansatzes folgende Vorgehensweise vorgeschlagen (TEEB, 2010):

1. Definition des Ersatzmarktes (muss mit ÖSL in Verbindung stehen)
2. Auswahl der Methode (hedonische Preisbildung oder Reisekostenmethode)
3. Sammlung von Marktdaten (Daten müssen Eignung haben für das vermarktete Gut eine Nachfragefunktion zu erstellen)
4. Anwendung der Nachfragefunktion (für die Schätzung des Grenzwerts einer Veränderung der Ökosystemleistung)
5. Aggregieren der Werte (kann über relevante Skalen hinweg gehen)
6. Ggf. Abschlag

Weiterhin beschreibt die TEEB-Studie zwei verschiedene Bewertungsmethoden.

1. Reisekostenmethode

Dieser Ansatz findet insbesondere Anwendung, wenn ein Erholungswert einer ÖSL bewertet werden soll (kulturelle Leistungen). Die Methode geht davon aus, dass Freizeitaktivitäten mit Kosten verbunden sind. Die Methode findet somit u.a. Anwendung, wenn bemessen werden soll was passiert, wenn eine ÖSL, die hauptsächlich der Erholung dient, verändert oder beschädigt werden würde. (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014) Die zu erhebenden Daten sind zumeist Ausgaben für Anreisen oder Eintrittsgelder, die darauf hinweisen, wie hoch die Zahlungsbereitschaft für die ÖSL bzw. das Gebiet ist. Auf dieser Grundlage können die offenkundigen Präferenzen der Besucher analysiert werden. Somit untersucht die Methode hauptsächlich kulturelle Ökosystemleistungen. Ein häufiges Beispiel hierfür ist die wirtschaftliche Bewertung von Nationalparks und deren Erholungsleistung, wobei Daten zur Besucheranzahl, Gründe des Besuchs, Herkunft der Besucher (Anreisekosten) u.ä. gut über Besucherbefragungen erhoben werden können (Beukering, 2015).

Vorteile dieser Methode bestehen in darin, dass ein tatsächliches Verhalten gemessen werden kann. Durch die Verwendung von ökonomischen Standardtechniken sind die Ergebnisse leicht zu interpretieren und zu erklären. Nachteile bestehen darin, dass die Methode sich auf die direkte Nutzung von Freizeitaktivitäten beschränkt. Weiterhin ist die Reisekostenmethode datenintensiv, teuer und zeitaufwendig. (Saleta, 2016), (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012), (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014)

2. Hedonischer Preisansatz

Bei dieser Methode werden Informationen über die implizite Nachfrage nach einem gehandelten Gut bzw. einem gehandelten Umweltmerkmal ermittelt. Die zu bewertende ÖSL erhält einen statistisch ermittelten Wert durch den Vergleich unterschiedlicher Preise. Die Differenz der Marktpreise bzw. der Anteil des höheren Marktpreises gegenüber dem niedrigen Preis wird demnach der Ökosystemleistung zugerechnet. Diese Methode wird auch als Immobilienpreismethode beschrieben, da sie insb. auf dem Immobilienmarkt Anwendung findet. So kann also bspw. einem Haus neben der Quadratmeterzahl ein höherer (Miet-)Preis zugesprochen werden, wenn es sich in unmittelbarer Nähe zu einem Park oder Fluss befindet. Die auftretende Differenz des Kauf- oder Mietpreises wird somit der ÖSL solcher Orte zugeschrieben. (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012)

Vorteile des hedonischen Preisansatzes ist, dass die Methode transparent ist, da sie auf statistischen Marktdaten beruhen. Weiterhin sind Immobilienmärkte in der Regel gute Indikatoren. Ein Nachteil besteht darin, dass sich die Methode v.a. auf den Immobilienmarkt beschränkt. Außerdem wird der Immobilienmarkt auch durch zahlreiche andere Faktoren beeinflusst, was eine Wertzuweisung zu einer ÖSL schwierig macht. Zuletzt besteht auch bei dieser Methode eine hohe Datenanforderung. (Saleta, 2016), (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012), (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014)

3.3.3 Nicht-marktbezogene Bewertung (geäußerte Präferenzen)

Bei diesem Bewertungsansatz werden Nachfragen auf hypothetischen Märkten analysiert. Hierfür werden Personen einer möglichst repräsentativen Stichprobe bzgl. ihrer Zahlungsbereitschaft für bereits geschehene oder zukünftige Umweltveränderungen befragt. Anhand dessen können Beurteilungen für die zu untersuchende ÖSL getroffen werden. Es werden somit reale Marktdaten bzw. Marktpreise verwendet, da die hiermit erhobenen Daten als Stellvertreter für den Wert der ÖSL gesehen werden können. Die TEEB-Studie unterscheidet in drei verschiedene Bewertungsansätze (TEEB, 2010). Vorweg ist jedoch zu erwähnen, dass diese Bewertungsmethoden sehr umstritten sind, da die Datengrundlage oft als unzureichend gilt, weil schlecht kontrolliert werden könne, ob die Umfrageteilnehmer ihre tatsächlichen Präferenzen angeben. Außerdem wird kritisiert, dass bei öffentlichen Gütern, aufgrund der emotionalen Bindung, eine Zahlungsbereitschaft z.T. abgelehnt wird.

1. Kontingente Bewertungsmethode

Im Zentrum dieser Bewertungsmethode steht die Zahlungsbereitschaft auf einem hypothetischen Markt. Es wird mittels Umfragen untersucht, wie hoch der Preis für die Befragten wäre, um Leistungen von Ökosystemen zu schützen oder zu verbessern bzw. wie hoch der individuelle Preis des Verlustes dieser Leistung wäre. Anhand der Datenmenge sollen allgemeine

ökonomische Schlussfolgerungen gezogen werden können. Mit dieser Methode können insb. die indirekten Nutzungswerte betrachtet werden, aber z.T. auch direkte Nutzungswerte. Die Methode wird bspw. angewendet, wenn es um die Erfassung von bloßen Existenzen einer ÖSL geht, von denen die Bevölkerung keinen direkten Nutzen hat, wie z.B. der Wert der Artenvielfalt oder der Erhalt der Kulturlandschaft (Meyerhoff, Angeli, & Hartje, 2012) (Saleta, 2016) (TEEB, 2010).

Vorteile bestehen v.a. in der vielseitigen Anwendung und in der breiten Erfassung von direkten und indirekten Nutzungswerten. Kritik wird v.a. an den hypothetischen Märkten bzw. Ergebnissen geäußert, wodurch eine Argumentation gegenüber Entscheidungsträgern schwierig ist. Außerdem ist die Methode zeit- und kostenintensiv. (Saleta, 2016), (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012), (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014)

2. Choice-Modelling-Methode

Die Choice-Modelling-Methode ist grundsätzlich ähnlich zur vorerghenden Bewertungsmethode. Es erfolgt ebenfalls eine Umfrage für hypothetische Situationen. Der primäre Unterschied zur kontingenten Bewertungsmethode ist, dass die Umfrageteilnehmer verschiedenen Situationen ausgesetzt werden, unter denen sie eine Wahl treffen müssen. Die Situationen weisen verschiedene Eigenschaften auf, welche die Ökosystemleistungen betreffen. Diese Eigenschaften sind z.B. Geldeinheiten, die für eine der aufgeführten Situationen gezahlt werden müsste. (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014) Bei der Auswertung werden die erhobenen Mittelwerte der Stichprobe hochgerechnet und auf die Gesamtbevölkerung übertragen, sodass das Einkommensäquivalent als Zahlungsbereitschaft für die ÖSL angesehen wird. Die Choice-Modelling-Methode wird bspw. angewendet, wenn es zu Umgestaltungen von Vertragsmodellen für Umweltmaßnahmen im Agrarsektor kommt oder Aufforstungsprogramme auf Agrarflächen umgesetzt werden sollen (Lienhoop, 2013) (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014). Die Methode kann somit für die Bewertung aller ÖSL angewendet werden. Die Vor- bzw. Nachteile stimmen mit der kontingenten Bewertungsmethode überein. (Saleta, 2016) (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012)

3. Gruppenbewertungsmethode

Die Gruppenbewertungsmethode ist eine Kombination aus politischen Befragungsprozessen und deliberativen Gruppenbewertungen¹⁹. Die politischen Befragungen dienen zur Erhebung von qualitativen Präferenzen bzw. wird diese oft auch zur Konsensfindung in politischen Prozessen genutzt. Deliberative Gruppenbewertungen kombinieren wiederum die Methoden der

¹⁹ abwägend, erwägen, entscheiden – aktive Einbeziehung oder Mitgestaltung (Quelle: <https://www.duden.de/rechtschreibung/deliberativ>)

geäußerten Präferenzen mit Teilen von Beratungsprozessen. Hierbei werden Werte analysiert, die bspw. zur Untersuchung der sozialen Gerechtigkeit genutzt werden. Es werden im Gegensatz zu den anderen Methoden keine Einzelpersonen befragt, sondern Gruppen von Interessenvertretern (TEEB, 2010) (Hansjürgens, 2012). Die zu ermittelnde Zahlungsbereitschaft wird anhand von Gruppendiskussionen erörtert. Die Methode beruht wie die anderen Methoden auf hypothetischen Marktpreisen und kann somit für die Bewertung aller ÖSL verwendet werden. (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014)

Vorteile bestehen darin, dass Einschränkungen der anderen Methoden der geäußerten Präferenzen überwunden werden können und eine Schätzung des Wertes von vermarkteten und nicht vermarkteten ÖSL erfolgen kann. Die Nachteile überschneiden sich mit den vorhergehenden Bewertungsmethoden der geäußerten Präferenzen. (Saleta, 2016) (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012)

3.3.4 *Benefit Transfer (Nutzentransfer)*

Die Methode des Benefit Transfers (Nutzentransfer) greift auf bereits bestehende Daten zurück, die mit den vorgehenden Methoden (3.3.1 bis 3.3.3) erhoben wurden. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Methoden handelt es sich hierbei also nicht um Primärdaten, sondern um Sekundärdaten. Es wird somit versucht die Datenmengen anderer Studien in einen neuen Sachverhalt zu transferieren. Hierfür müssen Daten ggf. aggregiert oder für den vorliegenden Kontext angepasst werden. Es muss jedoch dabei explizit berücksichtigt werden, dass die Daten auch präzise zu dem gegebenen Kontext passen. Ansonsten kann es zu verzerrten oder fälschlichen Ergebnissen kommen. (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2012) Sollte also diese Methode gewählt werden, muss darauf geachtet werden, dass die lokalen Gegebenheiten des zu untersuchenden Standortes gut vergleichbar sind mit dem Standort des primären Studienortes.

Vorteile der Methode bestehen in der breiten Anwendung der Bewertung für alle ÖSL. Weiterhin können über den Datentransfer Zeit und Kosten gespart werden. Kritik an der Methode wird v.a. dadurch geäußert, dass eventuelle Fehler aus der Primärforschung übernommen werden könnten und es so zu Folgefehlern kommt. Sollte außerdem kein sorgfältiger Datentransfer erfolgen, kann es ebenfalls zu ungültigen Ergebnissen kommen. (Saleta, 2016) (C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens, 2014)

3.3.5 *Gesamtübersicht der Bewertungsmethoden*

Zusammenfassend lässt sich somit feststellen, dass die vorgestellten Methoden der direkten Marktbewertung aus der TEEB-Studie insbesondere für Versorgungsökosystemleistungen (Kategorie 2) geeignet sind, für welche bereits ein Markt existiert. Die Methoden sind aufgrund der vorhandenen Daten einfach, kostengünstig und schnell durchführbar. Die Methoden der

indirekten Marktbewertung können bislang noch nicht vermarktete Ökosystemleistungen erfassen, in dem sie hauptsächlich die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung beobachteten bzw. vergangenes Verhalten analysieren. Mit den Methoden werden oft Erholungsleistungen monetarisiert. Die Methoden der nicht-marktbezogenen Bewertung (geäußerte Präferenzen) basieren auf hypothetischen Märkten und sind zumeist sehr zeit- und kostenintensiv. Diese Methoden sind v.a. dafür geeignet einzelne Ökosystemleistungen zu analysieren und zu bewerten. Die einzige Methode, die mit sekundären Daten arbeitet, ist die Benefit-Transfer-Methode, bei der Daten aus vorgehenden Studien in den passenden Kontext transferiert werden. Die Methode ist kostengünstig und leicht durchzuführen und bietet breite Anwendungsmöglichkeiten. Die letzten beiden Methoden stehen jedoch aufgrund ihrer hypothetischen Grundlage bzw. der Primärdatenabhängigkeit in Kritik. (Saleta, 2016)

In Tabelle 6 wird ein Gesamtüberblick über alle beschriebenen Methoden und ihrer jeweiligen Eignung zur Bewertung der verschiedenen ÖSL gegeben.

Tabelle 6 Gesamtübersicht der Methoden & Bewertungseignung

| ECS | Bewertungsmethode | Direkte Marktbewertung | | | Indirekte Marktbewertung Erkannte Präferenzen | | Nicht-marktmäßige Bewertung Festgelegte Präferenzen | | Benefit Transfer |
|---------------------------|-----------------------|------------------------|------------|---------------------|--|-------------|--|-----------------------|------------------|
| | | Beispiele ECS | Marktpreis | Produktionsfunktion | Kostenbasiert | Reisekosten | Hedonsicher Preis | Kontingente Bewertung | |
| Versorgende Leistungen | Essen | x | x | | | | x | x | x |
| | Frischwasser | x | x | | | | x | x | x |
| | Holz und Faser | x | x | | | | x | x | x |
| | Kraftstoff | x | x | | | | x | x | x |
| Regulierende Leistungen | Klimaregulation | | | | x | | x | x | x |
| | Wasserreinigung | x | x | x | | | x | x | x |
| | Hochwasserregelung | | | | x | | x | x | x |
| | Krankheitsregulierend | x | | | x | | x | x | x |
| Kulturelle Leistungen | Freizeit | | | | x | x | x | x | x |
| | Bildung | | | | | | x | x | x |
| | Spirituelle Wert | | | | | | x | x | x |
| | Ästhetischer Wert | | | | | x | x | x | x |
| Unterstützende Leistungen | Primärproduktion | x | x | x | | | | | x |
| | Bodenbildung | x | x | x | | | | | x |
| | Nährstoffkreislauf | x | x | x | | | | | x |

Quelle: Eigenentwurf & übersetzt nach Saleta, 2016

Schröter-Schlaack et al. schlussfolgern außerdem zu den genannten Bewertungsmethoden, dass trotz der detaillierten Skizzierung ein hohes Maß an Pragmatismus gefordert ist und eventuell zu Gunsten von Aussagefähigkeiten Einschränkungen in der methodischen Vorgehensweise gemacht werden müssen. Somit reiche es, wenn erhobene Ergebnisse bereits eine realistische Richtungseinschätzung zuließen. (Schröter - Schlaack & Hansjürgens, 2014)

4 Methode

Im folgenden Kapitel werden zunächst die Bewertungsmethoden der qualitativen Bewertung der Ökosystemleistungen erläutert. Hierfür wird vorweg die allgemeine Herangehensweise, wie z.B. die Evaluierung einer Modellregion, erläutert. Anschließend werden für die gewählten Indikatoren jeweils die methodischen Bewertungsansätze erklärt. Im zweiten Teil des Kapitels werden die methodischen Grundlagen für die monetäre Bewertung der gewählten Ökosystemleistungen beschrieben. Die Methode baut hierfür z.T. auf den Ergebnissen der qualitativen Bewertungen aus dem vorangegangenen Kapitel 4.1 auf.

4.1 Qualitative Bewertungsmethode der Ökosystemleistungen

Für die Entwicklung einer geeigneten Methode wurde die verwendete Literatur aus Kapitel 2 und 3 berücksichtigt. Bei der Auswertung der Literatur wurde insb. die Aktualität und die Anwendung im europäischen Raum beachtet und nach diesen Kriterien priorisiert. Da für die vorliegende Arbeit außerdem betriebsindividuelle Daten benötigt wurden, wurde mit Experten der jeweiligen Bewirtschaftungsmethode erörtert, welche Daten mit hoher Wahrscheinlichkeit betriebsübergreifend zur Verfügung stehen und anschließend im Kontext der vorliegenden Thematik diskutiert werden können. Als methodische Grundlage wurde weiterhin der dreigliedrige Ablauf nach TEEB hinzugezogen (vgl. Kapitel 3.3). Dieser lieferte somit das Grundgerüst für die Erörterung der Kategorien und Indikatoren.

Als vorhergehender Schritt wurde zunächst nach einer geeigneten Region in Deutschland gesucht. Kriterien bei der Auswahl einer solchen Modellregion waren die Verfügbarkeit von Daten und dass die Region repräsentativ für Deutschland ist. Außerdem sollte die Region genügend Flächen vorweisen, die sowohl ackerbaulich genutzt werden als auch für Dauergrünland. Weiterhin müssen für die Region genügend regionale Daten für weitere Analysearbeiten zur Verfügung stehen. Dieses Kriterium erwies sich als erste Herausforderung, sodass hierbei bereits einige Regionen aussortiert werden mussten. Weitere berücksichtigte Kriterien waren, dass die Region im deutschen Raum allgemein bekannt ist, damit bei einer eventuellen weiteren Verwendung der Arbeit, der Leser eine problemlose Kontextualisierung vornehmen kann. Weiterhin soll die Region in den verschiedenen Kategorien der Ökosystemleistungen (Basis-, Versorgungs-, Regulierungs- und kulturelle Leistung) eine gute Eignung zur Analyse vorweisen. Das Ziel ist es für jede der drei Bewirtschaftungsformen einen Betrieb aus der Region bzw. räumlicher Nähe zur Region zu finden, sodass die Betriebe miteinander vergleichbar sind und die Ergebnisse zu einer höheren Repräsentativität führen. Primäres Ziel war hierfür, dass die Betriebe die benötigten Daten vorweisen können und dazu bereit sind diese zur Verfügung zu stellen.

Da im Vorhinein bereits offensichtlich war, dass es die größte Herausforderung sein würde, einen biologisch-dynamisch wirtschaftenden Betrieb zu finden, der die oben genannten Kriterien positiv erfüllt, wurde vorrangig nach solchen Betrieben gesucht. Hierfür wurde u.a. die öffentlich zugängliche Portraitsuche auf der Website des Demeter-Verbandes verwendet, auf welcher, mithilfe einer Kartenfunktion, Betriebe gefiltert werden konnten. Weiterhin erklärte sich der Demeter-Verband bereit, bei der Recherche nach solchen Betrieben bzw. Regionen, mit Hilfe der verbandsinternen Kartei, behilflich zu sein. Die gleiche Prüfung wurde auch für konventionell bzw. ökologisch wirtschaftende Betriebe durchgeführt, jedoch lediglich auf der Grundlage der statistischen Ämter der Bundesländer.

Auf Grundlage der genannten Auswahlkriterien wurde der Landkreis Göttingen im südlichen Niedersachsen gewählt. Die Region gilt als repräsentativ, da sie im Zentrum Deutschlands liegt und somit keine außerordentlichen Standortmerkmale wie z.B. Meer- oder Gebirgslage aufweist. Aufgrund der regionalen Bodenmerkmale sind unterschiedliche Ertragsstandorte vorhanden, was weiterhin für die repräsentative Lage des Landkreises spricht. Das Klima der Region ist hinsichtlich der Temperatur leicht kühler (Deutschland: 8,9°C; Göttingen: 8,7°C) und trockener (Deutschland: 789 mm/Jahr; Göttingen: 651 mm/Jahr) als im deutschlandweiten Vergleich. (DWD, 2022) Jedoch variieren die Niederschläge innerhalb der Region, sodass an den harznahen Standorten bis zu 940 mm/Jahr Niederschlag gemessen werden können. (DWD, 2022) Auch diese regionalen Differenzen werden für die Repräsentativität innerhalb Deutschlands als geeignet angesehen. Außerdem befindet sich in der Stadt Göttingen die Georg-August-Universität mit rd. 25.000 Studierenden, sodass der Standort deutschlandweit geläufig ist. In Hinblick auf die kulturellen Ökosystemleistungen, wurde es außerdem als positiv erachtet, dass die Region nicht zu gering besiedelt ist. Alle weiteren oben genannten Auswahlkriterien konnten ebenfalls positiv erfüllt werden, sodass es zur Wahl dieses Standortes gekommen ist. Die genaue Standortbeschreibung befindet sich in Kapitel 5.1.

Zeitgleich zur Standortmodellierung wurden verschiedene landwirtschaftliche Betriebe aus dem Landkreis Göttingen und näherer Umgebung kontaktiert. Mithilfe der Betriebsleiter und Experten war es das Ziel, das weitere Vorgehen der Bewertung von landwirtschaftlichen Ökosystemleistungen zu erörtern. Hierfür war es einerseits notwendig, dass die Betriebsleiter dazu bereit waren, betriebsindividuelle Daten preiszugeben und andererseits die jeweiligen Betriebe repräsentativ für die Region stehen.

Die positive Erfüllung aller genannten Kriterien erwies sich in Hinblick auf die Verfügbarkeit betriebsindividueller Daten als weitere Herausforderung. So lagen bspw. bei einigen Betrieben keine oder nur veraltete Bodenprobenergebnisse vor, die für die spätere Modellierung der THG-Speicherung relevant sind. Teilweise waren die Betriebe zu klein, sodass die Fruchtfolgevarianz aus diesem Grund zu gering war und somit die Vergleichbarkeit zu den anderen Betrieben nicht gegeben war. Somit wurde der Suchradius über den Landkreis Göttingen

hinaus erweitert, jedoch nach wie vor unter dem Kriterium, dass eine Vergleichbarkeit hinsichtlich des Standorts gegeben sein muss. Durch diese Erweiterung konnten schließlich passende Betriebe gefunden werden, die alle weiteren relevanten Kriterien erfüllten. Die anonymisierten Daten werden hierzu in Kapitel 5 vorgestellt und wurden mithilfe von Interviews und einem Fragebogen erhoben. Die ermittelten Daten sind die Grundlage für weitere Berechnungen der vorliegenden Arbeit.

Außerdem wurde parallel erörtert, welche möglichen Ökosystemleistungen und Indikatoren zur Untersuchung zweckdienlich sind. Auf Grundlage aller genannten Kriterien einigte man sich auf die Kategorisierung der Ökosystemleistung nach CICES (vgl. Kapitel 3.1). Die Kategorisierung wird als besonders geeignet angesehen, da durch die finalen Ökosystemleistungen eine Messung von direkt nutzbaren ÖSL gewährleistet ist. Außerdem wird von CICES zu den drei Kategorien ein direkter Vorschlag für jeweilige Indikatoren gegeben. Trotzdem lassen die Kategorien Spielraum für die Bildung weiterer Indikatoren zu. Insgesamt folgen dieser Methode zahlreiche internationale Studien, u.a. für den Entwurf unterschiedlicher nationaler Inventare, was ebenfalls als positives Kriterium für diese Kategorisierung angesehen wurde. Bei der weiteren Identifikation der Ökosystemleistung wurden außerdem die individuellen naturräumlichen Gegebenheiten des Landkreises Göttingens berücksichtigt. Die Kategorien mit den ausgewählten Indikatoren befinden sich in Tabelle 7.

Tabelle 7 Übersicht Kategorien und Indikatoren

| Variable | Kategorie | Bereich | Indikator | Messung | Datengrundlage |
|----------|----------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---|
| V1 | Versorgungsleistung | Agrarische Rohstoffe | Ertragspotenzial | Ernteerträge in t/ha | Experteninterviews, LSN Niedersachsen, MSQ - Rating, u.a. |
| R1 | Regulierungsleistung | Klima (+ Bodenqualität) | THG - Speicherung | Humusgehalt (Oberboden) in % | Bodenproben teiln. Betriebe, Bodenzustandserhebung, BGR |
| R2 | Regulierungsleistung | Biodiversität | Flächennutzung - Grünland | Fläche Absolut (ha) und Relativ (%) | Experteninterviews, LSN Niedersachsen, u.a. |
| R3 | Regulierungsleistung | Biodiversität | Vielfalt der Kulturen | Anzahl der Fruchtfolgekulturen | Experteninterviews, LSN Niedersachsen, u.a. |
| K1 | kulturelle Leistung | Ästhetik & Erholung | Landnutzungsvielfalt | Ackerlandnutzung & Grünlandnut | Experteninterviews, LSN Niedersachsen, u.a. |

Quelle: CICES, 2021; Schweppe-Kraft, Dietrich & Engels, 2015; Grunewald et al., 2021; Staub et al., 2011; Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2016

Ebenfalls ist in Tabelle 7 bereits aufgeführt, wie die jeweiligen Ökosystemleistung **erfasst bzw. gemessen** werden. Für den Entwurf war die Messbarkeit der Indikatoren daher von wesentlicher Bedeutung.

Alle Indikatoren wurden in zwei verschiedenen Szenarien mit Hilfe des Szenario-Managers in Excel analysiert. Im ersten Szenario wurden dafür die Ziele der europäischen Kommission aus der Biodiversitätsstrategie 2030 angenommen. Hierbei wurde das Ziel festgelegt, dass 25 % der europäischen landwirtschaftlichen Fläche bis 2030 ökologisch bewirtschaftet werden soll. (Europäische Kommission, 2020) Weil hierbei keine Unterscheidung der verschiedenen ökologischen Methoden formuliert wurde, wird ein hypothetischer Anteil der Demeter-Fläche

kalkuliert. Da auf Landkreisebene keine Informationen zum Demeter-Flächenanteil gegeben waren, musste dieser Anteil zunächst statistisch geschätzt werden.

In Niedersachsen betrug der biologisch-dynamisch bewirtschaftete Flächenanteil im Jahr 2020 8.894 ha. Das Bundesland besteht aus 37 Landkreisen, sodass pro Landkreis durchschnittlich 240 ha biologisch-dynamisch bewirtschaftet wurden. (Demeter, 2021) Ausgehend von dieser Größeneinheit wird ein jährlich linearer Flächenzuwachs von 7,8 % angenommen. Der Wert entspricht der Flächenveränderung vom Jahr 2020 auf 2021 der landwirtschaftlichen Betriebe in Deutschland, die auf Demeter umgestellt haben. (BÖLW, 2022) Somit wurde von einer Flächennutzung nach dem Demeter-Standard von + 78 % im Jahr 2030 ausgegangen. Das zweite Szenario entspricht den Zielen des Koalitionsvertrags der neuen Bundesregierung Deutschlands 2021. Hierbei wird das Ziel festgelegt 30 % der landwirtschaftlichen Fläche ökologisch zu bewirtschaften bis zum Jahr 2030. Da ebenfalls keine Unterscheidung der ökologischen Methoden formuliert ist, wurde für den Demeter-Bereich ein um 5 % höherer Anbauumfang als im ersten Szenario kalkuliert. Da beide Szenarien die Zielsetzung für das Jahr 2030 festlegen und die aktuellen zur Verfügung stehenden Daten aus dem Jahr 2020 stammen, erfolgte mit Hilfe des Szenario-Managers eine Berechnung der möglichen Landnutzungsänderung in diesen 10 Jahren bis zum Jahr 2030. Somit gilt das Jahr 2020 als Referenzjahr. Die endgültig angenommenen Werte befinden sich in Tabelle 19 im Kapitel 5.5.

Als veränderbare Zellen wurden im Szenario-Manager jeweils die prozentualen Anbauverhältnisse der beiden Szenarien gewählt. Als Berichtstyp wurde der Szenariobericht gewählt, wobei die ausgewählten Ergebniszellen je nach Indikator variieren. Die Ausgabedatei wurde anschließend für eine bessere Übersicht formatiert und diente als Interpretationsbasis. Vergleichend wurde weiterhin das Referenzszenario dargestellt. Die Excel Datei ist der vorliegenden Arbeit angehängt.

Für die **Bewertung** der Kategorie der Versorgungsleistungen wurde der Indikator *V1: Ertragspotenzial* anhand von Ernteerträgen in t/ha gemessen. Hierfür wird zunächst die allgemeine Flächennutzung des Landkreis Göttingens untersucht, um herauszufinden wieviel Fläche der Landwirtschaft zur Verfügung steht. Anschließend erfolgt eine Untersuchung der ackerbaulich genutzten Fläche des Landkreises Göttingen. Die Angaben werden jeweils absolut (in ha) und relativ (in Prozent) dargestellt, wobei jeweils in der ackerbaulichen Nutzung die drei größten Kulturarten untersucht werden. Die Erhebung erfolgt anhand von Daten des LSNs. Die Kalkulation des jeweiligen Ertragsniveaus wurde mit Hilfe von Interviews bzw. eines Fragebogens durchgeführt, den die teilnehmenden Betriebsleiter ausfüllten (vgl. Anhang). Die Angaben stehen stellvertretend für die Region. Anschließend werden die Daten durch den Szenario-Manager kalkuliert. Zuzüglich erfolgt in der Standortbeschreibung eine Einordnung des Ertragspotentials der Region über das Müncheberger „Soil Quality Rating“ (SQR) vom Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung. Das SQR-Verfahren dient der Bewertung der Eignung von

Böden zur Abschätzung des Ertragspotenzials im globalen Zusammenhang und wurde für das GIS-Tool durch jährliche Klimadaten (DWD), Bodenrelief (BKG) und Landnutzung (CLC) ergänzt.²⁰ (BGR, 2022) Das Tool wurde weiterhin für die Recherche nach vergleichbaren Betrieben verwendet. Anhand der Gesamtheit der Daten können Kalkulationen bzgl.

der Versorgungsleistung des Landkreises Göttingen berechnet und interpretiert werden.

Für die Bewertung der Regulierungsleistung werden drei verschiedene Indikatoren verwendet. Für den Bereich *Klima* wird als Indikator die THG-Speicherung der Böden kalkuliert. Als Datengrundlage werden jeweils die in den Böden vorhandenen Humusgehalte der teilnehmenden Betriebe angenommen und mit der Fläche der jeweiligen Bewirtschaftungsmethode multipliziert. Da in den gängigen Bodenproben der Humusgehalt in „Organischer Substanz in %“ angegeben wird, muss der Kohlenstoffgehalt hergeleitet werden. Um über den Kohlenstoffgehalt (C) auch die CO₂-Menge pro Hektar zu berechnen, ist es zunächst wichtig, dass alle teilnehmenden Betriebe die Bodenprobe nach dem gleichen Verfahren und in der gleichen Bodentiefe entnommen haben. Die Ermittlung des Humusgehaltes muss somit nach dem DIN EN 15936 (Dumas)-Verfahren in einer Tiefe von 0,25 m (Oberboden – A Horizont) erfolgt sein. Das DIN EN 15936 ist eine europäische Norm für die Bestimmung des organischen Kohlenstoffgehaltes (TOC)²¹ und hat somit allgemeine Gültigkeit. (BEUTH, 2012) Sind diese Grundlagen gegeben wird über folgende Berechnungsmethode zunächst die Humusmasse in t/ha berechnet: (Drexler, Broll, Don, & Flessa, 2020)

$$\sum \text{Humus in } \frac{t}{ha} = \text{Fl. in } m^2 \times \text{Tiefe in } m = \text{Boden } m^3 \times \text{Faktor FBV} = \text{TM in } t \times \text{Humus in } \%$$

$$\textbf{Beispiel: } 125 \frac{t}{ha} \text{ Humus} = 10.000 m^2 \times 0,25 m = 2.500 m^3 \times 1,25 = 3.125 t \text{ TM} \times 4 \%$$

Anhand der Humusmenge kann nun der C- und CO₂-Gehalt in t/ha über folgende Berechnungsmethode ermittelt werden:

$$C \text{ in } \frac{t}{ha} = \frac{\text{Humus } \frac{t}{ha}}{1,72} \quad \textbf{Beispiel: } 73 \frac{t}{ha} = \frac{125 \frac{t}{ha}}{1,72}$$

$$CO_2 \text{ in } \frac{t}{ha} = C \text{ in } \frac{t}{ha} \times 3,67 \quad \textbf{Beispiel: } 267 CO_2 \frac{t}{ha} = 73 \frac{t}{ha} \times 3,67$$

Der Faktor für den Feinbodenvorrat²² (1,25) wird als Standardwert für ackerbauliche bewirtschaftete Böden genutzt. Er gibt an, dass bei dieser Bodennutzungsform das Volumen des Feinbodenanteils > 25 % ist. Dieses Volumen muss für die Ermittlung des TM-Gehaltes des

²⁰ Zugriff auf Geoviewer unter folgendem Link: <https://geoviewer.bgr.de/>

²¹ Englisch: Total Organic Carbon

²² Abkürzung: FBV

Bodens heraus gerechnet werden. Die Umrechnungsfaktoren für den C-Gehalt (1,72) und den CO₂-Gehalt (3,67) sind ebenso Standardfaktoren, um die tatsächlichen Mengen zu ermitteln. (Wiesmeier, et al., 2020) (Drexler, Broll, Don, & Flessa, 2020) Auf Grundlage dieser Berechnungsmethode wird auch für diesen Indikator eine Modellierung durch den Szenario-Manager durchgeführt. In der Standortbeschreibung werden außerdem die ortstypischen Humusgehalte exemplarisch mit Hilfe des GIS-Tools des BGRs eingeordnet. Gleichzeitig können über die Modellierung der Humusgehalte Rückschlüsse auf den Bereich der Bodenqualität gezogen.

Der zweite Indikator der Regulierungsleistung misst den Bereich der Biodiversität über den Indikator *R2: Flächennutzung-Grünland*. Die Landnutzungsform „Dauergrünland“ (insb. extensiv genutztes Grünland) wird in zahlreichen nationalen und internationalen Studien als Indikator für die Biodiversität genutzt, da die Biodiversität auf diesen Flächen höher ist als auf ackerbaulich genutzten Flächen. Hierfür ist es wiederum von Bedeutung, die Nutzungsformen des Grünlandes zu untersuchen. (Matzdorf, Reutter, & Hübner, 2010) (Naturkapital Deutschland - TEEB DE, 2015) Die Unterteilung erfolgt in die drei Kategorien Wiesen, Weiden und ertragsarmes und aus der Erzeugung genommenes Dauergrünland (extensives/natürliches Grünland). Für die Biodiversität ist die extensive Nutzung die förderlichste Bewirtschaftungsweise. In der Regel erfolgt hier maximal eine Nutzung im Jahr bzw. ein einmaliges Mulchen der Fläche. Es erfolgt keine Düngung und kein Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Bei der Weidehaltung erfolgt die Nutzung durch Tierhaltung (Rinder, Schafe, Pferde o.ä.). Zumeist erfolgt auch bei dieser Nutzung nur eine geringe Düngung, da durch die Ausscheidung der Weidetiere die Nährstoffe auf der Fläche verbleiben und nicht abgefahren werden. Bei der Nutzungskategorie „Wiese“ wird die Biomasse durch mehrmaliges Mähen für die Erzeugung von Grassilage und Heu verwendet. Hierbei werden Flächen intensiv gepflegt, gedüngt und regelmäßig geerntet (bis zu 4-mal im Jahr). (Neff, 1998) Durch die intensive Nutzung gilt diese Bewirtschaftungsform als weniger förderlich für die Biodiversität. Somit werden für die Region wiederum die drei Bewirtschaftungsmethoden bzgl. ihrer oben beschriebenen Nutzungsverteilung des Dauergrünlands untersucht. Die Untersuchungsweise erfolgt dabei grundsätzlich wie beim Indikator „V1“ mit der Verwendung der gleichen Quellen. Nach der Berechnung durch den Szenario-Manager werden die unterschiedlichen Grünlandnutzungen außerdem durch eine Nutzwertanalyse untersucht, um anhand der Landnutzungsänderung den Nutzen für die Biodiversität zu veranschaulichen. Hierfür werden auf Basis der Literatur nach *Burkhard und Müller, 2013* (vgl. Anhang Tab. 30 & 31) und der Expertenmeinungen unterschiedliche Faktoren vergeben und ein gewichtetes arithmetisches Mittel für jedes Szenario berechnet. Die Faktorvergabe erfolgt auf einer Skala von 0 = keine relevante Kapazität bis 5 = maximale relevante Kapazität. Ein höherer Wert stellt also einen höheren Nutzwert für die Biodiversität dar. Anhand dieser Werte können außerdem weitere Interpretationen erfolgen z.B. zur Reduktion der Erosionsgefahr.

Als weiterer Indikator für die Biodiversität in der Kategorie der Regulierungsleistung wird die Vielfalt der Kulturen (R3) untersucht. Die Veranschlagung für diesen Indikator erfolgt anhand der angegebenen Kulturdaten, welche die Betriebsleiter der Vergleichsbetriebe angegeben haben. Die Kulturen werden in den drei Bewirtschaftungsformen bezüglich ihrer Anbauvarianz und den Anbauumfängen untersucht. Weiterhin werden die Fruchtarten hinsichtlich ihres Ausaatzeitpunktes (Sommerungen, Winterungen & mehrjährige Kulturen) analysiert. Anschließend werden anhand dessen Rückschlüsse auf die Biodiversitätsförderung der Bewirtschaftungsformen gezogen. Eine hohe Frucht- und Kulturvarianz, ein ausgeglichenes Anbauverhältnis sowie ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Sommerungen, Winterungen und mehrjährigen Kulturen spricht damit für eine bessere Förderung der Biodiversität. Eine Modellierung durch den Szenario-Manager erfolgt für diesen Indikator nicht.

Als letzte Kategorie werden die kulturellen Leistungen der Ökosysteme beurteilt. Hierfür wird der Bereich der Ästhetik & Erholung anhand des Indikators **K1: Ladnutzungsvielfalt** untersucht. Zwar ist die Wahrnehmung für die Ästhetik und den Erholungswert einer Region nur subjektiv und müsste durch regionale Umfragen im Landkreis Göttingen zunächst bestätigt werden, jedoch wurde in zahlreichen Studien bereits beobachtet, dass durch eine größere Vielfalt der Natur und eine damit einhergehenden Biodiversitätssteigerung ein höherer Erholungs- und Ästhetikwert zugesprochen wird. (Schrapp, et al., 2020) (Schweppe-Kraft, Dietrich, & Engels, 2015) (Cooper, Hart, & Baldock, 2009) (Götzl, Schwaiger, & Süßenbacher, 2011) (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2016) Die Verwendung dieses Indikators wird aus diesem Grund als geeignet angesehen.

Um die Landnutzungsvielfalt zu erfassen ist der Messgegenstand einerseits die Vielfalt der ackerbaulichen Nutzung und andererseits die unterschiedlichen Nutzungskategorien des Grünlandes. Die Bewertung erfolgt für eine bessere Darstellung der Ergebnisse anhand einer Nutzwertanalyse. Die Nutzwertfaktoren, die den jeweiligen ackerbaulichen Bereich bewerten, beruhen wie schon beim Indikator R2 auf der Literatur (vgl. Anhang Tabelle 30 & 31) und zusätzlich auf den Ergebnissen der Berechnungen des Indikators R3. Für eine höhere Vielfalt an ackerbaulichen Kulturen resultieren höhere Nutzwerte (Skala 0 bis 5). Die Vergabe der Nutzwertfaktoren für die verschiedenen Grünlandnutzungen orientiert sich ebenfalls an der Aufstellung nach *Burkhard und Müller, 2013* und den Expertenmeinungen. Die Grünlandkategorien werden hier nach dem gleichen Muster wie in R2 aufgeteilt (Wiesen, Weiden und extensives Grünland). Für diesen Indikator erfolgt eine Modellierung durch den Szenario-Manager. Da die Datengrundlage für diesen Indikator auf Ergebnissen anderer Indikatoren beruht, werden die verwendeten Werte erst in Kapitel 6 vorgestellt.

4.2 Monetäre Bewertungsmethode

Die ökonomische Bewertung baut auf der Methode und den Ergebnissen der qualitativen Bewertung auf. Da durch die qualitative Bewertung bereits für die verschiedenen Szenarien ermittelt wurden, wird für die Monetarisierung der Ökosystemleistungen auf eine erneute detaillierte Datenbeschreibung verzichtet. Es werden somit lediglich die Ergebnisse der beiden Szenarien vorgestellt.

Für die Monetarisierung der Versorgungsleistung wird auf Grundlage des aktuellsten agrarpolitischen Berichts der Bundesregierung 2019 eine Hochrechnung für die Region Göttingen vorgenommen. Als Hochrechnungsfaktor werden die Gewinne in €/ha LF²³ angenommen und mit den Flächenumfängen der Szenarien verrechnet. Eine Vergleichstabelle, auch von anderen Kosten- oder Ertragspositionen konventioneller und ökologischer Betriebe, befindet sich im Anhang (vgl. Tab. 32). Da für die Gewinne der biodynamisch bewirtschafteten Fläche keine öffentlichen Statistiken verfügbar sind, wird auf Grundlage der Expertenmeinungen ein um 5 % höherer Gewinn kalkuliert. Es wurden weiterhin Deckungsbeiträge vergleichbarer Kulturen verglichen. Zwar werden die Kostenpositionen auf Demeter-Betrieben, auf Grund von zusätzlichen Leistungen wie dem Präparateinsatz oder dem zusätzlichen Arbeitsaufwand der Kompostwirtschaft, höher eingeschätzt, jedoch ergeben sich durch höhere Verkaufspreise der Produkte auch höhere Gewinne. Die Zahlungsbereitschaft für Demeter-Produkte wird laut der Expertenaussagen in der gesamte Lieferkette als höher eingeschätzt als bei EU-Öko-Produkten. Weiterhin sind höhere Margen zu erreichen, da die Lieferketten zumeist kürzer sind als bei anderen Bio-Produkten. Die Berechnungsmethode basiert auf der Produktionskosten-Methode (direkte Bewertungsmethode).

Für die monetäre Bewertung der THG-Speicherung wird von dem Markt des CO₂-Zertifikatehandels ausgegangen. Zusätzlich gespeichertes CO₂ im Boden durch Humusaufbau ausgehend vom Status-Quo, kann in einem CO₂-Zertifikat gebündelt werden und im Zuge des Emissionshandels verkauft werden. Die zuvor ermittelte zusätzliche CO₂-Speicherleistung wird mit einem CO₂-Preis multipliziert. Durch die verschiedenen Landnutzungsszenarien ergeben sich verschiedene Wertschöpfungsgrößen. Um die Leistung für die Einheit €/ha/a zu ermitteln werden außerdem die durchschnittlichen jährlichen Speicherleistungen auf Grundlage von Standardwerten ermittelt. Die Datengrundlage basiert somit auf den zuvor ermittelten Landnutzungsänderungen der beiden Szenarien. Der CO₂-Preis basiert auf Daten der Bundesregierung und die durchschnittliche Speicherleistung auf den ermittelten Werten von Sanders & Heß bzw. dem Weltklimabericht. (Bundesregierung, 2022) (Sanders & Heß, 2019) (Myhre, et

²³ LF: landwirtschaftlich genutzte Fläche

al., 2013) Die Berechnungsmethode wird in Anlehnung an die Preisbasierte Methode durchgeführt.

Die ökonomische Bewertung der Biodiversitätsleistung erfolgt auf Grundlage einer Studie von Meyerhoff et al.. In der Studie wurden Zahlungsbereitschaften für unterschiedliche Maßnahmen gemessen, welche in einer nationalen Biodiversitätsstrategie verankert werden sollen. Es wurden somit auch Maßnahmen für Ackerland und Grünland kalkuliert. Hierfür wurden unterschiedliche Teilprogramme entwickelt, welche z.B. im Grünland mit den Maßnahmen einer extensiven Beweidung und weniger Düngeraufwand verbunden sind. Für diese Teilprogramme wurden jeweils minimale und maximale Zahlungsbereitschaften ermittelt. Die Bewertung führten Meyerhoff et al. somit mit Hilfe einer kontingenten Bewertungsmethode durch. (Meyerhoff, Angeli, & Hartje, 2012) Die ermittelten Werte von Meyerhoff et al. werden anschließend mit den verschiedenen Anbauverhältnissen der Szenarien vervielfacht. Das Ergebnis dieser Hochrechnung spiegelt somit den Wert der Biodiversität je nach Szenario im Landkreis Göttingen wieder. Damit erfolgt die ökonomische Bewertung der Biodiversität anhand der Benefit-Transfer-Methode, basiert jedoch auf Daten, die mit Hilfe der kontingenten Bewertungsmethode erhoben wurden.

Als letzte Leistung werden die kulturellen Ökosystemleistung ökonomisch betrachtet. Die Bewertung erfolgt mit Hilfe einer Hochrechnung des Tourismuskonzepts des Landkreises Göttingens und den Ergebnissen der vorangegangenen Szenario-Analyse des Indikators *K1*. Laut dem Tourismuskonzept des Landkreises bauen die Tourismusaktivitäten in der Region auf sechs verschiedenen Säulen auf: Burgen & Schlösser, Geschäftstourismus, **Natur**, Städtetourismus, Kultur und **Aktivtourismus** (Rad, Wandern etc.). (Landkreis Göttingen, 2016) Somit bauen zwei dieser Säulen ($1/3 = 33\%$) auf Tourismusaktivitäten auf, die im unmittelbaren Zusammenhang mit den Ökosystemleistungen stehen und als solche auch im Konzept benannt werden. Anschließend wird anhand von Daten des LSN die touristische Aktivitätszahl (Übernachtungen + Tagestouristen) pro Jahr im Landkreis Göttingen gemessen und mit den durchschnittlichen Ausgaben eines Tagestouristen multipliziert. Das Ergebnis dieser Hochrechnung stellt somit den minimalen Umsatz der gesamten Tourismusaktivitäten in der Region dar. (LSN, 2019) Da $1/3$ dieser Aktivitäten auf naturverbundene Freizeitaktivitäten zurückgeführt werden können und Freizeitaktivitäten zumeist der Erholung dienen, wird dieser Anteil den Ökosystemleistungen zugeordnet. Das Ergebnis stellt somit den momentanen Nachfrage-Wert der kulturellen Ökosystemleistungen dar. Um eine mögliche Veränderung durch Landnutzungsänderungen zu kalkulieren, werden die prozentualen Differenzen der Nutzwertanalyse des Indikators *K1* ermittelt. Dieser Prozentwert wird ausgehend vom Wert des Status-Quos für die beiden Szenarien kalkuliert.

5 Datengrundlage

Im folgenden Kapitel wird zunächst die Modellregion hinsichtlich ihrer Demographie, terrestrischen Lage, Klimagegebenheiten und weiteren spezifischen Standortmerkmalen beschrieben. Anschließend werden die erhobenen Daten der drei Bewirtschaftungssysteme dargestellt. Es wurden Angaben des LSNs für die Analyse der Flächenverteilung, Betriebsgrößen und der Kulturartenverteilung von konventionellen und ökologischen Betrieben erhoben. Da die Daten des LSNs detailliert aufbereitet sind, kann ein zweckmäßiger Datentransfer erfolgen. Für einige Indikatoren wurden betriebsindividuelle Daten erhoben. Die teilnehmenden Betriebsleiter füllten hierfür einen Fragebogen aus. Hierdurch wird eine regionalspezifische Datenlage gewährleistet, die zu einer gesteigerten Repräsentativität der Ergebnisse führt. Die betriebsindividuellen Daten stehen stellvertretend für die jeweilige Bewirtschaftungsmethode und werden auf die jeweilige Gesamtfläche übertragen. Die beschriebenen Daten dienen als Grundlage für die weiteren Analysen im Szenario-Manager. Außerdem werden im weiteren Verlauf des Kapitels die Datengrundlagen für die monetären Bewertungen beschrieben. Durch dieses Kapitel soll ein umfangreicher Überblick über die landwirtschaftlichen Gegebenheiten der Modellregion gewährleistet werden. Zum Ende des Kapitels werden außerdem die Szenarien mit den dazugehörigen Datengrundlagen vorgestellt.

5.1 Die Modellregion

Die Modellregion befindet sich im südlichen Niedersachsen in der Region Göttingen, im Zentrum Deutschlands. Im Westen grenzt der Landkreis an das Bundesland Hessen und im Süd-Osten an das Bundesland Thüringen (vgl. Abb. 8 & 9 im Anhang). Insgesamt wohnen in der Region rd. 322.800 Menschen. Das Zentrum des Landkreises wird durch die Kreisstadt Göttingen mit rd. 120.000 Einwohnern gebildet (Landkreis Göttingen, 2020) Die durchschnittliche Temperatur beträgt im langjährigen Mittel 8,7°C bei einem Jahresniederschlag von 651 mm pro Jahr. (WS Göttingen, 2022) (DWD, 2022) Die Topografie ist von Schichtenstufenlandschaften²⁴ geprägt mit teilweise höheren Mittelgebirgszügen am Harz und Weserbergland (865 ü.NN) und flachen Niederungen im Leinetal (123 m ü.NN – Hann. Münden). Die Stadt Göttingen befindet sich auf 150 m ü.NN. (Landkreis Göttingen, 2020) Der Boden der Region ist geprägt durch Tonschluffe und Lehmsande bzw. geomorphologisch durch Parabraunerden, Rendzina, Podsolige- und Pelosol- Braunerden. In einigen Lagen befinden sich außerdem tiefgründige Auenböden. Das ackerbauliche Ertragspotenzial ist in der Region unterschiedlich einzustufen, sodass es insb. im Leinetal zu hohen bis sehr hohen Ertragspotenzialen kommen

²⁴ Wechsel aus Steilhängen (Schichtstufen) und weiten Ebenheiten (Stufenfläche) (Hofbauer, 2001)

kann. In Richtung Harz und Weserbergland befinden sich mittlere bis geringe Ertragspotenziale (BGR, 2022). Ersichtlich wird dieses auch auf der Karte des BGRs, die mit Hilfe des Müncheberger „Soil Quality Ratings“ das ackerbauliche Ertragspotenzial darstellt (vgl. Anhang Abb. 11). Die Humusgehalte der ackerbaulich genutzten Oberböden befinden sich lt. BGR hauptsächlich zwischen 2 % bis <3 %. In wenigen Lagen auch zwischen 4 bis <6 % (vgl. Anhang Abb. 10)

Die Region Göttingen weist eine Fläche von insg. 175.541 ha (1.753,29 km²) auf, wovon rd. 42 % (72.116ha) landwirtschaftlich genutzt werden.

Die landwirtschaftliche Flächennutzung ist in Tabelle 8 dargestellt und umfasst alle Bewirtschaftungsmethoden. Da insgesamt 31 verschiedene Früchte vom LSN in der Region gelistet sind, werden in Tabelle 8 lediglich die Kulturarten dargestellt. Eine detaillierte Auflistung nach Fruchtarten befindet sich in der angehängten Exceldatei „Landw. Flächennutzung & Kulturarten“.

Tabelle 8 Landwirtschaftliche Flächennutzung im LK Göttingen

| | Frucht | Fläche | Anteil in %²⁵ |
|---|---------------------------|---------------|---------------------------------|
| A | Getreide | 36.084 ha | 60,7 % |
| B | Pflanzen zur Grünernte | 7.091 ha | 11,9 % |
| C | Hackfrüchte | 3.448 ha | 5,8 % |
| D | Hülsenfrüchte | 908 ha | 1,5 % |
| E | Handelsgewächse/Ölfrüchte | 9.063 ha | 15,2 % |
| F | Gartenbauerzeugnisse | 158 ha | 0,3 % |
| G | Brache | 2.482 ha | 4,2 % |
| H | Dauerkulturen | 114 ha | 0,2 % |
| I | Sonstiges | 255 ha | 0,2 % |
| J | Dauergrünland | 12.513 ha | 17,4 % |

Quelle: (LSN Niedersachsen, 2020)

Klar ersichtlich wird, dass das Getreide, mit 60,7 % Flächenanteil, die größte ackerbauliche Nutzungsform darstellt, gefolgt von Handels- & Ölfrüchten (15,2 %) und Pflanzen zur

²⁵ A bis I: Anteile gemessen an ackerbaulicher Fläche; J: Anteil gemessen an landw. Gesamtfläche

Grünernte (11,9 %). Somit werden 82,5 % der landwirtschaftlichen Fläche ackerbaulich genutzt und 17,4 % als Dauergrünland. Die Nutzung des Dauergrünlands teilt sich in die Kategorien Wiesen, Weiden und ertragsarmes & aus der Erzeugung genommenes Dauergrünland (extensives Grünland) auf. Die Nutzungsverteilung hierfür befindet sich in Tabelle 9.

Tabelle 9 Nutzungsverteilung Dauergrünland LK Göttingen

| Kategorie | Fläche | Anteil in % |
|-------------------|----------|-------------|
| Wiesen | 2.350 ha | 18,8% |
| Weiden | 9.069 ha | 72,5% |
| extensive Nutzung | 1.094 ha | 8,7% |

Quelle: (LSN Niedersachsen, 2020)

Insgesamt sind in der Region 933 landwirtschaftliche Betriebe gemeldet, was einer durchschnittlichen Betriebsgröße von rd. 77 ha entspricht. Insgesamt ist die Betriebsgrößenverteilung als homogen einzuschätzen.

Wie in Kapitel 4 bereits beschrieben, wird für die Monetarisierung der kulturellen Leistungen die touristische Reiseaktivitäten gemessen. Laut der Reiseverkehrsstatistik beträgt die Summe der Übernachtungen und Tagesausflüge im Landkreis Göttingen 2,8 Mio. Aktivitäten/Jahr. Für die Hochrechnung der kulturellen Ökosystemleistungen wird von täglichen Ausgaben pro Besucher von 71 €/Tag ausgegangen. Diesen Betrag zahlt laut des Tourismuskonzepts des LK Göttingens ein Tagestourist durchschnittlich am Tag. (LSN, 2019) (Landkreis Göttingen, 2016)

5.2 Die konventionelle Bewirtschaftung

Die Region Göttingen ist überwiegend durch die konventionelle Landwirtschaft geprägt, sodass 91,4 % (\approx 853 Betriebe; 66.955 ha) der Betriebe nach dieser Bewirtschaftungsmethode arbeiten. Im deutschlandweiten Vergleich liegt dieser Wert um 3,0 % höher. Die durchschnittliche Betriebsgröße beträgt 79 ha. Die Flächenbewirtschaftung nach Kulturarten der konventionellen Landwirtschaft ist in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10 konventionelle Flächennutzung im LK Göttingen

| | Kulturart | Fläche | Anteil in % |
|---|------------------------|-----------|-------------|
| A | Getreide | 34.625 ha | 61,2% |
| B | Pflanzen zur Grünernte | 6.155 ha | 10,9% |
| C | Hackfrüchte | 3.394 ha | 6,0% |
| D | Hülsenfrüchte | 576 ha | 1,0% |

| | | | |
|---|---------------------------|-----------|-------|
| E | Handelsgewächse/Ölfrüchte | 9.049 ha | 16,0% |
| F | Gartenbauerzeugnisse | 86 ha | 0,1% |
| G | Brache | 2.455 ha | 4,3% |
| H | Dauerkulturen | 80 ha | 0,1% |
| I | Sonstiges | 155 ha | 0,3% |
| J | Dauergrünland | 10.380 ha | 15,5% |

Quelle: (LSN Niedersachsen, 2020)

Das Getreide nimmt somit bei der konventionellen Landnutzung mit 61,2 % den höchsten Anteil ein. Über 90 % werden davon durch die Früchte Weizen (66%) und Gerste (27%) vertreten. Danach folgen die Handels- und Ölfrüchte mit 16 % (99 % Winterraps) und Pflanzen zur Grünenernte mit 10,9 % der konventionellen Flächennutzung. Der größte Anteil der Pflanzen zur Grünenernte ist mit 73 % der Silomais für die Biogas- und Milchviehfütterung. Gemessen an der konventionellen Fläche werden 84,5 % (\pm 56.575 ha) ackerbaulich genutzt und 15,5 % (\pm 10.380 ha) als Dauergrünland. Die Nutzungsverteilung des Dauergrünlands befindet sich in der folgenden Tabelle 11. Weiterhin ist in der Tabelle dargestellt, welche Biodiversitätsfaktoren für die Untersuchung des Indikators *R2: Flächennutzung-Grünland* angenommen werden.

Tabelle 11 Nutzungsverteilung Dauergrünland im konventionellen Bereich

| Kategorie | Fläche | Anteil in % | Nutzwertfaktor – R2 |
|-------------------|----------|-------------|---------------------|
| Wiesen | 2.141 ha | 20,6% | 1 |
| Weiden | 7.516 ha | 72,4% | 2 |
| extensive Nutzung | 723 ha | 7,0% | 5 |

Quelle: (LSN Niedersachsen, 2020) (Naturkapital Deutschland – TEEB DE, 2016)

Die aufgeführten Werte in Tabelle 10 und Tabelle 11 dienen der Kalkulation für die Indikatoren *V1, R2, R3* und *K1*.

Der landwirtschaftliche Betrieb, der die konventionelle Landwirtschaft stellvertretend repräsentiert, wirtschaftet auf 384 ha Ackerland und 22 ha Grünland. Besonderheiten des Betriebes sind, dass beim Anbau von Sommerungen (Zuckerrüben und Mais) eine Winterbegrünung durch Zwischenfrüchte erfolgt. Außerdem nimmt der Betrieb am mehrjährigen Blühstreifenprogramm teil. Durchschnittlich haben die Böden eine Bodenpunktzahl (BP) von 62 BP. Die Bodenart wird überwiegend als schluffiger Lehm (uL) angegeben. Laut der ackerbaulichen Ertragspotenzialkarte des BGRs können auf dem Betrieb mittlere Erträge realisiert werden (vgl. Anhang Abb. 11).

Für den Indikator *V1: Ertragspotenzial* und *R3: Vielfalt der Kulturen* werden aufgrund der eingetragenen Daten im Fragebogen die Werte aus Tabelle 12 ergänzend angenommen.

Tabelle 12 Kulturen und Erträge - konventionelle Betriebe

| Nr. | Kultur | Flächenanteil in % | Ertrag in t/ha |
|-----|--------------|--------------------|----------------|
| 1. | Winterweizen | 45 % | 8,5 t/ha |
| 2. | Wintergerste | 16 % | 8,5 t/ha |
| 3. | Winterraps | 15 % | 4,0 t/ha |
| 4. | Zuckerrüben | 7 % | 90 t/ha |
| 5. | Silomais | 10 % | 45 t/ha |
| 6. | Brache | 6 % | 0 t/ha |

Quelle: vgl. Fragebogen im Anhang

Ersichtlich wird aus den angegebenen Daten, dass der Betrieb eine gute Repräsentativität hinsichtlich des Fruchtartenanbaus vorweist, da jeweils die Fruchtart mit den größten Anteilen im Landkreis Göttingen auf diesem Betrieb vorhanden sind. Außerdem wird auf dem Betrieb zu 61 % Getreide angebaut, was ebenfalls dem Durchschnitt des Landkreises Göttingens entspricht. Auch in den anderen Kulturarten entspricht der Betrieb dem konventionellen Durchschnitt der Region.

Für den Indikator *R1: THG – Speicherung* in der Kategorie Regulierungsleistung wird die CO₂-Speicherung anhand des Humusgehalts gemessen und auf Grundlage der vorgestellten Berechnungsmethode in Kapitel 4 kalkuliert. Der durchschnittliche Humusgehalt auf ackerbaulich genutzten Flächen beträgt gemäß den Angaben 2,6 %. Der durchschnittliche Humusgehalt auf Flächen die als Dauergrünland genutzt werden beträgt 4,3 %.

Für die anschließende Monetarisierung wird für die konventionelle Landwirtschaft auf Basis des aktuellsten agrarpolitischen Berichts der Bundesregierung ein Gewinn von 701 €/ha/a kalkuliert. (BMEL, 2019)

Die hier vorliegenden Daten stellen somit die Kalkulationsgrundlage für die Szenario-Analyse dar. Die Ergebnisse hierfür befinden sich in Kapitel 6.

5.3 Die ökologische Bewirtschaftung

In der Region Göttingen wirtschaften 76 Betriebe (\approx 8 %) nach dem ökologischen Standard (exkl. Demeter). Dies entspricht einer Fläche von 4.843 ha. Gemessen an der landwirtschaftlichen Gesamtfläche im LK Göttingen werden somit 6,7 % ökologisch bewirtschaftet und ist somit um 3 % geringer als im deutschlandweiten Vergleich. Die durchschnittliche

Betriebsgröße beträgt 64 ha. Die Flächenbewirtschaftung nach Kulturarten der ökologischen Landwirtschaft ist in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13 ökologische Flächennutzung im LK Göttingen

| | Kulturart | Fläche | Anteil in % |
|---|---------------------------|---------------|--------------------|
| A | Getreide | 1.390 ha | 49,5 % |
| B | Pflanzen zur Grünernte | 892 ha | 31,7 % |
| C | Hackfrüchte | 51 ha | 1,8 % |
| D | Hülsenfrüchte | 316 ha | 11,3 % |
| E | Handelsgewächse/Ölfrüchte | 13 ha | 0,5 % |
| F | Gartenbauerzeugnisse | 79 ha | 2,8 % |
| G | Brache | 26 ha | 0,9 % |
| H | Dauerkulturen | 32 ha | 1,2 % |
| I | Sonstiges | 0 ha | 0,0 % |
| J | Dauergrünland | 2.053 ha | 41,9% |

Quelle: (LSN Niedersachsen, 2020) Kommentar: exkl. Demeter

Auch bei der ökologischen Bewirtschaftung hat das Getreide mit 49,5 % den größten Flächenanteil. Der Weizenanbau beträgt hierbei 56 % des Getreides. Roggen, Hafer, Triticale und Gerste werden jeweils zu rd. 10 % angebaut, womit die Früchteverteilung homogener ist als in der konventionellen Flächennutzung. Mit 31,7 % folgt die Nutzung mit Pflanzen zur Grünernte. Der größte Anteil wird hierbei mit 83,4 % durch Futterleguminosen erzielt. Leguminosen haben aufgrund der Stickstoffanreicherung im Boden im ökologischen Landbau eine zentrale Rolle. Winterraps und andere Ölfrüchte haben bislang noch keine Relevanz im ökologischen Landbau, weswegen hier die Hülsenfrüchte die drittgrößte Kulturart mit 11,3 % sind. Insbesondere die Ackerbohne (Körnerleguminose) hat mit rd. 80 % Flächenanteil hier eine primäre Relevanz. Somit werden 58 % ackerbaulich genutzt und 42 % als Dauergrünland. Im Vergleich zu Gesamtdeutschland ist das Ackerland-Grünlandverhältnis im LK Göttingen umgekehrt. Die Nutzungsverteilung des Dauergrünlands mit ökologischer Nutzung befindet sich in Tabelle 14. Ebenfalls mit aufgeführt sind die Nutzwertfaktoren für die Biodiversität.

Tabelle 14 Nutzungsverteilung Dauergrünland im ökologischen Bereich

| Kategorie | Fläche | Anteil in % | Nutzwertfaktor |
|-------------------|----------|-------------|----------------|
| Wiesen | 199 ha | 9,8 % | 2 |
| Weiden | 1.479 ha | 73,8 % | 3 |
| extensive Nutzung | 354 ha | 17,1 % | 5 |

Quelle: (LSN Niedersachsen, 2020)

Im Gegensatz zur konventionellen Nutzungsverteilung fällt auf, dass der Teil der extensiven Nutzung um 10 % höher ist, hingegen die intensive Nutzung um ca. 10 % niedriger. Der Anteil der Weidenutzung ist annähernd gleich mit einer Differenz von 1,4 %. Die Nutzwertfaktoren in der Wiesen- und Weidenutzung sind jeweils um einen Punkt höher. Zwar ist die Nutzungsdensität zwischen ökologischer und konventioneller Nutzung gleich intensiv, jedoch werden im ökologischen Landbau keine Pflanzenschutzmittel oder synthetische Dünger eingesetzt. Die extensive Nutzung ist in allen drei Bewirtschaftungsmethoden gleich (keine PSM und kein Dünger) und somit mit 5 Punkten bewertet.

Der ökologisch wirtschaftende Betrieb aus dem Landkreis Göttingen wirtschaftet auf einer Gesamtbetriebsfläche von 360 ha, wovon 358 ha als Ackerland genutzt werden und 2 ha als Dauergrünland. Durchschnittlich weisen die überwiegend sandigen Lehm Böden (sL) 58 BP auf, womit eine gute Vergleichbarkeit zum konventionellen Betrieb gegeben ist. Laut der ackerbaulichen Ertragspotenzialkarte des BGRs können auf dem Betrieb mittlere Erträge realisiert werden (vgl. Anhang Abb. 11). Weiterhin erfolgt auch auf diesem Betrieb eine Winterbegrünung vor dem Anbau von Sommerungen. Der Betrieb nimmt außerdem an den Förderprogrammen BS 6 (mehrjährige Schonstreifen für den Rotmilan) und BS 7 (Grünstreifen zum Erosions- und Gewässerschutz) teil.

Für den Indikator *V1: Ertragspotenzial* in der Kategorie Versorgungsleistung werden aufgrund der eingetragenen Daten im Fragebogen die Werte aus Tabelle 15 angenommen.

Tabelle 15 Kulturen und Erträge - ökologischer Betrieb

| Nr. | Kultur | Flächenanteil in % | Ertrag in t/ha |
|-----|--------------------------|--------------------|----------------|
| 1. | Weizen | 17 % | 5,5 t/ha |
| 2. | Dinkel | 16 % | 5,0 t/ha |
| 3. | Roggen | 5 % | 4,0 t/ha |
| 4. | Sommer-Braugerste | 11 % | 5,0 t/ha |
| 5. | Erbsen/Triticale Gemenge | 9 % | 4,0 t/ha |
| 6. | Kartoffeln | 9 % | 30,0 t/ha |

| | | | |
|-----|-------------|-----|-------------|
| 7. | Zuckerrüben | 2 % | 55,0 t/ha |
| 8. | Rote Bete | 5 % | 50,0 t/ha |
| 9. | Kohl | 8 % | 10-100 t/ha |
| 10. | Möhren | 6 % | 60,0 t/ha |
| 11. | Ackerbohnen | 1 % | 4,0 t/ha |
| 12. | Klee gras | 9 % | 15,0 t/ha |

Ersichtlich wird, dass die Anzahl der angebauten Früchte doppelt so hoch ist wie im konventionellen Bereich. Ebenfalls wird sichtbar, dass bei den vergleichbaren Kulturen die Erträge zwischen 30 % und 50 % niedriger sind als auf dem konventionellen Betrieb. Der Betrieb weist eine gute Eignung für die weiteren Analysen auf, da alle relevanten Fruchtarten auf diesem Betrieb angebaut werden.

Für die Kalkulation des Indikators *R1: THG-Speicherung* in der Kategorie Regulierungsleistung werden für die ackerbaulich genutzten Flächen gemäß der Angabe mit 2,7 % kalkuliert. Der durchschnittliche Humusgehalt für die Flächen, die als Dauergrünland genutzt werden, beträgt 4,3 %.

Für die anschließende Monetarisierung wird für die ökologische Landwirtschaft auf Basis des aktuellen agrarpolitischen Berichts der Bundesregierung von einem Gewinn von 769 €/ha/ha ausgegangen. (BMEL, 2019)

5.4 Die biologisch-dynamische Bewirtschaftung

Für den Demeter-Bereich gibt es nur eine beschränkte öffentliche Datenlage, sodass die Daten teilweise hergeleitet werden müssen und somit Messunsicherheiten bestehen.

Wie bereits in Kapitel 4 beschrieben, liegen für die biologisch-dynamische Bewirtschaftungsmethode keine Daten hinsichtlich der Flächennutzung auf Landkreisebene vor. Die regionalsten verfügbaren Daten bestehen auf Ebene der Bundesländer. Im Bundesland Niedersachsen wirtschaften insgesamt 141 Höfe nach dem Demeter-Standard auf einer Fläche von 8.894 ha. Insgesamt befinden sich im Bundesland Niedersachsen 37 Landkreise, sodass jeder Landkreis durchschnittlich 240 ha Demeterfläche vorweisen kann. Laut der Portraitsuche des Demeterverbandes wirtschaften 4 Betriebe in der Region Göttingen nach diesem Standard, was einer durchschnittlichen Betriebsgröße von 60 ha entspricht. Im Bundesland Niedersachsen beträgt die durchschnittliche Größe der Demeterbetriebe 63 ha. Es wurde im Rahmen der Masterarbeit erfolglos versucht mit diesen Betrieben in Kontakt zu treten, um die Daten auf regionalster Ebene darstellen zu können. Weiterhin wurde in Zusammenarbeit mit *Demeter im Norden* versucht, die Flächennutzung der Demeterbetriebe nach dem Muster des LSNs zu

übertragen. Es konnte jedoch keine ganzheitliche Datenlage erarbeitet werden. Da hinsichtlich der angebauten Kulturen zwischen ökologischen Betrieben und biologisch-dynamischen Betrieben keine signifikanten Unterschiede bestehen, wird die gleiche verhältnismäßige Flächennutzung wie im ökologischen Bereich angenommen (vgl. Tabelle 13). Die Werte, die sich daraus ergeben, befinden sich in Tabelle 16.

Tabelle 16 Demeter-Flächennutzung im LK Göttingen²⁶

| | Kulturart | Fläche | Anteil in % |
|---|---------------------------|--------|-------------|
| A | Getreide | 69 ha | 49,5% |
| B | Pflanzen zur Grünernte | 44 ha | 31,7% |
| C | Hackfrüchte | 3 ha | 1,8% |
| D | Hülsenfrüchte | 16 ha | 11,2% |
| E | Handelsgewächse/Ölfrüchte | 1 ha | 0,5% |
| F | Gartenbauerzeugnisse | 4 ha | 2,8% |
| G | Brache | 1 ha | 0,9% |
| H | Dauerkulturen | 2 ha | 1,2% |
| I | Sonstiges | 0 ha | 0,0% |
| J | Dauergrünland | 101 ha | 41,9% |

Quelle: berechnet nach LSN Niedersachsen, 2020

Es ergibt sich somit das gleiche Verhältnismuster wie bei der ökologischen Flächennutzung. Für das Dauergrünland wird ebenfalls die gleiche Nutzungsverteilung wie im ökologischen Bereich angenommen. Die resultierenden Annahmen befinden sich inkl. der Nutzwertfaktoren in der folgenden Tabelle.

Tabelle 17 Nutzungsverteilung Dauergrünland im Demeter-Bereich

| Kategorie | Fläche | Anteil in % | Nutzwertfaktor |
|-------------------|--------|-------------|----------------|
| Wiesen | 10 ha | 9,8% | 3 |
| Weiden | 74 ha | 72,8% | 4 |
| extensive Nutzung | 18 ha | 17,4% | 5 |

Quelle: berechnet nach LSN, Niedersachsen, 2020 (LSN Niedersachsen, 2020)

²⁶ Die Daten unterstehen Messunsicherheiten

Die höheren Nutzwerte in der Kategorie Wiesen und Weiden resultieren insb. auf der Nutzungsintensität im Vergleich zum konventionellen und ökologischen Bereich. So erfolgen lt. der Experten auf Demeterbetrieben durchschnittlich bis zu zwei Schnitte im Jahr in der Nutzungskategorie Wiesen - auf dem ökologischen Betrieb sind es hingegen bis zu 3 bzw. im konventionellen Bereich bis zu 4 Schnitte. Maßgebliche Gründe hierfür sind die unterschiedlichen Stickstoffdüngungen und Düngerverfügbarkeiten, welche im biodynamischen Bereich begrenzter sind als in den anderen beiden Bewirtschaftungsmethoden. Gleiches gilt für die Nutzung von Weiden. Zwar erfolgt bei dieser Nutzungskategorie ohnehin eine geringere Düngung als auf Wiesen, da jedoch die Stickstoffdüngung insgesamt auf Demeterbetrieben niedriger ist, wird die Biodiversität hier höher eingeschätzt. Weiterhin ist der Weidegang auf Demeterbetrieben im Gegensatz zu EU-ÖKO Betrieben schärfer geregelt. Wie oben bereits beschrieben sind in der extensiven Nutzung keine Nutzungsunterschiede, daher werden auch hier 5 Nutzwertpunkte vergeben.

Die aufgeführten Werte in Tabelle 16 und Tabelle 17 dienen somit der Kalkulation der Indikatoren *V1*, *R2*, *R3*, und *K1*.

Der Betrieb, der stellvertretend für die Region Göttingen den biologisch-dynamischen Bereich repräsentiert, wirtschaftet auf einer Fläche von insgesamt 440 ha. Hiervon werden 405 ha als Ackerland und 35 ha als Dauergrünland genutzt. Die Bodenarten des Betriebes sind überwiegend toniger Lehm (tL) bei einer durchschnittlichen Bodengüte von 41 BP. Laut der ackerbaulichen Ertragspotenzialkarte des BGRs weist der Betrieb primär mittlere Ertragsstandorte auf und mit wenigen Anteilen auch geringere ackerbauliche Ertragsstandorte. Der Betrieb nimmt nicht an Förderprogrammen teil. Auf freiwilliger Basis werden vielfältige Fruchtfolgen umgesetzt und Tierhaltung auf Stroh. Außerdem arbeitet auch dieser Betrieb beim Anbau von Sommerungen mit einer Winterbegrünung. Somit wird trotz des etwas schlechterem Standorts eine gute Vergleichbarkeit zu den anderen Betrieben gesehen.

Für die Kalkulation des Indikators *V1: Ertragspotenzial* werden folgende Daten aus Tabelle 18 angenommen.

Tabelle 18 Kulturen und Erträge - Demeter

| Nr. | Kultur | Flächenanteil in % | Ertrag in t/ha |
|-----|--------------|--------------------|----------------|
| 1. | Dinkel | 14 % | 3,5 t/ha |
| 2. | Winterweizen | 17 % | 3,3 t/ha |
| 3. | Triticale | 4 % | 3,0 t/ha |
| 4. | Sommerweizen | 8 % | 3,0 t/ha |
| 5. | Sommerhafer | 14 % | 4,0 t/ha |

| | | | |
|-----|-----------------------------------|------|-----------|
| 6. | Winterackerbohnen | 4 % | 3,2 t/ha |
| 7. | Sommerackerbohnen | 9 % | 3,2 t/ha |
| 8. | Körnererbsen-Sommergerste-Gemenge | 4 % | 2,7 t/ha |
| 9. | Körnermais | 3 % | 5,5 t/ha |
| 10. | Kartoffeln | 1 % | 15,0 t/ha |
| 11. | Rotklee Vermehrung | 4 % | 0,3 t/ha |
| 12. | Kleegras-Ackerfutter | 20 % | 10,0 t/ha |

Quelle: vgl. Fragenbogen im Anhang

Auch hier wird ersichtlich, dass doppelt so viele Feldfrüchte im Gegensatz zum konventionellem Vergleichsbetrieb angebaut werden. Die Erträge sind auf dem Demeterbetrieb geringer als auf dem ökologischem Vergleichsbetrieb.

Für die Kalkulation des Indikators *R1: THG – Speicherung* in der Kategorie Regulierungsleistung werden für die ackerbaulich genutzten Flächen gemäß der Angaben 2,9 % kalkuliert. Der durchschnittliche Humusgehalt auf Flächen die als Dauergrünland genutzt werden beträgt 4,6 %.

Für die anschließende Monetarisierung wird für die biologisch-dynamische Landwirtschaft auf Basis des aktuellen agrarpolitischen Berichts der Bundesregierung bzw. durch die Angaben der Betriebsleiter und Experten von einem Gewinn von 807 €/ha/a ausgegangen. (BMEL, 2019)

5.5 Weitere Datengrundlagen

Wie bereits in Kapitel 4 beschrieben, werden die Indikatoren in zwei verschiedenen Szenarien modelliert und mit einem Referenzszenario verglichen. Die Daten für das erste Szenario entsprechen hierbei den Zielen der Biodiversitätsstrategie 2030 der europäischen Kommission. Hierbei ist es das Ziel, 25 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ökologisch zu bewirtschaften. Da keine Zielangaben hinsichtlich der biologisch-dynamischen Bewirtschaftung bestehen, wird ein hypothetischer Wert für das Jahr 2030 kalkuliert. Die Kalkulierung beruht auf dem Demeter-Zuwachs vom Jahr 2020 bis 2021, welcher bei +7,8 % lag. Somit wird ein Flächenzuwachs ausgehend vom Referenzszenario mit + 78 % (7,8 % x 10 Jahre) kalkuliert. (BÖLW, 2022) Da der Demeter-Bereich bei der Zielangabe der EU-Kommission inkludiert ist wird der Anteil der Demeter bewirtschafteten Fläche vom ökologischen Anteil abgezogen und beträgt somit 24,4 %. Ausgehend von diesen Daten wird die konventionelle Bewirtschaftung mit 75 % kalkuliert.

Wie ebenfalls in Kapitel 4 beschrieben, werden für das zweite Szenario die Ziele der neuen Bundesregierung in Deutschland laut Koalitionsvertrag angenommen. Im Koalitionsvertrag

wird das Ziel der ökologischen Flächenbewirtschaftung bis 2030 mit 30 % beziffert und liegt somit 5 % höher als die festgelegten Ziele der Biodiversitätsstrategie 2030 der EU-Kommission. Grundsätzlich werden die gleichen Berechnungsmuster wie im ersten Szenario gewählt. Jedoch wird ebenfalls keine Angabe zur biologisch-dynamischen Bewirtschaftung gegeben, sodass die Demeter-Fläche auch hier als hypothetischer Wert kalkuliert wird. Der Anteil wird hier um 5 % höher als im ersten Szenario berechnet. Somit beträgt der kalkulierte Demeter-Anteil in zweitem Szenario 0,65 %. Für den ökologischen Bereich werden demnach 29,35 % angenommen und für die konventionelle Bewirtschaftung 70 %. Die Szenarien sind inkl. des Referenzszenarios in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19 Datengrundlage der Szenarien

| Methoden | Referenzszenario | European - Commission | Koalitionsvertrag - BRD 2021 |
|---------------|------------------|-----------------------|------------------------------|
| Konventionell | 92,90% | 75,00% | 70,00% |
| Ökologisch | 6,70% | 24,40% | 29,35% |
| Demeter | 0,33% | 0,60% | 0,65% |

Quelle: Bundesregierung, 2021; Europäische Kommission, 2020

Anhand dieser prozentualen Bewirtschaftungsverteilung werden die beiden Szenarien im Szenario-Manager berechnet. Im Szenario-Manager werden die Daten aus Tabelle 19 als veränderbare Zellen angegeben. Für die verschiedenen Indikatoren wird individuell eine Berechnung durchgeführt, da die Ergebniszellen je nach Indikator variieren.

Für eine ökonomische Betrachtung der THG-Speicherung wird von einem Durchschnittspreis von 55 €/t CO₂ ausgegangen. Da der CO₂-Preis variabel ist, wird von dem von der Bundesregierung ausgeschriebenen CO₂-Preis Niveau im Jahr 2025 von 55 €/t ausgegangen. (Bundesregierung, 2022) Für die Kalkulation der jährlichen Speicherleistung wird mit einer durchschnittlichen Speicherleistung von 256 kg/C/a kalkuliert, was einer Menge von 939 kg/CO₂/a entspricht. Dieser Sequestrierungskoeffizient entspricht den Angaben von Sanders & Heß bzw. dem Weltklimabericht. (Sanders & Heß, 2019) (Myhre, et al., 2013)

Für die Bewertung der Biodiversität werden die Ergebnisse von Meyerhoff et al. aus der Studie „Valuing the benefits of implementing a national strategy on biological diversity—The case of Germany“ verwendet. (Meyerhoff, Angeli, & Hartje, 2012) Für die Berechnung des Biodiversitätswertes werden die minimalen Zahlungsbereitschaften für Ackerland (1,34 Mrd. €/a) und Grünland (1,35 Mrd. €/a) angenommen. Somit besteht für Ackerland 112 €/ha/a und für Grünland 281 €/ha/a Zahlungsbereitschaft für biodiversitätsfördernde Maßnahmen. Eine Darstellung der Ergebnisse von Meyerhoff et al. befindet sich im Anhang in Tabelle 33.

6 Bewertung der Ökosystemleistungen

Im folgenden Kapitel werden zunächst die Berechnungen, die mit Hilfe des Szenario-Managers durchgeführt wurden, vorgestellt. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt hierfür jeweils für die einzelnen Indikatoren. Für die Indikatoren *V1*, *R1*, *R2* und *K1* werden die Ausgabedateien des Szenarioberichts vorgestellt. Für den Indikator *R3* erfolgt keine Kalkulation durch den Szenario-Manager. Anschließend erfolgt auf Basis der Szenario-Analysen und der vorgestellten Datengrundlage eine monetäre Bewertung.

6.1 Berechnung der Ökosystemleistungen

Die erste Berechnung wurde für den Indikator ***V1: Ertragspotenzial*** durchgeführt. Die Messung erfolgte mit Hilfe von ortstypischen Ernteerträgen in t/ha. Außerdem wurden die flächenmäßigen Landnutzungsänderungen von Ackerland und Grünland berechnet, um auch hier mögliche Veränderungen darstellen zu können. Da einige Kulturarten im Landkreis Göttingen nur einen geringen Anbauumfang haben, wurden für die Berechnung im Szenario-Manager ausschließlich die drei größten Kulturarten berechnet. Im konventionellen Bereich sind es somit die Kulturarten Getreide, Pflanzen zur Grünernte und Ölfrüchte. Für den Demeter-Bereich und den ökologischen Bereich wurde dementsprechend das Getreide, Pflanzen zur Grünernte und Hülsenfrüchte modelliert. Als veränderbare Zellen wurden die unterschiedlichen Anbauverhältnisse angegeben. Als Ergebniszellen werden im Szenariobericht für jede Anbaumethode jeweils die Gesamtfläche, die Ackerland- und Grünlandfläche sowie die Mengen bzgl. der drei größten Kulturen angezeigt. Die Berechnung der Mengen erfolgte durch die angegebenen Erträge der Betriebe. Für die Erträge im Getreide wurden jeweils die Mittelwerte der angegebenen Getreidesorten berechnet. Hinzugefügt ist außerdem für das jeweilige Szenario die Veränderungen der Fläche bzw. Mengen ausgehend vom Referenzszenario sowie die entsprechende prozentuale Veränderung je Bewirtschaftungsmethode.

Tabelle 20 V1: Ertragspotenzial Szenario-Bericht

| Szenariobericht | BRD 2020 | European Commission | | | | Koalitionsvertrag - BRD 2021 | | |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------|--|
| Veränderbare Zellen: | | | | | | | | |
| | 92,9% 6,7% 0,33% | | 75,0% 24,4% 0,60% | | | 70,0% 29,4% 0,65% | | |
| Ergebniszellen: | Anbaufläche (ha) und Erträge (t/ha) | Anbaufläche (ha) und Erträge (t/ha) | Veränderungen Fläche & Menge | Veränderung in % | Anbaufläche (ha) und Erträge (t/ha) | Veränderungen Fläche & Menge | Veränderung in % | |
| K_Gesamt | 66.955 ha | 54.029 ha | -12.926 ha | | 50.427 ha | -16.528 ha | | |
| K_Ackerland | 56.575 ha | 45.653 ha | -10.922 ha | -19,3% | 42.610 ha | -13.965 ha | -24,7% | |
| Getreide | 294.313 t | 237.495 t | -56.817 t | | 221.662 t | -72.650 t | | |
| Pflanzen Grünernrte | 276.975 t | 223.505 t | -53.470 t | | 208.604 t | -68.371 t | | |
| Handelsgewächse/Ölfrüchte | 36.190 t | 29.203 t | -6.987 t | | 27.257 t | -8.933 t | | |
| K_Grünland | 10.380 ha | 8.376 ha | -2.004 ha | | 7.818 ha | -2.562 ha | | |
| Veränderung Menge | 607.477 t | 490.203 t | -117.274 t | | 457.523 t | -149.955 t | | |
| Ö_Gesamt | 4.843 ha | 17.578 ha | +12.735 ha | | 21.144 ha | +16.301 ha | | |
| Ö_Ackerland | 2.811 ha | 10.203 ha | +7.392 ha | +262,9% | 12.273 ha | +9.462 ha | +336,6% | |
| Getreide | 6.998 t | 25.397 t | 18.400 t | | 30.550 t | 23.552 t | | |
| Pflanzen Grünernrte | 13.684 t | 49.664 t | 35.980 t | | 59.739 t | 46.055 t | | |
| Hülsenfrüchte | 1.266 t | 4.595 t | 3.329 t | | 5.527 t | 4.261 t | | |
| Ö_Grünland | 2.032 ha | 7.375 ha | +5.343 ha | | 8.871 ha | +6.839 ha | | |
| Veränderung Menge | 21.947 t | 79.656 t | +57.709 t | | 95.816 t | +73.869 t | | |
| D_Gesamt | 240 ha | 432 ha | +192 ha | | 468 ha | +228 ha | | |
| D_Ackerland | 139 ha | 251 ha | +112 ha | +80,1% | 272 ha | +132 ha | +95,1% | |
| Getreide | 262 t | 472 t | 210 t | | 511 t | 249 t | | |
| Pflanzen Grünernrte | 452 t | 814 t | 362 t | | 882 t | 430 t | | |
| Hülsenfrüchte | 50 t | 90 t | 40 t | | 98 t | 48 t | | |
| D_Grünland | 101 ha | 181 ha | +81 ha | | 196 ha | +96 ha | | |
| Veränderung Menge | 764 t | 1.376 t | +612 t | | 1.491 t | +727 t | | |

Werden die Ziele der EU bzw. die Ziele des Koalitionsvertrages in die Region Göttingen transferiert, so würden sich insb. für den ökologischen Bereich deutliche Veränderungen ergeben. Laut der vorliegenden Berechnung würde der ökologische Bereich eine prozentuale Veränderung von + 262,9 % bzw. + 336,6 % aufweisen. Die ökologische bewirtschaftete Gesamtfläche würde um 12.735 ha bzw. 16.301 ha in der Region Göttingen wachsen. Auch die Demeter-Bewirtschaftung würde einen deutlichen Zuwachs erwarten (+95,1 %), sodass sich bei Einhaltung der Ziele der Bundesregierung die bewirtschaftete Fläche bis 2030 annähernd verdoppeln würde. Die Fläche im konventionellen Bereich würde sich im EU-Szenario um -19,3 % und im Koalitionsvertrag-Szenario um -24,7 % verringern. Die Auswirkungen auf die produzierte Gesamtmenge (Summe der 3 größten Kulturarten) ist in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21 Veränderungen produzierte Gesamtmenge im LK Göttingen

| | Menge in t | Veränderung in t | Veränderung in % |
|------------------------------------|------------|------------------|------------------|
| BRD 2020 | 630.189 t | - | - |
| European Commission | 571.235 t | -58.954 t | -9% |
| Koalitionsvertrag BRD -2021 | 554.830 t | -75.359 t | -12% |

Durch die Landnutzungsänderung würde somit - 9 % bzw. - 12 % weniger Menge produziert werden. Das liegt insbesondere daran, dass im ökologischen Landbau sowie auch im biologisch-dynamischen Landbau geringere Erträge erwirtschaftet werden als in der konventionellen Landwirtschaft. Weiterhin wächst der Grünlandanteil durch das veränderte Bewirtschaftungsverhältnis, was ebenfalls zu einer geringeren produzierten Gesamtmenge führt.

Die Kategorie der Regulierungsleistung wird durch drei verschiedene Indikatoren untersucht. Die erste Berechnung erfolgt für den Bereich Klima durch den Indikator **R1: THG-Speicherung**. Die Messung erfolgt an Hand des prozentualen Humusgehaltes des Oberbodens. Auf Grundlage der erhobenen Daten werden in Tabelle 22 die Ergebnisse abgebildet. Hierfür wird

für jede Bewirtschaftungsmethode jeweils die durchschnittliche gespeicherte C-Menge in t/ha dargestellt. Eine Unterscheidung erfolgt außerdem nach Ackerland und Grünland. Weiterhin sind die jeweiligen absolut gespeicherten C-Mengen bzw. CO₂-Mengen dargestellt. Zuletzt ist für jedes Szenario die Summe der gespeicherten CO₂-Menge angegeben inklusive der absoluten und prozentualen Veränderung, die sich durch die Landnutzungsänderungen für die Region Göttingen ergeben.

Tabelle 22 R1: THG-Speicherung Szenariobericht

| Szenariobericht | Referenzszenario 2020 | European Commission | | Koalitionsvertrag - BRD 2021 | |
|--|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Veränderbare Zellen: | | | | | |
| K_Anbau | 92,9% | 75,0% | | 70,0% | |
| Ö_Anbau | 6,7% | 24,4% | | 29,4% | |
| D_Anbau | 0,33% | 0,60% | | 0,65% | |
| Ergebniszellen: | | | | | |
| C in t/ha (Ackerland) | 47 t/ha | 47 t/ha | | 47 t/ha | |
| ∑C in t | 2.672.511 t | 2.156.579 t | -515.932 t | 2.012.807 t | -659.704 t |
| ∑CO ₂ in t | 9.808.115 t | 7.914.646 t | -1.893.469 t | 7.387.003 t | -2.421.112 t |
| C in t/ha (Grünland) | 78 t/ha | 78 t/ha | | 78 t/ha | |
| ∑C in t | 810.938 t | 654.385 t | -156.553 t | 610.759 t | -200.178 t |
| ∑CO ₂ in t | 2.976.141 t | 2.401.593 t | -574.548 t | 2.241.487 t | -734.654 t |
| Summe CO₂ (Konventionell) | 12.784.256 t | 10.316.238 t | -2.468.017 t | 9.628.489 t | -3.155.766 t |
| C in t/ha (Ackerland) | 49 t/ha | 49 t/ha | | 49 t/ha | |
| ∑C in t | 137.896 t | 500.483 t | +362.587 t | 602.015 t | +464.119 t |
| ∑CO ₂ in t | 506.079 t | 1.836.772 t | +1.330.693 t | 2.209.396 t | +1.703.317 t |
| C in t/ha (Grünland) | 78 t/ha | 78 t/ha | | 78 t/ha | |
| ∑C in t | 158.752 t | 576.178 t | +417.426 t | 693.067 t | +534.315 t |
| ∑CO ₂ in t | 582.621 t | 2.114.574 t | +1.531.953 t | 2.543.555 t | +1.960.934 t |
| Summe CO₂ (ökologisch) | 1.088.700 t | 3.951.346 t | +2.862.646 t | 4.752.951 t | +3.664.251 t |
| C in t/ha (Ackerland) | 53 t/ha | 53 t/ha | | 53 t/ha | |
| ∑C in t | 7.340 t | 13.219 t | +5.879 t | 14.320 t | +6.980 t |
| ∑CO ₂ in t | 26.937 t | 48.512 t | +21.575 t | 52.555 t | +25.618 t |
| C in t/ha (Grünland) | 84 t/ha | 84 t/ha | | 84 t/ha | |
| ∑C in t | 8.416 t | 15.157 t | +6.741 t | 16.420 t | +8.004 t |
| ∑CO ₂ in t | 30.887 t | 55.625 t | +24.739 t | 60.261 t | +29.374 t |
| Summe CO₂ (Demeter) | 57.824 t | 104.138 t | +46.314 t | 112.816 t | +54.992 t |
| Summe CO₂ bzw. zus. festgesetztes CO₂ | 13.930.779 t | 14.371.722 t | +440.943 t +3,2% | 14.494.256 t | +563.477 t +4,0% |

Auf Grundlage der angegebenen Humusgehalte der Betriebe und der zugrundeliegenden Berechnung ergibt sich, dass in der biologisch-dynamischen Bewirtschaftungsmethode sowohl im Ackerland als auch im Grünland die höchsten durchschnittlichen C-Speicherungen erreicht werden. Somit werden im Grünland 84 t/ha C und im Ackerland 53 t/ha C gespeichert. Die niedrigsten Speicherungen werden im Ackerland der konventionellen Bewirtschaftungsmethode mit 47 t/ha C erreicht. Auf dem ökologisch wirtschaftenden Betrieb werden durchschnittlich 49 t/ha C gespeichert. Die Humusgehalte des konventionellen Betriebes und des ökologischen Betriebes im Grünland unterscheiden sich nicht, sodass hier jeweils durchschnittlich 78 t/ha C gespeichert werden. Werden die durchschnittlichen Speichermengen mit den jeweiligen Flächenumfängen der Bewirtschaftungsmethode der Szenarien multipliziert, wird aufgrund der höheren Flächeninanspruchnahme im konventionellen Bereich die höchste CO₂-Menge gespeichert. Aus diesem Grund wird trotz der höheren durchschnittlichen Speichermengen des Demeterbetriebes in diesem Bereich die geringste CO₂-Menge gespeichert. Werden die Ziele

der EU in die Region Göttingen transferiert, so würde eine Steigerung von +3,2 % gespeicherten CO₂ erreicht werden. Eine Steigerung von +4,0 % würde sich im Szenario des Koalitionsvertrages ergeben. Maßgeblich für die jeweiligen Zunahmen sind die veränderten Verhältnisse von Ackerland und Grünland, da durch die Zunahme ökologisch und biologisch-dynamisch bewirtschafteter Fläche die Grünlandfläche wächst. Die Humusgehalte und die resultierenden C-Mengen im Grünland sind in allen drei Bewirtschaftungsmethoden deutlich höher als auf den ackerbaulich genutzten Flächen. Im Szenario des Koalitionsvertrages könnte somit eine CO₂ Mehrmenge von 563.477 t erreicht werden.

Als weiterer Indikator für die Kategorie der Regulierungsleistung wurde der Bereich der Biodiversität mit Hilfe des Indikators **R2: Flächennutzung – Grünland** untersucht. Hierfür wurde zunächst auf Grundlage der vorhandenen Daten für die beiden Szenarien die Landnutzungsänderung im Grünland berechnet. Als Ergebniszellen wurden im Szenario-Manager die jeweiligen Flächenumfänge der Grünlandnutzung angegeben. Anhand der Ergebnisse können für Wiesen, Weiden und extensiv genutztes Grünland die absoluten Veränderungen abgelesen werden. Weiterhin ist je Szenario der absolute und relative Grünlandzuwachs dargestellt. Auf Grundlage der Nutzungsänderung wurde außerdem mit Hilfe einer Nutzwertanalyse ein Nutzwert für die Biodiversität berechnet. Durch die Berechnung des gewichteten arithmetischen Mittelwertes ergibt sich der Biodiversitätsfaktor.

Tabelle 23 R2: Flächennutzung - Grünland Szenariobericht

| Szenariobericht | Referenzszenario 2020 | European Commission | | Koalitionsvertrag - BRD 2021 | | Nutzwert - Biodiversität |
|--|-----------------------|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Veränderbare Zellen: | | | | | | |
| K_Anbau | 92,9% | 75,0% | | 70,0% | | 2,00 |
| Ö_Anbau | 6,7% | 24,4% | | 29,4% | | |
| D_Anbau | 0,33% | 0,60% | | 0,65% | | |
| Ergebniszellen: | Fläche | Fläche | Veränderung Fläche (ha) | Fläche | Veränderung Fläche (ha) | |
| Grünland (konventionell) | 10.380 ha | 8.376 ha | -2.004 ha | 7.818 ha | -2.562 ha | 2,00 |
| Wiesen | 2.141 ha | 1.728 ha | -413 ha | 1.612 ha | -529 ha | |
| Weiden | 7.516 ha | 6.065 ha | -1.451 ha | 5.661 ha | -1.855 ha | |
| extensives Grünland | 723 ha | 583 ha | -140 ha | 545 ha | -178 ha | |
| Grünland (ökologisch) | 2.032 ha | 7.375 ha | +5.343 ha | 8.871 ha | +6.839 ha | 3,25 |
| Wiesen | 199 ha | 723 ha | +524 ha | 869 ha | +670 ha | |
| Weiden | 1.479 ha | 5.369 ha | +3.890 ha | 6.458 ha | +4.979 ha | |
| extensives Grünland | 354 ha | 1.283 ha | +930 ha | 1.544 ha | +1.190 ha | |
| Grünland (Demeter) | 101 ha | 182 ha | +81 ha | 197 ha | +96 ha | 4,08 |
| Wiesen | 10 ha | 18 ha | +8 ha | 19 ha | +9 ha | |
| Weiden | 73 ha | 132 ha | +59 ha | 143 ha | +70 ha | |
| extensives Grünland | 18 ha | 32 ha | +14 ha | 34 ha | +17 ha | |
| Σ GL bzw. zusätzliches Grünland | 12.513 ha | 15.933 ha | + 3.420 ha + 27,3% | 16.886 ha | + 4.373 ha + 34,9% | |
| Nutzwert Biodiversität | 2,22 | 2,60 | | 2,68 | | |

Grundsätzlich wird ersichtlich, dass in beiden Szenarien die Grünlandfläche wächst. Das größere Grünlandwachstum wird im zweiten Szenario erreicht mit 34,9 % bzw. 4.373 ha. Den größten Anteil am Wachstum hat abermals die ökologische Bewirtschaftungsmethode und könnte somit bei der Zielerreichung der europäischen Kommission die Grünlandfläche annähernd verdreifachen. Bei der Zielerreichung des Koalitionsvertrages würde sich die Fläche mehr als verdreifachen. Das insgesamt ein deutlicher Grünlandzuwachs zu beobachten ist hat den Grund, dass das Ackerland-Grünland-Verhältnis im ökologischen und biologisch-dynamischen

Landbau um 26,4 % höher ist als im konventionellen Landbau. Die Ergebnisse werden bestätigt durch die Ergebnisse der Nutzwertanalyse. So wird in beiden Szenarien der Nutzwert für die Biodiversität im Gegensatz zum Referenzszenario gesteigert. Im EU-Szenario ergibt sich somit ein Nutzwert für die Biodiversität von 2,6 und im Koalitionsvertrags-Szenario ein Nutzwert von 2,68. Der höhere Nutzwert resultiert zum einen aus den erhöhten Flächenumfängen zum anderen aus den höheren anteiligen Nutzwerten der biologisch-dynamischen Bewirtschaftung. So ergibt sich für die biologisch-dynamische Grünlandnutzung ein gewichteter arithmetischer Biodiversitätsfaktor von 4,08. Für den ökologischen Bereich ergibt sich ein Faktor von 3,25 und für den konventionellen Bereich ein Nutzwert von 2,0. Somit ist der Nutzwert für die Biodiversität bei der biologisch-dynamischen Grünlandnutzung mehr als doppelt so hoch als in der konventionellen Nutzung. Die exakten Berechnungen können der angehängten Exceldatei entnommen werden.

Als weiterer Indikator für die Untersuchung des Bereichs der Biodiversität wurden die Fruchtarten der teilnehmenden Betriebe durch den Indikator **R3: Vielfalt der Kulturen** untersucht. Da die Anbauveränderungen der größten Kulturen bereits bei der Untersuchung der Versorgungsleistung (V1) modelliert wurden, können die Ergebnisse dort abgelesen werden. Aus diesem Grund erfolgt für diesen Indikator keine Kalkulation durch den Szenario-Manager. Die Messung für die Vielfalt der Kulturen erfolgt einerseits durch die Messung der Anzahl der Früchte sowie durch deren Anteil der ackerbaulichen Anbaufläche. Durch die Gesamtanzahl der Früchte und die prozentuale Verteilung der Kulturen lassen sich somit Rückschlüsse auf die Förderung der Biodiversität schließen, da sich eine höhere Vielfalt an Fruchtarten biodiversitätsfördernd auswirkt. Als weitere Messeinheit wird die Verteilung von Sommerungen, Winterungen und mehrjährigen Kulturen untersucht. Mehrjährige Kulturen sind in diesem Fall Brachen, Klee gras und Rotklee. Ein Flächenumbruch erfolgt hier in der Regel nur alle 2 bis 5 Jahre. Eine gleichmäßige Verteilung zwischen den Anbauzeitpunkten spiegelt somit eine größere Nutzungsvielfalt wieder und somit auch eine bessere Förderung der Biodiversität. Die Ergebnisse des Vergleichs sind in aggregierter Form in Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 24 R3: Vielfalt der Kulturen - Vergleich

| Methode/Kulturart | konventionelle LW | | ökologische LW | | Demeter LW | |
|------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|
| | Anteil in % | Anzahl Früchte | Anteil in % | Anzahl Früchte | Anteil in % | Anzahl Früchte |
| Getreide | 61% | 2 | 50% | 4 | 59% | 6 |
| Gemenge | - | - | 9% | 1 | 4% | 1 |
| Hackfrüchte | 7% | 1 | 31% | 5 | 1% | 1 |
| Ölfrüchte | 15% | 1 | - | - | - | - |
| Pflanzen zur Grünernte | 10% | 1 | 9% | 1 | 24% | 2 |
| Hülsenfrüchte | - | - | 1% | 1 | 13% | 2 |
| Brache | 6% | 1 | - | - | - | - |
| ∑ Summe | 100% | 6 | 100% | 12 | 100% | 12 |
| Sommerungen | 17% | | 52% | | 37% | |
| Winterungen | 76% | | 38% | | 39% | |
| Mehrfährig | 6% | | 9% | | 24% | |

Anhand der absoluten Anzahlen der Früchte wird ersichtlich, dass die konventionelle Landwirtschaft die geringste Diversifikation aufweist und somit auch den geringsten Beitrag zur Biodiversität leistet. Auf dem Vergleichsbetrieb werden somit fünf verschiedene Kulturarten angebaut und sechs verschiedene Fruchtarten. Den größten Anteil hat mit 61 % das Getreide, gefolgt von den Ölfrüchten mit 15 % (Winterraps). Hackfrüchte (Zuckerrübe) werden zu 7 % und Pflanzen zur Grünernte (Silomais) zu 10 % angebaut. 6 % der Fläche werden nicht genutzt bzw. sind als Brache angegeben, um u.a. die Greening-Auflagen der EU zu erfüllen. Brachliegende Flächen haben wiederum einen hohen Wert für die Biodiversität.

Auf dem ökologischen Betrieb werden zwölf verschiedene Früchte angebaut. Die größte angebaute Kulturart ist auch hier das Getreide mit 50 %. Jedoch werden vier verschiedene Getreidearten angebaut zu jeweils ähnlichen Verhältnissen (Winterweizen, Dinkel, Roggen und Sommer-Braugerste). Danach folgen auf diesem Betrieb die Hackfrüchte mit 6 verschiedenen Fruchtarten (31 %), u.a. Rote Beete, Zuckerrüben und Kartoffeln. Zu jeweils 9 % werden Erbsen-Triticale-Gemenge und Pflanzen zur Grünernte (Kleegrass) angebaut. Auf 1 % der Fläche werden Hülsenfrüchte (Ackerbohnen) angebaut. Somit werden insgesamt 5 Kulturarten und 12 verschiedene Fruchtarten angebaut. Brachliegende Flächen sind auf dem Vergleichsbetrieb nicht vorhanden.

Ähnliche Gegebenheiten befinden sich auch auf dem Demeter-Vergleichsbetrieb. Hier werden ebenfalls zwölf verschiedene Fruchtarten in fünf unterschiedlichen Kulturarten angebaut. Den größten Anteil hat auch hier das Getreide mit 59 %, jedoch aufgeteilt auf sechs verschiedene Früchte. Danach folgen Pflanzen zur Grünernte (Kleegrass und Rotklee) mit 24 %. Hülsenfrüchte (Winter- und Sommerackerbohnen) nehmen 13 % der Fruchtfolge ein. Danach folgen Erbsen-Sommergersten-Gemenge und Hackfrüchte (Kartoffeln) zu 4 % bzw. 1% der Anbaufläche. Ebenfalls nicht vorhanden sind brachliegende Flächen.

Vergleicht man die Ausgewogenheit von Winterungen, Sommerungen und mehrjährigen Kulturen, so fällt auf, dass der Demeter-Betrieb mit 37 % Sommerungen, 39 % Winterungen und 24 % mehrjähriger Kulturen das ausgewogenste Verhältnis aufweist und somit vor dem ökologischen Vergleichsbetrieb den größten Beitrag zur Biodiversität leistet. Der konventionelle Vergleichsbetrieb hat diesbezüglich die geringste Verteilung, sodass der größte Anteil auf die Winterungen mit 76 % fällt. Auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse leistet der konventionelle Bereich den geringsten Biodiversitätsbeitrag.

Als letzte Kategorie werden die kulturellen Leistungen für den Bereich der Ästhetik & Erholung anhand des Indikators **K1: Landnutzungsvielfalt** mit Hilfe einer Nutzwertanalyse untersucht. Die Landnutzungsformen unterscheiden sich in die vier Nutzungskategorien Ackerland, Wiesen, Weiden und extensives Grünland. Wie in Kapitel 4 erläutert, resultieren die Nutzwertfaktoren für das Ackerland auf den Ergebnissen der Berechnungen für den Indikator R3. Grundsätzlich erfolgt die Vergabe der Nutzwertfaktoren in Anlehnung an *Burkhard und Müller, 2013* (vgl. Anhang Abb. 30 & 31). Ein höherer Nutzwert entspricht einer höheren Ästhetik und einer höheren Erholungsfunktion der Bewirtschaftungsmethode bzw. des jeweiligen Szenarios. Das konventionelle Ackerland erhält auf dieser Grundlage einen Nutzwert von 2. Den höchsten Nutzwert für die Nutzungskategorie Ackerland erhält die Demeter-Bewirtschaftung mit einem Faktor von 3. Durch die hohe Anzahl an angebauten Früchten und die gleichzeitige Ausgewogenheit von Sommerungen, Winterungen und mehrjährigen Kulturen ist eine erhöhte Landnutzungsvielfalt gegeben, was somit zu einer erhöhten Ästhetik der Landschaft beiträgt. Durch die höhere Vielfalt und eine damit einhergehende höhere Ästhetik wird außerdem davon ausgegangen, dass der Erholungsnutzen dementsprechend höher ist. Dem ökologisch bewirtschafteten Ackerland wird ein Faktor von 2,5 zugemessen. Für die Nutzungskategorie Wiesen wird in Anlehnung an die Literatur ein Faktor von 2 vergeben. Weiden erhalten jeweils einen Nutzwert von 3 und extensiv genutztes Grünland einen Nutzwert von 4. Es wird also davon ausgegangen, dass die jeweilige Bewirtschaftungsmethode im Grünland keinen Einfluss auf die Ästhetik und die Erholung hat. Die angenommenen Nutzwerte werden mit den Flächenumfängen der Szenarien verrechnet. Für die Szenario-Bildung werden die bereits bekannten Annahmen verwendet. Mit Hilfe des gewichteten arithmetischen Mittelwertes ergeben sich die jeweiligen Nutzwerte. Die Ergebnisse befinden sich in der folgenden Tabelle.

Tabelle 25 K1: Landnutzungsvielfalt – Szenario-Bericht

| Nutzung | Nutzwertfaktor | Referenzszenario 2020 | European Commission | Koalitionsvertrag - BRD 2021 | Nutzwert Ästhetik & Erholung |
|---|----------------|-----------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Veränderbare Zellen: | | | | | |
| K_Anbau | | 92,9% | 75,0% | 70,0% | |
| Ö_Anbau | | 6,7% | 24,4% | 29,4% | |
| D_Anbau | | 0,33% | 0,60% | 0,65% | |
| Ergebniszellen: | | | | | |
| Ackerland | 2 | 56.575 ha | 45.653 ha | 42.610 ha | 2,13 |
| Wiesen | 2 | 2.141 ha | 1.728 ha | 1.612 ha | |
| Weiden | 3 | 7.516 ha | 6.065 ha | 5.661 ha | |
| extensives Grünland | 4 | 723 ha | 583 ha | 545 ha | |
| Ackerland | 2,5 | 2.811 ha | 10.203 ha | 12.273 ha | 2,74 |
| Wiesen | 2 | 199 ha | 723 ha | 869 ha | |
| Weiden | 3 | 1.479 ha | 5.369 ha | 6.458 ha | |
| extensives Grünland | 4 | 354 ha | 1.283 ha | 1.544 ha | |
| Ackerland | 3 | 139 ha | 251 ha | 468 ha | 3,03 |
| Wiesen | 2 | 10 ha | 18 ha | 19 ha | |
| Weiden | 3 | 73 ha | 132 ha | 143 ha | |
| extensives Grünland | 4 | 18 ha | 32 ha | 34 ha | |
| Nutzwert Ästhetik & Erholung | | 2,18 | 2,29 | 2,32 | |

Somit wird anhand der Ergebnisse deutlich, dass die Flächenbewirtschaftung nach dem Demeter-Standard den höchsten Nutzen bzgl. der Landschaftsästhetik und der Erholungsfunktion stiftet. Durch die erhöhte Diversifikation im Ackerland und dem daraus resultierenden höheren Nutzwertfaktor ist der Gesamtnutzwert trotz gleicher Nutzungsverhältnisse im ökologischen Landbau höher. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Gesamtnutzwerte der ökologischen und biologisch-dynamischen Bewirtschaftung höher sind, obwohl die Nutzwertfaktoren relativ dicht beieinander liegen. Das liegt insbesondere daran, dass der Grünlandanteil in diesen beiden Bewirtschaftungsmethoden deutlich höher ist als in der konventionellen Bewirtschaftungsmethode. Außerdem ist die extensive Grünlandnutzung, die den höchsten Nutzwertfaktor hat, im konventionellen Bereich um 10,4 % geringer als in den anderen beiden Bewirtschaftungsmethoden. Anteilig ergibt sich somit ebenso ein erhöhter Nutzwert. Die gleiche Beobachtung gilt somit auch für die jeweiligen Szenarien. Durch einen erhöhten Anteil an ökologisch und biologisch-dynamisch bewirtschafteter Fläche wächst auf Grundlage der kalkulierten Daten die Landnutzungsvielfalt, wodurch sich höhere Nutzwerte für die Ästhetik & Erholung ergeben.

6.2 Monetäre Auswirkungen in der Region Göttingen

Die möglichen monetären Auswirkungen für die Region lassen sich aufgrund von Preisvolatilitäten nur hypothetisch kalkulieren. Durch Hochrechnungen können jedoch trotzdem wichtige Tendenzen für die Region dargestellt werden.

Wie bereits in Kapitel 4 und 5 erläutert, wird die monetäre Betrachtung anhand der unterschiedlichen Gewinne in €/ha kalkuliert und mit den unterschiedlichen Anbauumfängen der

Szenarien multipliziert. Die Ergebnisse für die Berechnungen befinden sich in der folgenden Tabelle.

Tabelle 26 Monetarisierung Versorgungsleistung

| Anbaumethode | Gewinn in €/ha LF | Referenzszenario | European Commission | Koalitionsvertrag - BRD 2021 |
|-----------------------|-------------------|------------------|-----------------------|------------------------------|
| konventionelle LW | 701 €/ha | 46.935.455 € | 37.874.504 € | 35.349.537 € |
| ökologische LW | 769 €/ha | 3.724.403 € | 13.517.416 € | 16.259.678 € |
| Demeter LW | 807 €/ha | 193.795 € | 349.015 € | 378.100 € |
| Σ Summe Gewinn | | 50.853.653 € | 51.740.935 € +1,7% | 51.987.315 € +2,2% |

Die Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der höheren Gewinne eine Gewinnsteigerung von +1,7 % bzw. +2,2 % unter den angenommenen Parametern möglich wäre. Dies entspricht bei dem Szenario der EU einer langfristigen Gewinnsteigerung von 887 T €/Jahr und im Szenario des Koalitionsvertrages 1,1 Mio. €/Jahr. Grund für die höheren Gewinne im ökologischen und biologisch-dynamischen Landbau sind u.a. die höheren Prämienzahlungen. Werden bspw. die Umsatzerlöse des ökologischen Landbaus und des konventionellen Landbaus isoliert betrachtet (vgl. Tab. 32 im Anhang), liegen aufgrund von höheren Erträgen bei den konventionellen Betrieben höhere Umsätze vor. Ein weiterer Grund für die höheren Gewinne im ökologischen Landbau sind die geringeren betrieblichen Aufwendungen (Düngemittel, Pflanzenschutz, Personal etc.) von rd. 1.000 €/ha weniger als im konventionellen Bereich. Der Demeter-Gewinn ist am höchsten, da aufgrund von höheren Verkaufspreisen des Vergleich-Betriebs höhere Gewinne erzielt werden können.

Für die monetäre Bewertung der THG-Speicherung werden die kalkulierten zusätzlich gespeicherten CO₂-Mengen mit dem durchschnittlichen CO₂-Preis, der durch die Versteigerung von Emissionsrechten entstehen könnte, multipliziert. Bei der Annahme eines durchschnittlichen CO₂-Preises von 55 €/t und einer zusätzlichen Speicherleistung von 440.943 t CO₂ (Szenario EU) würde sich ein Gesamtvolumen von rd. **24,3 Mio. €** ergeben. Bei der Transformation der Ziele des Koalitionsvertrages würde sich die kalkulierte zusätzliche Speicherleistung von 563.477 t CO₂ ergeben, was multipliziert mit dem CO₂-Preis ein Volumen von rd. **31 Mio. €** ergibt. Die zusätzliche Speicherleistung betrüge somit rd. 6,12 t CO₂/ha bzw. 7,87 t CO₂/ha. Wird von einer jährlichen Speicherleistung von 939 kg CO₂/ha/a ausgegangen, würde diese zusätzliche CO₂-Speicherung 6,5 Jahre bzw. 8,32 Jahre durchschnittlich beanspruchen. Pro Jahr würde in der Region Göttingen eine zusätzliche Wertschöpfung von rd. **3,7 Mio. €/Jahr** bzw. eine durchschnittliche Wertschöpfung von **52 €/ha/a** entstehen. Diese Werte könnten ebenfalls als Vermeidungskosten interpretiert werden.

Um der Biodiversität im Landkreis Göttingen einen monetären Wert zuzumessen, werden die vorgestellten Daten der Studie von Meyerhoff et al. (2012) mit den jeweiligen Umfängen der Szenarien verrechnet. Um hier eine konservative Bewertung vorzunehmen, werden die minimalen Zahlungsbereitschaften für die biologische Vielfalt im Ackerland und Grünland

verwendet. Beim Ackerland wird eine minimale Zahlungsbereitschaft von 1,34 Mrd. €/Jahr kalkuliert. Bei einer ackerbaulich genutzten Fläche in Deutschland von 12 Mio. ha entspricht dieses einer jährlichen Zahlungsbereitschaft von 112 €/ha/a. Im Grünland beträgt die minimale Zahlungsbereitschaft 1,35 Mrd. €/Jahr. Bei einer Flächennutzung von 4,8 Mio. ha Grünland in Deutschland entspricht dieses einer Zahlungsbereitschaft für biologische Vielfalt im Grünland von 281 €/ha/a. Somit ergeben sich bei der Verrechnung mit den verschiedenen Landnutzungen der Szenarien und unter Annahme der genannten Parameter in der Region Göttingen die der Tabelle 27 zu entnehmenden monetären Biodiversitätswerte.

Tabelle 27 Monetarisierung Biodiversität

| Flächennutzung | Referenzszenario | European Commission | Koalitionsvertrag - BRD 2021 |
|----------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|
| Ackerland | 6.666.851 € | 6.283.984 € | 6.177.248 € |
| Grünland | 3.516.076 € | 4.477.173 € | 4.744.685 € |
| Σ Summe | 10.182.928 € | 10.761.157 € +5,7% | 10.921.933 € +7,3% |

Die Ergebnisse zeigen somit an, dass bei der Transferierung der Ziele der EU und der Bundesregierung jeweils Zunahmen des Biodiversitätswertes erzielt werden können, die ausgehend vom Status-Quo (Referenzszenario), einen Wertzuwachs von mindestens +5,7 % bzw. +7,3 % aufweisen. Im EU-Szenario entspricht dieses einem Biodiversitätswertzuwachs von ca. **580 T €** und im Szenario des Koalitionsvertrages einem Zuwachs von ca. **740 T €**. Die höheren Ergebnisse sind auf die höhere Zahlungsbereitschaft für die biologische Vielfalt im Grünland zurückzuführen und einem entsprechendem Grünlandwachstum bei der ökologischen Transformation der Region, da das Ackerland-Grünland-Verhältnis auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben in der Region Göttingen ausgeglichener ist als im konventionellen Landbau. Bei einer Annahme der maximalen Zahlungsbereitschaft für die biologische Vielfalt im Ackerbau und im Grünland würde eine Zahlungsbereitschaft von 414 €/ha/a für das Ackerland und 1.042 €/ha/a für das Grünland ergeben. Diese Werte sind jedoch als unrealistisch zu werten. Die mittlere Zahlungsbereitschaft für Ackerland würde dementsprechend 263 €/ha/a und für Grünland 661 €/ha/a ergeben, wobei sich bei einer entsprechenden Berechnung höhere Biodiversitätswerte ergeben. In der vorliegenden Studie wurde sich für die konservative Bewertung entschieden.

Die monetäre Bewertung der kulturellen Ökosystemleistungen werden auf Grundlage des Tourismusaufkommens kalkuliert. Zwar sind in der Kalkulation einige unklare Parameter enthalten, jedoch werden in Vergleichsstudien ähnliche Herangehensweisen bei der Bewertung kultureller Ökosystemleistungen gewählt. Die Summe der touristischen Aktivitäten (Übernachtungen + Tagestouristen) wurde für das Jahr 2019, also vor der Corona-Pandemie, mit 2,8 Mio. vom LSN angegeben. Laut dem Tourismuskonzept des Landkreises Göttingens und einer

Telefonumfrage der *ift GmbH* aus dem Jahr 2014, betragen die durchschnittlichen Tagesausgaben von Tagestouristen 71 €. Die Tagesausgaben werden als Multiplikator verwendet, womit die Schätzung ebenfalls konservativ erfolgt. Somit beträgt die Wertschöpfung aus dem Tourismus für die Region Göttingen mindestens 201 Mio. € pro Jahr. Bei einem Anteil von naturnahen Tourismusaktivitäten für Erholungszwecke von 33,3 %, beträgt die Wertschöpfung aus dem Tourismuszweig ca. 66,9 Mio. €/Jahr. Da in dem Tourismuskonzept für den Landkreis Göttingen explizit festgehalten ist, dass es das Ziel ist, die ökologische Funktion des Naturraumes zu fördern und zu erhalten, werden mögliche Umsatzsteigerungen durch eine ökologische Transformation der Landwirtschaft in der Region kalkuliert. Basis hierfür ist der prozentuale Unterschied der ermittelten kulturellen Nutzwerte der jeweiligen Szenarien. Im EU-Szenario beträgt der Unterschied zum Referenzszenario +5,0 % und zum Szenario Koalitionsvertrags besteht eine Steigerung von +6,5 %. Somit könnte auf dieser Berechnungsbasis von einer Umsatzsteigerung im EU-Szenario von +3,4 Mio. €/Jahr ausgegangen werden bzw. im Szenario des Koalitionsvertrages von +4,4 Mio. €/Jahr.

Zusammenfassend könnten sich bei Umsetzung der jeweiligen Ziele langfristig folgende zusätzliche Einnahmen (vgl. Tabelle 28) in der Region Göttingen ergeben:

Tabelle 28 Wertschöpfungsübersicht ÖSL im LK Göttingen

| Ökosystemleistung | Erklärung | European Commission | Koalitionsvertrag – BRD 2021 |
|------------------------------------|---|--|--|
| Versorgungsleistung (V1) | Durch höhere Gewinne der Betriebe entsteht eine gesteigerte Wertschöpfung in der Region, die z.B. durch gesteigerte Steuereinnahmen dem LK Göttingen zugutekommen; höhere Wertschöpfung auf Betriebsebene | 883 T €/Jahr | 1,1 Mio. €/ Jahr |
| THG-Speicherung (R1) | Zusätzlich gespeichertes CO ₂ – ökologische Aufwertung der Region, zusätzliche Wertschöpfung durch mögliche Zertifikate Generierung | 3,7 Mio. €/Jahr Gesamt- Wertschöpfung: 24,3 Mio. € | 3,7 Mio. €/Jahr Gesamt- Wertschöpfung: 31 Mio. € |
| Biodiversität (R2 & R3) | Wertzuwachs der Biodiversität gemessen an minimaler Zahlungsbereitschaft | 580 T. €/Jahr | 740 T. €/Jahr |
| Erholung (K1) | Steigerung des Tourismus-Umsatzes durch Stärkung der Tourismusaktivitäten im Naturraum | 3,4 Mio. €/Jahr | 4,4 Mio. €/Jahr |
| Summe der Szenarien | | +8,6 Mio. €/Jahr | +9,9 Mio. €/Jahr |

7 Diskussion & Schlussfolgerungen

Werden nun die drei verschiedenen Bewirtschaftungsmethoden hinsichtlich ihrer Ökosystemleistungen betrachtet, so fällt auf, dass je nach Indikator bzw. Bereich unterschiedliche Stärken und Schwächen vorliegen.

Für den Bereich der Versorgungsleistung ist das Ertragspotenzial in der konventionellen Landwirtschaft je nach Kultur mehr als doppelt so hoch im Gegensatz zu den anderen beiden Bewirtschaftungsmethoden bzw. Vergleichsbetrieben. Insgesamt sind laut der Betriebsleiter die Ertragsschwankungen im ökologischen und biologisch-dynamischen Bereich höher einzustufen als im konventionellen Bereich. Gründe hierfür sind zum einen die geringere Stickstoff-Düngung und zum anderen der höhere Unkrautdruck. Dieser Unterschied lässt sich nicht nur für die Modellregion feststellen, sondern auch im deutschlandweiten Vergleich befinden sich die Erträge je nach Kulturart bis zu 50 % unter dem Durchschnitt der konventionellen Landwirtschaft. Die höchsten Unterschiede sind in der flächenmäßig größten Kulturart im Getreide zu beobachten. Vergleicht man auf Grundlage der Ergebnisse ausschließlich die Getreidemengen, würde sich für das Szenario des Koalitionsvertrages ein Verlust der Getreideproduktion von 48.849 t ergeben, was eine Minderung der Gesamtmenge von 16 % ausmacht. Bzgl. der Erntemengen ist somit im Getreide der größte Verlust zu beobachten. Die Produktion von Ölfrüchten (Raps) würde in der Modellregion durch ökologische Betriebe nicht kompensiert werden, dafür würde jedoch der Anteil von Hülsenfrüchten (insb. Ackerbohne) steigen. Vergleicht man die Gesamtmenge der jeweiligen Szenarien, so ergibt sich im Szenario der EU eine prozentuale Mengenveränderung von - 9% und im anderen Szenario ein Verlust von - 12 % in der Region Göttingen. Beide Verluste sind als moderat einzustufen und könnten bspw. durch verbesserte Erträge durch Züchtungsfortschritte in allen Bewirtschaftungsbereichen verringert werden. Auch optimierte Anbauverfahren durch den wissenschaftlichen Fortschritt sind denkbar. Eine komplette Kompensierung der Verluste ist bei einer Steigerung des ökologischen Landbaus als unrealistisch einzuordnen, da der Grünlandanteil in beiden Szenarien deutlich wächst und somit weniger ackerbaulich genutzte Fläche zur Verfügung steht. Hinzu kommen außerdem Flächenverluste z.B. durch Infrastrukturprojekte oder Bauprojekte, die bei dieser Modellierung jedoch nicht berücksichtigt sind. Vergleicht man die beiden ökologisch wirtschaftenden Betriebe, so fällt auf, dass die Erträge auf dem biologisch-dynamisch wirtschaftenden Betrieb etwas geringer sind. Gründe hierfür könnten zum einem das schwächere Ertragspotenzial der Betriebsflächen sein, aber auch die strikteren Vorschriften des Demeterverbandes. Wie in Kapitel 2 beschrieben, dürften nur gelistete Biosorten angebaut werden, die nicht durch hybride Züchtungsmethoden entwickelt wurden. Insgesamt soll laut der Demeter-Richtlinie das Saat- und Pflanzengut aus biodynamischer Züchtung bzw. Vermehrung stammen. Hierdurch ist das Sortenspektrum deutlich eingeschränkter als auf dem Vergleichsbetrieb. Auch im Pflanzenschutz bestehen zwischen den Bewirtschaftungsmethoden und auch

zwischen den Vergleichsbetrieben Unterschiede, was ebenfalls zu geringeren Erträgen führen kann. Wie ebenfalls in Kapitel 2 beschrieben, sind die N-Obergrenzen lt. EU-ÖKO-VO mit 170 kg N/ha deutlich höher als im biodynamischen Bereich, wo bis zu 112 kg N/ha gedüngt werden dürfen. Weiterhin ist der Zukauf von Düngern in der Demeter-Richtlinie strenger geregelt als in der EU-ÖKO-VO. Diese beiden Faktoren können ebenfalls zu geringeren Ernteerträgen auf dem biodynamischen Vergleichsbetrieb führen. Im DOK-Versuch wurde festgestellt, dass die Erträge der ökologischen und biologisch-dynamischen Landwirtschaft sich auf dem gleichen Niveau befinden und sich ca. 30 % unter dem Ertragsniveau der konventionellen Landwirtschaft befinden. Diese Feststellung kann durch die vorliegenden Daten somit nicht bestätigt werden. Mäder et al. bekräftigte jedoch auch, dass die Ergebnisse insb. für die hiesige Region gelten und weiterer Forschungsbedarf auf anderen Standorten besteht. Zuletzt können Unterschiede jedoch auch aufgrund von Messunsicherheiten bestehen, da die Stichprobe der Betriebe gering ist. Wie in Kapitel 6.2 bereits erwähnt, würde sich durch die Zielerreichung der beiden Szenarien unter den angenommenen Parametern ein Gewinnzuwachs für die Betriebe und die Region ergeben. Zurückzuführen ist dieses zum einen auf die höheren Verkaufspreise der ökologischen Betriebe, geringere Ausgaben für Düngung & Pflanzenschutz und der höheren Prämienzahlungen ökologischer Betriebe. Da sich durch die individuelle Vermarktung der Demeter-Betriebe zumeist eine noch höhere Wertschöpfung der landwirtschaftlichen Produkte ergibt, sind pro Hektar für diesen Bereich die höchsten Gewinne zu erwirtschaften. Zu erwähnen bleibt jedoch, dass gemessen an den betrieblichen Erträgen (Umsatz) im konventionellen Bereich die höheren Werte vorliegen. Aktuell befinden sich außerdem die ökologischen Erzeugerpreise und die konventionellen Erzeugerpreise laut Aussage der Betriebsleiter auf einem ähnlichen Niveau, da die Weltmarktpreise u.a. für das Getreide aufgrund des russischen Überfalls auf die Ukraine im Februar 2022 auf einem sehr hohen Niveau sind. Langfristig müssen somit Entwicklungen auf den Märkten weiter beobachtet werden und eventuell die Szenarien angepasst werden.

Es lässt sich für die Versorgungsleistung der drei Bewirtschaftungsmethoden somit feststellen, dass der konventionelle Bereich bezogen auf die Produktion für die Region Göttingen aufgrund der erhobenen Daten den höchsten Anteil leistet. Dahinter befindet sich der ökologisch wirtschaftende Betrieb. Den geringsten Anteil an der Versorgungsleistung hat der Demeterbetrieb. Vor dem Hintergrund steigender Nachfrage nach Lebensmitteln und angesprochenen steigenden Kosten für Lebensmittel ist bei einer isolierten Betrachtung der Versorgungsleistung ein Ertragsrückgang als kontraproduktiv zu betrachten. Wie jedoch in Kapitel 3.3 bereits erklärt, sollte die Versorgungsleistung nicht isoliert betrachtet werden, sondern im Kontext mit anderen Ökosystemleistungen.

Somit ergibt sich eine andere Rangfolge hinsichtlich der Regulierungsleistung. Gemessen an der Leistung je Hektar ist bei allen Indikatoren und untersuchten Bereichen die biodynamische

Bewirtschaftung die förderlichste Methode. Die Ergebnisse des Indikators *R1: THG Speicherung* zeigen, dass durch die höheren Humusgehalte bei ackerbaulich genutzten Böden sowie auch im Dauergrünland in dieser Bewirtschaftungsmethode die höchsten durchschnittlichen CO₂-Mengen gespeichert werden können. Auf Grundlage der vorgestellten Daten und Ergebnisse können somit bei dem angenommenem Ackerland-Grünland-Verhältnis von 58 % Ackerland und 42 % Grünland durchschnittlich 66 t/ha C gespeichert werden, was einer durchschnittlichen CO₂-Menge von 242 t/ha entspricht. Im ökologischen Landbau sind es 5 t/ha (61 t/ha C) weniger und im konventionellen Landbau durchschnittlich 14 t/ha CO₂ (52 t/ha C) weniger. Die Humusgehalte des ökologischen Betriebes und des konventionellen Vergleichsbetriebes weisen eine geringere Differenz auf bzw. sind im Grünland gleich. Die geringe Differenz auf den ackerbaulich genutzten Böden lässt sich dadurch erklären, dass der Anteil an Hackfrüchten (humuszehrend) auf dem ökologischen Betrieb mit 31 % vergleichsweise hoch ist. Weiterhin ist die Bodenbearbeitung auf beiden Betrieben gleich intensiv und auf beiden Betrieben wird mit Zwischenfrüchten gearbeitet, wodurch eine vergleichbares Anbauverfahren besteht. Der um 0,1 % höhere Anteil kann durch den höheren Anteil an mehrjährigen Kulturen (Kleegrass) erklärt werden, welcher sich laut der einschlägigen Literatur positiv auf den Humusgehalt auswirkt. Die organische Düngung des ökologisch wirtschaftenden Betriebes ist ebenfalls ein positiver Faktor für den Humusgehalt in Böden. Im Grünland konnten keine Unterschiede festgestellt werden, was dadurch begründet werden kann, dass auf dem konventionellen Vergleichsbetrieb der größte Grünlandanteil extensiv bzw. als Weide genutzt wird und dadurch nur eine geringere oder keine mineralische Düngung durchgeführt wird. Jedoch können auch hier aufgrund des geringeren Stichprobenumfangs Messunsicherheiten nicht ausgeschlossen werden. Obwohl also die Humusgehalte dicht beieinander liegen, wird im konventionellen Bereich durchschnittlich weniger C gespeichert, was maßgeblich auf den höheren Grünlandanteil der ökologischen Bewirtschaftung zurückzuführen ist. Da der Landwirtschaft bei der Thematik der THG-Speicherung und der THG-Emissionen eine doppelte Funktion zukommt, liegen hierbei also bedeutende Potenziale. Ersichtlich wird dieses auch bei der Betrachtung beider Szenarien. Würden die Ziele des Koalitionsvertrages bis zum Jahr 2030 in der Region umgesetzt werden, könnten demnach 4,0 % mehr CO₂ im Landkreis Göttingen gespeichert werden, was einer Menge von 563.477 t entspricht. Bei einer durchschnittlichen Pro-Kopf-Emission in Deutschland von rd. 8 t CO₂, könnten somit von ca. 70.400 zusätzlichen Personen die Emissionen in Böden gespeichert werden. Im Szenario der EU würde die Emission von zusätzlichen rd. 55.000 Personen gespeichert werden können. Voraussetzung ist, dass eine langfristige Bindung durch nachhaltig wirtschaftende Anbaumethoden bzw. der Umwandlung von Ackerland zu Grünland generiert werden kann. Aus monetärer Bewertungssicht ist eine Transformation ebenfalls lukrativ. Die Kalkulation zeigt, dass bei einer Generierung von CO₂-Zertifikaten durchschnittlich rd. 52 €/ha/a erzielt werden könnten. Insgesamt würde in der Region eine gesteigerte Wertschöpfung von rd. 3,7 Mio. €/a entstehen. Somit würde auf

Grundlage der Kalkulation aus Kapitel 6.2 hier die durchschnittlich höchste Wertschöpfung entstehen. Insbesondere für Landwirte ist diese Option eine zusätzliche Einnahmequelle. Durch die vorliegenden Ergebnisse wird deutlich, welche Wichtigkeit dem Humus zukommt und dass ein allgemeines Interesse daran besteht, die Humusgehalte mindestens zu erhalten bzw. zu steigern.

Gleichzeitig können über den Humusgehalt Rückschlüsse auf die Bodenqualität bzw. Bodenfruchtbarkeit gegeben werden. Da dem Humusgehalt laut der vorgestellten Literatur neben der C-Speicherung auch Puffer-, Wasserspeicher- und Filterfunktionsaufgaben zukommen, ist es ebenfalls vom allgemeinen Interesse, einen höheren Humusgehalt anzustreben. Somit ist auch diesbezüglich die Demeter-Bewirtschaftung die förderlichste Methode, um diese Funktionen zu stärken und somit die Bodenqualität zu steigern. Dass der Humusgehalt bei dieser Bewirtschaftungsweise der höchste ist, lässt sich durch die ausgewogene Fruchtfolge (insb. durch den Kleeernteanteil) und den Zwischenfruchtanbau des Vergleichsbetriebs begründen. Weiterhin ist durch die verpflichtende Vieheinheit von 0,2 pro Hektar die organische Düngung stets gegeben, was sich ebenfalls positiv auf die Humusgehalte auswirkt. Die Beobachtungen aus dem DOK-Versuch und auch dem Darmstädter Düngeversuch können somit in Teilen durch die vorliegenden Daten dieser Arbeit bestätigt werden. Auch die Experten wiesen darauf hin, dass sich die langfristige organische Düngung positiv auf die Humusgehalte auswirkt. Im DOK-Versuch werden C-Differenzen von 15 % zwischen biodynamischer und konventioneller Landwirtschaft festgestellt. Die vorliegenden Ergebnisse überschreiten diese Ergebnisse, so dass es an dieser Stelle zu einer Differenz von rd. 24 % kommt. Die Differenz zwischen ökologischer und biodynamischer Bewirtschaftung beläuft sich auf 8 %. Trotzdem muss festgestellt werden, dass der Demeter-Betrieb bezogen auf die Hektarleistung zwar die höchsten Humusgehalte vorweist, jedoch aufgrund des geringen Flächenanteils von 0,3 % der Einfluss in der Region gering ist. Deutschlandweit liegt der Bewirtschaftungsanteil bei 0,6 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche und hat somit einen ebenso geringen Einfluss auf die Gesamtbewirtschaftung. Somit kann zusammenfassend festgestellt werden, dass eine Transformation hin zu einer ökologischen Landwirtschaft bzgl. der THG-Speicherung signifikante Potenziale für die Region bringt. Das größte Potenzial besteht insb. bei der Umwandlung von Ackerland in Grünland. Aber auch die Humusmehrung auf ackerbaulich genutzten Böden sollte durch eine langjährige organische Düngung, humusmehrende Kulturen und eine nachhaltige Bewirtschaftung der Flächen in den Fokus gerückt werden. Anhand der Ergebnisse der biologisch-dynamischen Bewirtschaftung sowohl aus der vorliegenden Arbeit als auch aus der Literatur lassen sich diese Potenziale verdeutlichen. Ebenfalls sollte v.a. in der konventionellen Landwirtschaft ein gesteigertes Interesse darin bestehen eine bessere Bodenqualität durch höhere Humusgehalte zu erlangen. Die vielseitigen Funktionen des Humus könnte somit eine Schlüsselfunktion in den zahlreichen Anforderungen an die Landwirtschaft erhalten und gleichzeitig

für die landwirtschaftlichen Betriebe eine zusätzliche Einnahmequelle sein. Gezielte Förderungen durch die Politik wären in diesem Zusammenhang denkbar, damit auch für konventionelle Landwirte ein gesteigertes Interesse besteht, die Bodenqualität zu steigern und die vielfältigen Effekte daraus zu fördern.

Die Regulierungsleistung Biodiversität wurde in der Nutzungskategorie Grünland bzw. Ackerland durch zwei Indikatoren untersucht. Die Ergebnisse zeigen für beide Indikatoren die gleiche Tendenz an. So wird durch die Nutzwertanalyse für den Indikator *R2: Flächennutzung-Grünland* festgestellt, dass bspw. der Biodiversitätsnutzwert des Demeter-Betriebes mehr als doppelt so hoch ist wie im konventionellen Bereich. Ein primärer Grund hierfür sind die höheren Nutzwerte in der Kategorie Wiesen und Weiden und der höhere Anteil des extensiv genutzten Grünlands. Vergleicht man die Nutzwerte zum ökologischen Bereich, so liegt auch hier ein höherer Nutzwert vor, was ebenfalls an den höheren Faktoren in der Kategorie Wiesen und Weiden zu begründen ist. Wie in Kapitel 5.3 bereits beschrieben, resultieren die höheren Nutzwerte aus einer weniger intensive Nutzung bzw. strengeren Demeter-Auflagen hinsichtlich der Beweidung des Dauergrünlands. Laut der vorgestellten Demeter-Richtlinie müssen 10 % der Betriebsfläche Biodiversitätsflächen sein, wobei u.a. die Möglichkeit besteht, die Grünlandflächen nicht zu nutzen bzw. lediglich extensiv zu beweiden, um einigen Pflanzenarten die Blüten- bzw. Samenbildung zu ermöglichen. Diese über die EU-ÖKO-VO hinausgehende Vorschrift wurde im Rahmen der Nutzwertfaktorvergabe ebenfalls als positiv betrachtet, was zu den höheren Nutzwerten führt. Jedoch ist dabei anzumerken, dass die 10 % Biodiversitätsflächen auch in anderer Form geleistet werden können und somit nicht ausschließlich auf das Grünland projiziert werden können. Um für die Region Göttingen eine exakte Bestimmung vornehmen zu können, müssten die Demeter-Betriebe detaillierter untersucht werden. Außerdem wird bei den Nutzwerten die Annahme vertreten, dass die ökologischen und konventionellen Betriebe in der Region Göttingen nicht auch freiwillig biodiversitätsfördernde Maßnahmen im Grünland durchführen würden. Weiterhin müsste genauer festgestellt werden, wie viele Schnitte auf dem Dauergrünland in der Region Göttingen tatsächlich erfolgen. Da die teilnehmenden Betriebe des ökologischen und konventionellen Bereichs jedoch schwerpunktmäßig Ackerbaubetriebe sind, ist hier nur eine begrenzte Repräsentativität gegeben. Da wie in Kapitel 2.3 beschrieben, die grundsätzliche Verpflichtung zur Steigerung der Biodiversität über den Mindeststandard der EU-ÖKO-VO hinaus gilt, werden dennoch die Ergebnisse der Nutzwertanalyse als bestätigt angesehen.

Bestätigt werden die Ergebnisse auch im ackerbaulichen Bereich durch den Indikator *R3: Vielfalt der Kulturen*, bei welchem die Untersuchung in zwei Dimensionen durchgeführt wurde. Beim Vergleich der Anzahl angebaute Früchte weist sowohl der ökologische Betrieb als auch der Demeter-Betrieb doppelt so viele Früchte wie der konventionelle Vergleichsbetrieb auf. Wie bereits beschrieben ist dabei die Früchteverteilung grundsätzlich zwischen dem

ökologischen Betrieb und Demeter-Betrieb ähnlich, wobei auf dem Demeter-Betrieb etwas mehr Getreide angebaut wird. Für den ökologischen Betrieb ergibt sich der verstärkte Anbau von verschiedenen Hackfrüchten als Besonderheit. Auf Grundlage der Früchteverteilung werden somit annähernd gleiche Ergebnisse erzielt. Da für die Förderung der unterschiedlichen Tier- und Pflanzenarten auch der Anbauzeitpunkt ein elementarer Bestandteil ist, zeigen die Ergebnisse, dass die größte Vielfalt auf dem Demeter-Betrieb besteht. Das prozentuale Verhältnis der Winterfrüchte ist dabei annähernd gleich, jedoch werden auf dem Demeter-Betrieb zusätzliche 15 % mehrjährige Kulturen angebaut. Der wesentliche Faktor hierfür ist wiederum die beschriebene verpflichtende Großvieheinheit von 0,2/ha, wodurch ein höherer Anteil an Grünfütter benötigt wird. Auf dem ökologischen Vergleichsbetrieb ist dies nicht der Fall, sodass der mehrjährige Kleeanteil hier lediglich für die Gründüngung erfolgt. Der Anbau von mehrjährigen Ackerbaukulturen (Klee) ist laut der vorgestellten Literatur eine biodiversitätsfördernde Maßnahme und wird somit in der Vergleichsbewertung ebenfalls als positiv angesehen. Die Ergebnisse im konventionellen Bereich hingegen zeigen mit 76 % eine starke Tendenz zu Winterkulturen an, welche lediglich aus zwei Früchten bestehen. Trotzdem bleibt zu erwähnen, dass der Betrieb mit 6 % der Betriebsfläche einen deutlich höheren Anteil brachliegender Flächen hat als für das Greening benötigt werden. Diese Tendenz ist in der gesamten Region Göttingen zu beobachten, sodass ein um 1,5 % höherer Anteil brachliegender Ackerflächen vorhanden ist als im Bundesdurchschnitt. Durch den zusätzlichen Anbau von Zwischenfrüchten und der Teilnahme am Blühstreifenprogramm wird ebenfalls ein weiterer positiver Beitrag für die Biodiversität im Ackerbau geleistet. Hierfür gibt es jedoch keine Vergleichsdaten auf Landkreis- bzw. Bundesebene. Insgesamt wird vom europäischen Rechnungshof kritisiert, dass bei den bisherigen GAP-Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität nur eine beschränkte Messbarkeit gegeben ist. Somit kommt der europäische Rechnungshof zu dem Ergebnis, dass unter Annahme der zur Verfügung stehenden Daten im letzten Jahrzehnt v.a. in Deutschland ein Rückgang der Biodiversität zu verzeichnen war. Für die Messbarkeit und eine damit einhergehende bessere Vergleichbarkeit zu den anderen Bewirtschaftungsmethoden wird eine zuverlässige Bildung von Indikatoren für die biologische Vielfalt benötigt. Insgesamt ist jedoch auch für den konventionellen Bereich zu berücksichtigen, dass die in Kapitel 2 beschriebene intensive Bewirtschaftung, PSM-Einsatz und synthetische Düngemittel sich negativ auf die Biodiversität auswirken.

Auch die monetäre Bewertung der Biodiversität zeigt an, dass durch den höheren ökologischen Bewirtschaftungsanteil der Gesamtwert der Biodiversität steigt. Je höher der ökologische Anteil in der Region wird, desto höher ist auch der Biodiversitätswert, sodass sich ein Biodiversitätswert von 10,9 Mio. € im Szenario des Koalitionsvertrages ergeben würde, was wiederum einer Wertsteigerung von 740 T € entspräche. Da die Bewertung u.a. durch Daten von der Studie von Meyerhoff et al. ergänzt wurde und die Studie aus dem Jahr 2012 stammt,

liegen aufgrund der Zeitdifferenz zu heute einige Unsicherheiten vor. Außerdem haben Meyerhoff et al. in der Studie mit der kontingenten Bewertungsmethode gearbeitet, bei welcher ebenfalls mit hypothetischen Annahmen und Märkten kalkuliert wird. Auch hierdurch entstehen Unsicherheiten in der Bewertung. Trotzdem werden auch an dieser Stelle Trends beobachtet, welche z.B. für politische Entscheidungsträger von Interesse sein könnten. In jedem Fall wird angezeigt, dass ein steigender Wert des Naturkapitals vorliegt.

Bei einer gesamtheitlichen Betrachtung der Biodiversitätsförderung der verschiedenen Bewirtschaftungsmethoden muss außerdem festgehalten werden, dass zwar der biodynamische Bereich auf Grundlage der Ergebnisse und auch der Literatur den höchsten Nutzen für die Biodiversität stiftet, jedoch der tatsächliche Einfluss in der Region als gering eingeschätzt wird, da nur 0,3 % der Gesamtfläche der Region bis 2030 durch diesen Standard bewirtschaftet werden würden. Der Beitrag zur Biodiversität zeigt jedoch bei den beiden genannten Indikatoren, in der Szenarien-Auswertung und in der monetären Betrachtung eine positive Tendenz durch den Zuwachs der ökologischen Fläche an, der zu einer höheren Nutzungsvielfalt führt und zu einem geringeren Einsatz von chemischem Pflanzenschutz und synthetischen Düngern. Externalitäten können dadurch gemindert werden. Zusätzlich wird auch im konventionellen Bereich durch die neue Biodiversitätsstrategie mit verbesserten Indikatoren an einer biodiversitätsverträglichen Strategie gearbeitet, was ebenfalls als positiv zu bewerten ist. Sollten die ambitionierten Ziele des Koalitionsvertrages in der Region Göttingen umgesetzt werden, so sollte jedoch zusätzlich beachtet werden, dass 70 % der Flächen nach wie vor konventionell bewirtschaftet werden und damit den größten Anteil stellen. Es ist daher von allgemeinem Interesse, durch die GAP noch besser messbare biodiversitätsfördernde Maßnahmen zu erarbeiten und regelmäßig die Wirkung zu überprüfen. Insgesamt wird hier aufgrund der ausgewerteten Literatur bzw. am Beispiel des konventionellen Betriebes eine positive Entwicklung beobachtet.

Der letzte Indikator *K1: Landnutzungsvielfalt* wurde für die Ökosystemleistungskategorie der kulturellen Leistungen gemessen. Hierfür wurde der Bereich der Ästhetik & Erholung untersucht. Die Ergebnisse zeigen grundsätzlich ähnliche Ergebnisse wie bei dem Indikator R2 und R3 an, wobei ebenfalls die Vielfältigkeit untersucht wurde. Daraus wird ersichtlich, dass durch die Hinzunahme des Ackerlandes für eine ganzheitliche Betrachtung der Landnutzung, die Nutzwerte geringer ausfallen als bei R2. Der hauptsächliche Grund hierfür ist geringere Nutzwertfaktor des Ackerlandes. Weiterhin ist der flächenmäßige Anteil des Ackerlandes in allen Bewirtschaftungsmethoden jeweils der größte. Somit ist der Nutzwert in der konventionellen Nutzung am geringsten aufgrund des beschriebenen größeren Ackerlandanteils und des geringeren Umfangs des extensiven Grünlands. Die Differenz des Nutzwertes zwischen ökologischer Bewirtschaftung und biodynamischer Bewirtschaftung resultiert aus dem höherem Nutzwertfaktor im Ackerland in der biodynamischen Bewirtschaftung. Auf Grundlage dieser

Nutzwerte resultiert in beiden Szenarien, durch das Wachstum der ökologischen und biodynamischen Flächenanteile ein höherer Nutzwert für die Ästhetik & Erholung. Auch die monetäre Betrachtung der kulturellen Ökosystemleistungen zeigen für die beiden Szenarien in der Region Göttingen wirtschaftliche Chancen und Stärken an. Im Zusammenhang mit einer gesteigerten Erholungsleistung, die konservativ kalkuliert zwischen 3,4 Mio. € und 4,4 Mio € pro Jahr liegt, könnte die Region zusätzlich von dieser Transformation profitieren. Die zusätzlichen Steuereinnahmen, die durch einen gesteigerten Tourismus erwirtschaftet werden, könnten bspw. in Umweltschutzprojekte fließen oder in Anreizsysteme für Landwirte.

Laut dem Naturkapital Deutschland ist bei der Bewertung von kulturellen Ökosystemleistungen in Hinblick auf die Ästhetik und die Erholungsleistung jedoch zu beachten, dass hier individuell unterschiedliche Anforderungen und Wertschätzungen erfolgen. Somit ist bspw. in Hinblick auf eine „schöne Landschaft“ keine generalisierbare Aussage zu treffen. Gleiches gilt für die individuelle Nachfrage der Menschen nach Erholungsleistungen der Natur und welche Leistungen die Natur dafür speziell erbringen muss. So müsste für eine ganzheitliche Bewertung der kulturellen Leistungen zusätzlich eine repräsentative Befragung in der Region Göttingen vorgenommen werden. Da jedoch durch die Literatur, das Tourismuskonzept des Landkreises Göttingens und auch durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit festgestellt werden konnte, dass durch eine intensive Bewirtschaftungsmethode ein zunehmend einseitiges Landschaftsbild geschaffen wird, kann geschlussfolgert werden, dass eine Leistungsvielfalt nicht gewährleistet werden könnte. Somit kann durch eine Steigerung der Landnutzungsvielfalt die Wahrscheinlichkeit, dass die individuellen Bedürfnisse im Bereich der Ästhetik und Erholung befriedigt werden, gesteigert werden. Insbesondere im Bereich der Erholung würde eine gesteigerte Landschaftsvielfalt laut Naturkapital DE erreicht werden. Da durch die unterschiedlichen Landschaftsnutzungen Habitate für unterschiedliche Pflanzen- und Tierbewohner geschaffen werden, kann bspw. das Freizeitangebot gesteigert werden. Freizeitangebote können dabei z.B. das Sammeln von Beeren und Pilzen, Wildtierbeobachtungen oder die Hobby-Jagd sein. Viele Tierarten wie z.B. das Rebhuhn oder das Rehwild sind dabei auf eine vielseitige und wechselhafte Landschaft angewiesen.

Es wäre somit auch für die Region Göttingen von Interesse, ob bei einer Steigerung der Landnutzungsvielfalt ein signifikanter Zuwachs dieser Freizeitnutzungen zu beobachten wäre. Hierüber könnte auch gemessen werden, ob für den Bereich des Tourismus neue Angebote entstehen würden, wovon die Region Göttingen auch wirtschaftlich profitieren könnte. Es kann insgesamt festgestellt werden, dass die vorliegenden Ergebnisse durch die einschlägige Literatur bestätigt werden können. Zusammenfassend ist jedoch zu schlussfolgern, dass für die Kategorie der kulturellen Ökosystemleistungen die größten Forschungs- und Datenlücken bestehen und somit an dieser Stelle noch erheblicher Forschungsbedarf, auch in Hinblick auf die individuellen Bedürfnisse, besteht.

8 Fazit

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei fast allen Indikatoren eine positive Entwicklung sowohl auf qualitativer Ebene als auch auf monetärer Ebene durch einen höheren Anteil ökologischer und biodynamischer Landwirtschaft zu beobachten wäre. Trotz z.T. konservativer Annahmen würde für die Region eine positive monetäre Wertschöpfung entstehen. Mit einem wachsenden Anteil ökologischer und biodynamischer Landwirtschaft werden außerdem laut der Szenario-Analysen höhere Wertschöpfungen erreicht.

Um die Forschungsfrage zu beantworten, müssen mehrere Dimensionen betrachtet werden. Der erste Teil der Forschungsfrage²⁷ konnte in der Arbeit hauptsächlich durch die Literatur beantwortet werden. Die Einteilung von ÖSL erfolgt nach Klassifizierungsverfahren. Die Klassifizierungsverfahren von Ökosystemleistungen bauen primär auf dem Verfahren vom „Millennium Ecosystem Assessment“ (MA) auf. In der Praxis werden hauptsächlich die auf die MA aufbauenden Klassifizierungsverfahren von TEEB und CICES angewendet. Aufgrund der besonderen Eignung der Bewertung von finalen Ökosystemleistungen und einer verbreiteten Anwendung in der wissenschaftlichen Praxis wurde sich in der vorliegenden Arbeit für das Klassifizierungsverfahren nach CICES entschieden. Hier werden Ökosystemleistungen in die drei Kategorien Versorgungs-, Regulierungs- und kulturelle Leistungen eingeteilt. Ein weiterer Vorteil dieses Klassifizierungsverfahren besteht darin, dass bereits Vorschläge für Indikatoren und deren Erhebungseinheiten gegeben werden. Trotzdem lässt das System eine flexible Erweiterung zu, was in der vorliegenden Arbeit aufgrund des individuellen Themas ein weiterer Faktor für die Entscheidung dieses Systems war. Da die Bewertung in dieser Arbeit zum einem auf qualitativer und zum anderem auf monetärer Ebene erfolgte, wurden verschiedene Bewertungstechniken angewendet. Für die qualitative Bewertung wurden die erhobenen Daten mit Hilfe eines Szenario-Managers in Excel untersucht und z.T. durch Nutzwertanalysen, für ein besseres Verständnis der Ergebnisse, ergänzt. Die monetäre Betrachtung erfolgte mit Hilfe von Bewertungstechniken, die in der einschlägigen Literatur vorgeschlagen werden und sich in die direkten Marktbewertungs- und indirekten Marktbewertungsmethoden einteilen lassen. Hinzu kommen nicht-marktbezogene Bewertungsmethoden und der Nutzentransfer (Benefit-Transfer). Je nach Ökosystemleistung bzw. Indikator müssen verschiedene Bewertungstechniken verwendet werden. Wie in Kapitel 3.3 durch die Literaturanalyse angemerkt wurde, muss z.T. ein gewisser Pragmatismus zugunsten von Aussagefähigkeiten an den Tag gelegt werden. Dies lässt sich für diese Arbeit bestätigen. Zwar werden in der Literatur detaillierte

²⁷ Forschungsfrage: „(1) Wie lassen sich landwirtschaftliche Ökosystemleistungen einteilen, messen und bewerten (2) und welche Handlungsoptionen lassen sich auf politischer, gesellschaftlicher und unternehmerischer Ebene für die Modellregion ableiten?“

methodische Vorgehensweisen skizziert, die können aber nicht generalisierbar auf die Bewertung aller Ökosystemleistungen übertragen werden. So mussten insbesondere aufgrund von Datenlücken für die Messung und Bewertung der biodynamischen Bewirtschaftung z.T. Werte geschätzt werden. Die Schätzung erfolgte mit Hilfe der Experten und Betriebsleiter.

Im zweiten Teil der Forschungsfrage²⁸ wurde nach möglichen Handlungsoptionen auf politischer, gesellschaftlicher und unternehmerischer Ebene gefragt. Für die gesellschaftliche Ebene lässt sich zusammenfassend feststellen, dass bei steigendem Anteil ökologischer bzw. biodynamischer Landwirtschaft in der Region Göttingen, hauptsächlich Vorteile ergeben. Die Steigerung der Biodiversität durch eine Fruchtfolgediversifizierung und steigenden Grünlandanteil führt neben der Artenförderung gleichzeitig zu einem höheren Erholungsnutzen. Durch einen höheren Erholungswert (kulturelle Leistungen) kann gleichzeitig der Tourismus in der Region Göttingen gefördert werden. Hiervon wiederum könnte die Landwirtschaft z.B. durch Schaffung von touristischen Angeboten profitieren. Im Umkehrschluss profitieren die Bewohner des Landkreises von einem gesteigerten Angebot. Daneben wird bei einem steigenden Anteil der ökologischen und biodynamischen Landwirtschaft mehr Humus in den Böden aufgebaut und dadurch mehr CO₂ gespeichert. Vor dem Hintergrund des Klimawandels kann also geschlussfolgert werden, dass auch an dieser Stelle ein gesteigertes gesellschaftliches Interesse an einer solchen Transformation besteht. Bezüglich der Versorgungsleistung in der Region konnte durch die Analysen festgestellt werden, dass die produzierte Gesamtmenge an Lebensmitteln rückläufig wird, jedoch die Gewinne der Betriebe steigen, welche wiederum in Form von zusätzlichen Steuereinnahmen der Region zugutekommen würde. Aufgrund von aktuell steigenden Erzeuger- und Lebensmittelpreisen könnte sich jedoch an dieser Stelle ein Konflikt ergeben, da Verbraucher möglicherweise nicht dazu bereit wären, mehr Geld für ökologisch erzeugte Lebensmittelpreise auszugeben. Handlungsoptionen auf gesellschaftlicher Ebene wären somit eine Nachfragesteigerung ökologischer und regionaler Produkte, um Betriebe, die auf EU-Öko-Standard bzw. Demeter-Standard arbeiten, zu stärken. Durch diese Stärkung können die anderen beschriebenen Ökosystemleistungen automatisch sichergestellt und gesteigert werden.

Aus betrieblicher Sicht bestehen vielfältige Chancen. So könnte z.B. bei einer Umstellung von konventioneller Landwirtschaft auf eine ökologische Bewirtschaftung der Humusgehalt in Böden gesteigert werden. Neben besseren Bodenqualitäten könnten weiterhin neue Märkte erschlossen werden, auf denen das zusätzlich gespeicherte CO₂ verkauft werden könnte (CO₂-

²⁸ Forschungsfrage: „(1) Wie lassen sich landwirtschaftliche Ökosystemleistungen einteilen, messen und bewerten (2) und welche Handlungsoptionen lassen sich auf politischer, gesellschaftlicher und unternehmerischer Ebene für die Modellregion ableiten?“

Zertifikatehandel). Ermittelt wurden zusätzliche Einkünfte von ca. 52 €/ha/a. Wie auf gesellschaftlicher Ebene bereits geschlussfolgert wurde, könnten sich durch eine Biodiversitätssteigerung und die einhergehende Steigerung des Tourismus ebenfalls neue Märkte ergeben, auf denen Landwirte Angebote schaffen, um zusätzliche Einnahmen zu generieren. Neben der Direktvermarktung der eigenen Produkte (höhere Gewinnmargen durch kürzere Lieferketten), wären z.B. Hof-Cafés, Ferienwohnungen o.ä. denkbar. Zuletzt werden laut den zugrundeliegenden Berechnungen auf ökologischen und biodynamischen Betrieben höhere Gewinne erzielt als in der konventionellen Landwirtschaft, wodurch ebenfalls ein gesteigertes Interesse der Landwirte darin bestehen könnte, auf eine alternative Bewirtschaftungsform umzusteigen. Die höchsten kalkulierten Gewinne ließen sich dabei im biodynamischen Bereich beobachten. Unsicherheiten, die sich jedoch für Landwirte bei der Umstellung auf eine ökologische Bewirtschaftung ergeben könnten sind, dass sich u.a. aus dem Grund von höheren Prämienzahlungen höhere Gewinne ergeben. Sollten diese Prämienzahlungen jedoch auf Grund von politischen Entscheidungen sinken, könnten die Gewinne niedriger werden als im konventionellen Landbau. Die bis zu 50 % niedrigeren Erträge in der Region Göttingen könnten nicht durch die höheren Verkaufserlöse ausgeglichen werden.

Um eine Umstellung trotzdem für Landwirte attraktiv zu gestalten, könnten durch politische Handlungsoptionen weitere Anreize geschaffen werden. Zwar ist der Prämienanteil in der ökologischen Landwirtschaft aufgrund der Agrarumweltmaßnahmen bereits höher als in der konventionellen Landwirtschaft, jedoch sollte diese Prämienleistung dauerhaft überprüft werden, damit sich die Umstellung für Landwirte auch in Zeiten hoher konventioneller Erzeugerpreise lohnt. Anreize die geschaffen werden könnten, sollten auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse in die Förderung von Humusaufbau gehen. Denkbar wären hier auch eine Anreizdiversifizierung innerhalb ökologischer Anbaumethoden, da die Ergebnisse sowohl dieser Arbeit als auch in der Literatur gezeigt haben, dass in der biodynamischen Landwirtschaft die höchsten Humusgehalte vorzufinden sind. Da dem Humus die genannten vielfältigen positiven Aufgaben zufallen, könnten hier auf vielen Ebenen Vorteile erzielt werden. Die Finanzierung eines solchen Anreizsystems könnten u.a. durch die ermittelten höheren Einnahmen in der Region finanziert werden. Ähnliche Schlussfolgerungen lassen sich für die Biodiversität und Erholungsleistung schließen. Gezielte Förderprogramme könnten hierbei sowohl konventionelle Betriebe dazu bewegen ressourcenschonender zu arbeiten und mehr in die Biodiversität investieren als auch auf eine ökologische Bewirtschaftungsmethode umzustellen. Da sich jedoch auch innerhalb ökologischer Methoden Unterschiede ergeben, sollte auch hier ein breites Angebot geschaffen werden, um Betriebe, die über den EU-Öko-Standard hinaus gehen, zu unterstützen. Weitere Förderungen könnten Landwirte beim Bau eines Hof-Cafés o.ä. unterstützen. Wie bereits erwähnt, hat der Landkreis Göttingen viele dieser Vorteile bereits erkannt und strebt deshalb laut dem Tourismuskonzept eine soziale, ökonomische und ökologische

Transformation im Tourismus an. Denkbar wäre aus diesem Grund, dass ausschließlich Vorhaben von Landwirten gefördert werden, die ein ökologisches Betriebskonzept vorweisen können.

Wie in der Diskussion bereits erwähnt wurde, besteht v.a. im Bereich der kulturellen Ökosystemleistungen noch weiterer Forschungsbedarf. Für eine zielgenaue Förderung durch die Politik, sollte zunächst das Stimmungsbild sowohl der Landwirte als auch der Bewohner des Landkreises Göttingens untersucht werden.

Um Messunsicherheiten in Zukunft auszuschließen, besteht weiterer Forschungsbedarf in der Datenerhebung des ökologischen Landbaus. Zwar werden für den gesamten Bereich zahlreiche Statistiken öffentlich zur Verfügung gestellt, jedoch wird in diesen Statistiken keine Unterscheidung der verschiedenen ökologischen Anbaumethoden gemacht. Die vorliegende Arbeit macht jedoch deutlich, dass auch hier Unterschiede in den verschiedenen Leistungen bestehen. Schlussendlich sollte für Deutschland, aber auch auf regionaler Ebene, ein Indikatoren-Pool entworfen werden, der regelmäßig überprüft wird und eine dauerhafte Messung von Umweltleistungen in der Landwirtschaft zulässt. Somit könnte der Zustand der Ökosystemleistungen dauerhaft geprüft und Entscheidungen auf politischer, gesellschaftlicher und unternehmerischer Ebene reflektiert werden.

9 Literaturverzeichnis

- Banzhaf, & Boyd. (2007). *What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units*. *Ecological Economics* 63: 616-626.
- Barthelmes, A., JOOSTEN, H., KAFFKE, A., KOSKA, I., SCHÄFER, A., & SCHRÖDER, J. &. (2005). *Erlenaufforstung auf wieder vernässten Niedermooren. Institut für dauerhaft umweltgerechte Entwicklung von Landschaften der Erde*. Greifswald: Institut für Dauerhaft Umwelt gerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE e. V.).
- Bengt Steen, A. W. (2018). https://www.lifecyclecenter.se/wp-content/uploads/2018_02-Using-monetary-values-of-environmental-impacts.pdf.
- Best, H. (2006). *Die Umstellung auf ökologische Landwirtschaft als Entscheidungsprozess*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften | GWV Fachverlage GmbH.
- Beukering, J. A. (2015). *Ecosystem services: from concept to practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- BEUTH. (November 2012). <https://www.beuth.de/>. Von <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-15936/149052152>. abgerufen
- BGR. (2022). <https://geoviewer.bgr.de/>. Von https://geoviewer.bgr.de/mapapps4/resources/apps/geoviewer/index.html?lang=de&tab=boden&cover=boden_potenziale&layers=boden_sqr1000_ags abgerufen
- BLE. (2021). <https://www.oekolandbau.de/bio-im-alltag/bio-fuer-die-umwelt/pflanzenbau/duengung-im-oekologischen-landbau/>. Von Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) Referat 413, Projektgruppe Ökolandbau: <https://www.oekolandbau.de/bio-im-alltag/bio-fuer-die-umwelt/pflanzenbau/duengung-im-oekologischen-landbau/> abgerufen
- BMEL. (2019). *Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2019*. Berlin: Druck -und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG.
- BMEL. (2019). <https://www.bmel-statistik.de/>. Von <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/agrarpolitischer-bericht> abgerufen
- BMEL. (20. 02 2020). <https://www.bmel.de/>. Von <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Glaeserne-Gesetze/Referentenentwuerfe/referentenentwurf-aenderung-duengevo.html> abgerufen
- BMEL. (2021). *Ackerbaustrategie 2035 Perspektiven für einen produktiven und vielfältigen Pflanzenbau*. Wilhelmstraße 54, 10117 Berlin: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).
- BMEL. (04. 02 2021). <https://www.bmel.de/>. Von <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/oekologischer-landbau/eg-oeko-verordnung-folgerecht.html> abgerufen
- BMEL. (2021). <https://www.bmel-statistik.de/>. Von <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/landwirtschaftliche-betriebe/oekologischer-landbau> abgerufen

- BMWI. (2019). <https://www.bmwi.de/> Von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/tourismus.html>. abgerufen
- BÖLW. (17. 02 2021). <https://www.boelw.de/> Von <https://www.boelw.de/themen/zahlen-fakten/landwirtschaft/artikel/oeko-flaeche-und-bio-betriebe-2020/> abgerufen
- BÖLW. (2022). *Branchen Report 2022 - Ökologische Lebensmittelwirtschaft*. Marienstraße 19-20 10117 Berlin: Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft e.V. (BÖLW).
- Bundesamt, S. (2022). <https://www.destatis.de/> Von [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Glossar/pflanzen-gruenernte.html#:~:text=Pflanzen%20zur%20Gr%C3%BCnernte%20sind%20Ackerwiesen,zur%20Ganzpflanzenernte%2C%20Leguminosen\)%20hervorbri ngen](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Glossar/pflanzen-gruenernte.html#:~:text=Pflanzen%20zur%20Gr%C3%BCnernte%20sind%20Ackerwiesen,zur%20Ganzpflanzenernte%2C%20Leguminosen)%20hervorbri ngen.). abgerufen
- Bundesregierung. (2021). <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/koalitionsvertrag-2021-1990800>. Von <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/a4ceb7591c8d9058b402f0a655f7305b/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1> abgerufen
- Bundesregierung. (2022). <https://www.bundesregierung.de/> Von <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/weniger-co2-emissionen-1790134>. abgerufen
- Buscot, P. (30. 10 2015). <https://www.ufz.de/> Von <https://www.ufz.de/index.php?de=36063>. abgerufen
- C. Schröter Schlaack & B. Hansjürgens. (2014). <http://www.bfn.de>.
- Chamberlain, Wilson, & Fuller. (1999). *A comparison of bird populations on organic and conventional farm systems in southern Britain*. Doi: 10.1016/s0006-3207(98)00124-4: *Biological Conservation* 88(3):307-320.
- CICES. (29. 11 2021). <https://cices.eu>. Von <https://cices.eu/cices-structure/> abgerufen
- Cooper, T., Hart, K., & Baldock, D. (2009). *The Provision of Public Goods Through Agriculture in the European Union, Report for DG Agriculture and Rural Development*. London: Contract No 30-CE-0233091/00-28, Institute for European Environmental Policy.
- Demeter. (2021). <https://www.demeter.de/>.
- Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. (2018). <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/eine-strategie-begleitet-uns/managementkonzept>. Von <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1609740/6476d95f70724e1b8428d6395cc34329/2019-05-10-deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-auszug-data.pdf?download=1> abgerufen
- Don, A., Flessa, H., Marx, K., Poeplau, C., Tiemeyer, B., & Osterburg, B. (2018). *Die 4-Promille-Initiative „Böden für Ernährungssicherung und Klima“ – Wissenschaftliche Bewertung und Diskussion möglicher Beiträge in Deutschland*. Braunschweig: Thünen-Institut.

- Drexler, S., Broll, G., Don, A., & Flessa, H. (2020). *Standorttypische Humusgehalte landwirtschaftlich genutzter Böden Deutschlands*. Braunschweig: Thünen Report 75; Johann Heinrich von Thünen-Institut.
- DWD. (2022). <https://www.dwd.de/>. Von https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimadatendeutschland/mittelwerte/nieder_8110_fest_html.html?view=Publication&nn=16102. abgerufen
- Europäische Kommission. (2020). *EU-Biodiversitätsstrategie für 2030 Mehr Raum für die Natur in unserem Leben*. Brüssel: EUROPÄISCHE KOMMISSION.
- Fertilizers Europe. (2019). <https://de.statista.com/statistik/>. Von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/161842/umfrage/verbrauchsausgewahlter-duenger-in-der-landwirtschaft-in-deutschland/> abgerufen
- FiBL. (2021). <https://www.fibl.org/de>. Von <https://www.fibl.org/de/standorte/schweiz/departemente/bodenwissenschaften/bw-projekte/vergleich-biologischer-und-konventioneller-anbausysteme> abgerufen
- Flessa, H. P., Don, A. P., Jacobs, A. D., Dechow, R. D., Tiemeyer, B. D., & Poeplau, C. D. (2019). *Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands - Ausgewählte Ergebnisse der Bodenzustandserhebung*. Bonn: BMEL.
- Freeman, A., Herriges, J., & Kling, C. (2014). <http://econdse.org>. Von <http://econdse.org/wp-content/uploads/2016/07/Freeman-Herriges-Kling-2014.pdf> abgerufen
- Freemann, A. M. (2014). <http://econdse.org/wp-content/uploads/2016/07/Freeman-Herriges-Kling-2014.pdf>. Von The Measurement of Environmental and Resource Values. abgerufen
- Götzl, M., Schwaiger, E., & Süßenbacher, E. (2011). *ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN UND LANDWIRTSCHAFT Erstellung eines Inventars für Österreich*. Wien: Umweltbundesamt GmbH.
- Groß, M. (2020). Von http://deutsch-indonesische-gesellschaft.de/wp-content/uploads/2020/05/kita_1-20_Gross_Industrialisierung_Landwirtschaft.pdf. abgerufen
- Grunewald, K., Meier, S., Syrbe, R.-U., & Walz, U. (2021). *Ökosysteme Deutschlands: Klassifizierung und Kartierung der Ökosystemtypen sowie Indikatoren für ein bundesweites Assessment und Monitoring des Ökosystemzustands und der Ökosystemleistungen*. Dresden: Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V.. <https://doi.org/10.26084/45xx-rs50>
Nutzungsbedingungen: Dieser Text wird unter einer CC BY-NC Lizenz (Namensnennung- Nicht-kommerziell) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-L.
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 Guidance on the Application of the Revised Structure*. Nottingham, NG11 0AE, UK: Fabis Consulting Ltd. The Paddocks, Chestnut Lane, Barton in Fabis.
- Hansjürgens, B. (2012). *Werte der Natur und ökonomische Bewertung – eine Einführung Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis – Workshop II: Gewässer, Auen und Moore*. Bonn-Bad Godesberg, 8-22.: BfN-Skripten 319, Bundesamt für Naturschutz.

- Hofbauer, G. (2001). <https://www.zobodat.at/>. Von https://www.zobodat.at/pdf/Natur-und-Mensch_1801-2001_0085-0108.pdf abgerufen
- IPCC. (2016). www.ipcc.ch. Von Klimaänderung 2013/2014: Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger: ANhang: Bonn/Wien/Bern abgerufen
- ISO. (2019). <https://www.iso.org/standard/43243.html>.
- Landis, D. (2017). *Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services*. Basic and Applied Ecology - Vol. 18.
- Landkreis Göttingen. (2016). *Touristisches Zukunftskonzept Stadt und Landkreis Göttingen*. Göttingen: ift Freizeit- und Tourismusberatung GmbH.
- Landkreis Göttingen. (2020). <https://www.landkreisgoettingen.de>. Von <https://www.landkreisgoettingen.de/unser-landkreis/kreis-im-ueberblick/daten-und-fakten/2018-10-23/bevoelkerungsstatistik.html?type=2> abgerufen
- Lienhoop, N. (2013). *Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis. Workshop III: Wälder. Dritte Veranstaltung der Workshop-Reihe des Bundesamtes für Naturschutz und des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ 24. - 2.* [https://www.ufz.de/index.php?de=20939&pub_id=13558&pub_data\[lastfilter\]=YTo1OntzOjQ6IkFVVEgiO3M6MTI6IkxpZW5ob29wLCBOLiI7czo0OiJkYmFmljtzOjA6IiI7czo0MjoiUFVVCX0NBQ0hFX09BljtzOjM6ImFsbCI7czo0MToiUFVVCX0IOUFJFU1MiO3M6MzoiYWxsljtzOjY6InNlYXJjaCI7czo0NjoiU3VjaGU](https://www.ufz.de/index.php?de=20939&pub_id=13558&pub_data[lastfilter]=YTo1OntzOjQ6IkFVVEgiO3M6MTI6IkxpZW5ob29wLCBOLiI7czo0OiJkYmFmljtzOjA6IiI7czo0MjoiUFVVCX0NBQ0hFX09BljtzOjM6ImFsbCI7czo0MToiUFVVCX0IOUFJFU1MiO3M6MzoiYWxsljtzOjY6InNlYXJjaCI7czo0NjoiU3VjaGU).
- Lokemoen, & Beiser. (1997). *Bird use and nesting in conventional, minimum-tillage and organic cropland*. Doi: 10.2307/3802172: Journal of Wildlife Management 61.
- LSN. (2019). <https://www.nls.niedersachsen.de>. Von <https://www.nls.niedersachsen.de/gemeinden/G159019.html> abgerufen
- LSN Niedersachsen. (2020). <https://www1.nls.niedersachsen.de/>. Von <https://www1.nls.niedersachsen.de/statistik/html/default.asp> abgerufen
- LWK NRW. (2021). <https://www.landwirtschaftskammer.de>. Von <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/duengerverordnung/index.htm> abgerufen
- MA, M. (2005). *Ecosystems and Human Well-Being – Synthesis*. Von <http://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.aspx>: Abgerufen am 26.11.2021 abgerufen
- Mäder, P., Fliessbach, A., & Pfiffner, L. (2000). *Erkenntnisse aus 21 Jahren DOK-Versuch: Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau.
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). *Soil fertility and biodiversity in organic farming*. Doi: 10.1126/science.1071148.
- Meemken, E.-M., & Qaim, M. (2018). Von <https://www.annualreviews.org/>: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-resource-100517-023252> abgerufen
- Meyerhoff, J., Angeli, D., & Hartje, V. (2012). *Valuing the benefits of implementing a national strategy on biological diversity—The case of Germany*. <http://www.elsevier.com/locate/envsci>: Elsevier.

- Myhre, G., Shindell, D., Collins, W., Breon, F., Fuglestedt, J., Huang, J., . . . Mendoza, B. (2013). *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Natural Capital Coalition. (2021). https://capitalscoalition.org/capitals-approach/natural-capital-protocol/?fwf_filter_tabs=training_material.
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE. (2012). *Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft – Eine Einführung*. München, ifuplan; Leipzig, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung. UFZ; Bonn, Bundesamt für Naturschutz.
- Naturkapital Deutschland - TEEB DE. (2015). *Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte*. Berlin, Leipzig: Hrsg. von Volkmar Hartje, Henry Wüstemann und Aletta Bonn. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ.
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE. (2016). *ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN IN LÄNDLICHEN RÄUMEN GRUNDLAGE FÜR MENSCHLICHES WOHLERGEHEN UND NACHHALTIGE WIRTSCHAFTLICHE ENTWICKLUNG*. Hannover, Leipzig: Hrsg. von Christina von Haaren und Christian Albert. Leibniz Universität Hannover, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ.
- Osterburg, B., Kätsch, S., & Wolff, A. (2013). *Szenarioanalysen zur Minderung von Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2050*. Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig: Thünen-Institut für Ländliche Räume.
- Potschin, M., Haines-Young, R., Turner, R., & Fish, R. (2016). *Handbook of Ecosystem Services*. New York: Routledge Taylor & Francis Group, London.
- Raupp, J. (2001). *Die organische Substanz des Bodens unter dem Einfluss von Salmistdüngung und biologisch-dynamischen Präparaten*. Darmstadt: Lebendige Erde.
- Rösemann, C., Haenel, H.-D., Voß, C., Dämmgen, U., Fuß, R., & Thünen-Institut . (2021). *Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2019 Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2021*. Bundesallee 50 38116 Braunschweig: Thünen-Institut für Agrarklimaschutz (TI-AK).
- Saleta, C. (2016). <https://www.google.com/search?q=Natural+capital%2C+ecosystem+services+and+their+inclusion+in+corporate+decision+making+%E2%80%93+The+economic+valuation+of+ecosystem+services+from+a+business+perspective&sxsrf=A0aemvKrTJnm08IVCXjx0upb9yp87neHbw%3A1637589399>. Von Natural capital, ecosystem services and their inclusion in corporate decision making – The economic valuation of ecosystem services from a business perspective. abgerufen
- Sanders, J., & Heß, J. (2019). *Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft . 2. überarbeitete und ergänzte Auflage*. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 398 p, Thünen Rep 65, DOI:10.3220/REP1576488624000.

- Schrader, J.-V. (1989). Von SCHRIFTEN DER GESELLSCHAFT FÜR WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN DES LANDBAUES E.V. : https://scholar.google.com/scholar?hl=de&as_sdt=0%2C5&q=externe+effekte+in+der+landwirtschaft+&oq=externe+eff#:~:text=Abgrenzung%2C%20Bewertung%2C%20Internalisierung%20externer%20Effekte%20der%20Landbewirtschaftung+abgerufen
- Schrapp, L., Garschhammer, J., Meyer, C., Blum, P., Reinke, M., & Mewes, M. (2020). *Ökosystemleistungen in der Landschaftsplanung - Abschlussbericht zum gleichnamigen F+E-Vorhaben (FKZ 3515 82 3000)*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Schröter - Schlaack , C. (2014). *Ökosystemleistungen, TEEB und Naturkapital Deutschland*. HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG – UFZ.
- Schröter - Schlaack, C., & Hansjürgens, B. (2014). Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis. *BfN-Skripten 359*.
- Schröter-Schlaack, D. C. (2014). *Landwirtschaft, Ökosystemleistungen und deren ökonomische Bewertung*. Von <https://www.bfn.de/>: <https://www.bfn.de/> abgerufen
- Schwappe-Kraft, B., Dietrich, K., & Engels, B. (2015). *Empfehlungen zur Entwicklung bundesweiter Indikatoren zur Erfassung von Ökosystemleistungen*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Skinner, C., Gattinger, A., Müller, A., Mäder, P., Fließbach, A., Stolze, M., . . . Niggli, U. (2014). *Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management - a global metaanalysis*. *Science of the Total Environment*. 468-469:553-563. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.08.098.
- Statista . (2021). <https://de.statista.com/>. Von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/206250/umfrage/landwirtschaftliche-nutzflaeche-in-deutschland/> abgerufen
- Statistisches Bundesamt . (2016). <https://www.destatis.de/>. Von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/aktuell-bodenbearbeitung.html> abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (01. 03 2020). <https://www.destatis.de>. Von https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/07/PD21_N046_41.html abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (2020). <https://www.destatis.de/>. Von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/oekologisches-dauergruen-ackerland.html> abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (2021). <https://www.destatis.de>. Von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/bodenflaeche-ingesamt.html;jsessionid=1ACF965BB38890E82E41A9183F1114BF.live722> abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (2021). <https://www.destatis.de/>. Von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft->

- Forstwirtschaft-Fischerei/Feldfruechte-Gruenland/Tabellen/flaechen-hauptnutzungsarten.html?view=main[Print] abgerufen
- Staub, C., Ott, W., Heusi, F., Klinger, G., Jenny, A., Häcki, M., & Hauser, A. (2011). *Indikatoren für Ökosystemleistungen: Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung*. Bern: Bundesam für Umwelt, Umwelt-Wissen Nr. 1102, Bern, 106.
- TEEB. (2010). *he Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*. London & Washington: Edited by Pushpam Kumar.
- TEEB. (11. 29 2021). <http://teebweb.org>. Von <http://teebweb.org/about/timeline/> abgerufen
- Thünen-Institut. (1. 04 2022). <https://www.thuenen.de/>. Von <https://www.thuenen.de/de/thema/boden/gute-fachliche-praxis/humusgehalt/#:~:text=Humuszehrend%20sind%20Zuckerr%C3%BCbe%2C%20Kartoffel%2C%20Mais,des%20Bodens%20mit%20organischer%20S ubstanz>. abgerufen
- Tscharntke , T., Klein , A., Kruess , A., Steffan-Dewenter, & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - Ecosystem service management. *Ecol Lett* (8):857-874. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x.
- Umweltbundesamt. (2015). *Bodenzustand in Deutschland*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt .
- Urbatzka, P., Eckl, T., & Dörfel, U. (2013). *Auswirkung pflugloser Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau – Dauerversuche in Puch und Neuhof*. Bayern: Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz.
- Wiemeier, Mayer , Paul, Helming, Don, Franko , . . . Kögel-Knaber. (1 2020). <https://literatur.thuenen.de/>. Von https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn062163.pdf abgerufen
- WS Göttingen. (2022). <http://www.wetterstation-goettingen.de/>. Von <http://www.wetterstation-goettingen.de/klimabericht.html> abgerufen
- Wurbs, D., & Steiniger, M. (2011). *Untersuchungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion durch Wasser*. Dessau-Roßlau: UBA-TEXTE 16/2011, Umweltbundesamt.
- Zander, H. (2007). *Anthroposophie in Deutschland*. Vandenhoeck & Ruprecht. Göttingen.

Anhang

Tabelle 29 Landw. THG - Emissionen in Deutschland

Table 2.1: GHG emissions from German agriculture in Tg CO₂eq (Submission 2021) (GWP_{CH4} = 25, GWP_{N2O} = 298)

| year | Total GHG from German agriculture | CH ₄ enteric fermentation | CH ₄ manure management | N ₂ O manure management ^a | CH ₄ + N ₂ O energy crops ^b | N ₂ O soils ^c | CO ₂ liming | CO ₂ urea application |
|------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--|-------------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| 1990 | 76.509 | 32.815 | 7.416 | 3.623 | 0.000 | 29.463 | 2.711 | 0.481 |
| 1991 | 69.439 | 29.228 | 6.627 | 3.195 | 0.001 | 27.491 | 2.460 | 0.437 |
| 1992 | 67.716 | 28.369 | 6.590 | 3.162 | 0.001 | 26.898 | 2.198 | 0.497 |
| 1993 | 66.472 | 28.353 | 6.553 | 3.161 | 0.002 | 26.064 | 1.881 | 0.458 |
| 1994 | 65.950 | 28.503 | 6.876 | 3.216 | 0.002 | 25.176 | 1.728 | 0.449 |
| 1995 | 65.996 | 28.494 | 6.804 | 3.201 | 0.005 | 25.365 | 1.670 | 0.459 |
| 1996 | 66.631 | 28.514 | 6.865 | 3.220 | 0.008 | 25.767 | 1.772 | 0.485 |
| 1997 | 65.805 | 27.666 | 6.774 | 3.158 | 0.011 | 25.840 | 1.858 | 0.499 |
| 1998 | 66.318 | 27.461 | 6.972 | 3.178 | 0.024 | 26.199 | 1.959 | 0.525 |
| 1999 | 66.700 | 27.224 | 6.921 | 3.159 | 0.027 | 26.723 | 2.093 | 0.552 |
| 2000 | 66.078 | 26.731 | 6.857 | 3.164 | 0.042 | 26.629 | 2.062 | 0.593 |
| 2001 | 66.818 | 27.130 | 6.956 | 3.229 | 0.060 | 26.775 | 2.045 | 0.622 |
| 2002 | 64.460 | 26.078 | 6.787 | 3.161 | 0.086 | 25.794 | 1.913 | 0.640 |
| 2003 | 63.801 | 25.759 | 6.827 | 3.205 | 0.102 | 25.376 | 1.882 | 0.650 |
| 2004 | 63.374 | 25.047 | 6.615 | 3.136 | 0.131 | 26.016 | 1.795 | 0.634 |
| 2005 | 63.319 | 24.886 | 6.619 | 3.181 | 0.346 | 25.909 | 1.736 | 0.641 |
| 2006 | 62.040 | 24.368 | 6.446 | 3.147 | 0.472 | 25.251 | 1.725 | 0.631 |
| 2007 | 62.691 | 24.464 | 6.441 | 3.193 | 0.625 | 25.560 | 1.760 | 0.648 |
| 2008 | 63.076 | 24.690 | 6.394 | 3.200 | 0.706 | 25.585 | 1.806 | 0.695 |
| 2009 | 63.572 | 24.728 | 6.367 | 3.213 | 0.877 | 25.921 | 1.789 | 0.677 |
| 2010 | 63.162 | 24.613 | 6.142 | 3.157 | 1.067 | 25.665 | 1.806 | 0.711 |
| 2011 | 63.305 | 24.293 | 6.049 | 3.119 | 1.285 | 26.048 | 1.857 | 0.654 |
| 2012 | 64.148 | 24.302 | 6.118 | 3.104 | 1.294 | 26.695 | 1.946 | 0.690 |
| 2013 | 64.915 | 24.609 | 6.072 | 3.101 | 1.535 | 26.860 | 2.065 | 0.673 |
| 2014 | 66.448 | 24.823 | 6.129 | 3.116 | 1.582 | 27.895 | 2.153 | 0.750 |
| 2015 | 66.075 | 24.801 | 6.044 | 3.078 | 1.635 | 27.589 | 2.136 | 0.791 |
| 2016 | 65.582 | 24.558 | 6.030 | 3.054 | 1.623 | 27.395 | 2.107 | 0.815 |
| 2017 | 64.685 | 24.363 | 6.019 | 3.035 | 1.600 | 26.799 | 2.151 | 0.720 |
| 2018 | 62.487 | 23.980 | 5.914 | 2.976 | 1.573 | 25.189 | 2.250 | 0.605 |
| 2019 | 61.839 | 23.710 | 5.834 | 2.937 | 1.573 | 24.964 | 2.298 | 0.524 |

^a N₂O from manure management includes indirect N₂O emissions due to deposition of NH₃-N and NO-N emitted from housing and storage
^b emissions from digester and storage of digestate from anaerobic digestion of energy crops
^c including N₂O due to field application of digestate from anaerobic digestion of energy crops

Quelle: Rösemann, et al., 2021

Tabelle 30 Faktorvergabe nach Burkhard und Müller

- * Diese Ökosystemleistungen wurden aufgrund ihrer teilweise großen Bedeutung in einigen Ökosystemen miteinbezogen; es besteht jedoch die Gefahr der Doppelbewertung (double-counting) mit anderen Leistungen.
- ** Doppelbewertung möglich, wenn das erzeugte Futter auf demselben Hof verfüttert wird.
- *** Diese Leistungen werden oft nicht als Ökosystemleistungen bezeichnet, sie haben jedoch große Bedeutung für das Landschaftsmanagement.

| | Versorgungsleistungen | | | | | | | | | | Kulturelle Leistungen | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|----------------------------------|-------------|----------------|-----------|---------|--------------|---|---------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|---|------------------------------|
| | 20 Pflanzen | 21 Biomasse zur Energiegewinnung | 22 Futter** | 23 Tierhaltung | 24 Fasern | 25 Holz | 26 Brennholz | 27 Fisch, Meeresfrüchte & essbare Algen | 28 Aquakultur | 29 Wildprodukte | 30 Biochemikalien & Medizin | 31 Frischwasser | 32 Mineralien*** | 33 Abiotische Energieressourcen*** | 34 Erholung & Tourismus | 35 Landschaftsästhetik & Inspiration | 36 Wissenssysteme | 37 Religiöse & spirituelle Erfahrung | 38 Kulturelles Erbe & kulturelle Diversität | 39 Naturerbe & Biodiversität |
| 1 Durchgängig städtische Prägung | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | 1 | 5 | 1 | 0 |
| 2 Nicht durchgängig städtische Prägung | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | 1 | 0 |
| 3 Industrie- und Gewerbeflächen | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4 Straßen, Eisenbahn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 5 Hafengebiete | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 6 Flughäfen | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 7 Abbauflächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 8 Deponien und Abraumhalden | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 Baustellen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 Städtische Grünflächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| 11 Sport- und Freizeitanlagen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 12 Nicht bewässertes Ackerland | 5 | 2 | 3 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 13 Permanent bewässertes Ackerland | 5 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 14 Reisfelder | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 15 Weinbauflächen | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 2 | 0 | 5 | 0 | 0 |
| 16 Obst- und Beerenobstbäume | 5 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 2 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 17 Olivenhaine | 4 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 2 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 18 Wiesen und Weiden | 0 | 1 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 19 Jährliche und permanente Pflanzen | 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 20 Komplexe Parzellenstruktur | 4 | 1 | 3 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 21 Landwirtschaft & natürl. Bodenbe. | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 |
| 22 Agro-Forstflächen | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 23 Laubwälder | 0 | 1 | 1 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 3 | 1 | 5 | 0 |
| 24 Nadelwälder | 0 | 1 | 1 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 3 | 1 | 5 | 0 |
| 25 Mischwälder | 0 | 1 | 1 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 3 | 1 | 5 | 0 |
| 26 Natürliches Grünland | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 5 | 1 | 4 | 3 | 0 |
| 27 Heiden und Moorheiden | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 4 | 5 | 1 | 4 | 5 | 0 |
| 28 Hartlaubvegetation | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 4 | 0 |
| 29 Wald-Strauch-Übergangsstadien | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| 30 Strände, Dünen, Sandflächen | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | 4 | 4 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| 31 Felsflächen ohne Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 1 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 32 Flächen mit spärlicher Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 33 Brandflächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 34 Gletscher und Dauerschneegebiete | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 | 5 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 35 Sümpfe | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 36 Torfmoore | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 2 | 3 | 0 | 2 | 4 | 0 |
| 37 Salzwiesen | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 38 Salinen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 39 In der Gezeitenzone liegende Flächen | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 40 Gewässerläufe | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 | 5 | 0 | 5 | 4 | 4 | 4 | 0 | 3 | 5 | 0 |
| 41 Wasserflächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 5 | 4 | 0 | 5 | 0 | 5 | 5 | 4 | 4 | 0 | 3 | 4 | 0 |
| 42 Lagunen | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 0 | 2 | 4 | 0 |
| 43 Mündungsgebiete | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 | 4 | 0 | 2 | 3 | 0 |
| 44 Meere und Ozeane | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 4 | 5 | 4 | 0 | 4 | 2 | 0 |

Quelle: Naturkapital Deutschland-TEEB DE, 2016

Tabelle 31 Faktorvergabe nach Burkhard und Müller

| | Ökologische Integrität | | | | | | | | Regulationsleistungen | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--------------------|-------------------|--|--------------------------|------------------------|---------------|---------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------|-------------------|----------------------------|-------------|--------------------------------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| | Exergieaufnahme | Entropieproduktion | Speicherkapazität | Stoffkreislauf & Stoffverlustreduzierung | Biologische Wasserflüsse | Metabolische Effizienz | Heterogenität | Biodiversität | Globale Klimaregulierung | Lokale Klimaregulierung | Luftreinhaltung | Wasserkreislaufregulierung | Wasserreinigung | Nährstoffregulierung | Erosionskontrolle | Naturkatastrophenkontrolle | Bestäubung* | Schädlings- und Krankheitskontrolle* | Abfallregulierung* |
| 1 Durchgängig städtische Prägung | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 Nicht durchgängig städtische Prägung | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 Industrie- und Gewerbeflächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 Straßen, Eisenbahn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 Hafengebiete | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 6 Flughäfen | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 Abbauflächen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 Deponien und Abraumhalden | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 Baustellen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 Städtische Grünflächen | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 11 Sport- und Freizeitanlagen | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 12 Nicht bewässertes Ackerland | 5 | 4 | 4 | 1 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| 13 Permanent bewässertes Ackerland | 5 | 4 | 3 | 1 | 5 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 14 Reisfelder | 5 | 4 | 3 | 1 | 5 | 1 | 3 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 15 Weinbauflächen | 1 | 2 | 2 | 0 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 16 Obst- und Beerenobstbäume | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 5 | 3 | 2 |
| 17 Olivenhaine | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| 18 Wiesen und Weiden | 5 | 5 | 4 | 2 | 4 | 5 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 2 | 4 |
| 19 Jährliche und permanente Pflanzen | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| 20 Komplexe Parzellenstruktur | 4 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 2 |
| 21 Landwirtschaft & natürl. Bodenbe. | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 2 |
| 22 Agro-Forstflächen | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| 23 Laubwälder | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 24 Nadelwälder | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 25 Mischwälder | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 2 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| 26 Natürliches Grünland | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 | 2 | 0 | 1 | 5 | 5 | 5 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 27 Heiden und Moorheiden | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 1 | 3 | 0 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 28 Hartlaubvegetation | 3 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 29 Wald-Strauch-Übergangsstadien | 1 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 |
| 30 Strände, Dünen, Sandflächen | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 1 |
| 31 Felsflächen ohne Vegetation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 32 Flächen mit spärlicher Vegetation | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 33 Brandflächen | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 34 Gletscher und Dauerschneegebiete | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 3 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 35 Sümpfe | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 2 | 3 |
| 36 Torfmoore | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 0 | 3 | 4 | 3 | 0 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 37 Salzwiesen | 3 | 2 | 5 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 5 | 0 | 2 | 2 |
| 38 Salinen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 39 In der Gezeitenzone liegende Flächen | 1 | 1 | 1 | 4 | 0 | 2 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 2 | 3 |
| 40 Gewässerläufe | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 3 | 4 | 4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 3 | 5 |
| 41 Wasserflächen | 1 | 2 | 4 | 3 | 0 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 5 |
| 42 Lagunen | 5 | 4 | 3 | 0 | 5 | 4 | 4 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 3 | 5 |
| 43 Mündungsgebiete | 5 | 4 | 2 | 1 | 0 | 5 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | 4 | 5 |
| 44 Meere und Ozeane | 1 | 2 | 1 | 4 | 0 | 3 | 2 | 2 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 3 | 5 |

Quelle: Naturkapital Deutschland-TEEB DE, 2016

Tabelle 32 Haupterwerbsbetriebe des ökol. und konv. Landbaus im Vergleich

| Kennzahl | Einheit | Ökologischer Landbau ¹⁾ | Konventionelle Betriebe ¹⁾ |
|--|-----------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Betriebe | Zahl | 479 | 6 645 |
| Betriebsgröße Standard-Output (SO) | 1 000 € | 163 | 280 |
| Landw. genutzte Fläche (LF) | ha | 86,7 | 91,9 |
| Vergleichswert | €/ha LF | 580 | 688 |
| Arbeitskräfte | AK | 2,1 | 2,0 |
| Viehbesatz | VE/100 ha | 82,7 | 145,3 |
| Weizenertrag | dt/ha | 38,7 | 75,5 |
| Kartoffelertrag | dt/ha | 247,8 | 425,9 |
| Milchleistung | kg/Kuh | 6 207 | 8 127 |
| Weizenpreis | €/dt | 42,05 | 15,57 |
| Kartoffelpreis | €/dt | 45,11 | 10,53 |
| Milchpreis | €/100 kg | 49,65 | 37,07 |
| Betriebliche Erträge | €/ha LF | 3 100 | 4 051 |
| dar.: Umsatzerlöse landw. Pflanzenproduktion | €/ha LF | 464 | 790 |
| Umsatzerlöse Tierproduktion | €/ha LF | 1 582 | 2 314 |
| Direktzahlungen und Zuschüsse | €/ha LF | 655 | 382 |
| dar.: Betriebsprämie | €/ha LF | 285 | 288 |
| Zins- und Investitionszuschüsse | €/ha LF | 20 | 5 |
| Agrardieselvergütung | €/ha LF | 23 | 32 |
| Ausgleichszulage | €/ha LF | 37 | 14 |
| Zahlungen aus Agrarumweltmaßnahmen ²⁾ | €/ha LF | 270 | 26 |
| Sonstige Zahlungen | €/ha LF | 19 | 17 |
| Betriebliche Aufwendungen | €/ha LF | 2 275 | 3 286 |
| dar.: Düngemittel | €/ha LF | 19 | 121 |
| Pflanzenschutz | €/ha LF | 2 | 106 |
| Tierzukauf | €/ha LF | 100 | 357 |
| Futtermittel | €/ha LF | 284 | 576 |
| Personal | €/ha LF | 212 | 155 |
| Gewinn | €/ha LF | 769 | 701 |
| Gewinn | €/Untern. | 66 649 | 64 419 |
| Einkommen (Gewinn plus Personalaufwand) | €/AK | 40 641 | 39 107 |
| Veränderung gegen Vorjahr | % | + 2,8 | + 13,1 |

¹⁾ Hochgerechnete Ergebnisse der Haupterwerbsbetriebe (ohne Gartenbau und Dauerkulturbetriebe).

²⁾ Maßnahmen von Bund und Ländern.

Quelle: BMEL, Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2019, 2019

Tabelle 33 Ergebnisse nach Meyerhoff et. al.

| Table 5 – Mean WTP estimates in € per month for all programs (95% intervals below the mean). | | | | | |
|---|-------------------------|--|--|-------------------------------------|---------------------------------|
| Program | Respondents per program | Random effects probit | | Turnbull lower bound | |
| | | Response uncertainty not considered Population values | Response uncertainty considered Population values | Response uncertainty not considered | Response uncertainty considered |
| Forest | 1181 | 35.09 26.74/43.44 | 3.12 1.27/4.98 | 24.76 19.54/29.98 | 17.18 13.99/20.37 |
| Arable land | 1145 | 14.34 10.93/17.75 | 1.56 0.69/2.43 | 16.45 13.70/19.59 | 10.34 7.89/12.79 |
| Grassland | 1163 | 16.01 11.69/20.33 | 1.30 0.36/2.24 | 16.41 13.62/19.21 | 10.40 6.55/14.25 |
| Peatlands | 1163 | 12.52 9.10/15.94 | 1.22 0.31/2.12 | 16.38 13.55/19.20 | 12.48 9.58/15.38 |
| Floodplains | 1148 | 23.91 16.91/30.93 | 1.70 0.26/3.15 | 18.18 15.02/21.32 | 9.12 6.58/11.66 |
| Dry habitats | 1192 | 7.05 4.88/9.23 | 0.75 0.27/1.23 | 12.51 8.72/16.29 | 8.45 5.18/11.72 |
| BIOPROG | 1154 | 33.47 25.74/41.21 | 4.72 1.58/7.87 | 28.94 24.61/33.27 | 19.24 15.29/23.19 |
| BIOPROG+ | 1172 | 33.80 25.64/41.97 | 3.98 0.84/7.13 | 29.10 22.86/35.34 | 20.17 14.46/25.88 |

Note. Total number of respondents is = 2326; each faced four WTP questions; total number of observations = 9304; the confidence intervals for the random effects probit model are calculated by the Krinsky and Robb (1986) method as implemented in NLOGIT 4.0, the mean Turnbull lower bound estimates and their variance were calculated using the Turnbull ado-file for STATA provided by Azevedo (2010).

| Table 6 – Benefits versus costs – yearly basis. | | | | | | | |
|--|--------|--|--|---|---|---|---|
| | Cost | | | Benefits | | | |
| | Mio ha | Σ costs in billion € Implementation and maintenance costs per year in € | € per household per year Turnbull lower-bound with response certainty | Σ WTP in billion € Only share of responding households is WTP (26.9% of households in Germany) | Benefit-Cost ratio Benefits per invested € | Σ WTP in billion € All non-responding households are WTP the same as responding households | Benefit-Cost ratio Benefits per invested € |
| Forest | 11.00 | 0.36 | 206.16 | 2.22 | 6.26 | 8.26 | 23.27 |
| Arable land | 12.00 | 0.90 | 124.08 | 1.34 | 1.49 | 4.97 | 5.53 |
| Grassland | 4.80 | 1.76 | 124.80 | 1.35 | 0.76 | 5.00 | 2.84 |
| Peatlands | 1.40 | 0.09 | 149.76 | 1.61 | 18.35 | 6.01 | 68.20 |
| Floodplains | 0.16 | 0.09 | 109.44 | 1.18 | 13.11 | 4.39 | 48.73 |
| Dry habitats | 0.50 | 0.07 | 101.40 | 1.09 | 16.82 | 4.06 | 62.52 |
| BIOPROG | 29.86 | 3.26 | 230.88 | 2.49 | 0.76 | 9.25 | 2.84 |

Note: The number of households in 2009 was around 40.1 million.

Quelle: Meyerhoff, Angeli & Hartje, 2012

Abbildung 8 Übersicht Landkreis Göttingen I



Abbildung 9 Übersicht Landkreis Göttingen II



Abbildung 10 Humusgehalte in der Region Göttingen

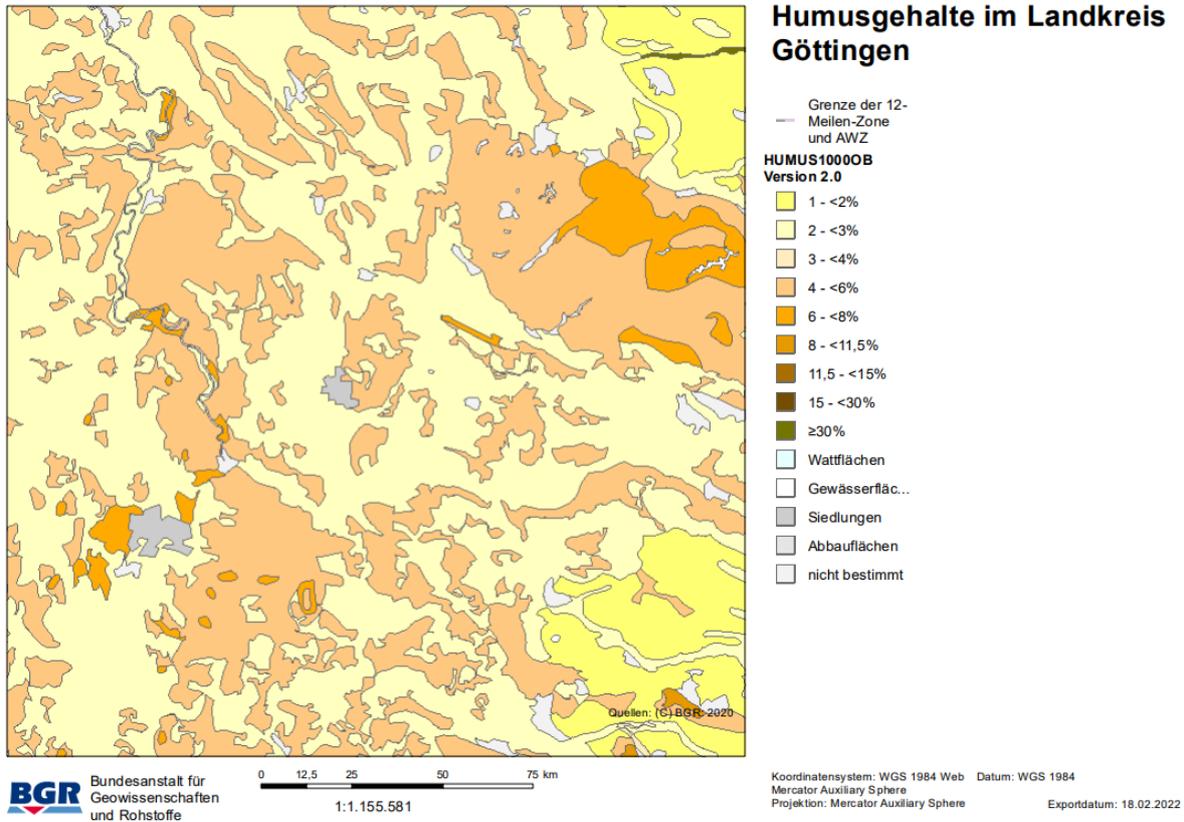


Abbildung 11 Ackerbaulich Ertragspotenzial in der Region Göttingen

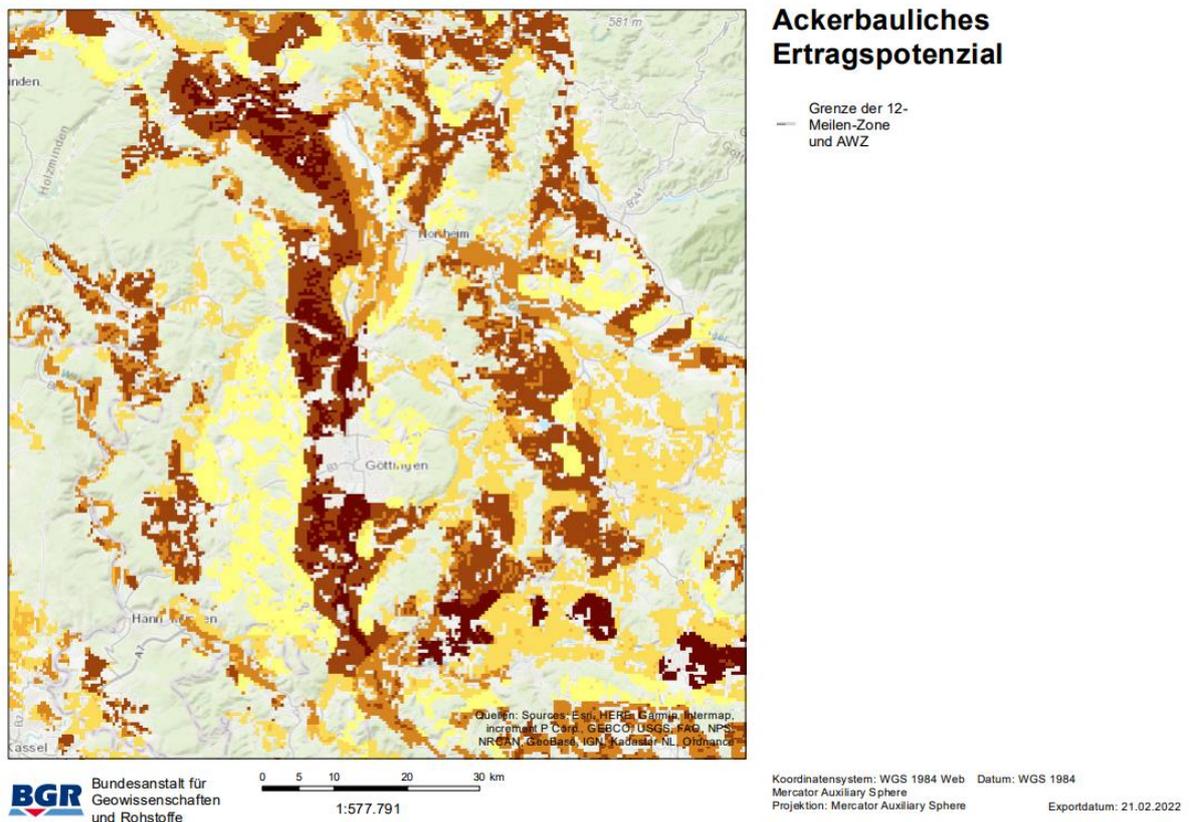


Abbildung 12 Beispiel einer Bodenprobe

Kundenbetreuer Dr. Diana Wimmer
Tel. 05066/90193-56

Versorgungsstufen gemäß Vorgaben der LW-Kammer Niedersachsen

| Probenbezeichnung | | Schlag Nr. | Bodennutzung | Bodenart | Kalk-Versorgung VDLUFA I, A 5.1.1: 2016 (CaCl) | | Zink VDLUFA I, A 6.4.1: 2002 | | Organische Substanz DIN EN 15936: 2012-11 (Dumas) | Sandanteil (0,063-2 mm) DIN ISO 11277: 2002-08 | Schluffanteil 0,002-0,063 m DIN ISO 11277: 2002-08 | Tonanteil (<0,002 mm) DIN ISO 11277: 2002-08 | | |
|-------------------|-----------|-----------------------|--------------|----------|--|---------|------------------------------------|-----------|---|---|---|---|--------------|---------|
| Analysennummer | Prob.-Nr. | | | | Feld- oder Schlagbezeichnung | pH-Wert | optim.pH-Bereich | Zn mg/kg | | | | | Gehaltsstufe | Org.S % |
| 588892 | 1 | AN DER LAMBE KL LAMB | 1/000 | A | uL | 6,4 | C | 6,3 - 7,0 | 3,3 | E | 2,1 | 10,9 | 67,4 | 21,7 |
| 588893 | 2 | JUDENSTIEG | 2/000 | W | tL | 6,9 | D | 5,6 - 6,5 | 3,3 | E | 4,0 | 2,8 | 65,3 | 32,0 |
| 588894 | 3 | AUF D. KIRCHHÖFEN | 3/000 | A | uL | 7,0 | C | 6,3 - 7,0 | 5,7 | E | 3,0 | 12,5 | 66,2 | 21,3 |
| 588895 | 4 | HOFWEIDE | 4/000 | W | huL | 6,2 | C | 5,6 - 6,5 | 16,4 | E | 5,1 | 18,6 | 61,0 | 20,4 |
| 588896 | 5 | NATTENROD | 5/000 | A | uL | 6,9 | C | 6,3 - 7,0 | 4,1 | E | 3,0 | 9,3 | 68,6 | 22,2 |
| 588897 | 6 | SAAACKER | 6/000 | A | uL | 7,0 | C | 6,3 - 7,0 | 2,7 | C | 2,3 | 11,0 | 70,2 | 18,9 |
| 588898 | 7 | STEIMLARTH | 7/000 | A | uL | 7,0 | C | 6,3 - 7,0 | 6,1 | E | 3,8 | 14,1 | 61,4 | 24,5 |
| 588899 | 8 | AN DER WERRA (SCHWEI) | 8/000 | W | IS | 6,7 | E | 5,4 - 6,0 | 15,8 | E | 3,8 | 42,9 | 40,9 | 16,2 |
| 588901 | 9 | OBERE BODENBREITE | 9/000 | A | uL | 6,4 | C | 6,3 - 7,0 | 3,4 | E | 2,2 | 13,2 | 69,3 | 17,5 |
| 588902 | 10 | KÄLBERWEIDE | 10/000 | W | huL | 6,4 | C | 5,6 - 6,5 | 7,8 | E | 4,2 | 6,9 | 72,2 | 20,9 |

getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

Prüfbericht freigegeben am: 25.03.2020 durch Kundenbetreuer: Dr. Diana Wimmer

Fragebogen an die Betriebsleiter

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



Datenanfrage

im Rahmen einer Masterarbeit zum Thema

„Ökosystemleistungen der Landwirtschaft“

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Rahmen meiner Masterarbeit modelliere ich verschiedene Bewirtschaftungsformen (konventionell, ökologisch, biologisch-dynamisch) der ackerbaulichen Landwirtschaft. Anhand von 6 Indikatoren wird eine Auswahl an Ökosystemleistungen gemessen wie z.B. die CO₂ – Speicherung in Böden berechnet über den Humusgehalt. Anschließend werden die Indikatoren in zwei Szenarien kalkuliert, wobei in den Szenarien von unterschiedlichen Bewirtschaftungsverhältnissen ausgegangen wird. Die Modellierung soll anhand von realen Betriebsdaten von landwirtschaftlichen Betrieben aus dem Landkreis Göttingen durchgeführt werden. Die Angaben bleiben selbstverständlich anonym.

Ich würde mich sehr über Ihre Unterstützung bei meiner Masterarbeit freuen, indem Sie die folgenden Tabellen und Fragen mit Ihren individuellen betrieblichen Daten ausfüllen. Es erfolgt nur eine Abfrage der Daten, die auch wirklich im Zusammenhang mit der Abschlussarbeit benötigt werden. Die Ergebnisse kann ich Ihnen selbstverständlich bei Interesse zur Verfügung stellen. Die Beantwortung wird je nach Datenzugänglichkeit ca. 10 min dauern.

Herzlichen Dank und viele Grüße,
Christoph von Bodenhausen



Betriebsangaben

Bitte tragen Sie hier die angefragten Angaben hinsichtlich Ihres Betriebes ein. Es ist zur Erklärung jeweils ein Beispiel eingefügt. Die Daten bleiben anonym.

| Kategorie | Fläche |
|--|------------------|
| Bewirtschaftete Fläche (Gesamt) | Beispiel: 100 ha |
| → Nutzung als Ackerland | Beispiel: 80 ha |
| - Brache | Beispiel: 2 ha |
| → Nutzung als Dauergrünland | Beispiel: 20 ha |
| - Wiese (mind. 2 Schnitte/Jahr) | Beispiel: 10 ha |
| - Weide (hauptsächlich für tierische Weidehaltung) | Beispiel: 5 ha |
| - extensives Grünland (max. eine Nutzung, keine Düngung) | Beispiel: 5 ha |



Boden

Bitte tragen Sie hier die angefragten Angaben hinsichtlich der Bodenqualität ein. Es ist jeweils ein Beispiel eingefügt. Unterhalb der Tabelle befinden sich die Kategorien für die Bodenartengruppen. Die Bodenprobe sollte dabei nach dem DIN EN 15936 – Verfahren (Dumas) erfolgt sein.

| Indikator | Erklärung | Angabe |
|------------------------------------|---|---------------------------|
| ∅ - Bodenpunkte | Daten werden benötigt, damit die Vergleichbarkeit zwischen den Betrieben gegeben ist | Beispiel: ∅ 60 BP |
| Bodenarten | Überwiegender Anteil im Betrieb; Angabe nach LUFA-Tabelle | Beispiel: überwiegend t'L |
| ∅ - Humusgehalt (Ackerland) | Angabe nach aktuellster Bodenuntersuchung auf einer repräsentativen Acker- bzw. Grünlandfläche in % | Beispiele: 3,0 % Humus |
| ∅ - Humusgehalt (Grünland) | s.o. | Beispiel: 3,5 % Humus |

Bodenartengruppen

Die Tabelle zeigt die auf den Prüfberichten der LUFA Nord-West verwendeten Abkürzungen und die Zusammensetzung der Bodenartengruppen. Die Bodenartengruppen sind auch auf dem Prüfbericht der Bodenproben zu finden.

| % Ton | Böden <50% Schluff | | Böden >50 % Schluff | |
|---------|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| | Kürzel | Name | Kürzel | Name |
| 0-5 | S | Sand | U | Schluff |
| 5,1-12 | tS | schwach lehmiger Sand | IU | lehmiger Schluff |
| 12,1-17 | IIS | stark lehmiger Sand | tU | toniger Schluff |
| 17,1-25 | sL | sandiger Lehm | ttU | stark toniger Schluff |
| 25,1-35 | t'L | schwach toniger Lehm | uuT | stark schluffiger Ton |
| 35,1-45 | tL | toniger Lehm | uT | schluffiger Ton |
| >45 | T | Ton | T | Ton |



Kulturen und Erträge

Bitte tragen Sie hier alle Kulturen ein, die Sie auf Ihrem Betrieb anbauen. Bitte tragen Sie außerdem den ungefähren Anteil der Kultur in Ihrer Fruchtfolge (FF) in Prozent ein. Der Ertrag sollte ca. dem Durchschnitt der letzten 5 Jahre entsprechen.

| Nr. | Kultur | Anteil in der FF in % | Ertrag in t/ha |
|-----|------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1. | Beispiel: Winterweizen | Beispiel: 25 % | Beispiel: Ø 8,5 t/ha |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | |
| 9. | | | |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| 15. | | | |

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert, durch Fußnoten gekennzeichnet bzw. mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

Wien, 23.01.2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Bauer', written over a horizontal line.

Ort / Datum / Unterschrift