

Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte im Zuge der Ökobilanzierung ausgewählter Milchproduktionssysteme



Teilbericht zu AP 3 im Projekt GOBIOM „Gestaltungsoptionen für ökonomisch tragfähige biodiversitätsfördernde Milchproduktionssysteme in den Bio-Musterregionen Freiburg und Ravensburg“

Freiburg,
Juni 2025

Autor*innen

Dr. Florian Antony, Lars Nungesser, Dietlinde Quack
Öko-Institut e.V.

Prof. Dr. Birgit Grahl
INTEGRAHL INDUSTRIELLE ÖKOLOGIE

Kontakt

info@oeko.de
www.oeko.de

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin

Borkumstraße 2
13189 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

GEFÖRDERT VOM



FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

Kontakt Unterauftragnehmer*innen

Prof. Dr. Birgit Grahl
INTEGRAHL. INDUSTRIELLE ÖKOLOGIE
Heidekamp
Telefon: +49-(0)4533 - 4110

Verbund GOBIOM

Verbundkoordination
Öko-Institut e.V.
Merzhauserstraße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 (0) 761 45 295-248

Verbundpartner
IfLS - Institut für Ländliche Strukturforschung e.V.
Kurfürstenstraße 49
60486 Frankfurt/Main
Telefon +49 (0)69 / 9726 683-14

Verbundpartner
grünweg - Projektmanagement und Beratung
Sonnenfeld 8
91522 Ansbach
Telefon +49 (0) 981 - 953 16 887

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	14
Zusammenfassung	15
Summary	18
1 Hintergrund und Einordnung ins Projekt	22
2 Ökobilanzmodell zur Abschätzung der Umweltauswirkungen ausgewählter Milchproduktionssysteme	24
2.1 Grundlagen	24
2.2 Modellstruktur und Annahmen	28
2.2.1 Berechnung des Energiebedarfs des Tierbestands	30
2.2.2 Berechnung der Futtermittelration	36
2.2.3 Berechnung der Stickstoff Ausscheidungen	39
2.2.4 Berechnung der Emissionen aus der Tierhaltung	39
2.2.4.1 Methanemissionen aus enterischer Fermentation	39
2.2.4.2 Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement	39
2.2.5 Betriebliche Eckdaten und eingesetzte Betriebsmittel	40
2.2.6 Allokationsmethode	43
2.2.7 Methodik zur Auswertung	44
2.3 Auswertung und Interpretation der Ergebnisse	45
2.3.1 Überbetriebliche Analyse des Treibhauspotenzials	45
2.3.2 Analyse der Einzelbeiträge zum Treibhausgaspotenzial	52
2.3.3 Analyse der Intensität und Effizienz nach Regionen und Wirtschaftsweise	53
2.4 Diskussion der Ergebnisse	59
2.4.1 Einschränkungen und Unsicherheiten des Ökobilanzmodells	59
2.4.2 Einordnung der Ergebnisse	61
3 Literaturanalyse zur Integration von Biodiversität in Ökobilanzen	64
4 Projektspezifische Weiterentwicklung der Methodik für Milchviehbetriebe	69
4.1 Entwicklung des Hemerobiekonzepts und Weiterentwicklungsbedarf	69

4.1.1	Anforderungen an quantitative Sachbilanzdaten	69
4.1.2	Anforderungen an qualitative Sachbilanzdaten	70
4.1.2.1	Bestimmung der Hemerobiekasse	72
4.1.2.2	Kriterium 1: Artenvielfaltspotenzial	77
4.1.2.3	Kriterium 2: Strukturdiversität	80
4.1.2.5	Kriterium 3: Bewirtschaftung/Bodenschutz	84
4.1.2.6	Kriterium 4: Stoffeinträge	90
4.1.3	Übersicht zu Kriterien und Messgrößen	93
4.1.4	Ermittlung des Naturfernepotenzials	95
4.1.5	Ableitung der betrieblichen Hemerobiekasse unter Berücksichtigung von Grünland und betriebseigenem Ackerland	97
4.2	Naturfernepotenzial zugekaufter Futtermittel	98
4.3	Ergebnisse und Diskussion	100
4.3.1	Rahmenbedingungen	100
4.3.1.1	Annahmen zur temporären Flächenbelegung	100
4.3.1.2	Betriebsstruktur	100
4.3.2	Ergebnisse Naturfernepotenzial	103
4.3.3	Ergebnisse Endwerte	105
5	Bestehende Ansätze zur Förderung von Biodiversität und Nachhaltigkeit auf der Wertschöpfungsstufe der Molkereien	110
6	Fazit und Schlussfolgerungen	112
6.1	Allgemeine Hinweise und Erkenntnisse zum entwickelten Ökobilanz-Modell	112
6.2	Einschätzung zu den Ergebnissen der ökobilanziellen Bewertung	113
6.3	Eignung der Hemerobiemethode für die Fragestellung des vorliegenden Projektes	116
6.3.1	Datenbasis zur Ermittlung der Hemerobiekasse	116
6.3.2	Trennschärfe auf Basis der Endwerte	118
6.3.3	Trennschärfe auf Basis der Hemerobiekasse	118
6.3.4	Produktbezogene Ergebnisse Naturfernepotenzial	119
6.4	Ausblick auf weiterhin bestehenden Forschungsbedarf	119
6.4.1	LCA-methodenimmanent	119
6.4.2	Ergänzende Methoden zur LCA	120
7	Stellungnahme zur Nutzung generativer Künstlicher Intelligenz in diesem Forschungsbericht	120
	Literaturverzeichnis	121

Anhang I: Operationalisierung der Wertstufen zu den Messgrößen 128

Anhang II: Auswertung der Betriebsdaten 144

7.1.1	Hof 1	144
7.1.2	Hof 2	148
7.1.3	Hof 3	152
7.1.4	Hof 4	156
7.1.5	Hof 5	161
7.1.6	Hof 6	165
7.1.7	Hof 7	169
7.1.8	Hof 8	174
7.1.9	Hof 9	179
7.1.10	Hof 10	184
7.1.11	Hof 11	189
7.1.12	Hof 12	194
7.1.13	Hof 13	199

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Treibhausgaspotenzial pro kg energiekorrigierter Milch in Abhängigkeit der Milchleistung. Abbildung und Ergebnisse entnommen aus LfL Bayern (2022)	27
Abbildung 3-2:	Übersicht des Produktsystems in OpenLCA 2.2.0.	29
Abbildung 3-3:	Treibhausgaspotenzial pro kg energiekorrigierter Milch in Abhängigkeit der durchschnittlichen Jahresmilchleistung	45
Abbildung 3-4:	Biologische Skaleneffekte: kg CO ₂ -Äq pro kg ECM aus direkten Methanemissionen aus enterischer Fermentation	46
Abbildung 3-5:	Wirtschaftliche Skaleneffekte: kg CO ₂ -Äq pro kg ECM aus dem Einsatz von Betriebsmitteln	47
Abbildung 3-6:	Treibhausgaspotenzial pro kg energiekorrigierter Milch gegenüber der durchschnittlichen Milchleistung pro Hektar (Gesamtbetriebsfläche) und Jahr	48
Abbildung 3-7:	Treibhausgaspotenzial pro Hektar und Jahr gegenüber der durchschnittlichen Milchleistung pro Hektar und Jahr bezogen auf die Gesamtbetriebsfläche	49
Abbildung 3-8:	Treibhausgaspotenzial pro Hektar Betriebsfläche und Jahr gegenüber der durchschnittlichen Milchleistung pro Kuh und Jahr	49
Abbildung 3-9:	Durchschnittliche energiekorrigierte Milchleistung pro Hektar und Jahr gegenüber der Milchleistung pro Kuh und Jahr	50
Abbildung 3-10:	Treibhausgaspotenzial pro Hektar und Jahr gegenüber der durchschnittlichen energiekorrigierten Milchleistung pro Kuh und Jahr unter Berücksichtigungen der für den Anbau von Zukauffuttermittel geschätzten Flächenbelegung	51
Abbildung 3-11:	Besatzdichte im Grünland gegenüber der durchschnittlichen Jahresmilchleistung pro Kuh und Jahr	52
Abbildung 3-12:	Mittlere Anteile der Einzelbeiträge an den Treibhausgasemissionen pro Kilogramm energiekorrigierter Milch	52
Abbildung 3-13:	Hofspezifische Auswertung der Einzelbeiträge zum Treibhausgaspotenzial	53
Abbildung 3-14:	Besatzdichte (Mittelwert je Kategorie) gemessen nach Anzahl der Milchkühe pro Hektar Grünland nach Region und Wirtschaftsweise in GOBIOM Betrieben	54
Abbildung 3-15:	Mittelwerte der Milchleistung pro Kuh und Jahr nach Region und Wirtschaftsweise in GOBIOM Betrieben	55

Abbildung 3-16: Mittelwerte der Milchleistung pro Hektar (Gesamtbetriebsfläche) und Jahr nach Region und Wirtschaftsweise in GOBIOM Betrieben	56
Abbildung 3-17: Mittelwerte des Treibhausgaspotenzials in kg CO ₂ -Äq pro kg ECM nach Regionen und Wirtschaftsweise	56
Abbildung 3-18: Median des Treibhausgaspotenzials pro kg ECM nach Wirtschaftsweise	57
Abbildung 3-19: Median des Treibhausgaspotenzials pro Kilogramm ECM nach Region	58
Abbildung 3-20: Median des Treibhausgaspotenzials pro Hektar Betriebsfläche nach Wirtschaftsweise	58
Abbildung 3-21: Median des Treibhausgaspotenzials pro Hektar Betriebsfläche nach Region	59
Abbildung 5-1: Das Klassensystem der Hemerobieklassen mit indikativen Zuordnungen der Bandbreiten verschiedener Flächennutzungsarten	70
Abbildung 5-2: Art der Mittelwertbildung	96
Abbildung 5-3: Vom Endwert zum Naturfernepotenzial	97
Abbildung 5-4: Beispiel - Ermittlung der betrieblichen Hemerobiekategorie bei Vorhandensein von Grünland und Ackerland	98
Abbildung 5-5: Flächenanteile Grünland (GL) und Ackerland (AL) Betriebe	101
Abbildung 5-6: Temporäre Flächenbelegung Grünland (GL) + Ackerland (AL) sowie externe Futtermittel bezogen auf 1 kg _{ECM}	102
Abbildung 5-7: Naturfernepotenzial (NFP) der Betriebe gegliedert nach Grünland, Ackerland und Flächen für Zukauffuttermittel	103
Abbildung 5-8: Abhängigkeit des betrieblichen Naturfernepotenzials von der Milchleistung pro ha	104
Abbildung 5-9: Abhängigkeit des betrieblichen Naturfernepotenzials (gemäß Abbildung 26) von der Milchleistung pro Kuh und Jahr	105
Abbildung 5-10: Endwerte der Betriebsflächen Grünland	106
Abbildung 5-11: Endwerte der Betriebsflächen Ackerland (	107
Abbildung 5-12: Endwerte der Betriebsflächen Ackerland und Grünland gewichtet	108
Abbildung 5-13: Endwerte der Betriebsflächen gruppiert nach Wirtschaftsweise	109
Abbildung 8-1: Endwerte und Hemerobieklassen der Betriebsflächen Hof 1	146
Abbildung 8-2: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 1	147
Abbildung 8-3: Naturfernepotenzial Flächen Hof 1	148
Abbildung 8-4: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 2	150

Abbildung 8-5:	Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 2	151
Abbildung 8-6:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 2	152
Abbildung 8-7:	Endwerte und Hemerobieklassen Hof 3	154
Abbildung 8-8:	Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 3	155
Abbildung 8-9:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 3	156
Abbildung 8-10:	Endwerte und Hemerobieklassen der Betriebsflächen Hof 4	159
Abbildung 8-11:	Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 4	160
Abbildung 8-12:	Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 4	160
Abbildung 8-13:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 4	161
Abbildung 8-14:	Endwerte und Hemerobieklassen Hof 5	163
Abbildung 8-15:	Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 5	164
Abbildung 8-16:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 5	165
Abbildung 8-17:	Endwerte und Hemerobieklassen Hof 6	167
Abbildung 8-18:	Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 6	168
Abbildung 8-19:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 6	169
Abbildung 8-20:	Endwerte und Hemerobieklassen Hof 7	172
Abbildung 8-21:	Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 7	173
Abbildung 8-22:	Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 7	173
Abbildung 8-23:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 7	174
Abbildung 8-24:	Endwerte und Hemerobieklassen Hof 8	177
Abbildung 8-25:	Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 8	178
Abbildung 8-26:	Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 8	178
Abbildung 8-27:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 8	179
Abbildung 8-28:	Endwerte und Hemerobieklassen Hof 9	182
Abbildung 8-29:	Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 9	183
Abbildung 8-30:	Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 9	183
Abbildung 8-31:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 9	184
Abbildung 8-32:	Endwerte und Hemerobieklassen Hof 10	187
Abbildung 8-33:	Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 10	188

Abbildung 8-34: Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 10	188
Abbildung 8-35: Naturfernepotenzial Flächen Hof 10	189
Abbildung 8-36: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 11	192
Abbildung 8-37: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 11	193
Abbildung 8-38: Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 11	193
Abbildung 8-39: Naturfernepotenzial Flächen Hof 11	194
Abbildung 8-40: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 12	197
Abbildung 8-41: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 12	198
Abbildung 8-42: Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 12	198
Abbildung 8-43: Naturfernepotenzial Flächen Hof 12	199
Abbildung 8-44: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 13	202
Abbildung 8-45: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 13	203
Abbildung 8-46: Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 13	203
Abbildung 8-47: Naturfernepotenzial Flächen Hof 13	204

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Angenommene Tiergewichte und Wachstumsraten in Kilogramm	32
Tabelle 3-2:	Modellierungsgrundlage der Futtermittelproduktion auf betriebseigenen Flächen	37
Tabelle 3-3:	Modellierung der generischen Kraftfuttermischung für konventionell wirtschaftende Betriebe und Datensätze aus Ecoinvent nach Antony et al. (2021b)	37
Tabelle 3-4:	Modellierung der generischen Kraftfuttermischung für ökologisch wirtschaftende Betriebe und Datensätze aus Ecoinvent v3.9.1 nach Antony et al. (2021b)	38
Tabelle 3-5:	Energie- und Nährstoffgehalte der im Modell verwendeten Futtermittel	38
Tabelle 3-6:	Betriebliche Eckdaten und anhand der Umsatzerlöse ermittelte Allokationsfaktoren der ausgewerteten Betriebe	41
Tabelle 3-7:	Übersicht über die berücksichtigten Betriebsmittel und verwendete Ecoinvent Datensätze v3.9.1 (2022)	42
Tabelle 3-8:	Im Modell verwendete Düngemittel (Inputs), Datensätze aus Ecoinvent v3.9.1 (2022), modellierte Outputflüsse und ermittelte Durchschnittspreise	43
Tabelle 5-1:	Charakterisierungsfaktoren der Hemerobieklassen	71
Tabelle 5-2:	Übersicht zu Kriterien und Messgrößen der ausgewerteten Studien	75
Tabelle 5-3:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 1a (Grünland) des Kriteriums „Artenvielfaltspotenzial“ im GOBIOM-Projekt	79
Tabelle 5-4:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 1b (Ackerland) des Kriteriums 1 „Artenvielfaltspotenzial“ im GOBIOM-Projekt	79
Tabelle 5-5:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 2 „Lebensraumoptionen“ des Kriteriums 1 „Artenvielfaltspotenzial“ im GOBIOM-Projekt (Gesamtbetrieb)	80
Tabelle 5-6:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 3 „Strukturelemente in der Flur“ des Kriteriums 2 „Strukturdiversität“ im GOBIOM-Projekt (Gesamtbetrieb)	82
Tabelle 5-7:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 4 „Schlaggröße“ des Kriteriums 2 „Strukturdiversität“ im GOBIOM-Projekt (Gesamtbetrieb)	82
Tabelle 5-8:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 5 „Diversität in der Landschaft“ des Kriteriums 2 „Strukturdiversität“ im GOBIOM-Projekt (Gesamtbetrieb)	83
Tabelle 5-9:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zu den Messgrößen 6a-1 „Intensität der Bodenbewirtschaftung“ und 6a-2 „Bodenverdichtung durch	

	Landmaschineneinsatz“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Grünland)	85
Tabelle 5-10:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zu den Messgrößen 6b-1 „Intensität der Bodenbearbeitung“ und 6b-2 „Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Ackerland)	86
Tabelle 5-11:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 7 „Bodenbedeckung“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Grünland)	87
Tabelle 5-12:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 7b „Bodenbedeckung“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Ackerland)	87
Tabelle 5-13:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 8a-1 „Schnitthäufigkeit“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Grünland/Wiese)	88
Tabelle 5-14:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung 1 zur Messgröße 8a-2 „Beweidung“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Grünland/Weide)	89
Tabelle 5-15:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung 2 zur Messgröße 8a-2 „Beweidung“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Grünland/Weide)	89
Tabelle 5-16:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 8b „Agrodiversität“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Ackerland)	89
Tabelle 5-17:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 9 „Art der Düngung“ des Kriteriums 4 „Stoffeinträge“ im GOBIOM-Projekt (Gesamtbetrieb)	90
Tabelle 5-18:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 10 „Intensität der Düngung“ des Kriteriums 4 „Stoffeinträge“ im GOBIOM-Projekt (Gesamtbetrieb)	91
Tabelle 5-19:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 11a „Einsatz von Pflanzenschutzmitteln“ des Kriteriums 4 „Stoffeinträge“ im GOBIOM-Projekt (Grünland)	92
Tabelle 5-20:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 11b-1 „Einsatz von Insektiziden“ des Kriteriums 4 „Stoffeinträge“ im GOBIOM-Projekt (Ackerland)	92
Tabelle 5-21:	Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 11b-2 „Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern“ des Kriteriums 4 „Stoffeinträge“ im GOBIOM-Projekt (Ackerland)	93

Tabelle 5-22:	Kriterien und Messgrößen Grünland (für grünlandspezifische Erhebung mit a gekennzeichnet)	94
Tabelle 5-23:	Kriterien und Messgrößen Ackerland (für ackerlandspezifische Erhebung mit b gekennzeichnet)	95
Tabelle 5-24:	Zuordnung des Endwertes zu einer Hemerobiekategorie für landwirtschaftliche Flächen (Grünland und Ackerland)	96
Tabelle 5-25:	In diesem Projekt zugrunde gelegten Ertragswerte zugekaufter Futtermittel (TM: Trockenmasse)	98
Tabelle 5-26:	Hemerobiekategorien Futtermittel	99
Tabelle 8-1:	Operationalisierung in Wertstufen der 2 Messgrößen zum Kriterium 1 „Diversität der Begleitflora“ nach Tabelle 1	128
Tabelle 8-2:	Operationalisierung in Wertstufen der 3 Messgrößen zum Kriterium 2 „Strukturdiversität“ nach Tabelle 1	131
Tabelle 8-3:	Operationalisierung in Wertstufen der 3 Messgrößen zum Kriterium 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ nach Tabelle 1	134
Tabelle 8-4:	Operationalisierung in Wertstufen der 3 Messgrößen zum Kriterium 4 „Stoffeinträge“ nach Tabelle 1	139
Tabelle 8-5:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 1	145
Tabelle 8-6:	Endwerte Betriebsflächen Hof 1	146
Tabelle 8-7:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 1	147
Tabelle 8-8:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 2	149
Tabelle 8-9:	Endwerte Betriebsflächen Hof 2	150
Tabelle 8-10:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 2	151
Tabelle 8-11:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 3	153
Tabelle 8-12:	Endwerte Betriebsflächen Hof 3	154
Tabelle 8-13:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 3	155
Tabelle 8-14:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 4	157
Tabelle 8-15:	Endwerte Betriebsflächen externes Ackerland (Futtermittel) Hof 4	159
Tabelle 8-16:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 4	161
Tabelle 8-17:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 5	162
Tabelle 8-18:	Endwerte Betriebsflächen Hof 5	163
Tabelle 8-19:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 5	164

Tabelle 8-20:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 6	166
Tabelle 8-21:	Endwerte Betriebsflächen Hof 6	167
Tabelle 8-22:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 6	168
Tabelle 8-23:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 7	170
Tabelle 8-24:	Endwerte Betriebsflächen Hof 7	172
Tabelle 8-25:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 7	174
Tabelle 8-26:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 8	175
Tabelle 8-27:	Endwerte Betriebsflächen Hof 8	177
Tabelle 8-28:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 8	179
Tabelle 8-29:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 9	180
Tabelle 8-30:	Endwerte Betriebsflächen Hof 9	182
Tabelle 8-31:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 9	184
Tabelle 8-32:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 10	185
Tabelle 8-33:	Endwerte Betriebsflächen Hof 10	187
Tabelle 8-34:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 10	189
Tabelle 8-35:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof	190
Tabelle 8-36:	Endwerte Betriebsflächen Hof 11	192
Tabelle 8-37:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 11	194
Tabelle 8-38:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 12	195
Tabelle 8-39:	Endwerte Betriebsflächen Hof 12	197
Tabelle 8-40:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 12	199
Tabelle 8-41:	Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 13	200
Tabelle 8-42:	Endwerte Betriebsflächen Hof 13	202
Tabelle 8-43:	Naturfernepotenzial Flächen Hof 13	204

Abkürzungsverzeichnis

a	Ar (Flächeneinheit)
ABAG	Allgemeine Bodenabtragsgleichung
AL	Ackerland
APS	Animal Production System
BVI	Biodiversity Value Increment Methode
CES	Cultural ecosystem services (kulturelle Ökosystemleistungen)
CF	Charakterisierungsfaktor
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ -Äq	CO ₂ -Äquivalente
ECM	energiekorrigierte Milch (engl.: Energy corrected milk)
ES	Ecosystem services (Ökosystemleistungen)
fE	funktionale Einheit
GL	Grünland
GVE	Großvieheinheiten
ISG	Indicator species group
kg	Kilogramm
kg _{ECM}	Kilogramm energiekorrigierte Milch
LANCA	Land Use Indicator Value Calculation
LCA	Life Cycle Assessment
m ²	Quadratmeter
NFP	Naturfernepotenzial
ÖVF	ökologische Vorrangflächen
PDF	potentially disappeared fraction of species (potenzieller Artenverlust)
PES	Provisioning ecosystem services (produzierende Ökosystemleistungen)
RES	Regulating & maintaining ecosystem services (regulierende und erhaltende Ökosystemleistungen)
SALCA	Swiss Agricultural Life Cycle Assessment Method
SOC	Soil Organic Carbon
TAN	Ammoniumstickstoff

Zusammenfassung

Artenreiches Grünland ist für die Biodiversität in Deutschland von großer Bedeutung. In eine strukturreiche Landschaft eingebettet, bildet es eine wichtige Grundlage für die Biodiversität von Flora und Fauna insgesamt. Aus verschiedenen Gründen ist es zunehmend bedroht. Ein wichtiger Faktor sind dabei Milchkühe als Verwerter von Grünlandaufwuchs. Sie wirken dabei auf zweierlei Weise: Einerseits erfolgte eine Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung, um dem höheren Anspruch an die Futterqualität aufgrund der über die letzten Jahrzehnte erfolgten Leistungssteigerung bei Milchkühen Rechnung zu tragen. Andererseits wurde insbesondere an Grenzertragsstandorten die Milchviehhaltung vielfach aufgegeben und Grünland nicht mehr bewirtschaftet. Die Folge war, dass gerade potenziell artenreiche Grünlandflächen durch Verbuschung und Verwaldung verloren gingen. Dieser Prozess hält immer noch an.

Um die Biodiversität zu stärken, ist eine grundlegende Transformation der Milchproduktionssysteme notwendig, die idealerweise in eine nachhaltige Transformation der Agrar- und Ernährungssysteme eingebettet ist. Vor diesem Hintergrund befasst sich das GOBIOM-Projekt „Gestaltungsoptionen für ökonomisch tragfähige biodiversitätsfördernde Milchproduktionssysteme in den Bio-Musterregionen Freiburg und Ravensburg“ mit der Frage, wie sich die Milchproduktion ökonomisch lohnen und gleichzeitig die Biodiversität fördern lässt.

Das in diesem Bericht dokumentierte Arbeitspaket 3 konzentrierte sich auf die ‚Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte im Zuge der Ökobilanzierung ausgewählter Milchproduktionssysteme‘. Dabei bildeten die beiden Modellregionen mit der Bio-Musterregion Ravensburg die Perspektive einer Intensiv- bzw. Gunstregion und mit der Bio-Musterregion Freiburg die Perspektive einer eher extensiven, von Nutzungsaufgabe bedrohten Region ab.

Ziel der vorliegenden Studie ist eine ökologische Bewertung von Milchproduktionssystemen unter Nutzung der Methode der Ökobilanz. Ein Schwerpunkt der Arbeiten im Rahmen von GOBIOM lag dabei auf der Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte im Zuge der Ökobilanzierung ausgewählter Milchproduktionssysteme. Dabei sollen verschiedenen Prozesse- und Verfahren der Milchproduktion anhand betriebsspezifischer Daten bei den GOBIOM-Betrieben in die Betrachtung einbezogen und hinsichtlich ihrer ökologischen Auswirkungen diskutiert werden.

Die Studie orientiert sich an der Methode der produktbezogenen Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment, LCA), um die Umweltauswirkungen der Milchproduktion zu bewerten. Die Systemgrenzen wurden dabei als „Cradle-to-Gate“ definiert, d. h. es werden alle Prozesse bis zur Bereitstellung der Rohmilch am Hoftor des Milchviehbetriebs betrachtet.

Für die vorliegende Studie wurden Daten von 16 Milchviehbetrieben aus zwei baden-württembergischen Bio-Musterregionen erhoben; sechs in der Region Ravensburg und zehn in der Region Freiburg. Für elf dieser Betriebe konnte anhand der erhobenen Daten eine Ökobilanz berechnet werden, wobei sieben davon ökologisch und vier konventionell wirtschaften. Für 13 Betriebe lagen ausreichend Daten zur Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte vor, wovon wiederum acht Betriebe ökologisch und fünf Betriebe konventionell wirtschaften. Als Datenbasis für die Erstellung betriebsspezifischer Ökobilanzmodelle wurden zunächst Informationen aus steuerlichen Jahresabschlüssen nach relevanten Daten wie Fläche, Tierbestand, Umsätzen und Betriebsmitteln durchsucht. Ergänzend wurden Fragebögen zu Futtermittelration und Management ausgewertet. Weitere, insbesondere unter Biodiversitätsgesichtspunkten relevante Daten wurden im Zuge von Betriebsbesuchen erhoben, beispielsweise Kennarten im Grünland und Strukturelemente.

Die geringe Anzahl der im Rahmen von GOBIOM berechneten einzelbetrieblichen Treibhausgasbilanzen lässt keine statistische Auswertung zu. Dennoch spiegeln auch die Ergebnisse und Erkenntnisse aus der vergleichswisen kleinen Stichprobe den erwartet hohen Grad an hofspezifischen Unterschieden (z. B. bezüglich Flächenausstattung, Wirtschaftsweise und managementbezogener Parameter) wider. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die im Rahmen des Projekts betrachteten Betriebe als typisch für die Milchproduktion in den beiden Bio-Musterregionen angesehen werden können. Zugleich muss festgestellt werden, dass diese regionaltypischen Betriebe einige wesentliche Unterschiede gegenüber den typischen Betrieben aus anderen, für die Milcherzeugung in Deutschland aufgrund hoher Anlieferungsmengen relevanten Milchviehregionen wie dem Allgäu (v. a. Biomilch), der norddeutschen Tiefebene oder der Milcherzeugung in ostdeutschen Bundesländern, aufweisen. Zu diesen Unterschieden gehören pro Betrieb vergleichsweise kleine Tierbestände und eine nicht immer auf die verfügbare Futter- und Weidefläche eines Betriebes ‚ausgereizte‘ Tierzahl. Dies stellt eine wesentliche Grundlage für die extensive Milchwirtschaft dar.

Die meisten der im Rahmen des Projekts betrachteten Betriebe liegen mit ihrer produktbezogenen Treibhausgasbilanz dennoch im Bereich der Ergebnisse vorheriger Studien (LfL Bayern 2022; Antony et al. 2021a). Auch der Anteil von 50 bis 70 Prozent der enterischen Fermentation am Treibhausgaspotenzial ist mit den Ergebnissen anderer Studien vergleichbar (FAO 2022). In die Beiträge aus Futtermitteln fließen deren Produktion und bei Zukauffutter auch deren Transport ein. Über die Nährstoffgehalte und beispielsweise die Verdaulichkeit hat die Futtermittelzusammensetzung wiederum Einfluss auf die Methanemissionen aus enterischer Fermentation.

Eine wesentliche Hypothese von GOBIOM besagt, dass die Milchproduktion in den betrachteten Betrieben der beiden Biomusterregionen zusätzliche Ökosystemleistungen bereitstellt, die in Ökobilanzen üblicherweise wenig bis gar nicht berücksichtigt werden. Der in der Literatur beschriebene Zusammenhang zwischen hoher Produktionseffizienz und geringem Zusatznutzen in Bezug auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen (vgl. Haines-Young und Potschin (2011) und Joly et al. (2024)) zeigt sich auch in den Ergebnissen des vorliegenden Projekts. Im Rahmen eines experimentellen Ansatzes, der die formalen Vorgaben der normkonformen Ökobilanz verlässt, wurde im vorliegenden Vorhaben die Bewirtschaftung einer definierten Fläche artenreichen Grünlandes zum Hauptnutzen von Milchproduktionssystemen erhoben und als funktionelle Einheit genutzt. Anhand der vorliegenden Auswertung kann gezeigt werden, dass extensivere Produktionssysteme in Bezug auf eine flächenbezogene Darstellung der betriebsbedingten THG-Emissionen besser abschneiden als intensive Produktionssysteme.

Im GOBIOM-Projekt war das Ziel, richtungssichere und belastbare Aussagen zu biodiversitätsrelevanten Aspekten von Milchproduktionssystemen zu generieren, die auf praxisnah erhebbaren, einzelbetrieblichen Informationen basieren. Zudem wurden regionale Unterschiede analysiert. Unter Berücksichtigung der Kriterien „Transparenz“, „Anschlussfähigkeit“, „Datenverfügbarkeit“ und „generisch/spezifisch geeignet“ wurde der Hemerobie-Ansatz nach Fehrenbach et al. (2015a; 2021a) ausgewählt und für spezifische Datenerhebungen in Milchproduktionssystemen eingesetzt.

Das Charakterisierungsmodell nach Fehrenbach et al. (2021c) musste für die Anwendung im Rahmen des GOBIOM-Projekts weiterentwickelt werden. Ziel war es, durch eine entsprechende Auswahl geeigneter Sachbilanzdaten eine richtungssichere Abbildung des Naturfernepotenzials der spezifischen Milchviehbetriebe zu erreichen. Hier galt es zu berücksichtigen,

dass die Betriebsstruktur neben Grünland auch Ackerbau zur Futtermittelerzeugung umfasst, wobei auch Futtermittelzukauf erfolgen kann. Im Rahmen des GOBIOM-Projekts wurde auf Basis der Arbeiten von Fehrenbach et al. (2021a) ein Kriterienkatalog mit modifizierten Messgrößen für Grünland- und Ackerlandflächen entwickelt. Leitgedanke der Modifikation war die praxistaugliche Erhebbarkeit in den Betrieben. Die Datenaufnahme in den Betrieben zeigte allerdings, dass es auch Datenlücken gibt und die Daten teilweise nicht in der erforderlichen Aufschlüsselung verfügbar waren. Für viele landwirtschaftliche Betriebe sind diese Datenanforderungen neu. Zu Beginn der Datenerhebungen für Ökobilanzen von technischen Systemen gab es vergleichbare Schwierigkeiten. Heute sind entsprechende Daten in der Regel verfügbar.

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass sich die Hemerobiemethode für die Fragestellung des Projekts grundsätzlich eignet. Im GOBIOM-Projekt waren sowohl spezifisch untersuchbare Flächen als auch Flächen, die zum Anbau extern zugekaufter Futtermittel genutzt werden, zu berücksichtigen. Für letztere waren keine spezifischen Datenerhebungen möglich, weshalb auf generische (allgemeine) Daten zurückgegriffen werden musste. Fehrenbach et al. (2021c) stellten generische Daten zu Hemerobieklassen für Futtermittel zur Verfügung, die genutzt werden konnten. Somit konnten alle im GOBIOM-Projekt relevanten Flächen methodenkonform einbezogen werden.

Die Auswertung der Anwendung der Hemerobiemethode zeigt, dass allein die Zuordnung zu einer Hemerobiekategorie den Charakterisierungsfaktor bestimmt. Im Ergebnis wird für alle Flächen, deren Endwert zwischen den definierten Grenzen liegt, derselbe Nebennutzen angenommen – unabhängig davon, ob der Endwert im oberen oder unteren Bereich der Hemerobiekategorie liegt. In diesem Zusammenhang könnten Sensitivitätsanalysen sinnvoll sein. Eine Möglichkeit wäre, die Hemerobieklassen weiter zu unterteilen (z. B. durch Zweiteilung jeder Klasse). Eine weitere Option wäre, auf Basis der in Fehrenbach et al. (2021a) definierten Funktion zur Ermittlung der Charakterisierungsfaktoren für die Hemerobieklassen mit gleitendem Charakterisierungsfaktor zu rechnen. Bei letzterer Variante würde allerdings das Konzept der Hemerobie verlassen werden, bei dem Naturräume hinsichtlich des Ausmaßes menschlicher Eingriffsintensität in Klassen eingestuft werden. Die unvermeidliche Unschärfe bei der Quantifizierung von Qualitäten würde kleine Unterschiede vermutlich überbewerten.

In Bezug auf die Interpretation produktbezogener Ergebnisse beim Naturfernepotenzial zeigt sich ein grundlegendes Problem bei der Anwendung der Ökobilanzmethode auf nichttechnische Systeme. Der Produktbezug erfolgt in der Regel massen- oder volumenbezogen, sodass die Produktqualität nur cursorisch definiert werden kann. Die Ökobilanz wurde als Methode zur Analyse technischer Systeme mit dem Schwerpunkt der produktbezogenen Effizienzsteigerung von Verbräuchen und Emissionen entwickelt. Das Ziel besteht darin, die maximale Menge eines Produkts mit technisch definierter Qualität mit minimalem Ressourceneinsatz und minimalen Emissionen zu produzieren. In dieser technischen Effizienzlogik ist also minimaler Flächeneinsatz bei maximaler Milchproduktion zu bevorzugen. In Ökobilanzen der Milchwirtschaft wird in der Regel die energiekorrigierte Milchmenge (ECM) verwendet, die auf den Kriterien Fett- und Eiweißgehalt basiert (vgl. auch Diskussion in Kapitel 1.4.1). Der Grundgedanke, den Nebennutzen der Fläche für die Biodiversität über die Charakterisierungsfaktoren zu allozieren, kompensiert jedoch nicht die qualitätsrelevanten und ethischen Aspekte der Milchviehhaltung. Dieses Grundproblem ist nicht spezifisch für die Hemerobiemethode. In diesem Bereich gibt es erheblichen Forschungsbedarf zum Themenfeld „Ökobilanz nichttechnischer Systemen“.

Ein alternativer Ansatz bestünde darin, die Beschränkung der LCA als Effizienzmethode zur Analyse technischer Systeme zu akzeptieren. Deren Ergebnisse sind unabhängig von qualitativen Merkmalen von Ökosystemen und menschlicher Gesundheit sowie vom Bedarf an Waren. Die Sinnhaftigkeit der Effizienzoptimierung von Produktsystemen muss auch vor dem Hintergrund des Wachstumsparadigmas in der Ökonomie diskutiert werden. In der Regel werden produktbezogene Optimierungen durch Mehrproduktion zunichte gemacht. Der Anspruch, die LCA als allumfassende Methode mit handlungsleitenden, numerischen Ergebnisdaten in Richtung nachhaltige Entwicklung zu nutzen, wird in einem solchen Ansatz infrage gestellt. Ergänzende Methoden zur Abbildung qualitativer Einflüsse sollten hier weiter erprobt werden. Aus der Arbeit zu Umweltzeichen gibt es diesbezüglich etliche Vorarbeiten, an die ggf. angeschlossen werden könnte. Ebenso könnte an das Konzept der Nutzwertanalyse angeknüpft werden, in der die Ökobilanz als Analyse der Stoff- und Energieströme nur eines von mehreren Kriterien ist. In diesem Kontext könnte die Betrachtung des betriebsspezifischen Naturfernepotenzials als ein Charakteristikum der auf einem bestimmten Hof produzierten Rohmilch angesehen werden. Dieses Potenzial würde dabei losgelöst vom quantitativen Produktionsoutput betrachtet. Damit würde das Naturfernepotenzial ebenso wie beispielsweise der Fettgehalt als Qualitätsmerkmal der Milch behandelt.

Summary

Species-rich grassland is extremely important for biodiversity in Germany. Embedded in a structurally rich landscape, species-rich grassland is an important foundation for the biodiversity of flora and fauna as a whole. For various reasons, it is increasingly under threat. One important factor here is dairy cows as consumers of grassland growth. They have a twofold impact: on the one hand, grassland management has been intensified to meet the higher demands on feed quality resulting from the increase in milk cow productivity over recent decades. On the other hand, dairy farming has been abandoned in many cases, particularly in marginal areas, and grassland is no longer being farmed. As a result, potentially species-rich grassland areas have been lost to scrub encroachment and reforestation. This process is still ongoing.

In order to strengthen biodiversity, a fundamental transformation of milk production systems is necessary, ideally embedded in a sustainable transformation of agricultural and food systems. Against this backdrop, the GOBIOM project 'Design options for economically viable biodiversity-enhancing milk production systems in the organic model regions of Freiburg and Ravensburg' addressed the overall question of how milk production can be economically viable while promoting biodiversity.

Work package 3, documented in this report, focused on the "assessment of biodiversity-relevant aspects in the life cycle assessment of selected milk production systems". The two model regions provided the perspective of an intensive or favourable region with the Ravensburg organic model region, and the perspective of a more extensive region threatened by abandonment with the Freiburg organic model region.

The aim of this study is to provide an ecological assessment of milk production systems using the life cycle assessment method. One focus of the work in GOBIOM was on the assessment of biodiversity-relevant aspects in the course of the life cycle assessment of selected milk production systems. Various processes and procedures of milk production are to be included in

the analysis on the basis of farm-specific data from the GOBIOM farms and discussed with regard to their ecological impacts.

The study uses the product-related life cycle assessment (LCA) method to evaluate the environmental impact of milk production. The system boundaries were defined as ‘cradle-to-gate’, i.e. all processes up to the delivery of raw milk to the dairy farm gate were considered.

For the present study, data was collected from 16 dairy farms in two organic model regions in Baden-Württemberg; six in the Ravensburg region and ten in the Freiburg region. An LCA could be calculated for eleven of these farms based on the data collected, seven of which are organic and four conventional. Sufficient data was available to assess biodiversity-related aspects for 13 farms, of which eight are organic and five are conventional. As a basis for the creation of farm-specific life cycle assessment models, information from annual tax returns was first evaluated for relevant data (area, livestock, turnover, operating resources) and supplemented with questionnaires (feed rations, management). Further data relevant to biodiversity in particular was collected during on-site visits to the farms (e.g. indicator species in grassland, structural elements).

The small number of individual farm greenhouse gas balances calculated within the GOBIOM project does not allow for statistical analysis. Nevertheless, the results and findings from the relatively small sample reflect the expected high degree of farm-specific differences (e.g. in terms of land availability, farming methods, management-related parameters). Overall, it can be said that the farms considered in the project can be regarded as typical for milk production in the two organic model regions. At the same time, it should be noted that these regionally typical farms differ significantly from typical farms in other dairy regions that are relevant for milk production in Germany due to high delivery volumes, such as the Allgäu (mainly organic milk), the North German lowlands or milk production in eastern German states. These differences include comparatively small livestock numbers per farm and a number of animals that is not always “maximised” for the available feed and grazing land of a farm, which is an essential basis for extensive dairy farming.

Nevertheless, most of the farms considered in the project are within the range of previous studies in terms of their product-related greenhouse gas balance (LfL Bayern 2022; Antony et al. 2021a). The contribution of enteric fermentation to greenhouse gas potential, at 50 - 70 per cent, is also comparable to the results of other studies (FAO 2022). The contributions from feed include its production and, in the case of purchased feed, also its transport. The nutrient content and, for example, digestibility of feed in turn influence methane emissions from enteric fermentation.

A key hypothesis in GOBIOM is that milk production in the farms studied in the two organic model regions provides additional ecosystem services that are usually given little or no consideration in life cycle assessments. The correlation shown in the literature between high production efficiency and relatively low additional benefits in terms of the provision of ecosystem services (see Haines-Young und Potschin (2011) and Joly et al. (2024)) and is also evident in the results of this project. As part of an experimental approach that deviates from the formal requirements of standard-compliant life cycle assessments, this project examined the management of a defined area of species-rich grassland as the main benefit of milk production systems and used it as a functional unit. The present evaluation shows that more extensive production systems perform better than intensive production systems in terms of area-related operational GHG emissions.

The aim of the GOBIOM project was to generate reliable and robust statements on biodiversity-relevant aspects of milk production systems based on practical, individually collectable information. Regional differences were also analysed. Taking into account the criteria of 'transparency', "connectivity", 'data availability' and 'generic/specific suitability', the hemeroby approach was selected according to Fehrenbach et al. (2015a; 2021a) and used for specific data collection in milk production systems.

The characterisation model according to Fehrenbach et al. (2021c) had to be further developed for use in the GOBIOM project in order to obtain a reliable representation of the non-natural potential of specific dairy farms by selecting appropriate life cycle inventory data. It was important to take into account that the farm structure includes not only grassland but also arable farming for feed production, and that feed may also be purchased. In the GOBIOM project, a catalogue of criteria with modified measurement parameters was developed for grassland and arable land based on the work of Fehrenbach et al. (2021a). The guiding principle behind the modification was practical feasibility in farms. However, data collection on farms showed that there are also data gaps and that some of the data was not available in the required breakdown. These data requirements are new for many agricultural businesses. Similar difficulties were encountered at the beginning of data collection for life cycle assessments of technical systems. Today, the relevant data is generally available.

The present study has shown that the hemeroby method is fundamentally suitable for the project's research question. The GOBIOM project had to take into account both specifically investigable areas and areas used for the cultivation of externally purchased feed. No specific data collection was possible for the latter, which is why generic (general) data had to be used. Fehrenbach et al. (2021c) provided generic data on hemeroby classes for feed that could be used. This meant that all areas relevant to the GOBIOM project could be included in accordance with the method.

As the evaluation carried out using the hemeroby method shows, the characterisation factor is determined solely by the assignment to a hemeroby class. As a result, the same secondary use is assumed for all areas whose final value lies between the defined limits, regardless of whether the final value lies in the upper or lower range of the hemeroby class. Sensitivity analyses could be useful in this regard. One possibility would be to introduce a further subdivision of the hemeroby classes (e.g. division of each class into two). Another option would be to calculate the characterisation factors for the hemeroby classes using a sliding characterisation factor based on the function defined in Fehrenbach et al. (2021a). However, the latter option would depart from the concept of hemeroby, in which natural areas are classified according to the extent of human intervention. The inevitable uncertainty in quantifying qualities would probably overemphasise small differences.

When interpreting product-related results for the potential for naturalness, a fundamental problem arises in applying the life cycle assessment method to non-technical systems, as the product reference is usually based on mass or volume and product quality can only be defined in a cursory manner. Life cycle assessment was developed as a method for analysing technical systems with a focus on improving the product-related efficiency of consumption and emissions. The aim is to produce the maximum quantity of a product with a technically defined quality using minimal resources and minimal emissions. In this technical efficiency logic, therefore, minimum land use with maximum milk production is to be preferred. In life cycle assessments of the dairy industry, the energy-corrected milk quantity (ECM) is generally used, which is based on the criteria of fat and protein content (see also discussion in Chapter 1.4.1).

However, the basic idea of allocating the secondary benefits of land for biodiversity via the characterisation factors does not compensate for the quality-related and ethical aspects of dairy farming. This fundamental problem is not specific to the hemeroby method. There is a considerable need for research in this area on the topic of 'life cycle assessment of non-technical systems'.

An alternative approach would be to accept the limitation of LCA as an efficiency method for analysing technical systems whose results are independent of qualitative characteristics of ecosystems and human health as well as of the demand for goods. The usefulness of optimising the efficiency of product systems must also be discussed against the backdrop of the growth paradigm in economics. Product-related optimisations are usually counteracted by increased production. The claim that LCA can be used as a comprehensive method with numerical results that guide action towards sustainable development is put to the test in such an approach. Supplementary methods for mapping qualitative influences should be further tested here. There is a great deal of preliminary work on this from the work on environmental labels, which could be followed up if necessary. The concept of utility analysis could also be taken up, in which the life cycle assessment is treated as one criterion among others in the analysis of material and energy flows. In this context, considering the farm-specific potential for naturalness as a characteristic of the raw milk produced on a particular farm, but viewed separately from quantitative production output, could be a useful approach. This would treat the potential for naturalness in the same way as, for example, fat content as a quality characteristic of milk.

1 Hintergrund und Einordnung ins Projekt

Artenreiches Grünland hat eine große Bedeutung für die Biodiversität in Deutschland. Eingebettet in eine strukturreiche Landschaft, ist artenreiches Grünland eine wichtige Grundlage für die Biodiversität von Flora und Fauna insgesamt. Aus verschiedenen Gründen ist es zunehmend bedroht. Ein wichtiger Faktor sind dabei Milchkühe als Verwerter von Grünlandaufwuchs. Sie wirken dabei auf zweierlei Weise: Einerseits erfolgte eine Intensivierung der Grünlandbewirtschaftung, um dem höheren Anspruch an die Futterqualität aufgrund der über die letzten Jahrzehnte erfolgten Leistungssteigerung bei Milchkühen Rechnung zu tragen. Andererseits wurde insbesondere an Grenzertragsstandorten die Milchviehhaltung vielfach aufgegeben und Grünland nicht mehr bewirtschaftet. Mit der Folge, dass gerade potenziell artenreiche Grünlandflächen durch Verbuschung und Verwaldung verloren gingen. Dieser Prozess hält noch weiter an.

Eine gute Grundfutterqualität ist zentral für die Milchproduktion laktierender Milchkühe, diese lässt sich aber auf besonders artenreichem Grünland nicht realisieren. Trotzdem gibt es Ansätze, wie z. B. die abgestufte Grünlandnutzung, mit der über die gesamte Fläche eines Betriebes gedacht, Teilflächen artenreich erhalten werden können, wenn deren Futter durch Jungvieh oder trockenstehende Milchkühe genutzt wird. Tatsächlich ist es unter den derzeitigen Rahmenbedingungen u. a. mit schwankenden und tendenziell niedrigen Milchpreisen sowie hoher Flächenkonkurrenz für Milchviehbetriebe aber schwierig, gleichzeitig biodiversitätsfördernd und rentabel zu sein. Um Biodiversität zu stärken, ist daher eine grundlegende Transformation von Milchproduktionssystemen notwendig, die idealerweise in eine nachhaltige Transformation der Agrar- und Ernährungssysteme eingebettet ist.

Vor diesem Hintergrund adressierte das Projekt GOBIOM „Gestaltungsoptionen für ökonomisch tragfähige biodiversitätsfördernde Milchproduktionssysteme in den Bio-Musterregionen Freiburg und Ravensburg“ insgesamt die Frage, wie sich die Milchproduktion ökonomisch lohnen und gleichzeitig Biodiversität fördern kann. Diese Frage wurde im Projekt aus unterschiedlichen Perspektiven bearbeitet.

Das in diesem Bericht dokumentierte Arbeitspaket 3 konzentrierte sich auf die ‚Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte im Zuge der Ökobilanzierung ausgewählter Milchproduktionssysteme‘. Die beiden Modellregionen bildeten dabei mit der Bio-Musterregion Ravensburg die Perspektive einer Intensiv- bzw. Gunstregion und mit der Bio-Musterregion Freiburg die Perspektive einer eher extensiven, von Nutzungsaufgabe bedrohten Region ab.

Die Ergebnisbroschüre von GOBIOM bietet einen Überblick über das Gesamtprojekt und kann unter folgendem Link heruntergeladen werden:

https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/GOBIOM_Ergebnisbroschuere_2024.pdf

Die Vor- und Hauptphase von GOBIOM, wurden von November 2020 bis Dezember 2024 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Förderrichtlinie „Wertschätzung und Sicherung von Biodiversität in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft“ (BiodiWert) gefördert. GOBIOM ist damit Teil der BMBF-Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt (FEaA).

Fokus der Arbeiten und Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Studie ist eine ökologische Bewertung von Milchproduktionssystemen munter Nutzung der Methode der Ökobilanz. Ein Fokus der Arbeiten in GOBIOM lag dabei auf der Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte im Zuge der Ökobilanzierung ausgewählter Milchproduktionssysteme. Dabei sollen verschiedenen Prozesse- und Verfahren der Milchproduktion anhand betriebsspezifischer Daten bei den GOBIOM-Betrieben in die Betrachtung einbezogen und in Hinblick auf ihre ökologischen Auswirkungen diskutiert werden.

Die Studie orientiert sich an der methodischen Grundlage einer produktbezogenen Ökobilanz, erhebt jedoch nicht den Anspruch in Übereinstimmung mit den Anforderungen der international anerkannten Normen für die Durchführung von Ökobilanzen durchgeführt worden zu sein (vgl. Kapitel 3).

Vor diesem Hintergrund wurden mit dem Arbeitspaket folgende Ziele verfolgt:

1. Erstellung eines vereinfachten Ökobilanz-Modells zur Abbildung von Milchproduktionssystemen. Erhebung betriebsspezifischer Daten auf den an GOBIOM beteiligten Praxisbetrieben, inklusive Testung eines Verfahrens zur möglichst weitgehenden Nutzung bereits vorhandener, von den Betrieben bereits anderweitig bereitgestellter Daten, wie z. B. betriebswirtschaftliche Jahresabschlüsse der Betriebe (vgl. Kapitel 3).
2. Durchführung einer Literaturanalyse zum Stand der wissenschaftlichen Diskussion im Kontext der Integration biodiversitätsrelevanter Aspekte in produktbezogenen Ökobilanzen (vgl. Kapitel 4).
3. Darauf aufbauend folgte die Auswahl einer für die Fragestellung des GOBIOM-Projektes geeigneten, praxistauglichen Methode (Hemerobiemethode), sowie deren Anpassung und Anwendung anhand der im GOBIOM-Projekt erstellten betriebsspezifischen Ökobilanzmodelle. (vgl. Kapitel 5).

Abschließend werden ein zusammenfassendes Fazit und darauf aufbauende Schlussfolgerungen gezogen. Letztlich soll somit ein Beitrag zur andauernden wissenschaftlichen Diskussion zu den derzeit bestehenden Möglichkeiten und Grenzen der Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte im Rahmen des GOBIOM-Projektes geleistet werden.

2 Ökobilanzmodell zur Abschätzung der Umweltauswirkungen ausgewählter Milchproduktionssysteme

2.1 Grundlagen

Die Ökobilanz (engl.: Life Cycle Assessment – LCA) ist eine wissenschaftliche Methode zur Abschätzung der potenziellen Umweltauswirkungen eines Produkts, eines Verfahrens oder einer Dienstleistung. Hinter der Herstellung eines Produkts, der Anwendung eines Verfahrens oder dem Angebot einer Dienstleistung steht ein sogenanntes Produktsystem, welches die Prozesse, Material- und Energieflüsse beschreibt, die für die Produktion benötigt werden. Dieses Produktsystem beinhaltet neben den direkten Inputs der Produktion, den benötigten Maschinen und Gebäuden auch sämtliche Vorkettenprozesse, Transport- und Verwaltungsinfrastruktur und nachgelagerte Prozesse zur Entsorgung und zum eventuellen Recycling. Das Produktsystem wird in der Praxis entlang der Fragestellung angepasster Grenzen abgeschnitten und mithilfe von sogenannten Sachbilanzdaten als ein System aus Prozessen und Flüssen modelliert (sog. Sachbilanz). Die Sachbilanzdaten können aus zweckspezifisch erhobenen Primärdaten oder aus generischen Sekundärdaten aus Hintergrunddatenbanken bestehen. Die Umweltauswirkungen wie z. B. Emissionen und Ressourcenverbrauch des Produktsystems werden im darauffolgenden Schritt der Wirkungsabschätzung quantifiziert und verschiedenen Umweltwirkungskategorien wie ‚Beitrag zum Klimawandel‘ oder ‚Landnutzung‘ zugeordnet. Die Umweltauswirkungen des Produktsystems werden schließlich auf eine funktionelle Einheit normiert. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht also stets die Produktion und Bereitstellung von Gütern und Dienstleistungen.

Mit der Definition einer Systemgrenze wird festgelegt, welche Prozessmodule in der Ökobilanz enthalten sein müssen. In der vorliegenden Studie wurden die Systemgrenzen ‚Cradle-to-Gate‘ gewählt, welche das Produktsystem am Hoftor des Milchviehbetriebs abschneidet, da nur dieser Ausschnitt für den Vergleich unterschiedlich wirtschaftender Betriebe relevant ist. In der vorliegenden Studie wurde als funktionelle Einheit daher die Bereitstellung von einem Kilogramm energiekorrigierter Milch (ECM) am Hoftor gewählt. Diese Systemgrenze beinhaltet laut Thoma et al. (2013) etwa 72 Prozent der potenziellen Umweltwirkungen des gesamten Lebenszyklus von Kuhmilch. Im Gegensatz dazu würde ein vollständiges Produktsystem nach dem sogenannten ‚Cradle-to-Grave-Ansatz‘ (deutsch: Von der Wiege bis ins Grab) auch nachgeschaltete Prozesse und Materialien wie die den Transport zur und Verarbeitung der Milch in Molkereien, die Herstellung und Entsorgung der Verpackung, die Distribution und Lagerung im Einzelhandel und die Einkaufsfahrt der Verbraucher*innen beinhalten.

Auf Basis der natürlichen und agrarstrukturellen Bedingungen haben sich im Laufe der Zeit unterschiedliche Produktionssysteme der Milcherzeugung herausgebildet. Die Bandbreite dieser Produktionssysteme ist groß. Sie unterscheiden sich u. a. in der Wirtschaftsweise (ökologisch, konventionell), den regionalen Produktionsbedingungen (z. B. Höhe der Erträge im Futtermittelanbau, Grünlandanteil), den konkreten betrieblichen Rahmenbedingungen (wie Flächenausstattung, Flächenstruktur, Herdengröße), der technischen Ausstattung (Stallsystem, Melksystem, Art der Wirtschaftsdüngerausbringung etc.), dem Einsatz unterschiedlicher Rassen und den gekoppelten Produktionssystemen (z. B. Kälber- und Jungviehaufzucht, Futterbau bzw. Zusammensetzung und Herkunft der verwendeten Futtergrundlage, sonstiger Marktfruchtanbau) (Antony et al. 2021b; Antony et al. 2021a). Unterschieden werden Milchproduktionssysteme häufig auch in Hinblick auf die Intensität der Tierhaltung. Da die Begriffe

„intensive Tierhaltung“ und „extensive Tierhaltung“ nicht einheitlich definiert sind, werden hier häufig heuristische Überlegungen bezüglich des Produktionsmitteleinsatzes, der Milchleistung, den Tierzahlen und der Besatzdichte auf Weideflächen sowie generell Tierwohlaspekten und direktem und indirektem Flächenbedarf angestellt.

Für die vorliegende Studie wurden Daten auf 16 Milchviehbetrieben aus zwei baden-württembergischen Bio-Musterregionen erhoben; sechs in der Region Ravensburg und zehn in der Region Freiburg. Für elf dieser Betriebe konnte anhand der erhobenen Daten eine Ökobilanz berechnet werden, wobei sieben davon ökologisch und vier konventionell wirtschaften. Für 13 Betriebe lagen ausreichend Daten zur Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte vor, wovon wiederum acht Betriebe ökologisch und fünf Betriebe konventionell wirtschaften (Kapitel 5). Für die Darstellung im Bericht wurden die Betriebe mit fortlaufenden Nummern und dem Zusatz ö (= ökologisch) oder k (= konventionell) pseudonymisiert.

Anhand der steuerlichen Jahresabschlüsse wurden wesentliche betriebliche Daten wie Fläche, Betriebsmitteleinsatz, Tierbestand und Umsatzerlöse erfasst. Ergänzend dazu wurden mithilfe von Fragebögen weitere Daten wie z. B. Informationen zur Futtermittelration erhoben. Im Rahmen von Betriebsbegehungen durch den Projektpartner Grünweg (vgl. Pape 2024) [Teilbericht zu AP2¹](#)) wurden biodiversitätsrelevante Daten erfasst und gemessen, zum Beispiel die Anzahl der Kennarten im Grünland und die Anzahl und Größe der Strukturelemente (Kapitel 5.1.3).

In dieser Forschungsarbeit wird unter dem Begriff „intensiv“ ein Produktionssystem verstanden, das insbesondere durch höhere Milchleistung, höhere Besatzdichte und den damit meist einhergehenden größeren Anteil an (zugekauftem) Milchleistungsfutter charakterisiert ist. Extensive Produktionssysteme sind im Gegensatz dazu durch eine vergleichsweise geringere Milchleistung, reduzierte Besatzdichte und einen größeren Anteil an Futtermitteln aus eigenem (Grünland-)Anbau gekennzeichnet. Die Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest (2009) definiert für extensive Grünlandhaltung eine Besatzdichte von 0,8 bis 1,5 Großvieheinheiten (GVE) pro Hektar. Nach dieser Definition wirtschaften alle bis auf zwei untersuchte Betriebe in der Bio-Musterregion Ravensburg extensiv.

Durch den in jeder Produktökobilanz immanenten Bezug auf eine funktionelle Einheit entsteht eine Intensivierungslogik: Je mehr Output ein Produktsystem bei gleichbleibendem Produktionsmitteleinsatz generiert, desto geringer werden die relativen Umweltauswirkungen pro funktioneller Einheit. In der industriellen Nutztierhaltung führen effizienzbedingte Skaleneffekte in der Regel dazu, dass auch bei einer Steigerung der eingesetzten Produktionsmittel die relativen Umweltauswirkungen der funktionellen Einheit sinken. Am Beispiel der Treibhausgasemissionen aus der Milchproduktion heißt das, dass intensive Produktionssysteme oftmals effizienter sind und innerhalb gewisser Bandbreiten geringere Treibhausgasemissionen pro Kilogramm Milch aufweisen können. Nimmt man die durchschnittliche Jahresmilchleistung pro Milchkuh als Maß für die Intensität der Bewirtschaftung, so sinkt meist das Treibhausgaspotenzial pro Kilogramm Milch mit steigender Milchleistung. Dieser Effekt ist in der Literatur gut dokumentiert und wurde unter anderem von Antony et al. (2021a) anhand modellhafter Beispielbetriebe beschrieben und von der LfL Bayern (2022) in einer Studie zum CO₂-Fußabdruck

¹ Vgl. Pape, Tobias (2024): GOBIOM Teilbericht zu AP2: Beratung von milchviehhaltenden Betrieben bei der Umsetzung von Biodiversitätsmaßnahmen und deren Monitoring; online verfügbar unter: https://gruenweg.net/portfolio-details/projekt-GOBIOM.html?file=files/cto_layout/img/downloads/GOBIOM_Schlussbericht_AP2_final.pdf, zuletzt abgerufen am 30.04.2025.

von Milch und Rindfleisch in Bayern anhand von 125 Betrieben empirisch nachgewiesen (Abbildung 3-1).

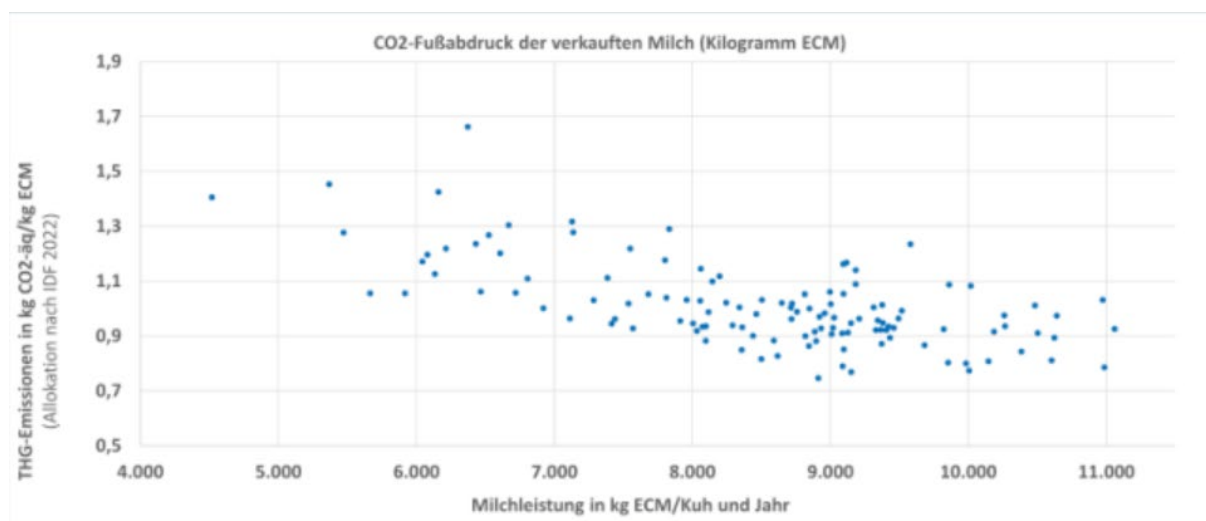
Neben dem klaren Trend hin zur Treibhausgas-effizienz durch Intensivierung, ist in Abbildung 3-1 jedoch auch eine relevante Streubreite zu sehen. Beispielsweise findet sich unter der Marke von 0,9 kg CO₂-Äq pro kg ECM neben Milch von Hochleistungsmilchkühen mit 10000-11000 kg Milchleistung pro Jahr auch Milch von Kühen mit 8000-9000 kg ECM pro Jahr. Gleichzeitig liegt die Spanne für Milchleistungen von 6000-7000 kg pro Kuh und Jahr zwischen 1 und 1,7 kg CO₂-Äq. pro kg ECM. Das bedeutet, dass mit einer Intensivierung nicht zwangsläufig immer eine bessere Klimabilanz einhergehen muss.

Die funktionelle Einheit einer Ökobilanz bezieht sich in der Regel auf den Hauptnutzen des Produktsystems; hier also auf die Produktion von Milch. Folgt man der Prämisse in GOBIOM, dass Milchviehbetriebe bei entsprechender Bewirtschaftung ihrer Flächen gleichzeitig wichtige Beiträge zur Förderung von Biodiversität leisten können, so ergeben sich weitere mögliche Nutzenfunktionen, wie z. B. die Erhaltung und Pflege eines Hektars artenreichen Grünlands über einen bestimmten Betrachtungszeitraum hinweg. Werden die Ergebnisse der Ökobilanz auf eine entsprechende funktionelle Einheit bezogen, würde der bislang in der Ökobilanz kaum berücksichtigten Landschaftspflegeaspekt von extensiver Milchproduktion zum Hauptnutzen erhoben. Antony et al. (2021a) beziehen die Ökobilanzergebnisse verschiedener Betriebsmodelle sowohl auf massenbasierte und ökonomische funktionelle Einheiten „kg ECM“ und „Euro marktfähiges Produkt“, als auch auf die flächenbezogene funktionelle Einheit „pro Hektar in Anspruch genommene landwirtschaftliche Fläche“. Im Gegensatz zur massenbezogenen funktionellen Einheit betonen die ökonomische und flächenbezogene funktionelle Einheit die Umweltvorteile weniger intensiv wirtschaftender Betriebe (Antony et al. 2021a).

Für die im GOBIOM-Projekt erhobenen betriebsspezifischen Ökobilanzdaten wurde ausgewertet, wie sich die Ergebnisse in Abhängigkeit der Wahl der funktionellen Einheit ändern. Grundsätzlich ist jede Festlegung einer funktionellen Einheit in einer Ökobilanz argumentativ zu unterlegen. Gemäß den Vorgaben in DIN EN ISO 14040 stellt sie den „quantifizierter Nutzen eines Produktsystems für die Verwendung als Vergleichseinheit“ dar. Der Nutzen für die auf den Milchoutput bezogene funktionelle Einheit der „Bereitstellung von einem Kilogramm ECM ab dem Hoftor“ ist eindeutig belegt – der Nutzen des Produktionssystems besteht hier darin, Rohmilch zu produzieren. Diese Festlegung führt dazu, dass im Sinne einer möglichst hohen Produktionseffizienz intensiver geführte Produktionssysteme tendenziell im Vorteil sind, weil eben der Milchertrag, auf den die Ergebnisse bezogen werden, in diesen Systemen größer ist. Gegenstand der Untersuchung in GOBIOM sind jedoch Milchviehbetriebe, die nicht oder nicht allein auf einen maximalen Milchertrag optimiert sind und denen gerade deshalb ein besonderes Potenzial zum Erhalt artenreichen Grünlands zugeschrieben wird. Die im Rahmen des GOBIOM-Projektes genutzte flächenbezogene funktionelle Einheit erhebt einen zuvor nicht in der Ökobilanz berücksichtigen Nebennutzen gedanklich zum Hauptnutzen. Dies ist eine artifizielle Festlegung, die darauf abzielt, die vorhandenen Nebennutzenfunktionen extensiver geführter Produktionssysteme im Rahmen der erstellten Ökobilanzen abzubilden. Gedanklich wird hier also ein Wechsel von einer produktbezogenen funktionellen Einheit zu einer (Ökosystem-)Dienstleistung als funktioneller Einheit vollzogen. Ein daraus resultierendes Problem ergibt sich aus der notwendigen Definition was den „Erhalt artenreichen Grünlands“ konkret bedeutet. Im Rahmen des GOBIOM-Projektes war es nicht möglich, hierzu notwendige definitorische Festlegungen und die zur Begründung notwendigen Daten zu erheben. Der Bezug in GOBIOM ist allein auf die landwirtschaftliche Fläche bezogen, ohne dass dabei definiert würde, wie artenreich z. B. das bewirtschaftete Grünland ist. Ziel des gewählten Vorgehens ist

es, eine zusätzliche Perspektive auf das Produktionssystem zu ermöglichen und explizit nicht, den Hauptnutzen der Produktion von Milch in der Milchviehhaltung in Frage zu stellen.

Abbildung 3-1: Treibhausgaspotenzial pro kg energiekorrigierter Milch in Abhängigkeit der Milchleistung. Abbildung und Ergebnisse entnommen aus LfL Bayern (2022)



Quelle: LfL Bayern (2022)

Aufbauend auf Antony et al. (2021a) wurde ein Ökobilanzmodell erstellt und mit den Daten der kooperierenden Betriebe gerechnet. Während Antony et al. (2021a) beispielhafte Betriebsmodelle je nach Wirtschaftsweise (ökologisch / konventionell, mit Weidegang / ohne Weidegang) definieren, wird im vorliegenden Forschungsprojekt auf diese Kategorien, außer beim Zukauf Futtermittel, verzichtet und die Ökobilanz unmittelbar anhand der steuerlichen Jahresabschlüsse real existierender Betriebe und auf Basis ergänzender betriebsspezifischer Fragebögen berechnet.

Ziel des Modells war es, eine hinreichend genaue und hofspezifisch flexible Ökobilanz mit gleichzeitig vertretbarem Aufwand bei der Datenerhebung zu berechnen. Hierbei wurde sich an bereits vorhandenen Modellen und Leitfäden (Arbeitsgruppe BEK 2021; Haenel et al. 2018; IPCC 2006; PEFCR Dairy 2018; Antony et al. 2021a) orientiert und diese bedarfsgerecht auf das Ziel und die Datenverfügbarkeit angepasst. Die Ökobilanzergebnisse werden hinsichtlich ihrer Klimabilanz mit der Flächenbelegung und spezifisch erhobenen biodiversitätsrelevanten Daten verglichen, um mögliche Zielkonflikte zu identifizieren und zu diskutieren.

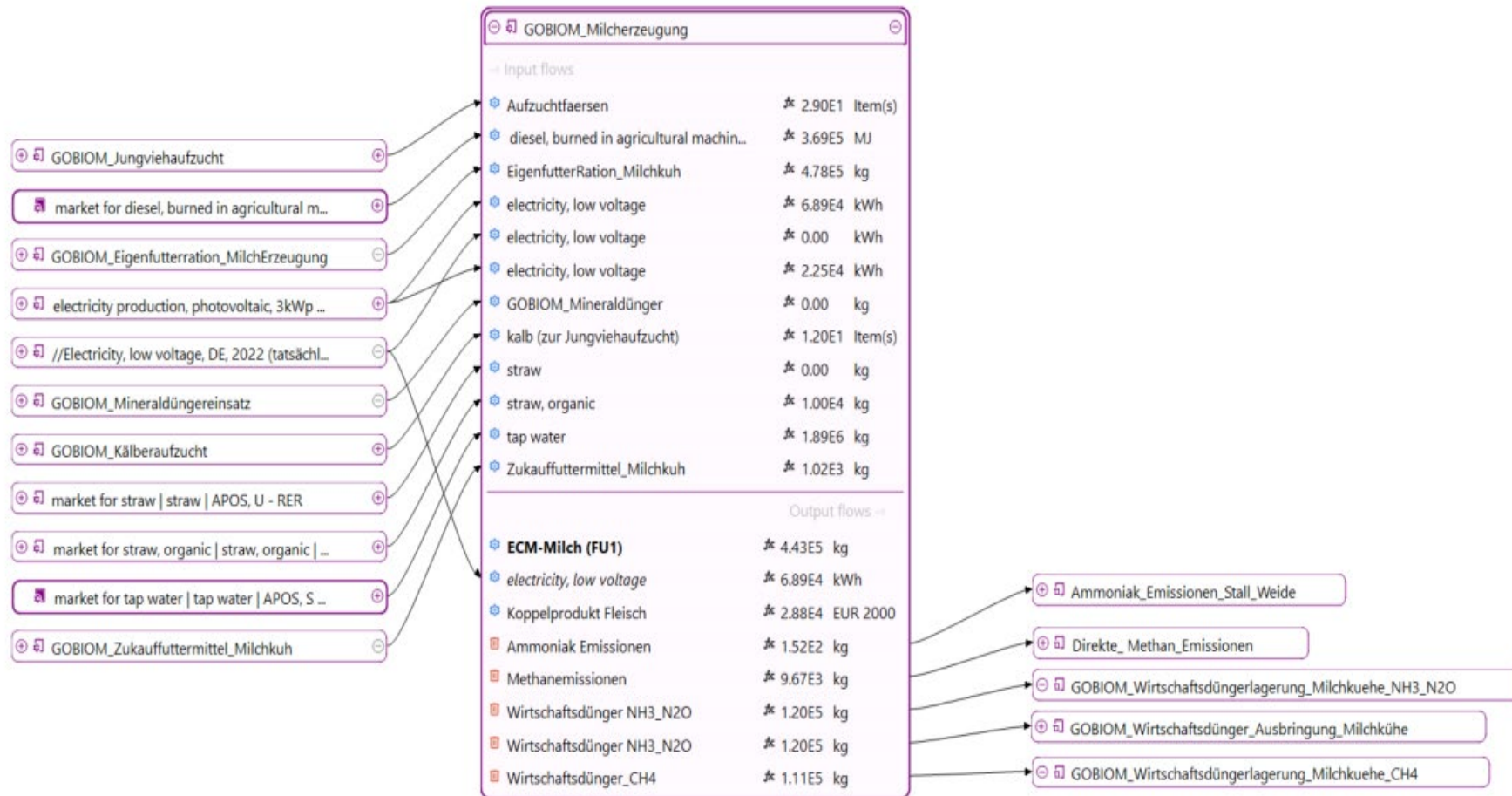
In der obigen Überlegung zu Extensivierung, Landschaftspflege und Effizienz sind Aspekte des Tierwohls nicht berücksichtigt. Diese gewinnen in der öffentlichen Wahrnehmung zunehmend an Bedeutung (z. B. Alonso et al. 2020; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2022) und werden laut einer Umfrage von Ammann et al. (2024) von Verbraucher*innen als relevanter angesehen als andere Nachhaltigkeitsdimensionen. Experimente in einer simulierten Einkaufsumgebung (Bach et al. 2024) legen jedoch nahe, dass Tierwohllabels trotz der hohen zugemessenen Bedeutung das Verbraucherverhalten nicht stark beeinflussen. Aspekte des Tierwohls und Konsumverhaltens sind kein expliziter Untersuchungsgegenstand im GOBIOM-Projekt, werden jedoch in der Diskussion aufgegriffen.

2.2 Modellstruktur und Annahmen

Als wesentliche Berechnungsgrundlagen der Emissionen aus der Milchviehhaltung dienen die Richtlinien zur Berechnung von Emissionen aus der Nutztierhaltung und dem Wirtschaftsdüngermanagement aus IPCC (2006) Kapitel 10 und der KTBL-Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (Arbeitsgruppe BEK 2021).

Die errechneten Emissionen aus der Tierhaltung wurden zusammen mit den eingesetzten Betriebsmitteln und der Produktion der Futtermittel innerhalb der OpenSource Software OpenLCA 2.2.0 (<https://www.openlca.org/>) mit Ökobilanzdatensätzen aus Ecoinvent 3.9.1 im APOS-Systemmodell zu einem Produktsystem verknüpft, das die Produktion eines Kilogramms ECM auf dem jeweiligen Milchviehbetrieb abbilden soll (Abbildung 3-2).

Abbildung 3-2: Übersicht des Produktsystems in OpenLCA 2.2.0.



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut e.V.

Die Systemgrenzen wurden gemäß dem Cradle-to-Gate-Ansatz gewählt, was die möglichst vollständige Vorkette der Milchproduktion sowie die Emissionen auf dem Betrieb selbst beinhaltet, nicht jedoch die Emissionen aus der Distribution und ggf. Weiterverarbeitung von Milch und Molkereiprodukten.

Zunächst wurde der Energiebedarf der Tiere für den Erhalt des Stoffwechsels und die darüber hinausgehende Milchproduktion abgeschätzt. Hierbei wurden Informationen über die Milchviehrasse, die Zusammensetzung und Größe des Tierbestands, die durchschnittliche Milchleistung, den Fettgehalt der gelieferten Milch und der aus der Futterration abgeleiteten Verdaulichkeit des Futtermittels berücksichtigt (Kapitel 3.2.1).

Aus dem Energiebedarf der Tiere, den Abfragen über zugekauft (Kraft-)Futter und Angaben über die prozentuale Zusammensetzung der Grundfutterration wurde in einem weiteren Schritt zunächst der Trockenmassebedarf an Futtermittel abgeleitet (Kapitel 3.2.2). Dieser wiederum wurde bei der Berechnung der Gesamtverdaulichkeit des Futtermittels (vgl. Kapitel 3.2.1) sowie der weiteren Berechnung bezüglich der Ausscheidungen der Tiere herangezogen (Kapitel 3.2.3). Anhand der Informationen zur Verdauung und den Ausscheidungen wurden letztlich die direkten Emissionen der Tierhaltung mithilfe des Berechnungsstandards für einzelbetriebliche Klimabilanzen (Arbeitsgruppe BEK 2021) geschätzt (Kapitel 3.2.4).

Zusätzlich wurden die aus den steuerlichen Jahresabschlüssen und Fragebögen ermittelten Mengen an Betriebsmitteln wie Diesel, Strom, Einstreu, Tränkwasser und ggf. Mineraldünger inklusive ihrer Vorketten mithilfe von Ökobilanzdatensätzen modelliert (Kapitel 3.2.5) und die potenziellen Umweltauswirkungen des Produktsystems quantifiziert (Kapitel 3.2.7).

Zur Allokation der Umweltauswirkungen zwischen den Koppelprodukten Milch und Fleisch wurde eine stark vereinfachte Methodik anhand der Umsätze beider Produkte gewählt (Kapitel 3.2.6).

Wie aus Abbildung 3-2 hervorgeht, ist der Prozess GOBIOM_Milcherzeugung von zentraler Bedeutung für das Modell. Er beinhaltet sämtliche Betriebsmittel. Die Futterrationen der Jungtiere sind in den jeweiligen Prozessen GOBIOM_Jungviehaufzucht und GOBIOM_Kälberaufzucht (hier nicht dargestellt) enthalten. Emissionen werden aus Gründen der Darstellung in der Ergebnisauswertung als Outputströme in eigenen Prozessen gebündelt. Je nach Wirtschaftsweise (ökologisch / konventionell) wurden unterschiedliche Datensätze für Zukauf Futtermittel und Stroh als Einstreumaterial verwendet. Die funktionelle Einheit ist hier die jährliche Gesamtproduktion an Milch, sodass zunächst die gesamtbetriebliche Ökobilanz berechnet und erst im letzten Schritt auf die Funktionelle Einheit von einem Kilogramm ECM heruntergerechnet wird.

2.2.1 Berechnung des Energiebedarfs des Tierbestands

Die Zusammensetzung des Tierbestandes wurde anhand der Jahresabschlüsse und der Angaben in den ergänzenden Fragebögen ermittelt. Die für die Berechnung des Bruttoenergiebedarfs (Gleichung 10.16) benötigten Durchschnittsgewichte verschiedener Milchviehassen sowie die zur Berechnung der Stickstoffausscheidungen (Abschnitt 3.2.3) sind in Tabelle 3-1 dargestellt.

Vereinfachend wurde davon ausgegangen, dass Milchkühe nicht mehr wachsen. Per Definition sind auch Färsen nach der ersten Kalbung bereits Milchkühe, die jedoch in der Regel noch nicht ausgewachsen sind. Das Modell unterscheidet nicht zwischen Jungkühen, Altkühen,

Milchkühen und Mutterkühen und trennt auch nicht scharf zwischen Färsen und Fressern. Vielmehr wird der Bestand unterteilt in Kälber (bis inklusive dem 6. Lebensmonat), Jungrinder (ab dem 7. Lebensmonat) und (Milch-)kühe (ab der ersten Kalbung). Einzelne Mast- oder Zuchtbullen wurden vernachlässigt, da diese zwar einen hohen individuellen Energiebedarf haben, jedoch gegenüber des um ein Vielfaches größeren Milchkuhbestandes nicht ins Gewicht fallen.

Für Jungrinder und Kälber wurden Durchschnittsgewichte nach 15 bzw. drei Monaten aus der Literatur verwendet (KTBL 2022). Sofern von den Betrieben nicht anders angegeben, wurde angenommen, dass männliche Kälber nach vier Wochen an Mastbetriebe verkauft werden. In der Berechnung des Milchbedarfs zur Kälberfütterung wurde berücksichtigt, falls die Aufzucht mit Vollmilch und nicht mit Milchaustauscher erfolgt. In der Energiebedarfs- und Emissionsberechnung wurden männliche Kälber hingegen vernachlässigt.

Tabelle 3-1: Angenommene Tiergewichte und Wachstumsraten in Kilogramm

Milchviehrasse	Durchschnittsgewicht			Durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme innerhalb Viehkategorie			Zwischenkalbezeit in Tagen ¹
	Milchkuh ¹	Jungrind (nach 15 Monaten) ²	Kalb (nach 3 Monaten) ²	Milchkuh	Jungrind	Kalb	Milchkuh ¹
Fleckvieh	725	449	120	0	0.85	1.1	393
Braunvieh	675	449	120	0	0.85	1.1	420
Gelbvieh	725	449	120	0	0.85	1.1	413
Schwarzbunt/Rotbunt	675	444	115	0	0.85	1.1	417
Brown Swisse	700	447	118	0	0.85	1.1	305
Vorderwälder	550	351	93	0	0.7	0.9	387

¹aus (Hofmann und Frank 2024); ²aus KTBL (2022)

Der Bruttoenergiebedarf der Tiere wurde mithilfe der Formeln 10.3 bis 10.16 aus IPCC (2006) für Milchkühe, Jungtiere und Kälber separat berechnet:

Formel 10.16

Bruttoenergie für Rinder/Büffel und Schafe

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{Arbeit} + NE_p}{REM} \right) + \left(\frac{NE_g + NE_{Wolle}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

Mit:

GE = Bruttoenergiebedarf [MJ/Tier und Tag]

NE_m = Erhaltungsenergiebedarf (vgl. Gleichung 10.3), [MJ/Tag]

NE_a = Energiebedarf für Aktivität (vgl. Gleichung 10.4), [MJ/Tag]

NE_l = Laktationsenergiebedarf (vgl. Gleichung 10.8), [MJ/Tag]

NE_{Arbeit} = Energiebedarf für Arbeit (nur relevant bei Zug-, Trag-, Pack- oder Lasttieren), [MJ/Tag]

NE_p = Energiebedarf für Trächtigkeit (vgl. Gleichung 10.13), [MJ/Tag]

REM = Verhältnis von verfügbarer Erhaltungsenergie zur aufgenommenen, verdaulichen Energie (vgl. Gleichung 10.14)

NE_g = Wachstumsenergiebedarf (vgl. Gleichung 10.6), [MJ/Tag]

NE_{Wolle} = Energiebedarf zur Wolleproduktion (bei Milchkühen nicht relevant), [MJ/Tag]

REG = Verhältnis von verfügbarer Wachstumsenergie zur aufgenommenen, verdaulichen Energie (vgl. Gleichung 10.15)

$DE\%$ = Verdauliche Energie, als Anteil der Bruttoenergie

Formel 10.3

Nettoenergie für Erhaltung

$$NE_m = Cf_i \cdot (\text{Gewicht})^{0.75}$$

Mit:

NE_m = Erhaltungsenergiebedarf [MJ/Tag]

Cf_i = Koeffizient für verschiedene Tierkategorien i [MJ/(Tag*kg)]

Gewicht = Lebendgewicht des Tieres [kg]

Der Koeffizient Cf_i wurde gemäß Tabelle 10.4 aus IPCC (2006) für Milchkühe mit 0,386 angenommen und für Jungvieh mit 0.322. Der Koeffizient Cf_i wurde gemäß Tabelle 10.4 aus IPCC (2006) für Milchkühe mit 0,386 angenommen und für Jungvieh mit 0.322.

Formel 10.4
Nettoenergie für Aktivität (bei Rindern und Büffeln)

$$NE_a = C_a \cdot NE_m$$

Mit:

NE_a = Energiebedarf für Aktivität [MJ/Tag]

C_a = Fütterungskoeffizient

NE_m = Erhaltungsenergiebedarf (vgl. Gleichung 10.3), [MJ/Tag]

Der Fütterungskoeffizient C_a wurde gemäß Tabelle 10.5 aus IPCC (2006) für alle Höfe mit dem Wert von 0.17 für Weidehaltung angenommen. Andere mögliche Koeffizienten wären 0 für Stallhaltung und 0.36 für große oder hügelige Weidegebiete. Da auf den meisten Höfen sowohl Stall als auch Weidehaltung stattfindet und keine hofspezifischen Informationen über die Topografie vorliegen, wurde im Mittel ein Wert von 0.17 für robust erachtet.

Formel 10.6
Nettoenergie für Wachstum (bei Rindern und Büffeln)

$$NE_g = 22.02 \cdot \left(\frac{BW}{C \cdot MW} \right)^{0.75} \cdot WG^{1.097}$$

Mit:

NE_g = Wachstumsenergiebedarf, [MJ/Tag]

BW = durchschnittliches Lebendgewicht der Tiere im Bestand, [kg]

C = Koeffizient (0,8 für weibliche Tiere, 1,0 für kastrierte männliche Kälber und 1,2 für Bullenkälber (NRC 1996))

MW = Körpergewicht adulter Tiere in normaler körperlicher Verfassung [kg]

WG = durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme der Tiere im Bestand, [kg/Tag]

Das durchschnittliche Lebendgewicht BW wurde anhand der dominierenden Milchviehrasse anhand Tabelle 3-1 geschätzt und für Milchkühe mit MW gleichgesetzt. Die mittlere Gewichtszunahme WG wurde für Milchkühe mit 0 angenommen und für Jungtiere gemäß Tabelle 3-1.

Formel 10.8
Nettoenergie für Laktation (bei Fleischrindern, Milchkühen und Büffeln)

$$NE_l = \text{Milch} \cdot (1.47 + 0.40 \cdot \text{Fett})$$

Mit:

NE_l = Laktationsenergiebedarf, [MJ/Tag]

Milk = Täglich produzierte Milchmenge [kg/Tag]

Fat = Fettgehalt der Milch, [%] nach Gewicht

Die für die Laktation benötigte Energie wurde anhand der um den geschätzten Milchbedarf für die Kälberfütterung korrigierten durchschnittlichen Milchleistung (vgl. Abschnitt 3.2.2) und des aus der Milchleistungsprüfung ermittelten Fettgehalts berechnet.

Formel 10.13
Nettoenergie für Trächtigkeit (bei Rindern/Büffeln und Schafen)

$$NE_p = C_{\text{Trächtigkeit}} \cdot NE_m$$

Mit:

NE_p = Energiebedarf für Trächtigkeit, [MJ/Tag]

$C_{\text{pregnancy}}$ = Trächtigkeitskoeffizient

NE_m = Erhaltungsenergiebedarf (vgl. Gleichung 10.3), [MJ/Tag]

Der Trächtigkeitskoeffizient $C_{\text{pregnancy}}$ wurde gemäß Tabelle 10,7 aus IPCC (2006) für Milchvieh mit 0,1 angenommen. Der Trächtigkeitskoeffizient $C_{\text{pregnancy}}$ wurde gemäß Tabelle 10.7 aus IPCC (2006) für Milchvieh mit 0,1 angenommen.

Formel 10.14
Verhältnis von verfügbarer Erhaltungsenergie zur aufgenommenen, verdaulichen Energie

$$REM = \left[1.123 - (4.092 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1.126 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - \left(\frac{25.4}{DE\%} \right) \right]$$

REM = Verhältnis von verfügbarer Erhaltungsenergie zur aufgenommenen, verdaulichen Energie

$DE\%$ = Verdauliche Energie, als Anteil der Bruttoenergie

Formel 10.15
Verhältnis von verfügbarer Wachstumsenergie zur aufgenommenen, verdaulichen Energie

$$REG = \left[1.164 - (5.160 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1.308 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - \left(\frac{37.4}{DE\%} \right) \right]$$

Mit:

REG = Verhältnis von verfügbarer Wachstumsenergie zur aufgenommenen, verdaulichen Energie

$DE\%$ = Verdauliche Energie, als Anteil der Bruttoenergie

2.2.2 Berechnung der Futtermittelration

Die Zusammensetzung der Futtermittelration wurde anhand der Fragebögen getrennt nach Grundfuttermittelration im Sommer und Winter sowie der Kraftfuttermittelration über das Jahr gemittelt abgefragt. Da Kraftfutter meist zu wesentlichen Anteilen zugekauft wird, sind die absoluten Mengen in der Regel bekannt. Anders verhält es sich beim Grundfutter, welches größtenteils auf eigenen Flächen angebaut wird und in den Bio-Musterregionen Freiburg und Ravensburg zu großen Teilen aus Grünlandaufwuchs wie Frischgras, Heu und Grassilage besteht. Die absoluten Mengen des Futters aus Eigenanbau sind meist nicht genau bekannt, weshalb die Rationsbestandteile in relativen Verhältnissen zueinander abgefragt wurden. Vereinfachend wurde die Grundfuttermittelration für Milchkühe und Jungtiere als gleich angenommen, da in der Regel keine detaillierten Informationen zu den Rationen einzelner Viehkategorien vorlagen. Die Verdaulichkeit DE% der Rationsbestandteile wurde mithilfe von Literaturwerten aus Hülshagen und Rahmann (2013) ermittelt. Für einzelne Zukauffuttermittel, für die keine Verdaulichkeitswerte in der Literatur gefunden werden konnten, wurde ein Wert von 80 % geschätzt - unter der Annahme, dass diese ähnlich verdaulich wie Frischgras sind (vgl. Tabelle 3-5).

Der Energie- und Nährstoffgehalt der Futtermittel wurde mithilfe von Literaturwerten (Hülshagen und Rahmann 2013; LfL Bayern 2018; LEL/LAZBW 2022) und Mittelwerten der Futtermittelanalysen von LUFA Nord-West (2023) näherungsweise ermittelt (vgl. Tabelle 3-5). Zunächst wurde der Energiebedarf der Zukauffuttermittel vom Bruttoenergiebedarf abgezogen. Aus dem Differenzbetrag und den prozentualen Anteilen der Grundfuttermittelration aus eigenem Anbau wurde schließlich auf die jeweils verfütterte Trockenmasse einzelner Futtermittel zurückgerechnet. Diese wurde mithilfe der durchschnittlichen Hektarerträge aus LEL/LAZBW (2022) und der Angaben über die vorhandenen Grün- und Ackerlandflächen auf den Betrieben grob plausibilisiert.

Der Milchbedarf der Kälber wurde mithilfe der Gruber Tabelle zur Kälberfütterung (LfL Bayern 2018) berechnet, unter der Annahme, dass weibliche Kälber 13 Wochen lang Vollmilch erhalten – insgesamt 350 kg – und männliche Kälber nach vier Wochen verkauft werden und bis dahin 200 kg Vollmilch erhalten. Der Milchbedarf der Kälber wurde anhand des abgefragten Jungtierbestands auf den Betrieb hochgerechnet und bei der Berechnung des Bruttoenergiebedarfs auf die produzierte Milchmenge aufgeschlagen, sofern im Fragebogen nicht angegeben wurde, dass dieser bereits enthalten ist.

Die Grundfuttermittelration wurde mithilfe der geschätzten Trockenmasse ihrer Einzelbestandteile in das Ökobilanzmodell aufgenommen. Für die Modellierung von Futtermitteln aus eigenem Anbau wurden Betriebsmittel wie zum Beispiel Diesel und Düngemittel aus den Originaldatensätzen gelöscht, da diese aus den Jahresabschlüssen ermittelt und separat bilanziert wurden. Die in den Datensätzen angegebenen Hektarerträge wurden mit den Angaben in LEL/LAZBW (2022) abgeglichen. Je nach Verfügbarkeit und je nachdem, welcher Ökobilanz-Datensatz dem tatsächlichen Produktionssystem ertragsmäßig am nächsten kam, wurden Datensätze für ökologische, konventionelle oder integrierte Produktion (Schweiz) als Ausgangspunkt gewählt. Frischgras von eigenen Weideflächen wurde als einziges Futtermittel ohne Vorkettenemissionen bilanziert, da dieses weder transportiert noch weiterverarbeitet werden muss.

Tabelle 3-2: Modellierungsgrundlage der Futtermittelproduktion auf betriebseigenen Flächen

Rationsbestandteil	Originaldatensatz aus Ecoinvent v3.9.1	Hektarertrag bezogen auf die Trockenmasse [kg/ha]
Grassilage	grass silage production, organic grass silage, organic APOS, U - CH	8.100
Maissilage	maize silage production, organic maize silage, organic APOS, U	49.166
Heu	hay production, Swiss integrated production, extensive hay, Swiss integrated production, extensive APOS, U	2.702
Frischgras (Weide)	Keine Modellierung	
Grascobs	hay production, Swiss integrated production, extensive hay, Swiss integrated production, extensive APOS, U	2.702

Je nach Betrieb werden unterschiedliche Krafftuttermischungen eingesetzt. Diese werden in der Regel zugekauft, zum Teil jedoch auch auf eigenen Flächen angebaut. Die Zusammensetzung des Krafftutters aus eigenem Anbau wurde anhand der Fragebögen abgefragt und entsprechend modelliert. Die Zusammensetzung des Zukauffuttermittels war jedoch nicht in jedem Fall bekannt bzw. wurde im Fragebogen nicht angegeben. Daher wurde für konventionell und ökologisch wirtschaftende Betriebe jeweils eine generische Krafftuttermischung in Form von Milchleistungsfutter mit 18 Prozent Rohprotein aus Antony et al. (2021a) angenommen (Tabelle 3-4 und Tabelle 3-5).

Tabelle 3-3: Modellierung der generischen Krafftuttermischung für konventionell wirtschaftende Betriebe und Datensätze aus Ecoinvent nach Antony et al. (2021a)

Futtermittelbestandteil	Prozentualer Anteil an Mischung	Ecoinvent Datensatz v3.9.1 (2022)
Gerste	17.5	barley production barley grain APOS, S - DE
Weizen	20	wheat production wheat grain APOS, S - DE
Melasse	15	molasses, from sugar beet, to generic market for energy feed energy feed, gross APOS, S - GLO
Körnermais	20	maize grain, feed production, Swiss integrated production maize grain, feed, Swiss integrated production APOS, S - CH
Rapsextraktionsschrot	10	rape oil mill operation rape meal APOS, S - Europe without Switzerland
Sojaextraktionsschrot	15	market for soybean, feed soybean, feed APOS, S - GLO
Mineralfutter (20 % Ca, 2 %P, 5 % Na)	2.5	Eigene Modellierung nach Antony et al. (2021a)

Tabelle 3-4: Modellierung der generischen Kraffuttermischung für ökologisch wirtschaftende Betriebe und Datensätze aus Ecoinvent v3.9.1 nach Antony et al. (2021a)

Futtermittelbestandteil	Prozentualer Anteil an Mischung	Ecoinvent Datensatz
Erbsen	30	protein pea production, organic protein pea, organic APOS, S - CH
Rapskuchen	20	rape seed production, organic rape seed, organic APOS, S - CH
Rotklee-, Kleegraskobs	5	clover seed production, Swiss integrated production, at farm clover seed, Swiss integrated production, at farm APOS, S - CH
Weizen, Futterweizen	45	wheat grain, feed production, organic wheat grain, feed, organic APOS, S - CH

Die unterschiedlichen Kraffuttermischungen dienten der möglichst realitätsnahen Modellierung der Futtermittelproduktion mithilfe von Ökobilanzdatensätzen. Vereinfachend wurde jedoch davon ausgegangen, dass beide Futtermischungen in etwa denselben Energie- und Nährstoffgehalt haben. Die Energie- und Nährstoffgehalte der Grund- und Kraffuttermischung aus eigenem Anbau wurde wie in Abschnitt 3.2.2 beschrieben mithilfe von Literaturwerten geschätzt (Tabelle 3-5) und gingen in die Berechnung der Verdaulichkeit und der Ausscheidungen mit ein (vgl. Abschnitt 3.2.2 und 3.2.3).

Tabelle 3-5: Energie- und Nährstoffgehalte der im Modell verwendeten Futtermittel

Futtermittel	Energiegehalt NEL [MJ/kg TM]	Energiegehalt ME [MJ/kg TM]	Trockenmasse [%]	Rohproteingehalt [% TM]	Rohaschegehalt [g/kg]	Verdaulichkeit [%]
Grassilage	6	10.4	38.1	14.4	103	75
Maissilage	6.4	11	36.7	7.4	39	73
Heu	5.2	9.7	87.1	7.5	63	68
Frischgras	6.2	11.1	24.7	14.9	74	80
Grascobs	6.2	10.3	89	17.6	115	81
Roggen	7.5	11.7	86.7	7.6	19	80 ¹
Milchleistungsfutter (konventionell und ökologisch)	6.7	11.7	88	18	52	86
Körnermais	6.5	10.8	36.8	10.2	44	80 ¹
Gerste	7.1	11.2	87.1	8.6	24	80 ¹

¹geschätzte Werte

2.2.3 Berechnung der Stickstoff Ausscheidungen

Die absolute Stickstoffmenge und der darin enthaltene Anteil an Ammonium Stickstoff (TAN) in den Ausscheidungen der Tiere dient als Ausgangsgröße für die Abschätzung der daraus entstehenden Emissionen. Sie wurden für Milchkühe anhand des GAS-EM Modells des Thünen Instituts (Haenel et al. 2018, Kapitel 4.3.8.), der Informationen zum Rohproteingehalt des Futtermittels (vgl. Tabelle 3-5), zum Tiergewicht und der Zwischenkalbezeit (vgl. Tabelle 3-1) sowie der durchschnittlichen Jahresmilchleistung und dem Proteingehalt der Milch berechnet.

Der relative Stickstoffgehalt des Wirtschaftsdüngers wurde je nach Angaben zum Wirtschaftsdüngermanagementsystem der datenliefernden Betriebe anhand der Tabellenwerte für Gülle und Festmist der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (LKSH 2024) geschätzt und beträgt für Gülle 3,5 kg pro Tonne Frischmasse und für Mist 5 kg pro Tonne Frischmasse.

2.2.4 Berechnung der Emissionen aus der Tierhaltung

2.2.4.1 Methanemissionen aus enterischer Fermentation

Die Methanemissionen aus der enterischen Fermentation im Pansen der Tiere wurde direkt anhand des geschätzten Bruttoenergiebedarfs nach IPCC (2006) berechnet:

Formel 10.21

CH₄ Emissionsfaktoren für die enterische Fermentation aus einer Viehbestandskategorie

$$EF = \left[\frac{GE \cdot \left(\frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55.65} \right]$$

Mit:

EF = Emissionsfaktor [kg CH₄/Tier und Jahr]

GE = Bruttoenergiebedarf [MJ/Tier und Tag]

Y_m = Methanumwandlungsfaktor, Prozent der in der Futterration enthaltenen Energie die in Methan umgewandelt wird

Der Faktor 55.65 (MJ/kg CH₄) ist der Energiegehalt von Methan. Für den Methanumwandlungsfaktor Y_m wurde der generische Wert von 6,5 % aus IPCC (2006, Tabelle 10.12) angenommen.

2.2.4.2 Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

Die Emissionen aus den Ausscheidungen der Tiere wurden für Milchvieh und Jungtiere getrennt nach der im Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen vorgeschlagenen Methodik berechnet (Arbeitsgruppe BEK 2021). Hierfür wurden mithilfe der jährlichen Stickstoffausscheidungen (Kapitel 3.2.3), des angenommenen Stickstoffgehalts des Wirtschaftsdüngers und des nach Antony et al. (2021a) angenommenen generischen Trockenmassegehalts von 12,5 % (~20 % für Tretmistsysteme) auf die jährlich ausgeschiedene Menge an organischer Trockenmasse hochgerechnet. Diese wurde zur Abschätzung der Ammoniakemissionen und Lachgasemissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung und -

ausbringung sowie der indirekten Methanemissionen aus den Ausscheidungen (im Gegensatz zu den direkten Methanemissionen aus enterischer Fermentation) gemäß dem Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (Arbeitsgruppe BEK 2021) abgeschätzt.

2.2.5 Betriebliche Eckdaten und eingesetzte Betriebsmittel

Tabelle 3-6 zeigt für die Auswertung relevante betriebliche Eckdaten der untersuchten Betriebe und die aus den Umsatzerlösen abgeleiteten Allokationsfaktoren (vgl. Abschnitt 3.2.6). Tabelle 3-7 zeigt die berücksichtigten Betriebsmittel und die verwendeten Ökobilanzdatensätze, mit Ausnahme der Düngemittel, welche in Tabelle 3-8 dargestellt sind.

Der Dieserverbrauch wurde, falls bekannt, direkt über die Fragebögen ermittelt und alternativ aus den steuerlichen Jahresabschlüssen für das Wirtschaftsjahr 2020/21 anhand des durchschnittlichen Dieselpreises nach Prack (2024) ermittelt.

Die Menge des verbrauchten Stroms wurde, soweit bekannt, ebenfalls direkt über die Fragebögen ermittelt und alternativ aus den steuerlichen Jahresabschlüssen für das Wirtschaftsjahr 2020/21 anhand des angenommenen Strompreises von 30 Cent pro kWh ermittelt.

Falls Strom aus eigener Photovoltaik-Anlage produziert wurde und der Eigenverbrauch sowie die Netzeinspeisung bekannt waren wurde dies ins Modell mitaufgenommen. Für Netzeinspeisung wurde eine Gutschrift im Sinne vermiedener Emissionen aus dem deutschen Strommix vergeben. Angaben über den Bezug für Ökostrom wurden nicht berücksichtigt, da dieser nur mit entsprechenden Herkunftsnachweisen berücksichtigt werden kann. Da der Stromverbrauch einen erwartbar geringen Anteil an den Gesamtemissionen hatte, wurde an dieser Stelle auf eine hofspezifische Modellierung verzichtet.

Die Herstellung des Einstreumaterials wurde, falls mengenmäßig bekannt, je nach wirtschaftsweise mit Datensätzen für konventionelle oder ökologische Strohproduktion modelliert. Oftmals wurde die Menge als Anzahl großer oder kleiner Quaderballen angegeben. In diesem Falle wurde für große Ballen ein Gewicht von 350 kg und für kleine Ballen ein Gewicht von 200 kg angenommen.

Die Menge an Tränkwasser wurde für jede Viehkategorie anhand der Gruber Tabelle (LfL Bayern 2018) mit 27, 11 und 3 Kubikmetern pro Jahr für Milchvieh, Jungvieh und Kälber geschätzt.

Tabelle 3-6: Betriebliche Eckdaten und anhand der Umsatzerlöse ermittelte Allokationsfaktoren der ausgewerteten Betriebe

Pseudonym	Region	Wirtschafts- weise	Anzahl der Milchkühe	ECM Milchleistung pro Kuh und Jahr [kg]	Allokations- faktor Milch	Betriebs-fläche [ha]	Grünlandfläche [ha]	Geschätzte Indirekte Flächenbelegun g durch Zukauffutter [ha]
2ö	Freiburg	ökologisch	20	5233	0.92	33.66	33.66	0.24
3ö	Freiburg	ökologisch	50	6711	0.88	54.32	54.32	19.98
4ö	Freiburg	ökologisch	22	3571	0.85	58.55	48.31	0.35
5k	Freiburg	konventionell	20	4444	0.87	39.6	39.6	4.32
6k	Freiburg	konventionell	40	9269	0.94	40.28	40.28	24.77
7ö	Freiburg	ökologisch	70	5988	0.89	108.5	59.17	0.00
8ö	Ravensburg	ökologisch	40	5167	0.89	51.85	41.2	0.00
9k	Ravensburg	konventionell	39	6957	0.86	58.8	57.3	8.45
12ö	Ravensburg	ökologisch	202	6783	0.81	128	104	164.21
13k	Ravensburg	konventionell	71	8825	0.79	59.6	45.4	55.63
14ö	Freiburg	ökologisch	48	6621	0.82	54.6	54.23	47.16

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 3-7: Übersicht über die berücksichtigten Betriebsmittel und verwendete Ecoinvent Datensätze v3.9.1 (2022)

Betriebsmittel	Ecoinvent Datensatz
Diesel	market for diesel, burned in agricultural machinery diesel, burned in agricultural machinery APOS, S - GLO
Strom	Eigene Modellierung des deutschen Strommixes für 2021 nach Fraunhofer ISE: https://energy-charts.info/charts/energy_pie/chart.htm?l=de&c=DE&source=total&year=2021&interval=year
Strom aus eigener PV Anlage	electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted electricity, low voltage APOS, U - DE
Einstreu konventionell	market for straw straw APOS, U - RER
Einstreu ökologisch	market for straw, organic straw, organic APOS, U - RER
Tränkwasser	market for tap water tap water APOS, S – Europe without Switzerland

Eigene Zusammenstellung

Die eingesetzten Arten und Mengen an Mineraldünger wurden aus den steuerlichen Jahresabschlüssen anhand der Kosten und Durchschnittspreise verschiedener Onlinehändler (Agrarshop-Online o.J.; Raiffeisen-Düngershop 2024; Landhandel Online 2024) geschätzt und mithilfe entsprechender Ökobilanzdatensätze modelliert (Tabelle 3-8).

Tabelle 3-8: Im Modell verwendete Düngemittel (Inputs), Datensätze aus Ecoinvent v3.9.1 (2022), modellierte Outputflüsse und ermittelte Durchschnittspreise

Düngemittel	Input Fluss (Produkt)	Ecoinvent Datensatz	Output Fluss (Elementarfluss)	€/kg
Ammoniumsulfat	Ammonia, anhydrous, liquid	market for ammonia, anhydrous, liquid ammonia, anhydrous, liquid APOS, U - RER	Ammonia (Emission to soil/agricultural)	0.9
Kalkammonsalpeter	76 % Ammoniumnitrat; 24 % Calciumcarbonat (<63 µm), production RER	ammonium nitrate production ammonium nitrate APOS, U – RER; CaCO ₃ (<63 µm) {Europe} production - RER	76% Ammonium nitrate (Emission to soil/agricultural); 24% calcium carbonate (Resource/in ground)	2.0
Schwefel(linsen)	Sulfur	market for sulfur sulfur APOS, U - GLO	Sulfur (Emission to soil/agricultural)	1.8
Kalium	inorganic potassium fertilizer, as K ₂ O	market for inorganic potassium fertiliser, as K ₂ O inorganic potassium fertiliser, as K ₂ O APOS, U - DE	Potassium (Emission to soil/agricultural)	1.2
Phosphat	Inorganic phosphorous fertilizer, as P ₂ O ₅	market for inorganic phosphorus fertiliser, as P ₂ O ₅ inorganic phosphorus fertiliser, as P ₂ O ₅ APOS, U – DE	Phosphate (Emission to soil/agricultural)	1.32
Kalk	Calciumcarbonat (<63 µm), production RER	CaCO ₃ (<63 µm) {Europe} production - RER	calcium carbonate (Resource/in ground)	0.75
NK	50 % Inorganic nitrogen fertilizer, as N; 50 % Inorganic phosphorous fertilizer, as P ₂ O ₅	market for inorganic nitrogen fertiliser, as N inorganic nitrogen fertiliser, as N APOS, U - DE; market for inorganic phosphorus fertiliser, as P ₂ O ₅ inorganic phosphorus fertiliser, as P ₂ O ₅ APOS, U - DE	50 % Nitrogen (Emission to soil/agricultural); 50 % Potassium (Emission to soil/agricultural)	1

2.2.6 Allokationsmethode

Die Zu- und Abgänge des Tierbestandes sind relevant für die Allokation der Emissionen auf das Koppelprodukt Fleisch im Milchproduktionssystem. Sie konnten zum Teil aus den steuerlichen Jahresabschlüssen der Betriebe abgeleitet werden. In der Regel werden männliche Kälber nach vier Wochen an Mastbetriebe verkauft, während zumindest ein Teil der weiblichen Kälber zur Nachzucht verwendet wird. In einigen Betrieben blieben männliche Kälber bis zum Erreichen des Schlachtgewichts auf dem Hof. Diese Abgänge sowie die Umsätze aus dem Verkauf von Altkühen und ggf. Mastbullen an Schlachtbetriebe, sollen nach den Produktkategorieregeln des Product Environmental Footprints (PEFCR Dairy 2018) mittels physischer Allokation anhand der Lebendgewichte verkaufter Tiere ermittelt werden. Da diese jedoch aus

den steuerlichen Jahresabschlüssen nicht bekannt waren und im Zuge der vereinfachten Datenerhebung nicht abgefragt wurden, wurden ökonomische Allokationsfaktoren auf Basis der Umsätze aus dem Verkauf von Tieren und Milch abgeleitet, wie in den Jahresabschlüssen angegeben. Dieses Vorgehen führte dazu, dass je nach Hof zwischen 79 und 94 Prozent der Emissionen auf die Milchproduktion alloziert wurden, was vergleichbar mit den Allokationsfaktoren des vorherigen Ökobilanzmodells ist (Antony et al. 2021a).

2.2.7 Methodik zur Auswertung

Zur Wirkungsabschätzung der Treibhausgasemissionen wurde der Indikator Klimawandel aus der Environmental Footprint 3.1-Methode (Zampori und Pant 2022) unter Berücksichtigung der nach IPCC (2023) modifizierten Emissionsfaktoren für GWP 100 herangezogen.

Für die Auswertung im GOBIOM-Projekt wurden verschiedene Metriken für die Intensität der Bewirtschaftung zugrunde gelegt:

1. Die durchschnittliche Milchleistung pro Kuh und Jahr; angegeben in kg energiekorrigierter Milch (ECM)
2. Die Besatzdichte, hier angegeben in Milchkühen pro Hektar Grünland
3. Die aus 1. und 2. zusammengesetzte durchschnittliche Milchleistung pro Hektar Betriebsfläche und Jahr, angegeben in kg energiekorrigierter Milch (ECM)
4. Den Intensitätsmetriken wurden folgende Maßgrößen für die Effizienz gegenübergestellt. Diese ergeben sich unmittelbar aus der Betrachtung zweier unterschiedlicher funktioneller Einheiten wie in Abschnitt 3.1 erläutert:
 - a. Das Treibhausgaspotenzial pro kg energiekorrigierter Milch
 - b. Das Treibhausgaspotenzial pro Hektar und Jahr

Ziel der Auswertung war es, qualitative Argumente und Narrative mit quantitativen Betrachtungen zu stützen oder ggf. zu entkräften. Von den ursprünglich 16 kooperierenden Betrieben konnte anhand der bereitgestellten Daten für elf Betriebe eine Treibhausgasbilanz berechnet werden. Auf eine statistische Auswertung wurde aufgrund der geringen Anzahl der Betriebe und dem insgesamt qualitativen Charakter des Forschungsvorhabens verzichtet.

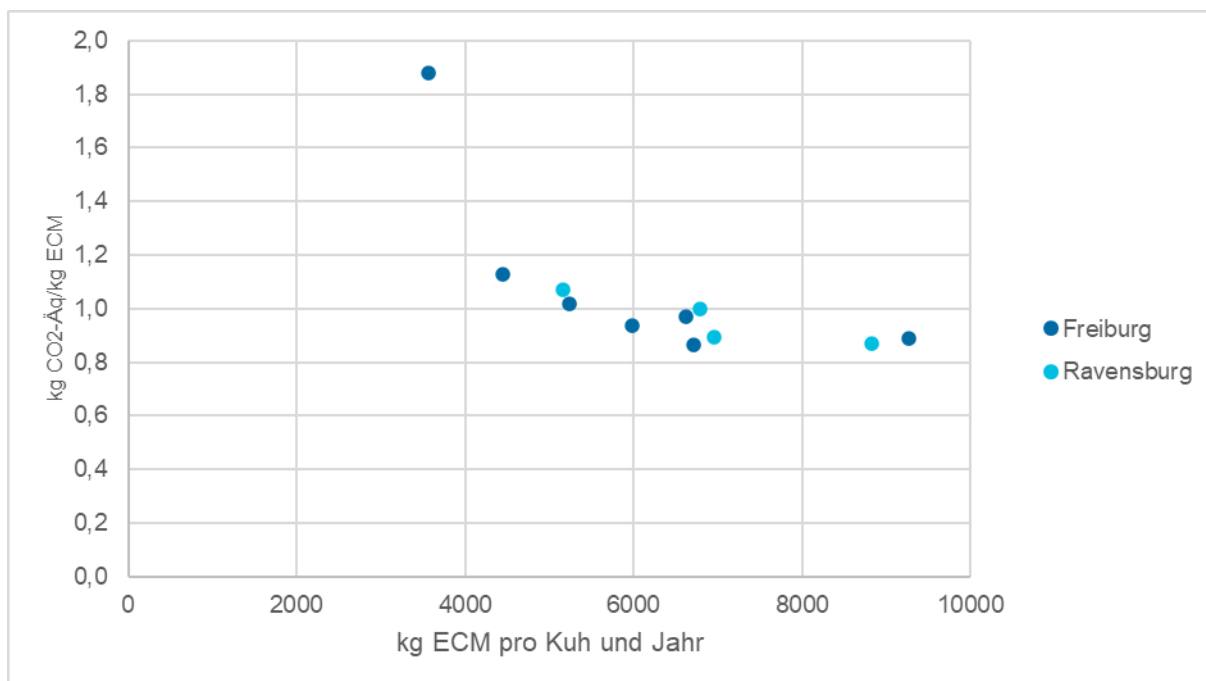
2.3 Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

2.3.1 Überbetriebliche Analyse des Treibhauspotenzials

Der Betrachtung und Auswertung der Ergebnisse sei neben den in Abschnitt 3.4 diskutierten Unsicherheiten der Umstand vorangestellt und nochmals betont, dass modellierte und nicht gemessene Treibhausgasemissionen abgebildet sind. Da viele Emissionsberechnungen des verwendeten Milchmodells die Milchleistung entweder direkt oder indirekt als Eingangsgröße zählen, sind beispielsweise größere Emissionen durch größere Milchleistung allein durch die mathematischen Grundlagen des Modells vorgegeben (vgl. Abschnitt 3.2.1 und 3.2.4). Diese fußen auf einer hinreichend theoretisch und empirisch fundierten Basis (IPCC 2006). Da jedoch nicht allein die Milchleistung, sondern diverse andere Größen das Treibhausgaspotenzial beeinflussen, sind die gewählten Darstellungen trotzdem informativ. In entsprechenden Versuchssettings ist eine Emissionsmessung von Rindern über einen bestimmten Zeitraum durchaus möglich (FAO 2022); dies lag allerdings außerhalb des Untersuchungsrahmens von GOBIOM.

Wie bereits in Abschnitt 3.1 beschrieben, nimmt auch bei den in GOBIOM untersuchten Betrieben das Treibhausgaspotenzial pro Kilogramm ECM mit größer werdender Milchleistung pro Kuh und Jahr in der Tendenz ab (Abbildung 3-3).

Abbildung 3-3: Treibhausgaspotenzial pro kg energiekorrigierter Milch in Abhängigkeit der durchschnittlichen Jahresmilchleistung

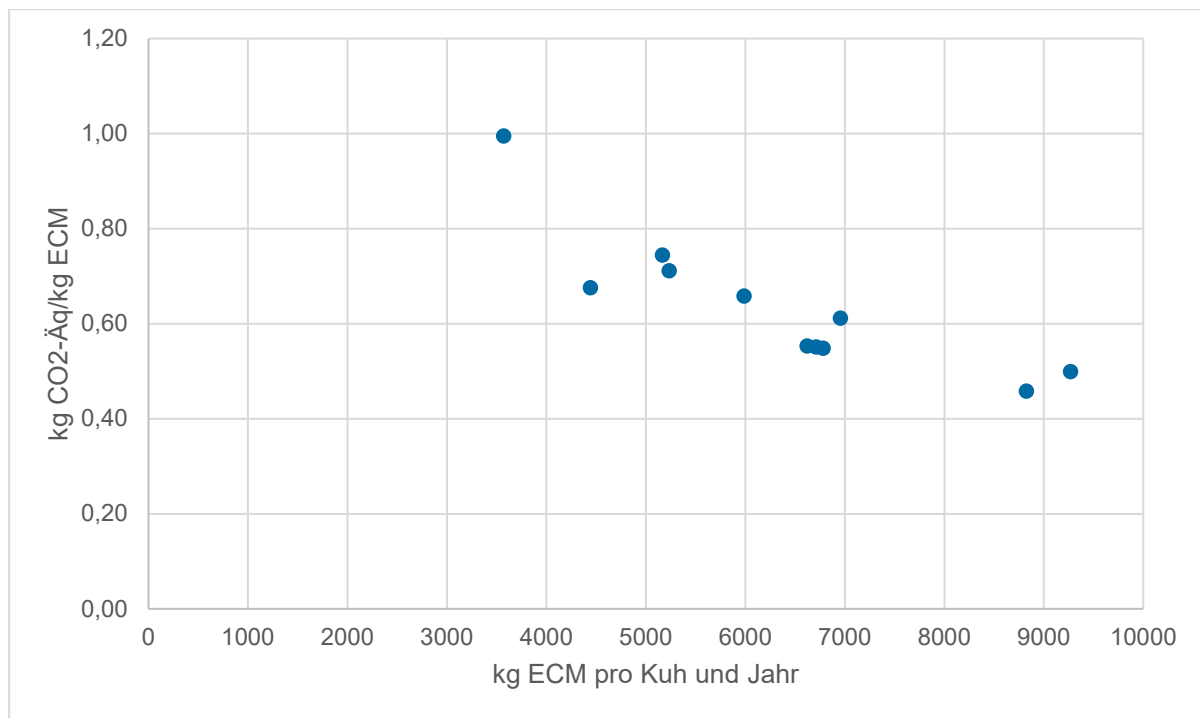


Quelle: eigene Darstellung

Die in Abbildung 3-3 sichtbare Effizienzsteigerung lässt sich durch biologische und wirtschaftliche Skaleneffekte erklären. Sämtliche Komponenten von Gleichung 10.16 aus IPCC (2006) für den Bruttoenergiebedarf (vgl. Abschnitt 3.2.1) sind unabhängig von der Milchleistung – außer natürlich der Energiebedarf zur Milchproduktion selbst. Somit wird der relative Anteil der

übrigen Energiebedarfe für Metabolismus, Aktivität, Trächtigkeit und Wachstum kleiner, wenn die Milchleistung und damit der Energiebedarf zur Milchproduktion steigt. Umgekehrt bedeutet dies, dass ein größerer Anteil der insgesamt verstoffwechselten Energie zur Milchproduktion verwendet wird. Dieser Effekt zeigt sich in einem geringeren Treibhausgaspotenzial aus enterischer Fermentation pro kg Milch bei großen Milchleistungen (Abbildung 3-4).

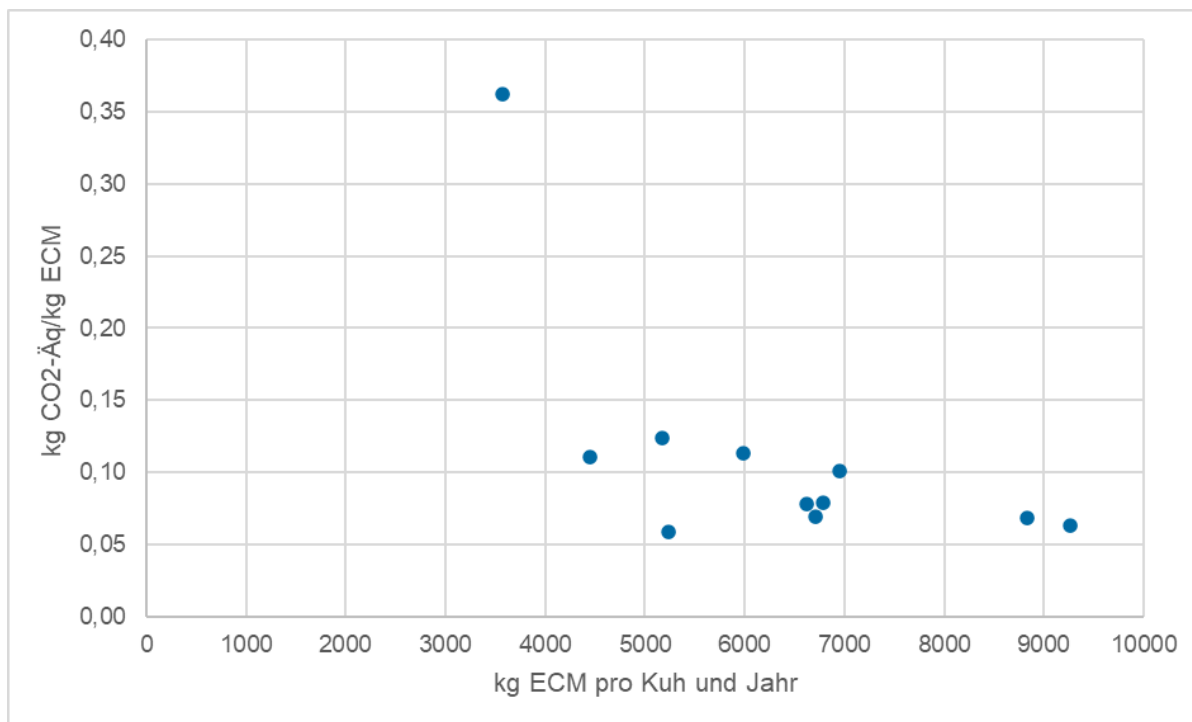
Abbildung 3-4: Biologische Skaleneffekte: kg CO₂-Äq pro kg ECM aus direkten Methanemissionen aus enterischer Fermentation



Quelle: eigene Darstellung

Auch der Einsatz von Betriebsmitteln wird bei intensiver Produktion tendenziell effizienter. Dieser Effekt ist in den im GOBIOM-Projekt betrachteten Betrieben (im Folgenden GOBIOM-Betriebe) zwar weniger stark ausgeprägt, in der Tendenz jedoch ebenfalls zu erkennen (Abbildung 3-5).

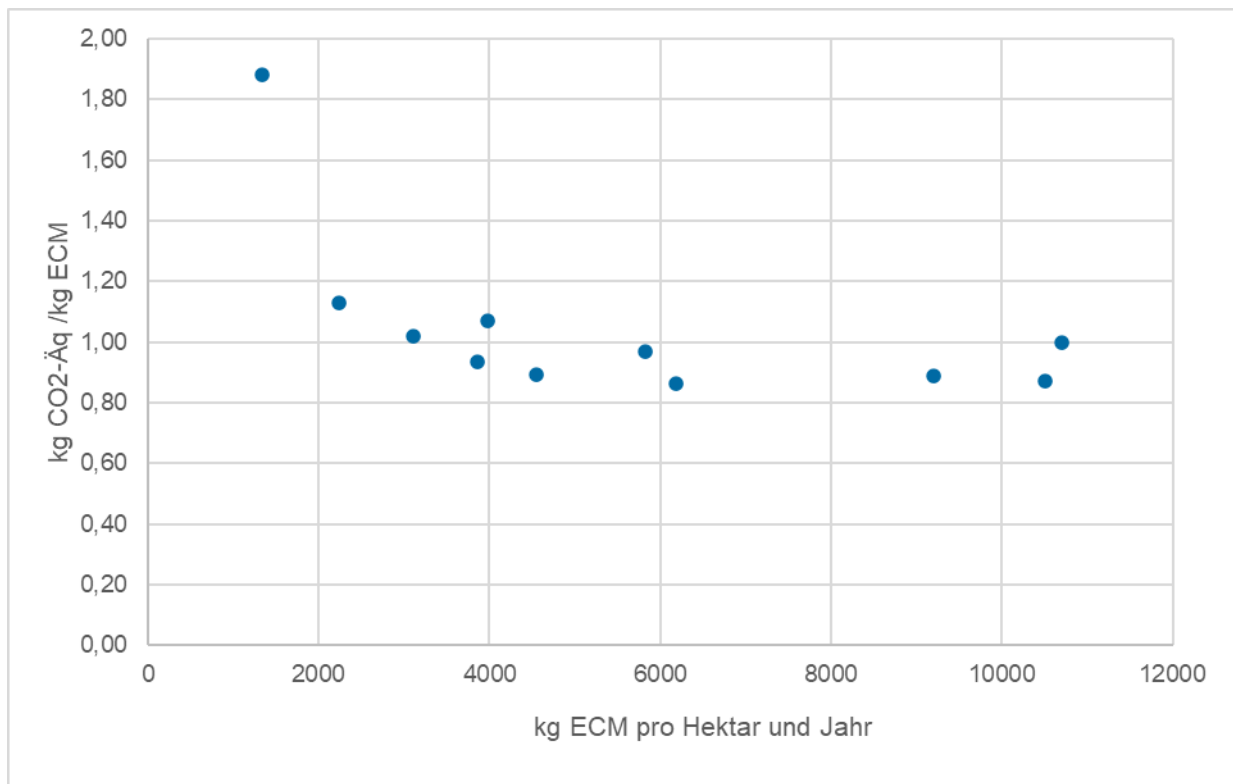
Abbildung 3-5: Wirtschaftliche Skaleneffekte: kg CO₂-Äq pro kg ECM aus dem Einsatz von Betriebsmitteln



Quelle: eigene Darstellung

Legt man ein anderes Intensitätsmaß, die Milchleistung pro Hektar und Jahr anstelle der Milchleistung pro Kuh und Jahr zugrunde, so ist in GOBIOM-Betrieben bestenfalls ein schwach ausgeprägter Zusammenhang zwischen Intensivierung und Treibhausgaseffizienz pro Kilogramm Milch zu erkennen (Abbildung 3-6).

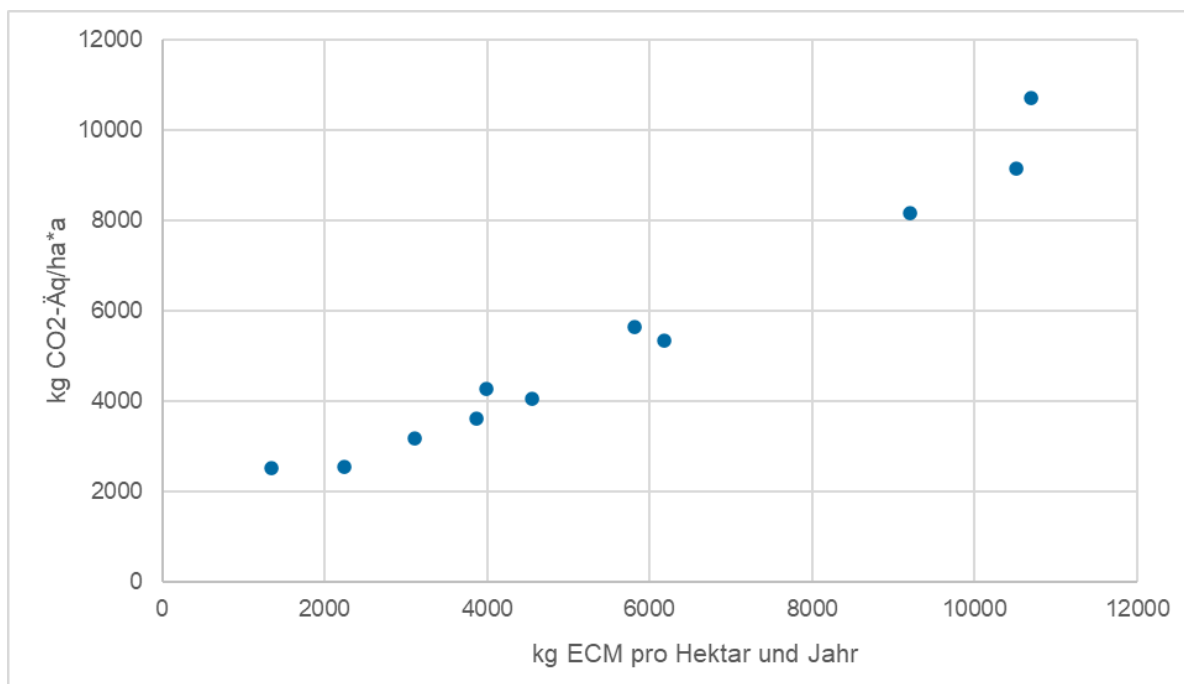
Abbildung 3-6: Treibhausgaspotenzial pro kg energiekorrigierter Milch gegenüber der durchschnittlichen Milchleistung pro Hektar (Gesamtbetriebsfläche) und Jahr



Quelle: eigene Darstellung

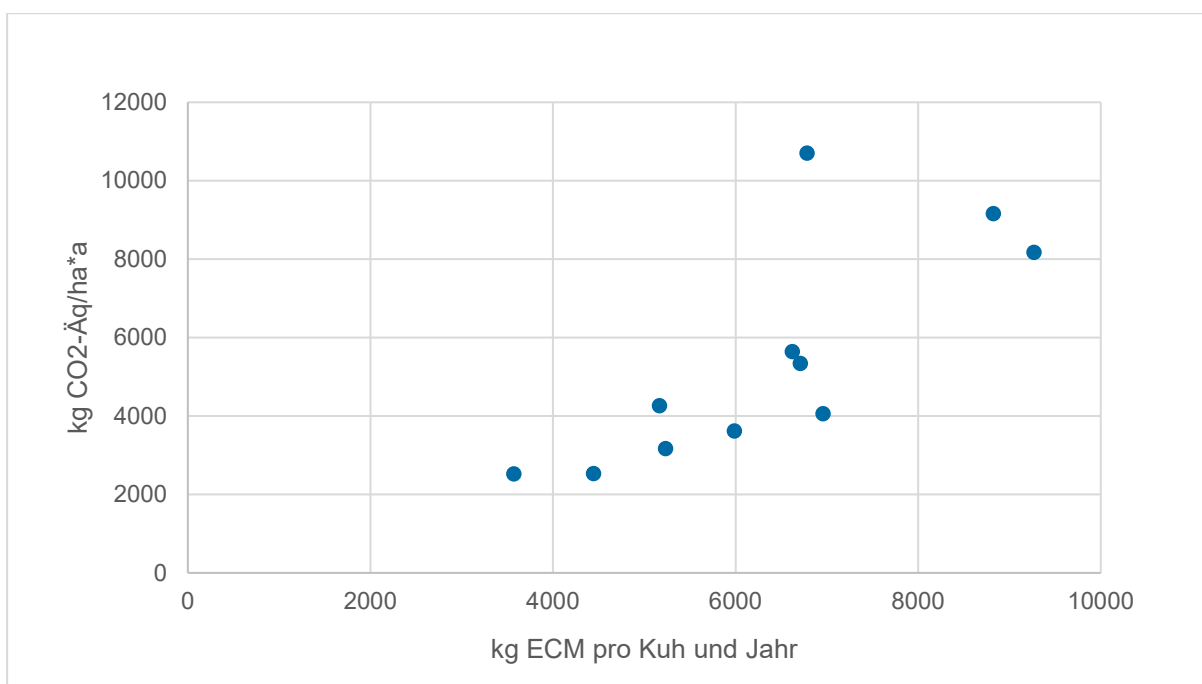
Trägt man die Treibhausgasemissionen pro Hektar und Jahr gegen die Milchleistung pro Hektar und Jahr auf, so zeigt sich ein klarer, trivialer Zusammenhang zwischen höherer Milchleistung pro Hektar und höheren Treibhausgasemissionen pro Hektar: wird mehr Milch produziert so steigen auch die Treibhausgasemissionen (Abbildung 3-7).

Abbildung 3-7: Treibhausgaspotenzial pro Hektar und Jahr gegenüber der durchschnittlichen Milchleistung pro Hektar und Jahr bezogen auf die Gesamtbetriebsfläche



Quelle: eigene Darstellung

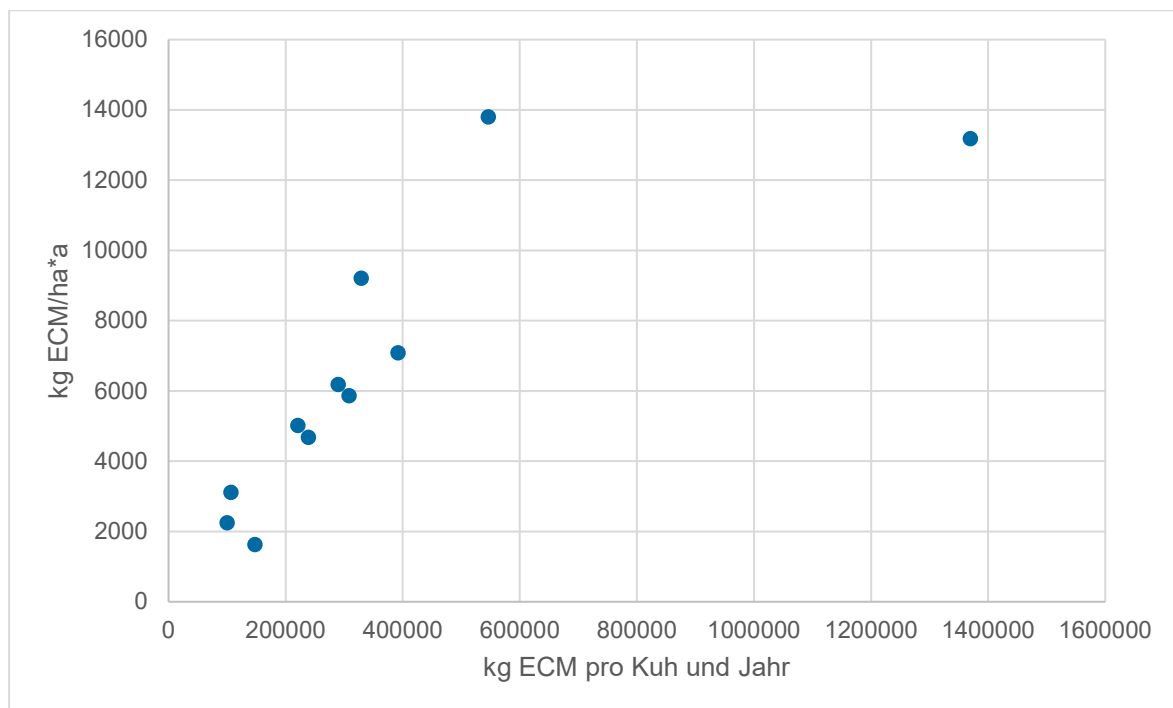
Abbildung 3-8: Treibhausgaspotenzial pro Hektar Betriebsfläche und Jahr gegenüber der durchschnittlichen Milchleistung pro Kuh und Jahr



Quelle: eigene Darstellung

Der in Abbildung 3-8 erkennbare Zusammenhang zwischen Treibhausgaspotenzial pro Hektar und Jahr und durchschnittlicher Milchleistung pro Kuh und Jahr ist weniger offenkundig als der in Abbildung 3-7 dargestellte Zusammenhang Treibhausgaspotenzial pro Hektar und Jahr gegenüber der durchschnittlichen Milchleistung pro Hektar und Jahr. Dies kann zum Teil dadurch erklärt werden, dass die pro Hektar und Jahr produzierte Milchmenge nicht unabhängig von der pro Kuh und Jahr produzierten Milchmenge ist (Abbildung 3-9), wenngleich auch kein unmittelbarer kausaler Zusammenhang besteht: die pro Hektar und Jahr produzierte Milchmenge lässt sich bei gleichbleibender Besatzdichte zwar über eine Steigerung der Milchleistung pro Kuh maximieren, allerdings führt auch eine höhere Besatzdichte zu einer Steigerung der Milchleistung pro Hektar – unabhängig von der durchschnittlichen Milchleistung pro Kuh. In der Praxis sind Flächenausstattung und Tierbestände je nach wirtschaftlichen Zielen nicht immer aufeinander abgestimmt. So kann es z. B. sein, dass deutlich mehr Fläche vorhanden ist, als für die Versorgung der Tiere notwendig wäre, z. B., weil im Nebenerwerb nicht das volle Betriebspotenzial ausgeschöpft wird, was zu einer geringen Milchleistung pro Fläche führt.

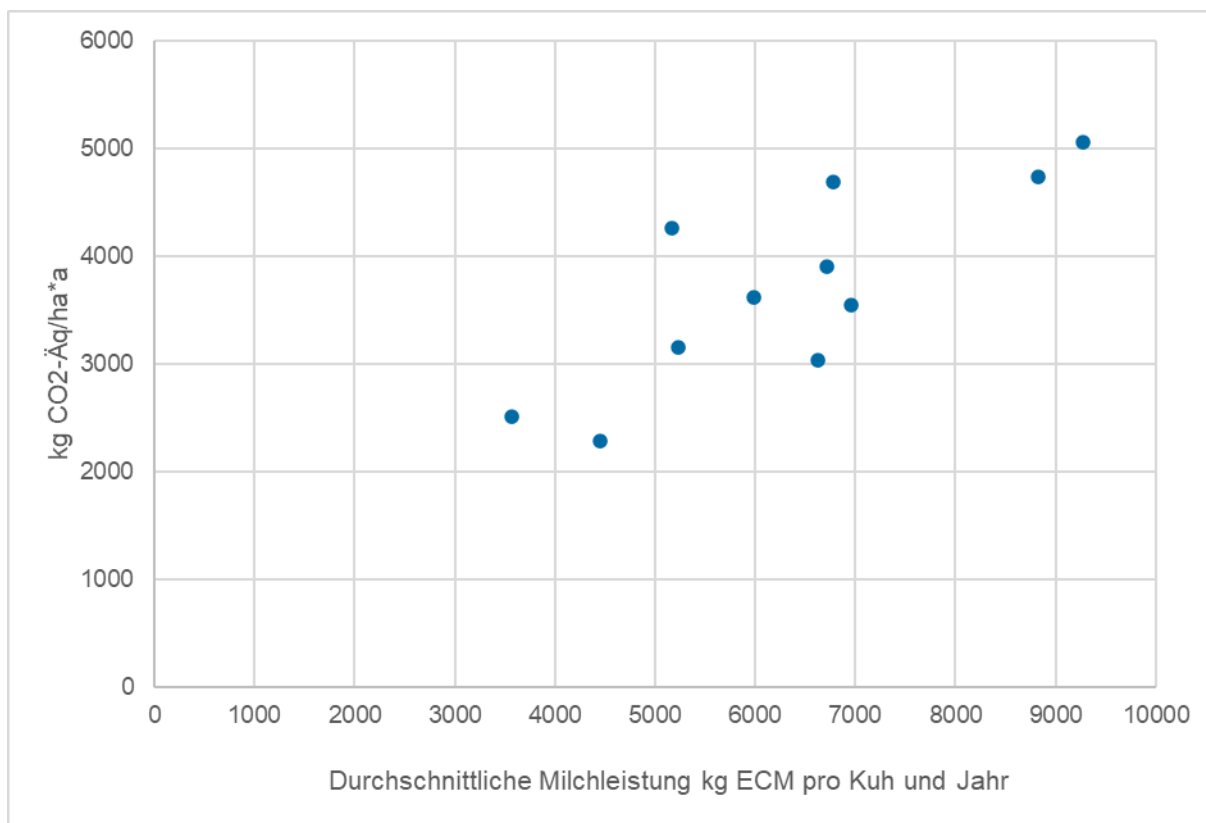
Abbildung 3-9: Durchschnittliche energiekorrigierte Milchleistung pro Hektar und Jahr gegenüber der Milchleistung pro Kuh und Jahr



Quelle: eigene Darstellung

Im Vergleich von Abbildung 3-3 und Abbildung 3-8 fällt auf, dass eine Intensivierung der Produktion durch Maximierung der durchschnittlichen Jahresmilchleistung pro Kuh zwar tendenziell das Effizienzmaß „Treibhausgaspotenzial pro kg ECM“ verbessert, das Effizienzmaß „Treibhausgaspotenzial pro Hektar und Jahr“ jedoch verschlechtert. Dieser Zusammenhang besteht ebenfalls, wenn man die für den Anbau von Zukauffuttermitteln geschätzte Flächenbelegung miteinbezieht (Abbildung 3-10).

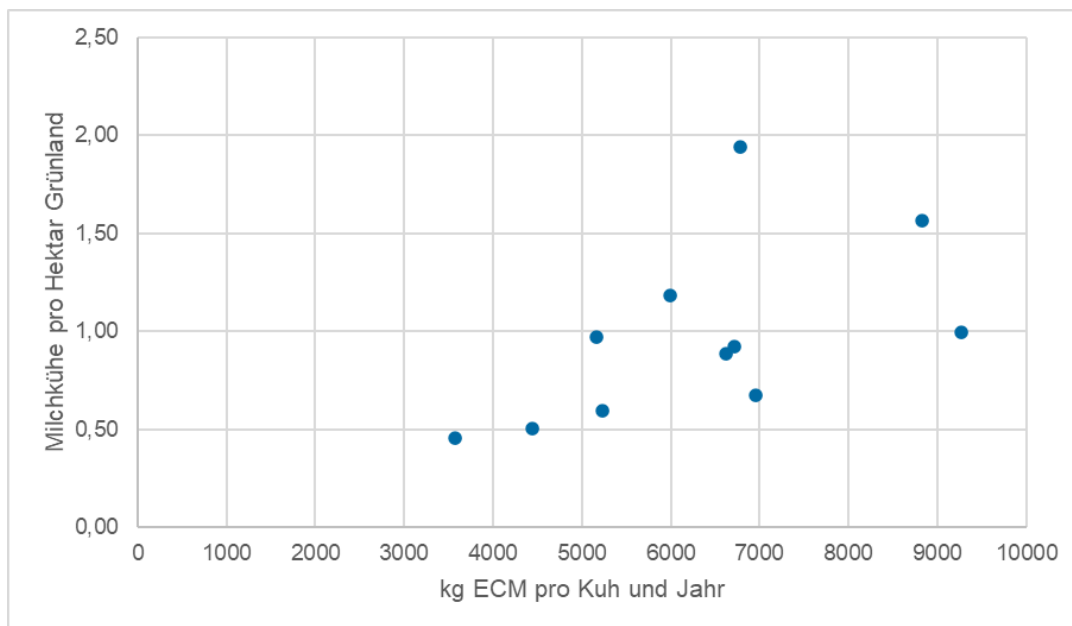
Abbildung 3-10: Treibhausgaspotenzial pro Hektar und Jahr gegenüber der durchschnittlichen energiekorrigierten Milchleistung pro Kuh und Jahr unter Berücksichtigungen der für den Anbau von Zukauffuttermittel geschätzten Flächenbelegung



Quelle: eigene Darstellung

Betrachtet man die Besatzdichte, hier als die Anzahl der Milchkühe pro Hektar Grünland ausgedrückt, als ein weiteres Maß für die Intensität der Bewirtschaftung gegenüber der Jahresmilchleistung pro Kuh, scheint ein Zusammenhang erkennbar – wenn auch bei großer Streubreite (Abbildung 3-11). Eine positive Korrelation ist hier plausibel, wenn man annimmt, dass auf intensiv wirtschaftenden Betrieben mehrere Größen gleichzeitig optimiert werden – nämlich die Milchleistung pro Kuh und die Besatzdichte. Dieser Zusammenhang ist eine weitere Erklärung für die schlechtere flächenbezogene Treibhausgaseffizienz bei steigender Milchleistung in Abbildung 3-8. Mit der Milchleistung pro Kuh steigt tendenziell auch die Besatzdichte – beide beeinflussen die Treibhausgaseffizienz pro Hektar.

Abbildung 3-11: Besatzdichte im Grünland gegenüber der durchschnittlichen Jahresmilchleistung pro Kuh und Jahr

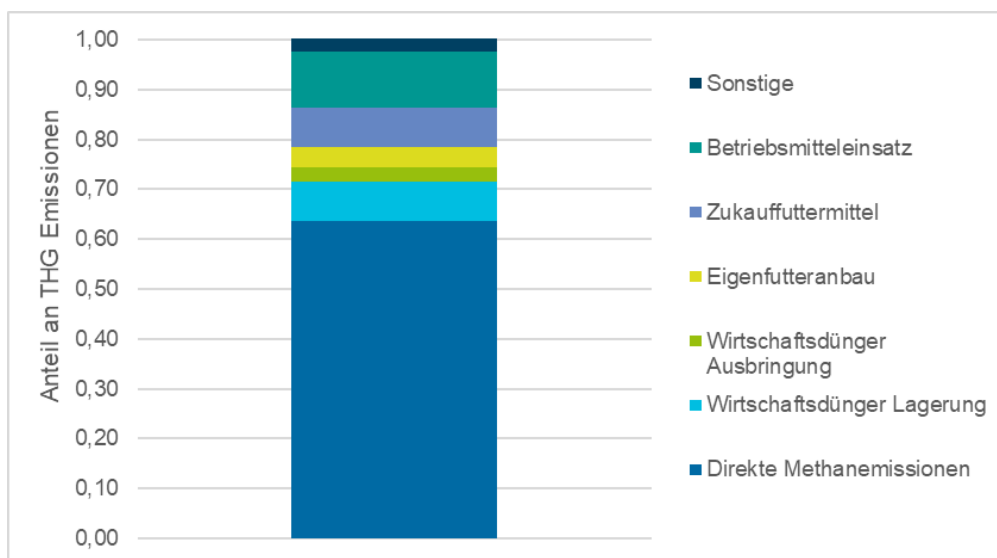


Quelle: eigene Darstellung

2.3.2 Analyse der Einzelbeiträge zum Treibhausgaspotenzial

Im Mittel aller untersuchten GOBIOM-Betriebe werden etwa ein Kilogramm CO₂-Äquivalente pro Kilogramm energiekorrigierter Milch freigesetzt. Diese Treibhausgasemissionen sind zu knapp zwei Dritteln direkte Methanemissionen aus der Verdauung der Kühe (siehe Abbildung 3-12).

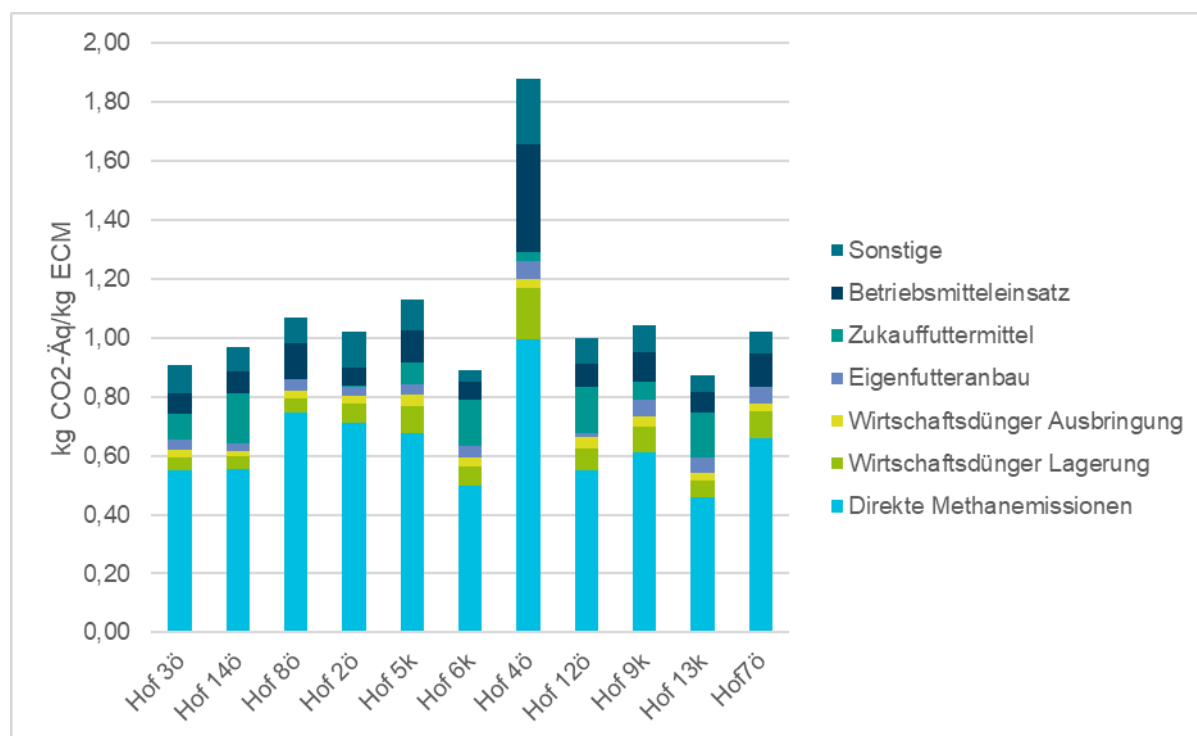
Abbildung 3-12: Mittlere Anteile der Einzelbeiträge an den Treibhausgasemissionen pro Kilogramm energiekorrigierter Milch



Quelle: eigene Darstellung

Beim direkten Vergleich der analysierten Betriebe (siehe Abbildung 3-13) fällt besonders Hof 4ö mit einem Treibhausgaspotenzial von etwas über 1,8 kg CO₂-Äq pro kg ECM auf. Dieses wird vor allem durch die geringe durchschnittliche Jahresmilchleistung von rund 3500 kg pro Kuh und Jahr beeinflusst und außerdem durch das dort vorhandene Tretmistsystem, was mit hohen Emissionsfaktoren belegt ist (Arbeitsgruppe BEK 2021). Alle anderen kooperierenden Betriebe haben ein Treibhausgaspotenzial zwischen 0,86 und 1,13 kg CO₂-Äq pro kg ECM was – die Unsicherheiten des Modells berücksichtigt – im vergleichbaren Bereich liegt.

Abbildung 3-13: Hofspezifische Auswertung der Einzelbeiträge zum Treibhausgaspotenzial

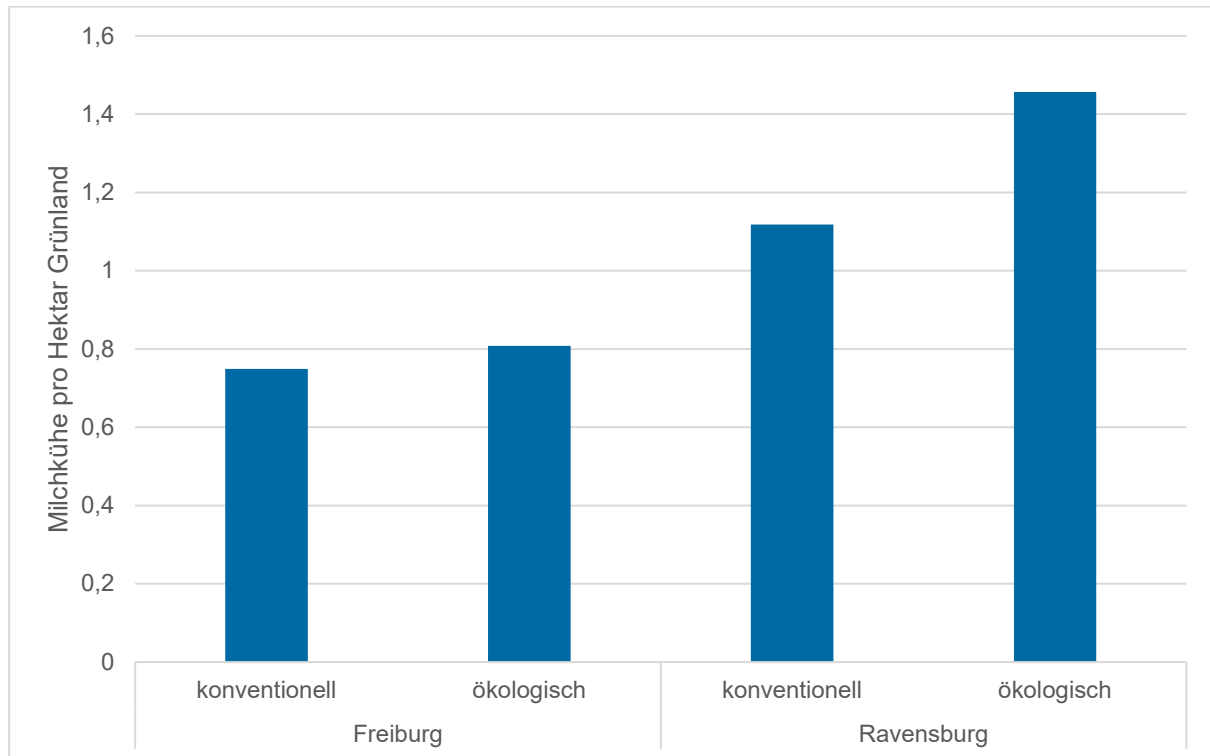


Quelle: eigene Darstellung

2.3.3 Analyse der Intensität und Effizienz nach Regionen und Wirtschaftsweise

Betrachtet man die Besatzdichte als Maß für die Intensität der Bewirtschaftung, so fällt auf, dass diese in Ravensburg größer ist als in Freiburg. Im Rahmen der Stichprobe der für das GOBIOM-Projekt ausgewerteten Betriebe weisen diese eine höhere Besatzdichte auf als konventionell wirtschaftende Betriebe – wobei hier nur für die Betriebe in der Bio-Musterregion Ravensburg ein relevanter Unterschied besteht (Abbildung 3-14). Hier ist, neben der insgesamt kleinen Stichprobe, zu berücksichtigen, dass in der Gruppe der konventionellen Betriebe auch häufig im Nebenerwerb geführte Kleinbetriebe enthalten sind, die zwar eine wenig intensive Tierhaltung aufweisen, bei denen aber keine Bio-Zertifizierung durchgeführt wurde.

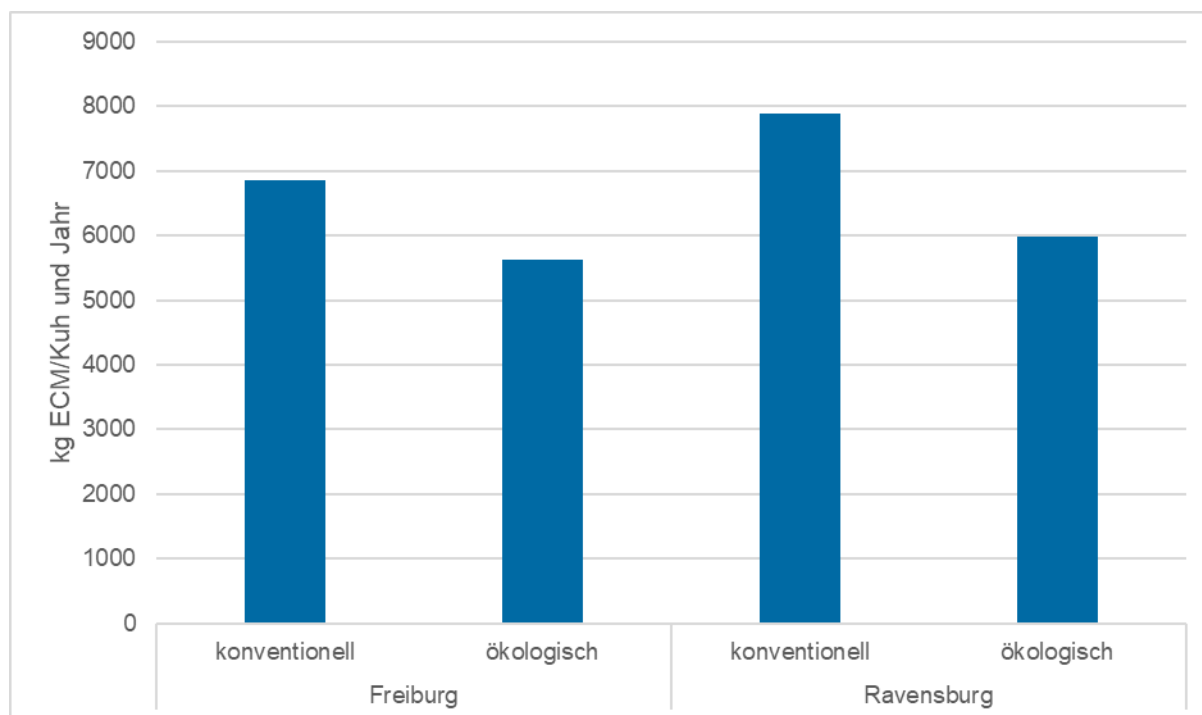
Abbildung 3-14: Besatzdichte (Mittelwert je Kategorie) gemessen nach Anzahl der Milchkühe pro Hektar Grünland nach Region und Wirtschaftsweise in GOBIOM Betrieben



Quelle: eigene Darstellung

Bei der durchschnittlichen Jahresmilchleistung pro Kuh als weiteres Maß für die Intensität der Bewirtschaftung fällt auf, dass auch diese in Ravensburg im Mittel größer ist als in Freiburg. Zudem weisen konventionelle Betriebe eine höhere Jahresmilchleistung auf als ökologisch wirtschaftende Betriebe (Abbildung 3-15).

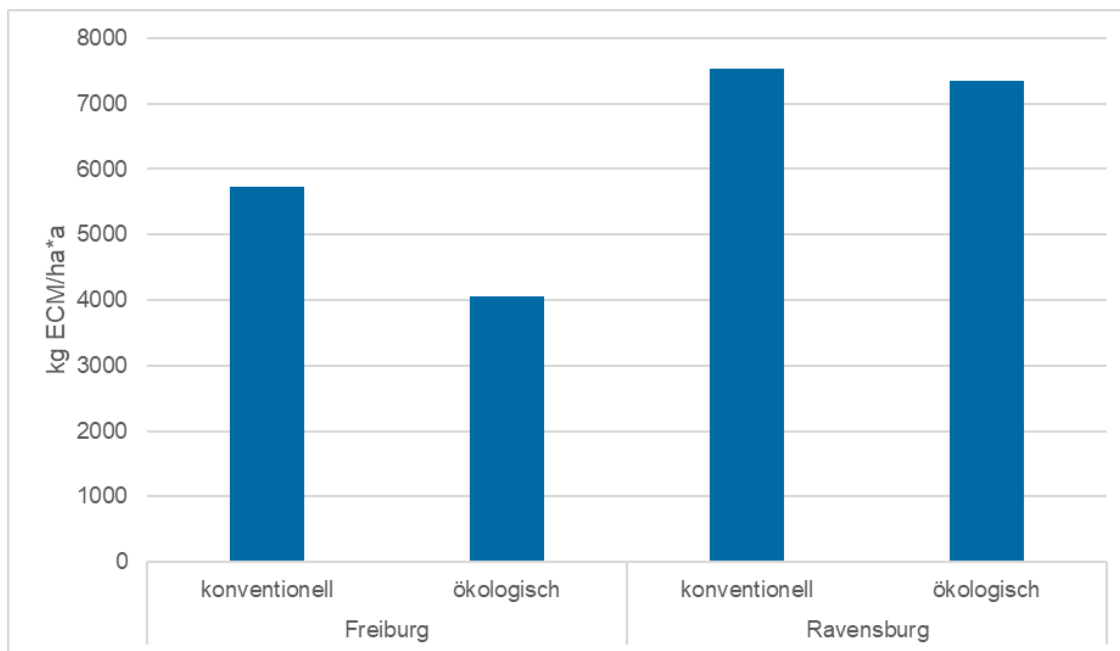
Abbildung 3-15: Mittelwerte der Milchleistung pro Kuh und Jahr nach Region und Wirtschaftsweise in GOBIOM Betrieben



Quelle: eigene Darstellung

Die Milchleistung pro Hektar und Jahr, also die Kombination aus Besatzdichte und Jahresmilchleistung pro Kuh, ist in der Bio-Musterregion Freiburg sowohl für ökologisch als auch für konventionell wirtschaftende Betriebe geringer als in Ravensburg (Abbildung 3-16). Bei den Betrieben der Bio-Musterregionen Freiburg ist der Unterschied zwischen der Wirtschaftsweise größer als in der Bio-Musterregion Ravensburg, wo die Wirtschaftsweise keinen vergleichbar deutlichen Einfluss auf die Milchleistung pro Hektar zu haben scheint. Allerdings ist in Ravensburg mit Hof 12ö der mit Abstand größte kooperierende Betrieb mit rund 200 Milchkühen und einer durchschnittlichen Jahresmilchleistung von rund 6800 kg pro Kuh und knapp 130 Hektar Betriebsfläche enthalten. Aufgrund der geringen Gruppengröße von nur zwei Betrieben ist ein Mittelwert hier nur sehr bedingt aussagekräftig, wobei der andere Betrieb (Hof 8ö) mit 40 Milchkühen, 52 Hektar Betriebsfläche und einer durchschnittlichen Jahresmilchleistung von rund 5200 kg deutlich kleiner ist.

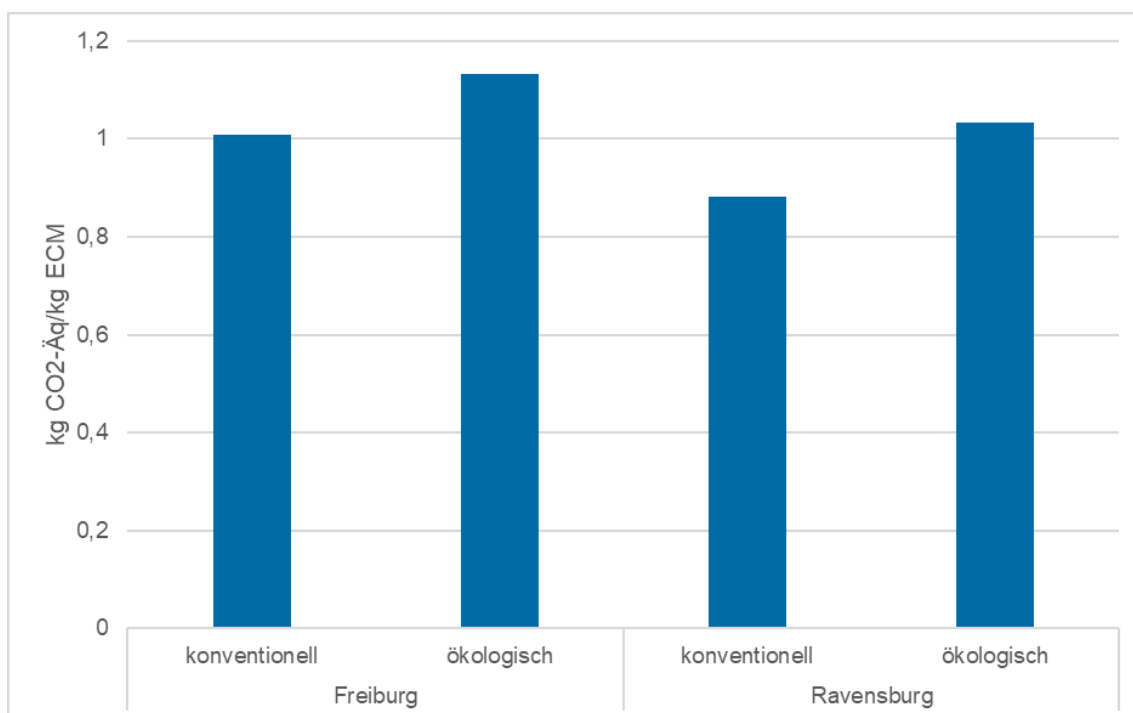
Abbildung 3-16: Mittelwerte der Milchleistung pro Hektar (Gesamtbetriebsfläche) und Jahr nach Region und Wirtschaftsweise in GOBIOM Betrieben



Quelle: eigene Darstellung

Beim Vergleich des gemittelten Treibhausgaspotenzials pro Kilogramm Milch nach Regionen und Betrieben fällt auf, dass dieses bei ökologisch wirtschaftenden Betrieben etwas höher ist als bei konventionell wirtschaftenden Betrieben (Abbildung 3-17).

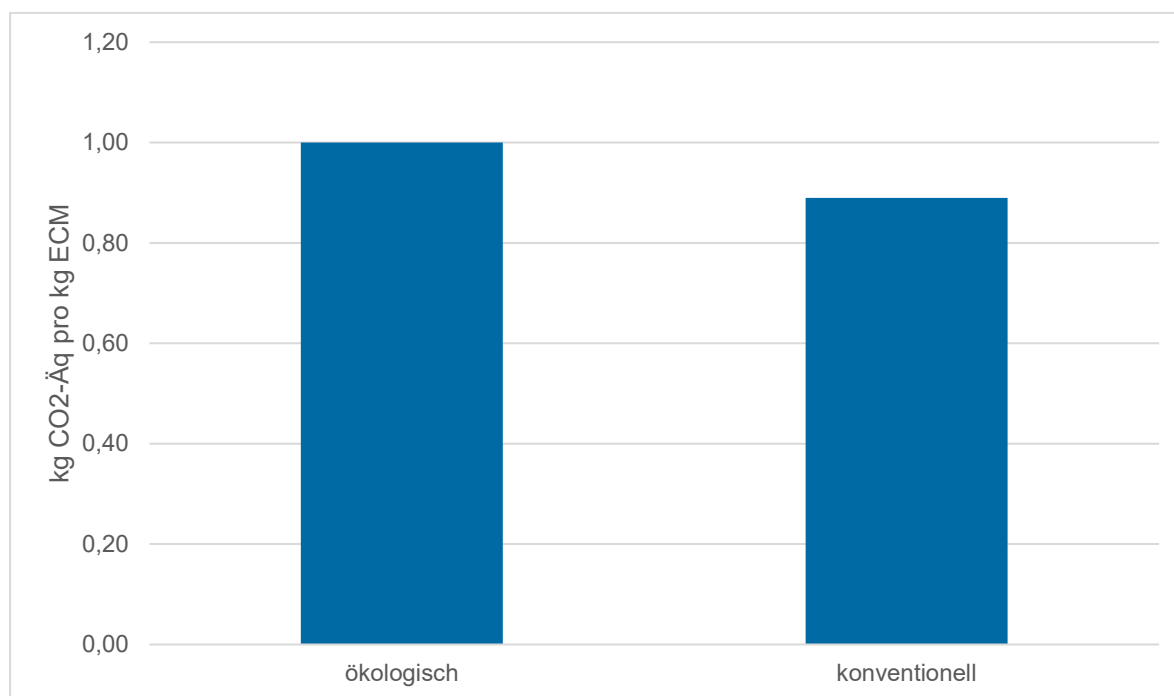
Abbildung 3-17: Mittelwerte des Treibhausgaspotenzials in kg CO₂-Äq pro kg ECM nach Regionen und Wirtschaftsweise



Quelle: eigene Darstellung

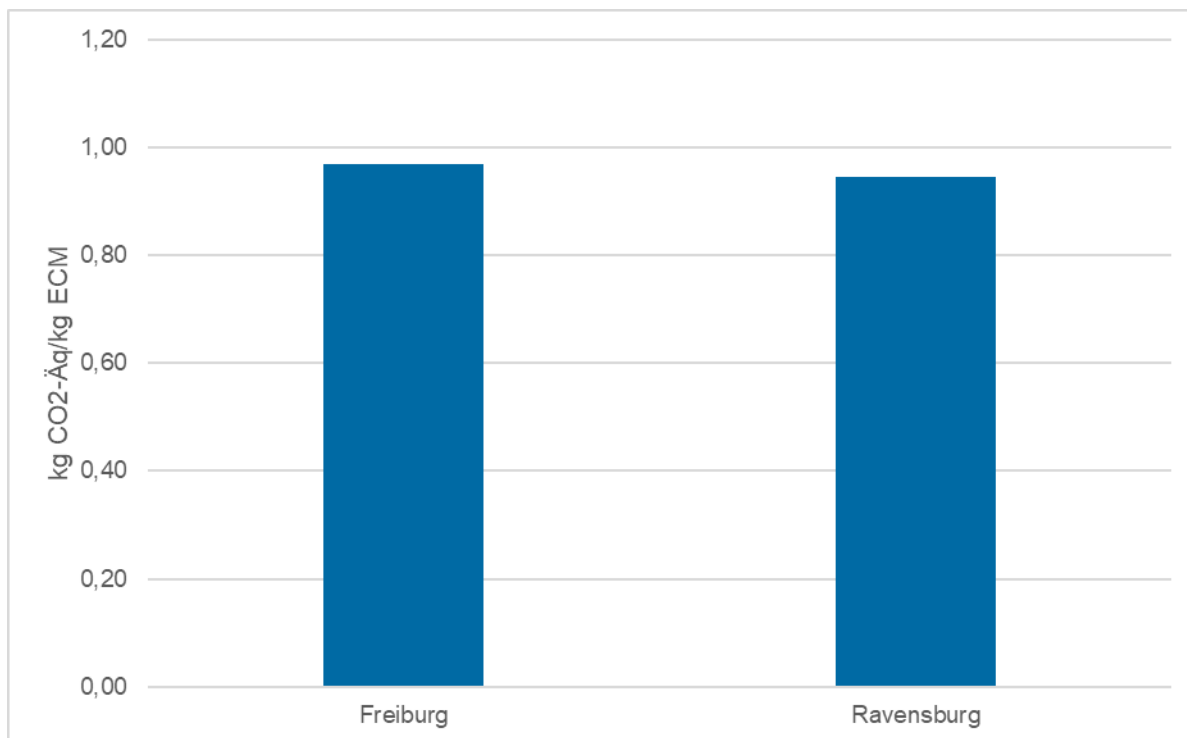
Da der Mittelwert allein nur eingeschränkte Aussagekraft hat und die Gruppen aufgrund der geringen Zahl von insgesamt nur 11 ausgewerteten Betrieben jeweils wenige Beobachtungen enthalten, wurde zur Beurteilung von Unterschieden zwischen Regionen und Wirtschaftsweise zusätzlich der Median des Treibhausgaspotenzials ermittelt. Abbildung 3-18 und Abbildung 3-19 zeigen den Median des Treibhausgaspotenzials pro Kilogramm ECM, getrennt nach Wirtschaftsweise und Region. Auch hier haben konventionell wirtschaftende Betriebe ein etwas geringeres Treibhausgaspotenzial als ökologisch wirtschaftende. Zwischen den beiden Regionen gibt es jedoch keine Unterschiede. Abbildung 3-20 und Abbildung 3-21 zeigen den Median des Treibhausgaspotenzials pro Hektar Betriebsfläche und Jahr. Ökologisch wirtschaftende Betriebe liegen hier mit rund 4 Tonnen deutlich unter konventionell wirtschaftenden Betrieben mit etwa 6 Tonnen. Die Region Freiburg liegt mit etwas mehr als 3,5 Tonnen deutlich unter der Region Ravensburg mit knapp 7 Tonnen.

Abbildung 3-18: Median des Treibhausgaspotenzials pro kg ECM nach Wirtschaftsweise



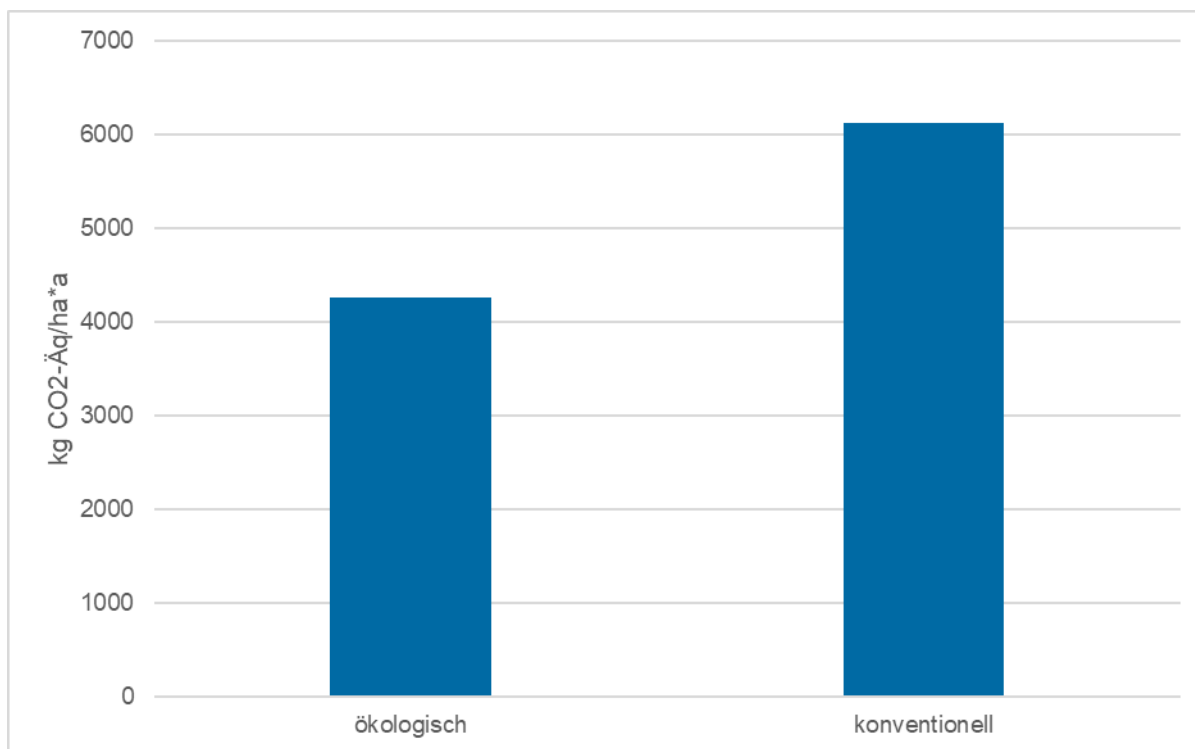
Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 3-19: Median des Treibhausgaspotenzials pro Kilogramm ECM nach Region



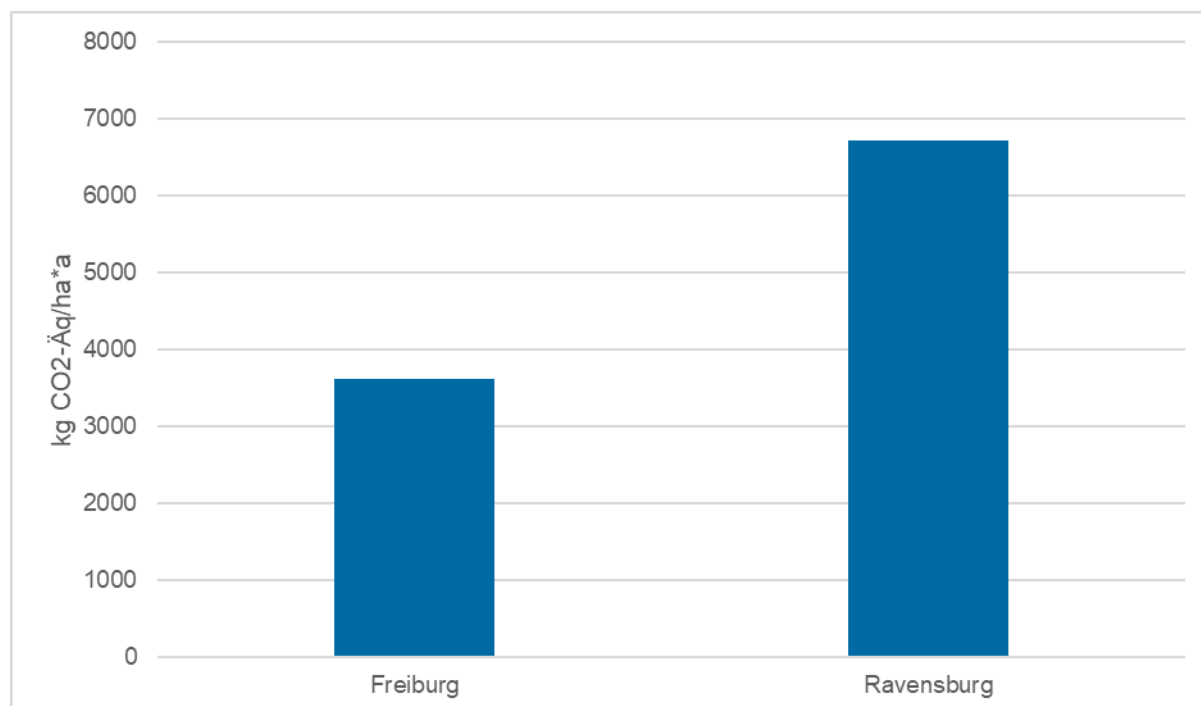
Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 3-20: Median des Treibhausgaspotenzials pro Hektar Betriebsfläche nach Wirtschaftsweise



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 3-21: Median des Treibhausgaspotenzials pro Hektar Betriebsfläche nach Region



Quelle: eigene Darstellung

2.4 Diskussion der Ergebnisse

2.4.1 Einschränkungen und Unsicherheiten des Ökobilanzmodells

Vorweg gilt es zu beachten, dass keine normgerechte oder vollständige Ökobilanz im Sinne der DIN EN ISO 14040:2021-02 durchgeführt wurde. Ziel war es nicht, einen produktbezogenen oder betrieblichen CO₂-Fußabdruck auszuweisen, sondern erstens übergeordnete Einsichten in Zusammenhänge zwischen Region, Wirtschaftsweise und den damit verbundenen Treibhausgaspotenzialen für produkt- und flächenbezogene funktionelle Einheiten zu gewinnen und zweitens Vergleiche zwischen Klimaeffizienz und Biodiversitätsförderung, dem Fokus dieses Forschungsvorhabens, zu ermöglichen. Aus diesem Grund wurde unter anderem auf ein externes Review und eine ausführliche Sensitivitätsanalyse verzichtet. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie haben deshalb allerdings lediglich orientierenden Charakter.

Grundsätzliche Schwierigkeiten in der Modellierung bestehen auf Grund der Diversität von Milchviehbetrieben, die auch unter den im Rahmen des Projektes betrachteten Betrieben erheblich war. So war beispielsweise die Verfügbarkeit von Nährstoffbilanzen für auf unterschiedlichen Höfen eingesetzte Futtermittel besser als für andere. Einige Futter- und Düngemittel konnten mithilfe von passenden Hintergrunddatensätzen aus Ecoinvent 3.9.1 gut modelliert werden, während andere mithilfe von Annahmen und auf Basis von Analogieschlüssen nur näherungsweise berechnet werden konnten.

Weiterhin kommen oftmals Mischformen verschiedener Wirtschaftsdüngermanagement- und Stallsysteme zum Einsatz. Jungvieh wird in den betrachteten Betrieben meist in festmistbasierten Ställen gehalten, Milchvieh oft in güllebasierten Stallsystemen. Flüssiger

Wirtschaftsdünger wird zum Teil sowohl in abgedeckten als auch in nicht abgedeckten Gruben gelagert und je nach Topografie verschiedener Grundstücke desselben Betriebs oder auch je nach Wirtschaftsjahr mit dem Breitverteiler oder Schleppschlauch ausgebracht. Fester Wirtschaftsdünger wird in der Regel auf Mistplatten gelagert; wobei das Verhältnis von Festmist zu Gülle jedoch zumeist nicht bekannt ist. In diesem Fall wurde ein dominierendes System anhand übriger betrieblicher Daten ermittelt oder angenommen und mit den entsprechenden Emissionsfaktoren weitergerechnet. Die Milchviehbestände setzen sich in manchen Betrieben aus unterschiedlichen Rassen mit im Zuge der Datenerhebung nicht final klärbarer anteiliger Zusammensetzung zusammen. Auch in solchen Fällen wurde die als dominant angegebene Rasse für die weitere Berechnung festgelegt bzw. herangezogen.

Ein direkter Vergleich der Treibhausgasemissionen verschiedener Höfe und insbesondere der Einzelbeiträge aus Kapitel 3.3.2 ist aufgrund der oben genannten Einschränkungen nur unter erheblichem Aufwand möglich und wird hier mit Blick auf die Zielsetzung des Vorhabens vermieden. Ebenfalls schwierig ist der direkte Vergleich zu anderen Ökobilanzstudien von Milchproduktionssystemen da diese sich, auch untereinander, in ihrer Methodik wie zum Beispiel der Wahl der Systemgrenze, Allokationsmethode und funktionellen Einheit unterscheiden.

Die Bindung von organischem Kohlenstoff im Boden (engl.: Soil Organic Carbon - SOC) stellt eine wesentliche Größe in der Bewertung von Treibhausgasemissionen aus landwirtschaftlichen Systemen dar. Je nach Klimazone, Vegetation, Weideregime und -Intensität kann unterschiedlich viel Kohlenstoff im Boden gebunden oder gar freigesetzt werden (Abdalla et al. 2018). Diese komplexen Einflussfaktoren sind Gegenstand fortlaufender wissenschaftlicher Diskussion und konnten deshalb im GOBIOM Ökobilanzmodell nicht zuverlässig implementiert werden. Dieser Aspekt sollte in zukünftigen Analysen jedoch durch geeignete Modelle ergänzt werden, um realistischere Vergleiche zwischen Weideregimen hinsichtlich ihrer Klimaeffizienz treffen zu können.

Der Emissionsfaktor für Methan aus enterischer Fermentation unterliegt ebenfalls relevanten Unsicherheiten. Da hierfür keine nationalen oder gar Milchviehrasse-spezifischen Daten verfügbar sind (Haenel et al. 2018), wurde mit dem generischen Emissionsfaktor aus IPCC (2006) gerechnet. Dieser wird mit einer Unsicherheit von 20 Prozent geschätzt (IPCC 2006). Eine alternative Berechnungsweise der Methanemissionen aus enterischer Fermentation nach (Arbeitsgruppe BEK 2016, Gl.3) als Funktion der Milchleistung ergibt je nach Betrieb zwischen -13 % und +12 % abweichende Werte. Diese Spanne passt zu den in IPCC (2006) angegebenen Unsicherheiten.

Zu den weiteren, für die Ergebnisse und deren Interpretation wesentlichen Festlegungen gehören:

- Die Annahme einer identischen Grundfütterration für Jungvieh und Milchkühe. Dieser vereinfacht die Modellierung, vernachlässigt jedoch die unterschiedlichen Nährstoffanforderungen von Jungvieh und Milchkühen. Während Milchkühe aufgrund der Laktation höhere Energiedichten und Proteingehalte in der Fütterung benötigen, reicht für Jungvieh eine energiereduzierte Fütterung aus. Diese Vereinfachung kann zu Ungenauigkeiten in der Berechnung der Emissionen führen und sollte idealerweise durch differenziertere Fütterungsmodelle ersetzt werden.
- Durch überschlägige Berechnung des Mineraldüngereinsatzes konnte die Nährstoffzufuhr und ihrer Auswirkungen auf die Umwelt lediglich grob geschätzt werden. Unterschiedliche

Düngerarten, Applikationsmethoden, Boden- und Witterungsbedingungen sowie Stoffwechselung durch Mikroorganismen werden im Modell nicht hinreichend berücksichtigt. Eine detailliertere Modellierung wäre erforderlich, um fundierte Aussagen zu davon stark beeinflussten, anderen relevanten Umweltwirkungskategorien wie beispielsweise Eutrophierung treffen zu können.

- Die vereinfachte Betrachtung von Zukauffuttermitteln vernachlässigt die unterschiedlichen Zusammensetzungen verschiedener Kraftfuttermischungen, die jährlichen und saisonalen Schwankungen in den Nährstoffgehalten und die jeweils unterschiedlichen Hektarerträge je nach Anbaumethode und Region. Die generische Modellierung von Kraftfutter stellt eine Schwäche des Modells dar, die im Zuge der Flexibilität und angesichts unzureichender hofspezifischer Informationen in Kauf genommen wurde. Die Vernachlässigung von jährlichen Schwankungen in Nährstoffgehalten durch stichprobenartige Verwendung der Lufanalalysen von 2022 dürfte aufgrund der geringen Abweichungen nur kleine Auswirkungen auf das Ergebnis haben.

Um Flächenbedarfe und Nährstoffgehalte der Futtermittel aus eigenem Anbau besser abbilden zu können, wäre zudem die Abfrage der Nutzungsintensität und Erntezeiten der Flächen sinnvoll gewesen. Die aus LEL/LAZBW (2022) verwendeten Durchschnittswerte für Hektarerträge und Energiegehalte der Futtermittel könnten so weiter spezifiziert werden, da z. B. der Energiegehalt von Frischgras und Heu je nach Erntezeit und vorheriger Mahd schwankt.

Die Analyse eines einzelnen Wirtschaftsjahres als Basis für die Bewertung der Futtermittelproduktion erfasst die mit saisonalen Schwankungen einhergehenden Variabilitäten in der Futtermittelqualität und den Produktionsmitteleinsätzen nur eingeschränkt. Eine Mittelwertbildung über einen Zeitraum von mindestens drei Jahren würde robustere Ergebnisse ermöglichen. So ließen sich auch Abweichungen zum Beispiel durch besonders nasse oder trockene Jahre bzw. hohe Temperaturen besser berücksichtigen.

2.4.2 Einordnung der Ergebnisse

Die meisten der im Rahmen des Projektes betrachteten Betriebe liegen mit ihrer produktbezogenen Treibhausgasbilanz im Bereich der Ergebnisse vorheriger Studien (LfL Bayern 2022; Antony et al. 2021a). Auf eine detaillierte Diskussion der Einzelbeiträge zum Treibhausgaspotenzial bzw. Vergleiche zwischen Höfen wird aufgrund der in Kapitel 3.4.1 beschriebenen Unsicherheiten an dieser Stelle verzichtet.

Auch der Beitrag von 50-70 Prozent der enterischen Fermentation zum Treibhausgaspotenzial ist mit den Ergebnissen anderer Studien vergleichbar (FAO 2022). Die Beiträge aus Futtermitteln beinhalten deren Produktion und bei Zukauffutter auch deren Transport. Über die Nährstoffgehalte und zum Beispiel die Verdaulichkeit hat die Futtermittelzusammensetzung wiederum Einfluss auf die Methanemissionen aus enterischer Fermentation.

Ein Entwurf der FAO (2022) liefert einer Übersicht über aktuell diskutierte und erforschte Strategien zur Reduktion der Methanemissionen aus der Rinderhaltung. Dazu gehören Tierzucht und Management, Futtermanagement, Futtermittelzusammensetzung und Pansenmanipulation. Einige der Strategien sind derzeit gut erforscht und einsetzbar, während andere sich noch im Versuchsstadium befinden. Insbesondere extensive Weidesysteme stellen laut FAO (2022) eine besondere Herausforderung in der Implementierung einiger Strategien dar. So führt zum Beispiel eine bessere Verdaulichkeit der Futterration zu einer Minderung des Bruttoenergiebedarfs und der Treibhausgasemissionen (vgl. Kapitel 3.2). Diese ist unter anderem

über höhere Kraftfutteranteile zu erreichen, was im Widerspruch zu dem Biodiversitätsziel steht, einen hohen Anteil an Eigenfutter aus dem eigenen, artenreichen Grünland zu gewinnen.

Im Bereich des Wirtschaftsdüngermanagements gibt es ebenfalls hinreichend Studien um sinnvolle Maßnahmen, wie zum Beispiel eine zügige Einarbeitung, die Vergärung in Biogasanlagen und einen großen Anteil an Weidetagen ableiten zu können (Arbeitsgruppe BEK 2021; Antony et al. 2021a). Zu den Einsparmöglichkeiten im Bereich des Futtermanagements, der Futtermittelzusammensetzung und des Wirtschaftsdüngermanagements kann auf betrieblicher Ebene eine Beratung unter Berücksichtigung von Tiergesundheit und wirtschaftlichen Aspekten sinnvoll sein.

Das in GOBIOM entwickelte Milchmodell hat orientierenden Charakter. Unsicherheiten sind in Abschnitt 3.2 erläutert und die geringe Anzahl an berechneten betrieblichen Treibhausgasbilanzen lässt eine statistische Auswertung nicht zu. Die in der Literatur beschriebene Aussage „bessere Treibhausgasbilanz durch Intensivierung“ zeigt sich gleichwohl in der Tendenz in den Ergebnissen. Zehetmeier et al. (2012) zeigen, dass die durch höhere Milchleistung verringerte Treibhausgasbilanz von Milch, je nach Systemgrenze und Allokationsmethode, zu einer höheren Treibhausgasbilanz des Koppelprodukts Fleisch führen kann und veranschaulichen damit die Wichtigkeit einer systemischen Herangehensweise bei der Beurteilung von Koppelprodukten.

Die Flächenausstattung der Betriebe ist in der Regel über die naturräumlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen vorgegeben und kann nur bedingt durch Verkauf, Zukauf oder Pacht von Flächen verändert werden. Die Besatzdichte hängt neben den wirtschaftlichen Zielen und rechtlichen Rahmenbedingungen, wie z. B. der Düngeverordnung, von der vorhandenen Infrastruktur (z. B. Größe des Stalls) ab. Anders ausgedrückt: Die Flächenausstattung und Besatzdichte der Betriebe hängt nicht direkt von der produzierten Milchmenge ab und auch umgekehrt besteht diesbezüglich keine eindeutig herzuleitende Abhängigkeit.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit der Intensivierung der Milchleistung bei gleichzeitiger Extensivierung der Beweidung durch Reduzierung der Besatzdichte. Erstere Strategie würde auf das Ziel der Verringerung produktbezogener Treibhausgasemissionen einzahlen, während letztere Strategie potenziell biodiversitätsfördernd ist. Die Vor- und Nachteile einer Steigerung der Milchleistung, z. B. durch Verdrängungszucht auf Hochleistungsrassen oder optimierte Fütterung sind vielfältig und sollten im Einzelfall unter Berücksichtigung von Tierwohl und Tiergesundheit, Wirtschaftlichkeit, naturräumlichen Bedingungen, Milchqualität und Nachhaltigkeit abgewogen werden.

Ein generelles Problem der Ökobilanz, welches insbesondere bei der Bewertung von landwirtschaftlichen Systemen zum Vorschein tritt, ergibt sich aus dem Fokus auf Produkte mit präzise definiertem Nutzen, die von zumindest teilweise industrialisierten Systemen bereitgestellt werden. Die potenziellen negativen Auswirkungen des Produktsystems auf die Biosphäre, Lasten aufgrund von Emissionen und Ressourcenverbräuchen, können mit der Methode Ökobilanz recht solide quantifiziert und auf Produkte des untersuchten Systems, für die über die funktionelle Einheit ein Nutzen definiert ist, zugerechnet (allokiert) werden (im Milchproduktionssystem: Milch und Fleisch). Zu den schwer quantifizierbaren Auswirkungen menschlichen Wirtschaftens auf die Umwelt gehören auch landwirtschaftliche Praktiken, die in gewissem Sinne positive Auswirkungen haben können, wie z. B. Biodiversitätsförderung /-erhaltung. Entsprechende Auswirkungen sind häufig auf übergeordneter Ebene (z. B. auf Betriebs- oder

Landschaftsebene) beschreibbar, jedoch in der Regel nicht ohne weiteres quantitativ bestimmbar. Entsprechend besteht in der Logik der Zurechnung von Umweltlasten eines Produktsystems auf dessen Produkte die Herausforderung, einer positiven Auswirkung eine (potenziell negative) Last zuzuweisen. Dieser Umstand zeigt sich allein in der Allokation von Umweltauswirkungen auf Haupt- und Nebenprodukte, unabhängig von den letztendlich gewählten Allokationsfaktoren (vgl. Abschnitt 3.1).

Ökosystemleistungen (engl.: Ecosystem Services – ES), die per Definition ebenfalls einen Nutzen für den Menschen bereitstellen (Millennium Ecosystem Assessment 2005), werden in produktbezogenen Ökobilanzen üblicherweise wenig bis gar nicht berücksichtigt. Für den vorliegenden Fall interessant erscheint der Vorschlag von Haines-Young und Potschin (2011), der zwischen regulierenden und erhaltenden (engl.: regulating & maintaining ecosystem services – RES), produzierenden Ökosystemleistungen (engl.: provisioning ecosystem services – PES) und kulturellen Ökosystemleistungen (CES) unterscheidet. Diese Überlegungen aufgreifend, untersuchen Joly et al. (2024) Ökobilanzergebnisse von auf Nutztierhaltung basierenden Produktionssystemen. Dabei stellen sie die Ergebnisse in den Wirkungskategorien Klimawandel und Ressourcenverbrauch einem Ansatz zur Bewertung der Ökosystemleistungen gegenüber. Joly et al. (2024) stellen fest, dass Produktionssysteme mit hohen Umweltauswirkungen pro Kilogramm Protein als funktionelle Einheit der Ökobilanz eine hohe Kapazität für regulierende Ökosystemleistungen (RES) aufweisen. Mit der Flächenbelegung als funktioneller Einheit sind regulierende Ökosystemleistungen negativ mit den Umweltauswirkungen der Ökobilanz reguliert. Dies bedeutet, dass Systeme mit hohen Umweltauswirkungen pro Flächeneinheit entsprechend geringere regulierende Ökosystemleistungen bereitstellen und umgekehrt. Folgt man der Argumentation von Joly et al. bezüglich produzierender Ökosystemleistungen, haben Systeme mit hohem Output pro Flächeneinheit (= hohes PES) auch hohe Umweltauswirkungen pro Flächeneinheit. Umgekehrt haben Systeme mit niedrigem Output pro Flächeneinheit entsprechend geringere Umweltauswirkungen pro Flächeneinheit.

Auch die Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen darauf hin, dass extensive Produktionssysteme, denen ein tendenziell geringerer PES und ein hoher RES unterstellt werden kann, in Bezug auf eine flächenbezogene Darstellung der betriebsbedingten THG-Emissionen besser abschneiden als intensive Produktionssysteme – mit mutmaßlich höherem PES.

Im folgenden Kapitel 4 werden auf Basis einer systematischen Literaturrecherche die bestehenden Ansätze zur Integration von Biodiversität als Wirkungsindikator in Ökobilanzen diskutiert.

Ein alternativer Ansatz besteht darin, Ökosystemleistungen über eine Monetarisierung von biodiversitätsrelevanten Aspekten in Ökobilanzen einzubeziehen. So nutzen beispielsweise Greyerz et al. (2023) vom schwedischen Staat ausbezahlte, naturschutzgebundene Fördergelder an Milchviehbetriebe als Näherungswert für den Wert der damit verbundenen Ökosystemleistungen. Werden diese über eine entsprechende ökonomische Allokation auf die Umweltwirkungen des Produktsystems angerechnet, verringert sich der Wert der auf die Milchproduktion allokierten Treibhausgasemissionen rechnerisch um 11 - 31 Prozent. Das skizzierte Vorgehen erscheint grundsätzlich mit der Logik der Ökobilanz vereinbar, da ohnehin stets eine Allokationsmethode zwischen Koppelprodukten festgelegt werden muss. Während der ökonomische Wert von Milch und Fleisch vergleichsweise leicht über den Verkaufspreis zu ermitteln ist, ist der Wert der mit ihrer Produktion verbundenen Ökosystemleistungen jedoch ungleich

schwerer zu quantifizieren. Die tatsächlich emittierten Emissionen verhalten sich selbstverständlich unabhängig gegenüber der gewählten Allokationsmethode, dennoch könnte hierdurch eine Incentivierung hin zu mehr Biodiversitätsförderung erreicht werden. Eine mögliche Implementierung ließe sich z. B. über schlag- und oder maßnahmenbezogen ausgezahlte Fördergelder und Zuschüsse realisieren, wie es z. B. in Baden-Württemberg im Rahmen des Förderprogramms FAKT II (MLR 2022) erfolgt.

3 Literaturanalyse zur Integration von Biodiversität in Ökobilanzen

Vorbemerkung: Die Literaturanalyse war der Ausgangspunkt der Überlegungen zur Wahl einer geeigneten Methode zur Quantifizierung der Biodiversität, wurde jedoch auch nach der Festlegung auf die im Projekt zu nutzende Hemerobiemethode über die Projektlaufzeit hinweg fortgeführt. Nach der Festlegung auf Hemerobie gab es durchaus relevante Neuerungen bei anderen methodischen Ansätzen zur Quantifizierung biodiversitätsrelevanter Aspekte in Ökobilanzen. Diese werden im Folgenden beschrieben. Mit dem methodischen Entwicklungsstand zum Zeitpunkt der Berichterstattung wäre auch die Wahl einer anderen Methodik für das beschriebene Vorhaben denkbar oder zumindest detailliert zu prüfen. Zweck dieses Kapitels ist es deshalb nicht, andere Bewertungsansätze systematisch auszuschließen, sondern einen Überblick über die im Hinblick auf die Fragestellung aktuell verfügbaren Methoden zu geben und die gewählte Methode zu begründen. Ein umfassender Praxistest verschiedener Tools unter Berücksichtigung neuer Entwicklungen und deren Anwendung auf die Fragestellung wäre ein eigenes Forschungsvorhaben und ist zum Zeitpunkt der Berichtserstellung nicht mehr zielführend.

Laut Jeffries (2006) gibt es über 85 Definitionen von Biodiversität. Diese beinhalten neben der Artenvielfalt auch die genetische Vielfalt sowie die Vielfalt an Biotopen, Ökosystemen und Ökosystemfunktionen (Wittig und Niekisch 2014). Die ökobilanzielle Betrachtung beschränkt sich jedoch meist auf die Dimension Artenvielfalt bzw. den potenziellen Artenverlust (Maier et al. 2019). Basisdokumente zu methodischen Anforderungen wurden von der UNEP-SETAC Life Cycle Initiative (Koellner et al. 2013) erarbeitet. Der Ansatz definiert die Wirkung von Landnutzung als den Qualitätsunterschied einer Fläche über einen bestimmten Zeitraum und adressiert damit Landnutzung als einen Treiber von Biodiversitätsverlust. Seitdem werden die entwickelten Methodenansätze in diesem Kontext international diskutiert. Ein nicht mehr ganz aktuelles Review zu bestehenden Ansätzen findet sich beispielsweise in Winter et al. (2017). Im Rahmen der Literaturanalyse wurden deshalb aktuelle methodische Ansätze gesichtet und anschließend im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit im hier beschriebenen Forschungsvorhaben ausgewertet. Aufgrund der methodischen Anforderungen in der Ökobilanz müssen Methoden zur Abbildung der Biodiversität

- die Datenverfügbarkeit berücksichtigen,
- rechnerisch „anschlussfähig“ sein und
- ein transparentes Charakterisierungsmodell mit einem definierten Wirkungsindikator beinhalten.

In den Normen DIN EN ISO 14040:2021-02 und DIN EN ISO 14044:2021-02 wird in der Einleitung ausgeführt, dass eine Ökobilanz dabei helfen kann, Möglichkeiten zur Verbesserung der Umwelteigenschaften von Produkten in den verschiedenen Phasen ihres Lebensweges aufzuzeigen. Die Ergebnisse der gewählten Methode müssen die bezüglich der untersuchten

Wirkungskategorie relevanten Beiträge innerhalb des untersuchten Produktsystems aufzeigen und auf Optimierungspotenziale sowie Handlungsoptionen zur Optimierung hinweisen. Für die Fragestellung dieses Vorhabens muss außerdem die Möglichkeit bestehen, sowohl generische Daten zu verwenden als auch spezifische Situationen auf betrieblicher Ebene abzubilden.

Die „Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment“ (GLAM) als Teil der UNEP-SETAC Life Cycle Initiative empfiehlt unter anderem, funktionelle Biodiversität als zusätzlichen Indikator in Ökobilanzen zu berücksichtigen. Neuere methodische Ansätze tragen dieser Empfehlung Rechnung und binden Indikatoren für die funktionelle Diversität nach Villéger et al. (2008) in die Bewertung der Umweltauswirkungen von Landnutzung ein (Scherer et al. 2020; Rosa et al. 2024).

Der potenzielle Artenverlust (engl.: potentially disappeared fraction of species (PDF)) wurde von Goedkoop et al. (2009) als Wirkungsindikator zur Biodiversitätsbewertung in Ökobilanzen vorgeschlagen. Er ist nach wie vor einer der meistgenutzten methodischen Ansätze zur Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte in Ökobilanzen. Der Endpoint-Charakterisierungsfaktor „Ecosystem Damage“ des gängigen Charakterisierungsmodells ReCiPe (Goedkoop et al. 2009) berechnet sich aus dem PDF und der Artendichte (engl.: species density). Die Methode zielt auf eine Biodiversitätsbewertung anhand generischer, aggregierter Daten zu beiden Metriken auf globaler Ebene ab. Wenn diese Methode auch für bestimmte Fragestellungen potenziell hilfreich ist, so erfüllt sie die spezifischen Anforderungen im vorliegenden Forschungsvorhaben nicht vollumfänglich. Entsprechend wurde die Methode im weiteren Projektverlauf nicht vertiefend betrachtet.

Maier et al. (2019) schlagen zur Beurteilung von Biodiversität in Ökobilanzen einen dreistufigen, hierarchisch aufgebauten Rahmen vor:

1. Regionalisierung der Landnutzung und Biodiversitätsrisiken mithilfe globaler Geodaten,
2. Unterscheidung der Landnutzungsarten und deren Umweltauswirkungen anhand verschiedener Biodiversitätsmetriken wie Artenreichtum oder Naturferne und
3. Entwicklung von Indizes zur Landnutzungsintensität durch Berücksichtigung von Managementpraktiken wie Düngung, Bewässerung und Pestizideinsatz.

Aufbauend auf der Berechnungsmethode von Lindner et al. (2015) und dem Rahmen nach Maier et al. (2019), entwickelten Lindner et al. (2019) die Biodiversity Value Increment Methode (BVI). Diese modelliert die Qualitätsänderung einer Fläche über einen bestimmten Zeitraum und bewertet die Qualität anhand ihrer Naturferne (Fehrenbach et al. 2021a). Die Methode erlaubt sowohl grobskalige als auch kleinräumige geografische Betrachtungen (Lindner et al. 2022). Im Gegensatz zu objektiv messbaren, quantitativen Metriken wie beispielsweise der Artenvielfalt erkennen die Autoren*Autorinnen den normativen Charakter der Qualitätsbewertung an. Aktuelle Forschung soll die zukünftige Implementierung der BVI-Methode in Ökobilanzdatenbanken ermöglichen (Lindner et al. 2024; Lindner et al. 2022). Ansätze zu einer möglichen Integration der BVI-Methode in die Agribalyse-Ökobilanzdatenbank zeigten, dass diese auch datensparsamer als ursprünglich von den Autoren*Autorinnen in Lindner et al. (2019) beabsichtigt eingesetzt werden kann (Lindner et al. 2022). Ein Nachteil des BVI-Indikators, den die Autoren*Autorinnen ebenfalls selbst anerkennen, ist dessen unklare Verortung zwischen Midpoint- und Endpoint-Indikator. In die Berechnung gehen sowohl Sachbilanzdaten als auch Midpoint-Indikatoren direkt ein, was die

Anschlussfähigkeit an die aktuelle Ökobilanzmethodik und -software einschränkt (Lindner et al. 2022).

Die LANCA (Land Use Indicator Value Calculation)-Methode (Bos et al. 2016) ist ein standardisiertes Werkzeug zur Bewertung der potenziellen Umweltwirkungen von Landnutzung im Rahmen von Ökobilanzen. Sie berücksichtigt verschiedene Einflussfaktoren wie Erosion, Versauerung, Nährstoffbindung, mechanische Filtration und Grundwasserneubildung und bietet Indikatoren zur Quantifizierung von Landnutzungswirkungen. Die Methode basiert auf räumlich-zeitlichen Daten und ermöglicht die Bewertung von Landnutzungsänderungen und deren Auswirkungen auf bestimmte Ökosystemfunktionen. LANCA stellt somit eine wichtige Grundlage für die Beurteilung von Landnutzungsaspekten dar, insbesondere in der Agrar- und Forstwirtschaft sowie im Bauwesen. Ein Bezug zur Beurteilung der Biodiversität ist allerdings nur indirekt vorhanden.

Das SALCA-Modell wird speziell für die Anforderungen an Ökobilanzen im Agrar- und Lebensmittelbereich entwickelt (Gaillard und Nemecek 2009). Der geografische Fokus liegt auf der Schweiz; das Modell lässt sich mit entsprechenden Anpassungen aber auch auf Mittel- und Westeuropa übertragen. Die Ergebnisse von SALCA wurden mit Kartierungsdaten verglichen und für verschiedene Agrarökosysteme, einschließlich Grünland, validiert (Jeanneret et al. 2014; Zumwald et al. 2018). Eine umfangreiche Aktualisierung der SALCA-Methode (Nemecek et al. 2024) beinhaltet neue Emissions- und Wirkungsmodelle zur Beurteilung der Effekte auf die Schutzgüter Biodiversität und Bodenqualität. Damit ermöglicht SALCA eine ökobilanzielle Bewertung der Auswirkungen landwirtschaftlicher Praktiken auf elf Gruppen von Zeigerarten verschiedener Taxa, trophischer Ebenen und ökologischer Nischen. Die Methode ist für Grün- und Ackerland anwendbar (Nemecek et al. 2024). Für jede Gruppe von Zeigerarten (Indicator species group, ISG) wird eine zusammengesetzte Punktzahl aus der Eignung des jeweiligen Habitats, dem Einfluss des Managements und der erwartbaren Reaktion einer Zeigerart auf die gewählte Managementoption errechnet. Aus den elf artgruppenspezifischen Werten wird wiederum ein zusammengesetzter Biodiversitätsindikator gebildet. Weiterentwicklungen des SALCA-Modells beinhalten die Gewichtung verschiedener Arten anhand ihrer Position im Nahrungsnetz des betreffenden Biotops. Die SALCA-Methode und das neu entwickelte Biodiversitätsmodul stellen eine bedeutende methodische Weiterentwicklung dar und vergrößern das Methoden-Repertoire zur Bearbeitung zukünftiger Fragestellungen erheblich, auch wenn sie grundsätzlich hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit von Daten stellen. Aufgrund dessen und der Tatsache, dass die Methodik erst zum Projektende verfügbar wurde, konnte sie im GOBIOM-Projekt nicht berücksichtigt werden.

Andere Methoden und Tools, wie z. B. das Cool Farm Tool (Cool Farm Alliance 2024) und das APS-Footprint-Tool (Braconi 2021) wurden speziell für Ökobilanzen von Tierproduktionssystemen entwickelt. Mit APS ist jedoch bislang keine Biodiversitätsbewertung möglich, da es auf der Wirkungsabschätzungsmethode Environmental Footprint 2.0 basiert und diese kein explizites Charakterisierungsmodell für Biodiversität beinhaltet. Das Cool Farm Tool ermöglicht neben der Berechnung der THG- und Wasser-Fußabdrücke auf Betriebsebene auch die Bewertung der Biodiversität mithilfe eines Punktesystems. Dieses basiert auf wissenschaftlichen Erkenntnissen und Expertenbeurteilungen und belohnt Maßnahmen, die die Biodiversität fördern. Faktoren, die die Biodiversität maßgeblich beeinflussen, aber in der Regel außerhalb der Einflussphäre der Landwirte liegen, wie die großräumige Landschaft, werden hingegen nicht berücksichtigt. Der Ansatz fokussiert sich somit auf die Bemühungen zur Förderung der Biodiversität und nicht auf die tatsächlich messbaren Ergebnisse. Mit Blick auf das Ziel

des Tools und die evidenzbasierte Bewertung der Maßnahmen ist dieser Umstand nicht unbedingt nachteilig zu bewerten, allerdings verringert er die Anschlussfähigkeit zur klassischen Methodik der Ökobilanz.

Das CAP'2ER-Tool (Calcul des Performances Environnementales des Exploitations Agricoles) (idele 2022) ist ein spezialisiertes Instrument zur Bewertung der Umweltauswirkungen landwirtschaftlicher Betriebe, inklusive positiver Auswirkungen wie der Kohlenstoffspeicherung im Boden, Biodiversitätsförderung und Landschaftspflege. Dabei berücksichtigt das Tool verschiedene Parameter wie den Betriebsmitteleinsatz, die Tierhaltung, den Wasserverbrauch, das Gülle-Management und die Bodenbearbeitung. CAP'2ER ermöglicht es Landwirten*Landwirtinnen, ihre Umweltleistung zu bewerten und Maßnahmen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit zu identifizieren. Es wird zudem in Forschung, Beratung und Politikgestaltung genutzt, um nachhaltige landwirtschaftliche Praktiken zu fördern.

Die oben beschriebenen Methoden lassen sich in zwei Gruppen gliedern:

1. Methoden, die schwerpunktmäßig Artenvielfalt in definierten geographischen Räumen als Sachbilanzdaten nutzen, zum Beispiel Chaudhary und Brooks (2018) und Methoden.
2. Methoden, die schwerpunktmäßig Landnutzungsmerkmale, die einen Einfluss auf die Biodiversität haben, als Sachbilanzdaten nutzen (Lindner et al. 2019; Maier et al. 2019; Fehrenbach et al. 2015b; Fehrenbach et al. 2021a; Fehrenbach et al. 2015a).

Die Methoden der Gruppe 1 greifen auf Datenbanken zur Artenvielfalt zurück, die einen generischen Charakter haben. Für Projekte mit einem so kleinräumigen regionalem Fokus wie im GOBIOM-Projekt ist die geographische Auflösung zu grob. Weder regionale Unterschiede noch betriebsspezifische Differenzierungen können berücksichtigt werden. Zudem werden nicht alle Artengruppen adressiert. Wirth et al. (2024) weisen darauf hin, dass für Deutschland kein standardisiertes Verfahren zur Erfassung der biologischen Vielfalt existiert. Es ist davon auszugehen, dass die Situation in anderen geografischen Regionen nicht grundlegend anders ist, sodass globale Daten zur biologischen Vielfalt nur vorsichtig interpretierbar sind. Für einen kleinräumig regionalen Fokus wie im GOBIOM-Projekt ist die geografische Auflösung dieser Methoden zu grob.

Die Methoden der Gruppe 2 greifen auf Landnutzungsmerkmale zurück und adressieren damit Lebensräume als Basis für die Artenvielfalt. Der Zusammenhang zwischen Artenvielfalt und Landnutzung wurde in Wirth et al. (2024) untersucht. In der Publikation werden der Zustand und die Trends der Artenvielfalt in Deutschland sowie direkte und indirekte Ursachen der Trends nach Lebensraumtypen (Agrar- und Offenland, Wald, Binnengewässer und Auen, Küsten und Küstengewässer, Urbane Räume, Bodenbiodiversität), gegliedert dargestellt und diskutiert. Als wichtigste direkte Treiber von Biodiversitätsveränderungen im Agrar- und Offenland werden Landnutzungsänderungen (Veränderung der Struktur der Landschaft), der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Nährstoffeinträge und der Klimawandel benannt. Die Methoden der Gruppe 2 adressieren in der Regel die ersten drei Treiber und bieten in ihren Ergebnissen Ausblicke zu Optimierungsoptionen. Dies war im GOBIOM-Projekt ein wichtiger Grund, eine Methode aus Gruppe 2 zu wählen.

Auf Basis der Erkenntnisse aus der Literaturanalyse zu Beginn des Forschungsvorhabens wurden zwei für das Vorhaben vielversprechende Ansätze identifiziert und für die vertiefende Betrachtung ausgewählt. Dabei handelt es sich erstens um die sogenannte „Hemerobie-methode“, die von Fehrenbach et al. (2021a, 2021c, 2021b) zur Bewertung von Landnutzung in Ökobilanzen vorgeschlagen wird, und zweitens um das Charakterisierungsmodell des

potenziellen Artenverlusts nach (2018). Beide Ansätze wurden zunächst anhand generischer Daten zur Milchproduktion in Deutschland (vgl. Antony et al. (2021a)) einer ersten praktischen Anwendung unterzogen. Dabei zeigte sich, dass der Ansatz von Chaudhary & Brooks zwar bezüglich der Datenerhebung weniger aufwändig ist, die für das vorliegende Vorhaben erforderliche kleinräumige bzw. regionen- und betriebsspezifische Differenzierung mit diesem Ansatz jedoch nicht möglich ist. Im GOBIOM-Projekt war das Ziel, richtungssichere und belastbare Aussagen zu biodiversitätsrelevanten Aspekten von Milchproduktionssystemen basierend auf praxisnah erhebbaren, einzelbetrieblichen Informationen zu generieren. Zudem sollten regionale Unterschiede analysiert werden. Unter Berücksichtigung der oben genannten Kriterien „Transparenz“, „Anschlussfähigkeit“, „Datenverfügbarkeit“ und „generisch/spezifisch geeignet“ wurde der Hemerobie-Ansatz nach Fehrenbach et al. (2015a; 2021a) ausgewählt und für spezifische Datenerhebungen in Milchproduktionssystemen eingesetzt. Das Ziel des GOBIOM-Projekts war es, richtungssichere und belastbare Aussagen zu biodiversitätsrelevanten Aspekten von Milchproduktionssystemen zu generieren, die auf praxisnah erhebbaren einzelbetrieblichen Informationen basieren. Zudem sollten regionale Unterschiede analysiert werden. Hinsichtlich der oben genannten Kriterien „Transparenz“, „Anschlussfähigkeit“, „Datenverfügbarkeit“ und „generisch/spezifisch geeignet“ wurde der Hemerobie-Ansatz nach Fehrenbach et al. (2015a; 2021a) ausgewählt und für spezifische Datenerhebungen in Milchproduktionssystemen adaptiert. Die gewählte Methode ist in die Gruppe 2 einzuordnen. Die Sachbilanzdaten sind in die vier Kategorien Artenvielfaltspotenzial, Strukturdiversität, Bewirtschaftung/Bodenschutz und Stoffeinträge gegliedert. Die Methode umfasst insgesamt elf Messgrößen, die betriebsspezifisch gut erhebbar sind (vgl. Kapitel 3.2). Im zugrundeliegenden Charakterisierungsmodell werden ordinale Hemerobieklassen gebildet (Gruppen gleicher Eigenschaften). Dieser Ansatz erlaubt eine hinreichende Trennschärfe und ist vergleichsweise einfach zu handhaben.

In der Gesamtschau stellt die Methode der Quantifizierung des Naturfernepotenzials (Hemerobieansatz) nach Fehrenbach et al. (2021c) eine für die vorliegende Studie geeignete Ausgangsbasis dar. Vor dem Hintergrund der angestrebten Untersuchung biodiversitätsfördernder Milchproduktionssysteme wurde der Hemerobieansatz projektspezifisch weiterentwickelt, wie im folgenden Kapitel 5 beschrieben.

4 Projektspezifische Weiterentwicklung der Methodik für Milchviehbetriebe

Das Charakterisierungsmodell nach Fehrenbach et al. (2021c), das die Grundlage der weiteren Arbeiten in diesem Projekt bildet, wurde in Kapitel 3 bereits vorgestellt. Der Grund für die Notwendigkeit zur Weiterentwicklung liegt in der Auswahl geeigneter Sachbilanzdaten zur richtungssicheren Abbildung des Naturfernepotenzials bei spezifischen Milchviehbetrieben. Hier galt es zu berücksichtigen, dass die Betriebsstruktur neben Grünland auch Ackerbau zur Futtermittelerzeugung umfassen aber auch Futtermittelzukauf erfolgen kann. Das hat Konsequenzen für die Struktur der Sachbilanzdaten.

In Kapitel 3.1 wird zur Ableitung des in diesem Projekt verfolgten Ansatzes die Sachbilanzdatengrundlage des Hemerobiekonzepts im Kontext spezifischer Milchviehbetriebe analysiert, auf dieser Basis der Weiterentwicklungsbedarf des Ansatzes von Fehrenbach et al. (2021c) und die Weiterentwicklung in diesem Projekt abgeleitet.

In Kapitel 5.2 wird die Berücksichtigung der zugekauften Futtermittel erläutert.

In Kapitel 5.3 werden die Ergebnisse hinsichtlich ihrer Aussagekraft und der Trennschärfe für unterschiedliche Betriebe diskutiert.

4.1 Entwicklung des Hemerobiekonzepts und Weiterentwicklungsbedarf

4.1.1 Anforderungen an quantitative Sachbilanzdaten

In Fehrenbach et al. (2021a), Kapitel 2.1, wird die Flächeninanspruchnahme zur Produktion von Gütern und Erbringung von Dienstleistungen unter dem Begriff „Flächenrucksack“ gefasst, der folgendermaßen definiert wird:

„Als Ausgangsgrößen für den Flächenrucksack dienen quantitative Angaben in der physikalischen Fläche, d.h. Quadratmeter oder Hektar pro Referenzgröße bzw. funktionale Einheit (fE). Diese Angaben werden definiert als

- Temporäre Flächenbelegung und
- Flächennutzungsänderung.

Die temporäre Flächenbelegung beschreibt die Fläche (m^2), die über einen bestimmten Zeitraum für die Erzeugung eines Guts oder einer Dienstleistung belegt wird.“

„Die zweite Ausgangsgröße, die Flächennutzungsänderung, beschreibt die mit einem Gut oder einer Dienstleistung bzw. mit deren Bereitstellung verbundene Veränderung von vorausgehenden Flächenbelegungen, die einem anderen Zweck dienen.“

Innerhalb des GOBIOM-Projektes werden temporäre Flächenbelegungen betrachtet, die als spezifische Sachbilanzdaten in den Milchviehbetrieben zuverlässig zu erheben sind. Dabei werden folgende Daten berücksichtigt:

Temporäre Flächenbelegung der spezifischen Betriebsfläche

Die Primärdatenerhebung des Flächenertrags erfolgte gemäß Fehrenbach et al. (2021a), Kapitel 3.2.6: Biomasseproduktion pro Fläche und Jahr: $[\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{a}]$. Adaptiert auf die Fragestellung dieses Projektes für spezifische Betriebe bedeutet dies:

- Milchproduktion pro spezifische Betriebsfläche und Jahr: $[\text{kg}_{\text{ECM}}/\text{m}^2 \cdot \text{a}]$;
- daraus ermittelt die spezifische temporäre Flächenbelegung: $[\text{m}^2 \cdot \text{a}/\text{kg}_{\text{ECM}}]$.

Temporäre Flächenbelegung aufgrund zugekaufter Futtermittel

- Ertrag Futtermittel pro Fläche und Jahr: $[\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{a}]$ (Literaturdaten, vgl. Abschnitt 5.2);
- daraus ermittelt temporäre Flächenbelegung zugekaufter Futtermittel: $[\text{m}^2 \cdot \text{a}/\text{kg}]$;
- Bedarf an zugekauften Futtermitteln pro Milchproduktion: $[\text{kg}/\text{kg}_{\text{ECM}}]$
- daraus ermittelt temporäre Flächenbelegung zugekaufte Futtermittel $[\text{m}^2 \cdot \text{a}/\text{kg}_{\text{ECM}}]$

Weitere temporäre Flächenbelegungen, wie z. B. aufgrund von Strom- und Dieselproduktion, auf Basis der spezifischen betrieblichen Verbräuche oder betonierte/überbaute Flächen werden im GOBIOM-Projekt nicht berücksichtigt.

4.1.2 Anforderungen an qualitative Sachbilanzdaten

Im Hemerobiekonzept werden Flächen, die zur Produktion von Gütern genutzt werden, entsprechend ihres Naturfernepotenzials (NFP) eingeordnet und einer Hemerobiekategorie zugeordnet (vgl. Abbildung 5-1).

Abbildung 5-1: Das Klassensystem der Hemerobieklassen mit indikativen Zuordnungen der Bandbreiten verschiedener Flächennutzungsarten

Hemero- bie- klasse	Wald/Forstwirtschaft	Landwirtschaft	Siedlungsflächen
I natürlich	Urwald, keine Nutzung		
II			
III	Mehr bis weniger naturnah	Grünland, extensiv, artenreich	
IV	bewirtschaftete Wälder, Forste.	bis intensiv	Ackerland, extensiv, bis intensiv
V			Brachen
VI	Holzplantagen		Abbauflächen
VII			Versiegelung

Gestrichelte Grenzlinien zeigen Extremfälle, im Positiven (Rohstoffabbauflächen mit hohem Naturwertpotenzial) wie Negativen (Holzplantagen mit dauerhafter Schädigung der Selbstregulationsfähigkeit von Ökosystemen wie z.B. Eukalyptusplantagen).

Mittels Charakterisierungsfaktoren wird eine Gewichtung der physikalisch für einen Ertrag [z. B. kg/m²*a] erforderlichen Fläche vorgenommen (vgl. Tabelle 5-1).

Tabelle 5-1: Charakterisierungsfaktoren der Hemerobieklassen

Hemerobieklasse	Charakterisierungsfaktor	Einheit
VII	1	m ² e/m ²
VI	0,5	m ² e/m ²
V	0,25	m ² e/m ²
IV	0,125	m ² e/m ²
III	0,0625	m ² e/m ²
II	0,0313	m ² e/m ²

Grundgedanke dieser Flächencharakterisierung ist, dass Flächen mit einem sehr geringen NFP in Bezug auf die Förderung biologischer Vielfalt leistungsfähiger sind als Flächen mit einem sehr großen NFP (z. B. betonierte Fläche). Insofern hat die zur Produktion von Gütern erforderliche Fläche mit geringem NFP in Bezug auf die Förderung der Biodiversität einen höheren Nebennutzen als im zweiten Fall. Über einen entsprechend geringeren Charakterisierungsfaktor wird die zur Produktion erforderliche Fläche rechnerisch nur zu einem kleineren Teil der Produktion zugeschlagen. (vgl. Tabelle 5-1). Es ergibt sich somit ein artifizielles Flächenäquivalent mit der Einheit Quadratmeter Äquivalent [m²e*a], was als Wirkungsindikator Naturfernepotenzial (NFP) definiert ist². Der produktbezogene Wirkungsindikatorwert errechnet sich folgendermaßen:

$$NFP = \frac{\sum_{i=1}^7 Belegung_i \times CF_i}{fE} \quad (1)$$

mit:

NFP: Naturfernepotenzial [m² aF-Äq * a/fE]

aF-Äq: artifizielle Flächenäquivalente

i: Hemerobiekasse

fE: funktionelle Einheit

Belegung_i: Flächenbelegung mit Hemerobiekasse *i* [m²*a]

CF_i: Charakterisierungsfaktor nach Hemerobiekasse *i* [m² aF-Äq/m²].

² - Zum Hintergrund der Ableitung des Charakterisierungsmodells siehe auch Fehrenbach et al. (2021a), Kapitel 3.3; dieses folgt der Grundprämisse, würde die gesamte Landfläche der Welt mit dem geringstmöglichen menschlichen Einfluss (d. h. Klasse II) genutzt, dann sollte deren Wirkung insgesamt nicht schwerwiegender sein als die der gesamten Fläche, die derzeit mit der höchsten Hemerobie (Klasse VII) genutzten Fläche. Hier besteht eine implizite Werthaltung, nach der der Flächenmix insgesamt sich nicht zu mehr Naturferne hin entwickeln soll. Empirisch geht man vom Status quo des Anteils versiegelter Fläche (Klasse VII) aus, der ca.3 % der Gesamtlandfläche der Erde entspricht. Entsprechend kommt man zu einer maximalen Spanne von 1:33. Eine geringere Spanne (z. B. 1:10) würde dazu führen, dass die Klassen II und VII näher zusammenrücken. Das führt dazu, dass die naturschutzorientierte Best-Practice-Gesamtfläche durch menschliche Einflüsse (Klasse II) weniger vorteilhaft ist als das derzeitige Flächenmaß der Klasse VII. Dann würde die Grundprämisse zu ändern sein.

4.1.2.1 Bestimmung der Hemerobiekasse

Zur Bestimmung der Hemerobiekasse sind qualitative Sachbilanzdaten erforderlich. Diesbezüglich sind folgende Publikationen relevant, die nachfolgend analysiert werden:

- Fehrenbach (2000): Operationalisierung der Wirkungskategorie Naturraumbeanspruchung unter besonderer Berücksichtigung landwirtschaftlich genutzter Flächen. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg (*ifeu Arbeitspapier, ausführlich zitiert in Fehrenbach et al. (2021a)*).
- Fehrenbach et al. (2021a): Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen, Ermittlung und Verifizierung von Datenquellen und Datengrundlagen für die Berechnung der Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen für Ökobilanzen – Teilbericht I: METHODEN (Texte | 168/2021). Umweltbundesamt (Hg.).
- ifeu (2022): Governance of food supply chain to equilibrate price and profits of high quality and safe Mediterranean foods (GourMed). Im Rahmen der Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area. Teilvorhaben: Nachhaltigkeitsbewertung mediterraner Lieferketten anhand von ausgewählten Fallbeispielen. Gefördert durch: Bundesministerium für Bildung und Forschung (FKZ 01DH21012); laufendes Vorhaben. Das zugehörige Bewertungsschema „Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey“ wurde für dieses Projekt von ifeu zur Verfügung gestellt
- Fehrenbach (2000) zitiert nach Fehrenbach et al. (2021a)

In den voranstehend genannten Publikationen wird ein Leitbild für die Zuordnung von Landwirtschaftsflächen in Hemerobieklassen formuliert: „Angestrebt wird ein struktur- und artenreiches Agrarökosystem, in welchem die Produktionsverfahren auf das für eine nachhaltige Produktivität notwendige Maß beschränkt sind“

Die Erhebung der qualitativen Sachbilanzdaten fokussiert dabei auf Daten spezifischer landwirtschaftlicher Ackerbaubetriebe. Grünlandbetriebe werden in der aufgeführten Literatur nicht gesondert adressiert und eine generische Datenerhebung ist für diese nicht vorgesehen. Zu den vier Kriterien (Diversität der Begleitflora, Strukturdiversität, Bodenschutz, Stoffeinträge) werden Messgrößen und diesen zugeordnete Wertstufen als qualitätsbezogene Sachbilanzparameter definiert (Fehrenbach et al. 2021a), Tabelle 17).

Das Projekt versteht sich als Weiterentwicklung von Fehrenbach (2000). Ein wesentlicher Aspekt war die Anforderung der Bereitstellung generischer Sachbilanzdaten sowohl zur Flächenbelegung als auch zur qualitätsbezogenen Einordnung dieser Flächen. Letzteres hatte wesentliche Konsequenzen hinsichtlich der Operationalisierung der Kriterien, Messgrößen und diesen zugeordneten Wertstufen.

Generische Daten (z. B. 1 t Naphtha aus der EU) sind in Ökobilanzen erforderlich, da beispielsweise bei der Bilanzierung eines Kunststoffproduktes nicht nachzuvollziehen ist, welchen spezifischen industriellen Weg die Stoffe in einem chemischen Verbundwerk genommen haben. Für den technischen Bereich sind generische Datensätze heute recht gut verfügbar und in Datenbanken hinterlegt. Auch für den landwirtschaftlichen Bereich sind generische Daten erforderlich (z. B. 1 t Rapsöl aus Deutschland), die sich in der Entwicklung befinden.

Folgender, für das vorliegende Projekt (Landwirtschaftliche Flächen) relevanter Aktualisierungsbedarf zu Fehrenbach (2000), wird in Fehrenbach et al. (2021a), Kapitel 4.2.2.2, benannt:

- Recherche geeigneter generischer Daten³ für die Messgrößen unter Berücksichtigung der Datenverfügbarkeit. Im Zusammenhang damit die Aktualisierung und Plausibilisierung der Messgrößen vor dem Hintergrund verfügbarer Daten.
- Differenzierung der Messgrößen für Ackerflächen und Grünland, verstanden als Dauergrünland.

Die vier Kriterien (Diversität der Begleitflora, Strukturdiversität, Bodenschutz, Stoffeinträge) werden gegenüber Fehrenbach (2000) beibehalten. Die dazugehörigen Messgrößen werden jedoch mithilfe geänderter Wertstufendefinitionen operationalisiert (Fehrenbach et al. 2021a), Tabelle 18 (Ackerland) und Tabelle 20 (Dauergrünland)).

[ifeu 2022, Stand 12/2024 unveröffentlicht]:

Vom ifeu-Institut wurde uns das „Hemerobiekonzept_tool_Ackerflaechen_en_Farmers-VersionV3-1“ zur Verfügung gestellt, auf das sich die hier durchgeführte Analyse bezieht.

Das Projekt [ifeu 2022] führt betriebsbezogene Erhebungen durch (Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey) und greift sowohl Fehrenbach (2000) als auch auf Fehrenbach et al. (2021a) zurück. Teils werden Zuordnungsvorschriften zu Wertstufen aus Fehrenbach (2000) modifiziert, teils auf Zuordnungsvorschriften aus Fehrenbach et al. (2021a) zurückgegriffen, wenn die erforderlichen Daten spezifisch gut erhebbar sind.

Die kritische Analyse, warum die in den o.g. Publikationen vorgeschlagenen Messgrößen und die zugehörigen Wertstufendefinitionen eine Weiterentwicklung im GOBIOM-Projekt erforderlich machten, erfolgt in Abschnitt 5.1. Für das Konzept der Hemerobie, als Gruppierung von Naturräumen, die in gleicher Intensität durch anthropogene Eingriffe geprägt sind, hat sich die Anwendung ordinaler Klassen (I, II, III,...) bewährt (Fehrenbach et al. 2021a, dort Kapitel 3.2.1).

Für die landwirtschaftlich genutzten Flächen eines Betriebs, für die eine temporäre Flächenbelegung quantitativ definiert ist (in Milchviehbetrieben Grünland, also Wiese und Weide und ggf. Ackerland), werden qualitätsbezogene Sachbilanzdaten (Messgrößen) ausgewählt, die geeignet sind, um das Naturfernepotenzial richtungssicher zu beschreiben.

Die zu erhebenden Sachbilanzdaten müssen die Zuordnungsvorschriften der Wertstufen zu jeder Messgröße adressieren und es sollen möglichst wenig mathematische Verrechnungen erfolgen, um die Transparenz so groß wie möglich zu halten. Fehrenbach et al. (2021a) weisen darauf hin, dass die große Anzahl an Einzelergebnissen auf Basis der Messgrößen der möglichst umfangreichen Erfassung des Facettenreichtums des Naturfernepotenzials auf konkreten Flächen und damit der fachlichen Absicherung des Gesamtbildes und seiner Zuordnung zu einer Hemerobiekategorie ermöglihe.

³ Unter der Recherche geeigneter generischer Daten ist zu verstehen, dass die Hemerobiemethode auch ohne eigene Primärdatenerhebung, also auf Basis von generischen Sekundärdaten, anwendbar sein soll. Insofern werden mögliche Rückfallwerte aus Datenbanken recherchiert (vgl. hierzu auch die nachfolgende Diskussion dieses Sachverhaltes bei den einzelnen Messgrößen).

Die in den ausgewerteten Publikationen vorgenommenen Operationalisierungen werden im Folgenden im Detail auf die Nutzbarkeit für Milchviehbetriebe für alle Messgrößen analysiert und die in diesem Projekt vorgenommenen Modifizierungen begründet.

Alle analysierten Zuordnungslisten orientieren sich an den bereits o.g. vier Kriterien (Diversität der Begleitflora, Strukturdiversität, Bodenschutz, Stoffeinträge), die teils leicht unterschiedlich benannt werden und denen teils unterschiedliche Messgrößen zugeordnet wurden (Tabelle 5-2). Diese vier Kriterien wurden im GOBIOM-Projekt beibehalten, wenngleich Modifikationen vorgenommen wurden, die nachfolgend begründet werden. Anzumerken ist hier, dass bei der Modifizierung insbesondere auch die im Rahmen durchgeführten Biodiversitätsberatung erhobenen Betriebsdaten zu ökologisch wertvollen Flächen möglichst weitgehend genutzt wurden.

Tabelle 5-2: Übersicht zu Kriterien und Messgrößen der ausgewerteten Studien⁴

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		Lindner et al. (2022): Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey.		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland -	
Kriterien	Messgrößen	Kriterien	Messgrößen	Kriterien	Messgrößen	Kriterien	Messgrößen
Diversität der Begleitflora	1. Artenvielfalt in der Flur	1. Diversität der Ackerbegleitflora	1. Artenanzahl der Ackerbegleitflora	Diversity of arable flora	Metric 1: Number of segetal species	1. Diversität der Flora	1. Artenzahl in der Flur (analog zu Ackerflächen)
	2. Anteil seltener Arten		2. Existenz seltener Arten		Metric 2: Existence of rare species		2. Existenz seltener Arten (identisch zu Ackerflächen)
Strukturdiversität	3. Schlaggröße	2. Strukturdiversität	4. Schlaggröße	Structural diversity	Metric 4: Field size	2. Strukturdiversität	4. Schlaggröße (identisch zu Ackerflächen)
	4. Strukturelemente in der Flur		3. Strukturelemente in der Flur		Metric 3: Structural elements of the field (e.g. hedges, trees, forest stripes, thickets, wetlands, ponds, other habitable areas in the farming field)		3. Strukturelemente in der Flur (identisch zu Ackerflächen)
	5. Großräumige Landschaftsgliederung		5. Diversität in der Landschaft		Metric 5: Diversity in the landscape		5. Diversität in der Landschaft (identisch zu Ackerflächen)
Bodenschutz	6. Intensität der Bodenbearbeitung	3. Bodenschutz	6a. Intensität der Bodenbearbeitung	Soil protection	Metric 6a: Intensity of soil cultivation	3. Bewirtschaftung/Bodenschutz	6. Intensität der Bewirtschaftung

⁴ Gleich oder sehr ähnlich bezeichnete Messgrößen wurden wie in [Fehrenbach 2000] gruppiert, wenngleich die Reihenfolge in den anderen Publikationen teils leicht davon abweicht. Das dient dazu, Unterschiede leichter zu erkennen.

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		Lindner et al. (2022): Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey.		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland -	
			6b. Bodenverdichtung durch Landmaschineninsatz (gemessen am Dieselerverbrauch)		Metric 6b: Soil compaction due to agricultural machinery use (derived from diesel consumption)		
	7. Bodenbedeckung		7. Bodenbedeckung (gemessen am C-Faktor (Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor))		Metric 7: Soil cover		7. Bodenbedeckung
	8. Fruchtfolge		8. Agrodiversität		Metric 8: Agrodiversity		8. Schnitthäufigkeit/ Beweidung
Stoffeinträge	9. Düngungsweise	4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Material inputs	Metric 9: Type of fertilisation	4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung (identisch zu Ackerflächen)
	10. Düngeintensität		10. Intensität der Düngung		Metric 10: Intensity of nitrogen fertilisation		10. Intensität der Düngung (identisch zu Ackerflächen)
	11. Pflanzenschutzmittel		11a. Einsatz von Insektiziden		Metric 11a: Use of insecticides		11. Pflanzenschutzmittel
			11b. Maßnahmen für den Pflanzenschutz (excl. Insektizide)		Metric 11b: Plant protection measures (excl. insecticides)		

Die größten Unterschiede in den ausgewerteten Studien gibt es bei der Operationalisierung der Messgrößen mittels qualitätsbezogener Sachbilanzdaten in Wertstufen. Die damit zusammenhängenden Datenanforderungen müssen vor dem Hintergrund folgender Rahmenbedingungen erfolgen:

In Praxisprojekten müssen die geforderten qualitätsbezogenen Sachbilanzdaten mit vertretbarem Aufwand erhebbar sein.

Die Datenanforderungen müssen vor dem Hintergrund von Ziel und Untersuchungsrahmen gewählt werden: Im Falle generischer Datenanforderungen (z. B. fE ist 1 l Milch in D) sind andere Daten erforderlich als im spezifischen Fall (z. B. fE ist 1 l Milch von einer spezifischen Weide). Diese unterschiedlichen Blickwinkel spiegeln sich in unterschiedlichen Messgrößen wider und in deren zugeordneter Wertstufenlogik in Fehrenbach (2000) sowie [ifeu 2022] (spezifisch) und Fehrenbach et al. (2021a) (generisch).

Im GOBIOM-Projekt ist das Ziel, das Naturfernepotenzial produzierter Milch für spezifische Betriebe abzubilden. Ein Betrieb hat mehrere Grünlandflächen und ggf. Ackerland. Dieser Tatsache müssen die Datenanforderungen zur Wertstufeneinteilung Rechnung tragen.

Extern zugekaufte Futtermittel werden über generische Daten einbezogen (s.u.).

Die Wertstufenzuordnung wird in den folgenden Abschnitten für jede Messgröße jeden Kriteriums diskutiert und der Weiterentwicklungsbedarf sowie die Weiterentwicklung im GOBIOM-Projekt abgeleitet. Auf dieser Basis wurde für Grünland und Ackerland je eine Datenerhebungsanleitung entwickelt.

4.1.2.2 Kriterium 1: Artenvielfaltspotenzial

Für dieses Kriterium (in den ausgewerteten Studien „Diversität der Flora“ o.ä. genannt) werden in allen ausgewerteten Studien für zwei Messgrößen Wertstufen operationalisiert, die in Tabelle 5-2 gegenübergestellt sind. Beide Messgrößen beziehen sich auf die Biodiversität der Flora.

In diesem Projekt werden die Messgrößen modifiziert und entsprechend auch der Name des Kriteriums in „Artenvielfaltspotenzial“ geändert mit folgenden Messgrößen:

Messgröße 1a (Grünland): Kennarten nach GAP ÖR 5 (BLE 2024)

Messgröße 1b (Ackerland): Blühstreifen/Blühflächen nach GAP ÖR 1b (BLE 2024)

Messgröße 2: Habitate

Der Modifikationsbedarf und die gewählten Messgrößen werden nachfolgend erläutert. Zur Operationalisierung in Wertstufen der 2 Messgrößen zum Kriterium „Diversität der Begleitflora“ siehe auch Anhang I, dort Tabelle 8-1.

Messgröße 1: Kennarten (Grünland)/Blühstreifen/Blühflächen (Ackerland)

In allen vier ausgewerteten Quellen (vgl. Tabelle 5-2) werden die Wertstufen über die Artenanzahl quantifiziert, wobei Fehrenbach (2000) und [ifeu 2022] von Fehrenbach et al. (2021a) abweichende Quantifizierungsvorschriften verwenden.

Voraussetzung zur Zuweisung einer Wertstufe ist eine hinreichende Artenkenntnis und eine umfangreiche Begehung zur Kartierung der Arten. Die Annahme aus Fehrenbach et al.

(2021a), dass alle Landwirte diese Artenkenntnis haben und die Einstufung recht leicht durchführen können, entspricht nicht den Erfahrungen im GOBIOM-Projekt.

Aus diesem Grund wurden die Operationalisierungsvorschriften zu dieser Messgröße im GOBIOM-Projekt folgendermaßen modifiziert.

1a: Grünlandflächen des spezifischen Betriebs

In Abstimmung mit der im GOBIOM-Projekt durchgeführten betrieblichen Biodiversitätsberatung wird zur Operationalisierung der Messgröße „Artenvielfalt in der Flur“ für Grünland auf das Förderkonzept Kennarten nach GAP ÖR 5⁵ zurückgegriffen, da Kennarten als Indikatoren die Einschätzung der Artenvielfalt erleichtern.

Bereits in Fehrenbach et al. (2021a), Kapitel 4, wird auf das auf Kennarten basierende Konzept des High Nature Value Farmlands (BfN 2019 (BfN 2024), zitiert nach Fehrenbach et al. (2021a)⁶ hingewiesen, welches sowohl als Indikatorenset der EU für die Integration von Umweltbelangen in die gemeinsame Agrarpolitik, wie auch zum Monitoring der nationalen Biodiversitätsstrategie (BMUB 2015) dient. Aufgrund der Erforderlichkeit generischer Daten in Fehrenbach et al. (2021a) wurde dieser Ansatz in dem Projekt nicht weiter verfolgt, allerdings darauf hingewiesen, dass bei Änderung der generischen Datenlage eine Prüfung der Aufnahme dieses Konzepts in das Hemerobiekonzept erfolgen sollte.

Im GOBIOM-Projekt ist eine betriebsspezifische Datenerhebung vorgesehen für die sich das Kennartenkonzept eignet. In etlichen Bundesländern in Deutschland gibt es diesbezügliche Arbeitshilfen für die Landwirtschaft. Beispielhaft sei hier die Broschüre des Ministeriums für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg genannt⁷. Nach definierten schlagweisen Begehungsregeln wird die Anzahl der Kennarten erfasst. Die schlagweise Erfassung ist erforderlich, da Fördermittel für diese Maßnahme schlagweise beantragt werden.

Im GOBIOM-Projekt wurden die Kennarten im Kontext AP 2 nicht Schlag-weise sondern vereinfachend für die gesamten Grünlandflächen der Betriebe im Rahmen der Begehungen erfasst. Die Methodik, die im Förderkonzept Kennarten nach GAP ÖR 5 beschrieben ist⁸, wurde analog angewandt.

Die Vorgehensweise bedingt eine gewisse Unschärfe: Es kann sein, dass ein Betrieb Schläge mit z. B. 6 Kennarten und solche mit 0 Kennarten umfasst. In die Auswertung würden dann 6 Kennarten einfließen, also der best case bei Betrachtung des Gesamtbetriebs. Die Alternative wäre eine flächenbezogene Erfassung, was sehr viel aufwändiger wäre. Vor dem Hintergrund, dass geforderte qualitätsbezogenen Sachbilanzdaten mit vertretbarem Aufwand erhebbar sein müssen, wird diese Unschärfe in Kauf genommen.

Tabelle 5-3 zeigt die im GOBIOM-Projekt definierte Wertstufenzuordnung.

⁵ Ergebnisorientierte extensive Bewirtschaftung von einzelnen Dauergrünlandflächen mit Nachweis von mindestens vier regionalen Kennarten (BLE 2024).

⁶ BfN (2019): High Nature Value Farmland-Indikator - Ein Indikator für Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert in Deutschland. *Bundesamt für Naturschutz (BfN)*, <https://www.bfn.de/themen/monitoring/monitoring-von-landwirtschaftsflaechen-mit-hohem-naturwert.html> (abgerufen am 07.04.2021).

⁷ Kennarten des Artenreichen Grünlands im Rahmen der Öko-Regelung 5 und FAKT II. Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, Stuttgart (2023). (MLR BW 2023).

⁸ Die Methodik ist in der Publikation Fußnote 3 beschrieben.

Tabelle 5-3: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 1a (Grünland) des Kriteriums „Artenvielfaltspotenzial“ im GOBIOM-Projekt

Messgröße 1a Grünland	Wertstufen
Kennarten	1. Existenz von 6 Kennarten oder mehr
	2. Existenz von 4 und 5 Kennarten
	3. Existenz von 2 und 3 Kennarten
	4. Existenz von 1 Kennart
	5. 0 Kennarten

1.b: Ackerbauflächen des spezifischen Betriebs

Blühstreifen/Blühflächen fördern im Ackerland die Artenvielfalt und sind somit ein geeigneter Indikator für diese Messgröße. Wie im Falle des Grünlands wird auch für Ackerland auf die GAP-Ökoregelungen zurückgegriffen. In diesem Fall auf GAP ÖR 1b (Bereitstellung von Biodiversitätsflächen; Blühstreifen und -flächen).

Die betrieblichen flächenbezogenen Sachbilanzdaten in [ha] sind unproblematisch zu erheben. Auf Basis der Ackerfläche wird deren prozentualer Anteil zur Wertstufeneinteilung verwendet.

Da zwei- bis mehrjährige Blühstreifen/Blühflächen unter Artenschutzgesichtspunkten wertvoller sind als einjährige Aussaaten wird die Fläche in letzterem Fall nur zur Hälfte angerechnet.

Tabelle 5-4 zeigt die im GOBIOM-Projekt definierte Wertstufenzuordnung.

Tabelle 5-4: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 1b (Ackerland) des Kriteriums 1 „Artenvielfaltspotenzial“ im GOBIOM-Projekt

Messgröße 1b Ackerland	Wertstufe
Blühstreifen/Blühflächen in % ha von Ackerfläche	1. $2,5 \leq x\%$
	2. $1,75 \leq x < 2,5\%$
	3. $1 \leq x < 1,75\%$
	4. $0,1 \leq x < 1\%$
	5. $0 < x < 0,1\%$

Messgröße 2: Habitate (Gesamtbetrieb)

In allen vier ausgewerteten Quellen (vgl. Tabelle 5-2) werden die Wertstufen der Messgröße „seltene Arten“ über die Anzahl der Rote-Liste Arten (Flora) quantifiziert, wobei leicht abweichende Quantifizierungsvorschriften verwendet werden.

Voraussetzung zur zuverlässigen Zuweisung einer Wertstufe ist eine hinreichende Artenkenntnis und eine umfangreiche Begehung zur Kartierung der Arten, was im Rahmen des GOBIOM

Projekts nicht mit vertretbarem Aufwand zu leisten war. Eine praxistaugliche und gleichzeitig zuverlässige Modifikation der Erhebung von Rote-Liste Arten wurde als nicht alltagspraktisch umsetzbar verworfen.

Zur Abbildung des Biodiversitätspotenzials eines Betriebes wurden stattdessen gesetzlich geschützte Flächen herangezogen, die in GOBIOM im Zuge der gesamtbetrieblichen Biodiversitätsberatung erhoben wurden. Gesetzlich geschützte Flächen spielen in der EU-Biodiversitätsstrategie für 2030⁹ eine entscheidende Rolle, da diese als naturschutzfachlich wertvolle Flächen (wertvolle Habitate) auf Optimierung der Biodiversität zielen. Diesem Ansatz trägt die Wahl der Messgröße 2 „Habitate“ Rechnung, indem der prozentuale Anteil gesetzlich geschützter Flächen auf dem Betriebsgelände, die als flächenbezogenes Sachbilanzdatum gut erhebbar sind, zugrunde gelegt wird (Tabelle 5-5). Folgende Flächen werden berücksichtigt:

- Biotopkartierte Flächen (Offenlandkartierung)
- FFH-Mähwiesen
- FFH-Gebiet (Natura 2000-Netz)
- Vogelschutzgebiet (Natura 2000-Netz)
- Naturschutzgebiet

Tabelle 5-5: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 2 „Lebensraumoptionen“ des Kriteriums 1 „Artenvielfaltspotenzial“ im GOBIOM-Projekt (Gesamtbetrieb)

Messgröße 2	Wertstufen
Habitate	1. gesetzlich geschützte Flächen $35 \geq x$ %
	2. gesetzlich geschützte Flächen $25 \leq x < 35\%$
	3. gesetzlich geschützte Flächen $10 \leq x < 25\%$
	4. gesetzlich geschützte Flächen $1 \leq x < 10\%$
	5. gesetzlich geschützte Flächen $0 \leq x < 1\%$

4.1.2.3 Kriterium 2: Strukturdiversität

Für dieses Kriterium werden in allen ausgewerteten Studien für drei Messgrößen Wertstufen operationalisiert, die in Tabelle 8-2 gegenüber gestellt sind.

⁹ <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/biodiversity/>; zuletzt geprüft am 18.6.2024 (Europäischer Rat 2020).

Messgröße 3: Strukturelemente in der Flur

Strukturelemente in der Flur bieten ökologische Nischen, die die Artenvielfalt begünstigen.

Fehrenbach et al. (2021a) verwenden eine von Fehrenbach (2000) und [ifeu 2022] grundsätzlich verschiedene Gliederungsstruktur der Wertstufenzuordnung. In den beiden letzteren Studien wurden die Zuordnungen vor dem Hintergrund der Datenaufnahme auf spezifischen Flächen gewählt wohingegen das Ziel in Fehrenbach et al. (2021a) darin bestand, generische Daten bereitzustellen.

Fehrenbach et al. (2021a), Kapitel 4.2.3.1, greifen auf das System der ökologischen Vorrangflächen ((ÖVF) Flächennutzung zur Förderung der Biodiversität) zurück, das bis Ende 2022 galt (BMEL 2013). In der GAP 2023 wurde das System gestrichen und z.T. durch Ökoregelungen und Konditionalitäten ersetzt (BMEL 2023).

Von den unterschiedlichen ÖVF-Typen berücksichtigen Fehrenbach et al. (2021a) diejenigen mit direktem Bezug zur Messgröße „Strukturelemente in der Flur“, wie beispielsweise brachliegende Flächen, streifenförmige Elemente und Terrassen. Diese ÖVF, von Interesse für den Struktureichtum, werden in dieser Studie als selektierte ÖVF bezeichnet und zur Wertstufenunterteilung verwendet.

Da aufgrund der Datenlage eine feldfruchtspezifische Differenzierung der ÖVF nicht möglich war, erfolgte in Fehrenbach et al. (2021a) bei dieser Messgröße keine Unterscheidung zwischen den einzelnen Feldfrüchten. Somit ist für diese Messgröße entscheidend, in welchem geographischen Agrarraum die Feldfrucht kultiviert wird. In Fehrenbach et al. (2021c), Kapitel 3.4.2, wird diesbezüglich aus verfügbaren statistischen Daten abgeleitet, dass das Messgrößenergebnis der Messgröße 3 „Strukturelemente in der Flur“ für alle in Deutschland erzeugten Agrarprodukte den Wert 2 erhält (Selektierte ÖVF 2 – 3 % der nationalen Ackerfläche). Für Dauergrünland wird auf dieselben Daten zurückgegriffen.

Für spezifische Flächen ist die ÖVF nicht geeignet, daher wird auf andere Daten mit direktem Bezug zur Messgröße zurückgegriffen.

Im GOBIOM-Projekt wird der Wertstufenzuweisung von [ifeu 2022] gefolgt. Die flächenspezifischen Daten werden allerdings nicht ackerspezifisch, sondern betriebsspezifisch erhoben. Im GOBIOM-Projekt werden folgende Strukturelemente berücksichtigt, deren flächenbezogene Sachbilanzdaten auf den Betriebsflächen gut erhebbar sind.

- Hecken, Baumreihen (wenn nicht bei den Biotopschutzflächen enthalten)
- Einzelne Kopfbäume (pro Baum pauschal 25 m²)
- Feldgehölze (wenn nicht bei den Biotopschutzflächen enthalten)
- Feldraine, Feldränder, Ackerrandstreifen (1 - 20 m)
- Gewässerrandstreifen, Pufferstreifen (Breite 1 - 20 m)
- Waldrandstreifen (Breite 1 - 10 m)
- Stillgewässer, Gräben und Bachläufe (wenn nicht bei den Biotopschutzflächen enthalten)

- Lesesteinhaufen, Trockenmauern – oder – Anzahl Steinhaufen, Trockenmauern (pro Element pauschal 100m²)
- Stilllegungsflächen/Dauerbrachen

Auf Basis der Gesamtbetriebsfläche wird der prozentuale Anteil der Summe aller berücksichtigten Strukturelemente in [ha] zur Wertstufeneinteilung verwendet (Tabelle 5-6).

Tabelle 5-6: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 3 „Strukturelemente in der Flur“ des Kriteriums 2 „Strukturdiversität“ im GOBIOM-Projekt (Gesamtbetrieb)

Messgröße 3	Wertstufen
Strukturelemente in der Flur	1. Summe Strukturelemente $3 \leq x$ ha %
	2. Summe Strukturelemente $2 \leq x < 3$ ha %
	3. Summe Strukturelemente $1 < x < 2$ ha %
	4. Summe Strukturelemente $0.1 \leq x < 1$ ha %
	5. Summe Strukturelemente $0 \leq x < 0.1$

Messgröße 4: Schlaggröße

Die Schlaggröße wurde als Messgröße ausgewählt, da kleine Schläge Strukturvielfalt begünstigen und Strukturvielfalt Artenvielfalt begünstigt. Fehrenbach et al. (2021a) und [ifeu 2022] verwenden dieselbe Gliederung der Schlaggrößen. In Fehrenbach (2000) wurden kleinere Schlaggrößen zugrunde gelegt. Fehrenbach et al. (2021a), Kap. 4.2.3.1, begründen die Veränderung der Größenstruktur damit, dass aktuelle naturschutzfachliche Literatur ausgewertet wurde.

Im GOBIOM-Projekt wird die Wertstufengliederung von Fehrenbach et al. (2021a) sowohl für Grünland als auch für Ackerland verwendet (Tabelle 5-7). Die spezifischen Daten der mittleren Schlaggröße eines Betriebes sind recht gut erhebbar: Über eine GIS-Auswertung¹⁰ wurde die Gesamtfläche des Betriebs ermittelt und durch die Anzahl der Schläge dividiert, die mittels der im GIS hinterlegten Attributdaten ermittelt wurde.

Tabelle 5-7: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 4 „Schlaggröße“ des Kriteriums 2 „Strukturdiversität“ im GOBIOM-Projekt (Gesamtbetrieb)

Messgröße 4	Wertstufen
Schlaggröße	1. Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt < 1 ha.
	2. Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt $1 - 3$ ha
	3. Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche beträgt $> 3 - 6$ ha
	4. Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche beträgt $> 6 - 9$ ha
	5. Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche beträgt > 9 ha

¹⁰ Opensource-Software „QGIS“ (<https://qgis.org/>) (QGIS o.J.)

Messgröße 5: Diversität in der Landschaft

Wie im Falle von Messgröße 3 verwenden Fehrenbach et al. (2021a) eine von Fehrenbach (2000) und [ifeu 2022] grundsätzlich verschiedene Gliederungsstruktur der Wertstufenzuordnung. In den beiden letzteren Studien wurden die Zuordnungen vor dem Hintergrund der Datenaufnahme auf spezifischen Flächen gewählt, wohingegen das Ziel in Fehrenbach et al. (2021a) darin bestand, generische Daten bereitzustellen.

Fehrenbach et al. (2021a), Kapitel 4.2.3.1, greifen auf System der Eveness-Kartierung auf NUTS-2 Ebene zurück. Liegen Betriebe in derselben NUTS-2 Region ist keine Trennschärfe gegeben¹¹. Daher wurde dieser Ansatz im GOBIOM-Projekt nicht übernommen.

Die spezifische Ermittlung des Shannon Eveness Index setzt Kartierungen und erhebliche Artenkenntnis voraus: Der Shannon Eveness Index baut auf dem Shannon Wiener Index auf, der Artenreichtum und die Häufigkeit der Arten auf einer Fläche abbildet. Die Eveness (Ausgewogenheit der Arten) ergänzt die Information zum Artenreichtum, indem die relative Häufigkeit der verschiedenen Arten, und somit die Diversität, ermittelt wird.

Die Ermittlung des Shannon-Eveness Index auf spezifischen Betriebsflächen wurde als zu aufwändig verworfen. Insofern wird zur Wertstufeneinteilung der Messgröße „Diversität in der Landschaft“ auf die qualitative Einordnung in Fehrenbach 2000 und ifeu 2022 zurückgegriffen (Tabelle 5-8). Basis der Erhebung ist die Gesamtfläche des Betriebs. Die spezifischen Daten sind recht gut erhebbar. In Einzelfällen waren differenzierte Daten für Grünlandflächen und Ackerflächen verfügbar. In diesen Fällen wurden die Wertstufen entsprechend zugeordnet.

Tabelle 5-8: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 5 „Diversität in der Landschaft“ des Kriteriums 2 „Strukturdiversität“ im GOBIOM-Projekt (Gesamtbetrieb)

Messgröße 5	Wertstufen
Diversität in der Landschaft	1. Landschaftsbild durch feinsträumige Gliederung geprägt, Charakter einer gehölzreichen Garten- oder Parklandschaft
	2. Engräumige Flurenvelfalt, Landschaft stark durchsetzt mit gehölzreichen Zonen und/oder anderen landschaftlichen Elementen
	3. Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese
	4. überwiegend monotone Landschaftsstruktur, wenig gliedernde Elemente
	5. weitflächig monoton ausgeräumte Landschaft

¹¹ NUTS-2-Regionen haben meist zwischen 800 000 und 3 Millionen Einwohnern. In Deutschland ist dies im Regelfall die Ebene der Regierungsbezirke.

4.1.2.5 Kriterium 3: Bewirtschaftung/Bodenschutz

Die Wertstufenzuweisungen der Messgrößen zum Kriterium Bewirtschaftung/Bodenschutz sind Tabelle 8-3 in Anhang I zu entnehmen. Diese werden nachfolgend analysiert und Anpassungen im GOBIOM-Projekt begründet.

Messgröße 6: Intensität der Bodenbearbeitung/Bodenbewirtschaftung

In den vier ausgewerteten Studien wird die Messgröße teils unterschiedlich benannt und auch nicht einheitlich gegliedert. Fehrenbach (2000) verwendet zur Wertstufeneinteilung im Falle Ackerland eine qualitative Beschreibung der Bodenbearbeitungsintensität. Diese wird in Fehrenbach et al. (2021a) sprachlich modifiziert, was von [ifeu 2022] übernommen wird. Für Dauergrünland wird in Fehrenbach et al. (2021a) eine an diese Flächennutzung angepasste Formulierung der Wertstufeneinteilung verwendet.

Fehrenbach et al. (2021a) führen für Ackerland eine Untergliederung in zwei Messgrößen ein: 6a: Intensität der Bodenbearbeitung und 6b: Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz. Diese Gliederung wird von [ifeu 2022] übernommen.

Generische Daten zur Wertstufeneinteilung werden in Fehrenbach et al. (2021c), Kapitel 3.4.2 und 3.4.3, für Ackerland und Grünland abgeleitet. [ifeu 2022] verwenden diese Gliederung der Wertstufeneinteilung für Ackerland zur spezifischen Datenaufnahme.

Im GOBIOM-Projekt wird die Wertstufeneinteilung für Ackerland sowie für Grünland auf Basis von Fehrenbach et al. (2021a) vorgenommen.

6a: Grünlandflächen des spezifischen Betriebs

Grünland: Messgröße 6a-1: Intensität der Bodenbewirtschaftung

Messgröße 6a-2: Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz.

Der Mittelwert aus den Wertstufen 6a-1 und 6a-2 wird in der Auswertung zur Ermittlung der Hemerobieklasse weiterverwendet (Tabelle 5-9).

Im Falle von Grünland wurden die Definitionen der Wertstufeneinteilung aus Fehrenbach et al. (2021a) in Abstimmung mit der im GOBIOM-Projekt durchgeführten einzelbetrieblichen Biodiversitätsberatung modifiziert (Tabelle 5-7).

Die Informationen zur Wertstufenadressierung sind für eine definierte Fläche gut zu erheben. Auf der Fläche eines spezifischen Betriebs ist allerdings der Fall nicht unwahrscheinlich, dass Grünflächen unterschiedlich bewirtschaftet werden und somit unterschiedliche Wertstufen relevant sind. Um diesem Fall Rechnung zu tragen, wird eine flächenbezogene Gewichtung vorgenommen:

- Als flächenbezogene Sachbilanzdaten wird aufgenommen, welcher Flächenanteil bezogen auf die Gesamtgrünlandfläche welcher Wertstufe zuzuordnen ist [ha%].
- Die so gewichtete Summe der Wertstufen geht in die Mittelwertbildung des Kriteriums ein¹².

Daten zum Dieserverbrauch lagen in den Betrieben nicht differenziert nach Ackerland und Grünland vor. Vereinfachend wurde angenommen, dass bei der Grünland- und Ackerlandbearbeitung pro ha

¹² $\sum(\text{Wertstufe} \cdot \text{ha\%}/100)$

dieselbe Menge Diesel verbraucht wird. Auf dieser Basis wurde eine Zurechnung über die prozentualen Flächenanteile vorgenommen.

Tabelle 5-9: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zu den Messgrößen 6a-1 „Intensität der Bodenbewirtschaftung“ und 6a-2 „Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Grünland)

Messgröße 6a-1	Wertstufen	ha%	Messgröße 6a-2	Wertstufen
Intensität der Bodenbewirtschaftung	1. Extensiv geführtes Dauergrünland: Bewirtschaftungsaufgabe, z. B. Erstnutzung ab 15. Juni		Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	1. Geringfügiger Einsatz von Landmaschinen für mechanische Feldarbeiten: < 30 l/ha Diesel
	2. mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen			2. Einsatz von Landmaschinen: 30 bis < 50 l/ha Diesel
	3. nicht belegt			3. Einsatz von Landmaschinen: 50 bis < 70 l/ha Diesel
	4. mit hoher Intensität geführtes Dauergrünland: regelmäßige Neusaat			4. Einsatz von Landmaschinen: 70 bis < 90 l/ha Diesel
	5. mit sehr hoher Intensität geführtes Dauergrünland: regelmäßiger Umbruch mit Neusaat			5. Einsatz von Landmaschinen: ≥ 90 l/ha Diesel

Quelle: Eigene Darstellung

6b: Ackerbauflächen des spezifischen Betriebs

Ackerland: Messgröße 6b-1: Intensität der Bodenbewirtschaftung

Messgröße 6b-2: Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz.

Der Mittelwert aus den Wertstufen 6b-1 und 6b-2 wird in der Auswertung zur Ermittlung der Hemerobiekategorie weiterverwendet (Tabelle 5-10).

Im Gegensatz zu Grünland (MG 6a-1) wird für Ackerland (MG 6b-1) keine gesonderte flächenbezogene Gewichtung eingeführt, da sehr unterschiedliche Intensität der Bodenbearbeitung in einem Betrieb nicht die Regel sein wird. Die betriebsspezifischen Daten sind recht gut erhebbare.

Daten zum Dieserverbrauch lagen in den Betrieben nicht differenziert nach Ackerland und Grünland vor. Es wurde eine Abschätzung über die prozentualen Flächenanteile vorgenommen.

Tabelle 5-10: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zu den Messgrößen 6b-1 „Intensität der Bodenbearbeitung“ und 6b-2 „Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Ackerland)

Messgröße 6b-1	Wertstufen	Messgröße 6b-2	Wertstufen
Intensität der Bodenbearbeitung	1. Bodenbearbeitung räumlich und zeitlich nur unmittelbar auf Sä- oder Pflanzmaßnahmen begrenzt (Direktsaatverfahren)	Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	1. Geringfügiger Einsatz von Landmaschinen für mechanische Feldarbeiten: < 30 l/ha Diesel
	2. Konservierende Bodenbearbeitung (ohne Pflug) ohne Lockerung, keine schweren Maschinen		2. Einsatz von Landmaschinen: 30 bis < 50 l/ha Diesel
	3. Konservierende Bodenbearbeitung (ohne Pflug) mit Lockerung		3. Einsatz von Landmaschinen: 50 bis < 70 l/ha Diesel
	4. Konventionelle wendende Bodenbearbeitung oder Dammkultur höchstens alle drei Jahre oder auf ≤ 33 % der betrachteten Fläche		4. Einsatz von Landmaschinen: 70 bis < 90 l/ha Diesel
	5. Konventionelle wendende Bodenbearbeitung mindestens alle 3 Jahre oder auf mehr als 33% der betrachteten Fläche		5. Einsatz von Landmaschinen: ≥ 90 l/ha Diesel

Quelle: Eigene Darstellung

Messgröße 7: Bodenbedeckung

Fehrenbach (2000) und [ifeu 2022]¹³ verwenden zur Wertstufengliederung qualitative Beschreibungen. Fehrenbach et al. (2021a), Kapitel 4.2.3.1, ergänzen dazu den Bodenbedeckungsfaktor (C-Faktor) der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung als Gliederungsmerkmal, da für diesen kulturspezifische generische Daten verfügbar sind (ABAG¹⁴).

In Abstimmung mit der im GOBIOM-Projekt durchgeführten einzelbetrieblichen Biodiversitätsberatung wurde die qualitative Wertstufengliederung für Grünland sowie für Ackerland auf Basis von Fehrenbach et al. (2021a) vorgenommen (Tabelle 5-11 und Tabelle 5-12). Die erforderlichen Sachbilanzdaten sind recht gut erhebbar.

¹⁴ <https://www.hlnug.de/themen/boden/auswertung/bodenerosionsbewertung/bodenerosionsatlas/c-faktor>, zuletzt geprüft am 2.7.2024 (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) o.J.)

Tabelle 5-11: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 7 „Bodenbedeckung“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Grünland)

Messgröße 7a	Wertstufen
Bodenbedeckung	1. ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland). (die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)
	2. -
	3. -
	4. -
	5.-

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 5-12: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 7b „Bodenbedeckung“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Ackerland)

Messgröße 7b	Wertstufen
Bodenbedeckung	1. ganzjährige Bodenbedeckung mittels verschiedener überlagernder Maßnahmen (Mulch, mehrjährige Gründüngung, Alley Cropping, Baumüberbau)
	2. Boden überwiegend vollständig bedeckt, regelmäßiger Anbau von Gründüngung und/oder Zwischenfrucht
	3. verschiedene bodenbedeckende Maßnahmen, Bevorzugung von überdurchschnittlich deckenden Kulturen (Futterpflanzen, Winterroggen, -gerste, -raps, kaum Hackfrucht)
	4. Hackfruchtanbau nur mit Mulchsaat und/oder Untersaat
	5. Keine Durchführung von bodenbedeckenden Maßnahmen, auch bei Hackfrucht

Quelle: Eigene Darstellung

Messgröße 8: Schnitthäufigkeit/Beweidung bzw. Agrodiversität

Fehrenbach (2000) und [ifeu 2022] betrachten ausschließlich Ackerland und gliedern die Wertstufeneinteilung mittels teils leicht unterschiedlicher qualitativer Beschreibungen der Fruchtfolge bzw. der Agrodiversität, die in spezifischen Fällen erhoben werden können. In Fehrenbach et al. (2021a) war das Ziel, generische Daten bereit zu stellen. Die Gliederung der Wertstufeneinteilung nimmt daher Bezug auf die Agrodiversität der Region (regionale Tiefe über die NUTS-3-Ebene¹⁵), in der ein Betrieb liegt. Eine Ausdifferenzierung von Betrieben in derselben Region ist damit nicht möglich.

In Fehrenbach et al. (2021a) wird ergänzend zu Ackerland auch Grünland betrachtet. Da es im Grünland keine Fruchtfolgen gibt, wurde in diesem Fall die Schnitthäufigkeit im Falle von Wiesen und die Art der Beweidung im Falle von Weiden zur Wertstufengliederung verwendet. Für die entsprechenden Sachbilanzdaten, die spezifisch recht gut erhebbar sind, wurde in Fehrenbach et

¹⁵ NUTS-3 entspricht in Deutschland den Kreisen und kreisfreien Städten. https://www.destatis.de/Europa/DE/Methoden-Metadaten/Klassifikationen/UebersichtKlassifikationen_NUTS.html, zuletzt geprüft am 2.7.2024 (destatis o.J.)

al. (2021a), Kapitel 4.2.4.2, aufgrund der Ermangelung generischer Daten auf Defaultwerte zurückgegriffen.

8a: Grünlandflächen des spezifischen Betriebs: Schnitthäufigkeit/Beweidung

Grünland: Messgröße 8a-1: Schnitthäufigkeit (Wiese)

Grünland: Messgröße 8a-2: Beweidung (Weide)

Im GOBIOM-Projekt wurden im Rahmen der einzelbetrieblichen Biodiversitätsberatung spezifische Daten auf Betrieben erhoben, für die die Wertstufengliederung in Fehrenbach et al. (2021a) geeignet ist und verwendet wird. Wiesen und Weiden werden zunächst getrennt erfasst und daraus der betriebliche Mittelwert gebildet. Messgröße für Wiesen ist die Schnitthäufigkeit, Messgröße für Weiden ist die Art der Beweidung.

Als flächenbezogene Sachbilanzdaten wird aufgenommen welcher Flächenanteil bezogen auf die Wiesen bzw. Weidefläche welcher Wertstufe nach Tabelle 5-13 (MG 8a-1) bzw. Tabelle 5-14 (MG 8a-2-1) zuzuordnen ist [ha%].

Die so gewichtete Summe der Wertstufen geht in die Auswertung ein. Für Wiesen und Weiden wird auf dieser Basis jeweils eine Wertstufe, 8a-1 und 8a-2, ermittelt (Tabelle 5-13 und Tabelle 5-14), diese dann zur Gesamtwertstufe der Messgröße 8a gemittelt, die in die Mittelwertbildung des Kriteriums eingeht. Die Einstufung der Weideflächen nach Tabelle 5-14 bedarf allerdings einer Schärfung: Die GAP ÖR4 (Dauergrünland-Extensivierung) berücksichtigt, dass Weiden abhängig von der Besatzdichte einen Beitrag zum Erhalt und zur Schaffung von Lebensräumen für zahlreiche Pflanzen- und Tierarten leisten und biologischen Vielfalt fördern. Insofern ist es relevant, welcher Anteil Grünland als Weide genutzt wird. Es gibt Milchviehbetriebe, die keine Weide haben (reine Stallhaltung und Grünland ausschließlich zur Heuproduktion) oder die prozentual sehr wenig Weide haben und somit zum Biodiversitätspotential diesbezüglich nicht oder sehr wenig beitragen. Um diese Fälle zu berücksichtigen, wurde als ergänzende Messgröße „Anteil Weide am Gesamtgrünland“ eingeführt (Tabelle 5-15; MG 8a-2-2).

Aus den Messgrößen 8a-2-1 und 8a-2-2 wird der Mittelwert gebildet und zu MG 8a-2 zusammengefasst, der in die Mittelwertbildung des Kriteriums eingeht.

Tabelle 5-13: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 8a-1 „Schnitthäufigkeit“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Grünland/Wiese)

Messgröße 8a-1	Wertstufen	ha% von Wiesen
Schnitthäufigkeit	1. einschürige Mager- oder Feuchtwiese	
	2. zweischürige Mager- oder Feuchtwiese	
	3. zwei bis drei Schnitte pro Jahr	
	4. vier und mehr Schnitte pro Jahr	
	5. [nicht belegt]	

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 5-14: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung 1 zur Messgröße 8a-2 „Beweidung“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Grünland/Weide)

Messgröße 8a-2-1	Wertstufen	ha% von Weiden
Beweidung	1. Hutung, Standweide, Streuobstweide	
	2. Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha	
	3. Koppelweide oder Besatzdichte max. 2 GVE/ha	
	4. Umtriebsweide oder Besatzdichte max. 4 GVE/ha	
	5. Portionsweide oder Besatzdichte >4 GVE/ha oder keine Weide	

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 5-15: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung 2 zur Messgröße 8a-2 „Beweidung“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Grünland/Weide)

Messgröße 8a-2-2	Wertstufen
Anteil Weide am Gesamtgrünland	1. 100% - 70%
	2. 50% – 70%
	3. 20% – 50%
	4. 10% - 20%
	5. <10%

Quelle: Eigene Darstellung

8b: Ackerlandflächen des spezifischen Betriebs: Agrodiversität

Da die betriebliche Ausdifferenzierung im GOBIOM-Projekt ein wesentliches Ziel darstellt, wurde auf die qualitativen Formulierungen zur Werstufengliederung in Fehrenbach (2000) und [ifeu 2022] zurückgegriffen und in Rücksprache mit der einzelbetrieblichen Biodiversitätsberatung modifiziert (Tabelle 5-16).

Tabelle 5-16: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 8b „Agrodiversität“ des Kriteriums 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ im GOBIOM-Projekt (Ackerland)

Messgröße 8b	Wertstufen
Agrodiversität	1. Mischkultur mit zahlreichen Feldfruchtarten.
	2. In einem Zeitraum von sechs Jahren werden sechs verschiedene Arten von Pflanzen in einem ausgewogenen Verhältnis zwischen Getreide und anderen Kulturen (Futtermittel, Proteine, Öle) angebaut. Es werden keine Hackfrüchte angebaut.
	3. In einem Zeitraum von sechs Jahren werden fünf oder sechs Kulturen im Wechsel angebaut. Wenn Hackfrüchte, dann auch Brache eingeschaltet.

Messgröße 8b	Wertstufen
	4. In einem Zeitraum von sechs Jahren werden vier bis fünf verschiedene Kulturen angebaut, darunter auch Hackfrüchte.
	5. In einem Zeitraum von sechs Jahren werden maximal drei verschiedene Kulturen im Wechsel angebaut.

Quelle: Eigene Darstellung

4.1.2.6 Kriterium 4: Stoffeinträge

Die Wertstufenzuweisungen der Messgrößen zum Kriterium Stoffeinträge sind Tabelle 8-4 zu entnehmen. Diese werden nachfolgend analysiert und Anpassungen im GOBIOM-Projekt begründet.

Messgröße 9: Art der Düngung

Alle vier ausgewerteten Studien verwenden qualitative Beschreibungen der Art der Düngung, wobei die Formulierungen aus Fehrenbach (2000) in Fehrenbach et al. (2021a) und [ifeu 2022] leicht verändert wurden. In Rücksprache mit der einzelbetrieblichen Biodiversitätsberatung wurden im GOBIOM-Projekt die Formulierungen aus Fehrenbach et al. (2021a), die sowohl für Ackerland als auch für Grünland gelten, leicht modifiziert (Tabelle 5-17).

Die erforderlichen Sachbilanzdaten für den Gesamtbetrieb, die eine hinreichende Richtungssicherheit bieten, sind recht gut erhebbar.

Tabelle 5-17: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 9 „Art der Düngung“ des Kriteriums 4 „Stoffeinträge“ im GOBIOM-Projekt (Gesamtbetrieb)

Messgröße 9	Wertstufen
Art der Düngung	1. Düngung ausschließlich durch die betriebseigenen Mittel Festmist und Kompost, keine Zufuhr von außen
	2. N/P ausschließlich über festen Wirtschaftsdünger oder Kompost und/oder andere schwerlösliche und langfristig verfügbare Düngemittel gemäß Artikel 3 (EG) 889/2008 (z. B. Stein-, Thomas-, Knochenmehl)
	3. Dominanz von festem Wirtschaftsdünger (>90), Einsatz von flüssigem Wirtschaftsdünger oder Mineraldünger ≤10%, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit
	4. Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit
	5. ausschließlich Mineraldünger, Gülle oder Jauche

Quelle: Eigene Darstellung

Messgröße 10: Intensität der Düngung

In allen vier ausgewerteten Studien wird die Wertstufengliederung über quantifizierte Stickstoffeinträge vorgenommen. Die Grenzsatzungen in Fehrenbach (2000) wurden entsprechend neu ausgewerteter Literatur in Fehrenbach et al. (2021a), Kapitel 4.2.3.1, angepasst und von [ifeu] 2022 übernommen. Dieser Gliederung wird für Grünland und Ackerland im GOBIOM-Projekt gefolgt (Tabelle 5-18).

Die erforderlichen Sachbilanzdaten für den Gesamtbetrieb, die eine hinreichende Richtungssicherheit bieten, sind recht gut erhebbar. Eine Ausdifferenzierung in Ackerland und Grünland wurde in Abstimmung mit der einzelbetrieblichen Biodiversitätsberatung in GOBIOM nicht vorgenommen, da die erforderlichen Basisdaten in den Betrieben nicht differenziert verfügbar sind und nur sehr aufwändig zu erheben wären.

Tabelle 5-18: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 10 „Intensität der Düngung“ des Kriteriums 4 „Stoffeinträge“ im GOBIOM-Projekt (Gesamtbetrieb)

Messgröße 10	Wertstufen
Intensität der Düngung	1. Keine Stickstoffdüngung
	2. 0 bis < 50 kg N pro ha
	3. 50 bis < 75 kg N pro ha
	4. 75 bis < 100 kg N pro ha
	5. ≥ 100 kg N pro ha

Quelle: Eigene Darstellung

Messgröße 11: Einsatz von Pflanzenschutzmitteln

Die Messgröße wird in den vier ausgewerteten Studien unterschiedlich bezeichnet und teils unterschiedlich in den Wertstufenzuordnungen behandelt.

In Fehrenbach (2000) wird bei der Wertstufeneinteilung keine Unterscheidung zwischen Insektiziden, Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern vorgenommen. Die Anzahl der Spritzungen pro Jahr ist das wesentliche Gliederungsmerkmal.

In Fehrenbach et al. (2021a) und [ifeu 2022] erfolgt für Ackerland eine Differenzierung in „Einsatz von Insektiziden“ und „Maßnahmen für den Pflanzenschutz (excl. Insektizide)“. Im Vergleich zu Fehrenbach (2000) ist die Ausformulierung der Wertstufeneinordnung ausführlicher und nimmt Bezug auf den Behandlungsindex¹⁶ (BI). Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass feldfruchtspezifische generische Daten verfügbar sind Fehrenbach et al. (2021a), Kapitel 4.2.3.1. Für Grünland erfolgt diese Differenzierung nicht.

Im Zuge spezifischer Datenaufnahmen in Betrieben erwies sich die Ermittlung des BI als für das GOBIOM-Projekt zu aufwändig, daher wurde die qualitative Wertstufengliederung nach Fehrenbach (2000) zugrunde gelegt, die die Anzahl der Spritzungen pro Jahr berücksichtigt, ergänzt durch einige präzisere Beschreibungen in Fehrenbach et al. (2021a). Ebenfalls in Anlehnung an Fehrenbach et al. (2021a) wird im Fall von Ackerland die Gliederung der Messgröße in zwei Untergruppen „Einsatz von Insektiziden“ und „Maßnahmen für den Pflanzenschutz (excl. Insektizide)“ übernommen. Die letztere Gruppe berücksichtigt den Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern.

Da es nicht unwahrscheinlich ist, dass der Einsatz von Pflanzenschutzmittel auf den unterschiedlichen Flächen eines Betriebs variiert, wird als flächenbezogenes Sachbilanzdatum ermittelt, welcher Flächenanteil bezogen auf Grünland bzw. Ackerland welcher Wertstufe zuzuordnen ist [ha%]. Die so gewichtete Summe der Wertstufen (gerundet auf ganze Zahl) geht in die Auswertung ein¹⁷. Zur

¹⁶ <https://papa.julius-kuehn.de/index.php?menuid=43>, zuletzt geprüft am 2.7.2024 (JKI o.J.)

¹⁷ $\sum(\text{Wertstufe} \cdot \text{ha\%}/100)$

Ableitung der Hemerobieklasse für Grünland (MG 11a) und Ackerland (MG 11b) werden auf dieser Basis jeweils je eine Wertstufe ermittelt (Tabelle 5-19, Tabelle 5-20, Tabelle 5-21).

11a: Grünlandflächen des spezifischen Betriebs: Einsatz von Pflanzenschutzmitteln

Tabelle 5-19: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 11a „Einsatz von Pflanzenschutzmitteln“ des Kriteriums 4 „Stoffeinträge“ im GOBIOM-Projekt (Grünland)

Messgröße 11a	Wertstufen	ha% Grünland
Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	1. Kein Pestizideinsatz	
	2. [nicht belegt]	
	3. [nicht belegt]	
	4. Bekämpfung von Einzelpflanzen (z. B. Ampfer)	
	5. gelegentlicher oder regelmäßiger Einsatz Totalherbizid für Neusaat	

Quelle: Eigene Darstellung

11b: Ackerlandflächen des spezifischen Betriebs: Einsatz von Pflanzenschutzmitteln

Für Ackerland wird nach Fehrenbach et al. (2021a) differenziert in „Einsatz von Insektiziden“ MG 11b-1) und „Maßnahmen für den Pflanzenschutz (excl. Insektizide)“ (MG 11b-2). Die Wertstufeneinteilung ist Tabelle 5-20 bzw. Tabelle 5-21 zu entnehmen.

Als flächenbezogene Sachbilanzdaten wird aufgenommen welcher Flächenanteil in welcher Intensität mit Pflanzenschutzmittel behandelt wird [ha%]. Die so gewichtete Summe der Wertstufen 11b-1 und 11b-2 geht in die Mittelwertbildung des Kriteriums ein¹⁸.

Tabelle 5-20: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 11b-1 „Einsatz von Insektiziden“ des Kriteriums 4 „Stoffeinträge“ im GOBIOM-Projekt (Ackerland)

Messgröße 11b-1	Wertstufen	ha% Ackerland
Einsatz von Insektiziden	1. Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	
	2. Biologische, biotechnische und physikalische Maßnahmen (Nützlingseinsatz, Pheromone oder mechanische Verfahren)	
	3. Einsatz von Insektiziden: maximal eine Spritzung pro Jahr oder bis zu drei auf weniger als 50% der Fläche	
	4. Einsatz von Insektiziden: maximal drei Spritzungen pro Jahr	
	5. Einsatz von Insektiziden: vier oder mehr Spritzungen pro Jahr	

Quelle: Eigene Darstellung

¹⁸ $\sum (\text{Wertstufe} \cdot \text{ha\%} / 100)$

Tabelle 5-21: Qualitative Sachbilanzoperationalisierung zur Messgröße 11b-2 „Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern“ des Kriteriums 4 „Stoffeinträge“ im GOBIOM-Projekt (Ackerland)

Messgröße 11b-2	Wertstufen	ha% Ackerland
Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern	1. Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	
	2. Biologische, biotechnische und physikalische Maßnahmen (Nützlingseinsatz, Pheromone, mechanische, optische, thermische oder akustische Verfahren)	
	Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern: maximal eine Spritzung pro Jahr oder bis zu drei auf weniger als 50% der Fläche	
	Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern: maximal drei Spritzungen pro Jahr	
	Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern: vier oder mehr Spritzungen pro Jahr	

Quelle: Eigene Darstellung

4.1.3 Übersicht zu Kriterien und Messgrößen

Als Basis der Zuordnung zu einer Hemerobieklasse werden für Grünland und Ackerland dieselben vier Kriterien zugrunde gelegt. Die Messgrößen unterscheiden sich teilweise, da die Operationalisierungen der Wertstufeneinteilungen teils spezifisch auf die Nutzungsart angepasst werden mussten (Tabelle 5-22 und Tabelle 5-23). Die diesbezüglichen Begründungen der Zuordnungsvorschriften sind Abschnitt 5.1.2 zu entnehmen. Sowohl für Grünland als auch für Ackerland werden insgesamt 11 Messgrößen berücksichtigt. Damit folgt die hier zugrunde gelegte Systematik den ausgewerteten Studien (vgl. Tabelle 5-2).

Die in den Tabelle 5-22 und Tabelle 5-23 gelb unterlegten Messgrößen konnten aus unterschiedlichen Gründen in den Betrieben nicht getrennt für Grünland und Ackerland ausgewiesen werden und fließen demzufolge sowohl bei Grünland als auch bei Ackerland ein. Die grün unterlegten Messgrößen konnten differenziert für Grünland und Ackerland erhoben werden.

- Die Wertstufen zu den Messgrößen 2, 3, 4 und 5 adressieren Habitate und Landschaftselemente, die auf einer Betriebsfläche nicht sinnvoll dem Grünland und dem Ackerland zugewiesen werden können. Ggf. könnte bezüglich der Schlaggröße differenziert werden. Daten für Differenzierungen waren im GOBIOM-Projekt jedoch nicht verfügbar.
- Die Messgrößen 9 und 10 adressieren Düngemiteleintrag, für den Daten zur Differenzierung für Grünland und Ackerland nicht verfügbar waren. Das kann dazu führen, dass Düngemiteleintrag im Grünland über- und im Ackerland unterschätzt wird. Dabei ist das Potenzial für Unschärfe für Messgröße 9 weniger relevant, da nach der Dominanz der Art der Düngung gefragt wird. Dennoch kann es sein, dass ein Betrieb die Grünlandflächen mit anderer stofflicher Zusammensetzung düngt als die Ackerflächen. Relevanter hinsichtlich der Überschätzung des Düngemiteleintrags

im Grünland kann sich die Wertstufenzuweisung für Messgröße 10 auswirken, da davon auszugehen ist, dass Ackerland intensiver gedüngt wird als Grünland. Für Betriebe mit wenig Ackerfläche ist diese Unschärfe weniger, für reine Grünlandbetriebe nicht relevant.

Zur Operationalisierung einzelner Messgrößen werden zwei Facetten des Themas berücksichtigt (Grünland: Messgröße 6 und 8; Ackerland: Messgröße 6 und 11). Die Teilergebnisse werden aggregiert zum Wertstufenergebnis der Fehrenbach et al. (2021a) entsprechenden Messgröße. Für Ackerland wird diesbezüglich der Gliederung in und [ifeu 2022] gefolgt.

Fehrenbach et al. (2021a) berücksichtigen neben Ackerland auch Grünland und gliedern zur Messgröße 8 ebenfalls in Wiesen und Weiden (vgl. Tabelle 5-13). Eine Aggregationsvorschrift ist dort nicht enthalten, da der räumliche Bezug eine Grünlandfläche ist, die entweder beweidet oder gemäht wird. Im GOBIOM-Projekt ist die einzustufende Fläche die gesamte Grünlandfläche eines Betriebes, die beweidete und gemähte Flächen umfassen kann. Insofern ist eine Aggregationsvorschrift erforderlich (vgl. Kapitel 5.1.2).

Auf dieser Basis wurde für Grünland und Ackerland je ein Fragebogen ausgearbeitet, die als Excel Datei für eine Datenerhebung auf den GOBIOM-Betrieben zum Einsatz kamen.

Tabelle 5-22: Kriterien und Messgrößen Grünland (für grünlandspezifische Erhebung mit a gekennzeichnet)

Kriterium Grünland	Messgröße	
1. Artenvielfaltspotenzial	1a. Kennarten	
	2. Habitate	
2. Strukturdiversität	3: Strukturelemente in der Flur	
	4: Schlaggröße	
	5: Diversität in der Landschaft	
3: Bewirtschaftung/Bodenschutz	6a. Intensität Bodenbewirtschaftung/ Bodenverdichtung	6a-1: Intensität Bodenbewirtschaftung 6a-2: Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz
	7a: Bodenbedeckung	
	8a: Schnitthäufigkeit/ Beweidung	8a-1. Schnitthäufigkeit 8a-2. Beweidung
4: Stoffeinträge	9. Art der Düngung	
	10. Intensität der Düngung	
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 5-23: Kriterien und Messgrößen Ackerland (für ackerlandspezifische Erhebung mit b gekennzeichnet)

Kriterium Ackerland	Messgröße	
1. Artenvielfaltspotenzial	1b. Blühstreifen/ Blühflächen	
	2. Habitate	
2. Strukturdiversität	3: Strukturelemente in der Flur	
	4: Schlaggröße	
	5: Diversität in der Landschaft	
3: Bewirtschaftung/Bodenschutz	6b: Intensität der Bodenbearbeitung/ Bodenverdichtung	6b-1. Intensität Bodenbearbeitung 6b-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz
	7b: Bodenbedeckung	
	8b. Agrodiversität	
4: Stoffeinträge	9. Art der Düngung	
	10. Intensität der Düngung	
	11b: Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	11b-1. Einsatz von Insektiziden 11b-2. Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern

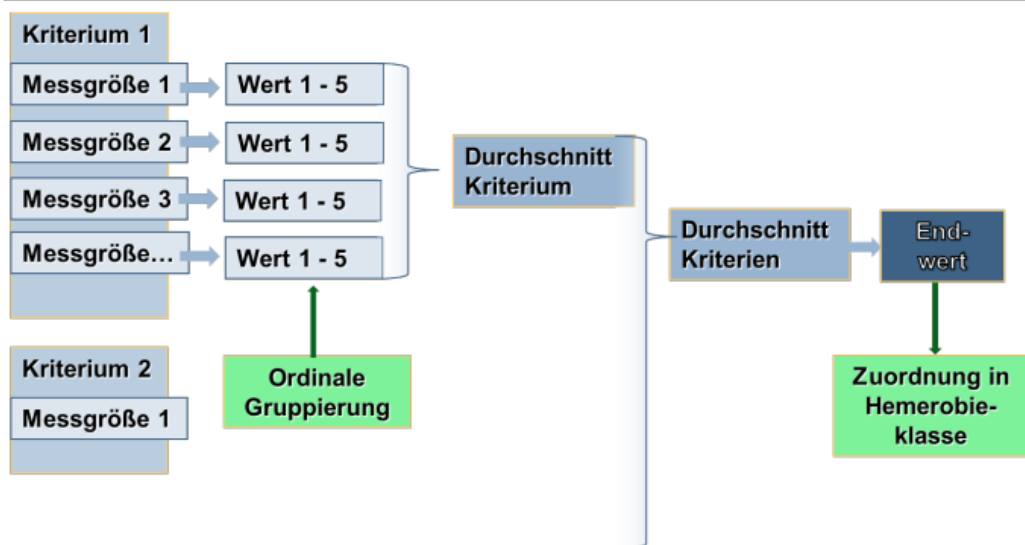
Quelle: Eigene Darstellung

4.1.4 Ermittlung des Naturfernepotenzials

In Fehrenbach et al. (2021a), Kapitel 3.2.5, werden die Verrechnungsvorschriften der Messgrößen zu einem Endwert definiert: Zunächst wird für jedes Kriterium der arithmetische Mittelwert der Wertstufenergebnisse gebildet, daraus im nächsten Schritt der Durchschnitt aller Kriterien und so ein Endwert generiert (Abbildung 5-2). Diesem Ansatz wird im GOBIOM-Projekt gefolgt. Durch die geringere Anzahl von zwei Messgrößen für Kriterium 1, gegenüber drei Messgrößen in den anderen Kriterien, ergibt sich eine implizite, höhere Gewichtung der beiden Messgrößen gegenüber allen anderen Messgrößen. Dies wird hier bewusst in Kauf genommen, um die vier Kriterien als gleichwertig beizubehalten und zugunsten der Einfachheit und Praxistauglichkeit des Hemerobie-indikators. Das in der weiteren Modellentwicklung denkbare Hinzufügen oder Weglassen von Messgrößen ist demnach stets kritisch zu reflektieren mit Blick auf implizite Gewichtungen.

Abbildung 5-2: Art der Mittelwertbildung

Abbildung 7: Struktur des messgrößenbasierten Punktwertverfahrens



Quelle: (Fehrenbach et al. 2021a)

Auf Basis des Endwertes erfolgt für Grünland und Ackerland eines Betriebes jeweils die Zuordnung zu einer Hemerobiekategorie gemäß Tabelle 5-24.

Wie in Kapitel 5.1 ausgeführt dient die Ermittlung der Hemerobiekategorie dazu den Charakterisierungsfaktor zu ermitteln, mit dem der Nebennutzen der Flächennutzung hinsichtlich der Förderung biologischer Vielfalt über den Wirkungsindikator Naturfernepotenzial (NFP) adressiert wird. Für Grünlandflächen kann es Zuordnungen zu den Hemerobiekategorien III bis V geben (Kategorie VI ist unwahrscheinlich), für Ackerlandflächen IV bis VI, in besonderen Fällen kann auch Kategorie III erreicht werden (Fehrenbach et al. 2021a).

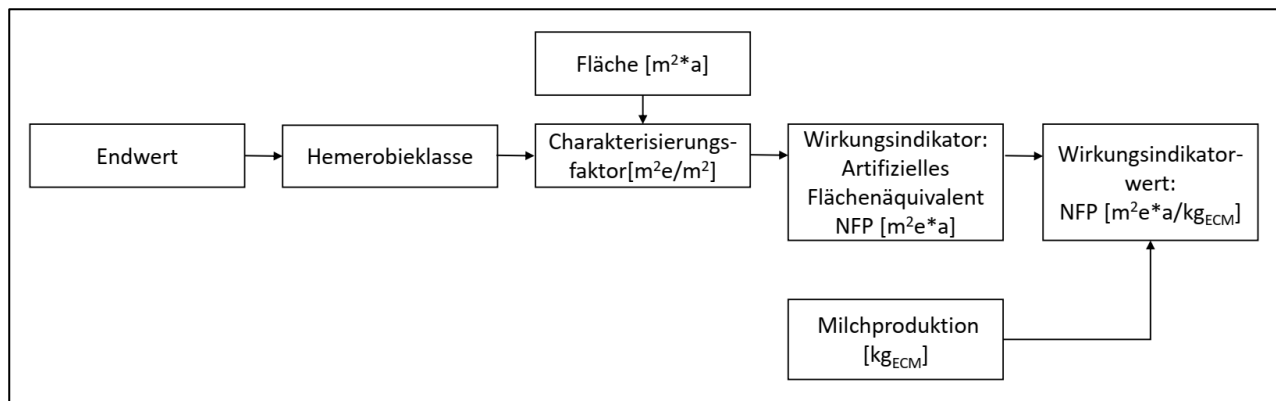
Tabelle 5-24: Zuordnung des Endwertes zu einer Hemerobiekategorie für landwirtschaftliche Flächen (Grünland und Ackerland)

Endwert (MW-END)	Hemerobiekategorie	qualitative Einordnung	mögliche Hemerobiekategorien Grünland	mögliche Hemerobiekategorien Ackerland
1 bis < 2	Kategorie III	sehr wenig naturfern	III	
2 bis < 3	Kategorie IV	wenig naturfern	IV	IV
3 bis < 4	Kategorie V	naturfern	V	V
4 bis 5	Kategorie VI	sehr naturfern		VI

Quelle: (Fehrenbach et al. 2015a)

Da die Wirkungspotenziale in der Ökobilanz produktbezogen ausgewiesen werden, wird zur Berechnung des Wirkungsindikatorwerts das artifizielle Flächeäquivalent auf die Milchmenge bezogen (Abbildung 5-3).

Abbildung 5-3: Vom Endwert zum Naturfernepotenzial



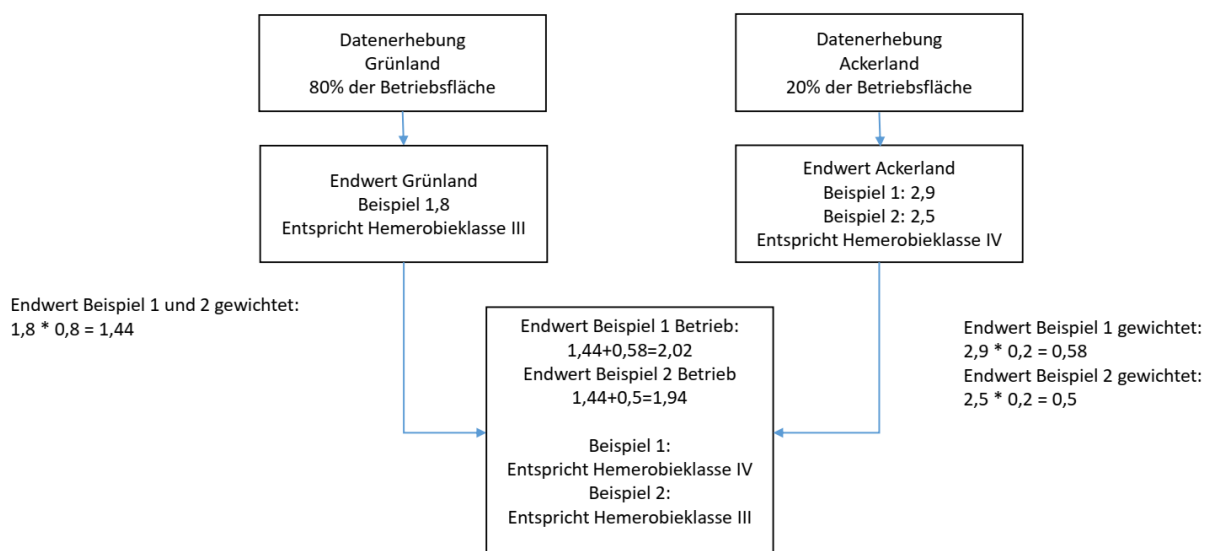
Quelle: Eigene Darstellung

4.1.5 Ableitung der betrieblichen Hemerobiekasse unter Berücksichtigung von Grünland und betriebseigenem Ackerland

Für die Milchviehbetriebe werden die Daten zu allen Messgrößen für Dauergrünland und Ackerland differenziert erhoben und ausgewertet. Die Ergebnisse der Datenerhebung auf den Betrieben werden sowohl für Grünland als auch für Ackerland getrennt ausgewertet und je einer Hemerobiekasse zugewiesen.

Die Hemerobiekasse für den Betrieb ergibt sich auf Basis der Endwerte gewichtet nach Flächenanteil Grünland/Ackerland. Abbildung 5-4 verdeutlicht die Vorgehensweise beispielhaft. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um den Betrieben größtmögliche Transparenz zur Ermittlung von Optimierungsoptionen zu ermöglichen. Die Darstellung erfolgt separat für Grünland sowie für Ackerland und für den Gesamtbetrieb.

Abbildung 5-4: Beispiel - Ermittlung der betrieblichen Hemerobieklassse bei Vorhandensein von Grünland und Ackerland



Quelle: Eigene Darstellung

4.2 Naturfernepotenzial zugekaufter Futtermittel

Da zur Milchproduktion auch in Grünlandbetrieben häufig auch Futtermittel zugekauft werden, wurden diese im GOBIOM-Projekt ebenfalls über die temporäre Flächenbelegung ihrer Produktion berücksichtigt. Bezüglich des Milchleistungsfutters wurden Annahmen zur Zusammensetzung getroffen (Tabelle 5-25). Da hier keine Primärdatenerhebung möglich war wurden Ertragswerte aus den mit Fußnoten markierten Quellen verwendet.

Tabelle 5-25: In diesem Projekt zugrunde gelegten Ertragswerte zugekaufter Futtermittel (TM: Trockenmasse)

Futtermittelbestandteil	Hektarertrag ökologisch t TM/ha*a	Hektarertrag konventionell t TM/ha*a
Milchleistungsfutter ¹		
Sommergerste ² (17.5%)	2,96	5,92
Melasseschnitzel ³ (15%)	2,31	3,5
Körnermais ² (20%)	5,7	9,77
Rapsextraktionsschrot ³ (10%)	1,25	1,86
Sojaextraktionsschrot ³ (15%)	1,59	2,41
Winterweizen ² (20%)	3,94	7,89
Winterroggen ²	3,94	5,91
Heu ⁴	4,95	7,5
Grassilage ⁴	4,36	6,6
Maissilage ²	30,8	44

Futtermittelbestandteil	Hektarertrag ökologisch t TM/ha*a	Hektarertrag konventionell t TM/ha*a
(Sommer)Erbsen	2,96	3,45
Rotklee/Kleegrascobs	0,4	

¹ Da Milchleistungsfutter aus verschiedenen Komponenten besteht, wurde eine generische Modellierung aus Antony et al. (2021a) für ein Milchleistungsfutter vom Typ 18/3 zugrunde gelegt. Eine hofspezifische Modellierung des verwendeten Milchleistungsfutters war aufgrund fehlender Daten nicht möglich. Die Bestandteile des modellhaften Milchleistungsfutters sind eingerückt aufgelistet und mit ihren jeweiligen Anteilen in Prozent angegeben.

² aus Fehrenbach et al. (2021c);

³ aus (Antony et al. 2021a);

⁴ aus(LEL/LAZBW 2022), nach Feldverlusten, 3 Nutzungen

Quelle: Eigene Darstellung

Die generischen Daten der Hemerobieklassen der Agrarprodukte und auf dieser Basis die Zuordnung der Charakterisierungsfaktoren wurden aus Fehrenbach et al. (2021c) entnommen (vgl. Tabelle 5-26).

Tabelle 5-26: Hemerobieklassen Futtermittel

Futtermittelbestandteil	Hemerobiekategorie ökologisch	Hemerobiekategorie konventionell
Sommergerste	V	V
Melasseschnitzel/Zuckerrübe	V	VI
Körnermais	V	VI
Winterraps(extraktionsschrot)	IV	V
Sojaextraktionsschrot ¹	V	V
Winterweizen ²	IV	VI
Winterroggen	IV	V
Heu ³	IV	IV
Grassilage	IV	IV
Maissilage	V	VI
(Sommer)Erbsen	IV	V

¹ In Fehrenbach et al. (2021c) wird keine Unterscheidung zwischen ökologischem und konventionellem Sojaanbau getroffen und lediglich ein Mittelwert für Hülsenfrüchte zur Körnergewinnung (einschließlich Soja) auf deutschen Ackerflächen angegeben;

² In Fehrenbach et al. (2021c) wird keine Unterscheidung zwischen ökologischem und konventionellem Sojaanbau getroffen und lediglich ein Mittelwert für Hülsenfrüchte zur Körnergewinnung (einschließlich Soja) auf deutschen Ackerflächen angegeben;² Falls nicht spezifisch angegeben, wurde stets Winterweizen als Futtermittelbestandteil angenommen;

³ Für Grünlandprodukte wird in Fehrenbach et al. (2021c) unterschieden zwischen ökologisch, unspezifisch und extensiv. Lediglich extensivem Grünland wird Hemerobiekategorie III zugeteilt, alle anderen Formen werden in Hemerobiekategorie IV eingestuft, die deshalb hier zugrunde gelegt wird.

Quelle: (Fehrenbach et al. 2021c)

4.3 Ergebnisse und Diskussion

Die nachfolgende Diskussion der Ergebnisse erfolgt in der Dokumentation der Betriebsdaten unter größtmöglichem Schutz sensibler Daten.

4.3.1 Rahmenbedingungen

4.3.1.1 Annahmen zur temporären Flächenbelegung

Die Biomasse der betrieblichen Grünlandflächen wird vollständig als Futtermittel zur betrieblichen Milchproduktion genutzt. Quantitatives Sachbilanzdatum ist demzufolge die Grünlandfläche des Betriebs [ha].

Die betrieblichen Ackerflächen werden zum Futtermittelanbau und somit zur betrieblichen Milchproduktion genutzt. Es wird keine Allokation auf ggf. andere Feldfrüchte durchgeführt. Quantitatives Sachbilanzdatum ist demzufolge die Ackerlandfläche des Betriebs [ha].

Einige Betriebe haben auf Ihrer Betriebsfläche auch Waldflächen. Deren Naturfernepotenzial wurde im GOBIOM-Projekt nicht berücksichtigt, da sie keine direkte Verbindung zur Milchproduktion haben.

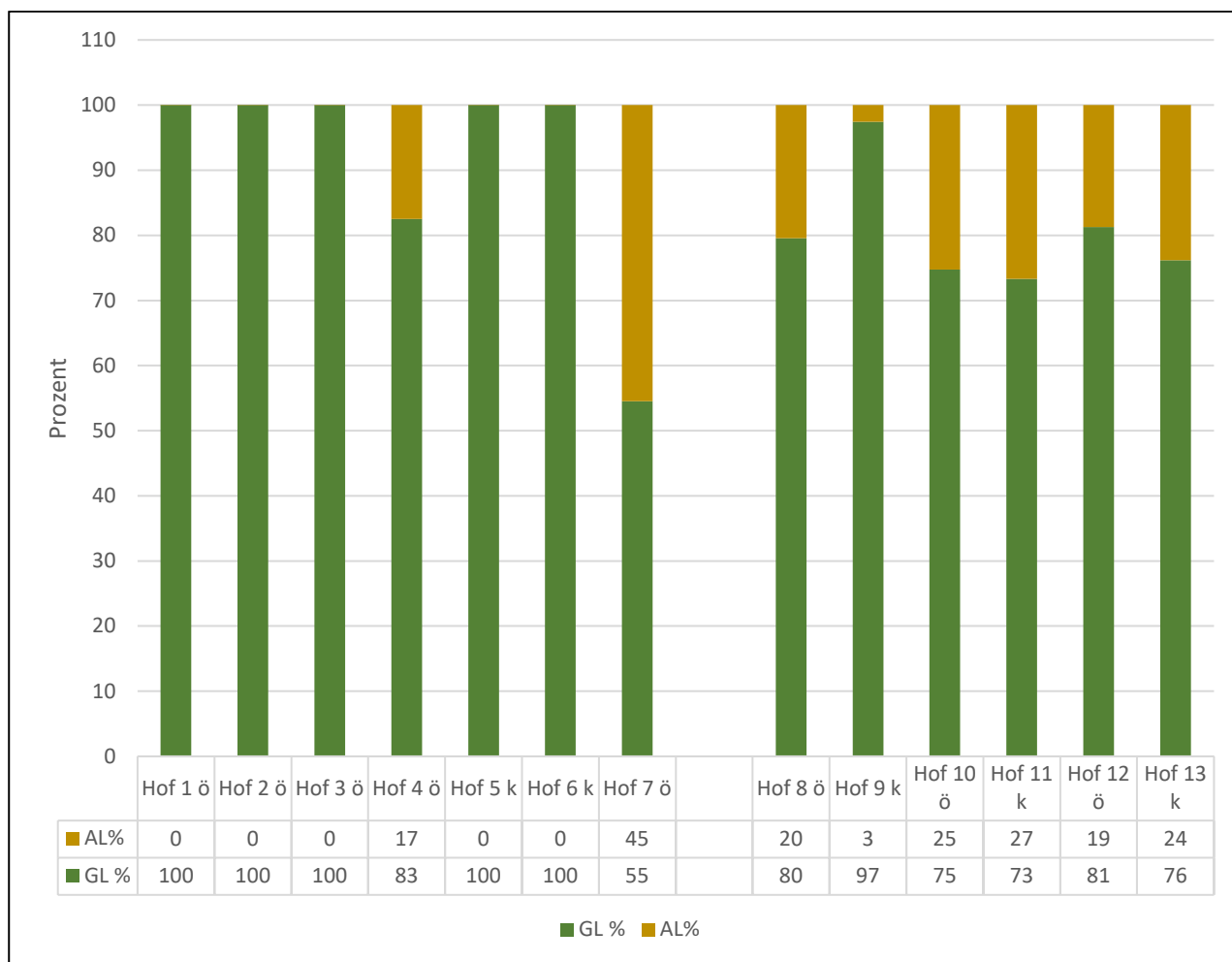
Die temporäre Flächenbelegung der Futtermittelproduktion zugekauften Futters sowie die Zuordnung zu Hemerobieklassen erfolgt auf der Basis generischer Daten aus Fehrenbach et al. (2021c) (vgl. Kapitel 3.2.2).

4.3.1.2 Betriebsstruktur

Die untersuchten Milchviehbetriebe haben hinsichtlich der Flächenanteile Grünland/Ackerland unterschiedliche Strukturen (Tabelle 3-6). Neben reinen Grünlandbetrieben gibt es Betriebe mit bis zu ca. 50 % Ackerland auf denen Futtermittel angebaut werden. Im Trend gibt es in der Bio-Musterregion Freiburg mehr reine Grünlandbetriebe, was aufgrund der Landschaftsstruktur (höhere Lagen im Schwarzwald) plausibel ist. Aufgrund der kleinen Stichprobe lässt sich allerdings keine allgemeingültige Aussage daraus ableiten.

Abbildung 5-5 zeigt die Verteilung der Flächenanteile Grünland (GL) und Ackerland (AL) für die in GOBIOM betrachteten Betriebe. In Abbildung 5-6 ist die temporäre Flächenbelegung von Grünland und Ackerland sowie die der extern bezogenen Futtermittel auf 1 kg ECM-Milch dargestellt. Einige Betriebe mit geringem Anteil an Ackerland beziehen auch keine oder sehr wenig externe Futtermittel, was den Schluss zulässt, dass die Futtergrundlage aus Gras und Heu besteht. Aufgrund der kleinen Stichprobe sollten jedoch keine allgemeingültigen Schlussfolgerungen zum Unterschied der Regionen gezogen werden. Für Einschätzungen zur agrarstrukturellen Situation in den beiden in GOBIOM betrachteten Regionen sei an dieser Stelle auf den Endbericht des Teilvorhabens zu ökonomischen Aspekten verwiesen (Pabst 2024).

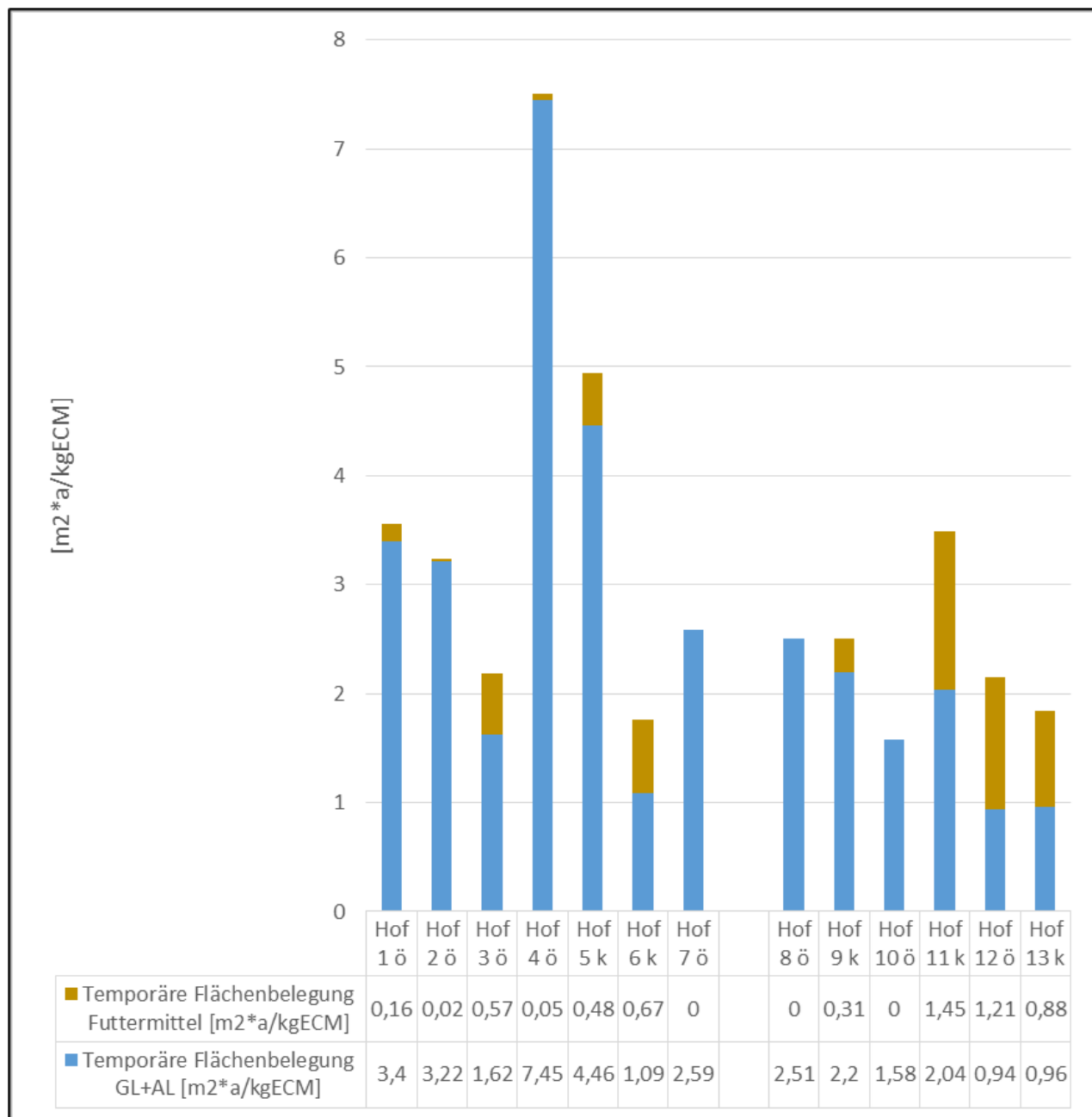
Abbildung 5-5: Flächenanteile Grünland (GL) und Ackerland (AL) Betriebe



Legende: Modellregionen Freiburg (Hof 1-7) und Ravensburg (Hof 8 – 13);
Wirtschaftsweise: ö = ökologisch, k=konventionell

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 5-6: Temporäre Flächenbelegung Grünland (GL) + Ackerland (AL) sowie externe Futtermittel bezogen auf 1 kg_{ECM}



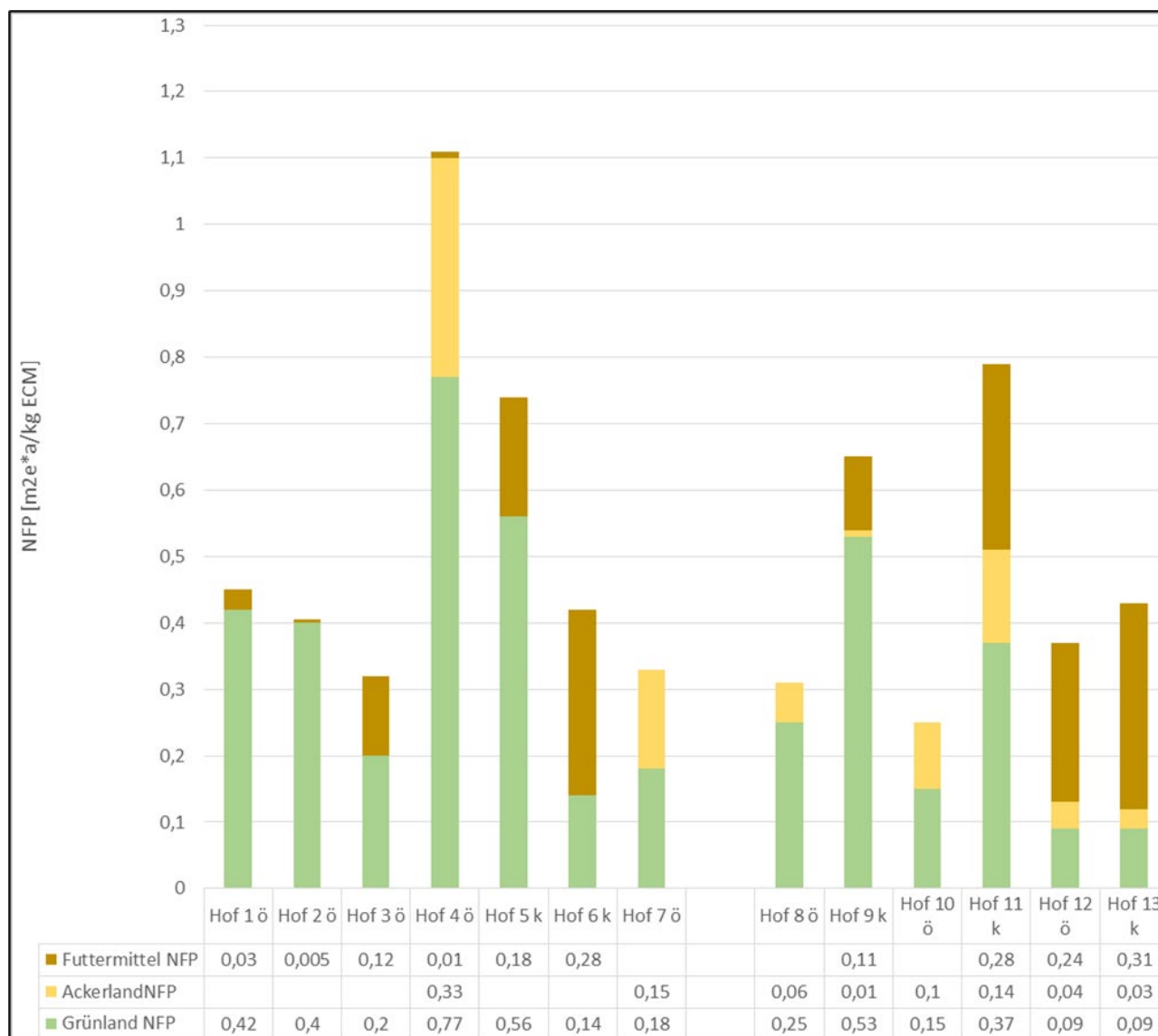
Legende: Freiburg (Hof 1-7) und Ravensburg Hof (8-13); Wirtschaftsweise: ö = ökologisch. k = konventionell

Quelle: Eigene Darstellung;

4.3.2 Ergebnisse Naturfernepotenzial

Abbildung 5-7 zeigt das Naturfernepotenzial der Betriebe gegliedert nach Grünland, Ackerland und Flächen für Zukauffuttermittel.

Abbildung 5-7: Naturfernepotenzial (NFP) der Betriebe gegliedert nach Grünland, Ackerland und Flächen für Zukauffuttermittel

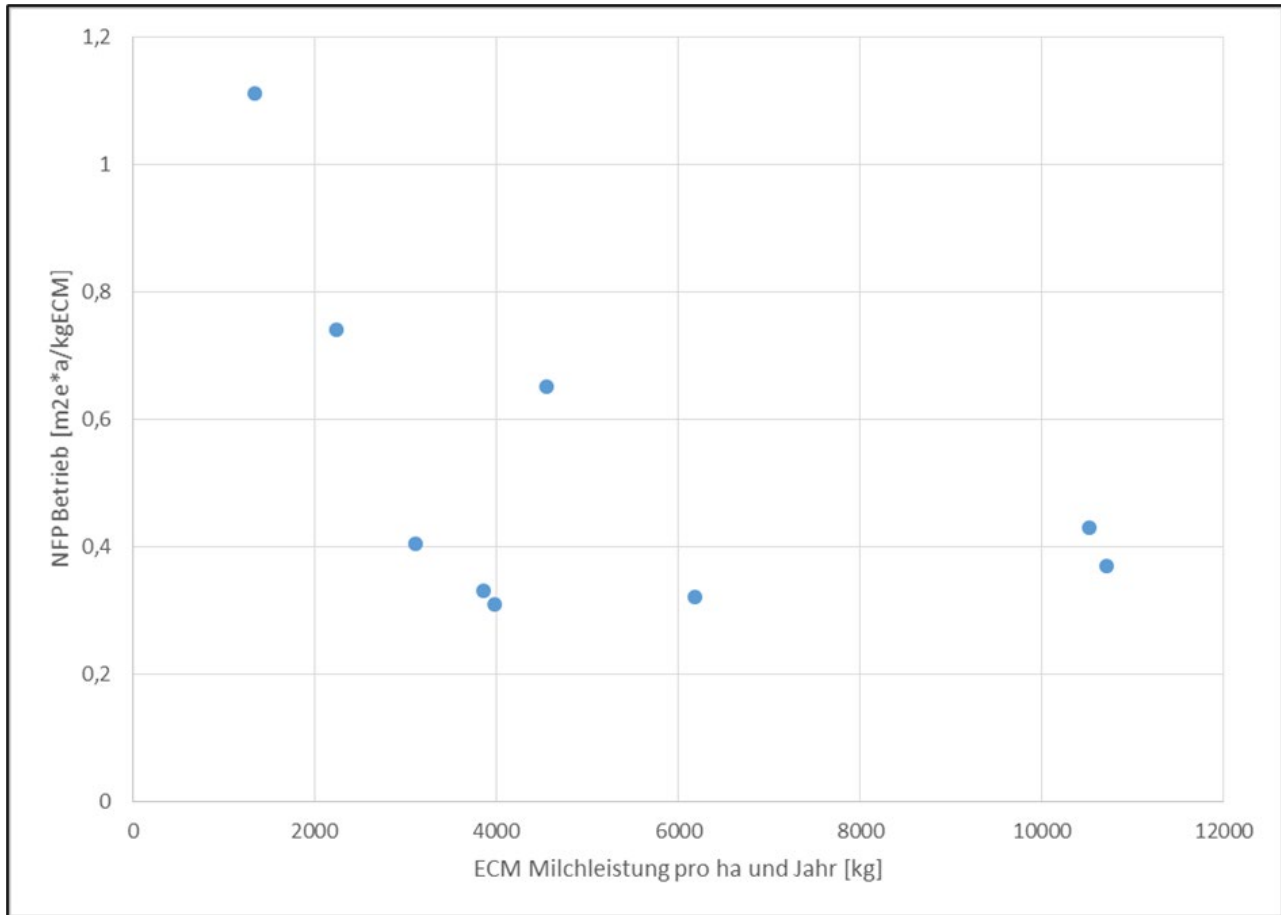


Legende: Freiburg Hof (1-7) und Ravensburg (Hof 8-13): Wirtschaftsweise: ö = ökologisch. k = konventionell

Quelle: Eigene Darstellung;

Bei der Interpretation der Ergebnisse der betrieblichen Flächen ist zu berücksichtigen, dass der Bezug auf die produzierte Menge Milch erfolgt. Abbildung 5-8 zeigt die Abhängigkeit des betrieblichen Naturfernepotenzials von der Milchleistung pro Hektar Betriebsfläche. Eine eindeutige Funktion ist aufgrund der kleinen Stichprobe nicht abzuleiten, allerdings wird deutlich, dass bei geringer Milchleistung pro Hektar das Naturfernepotenzial im Trend steigt.

Abbildung 5-8: Abhängigkeit des betrieblichen Naturfernepotenzials von der Milchleistung pro ha



Quelle: Eigene Darstellung

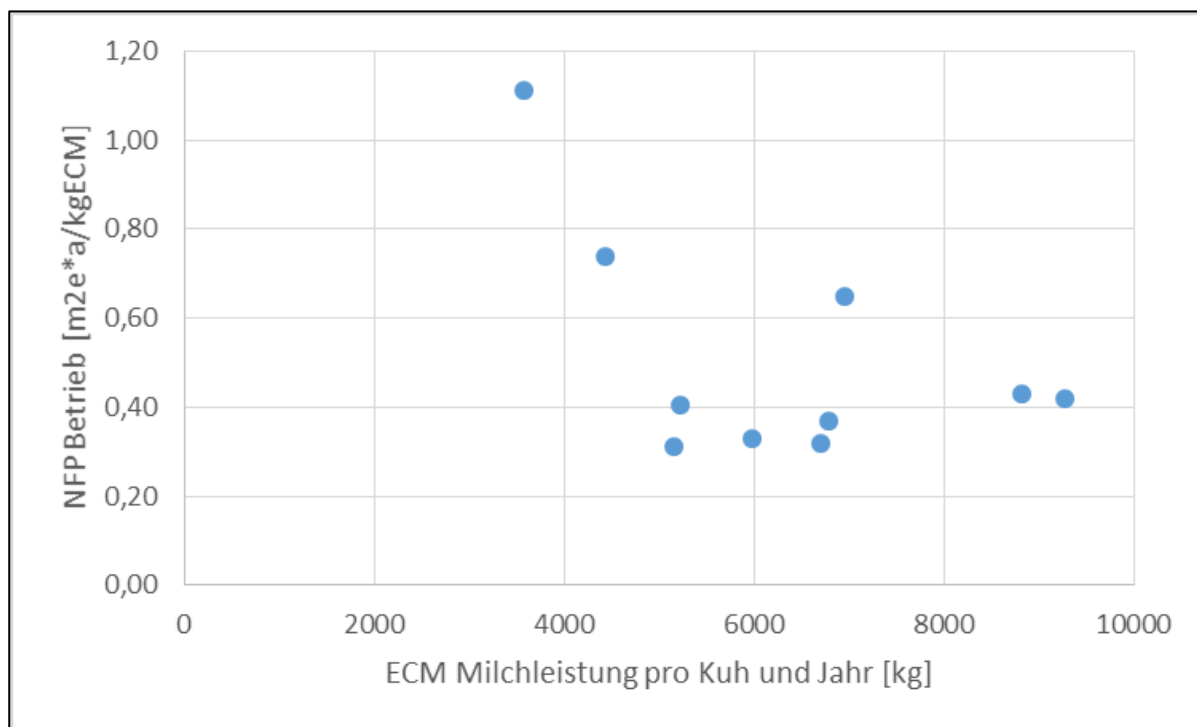
Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Abhängigkeit des betrieblichen Naturfernepotenzials von der Milchleistung pro Kuh und Jahr (Abbildung 5-9). Bei geringer Milchleistung pro Kuh steigt das Naturfernepotenzial.

Hier zeigt sich ein grundsätzliches Problem der Anwendung der Methode Ökobilanz auf nichttechnische Systeme: Die Ökobilanz wurde als Methode zur Analyse technischer Systeme mit Schwerpunkt der produktbezogenen Effizienzsteigerung von Verbräuchen und Emissionen entwickelt. Ziel ist maximale Produktion eines Produktes mit technisch definierter Produktqualität mit minimalem Einsatz von Ressourcen und minimalen Emissionen. In dieser technischen Effizienzlogik ist also minimaler Flächeneinsatz bei maximaler Milchproduktion zu bevorzugen.

Ein Betrieb mit einer sehr großen Fläche, der allerdings z. B. aufgrund der Kuhrassen nicht auf maximale Volumenproduktion, sondern auf andere Qualitätskriterien der Milch oder Tierwohlaspekte Wert legt, kann bei gleicher Hemerobieklasse einen höheren Wirkungsindikatorwert aufweisen als ein Betrieb mit einer kleineren Fläche, der Hochleistungskühe hält. Das ist ein grundsätzliches Problem der Ökobilanz, da der Produktbezug i. d. R. massen- oder volumenbezogen erfolgt und die Qualität des Produktes häufig nur cursorisch definiert werden kann. In Ökobilanzen der Milchwirtschaft wird i. d. R. die energiekorrigierte Milchmenge (ECM Milch) verwendet, basierend auf den Kriterien Fett und Eiweißgehalt (vgl. auch Diskussion in Kapitel 3.4.1).

Der Grundgedanke, den biodiversitätsfördernden Nebennutzen der Fläche über die Charakterisierungsfaktoren zu allozieren, kompensiert nicht die qualitätsrelevanten und ethischen Aspekte der Milchviehhaltung. Diesbezüglich besteht weiterhin erheblicher Forschungsbedarf zum Themenfeld „Ökobilanz von Lebensmitteln“.

Abbildung 5-9: Abhängigkeit des betrieblichen Naturfernepotenzials (gemäß Abbildung 26) von der Milchleistung pro Kuh und Jahr



Quelle: Eigene Darstellung

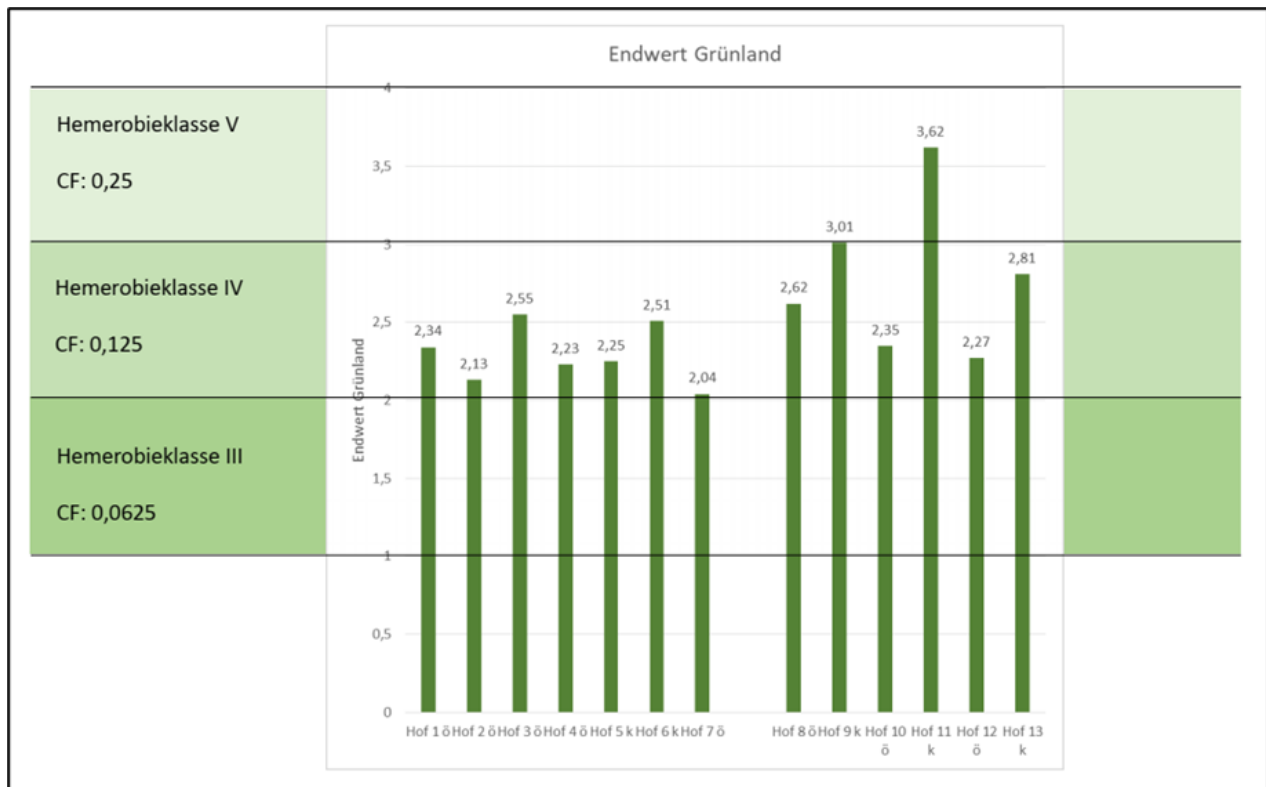
4.3.3 Ergebnisse Endwerte

Da das NFP auf Basis der Endwerte berechnet wird und hier die Klasseneinteilung der Hemerobie kleinere Unterschiede verwischen kann, erfolgt nachfolgend eine Analyse der Ergebnisse auf Basis der Endwerte, die den betrieblichen Nebennutzen für Biodiversität spiegeln. Eine einzelbetriebliche Diskussion der Datengrundlagen und der Ergebnisse erfolgt in Anhang II.

Abbildung 5-10 und Abbildung 5-11 zeigen die Ergebnisse der Betriebsflächen auf Basis der Endwerte, die der Zuordnung zu einer Hemerobiekategorie und somit zum Charakterisierungsfaktor (CF) der temporären Fläche dienen. Hier ist anzumerken, dass bei Darstellung noch nicht auf die produzierte Milchmenge bezogen wird.

Für Grünland (Abbildung 5-10) werden die überwiegende Anzahl der Betriebe Hemerobiekategorie IV zugeordnet. Im Trend liegen die Betriebe in der Modellregion Freiburg im unteren Bereich der Hemerobiekategorie IV, ein Betrieb genau an der Zuordnungsgrenze zu Hemerobiekategorie III. In der Modellregion Ravensburg werden zwei Betriebe der Hemerobiekategorie V zugeordnet. Eine generelle Aussage zum Unterschied der beiden Modellregionen lässt sich aufgrund der kleinen Stichprobe allerdings nicht ableiten. Auch an dieser Stelle sei daher an die ebenfalls im Rahmen des GOBIOM-Projektes durchgeführte Analyse von Pabst (2024) verwiesen.

Abbildung 5-10: Endwerte der Betriebsflächen Grünland



Legende: Freiburg (Hof 1-7), Ravensburg (Hof 8-13); Wirtschaftsweise: ö = ökologisch. k = konventionell

Quelle: Eigene Darstellung

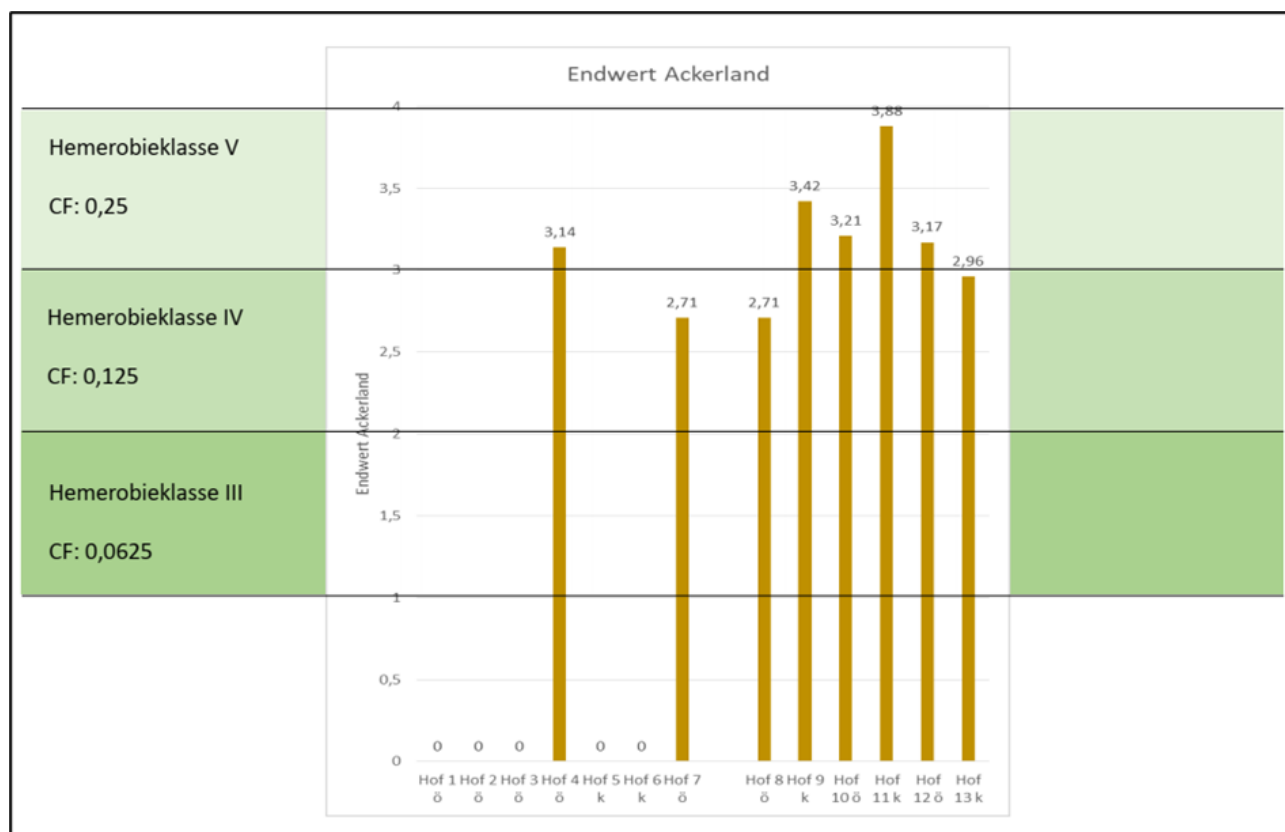
Die Darstellung zeigt, dass die Grenzen der Hemerobieklassen nach Fehrenbach et al. (2021a) für die Differenzierung der spezifisch untersuchten Höfe zu keiner zufriedenstellenden Trennschärfe führen: So ist der Nebennutzen im Fall von Hof 7 beispielsweise deutlich größer als der von Hof 13, dennoch werden die temporär belegten Flächen mit dem gleichen Charakterisierungsfaktor gewichtet.

Zur Verbesserung der Trennschärfe sind zwei Sensitivitätsanalysen denkbar, die allerdings im GOBIOM-Projekt aus Kapazitätsgründen nicht umgesetzt werden konnten:

- Zerteilung der Hemerobieklassen mit angepassten Charakterisierungsfaktoren.
- Gleitender Charakterisierungsfaktor: Fehrenbach et al. (2021a), Kapitel 3.2.1, begründen ausführlich die aus der Landschaftsökologie stammende Einteilung in ordinale Hemerobieklassen, die Unschärfen berücksichtigt. Dennoch könnte eine Sensitivitätsanalyse mit gleitendem Charakterisierungsfaktor sinnvoll sein.

Für Ackerland (Abbildung 5-11) werden die Betriebe dem oberen Bereich von Hemerobiekategorie IV und Hemerobiekategorie V zugeordnet. Zu beachten ist, dass Zukauffuttermittel in der betrieblichen Analyse nicht bezüglich der Endwerte erfasst wurden. Diesbezüglich wurden generische Daten der Hemerobiekategorie verwendet, die keine vollumfängliche Zuordnung der Endwerte erlaubten.

Abbildung 5-11: Endwerte der Betriebsflächen Ackerland (

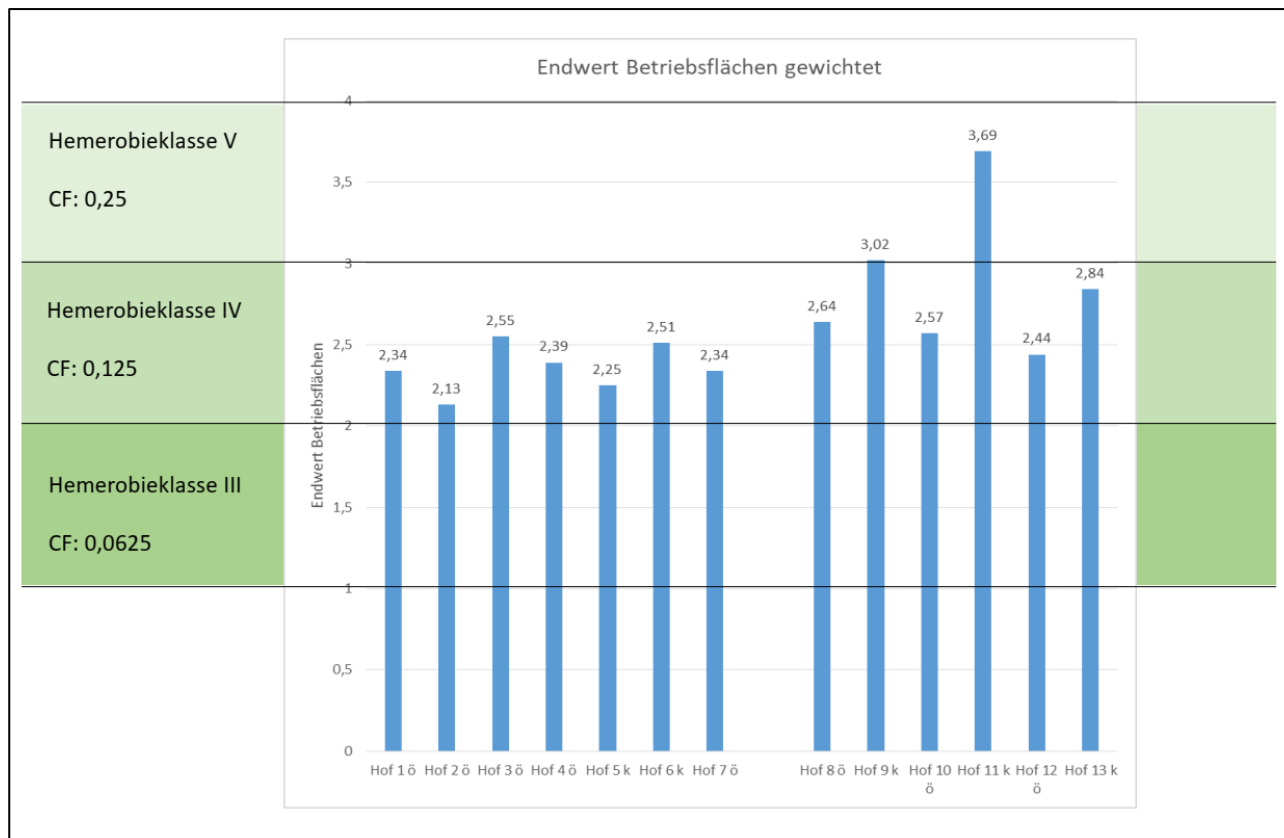


Legende: Freiburg (Hof 1-7) und Ravensburg (Hof 8-13); Wirtschaftsweise: ö = ökologisch. k = konventionell

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 5-12 zeigt die Endwerte der Betriebsflächen Ackerland und Grünland gewichtet nach Flächenanteilen. Im Trend liegen die Werte der Höfe der Modellregion Freiburg in der unteren Hälfte von Hemerobiekategorie IV. Für zwei Höfe in der Modellregion Ravensburg liegen die Endwerte im Bereich der Hemerobiekategorie V.

Abbildung 5-12: Endwerte der Betriebsflächen Ackerland und Grünland gewichtet

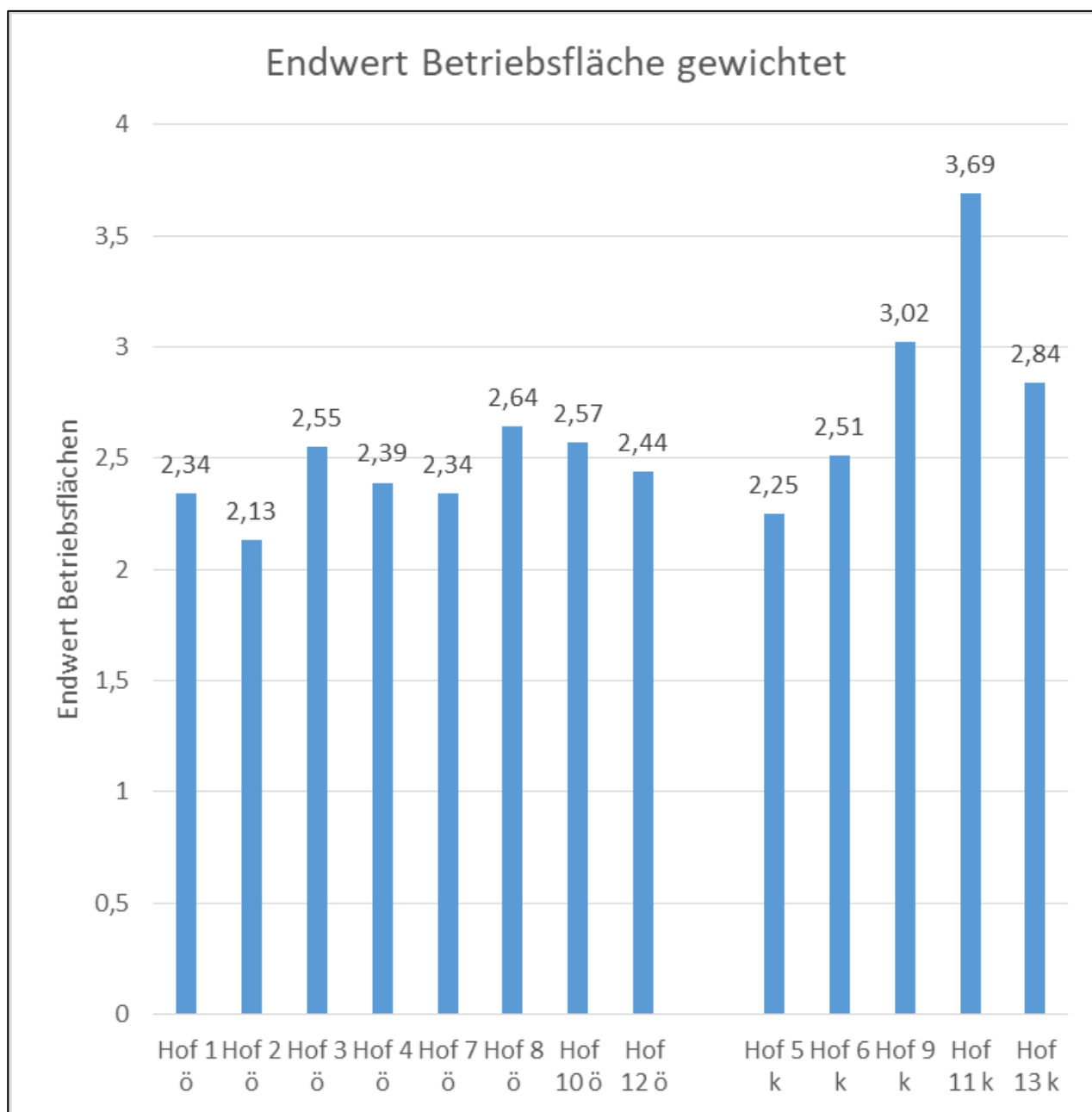


Legende: Freiburg (Hof 1-7), Ravensburg (Hof 8-13); Wirtschaftsweise: ö = ökologisch. k = konventionell

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 5-13 zeigt die Endwerte der Betriebsflächen gruppiert nach Wirtschaftsweise. Es ist keine eindeutige Korrelation zu erkennen, wenngleich im Trend die Höfe mit konventioneller Wirtschaftsweise höhere Werte aufweisen.

Abbildung 5-13: Endwerte der Betriebsflächen gruppiert nach Wirtschaftsweise



Legende: „ö“ = ökologisch; „k“ = konventionell

Quelle: Eigene Darstellung

Die Ergebnisse zeigen, dass es Trendunterschiede gibt, sowohl zwischen den Modellregionen Freiburg und Ravensburg als auch zwischen ökologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben. Allerdings gibt es unter beiden Betrachtungsweisen keine strengen Korrelationen. Die individuelle Gestaltung der betrieblichen Wirtschaftsweise hat offensichtlich entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis. Aus diesem Grund werden nachfolgend die Ergebnisse zu einzelnen Höfen vorgestellt, die Rückschlüsse auf die jeweils relevanten betrieblichen Optimierungspotenziale ermöglichen.

5 Bestehende Ansätze zur Förderung von Biodiversität und Nachhaltigkeit auf der Wertschöpfungsstufe der Molkereien

Im Zentrum der Arbeiten des GOBIOM-Projektes steht die Betrachtung der Produktion der Rohmilch auf den GOBIOM-Betrieben. Dies gilt auch und insbesondere für den im vorliegenden Teilbericht durchgeführten Arbeiten zur Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte im Zuge der Ökobilanzierung ausgewählter Milchproduktionssysteme. Die Rohmilchproduktion ist mit deutlichem Abstand die unter Biodiversitätsgesichtspunkten wichtigste Wertschöpfungsstufe. Zugleich kommt auch der sogenannten ‚aufnehmenden Hand‘, also den Molkereien in denen die Rohmilch verarbeitet wird, eine hohe Bedeutung bei der Gestaltung biodiversitätsfördernder Milchproduktionssysteme zu. Hierzu trägt vor allem die Stellung von Molkereien innerhalb der Wertschöpfungskette bei. Einerseits bestehen direkte (Liefer-)Beziehungen zu den Milchviehbetrieben, andererseits werden die Milch- und Molkereiprodukte in den Molkereien in die Verkaufsverpackungen abgefüllt, wodurch über den Lebensmitteleinzelhandel eine direkte Verbindung zu den Endverbraucher*innen besteht. Molkereien stehen somit auch in einem mehr oder weniger direkten Kontakt mit den Konsumierenden. Entsprechend sind Molkereien auch mit Anforderungen der Konsumierenden, wie beispielsweise der Erwartung zur Übernahme der Verantwortung für die gesellschaftliche Dimension des eigenen wirtschaftlichen Handelns konfrontiert.

Im Rahmen des vorliegenden Vorhabens sollte auch geprüft werden, inwiefern die Ergebnisse und Erkenntnisse des GOBIOM-Projektes genutzt werden könnten, um über bestehende Programme und Ansätze zur Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte der Milchwirtschaft zu informieren und ggf. Potenziale zu deren Weiterentwicklung aufzuzeigen. Der größte Hebel zur Einflussnahme von Molkereien auf das Wirkungsfeld Biodiversität besteht in der gezielten Kooperation mit den Zulieferbetrieben. Inwiefern Molkereien hier bereits aktiv sind und wie sie dabei typischerweise vorgehen, wird hier in Form eines Kurzüberblicks dargestellt. Die Betrachtung ist dabei exemplarisch zu verstehen und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Vor dem Hintergrund der Zielsetzung des GOBIOM-Projektes fokussiert die Darstellung auf biodiversitätsrelevante Aspekte. Weitere Ansätze und Maßnahmen, die von Molkereien im Bereich der Unterstützung und Honorierung von Nachhaltigkeitsleistungen bei Milcherzeugern umgesetzt werden, sind nicht Gegenstand der Betrachtung.

Im Zuge einer Desktop-Recherche konnte eine Reihe von Initiativen identifiziert werden, über die ein expliziter und ggf. auch impliziter Bezug zur Bewertung und Förderung der Biodiversität auf landwirtschaftlichen Betrieben durch Molkereien besteht. Zunächst sind hier relevante Grundlagenarbeiten von Forschungsinstituten wie dem Johann-Heinrich von Thünen-Institut zu nennen. Hier stellt das QM-Nachhaltigkeitsmodul Milch¹⁹ einen wichtigen Referenzpunkt dar, indem es nicht nur wesentliche Grundlagen für die Weiterentwicklung der Nachhaltigkeit und Biodiversität auf Milchviehbetrieben schafft, sondern insbesondere auch, weil es in den vergangenen Jahren von mehr als 15.000 deutschen Milchviehbetrieben durchgeführt wurde und damit einen erheblichen Anteil der Milchproduktion in Deutschland abdeckt.

Ebenso ist hier das federführend von der Bodenseestiftung entwickelte Biodiversity Performance Tool (BPT)²⁰ anzuführen. Das BPT bietet ein Set von Biodiversitätskriterien, die Landwirte bei der Bewertung und Verbesserung ihrer Biodiversitätsleistung unterstützen. Es wurde in verschiedenen

¹⁹ <https://qm-milch.de/nachhaltigkeitsmodul-milch/>; zuletzt abgerufen am 25.05.2025.

²⁰ <https://www.bodensee-stiftung.org/biodiversity-performance-tool-und-biodiversity-monitoring-system-einsatzbereit/>; zuletzt abgerufen am 25.05.2025.

Pilotprojekten in Deutschland, Frankreich und Portugal getestet, in deren Rahmen auch die Milchwirtschaft betrachtet wurde. Das BPT wird ergänzt durch das Biodiversity Monitoring System (BMS), das langfristige Veränderungen dokumentiert und die Erstellung von Biodiversitäts-Aktionsplänen ermöglicht, die auf spezifische Betriebsbedingungen zugeschnitten sind. Zertifizierer und Produktmanager von Lebensmittelunternehmen sollen durch die Tools dabei unterstützt werden, das Biodiversitätsmanagement auf Betriebsebene beurteilen zu können.

Daneben bestehen auch Programme, die von Molkereien selbst entwickelt und innerhalb des Unternehmens bzw. mit und bei den Lieferbetrieben umgesetzt werden sollen. Häufig werden biodiversitätsrelevante Aspekte der Milcherzeugung im Rahmen von unternehmerischen Nachhaltigkeitsprogrammen mit breiterem bzw. ganzheitlichem Anspruch postuliert. Das oben genannte QM-Nachhaltigkeitsmodul Milch, das BPT oder aber vergleichbare Module aus anderen Ländern, finden hier zumindest teilweise Berücksichtigung bzw. werden zur Anwendung empfohlen. Aus Sicht der für das GOBIOM-Projekt relevanten Zielstellung, sind vor allem solche Maßnahmen relevant, die auf den Erhalt und die Förderung von grünlandbasierter Milchwirtschaft abzielen. Zu den unter diesem Gesichtspunkt relevanten Maßnahmen gehören:

- **Förderung von Maßnahmen der ökologischen Landwirtschaft**, die über den gesetzlichen Mindeststandard nach EU ÖKO Verordnung hinausgehen.
- **Förderung von Maßnahmen der regenerativen Landwirtschaft**, wobei hier angesichts nach wie vor fehlender definitorischer und / oder rechtlicher Grundlagen Unsicherheiten in Hinblick auf die Zielrichtung und Wirksamkeit eingeleiteter Maßnahmen bestehen.
- **Förderung von extensiver Grünlandbewirtschaftung und / oder Weidewirtschaft** (z. B. Beweidungsmanagement, Nutzungseinschränkungen, Strukturelemente, Begrenzung von (Nähr-)Stoffeinträgen / Düngemanagement, Maßnahmen zum Tier-/Vogelschutz).
- **Förderung zur Bereitstellung und Nutzung von regionalen Futtermitteln** (sofern nicht ohnehin eigenerzeugtes Futter der Betriebe zum Einsatz kommt).
- **Förderung von Maßnahmen zur möglichst ökologischen Wasser- und Bodenbewirtschaftung**, wobei hier im Detail Querbezüge zu den eher übergeordneten Maßnahmen zur Förderung der ökologischen und / oder regenerativen Landwirtschaft bestehen.

Betrachtet man die diesbezüglichen Anforderungen, so kann festgehalten werden, dass auf Maßnahmenebene durchaus Bezugspunkte zu den auch im Rahmen von GOBIOM als relevant herausgearbeiteten Kriterien und Messgrößen bestehen. Davon ausgehend erfolgen Weiterverrechnungen und Gewichtungen, bei denen im Einzelfall geprüft werden müsste, wie stark diese von den hier berücksichtigten Berechnungsvorschriften der Hemerobiemethode abweichen. Die Weiterverrechnung der Ergebnisse zur Ermittlung der Hemerobiekategorie sowie die Berechnung des betriebs- und produktspezifischen Naturfernepotenzials ist in den privatwirtschaftlichen Ansätzen zur Biodiversitätsbewertung von Milchviehbetrieben nach Wissen der Autoren*Autorinnen und zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch nicht etabliert.

Aus Sicht der Landwirte*Landwirtinnen kommt der Frage der Honorierung bzw. Kompensation der Aufwendungen bei der Durchführung biodiversitätsfördernder Maßnahmen eine hohe Bedeutung zu. Hier zeigt sich in der Gesamtschau der ausgewerteten Programme, dass sowohl maßnahmengestützte als auch auf den Produktionsoutput bezogene Ansätze verfolgt werden. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse des GOBIOM-Projektes erscheint eine allein auf den

Produktionsoutput bezogene Kompensation, der eine unter Biodiversitätsgesichtspunkten potenziell kritische Intensivierungslogik inhärent ist, nicht ausreichend. Hier erscheint es sinnvoll, zumindest ergänzend weitere, z. B. maßnahmenbezogene bzw. auf den Gesamtbetrieb bezogene Ansätze zur Förderung landwirtschaftlicher Betriebe mitzudenken.

6 Fazit und Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie wurde im Rahmen des GOBIOM-Projekts durchgeführt. Das übergeordnete Ziel der Arbeiten im Teilprojekt „Beurteilung biodiversitätsrelevanter Aspekte im Zuge der Ökobilanzierung ausgewählter Milchproduktionssysteme“ bestand darin, die Umweltwirkungen und den Beitrag zur Biodiversität von Milchproduktionsbetrieben zu erfassen und die Unterschiede zwischen ihnen zu bewerten. Dazu wurden in mehreren Schritten Daten erhoben, analysiert und interpretiert. Zunächst wurden betriebliche Daten wie die Flächennutzung, der Tierbestand und die Futtermittel gesammelt. Hierzu wurden unter anderem steuerliche Jahresabschlüsse und hofspezifische Fragebögen ausgewertet. Ergänzend fanden Betriebsbegehungen statt, um biodiversitätsrelevante Aspekte wie die Artenvielfalt im Grünland und die Strukturvielfalt der Landschaft auf den betriebs-eigenen Flächen zu erfassen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte nochmals aufgegriffen und in der Gesamtschau diskutiert. Hierzu werden zunächst allgemeine Hinweise zum Verständnis des im Rahmen von GOBIOM entwickelten Ökobilanz-Modells dargestellt (Abschnitt 7.1). Anschließend werden die wesentlichen Ergebnisse der ökobilanziellen Betrachtung sowie die daraus abgeleiteten Erkenntnisse diskutiert (vgl. Abschnitt 7.2). Ein Schwerpunkt der auf die Methode der Ökobilanz bezogenen Arbeiten im Projekt GOBIOM lag auf der Weiterentwicklung und Anwendung der Hembergiemethode auf die betriebsspezifischen Ökobilanzmodelle der teilnehmenden Praxisbetriebe (vgl. Abschnitt 5.3). Abschließend wird auf weiterhin bestehenden Forschungsbedarf und mögliche Ansätze für Folgevorhaben eingegangen (Abschnitt 7.4).

6.1 Allgemeine Hinweise und Erkenntnisse zum entwickelten Ökobilanz-Modell

Die ökobilanzielle Bewertung von landwirtschaftlichen Produktionssystemen ist ein sich seit geraumer Zeit in der Entwicklung befindlicher Prozess, der stetig verbessert wird. Zugleich muss festgehalten werden, dass Ökobilanzen der landwirtschaftlichen Produktion insgesamt sehr komplex sind. Grund hierfür sind hohe Varianzen und Variabilität bei der Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte. Diese resultieren unter anderem aus sich im Zeitverlauf ändernde Produktionsbedingungen (Klima, Niederschlag, Temperatur) sowie der nahezu unbegrenzten Vielfalt der Produktionsbetriebe.

Die Systemgrenzen der vorliegenden Ökobilanz wurden nach dem „Cradle-to-Gate“-Ansatz definiert. Dementsprechend werden die Prozesse bis zur Bereitstellung der Rohmilch am Hof der Milchviehbetriebe abgedeckt. Als zentrale Bezugsgröße und funktionelle Einheit wurde die „Bereitstellung von einem Kilogramm energiekorrigierter Milch (ECM) am Hof“ gewählt. Auf dieser auf den Produktoutput bezogenen Grundlage können Unterschiede und daraus resultierende Ergebnisse zwischen den Betrieben sowie zwischen den Regionen verglichen werden. Die funktionelle Einheit ist die wesentliche Bezugsgröße einer Ökobilanz und versucht, den Funktionsnutzen eines Produktsystems zu erfassen. Für Milchviehbetriebe lassen sich grundsätzlich verschiedene Haupt- und Nebennutzenfunktionen definieren. In der vorliegenden Studie wurden die hofspezifischen Ergebnisse zusätzlich auf flächenbezogene Einheiten wie „pro Hektar Betriebsfläche“ bezogen. Dies

stellt einen experimentellen Ansatz dar, bei dem der in Ökobilanzen zuvor nicht berücksichtigte Nebennutzen des Erhalts von Kulturlandschaften gedanklich zum Hauptnutzen erhoben wird. Dies ist eine künstliche Festlegung, die darauf abzielt, die vorhandenen Nebennutzenfunktionen extensiver geführter Produktionssysteme im Rahmen der erstellten Ökobilanzen abzubilden. Hier findet also ein gedanklicher Wechsel von einer produktbezogenen funktionellen Einheit zu einer (Ökosystem-)Leistung statt.

Die Bedeutung der Landwirtschaft bzw. landwirtschaftlicher Produktionssysteme für die Biodiversität ist seit Langem bekannt, hinreichend belegt und vielfach beschrieben (Richardson et al. 2023). Aus Sicht der Entwicklung der Ökobilanzmethodik und ihrer Anwendung auf landwirtschaftliche Produktionssysteme befinden sich Ansätze zur Bewertung biodiversitätsrelevanter Aspekte jedoch noch in der Entwicklung. Ein Fokus der Arbeiten in GOBIOM lag daher auf der möglichst praxistauglichen Erhebung und Integration von Daten zu diesen Aspekten, um sie einer ökobilanziellen Bewertung zuführen zu können. Hierzu wurde auf die von Fehrenbach und Kollegen*Kolleginnen entwickelte Hemerobiemethode aufgebaut, mit der sich der Grad der Naturferne von (land-)wirtschaftlich genutzten Flächen ermitteln lässt. Im Projekt GOBIOM wurden dabei ebenfalls die Kriterien Artenvielfalt, Strukturdiversität, Stoffeinträge und Bodenschutz berücksichtigt. Wo möglich und sinnvoll, wurden spezifische Anpassungen für die Erfassung der Messgrößen einzelner Kriterien entwickelt. Mit dem Projekt sollen einerseits Erkenntnisse für die Weiterentwicklung nachhaltiger Milchproduktionssysteme gewonnen und andererseits bestehende Limitationen aufgezeigt werden. Hierzu zählen neben der begrenzten Datenbasis (Stichprobe von 14 GOBIOM-Betrieben) auch bestehende methodische Unsicherheiten, die im Folgenden ausführlicher erläutert werden.

6.2 Einschätzung zu den Ergebnissen der ökobilanziellen Bewertung

Wesentliches Ziel der Arbeiten im hier dokumentierten Arbeitspaket 3 des GOBIOM-Projektes war es, ein Ökobilanzmodell zu entwickeln, dass es erlaubt betriebsspezifisch erhobene Daten zu interpretieren und darauf aufbauend in der ökobilanziellen Praxis häufig genutzte und tendenziell gut verstandene Umweltwirkungsindikatoren auszuwerten. Im Rahmen des hier vorliegenden Berichts erfolgt die Auswertung exemplarisch für den Wirkungsindikator Treibhauspotenzial. In einem zweiten Schritt wurde auf Basis von auf denselben Betrieben erhobenen Daten eine betriebsspezifische Auswertung biodiversitätsrelevanter Aspekte vorgenommen.

Die geringe Anzahl an im Rahmen von GOBIOM berechneten einzelbetrieblichen Treibhausgasbilanzen lässt keine statistische Auswertung zu. Dennoch bilden auch die Ergebnisse und Erkenntnisse aus der vergleichswisen kleinen Stichprobe, den erwartet hohen Grad an hofspezifischen Unterschieden (z. B. bezüglich Flächenausstattung, Wirtschaftsweise, managementbezogene Parameter) ab. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die im Rahmen des Projektes betrachteten Betriebe als typisch für die Milchproduktion in den beiden Bio-Musterregionen angesehen werden können. Zugleich muss festgestellt werden, dass diese regionaltypischen Betriebe einige wesentliche Unterschiede gegenüber den typischen Betrieben aus anderen, für die Milcherzeugung in Deutschland aufgrund hoher Anliefermengen relevanten Milchviehregionen, wie dem Allgäu (v. a. Biomilch), der norddeutschen Tiefebene oder der Milcherzeugung in ostdeutschen Bundesländern, aufweisen. Zu diesen Unterschieden gehören pro Betrieb vergleichsweise kleine Tierbestände und eine nicht immer auf die verfügbare Futter- und Weidefläche eines Betriebes ‚ausgereizte‘ Tierzahl, was eine wesentliche Grundlage für die extensive Milchwirtschaft darstellt. Im Quervergleich mit den Datensätzen, die zur Abbildung von Milchproduktionssystemen in einschlägigen Ökobilanz-Datenbanken enthalten sind, bestehen bei

den im Rahmen von GOBIOM betrachteten Betrieben also wesentliche systembedingte Unterschiede, die bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen sind. Das in GOBIOM entwickelte Ökobilanzmodell für Milchproduktionssysteme hat orientierenden Charakter und wird im Vorhaben genutzt, um Aspekte der (Klima-)Effizienz und der Biodiversitätsförderung in der Milchviehhaltung zu diskutieren.

Aufgrund der trotz betriebsspezifischer Erhebung begrenzten Datengrundlage - und vor dem Hintergrund der generell hohen Diversität von Milchviehbetrieben in den beiden Musterregionen - sind die Möglichkeiten für einen direkten Vergleich der Treibhausgasemissionen verschiedener Höfe und insbesondere der Einzelbeiträge nur unter erheblichem Aufwand möglich und wird vor dem Hintergrund der im GOBIOM-Projekt verfolgten Frage- und Zielstellungen nicht weiter ausgeführt. Ebenfalls schwierig bzw. stark eingeschränkt ist ein direkter Vergleich der hier dargestellten Ergebnisse mit anderen Ökobilanzstudien von Milchproduktionssystemen.

Unter Berücksichtigung der vorgenannten Einschränkungen lässt sich dennoch festhalten, dass die Mehrheit der im Rahmen des GOBIOM-Projektes betrachteten Betriebe mit ihrer produktbezogenen Treibhausgasbilanz im Bereich der Ergebnisse vorheriger Studien liegen (LfL Bayern 2022; Antony et al. 2021a). Auch der Beitrag der enterischen Fermentation zum Treibhausgaspotenzial (Anteil 50 % - 70 %) ist mit den Ergebnissen anderer Studien vergleichbar (vgl. (FAO 2022)). Ebenso kann festgehalten werden, dass sich der in der Literatur beschriebene Trend „bessere Treibhausgasbilanz pro Kilogramm Milch durch Intensivierung der Produktion“ auch in der Gesamtschau der Ergebnisse des GOBIOM-Projektes abzuzeichnen scheint. Zehetmeier et al. (2012) zeigen, dass die durch höhere Milchleistung verringerte Treibhausgasbilanz von Milch, je nach Systemgrenze und Allokationsmethode zu einer höheren Treibhausgasbilanz des Koppelprodukts Fleisch führen kann und veranschaulichen damit die Wichtigkeit einer systemischen Herangehensweise bei der Beurteilung von Koppelprodukten.

Eine wesentliche Hypothese in GOBIOM beruht darauf, dass die Milchproduktion in den betrachteten Betrieben der beiden Biomusterregionen zusätzliche Ökosystemleistungen bereitstellen, die in Ökobilanzen üblicherweise wenig bis gar nicht berücksichtigt werden. Der in der Literatur gezeigte Zusammenhang von hoher Produktionseffizienz bei gleichzeitig eher geringem Zusatznutzen in Bezug auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen (vgl. Haines-Young und Potschin (2011) und Joly et al. (2024)) zeichnet sich auch bei den Ergebnissen des vorliegenden Vorhabens ab. Im Rahmen eines experimentellen, die formalen Vorgaben der normkonformen Ökobilanz verlassenden Ansatzes, wurde im vorliegenden Vorhaben die ‚Bewirtschaftung einer definierten Fläche artenreichen Grünlandes‘ zum Hauptnutzen von Milchproduktionssystemen erhoben und als funktionelle Einheit genutzt. Anhand der vorliegenden Auswertung kann gezeigt werden, dass extensivere Produktionssysteme in Bezug auf eine flächenbezogene Darstellung der betriebsbedingten THG-Emissionen besser abschneiden als intensive Produktionssysteme.

Als weiterhin bestehender Forschungsbedarf muss festgehalten werden, dass im vorliegenden Vorhaben die Bindung von organischem Kohlenstoff im Boden (engl.: Soil Organic Carbon - SOC) nicht berücksichtigt werden konnte. Die entsprechenden Prozesse stellen eine wesentliche Größe in der Bewertung von Treibhausgasemissionen landwirtschaftlicher Produktionssysteme dar. Auch und insbesondere gilt dies für landwirtschaftlich genutztes Dauergrünland, welches bei der Mehrheit der GOBIOM-Betriebe den wesentlichen oder gar alleinigen Ursprung der Futtermittelbereitstellung darstellt. Je nach Klimazone, Vegetation, Weideregime und -intensität kann unterschiedlich viel Kohlenstoff im Boden gebunden oder gar freigesetzt werden (Abdalla et al. 2018). Diese komplexen Einflussfaktoren sind Gegenstand fortlaufender wissenschaftlicher Diskussion und konnten im

Rahmen des GOBIOM-Projektes auch nicht erhoben werden. Entsprechend wurde die Bindung von organischem Kohlenstoff im Boden nicht im GOBIOM Ökobilanzmodell implementiert. Nicht zuletzt aufgrund der mutmaßlich hohen Bedeutung dieser Prozesse für das Gesamtsystem, sollte dieser Aspekt in zukünftigen Analysen jedoch durch geeignete Modelle ergänzt werden, um realistischere Vergleiche zwischen Weideregimen hinsichtlich ihrer Klimaeffizienz treffen zu können.

In der Gesamtschau betrachtet liefern die Ergebnisse aus GOBIOM Grund zu der Annahme, dass klimaeffiziente und extensive Milchproduktion unter bestimmten Voraussetzungen möglich und somit mit Zielen wie dem gleichzeitigen und gleichrangigen Schutz und der Förderung von Biodiversität durch extensive Weidehaltung vereinbar ist. Die durch Extensivierung von Milchviehwirtschaft im Vergleich zu hocheffizienten Milchproduktionssystemen i. d. R. etwas schlechtere produktbezogene Treibhausgasbilanz ist stets gegenüber möglichen anderen Gewinnen hinsichtlich Biodiversität, Tierwohl und Landschaftspflege abzuwägen.

Die grundlegenden Überlegungen zu Intensität und Effizienz, mit Blick auf die produkt- und flächenbezogene funktionelle Einheit liefern einen Mehrwert für die Diskussion über umweltverträgliche bzw. biodiversitätsfördernde Milchviehhaltung. Effizienzstrategien wie eine Reduktion des produktbezogenen Treibhausgaspotenzials sollten, wie andere Nachhaltigkeitsstrategien auch, stets mit systemischem Blick beurteilt werden. Dass die Klimawirkung von Milchproduktion unbestreitbar relevant ist, heißt nicht, dass hier auch ein großes Potenzial für Einsparungen durch Effizienz besteht. Hierzu ist es sinnvoll die Größenordnungen anhand eines Beispiels zu veranschaulichen: Landwirtschaftliche Flächen insgesamt nehmen rund 50 Prozent der Fläche Deutschlands ein, während Verkehrsflächen etwa 5 Prozent ausmachen (Statistisches Bundesamt 2024). Gleichzeitig war der Verkehrssektor für rund 21,7 Prozent der Treibhausgasemissionen im Jahr 2023 verantwortlich, wohingegen die Landwirtschaft 8,9 Prozent beitrug (BMEL 2024). Zudem übertraf der Landwirtschaftssektor seine Klimaziele im Jahr 2023 um 29 Millionen Tonnen, während der Verkehrssektor seine Klimaziele um 13 Millionen Tonnen verfehlte (Deutsche Bundesregierung 2024). In Deutschland wurden im Jahr 2023 rund 32,6 Millionen Tonnen Milch produziert (statista 2024b). Eine durchschnittliche, deutschlandweite Verbesserung des Treibhausgaspotenzials von Milch um 10 Prozent hätte somit, wenn man vereinfachend mögliche Reboundeffekte außer Acht lässt, eine Reduktion der Emissionen um 3,26 Millionen Tonnen zur Folge. Zum Vergleich: Ein Tempolimit von 120 km/h auf deutschen Autobahnen hätte laut statista (2024a) eine Reduktion von 2,6 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten zufolge.

Wenngleich Verkehrswege insbesondere durch Habitatfragmentierung und ggf. Umwandlung von Flächen direkt zum Biodiversitätsverlust beitragen, ist die reine Flächenbelegung um eine Größenordnung geringer als die der Landwirtschaft. Über die größere Flächenbelegung ergibt sich im Landwirtschaftssektor deshalb auch ein größerer Hebel zur Förderung von Biodiversität. Landwirtschaftliche Flächen, insbesondere extensives Grünland, haben zudem eine bessere Ausgangsqualität im Hinblick auf Biodiversität bzw. eine geringere Naturferne als versiegelte Verkehrsflächen (vgl. Kapitel 4 und 5).

Das obige Beispiel zeigt, dass die Treibhausgasbilanz aus systemischer Sicht nicht unbedingt die wichtigste Stellschraube bei Milchproduktionssystemen darstellt, da in anderen Sektoren schneller erreichbare Maßnahmen mit ähnlicher Wirkung vorhanden sind, während biodiversitätsfördernde Maßnahmen oftmals im direkten Einflussbereich der Betriebe liegen. Durch unverhältnismäßige Betonung möglicher Zielkonflikte zwischen Klimaschutz und Biodiversitätsförderung wird eine Resignation der Landwirte riskiert. Ein möglicherweise etwas höherer CO₂-Fußabdruck von

extensiven Produktionssystemen sollte demnach nicht als alleiniges Argument für eine Intensivierung auf Kosten anderer Umweltwirkungskategorien oder des Tierwohls gelten.

Neben betrieblichen Maßnahmen wie verbesserter Tierfütterung und Futtermittelzusammensetzungen sowie optimiertem Wirtschaftsdüngermanagement, muss auf gesellschaftlicher Ebene die Reduktion der Tierzahlen und Extensivierung der Flächen bei gleichzeitiger Reduktion der Milchnachfrage weiterhin diskutiert werden. Diese als Suffizienzstrategie einzuordnende Maßnahme sollte nicht auf kleine Betriebe angewandt werden, die bereits extensiv wirtschaften, stellt jedoch innerhalb wirtschaftlicher Grenzen bei größeren Betrieben einen relevanten Hebel zur Verbesserung der betrieblichen Treibhausgasbilanz dar. Durch monetäre Inwertsetzung der zusätzlichen Biodiversitätsleistungen über die aktuell verfügbaren Subventionen und Fördermaßnahmen hinaus kann die Wirtschaftlichkeit solcher Maßnahmen sichergestellt und die Kosten auf die Gesellschaft umgelegt werden.

Die Flächenbelegung allein ist kein gutes Maß für die biodiversitätsfördernden Eigenschaften eines Milchviehbetriebs, weshalb die flächenbezogene funktionelle Einheit nur mit großer Vorsicht interpretiert werden kann. Geht man davon aus, dass extensive Beweidung von Grünlandflächen prinzipiell biodiversitätsfördernd ist, so dient die Flächenbelegung dennoch als Anhaltspunkt für die systemische Relevanz der dort umgesetzten Maßnahmen und veranschaulicht den Einfluss der funktionellen Einheit auf das Paradigma der Effizienz durch Intensivierung. Zur qualitativen Bewertung der Betriebsflächen wird die in Kapitel 2 beschriebene und in Kapitel 3 erweiterte Hemerobiemethode herangezogen.

6.3 Eignung der Hemerobiemethode für die Fragestellung des vorliegenden Projektes

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass sich die Hemerobiemethode grundsätzlich für die Fragestellung des Projekts eignet. Im GOBIOM-Projekt mussten sowohl spezifisch untersuchbare Flächen als auch Flächen, die zum Anbau extern zugekaufter Futtermittel genutzt werden, berücksichtigt werden. Für letztere waren keine spezifischen Datenerhebungen möglich, weshalb auf generische (allgemeine) Daten zurückgegriffen werden musste. Fehrenbach et al. (2021c) stellten für Futtermittel generische Daten zu Hemerobieklassen zur Verfügung, die genutzt werden konnten.

Somit konnten alle im GOBIOM-Projekt relevanten Flächen methodenkonform einbezogen werden.

6.3.1 Datenbasis zur Ermittlung der Hemerobiekategorie

Im GOBIOM-Projekt wurde auf Basis der Arbeiten von Fehrenbach et al. (2021a) für Grünland- und Ackerlandflächen ein Kriterienkatalog mit modifizierten Messgrößen entwickelt (vgl. Kapitel 3.1.2). Leitgedanke der Modifikation war die praxistaugliche Erhebbarkeit in den Betrieben. Die Datenaufnahme in den Betrieben zeigte allerdings, dass es auch Datenlücken gibt und die Daten teilweise nicht in der erforderlichen Aufschlüsselung verfügbar waren. Für viele landwirtschaftliche Betriebe sind diese Datenanforderungen neu. Zu Beginn der Datenerhebungen für Ökobilanzen von technischen Systemen gab es vergleichbare Schwierigkeiten. Heute sind entsprechende Daten in der Regel verfügbar.

Die Wertstufen der Messgrößen liegen zwischen 1 und 5, wobei 5 die naturfernste Situation der Messgröße beschreibt. Für beschreibende qualitative Merkmale (z. B. „regelmäßiger Wechsel von

Feld, Wald, Wiese“) sowie für quantifizierbare Größen (z. B. „Stickstoffeintrag/ha“) gibt es eine Reihe von Datenunsicherheiten. Fehrenbach et al. (2021a) führen dazu aus: „Die Wahl einer stufenweisen Bewertung nimmt in Kauf, dass bei Messungen an konkreten Flächen durch die Sprungfunktion der Eindruck einer Unausgewogenheit entsteht. In der Praxis werden jedoch seltener präzise erhobene Zahlen eine Rolle spielen als vielmehr gröbere Einschätzungen. Dies ist dann wiederum kompatibel mit der Punktevergabe nach gestuften Gruppen, die im Übrigen auch die Berücksichtigung deskriptiver Aspekte erlaubt. Ferner soll die breite Anzahl an Messgrößen dazu dienen, solche Unschärfen auszugleichen.“

Bei der Quantifizierung von Qualitäten müssen alle Methoden Vereinfachungen vornehmen. Da keine dieser Vereinfachungen das qualitative Bild vollumfänglich abbilden kann, geht es um Richtungssicherheit.

Im GOBIOM-Projekt zeigte sich, dass die Zuweisung zu einer Hemerobiekategorie bei Änderung einzelner Wertstufen sehr stabil ist. Auch die Größenordnung des Endwertes blieb bei einzelnen Änderungen relativ stabil.

Unschärfen lassen sich in der Hemerobiemethode nach Fehrenbach et al. (2021a) zwar nicht vermeiden, das Projekt hat jedoch gezeigt, wo die Schwerpunkte der Optimierungsanforderungen liegen. Es lassen sich drei Bereiche für zukünftige Untersuchungen identifizieren:

Erhebung der Betriebsdaten:

- Einer Messgröße liegt der Dieserverbrauch pro Hektar zugrunde. Da keine volumenbezogenen Daten vorlagen, musste der Dieserverbrauch aus den Kraftstoffkosten ermittelt werden. Eine Differenzierung zwischen Grünland und Ackerland war nicht möglich.
- Eine weitere Messgröße fragt den Stickstoffeintrag pro Hektar ab. Die Quantifizierung bei Verwendung von Wirtschaftsdünger wurde von den Betrieben geschätzt. Es wäre wünschenswert, genauere Daten getrennt nach Grünland und Ackerland zu ermitteln.
- Es wäre außerdem wünschenswert, Schlaggrößen getrennt nach Grünland und Ackerland zu erheben. Dies war im GOBIOM-Projekt jedoch nicht möglich.
- Strukturelemente in der Flur wurden für den Gesamtbetrieb erhoben. Es wäre wünschenswert, diese Daten getrennt nach Grünland und Ackerland zu ermitteln.
- Die Datenerhebung zu zugekauften Futtermitteln sollte differenzierter erfolgen. Aufgrund unzureichender Daten waren hier Schätzungen erforderlich.
- Für selbst erzeugte Futtermittel sollte die Datenerhebung ebenfalls differenzierter erfolgen. Aufgrund fehlender Daten waren begründete Schätzungen erforderlich.

Begrifflichkeiten und Gliederung der Messgrößen:

- Etliche Begriffe waren für die Betriebe missverständlich und sollten klarer definiert werden. Beispiele hierfür sind die Messgrößendefinitionen zu Wiese, Weide und Weideregime.
- Es wäre wünschenswert, den Kriterienkatalog mit allen Messgrößen, der sich in weiten Teilen an die Vorschläge von Fehrenbach (2015, zitiert in Fehrenbach et al. (2021a) und Fehrenbach et al. (2021b)) anlehnt, in Fachgesprächen mit Landwirtschaft Betreibenden und Wissenschaftler*innen

für Milchviehbetriebe begrifflich zu überprüfen und ggf. anzupassen, ohne den Anspruch verfolgen zu können, jede Unschärfe zu eliminieren

Datenverrechnung:

- Die in Kapitel 3.1.2 dokumentierte Verrechnungslogik der Messgrößen führt zu einer Gewichtung. Dieser Gesichtspunkt könnte in Sensitivitätsanalysen geprüft werden.
- Es gibt einige Messgrößen, die sich auf die Gesamtbetriebsfläche beziehen, zum Beispiel „gesetzlich geschützte Flächen“. Diese werden sowohl für Grünland als auch für Ackerland angerechnet. Werden Grünland und Ackerland zu einem gesamtbetrieblichen Endwert zusammengefasst, werden diese Messgrößen doppelt gewichtet. Sensitivitätsanalysen mit anderen Verrechnungslogiken könnten die Relevanz dieses Sachverhalts prüfen.

6.3.2 Trennschärfe auf Basis der Endwerte

Die Spreizung der betrieblichen Endwerte für die 13 untersuchten Betriebe liegt für Grünland bei 2,04 bis 3,62, für Ackerland bei 2,17 bis 3,88 und für den Gesamtbetrieb flächengewichtet bei 2,13 bis 3,69. Aufgrund der geringen Fallzahl ist eine statistische Auswertung nicht opportun. Zudem spiegelt die Auswahl der Beispielbetriebe nicht das gesamte Spektrum möglicher Betriebsformen wider, da nur solche Betriebe teilgenommen haben, die am Thema Biodiversität interessiert waren. Unter diesem Vorbehalt zeigen die Daten, dass die Methode zur Differenzierung auf Basis der Endwerte geeignet ist.

Für die Betriebe stellen die Endwerte, aufgeschlüsselt in Wertstufen der Messgrößen aller Kriterien, eine gute Basis bereit, um Optimierungspotenziale zu identifizieren (vgl. Anhang II). Auch eine differenzierte Datenerhebung der Betriebsdaten kann zu Veränderungen führen.

6.3.3 Trennschärfe auf Basis der Hemerobiekasse

Alle Betriebsflächen, gegliedert in Grünland und Ackerland, werden anhand der Endwerte den Hemerobieklassen zugeordnet. Bei den Beispielbetrieben liegen die Endwerte für Grünland in 85 % der Fälle zwischen 2 und < 3, was Hemerobiekasse IV entspricht. In 15 % der Fälle liegt der Endwert zwischen 3 und < 4. Für Ackerland liegen die Endwerte bei 37,5 % der Betriebe zwischen 2 und < 3, was Hemerobiekasse IV entspricht. In bei 62,5 % der Fälle liegt der Endwert bei 3 bis < 4, was Hemerobiekasse V entspricht. Aufgrund der geringen Fallzahlen müssen die Ergebnisse vorsichtig interpretiert werden und sind nicht verallgemeinerbar. Auffällig ist allerdings, dass die Endwerte für Ackerland und somit die zugewiesene Hemerobiekasse höher sind, das heißt, das Naturfernepotenzial ist größer. Dies ist plausibel, da Ackerland auf jeden Fall mehr menschliche Eingriffe erfordert als Grünland.

Da die Zuordnung zu einer Hemerobiekasse den Charakterisierungsfaktor bestimmt, wird für alle Flächen, deren Endwert zwischen den definierten Grenzen liegt, derselbe Nebennutzen angenommen, unabhängig davon, ob der Endwert im oberen oder unteren Bereich der Hemerobiekasse liegt. Diesbezüglich könnten Sensitivitätsanalysen sinnvoll sein. Eine Möglichkeit wäre es, eine weitere Unterteilung der Hemerobieklassen einzuführen (z. B. Zweiteilung jeder Klasse). Eine weitere Option wäre, auf Basis der in Fehrenbach et al. (2021a) definierten Funktion zur Ermittlung der Charakterisierungsfaktoren für die Hemerobieklassen mit einem gleitendem Charakterisierungsfaktor zu rechnen. Bei letzterer Variante würde allerdings das Konzept der Hemerobie verlassen werden, bei dem Naturräume hinsichtlich des Ausmaßes menschlicher Eingriffsintensität in Klassen

eingestuft werden. Die unvermeidliche Unschärfe bei der Quantifizierung von Qualitäten würde kleine Unterschiede vermutlich überbewerten.

6.3.4 Produktbezogene Ergebnisse Naturfernepotenzial

In der Ökobilanz werden die artifiziellen Flächenäquivalente des Wirkungsindikators „Naturfernepotenzial“ [$\text{m}^2\text{e}^*\text{a}$], die auf Basis der Zuordnung zu einer Hemerobiekategorie ermittelt wurden, auf die produzierte Produktmenge bezogen. Im GOBIOM-Projekt ergeben sich produktbezogene Wirkungsindikatorwerte in der Einheit $\text{m}^2\text{e}^*\text{a}/\text{kg}_{\text{ECM}}$.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse zeigt sich ein grundlegendes Problem bei der Anwendung der Ökobilanzmethode auf nichttechnische Systeme. Die Ökobilanz wurde als Methode zur Analyse technischer Systeme mit dem Schwerpunkt der produktbezogenen Effizienzsteigerung von Verbräuchen und Emissionen entwickelt. Das Ziel besteht darin, die maximale Menge eines Produktes mit technisch definierter Qualität mit minimalem Ressourceneinsatz und minimalen Emissionen zu produzieren. In dieser technischen Effizienzlogik ist also minimaler Flächeneinsatz bei maximaler Milchproduktion zu bevorzugen.

Ein Betrieb mit einer sehr großen Fläche, der allerdings z. B. aufgrund der Kuhrasse nicht auf maximale Volumenproduktion, sondern auf andere Qualitätskriterien der Milch oder Tierwohlaspekte Wert legt, kann bei gleicher Hemerobiekategorie einen höheren Wirkungsindikatorwert aufweisen als ein Betrieb mit einer kleineren Fläche, der Hochleistungskühe hält. Dies ist ein grundlegendes Problem der Ökobilanz, da der Produktbezug in der Regel massen- oder volumenbezogen erfolgt und die Produktqualität nur cursorisch definiert werden kann. In Ökobilanzen der Milchwirtschaft wird in der Regel die energiekorrigierte Milchmenge (ECM) verwendet, die auf den Kriterien Fett- und Eiweißgehalt basiert (vgl. auch Diskussion in Kapitel 1.4.1).

Der Grundgedanke, den Nebennutzen der Fläche für die Biodiversität über die Charakterisierungsfaktoren zu allozieren, kompensiert jedoch nicht die qualitätsrelevanten und ethischen Aspekte der Milchviehhaltung. Dieses Grundproblem ist nicht spezifisch für die Hemerobiemethode. In diesem Bereich gibt es erheblichen Forschungsbedarf zum Themenfeld „Ökobilanz von nichttechnischen Systemen“.

6.4 Ausblick auf weiterhin bestehenden Forschungsbedarf

Die Ergebnisse zu GWP und Landnutzung/Biodiversität, die wenig zur nachhaltigen Entwicklung beitragen und nicht sinnstiftend sind, sollten in zwei Richtungen weiter untersucht werden (auch für andere Wirkungskategorien wird dieser Effekt in der Literatur beschrieben).

6.4.1 LCA-methodenimmanent

Wenn Biodiversität als Nutzen betrachtet wird, wäre es denkbar, diesen Nutzen zu quantifizieren und reziprok zu allozieren. Reziprok deshalb, weil ein Nutzen keine Lasten tragen kann. Demnach würden Fleisch und Milch als Koppelprodukte mit konsumtivem Nutzen geringere Umweltlasten zugerechnet werden, je größer der Nutzen für die Biodiversität ist. Dies wäre ein Korrekturfaktor, der auf die Ergebnisse aller Wirkungskategorien angewendet wird und die reine Effizienzlogik der LCA korrigiert. Das Problem der sinnvollen Quantifizierung der Qualität der Biodiversität bleibt jedoch eine Herausforderung.

6.4.2 Ergänzende Methoden zur LCA

Eine Alternative bestünde darin, die Beschränkung der LCA als Effizienzmethode zur Analyse technischer Systeme zu akzeptieren, deren Ergebnisse unabhängig von qualitativen Merkmalen von Ökosystemen und menschlicher Gesundheit sowie vom Bedarf an Waren sind. Die Sinnhaftigkeit der Effizienzoptimierung von Produktsystemen muss auch vor dem Hintergrund des Wachstumsparadigmas in der Ökonomie diskutiert werden. Produktbezogene Optimierungen werden in der Regel durch Mehrproduktion konterkariert. Der Anspruch, die LCA als allumfassende Methode mit handlungsleitenden numerischen Ergebnisdaten in Richtung nachhaltige Entwicklung zu nutzen, wird in diesem Ansatz auf den Prüfstand gestellt. Ergänzende Methoden zur Abbildung qualitativer Einflüsse sollten erprobt werden. Aus der Arbeit zu Umweltzeichen gibt es diesbezüglich etliche Vorarbeiten. Ebenfalls könnte an das Konzept der Nutzwertanalyse angeknüpft werden, in der die Ökobilanz als Analyse der Stoff- und Energieströme als ein Kriterium unter weiteren behandelt wird.

In diesem Kontext könnte die Betrachtung des betriebsspezifischen Naturfernepotenzials als ein Charakteristikum der auf diesem Hof produzierten Rohmilch angesehen werden, das jedoch losgelöst vom quantitativen Produktionsoutput betrachtet wird, ein zielführender Ansatz sein. Damit würde das Naturfernepotenzial ebenso wie beispielsweise der Fettgehalt als Qualitätsmerkmal der Milch behandelt.

7 Stellungnahme zur Nutzung generativer Künstlicher Intelligenz in diesem Forschungsbericht

Beim Schreiben des Kapitels: „Literaturanalyse zur Integration von Biodiversität in Ökobilanzen“ wurden einzelne Textbausteine mithilfe von ChatGPT 4o und zuvor sorgfältig recherchierter Stichpunkte formuliert. Diese wurden kritisch auf ihre Richtigkeit geprüft, bei Bedarf umformuliert und mit Originalquellen hinterlegt. Generative KI wurde demnach als Formulierungshilfe verwendet, nicht jedoch bei der wissenschaftlichen Recherche oder Interpretation von Ergebnissen. Die Arbeiten und die kritische Prüfung erfolgten gemäß der internen Leitlinie des Öko-Instituts sowie allgemein anerkannter wissenschaftlicher Standards.

Literaturverzeichnis

Abdalla, M.; Hastings, A.; Chadwick, D. R.; Jones, D. L.; Evans, C. D.; Jones, M. B. et al. (2018): Critical review of the impacts of grazing intensity on soil organic carbon storage and other soil quality indicators in extensively managed grasslands. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 253, S. 62–81. DOI: 10.1016/j.agee.2017.10.023.

Agrarshop-Online (o.J.): Webshop für Agrar- und Gartenprodukte. Unter Mitarbeit von Freudendahl, A. Gillig, P. Agrarshop-Online.com GmbH. Online verfügbar unter <https://www.agrarshop-online.com/index.php>, zuletzt geprüft am 05.12.2024.

Alonso, Marta E.; González-Montaña, José R.; Lomillos, Juan M. (2020): Consumers' Concerns and Perceptions of Farm Animal Welfare. In: *Animals* 10 (3), S. 385. DOI: 10.3390/ani10030385.

Ammann, Jeanine; Mack, Gabriele; El Benni, Nadja; Jin, Shan; Newell-Price, Paul; Tindale, Sophie et al. (2024): Consumers across five European countries prioritise animal welfare above environmental sustainability when buying meat and dairy products. In: *Food Quality and Preference* 117, S. 105179. DOI: 10.1016/j.foodqual.2024.105179.

Antony, F.; Teufel, J.; Liu, R.; Bieler, C.; Sutter, D.; Spescha, G. et al. (2021a): Sichtbarmachung versteckter Umweltkosten der Landwirtschaft am Beispiel von Milchproduktionssystemen. Abschlussbericht. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Öko-Institut e.V. in Kooperation mit INFRAS und KTBL. Dessau-Roßlau (129). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-06-13_texte_129-2021_sichtbarmachung_umweltkosten.pdf, zuletzt geprüft am 05.12.2022.

Antony, F.; Teufel, J.; Liu, R.; Bieler, C.; Sutter, D.; Spescha, G.; Hartmann, W.; Schroers, J. (2021b): Sichtbarmachung versteckter Umweltkosten der Landwirtschaft am Beispiel von Milchproduktionssystemen. Hg. v. UBA. Öko-Institut (UBA-Texte, 129/2021). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sichtbarmachung-versteckter-umweltkosten-der>, zuletzt geprüft am 26.07.2022.

Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest (2009): "Wilde Weiden". Praxisleitfaden für Ganzjahresbeweidung in Naturschutz und Landschaftsentwicklung. Bad Sassendorf-Lohne: Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz im Kreis Soest. Online verfügbar unter https://www.abu-naturschutz.de/fileadmin/user_upload/Veroeffentlichungen/Weideleitfaden/WildeWeiden.pdf, zuletzt geprüft am 18.06.2025.

Arbeitsgruppe BEK (2016): Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft. Handbuch. Unter Mitarbeit von Mathias Effenberger, Katja Gödeke, Sven Grebe, Haenel, Hans-Dieter, Anja Hansen et al. Hg. v. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL). Darmstadt. Online verfügbar unter https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Allgemeines/Download/BEK/Handbuch.pdf, zuletzt geprüft am 23.05.2019.

Arbeitsgruppe BEK (2021): Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft. Handbuch. 2. Auflage. Hg. v. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL). Darmstadt. Online verfügbar unter <https://daten.ktbl.de/bek/>, zuletzt geprüft am 04.12.2024.

Bach, Leonie; Weingarten, Nina; Meyer, Kathrin Barbara; Yeh, Ching-Hua; Dolgoplova, Irina; Wang, Wen-Xiu et al. (2024): Der virtuelle Supermarkt als innovative Forschungsinfrastruktur: Experiment zur Erhöhung der Salienz für Fleischprodukte mit höherem Haltungsstandard. In: *J Consum Prot Food Saf* 19 (1), S. 111–123. DOI: 10.1007/s00003-024-01488-7.

BfN (2024): Monitoring von Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert. Hg. v. Bundesamt für Naturschutz (BfN). Online verfügbar unter <https://www.bfn.de/monitoring-von-landwirtschaftsflaechen-mit-hohem-naturwert>, zuletzt geprüft am 16.06.2025.

BLE (2024): Was bringen die Ökoregelungen im Einzelnen? GAP 2024. Hg. v. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Bundesinformationszentrum Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.praxis-agrar.de/betrieb/recht/gap-reform-ab-2023/gap-2023-was-sind-die-grundlagen/was-bringen-die-oekoregelungen-im-einzelnen>, zuletzt geprüft am 16.06.2025.

BMEL (2013): Ökologische Vorrangflächen zur Förderung der Biodiversität – Bedeutung, Bewirtschaftung, Ausgestaltung. Hg. v. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/biodiversitaet/OekologischeVorrangflaechen.html, zuletzt geprüft am 16.06.2025.

BMEL (2023): Fragen und Antworten zur Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (GAP). Hg. v. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Online verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/FAQs/DE/faq-GAP/FAQ-GAP_List.html, zuletzt geprüft am 16.06.2025.

BMEL (2024): Klimaschutz - Landwirtschaft, Klimaschutz und Klimaresilienz. Online verfügbar unter <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/klimaschutz/landwirtschaft-und-klimaschutz.html>, zuletzt aktualisiert am 31.07.2024, zuletzt geprüft am 03.12.2024.

Bos, Ulrike; Horn, Rafael; Beck, Tabea; Lindner, Jan Paul; Fischer, Matthias (2016): LANCA - Characterization Factors for Life Cycle Impact Assessment. Version 2.0. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (Hg.) (2022): Deutschland, wie es isst. Der BMEL-Ernährungsreport 2022.

Chaudhary, Abhishek; Brooks, Thomas M. (2018): Land Use Intensity-Specific Global Characterization Factors to Assess Product Biodiversity Footprints. In: *Environmental Science & Technology* 52 (9), S. 5094–5104. DOI: 10.1021/acs.est.7b05570.

Cool Farm Alliance (2024): Cool Farm Tool. Technical Method Description. Version Methods 2.2.0 - CFT 2.10. Online verfügbar unter <https://coolfarm.org/>, zuletzt geprüft am 12.12.2024.

destatis (o.J.): NUTS-Klassifikation. Hg. v. Statistisches Bundesamt (Destatis). Online verfügbar unter https://www.destatis.de/Europa/DE/Methoden-Metadaten/Klassifikationen/UebersichtKlassifikationen_NUTS.html, zuletzt geprüft am 17.06.2025.

Deutsche Bundesregierung (2024): Wo steht Deutschland bei seinen Klimazielen? Treibhausgasemissionen sinken deutlich. Hg. v. Deutsche Bundesregierung. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/treibhausgasbilanz-2023-2265440>, zuletzt aktualisiert am 03.12.2024, zuletzt geprüft am 03.12.2024.

Europäischer Rat (Hg.) (2020): Die EU-Biodiversitätsstrategie für 2030. Online verfügbar unter <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/biodiversity/>, zuletzt geprüft am 16.06.2025.

FAO (2022): Methane Emissions in Livestock and Rice Systems – Sources, quantification, mitigation and metrics. (Draft for public review). Hg. v. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. Rom. Online verfügbar unter <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d1fb956a-1427-4d30-911e-703608d9445b/content>.

Fehrenbach (2000): Operationalisierung der Wirkungskategorie Naturraumbeanspruchung unter besonderer Berücksichtigung landwirtschaftlich genutzter Flächen. Hg. v. ifeu - Institut für Energie - und Umweltforschung Heidelberg GmbH. Heidelberg.

Fehrenbach, H.; Grahl, B.; Giegrich, J.; Busch, M. (2015a): Hemeroby as an impact category indicator for the integration of land use into life cycle (impact) assessment. In: *The International Journal of Life Cycle Assessment* 20, S. 1511–1527. DOI: 10.1007/s11367-015-0955-y.

Fehrenbach, Horst; Busch, Mirjam; Bürck, Silvana; Bischoff, Mascha; Theis, Stefanie; Reinhardt, Joachim; Grahl, Birgit (2021a): Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen. Ermittlung und Verifizierung von Datenquellen und Datengrundlagen für die Berechnung der Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen für Ökobilanzen – Teilbericht I: METHODEN. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA) (Texte | 168/2021).

Fehrenbach, Horst; Busch, Mirjam; Bürck, Silvana; Bischoff, Mascha; Theis, Stefanie; Reinhardt, Joachim; Grahl, Birgit (2021b): Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen. Ermittlung und Verifizierung von Datenquellen und Datengrundlagen für die Berechnung der Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen für Ökobilanzen – Teilbericht II: FALLBEISPIELE. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA) (Texte | 169/2021).

Fehrenbach, Horst; Busch, Mirjam; Bürck, Silvana; Bischoff, Mascha; Theis, Stefanie; Reinhardt, Joachim; Grahl, Birgit (2021c): Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen. Ermittlung und Verifizierung von Datenquellen und Datengrundlagen für die Berechnung der Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen für Ökobilanzen – Teilbericht III: DATEN. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA) (Texte | 170/2021).

Fehrenbach, Horst; Grahl, Birgit; Giegrich, Jürgen; Busch, Mirjam (2015b): Hemeroby as an impact category indicator for the integration of land use into life cycle (impact) assessment. In: *Int J Life Cycle Assess*, zuletzt geprüft am 14.02.2020.

Gaillard, Gérard; Nemecek, Thomas (2009): 6th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector. In: *Int J LCA* 14 (7), S. 687–689. DOI: 10.1007/s11367-009-0121-5.

Goedkoop, M.; Heijungs, R.; Huijbregts, M.; Schryver, A. D.; Struijs, J.; van Zelm, R. (2009): ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition, Report I: Characterisation. Ruimte en Milieu, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Online verfügbar unter https://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/publications/recipe_characterisation.pdf, zuletzt geprüft am 23.07.2018.

Greyerz, K. von; Tidåker, P.; Karlsson, J. O.; Rös, E. (2023): A large share of climate impacts of beef and dairy can be attributed to ecosystem services other than food production. In: *Journal of Environmental Management* 325, S. 116400. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.116400.

Haenel, Hans-Dieter; Rösemann, Claus; Dämmgen, Ulrich; Döring, Ulrike; Wulf, Sebastian; Eurich-Menden, Brigitte et al. (2018): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2016. Report on methods and data (RMD) submission 2018 = Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2016 ; Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2018. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut (Thünen Report, 57). Online verfügbar unter <http://hdl.handle.net/10419/176574>.

Haines-Young, Roy; Potschin, Marion (2011): Common international classification of ecosystem services (CICES). Hg. v. Centre for Environmental Management. University of Nottingham, UK. Online verfügbar unter <https://www.zemeunvalsts.lv/documents/view/8b6dd7db9af49e67306feb59a8bdc52c/common%20international%20classification%20of%20ecosystem%20services%20guidance-v51-01012018.pdf>, zuletzt geprüft am 11.12.2024.

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) (Hg.) (o.J.): C-Faktor. Online verfügbar unter <https://www.hlnug.de/themen/boden/auswertung/bodenerosionsbewertung/bodenerosionsatlas/c-faktor>, zuletzt geprüft am 17.06.2025.

Hofmann, G.; Frank, J. (2024): LfL- Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten - Milchkuhhaltung. Hg. v. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Online verfügbar unter <https://www.stmelf.bayern.de/idb/milchkuhhaltung.html>, zuletzt aktualisiert am 03.12.2024, zuletzt geprüft am 05.12.2024.

Hülsbergen, K.-J.; Rahmann, G. (2013): Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme. Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Thünen Report 8. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Braunschweig, zuletzt geprüft am 14.02.2020.

idele (2022): CAP'2ER. Calcul Automatisé des Performances Environnementales pour des Exploitations Responsables. Institut de L'Elevage (idele). Online verfügbar unter <https://cap2er.eu/>, zuletzt aktualisiert am 10.10.2024, zuletzt geprüft am 05.12.2024.

IPCC (Hg.) (2006): 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Unter Mitarbeit von H. S. Eggleston, Hongmin Dong, Joe Mangino, Tim A. McAllister, Jerry L. Hatfield, Donald E. Johnson et al. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies.

IPCC (2023): Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Cambridge University Press. Online verfügbar unter <https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2021-the-physical-science-basis/415F29233B8BD19FB55F65E3DC67272B>.

Jeanneret, Philippe; Baumgartner, Daniel U.; Freiermuth Knuchel, Ruth; Koch, Bärbel; Gaillard, Gérard (2014): An expert system for integrating biodiversity into agricultural life-cycle assessment. In: *Ecological Indicators* 46, S. 224–231. DOI: 10.1016/j.ecolind.2014.06.030.

Jeffries, Mike J. (2006): Biodiversity and conservation. 2. ed. London: Routledge (Routledge introductions to environment series). Online verfügbar unter <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0653/2005001109-d.html>.

JKI (o.J.): Behandlungsindex. Hg. v. Julius Kühn-Institut (JKI) Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. Online verfügbar unter <https://papa.julius-kuehn.de/index.php?menuid=43>, zuletzt geprüft am 17.06.2025.

Joly, F.; Roche, P.; Fossey, M.; Rebeaud, A.; Dewulf, J.; van der Werf, H.M.G.; Boone, L. (2024): How closely do ecosystem services and life cycle assessment frameworks concur when evaluating contrasting animal-production systems with ruminant or monogastric species? In: *animal* 18 (12), S. 101368. DOI: 10.1016/j.animal.2024.101368.

Koellner, Thomas; Baan, Laura de; Beck, Tabea; Brandão, Miguel; Civit, Barbara; Margni, Manuele et al. (2013): UNEP-SETAC guideline on global land use impact assessment on biodiversity and ecosystem services in LCA. In: *Int J Life Cycle Assess* 18 (6), S. 1188–1202. DOI: 10.1007/s11367-013-0579-z.

KTBL (Hg.) (2022): Betriebsplanung Landwirtschaft 2022/23. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. Darmstadt.

Landhandel Online (Hg.) (2024): Homepage. Online verfügbar unter <https://www.landhandel-online.de/>, zuletzt aktualisiert am 05.12.2024, zuletzt geprüft am 05.12.2024.

LEL/LAZBW (Hg.) (2022): Kalkulationsdaten Futterbau - Vers. 4.2. Datensammlung wichtiger Futterbauverfahren mit Deckungsbeiträgen und Vollkosten von Ackerbau, Grünland und pflanzlichen Biogassubstraten. Online verfügbar unter https://lel.landwirtschaft-bw.de/Lde/Startseite/Kurzmeldungen+Startseite/Kalkulationsdaten+Futterbau+-+Vers_+4_2, zuletzt geprüft am 18.06.2025.

LfL Bayern (2018): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe und Ziegen. 43. Aufl. Hg. v. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.lfl.bayern.de/ite/index.php>, zuletzt geprüft am 18.06.2025.

LfL Bayern (2022): CO₂-Fußabdruck Milch und Rindfleisch in Bayern. Unter Mitarbeit von Monika Zehetmeier, Lorenz Maurer, Martin Strobl, Reindl, Anton und Vanessa Karger. Online verfügbar unter <https://www.lfl.bayern.de/iba/agrarstruktur/283844/index.php>, zuletzt aktualisiert am 15.11.2024, zuletzt geprüft am 15.11.2024.

Lindner, Jan Paul; Fehrenbach, Horst; Winter, Lisa; Bloemer, Judith; Knuepfer, Eva (2019): Valuing Biodiversity in Life Cycle Impact Assessment. In: *Sustainability* 11 (20), S. 5628. DOI: 10.3390/su11205628.

Lindner, Jan Paul; Koch, Peter; Fehrenbach, Horst; Buerck, Silvana (2022): Bringing the Biodiversity Value Increment method to Agribalyse. Bochum University of Applied Sciences, Ecolysis, IFEU. Angers, Frankreich.

Lindner, Jan Paul; Mumm, Nico; Quandt, Julian (Hg.) (2024): Life cycle inventory: modelling, databases and tools (I) The Biodiversity Value Increment method in the GaBi database. 14th International Conference on Life Cycle Assessment of Food (LCA Food 2024). Barcelona, 08.09.-12.09. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/385241717_Life_cycle_inventory_modelling_databases_and_tools_I_The_Biodiversity_Value_Increment_method_in_the_GaBi_database#fullTextFileContent, zuletzt geprüft am 06.12.2024.

Lindner, Jan Paul; Sedlbauer, Klaus; Leistner, Philipp (2015): Quantitative Darstellung der Wirkungen landnutzender Prozesse auf die Biodiversität in Ökobilanzen. Dissertation. Fraunhofer IBP.

LKSH (2024): Nährstoffgehalte organischer Dünger. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. Online verfügbar unter <https://www.lksh.de/landwirtschaft/duengung/organische-duengung/page>, zuletzt geprüft am 27.11.2024.

LUFA Nord-West (2023): Probenahme, Untersuchung und Bewertung. Downloads Futtermittel. Institut für Futtermittel. Online verfügbar unter <https://www.lufa-nord-west.de/index.cfm/action/downloadcenter.html?n=9>, zuletzt geprüft am 04.12.2024.

Maier, Stephanie D.; Lindner, Jan Paul; Francisco, Javier (2019): Conceptual Framework for Biodiversity Assessments in Global Value Chains. In: *Sustainability* 11 (7), S. 1841. DOI: 10.3390/su11071841.

Millennium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Hg. v. Millennium Ecosystem Assessment. World Resources Institute. Washington, DC. Online verfügbar unter <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>, zuletzt geprüft am 18.06.2025.

MLR (2022): Förderprogramm für Agrarumwelt, Klimaschutz und Tierwohl (FAKT II). Informationen zur GAP 2023-2027. Hg. v. Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://foerderung.landwirtschaft-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Foerderungswegweiser/Agrarumwelt_+Klimaschutz+und+Tierwohl+_FAKT+II_, zuletzt aktualisiert am 11/2022, zuletzt geprüft am 10.03.2023.

MLR BW (2023): Kennarten des Artenreichen Grünlands Artenreichen Grünlands im Rahmen der Öko-Regelung 5 und Öko-Regelung 5 und FAKT II FAKT II. Unter Mitarbeit von Dr. Kerstin Grant, Dr. Melanie Seither. Hg. v. Ministerium für Ernährung, ländlicher Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR BW). Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW). Online verfügbar unter https://mlr.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mlr/intern/dateien/publikationen/Landwirtschaft/Kennarten_des_Artenreichen_Gruenlands_FAKT.pdf, zuletzt geprüft am 16.06.2025.

Nemecek, Thomas; Roesch, Andreas; Bystricky, Maria; Jeanneret, Philippe; Lansche, Jens; Stüssi, Martin; Gaillard, Gérard (2024): Swiss Agricultural Life Cycle Assessment: A method to assess the emissions and environmental impacts of agricultural systems and products. In: *Int J Life Cycle Assess* 29 (3), S. 433–455. DOI: 10.1007/s11367-023-02255-w.

NRC (1996): Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000. Online verfügbar unter <https://nap.nationalacademies.org/catalog/9791/nutrient-requirements-of-beef-cattle-seventh-revised-edition-update-2000>, zuletzt geprüft am 18.06.2025.

Pabst, Holger (2024): Wirtschaftliche Situation der GOBIOM-Projektbetriebe und Auswirkungen von möglichen Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität. Teilbericht zu Arbeitspaket 1.2. Hg. v. Institut für Ländliche Strukturforschung (IfLS). Online verfügbar unter https://www.ifls.de/fileadmin/user_upload/Abbildungen/Publikationen/2025/GOBIOM_Bericht_AP_1_2_final-ohne_URLs.pdf, zuletzt geprüft am 18.06.2025.

PEFCR Dairy (2018): Product Environmental Footprint Category Rules for Dairy Products. Version number: Version 1.1. Hg. v. Europäische Kommission.

Prack, Norbert (2024): Spritpreis-Entwicklung: Benzin- und Dieselpreise seit 1950. Online verfügbar unter <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/deutschland/kraftstoffpreisentwicklung/#seit-2021>, zuletzt aktualisiert am 02.12.2024, zuletzt geprüft am 05.12.2024.

QGIS (Hg.) (o.J.): Spatial without Compromise. Online verfügbar unter <https://qgis.org/>, zuletzt geprüft am 16.06.2025.

Raiffeisen-Düngershop (Hg.) (2024): Homepage. Online verfügbar unter <https://www.raiffeisen-duengershop.de/>, zuletzt aktualisiert am 05.12.2024, zuletzt geprüft am 05.12.2024.

Richardson, Katherine; Steffen, Will; Lucht, Wolfgang; Bendtsen, Jørgen; Cornell, Sarah E.; Donges, Jonathan F. et al. (2023): Earth beyond six of nine planetary boundaries. In: *Science Advances* 9 (37). DOI: 10.1126/sciadv.adh2458.

Rosa, Francesca; Peter M. van Bodegom; Stefanie Hellweg; Stephan Pfister; Idoia Biurrun; Steffen Boch et al. (2024): Land-use impacts on plant functional diversity throughout Europe. In: *bioRxiv*, 2024.02.21.580945. DOI: 10.1101/2024.02.21.580945.

Scherer, Laura; van Baren, Sven A.; van Bodegom, Peter M. (2020): Characterizing Land Use Impacts on Functional Plant Diversity for Life Cycle Assessments. In: *Environmental Science & Technology* 54 (11), S. 6486–6495. DOI: 10.1021/acs.est.9b07228.

statista (2024a): THG-Einsparungen durch Tempolimit in Deutschland | Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1303905/umfrage/thg-einsparungen-durch-tempolimit-in-deutschland/>, zuletzt aktualisiert am 03.12.2024, zuletzt geprüft am 03.12.2024.

statista (2024b): Produktion von Milch in Deutschland bis 2023 | Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28726/umfrage/milcherzeugung-in-deutschland/>, zuletzt aktualisiert am 04.12.2024, zuletzt geprüft am 04.12.2024.

Statistisches Bundesamt (2024): Bodenfläche insgesamt nach Nutzungsarten in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/bodenflaeche-insgesamt.html>, zuletzt aktualisiert am 24.10.2024, zuletzt geprüft am 03.12.2024.

Thoma, Greg; Popp, Jennie; Nutter, Darin; Shonnard, David; Ulrich, Richard; Matlock, Marty et al. (2013): Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: A cradle-to-grave life cycle assessment circa 2008. In: *International Dairy Journal* 31, S3-S14. DOI: 10.1016/j.idairyj.2012.08.013.

DIN EN ISO 14040:2021-02, 2021: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006). Online verfügbar unter <https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-iso-14040/325953744>, zuletzt geprüft am 18.06.2025.

DIN EN ISO 14040:2021-02, 2021: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14040:2021-02.

Villéger, Sébastien; Mason, Norman W. H.; Mouillot, David (2008): New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. In: *Ecology* 89 (8), S. 2290–2301. DOI: 10.1890/07-1206.1.

Winter, Lisa; Lehmann, Annekatrin; Finogenova, Natalia; Finkbeiner, Matthias (2017): Including biodiversity in life cycle assessment – State of the art, gaps and research needs. In: *Environmental Impact Assessment Review* 67, S. 88–100. DOI: 10.1016/j.eiar.2017.08.006.

Wirth, Christian; Bruelheide, Helge; Farwig, Nina; Marx, Jori Maylin; Settele, Josef (Hg.) (2024): Faktencheck Artenvielfalt. Bestandsaufnahme und Perspektiven für den Erhalt der biologischen Vielfalt in Deutschland. Gesellschaft für Ökologische Kommunikation mbH. München: oekom Verlag.

Wittig, Rüdiger; Niekisch, Manfred (Hg.) (2014): Biodiversität. Grundlagen, Gefährdung, Schutz. Berlin: Springer Spektrum.

Zampori, L.; Pant, R. (2022): PEF Methode. Hg. v. JRC. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:75e0de0f-5e6d-11ec-9c6c-01aa75ed71a1.0011.02/DOC_2&format=PDF, zuletzt geprüft am 18.06.2025.

Zehetmeier, M.; Baudracco, J.; Hoffmann, H.; Heißenhuber, A. (2012): Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. In: *animal* 6 (1), S. 154–166. DOI: 10.1017/S1751731111001467.

Zumwald, J.; Braunschweig, M.; Nemecek, T.; Schüpbach, B.; Jeanneret, Ph.; Roesch, A. et al. (2018): Sustainable meat and milk production from grasslands. Proceedings of the 27th General Meeting of the European Grassland Federation, Cork, Ireland, 17-21 June May 2018. Cork: The Organising Committee of the 27th General Meeting fo the European Grassland Federation (Grassland Science in Europe, Vol. 23). Online verfügbar unter <https://arbor.bfh.ch/7351/>.

Anhang I: Operationalisierung der Wertstufen zu den Messgrößen

Tabelle 8-1: Operationalisierung in Wertstufen der 2 Messgrößen zum Kriterium 1 „Diversität der Begleitflora“ nach Tabelle 1

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a),Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a),Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
1. Artenvielfalt in der Flur	1. hohe Artenvielfalt und zahlreiche Gesell- schaften vertreten; über 150 Arten pro ha (auch Vertreter von Nicht-Segetal- oder Ruderalge- sellschaften)	1. Artenanzahl der Ackerbe- gleitflora	1. Existenz von > 40 Ackerbeikraut- arten auf 100 m ²	Metric 1: Number of segetal species	1. existence of ≥ 150 arable segetal/ weed species per field	1. Artenzahl in der Flur (analog zu Ackerflächen)	1. Existenz von > 40 grünland- typische Arten auf 100 m ²
	2. stetiges Vorkommen von Arten verschie- dener Gesell- schaften; zwischen 100 und 150 Arten pro ha		2. Existenz von 36 - 40 Ackerbeikraut- arten auf 100 m ²		2. existence of 100 to < 150 arable segetal/weed species per field		2. Existenz von 36 - 40 grünland- typische Arten auf 100 m ²
	3. stetiges Vorkommen von Arten verschie- dener Gesell- schaften; zwischen 50 und 100 Arten pro ha		3. Existenz von 26 - 35 Ackerbeikraut- arten auf 100 m ²		3. existence of 50 to <100 arable segetal/weed species per field		3. Existenz von 26 - 35 grünland- typische Arten auf 100 m ²

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a),Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a),Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
	4. sporadische Ackerbegleitflora ausschließlich aus Begleitarten; bis zu maximal 50 Arten pro ha, überwie- gend aus der Gilde stark konkurrenz- fähiger Arten		4. Existenz von 10 - 25 Ackerbeikraut- arten auf 100 m ²		4. existence of 20 to < 50 arable segetal/weed species per field		4. Existenz von 10 - 25 grünland- typische Arten auf 100 m ²
	5. Flur nahezu frei von Ackerbegleit- flora; nur spora- disches Vorkom- men von aus- schließlich aus der Gilde stark konkur- renzfähiger Arten, wie Quecke, Melden u.ä.		5. Existenz von < 10 Ackerbeikraut- arten auf 100 m ²		5. existence of < 20 arable segetal/weed species per field		5. Existenz von < 10 grünland- typische Arten auf 100 m ²
2. Anteil seltener Arten	1. stetiges Vorkommen verschiedener Arten der Roten Liste, darunter auch solche, die zumindest als „stark gefährdet“ (3) eingestuft sind.	2. Existenz seltener Arten	1. Existenz von > 3 Rote Liste Arten (inkl. Kategorie V) auf 100 m ²	Metric 2: Existence of rare species	1. steady existance of several species (more than 2) marked in the "Red Data Book" of threatened species (incl. critically endangered (CR), endangered (EN), Vulnerable (VU))	2. Existenz seltener Arten (identisch zu Ackerflächen)	1. Existenz von > 3 Rote-Liste-Arten (inkl. Kategorie V) auf 100 m ²
	2. stetiges Vorkommen von einer bis einigen Arten der Roten Liste		2. Existenz von 1 - 3 Rote Liste Arten (inkl. Kategorie V) auf 100 m ²		2. steady existance of at least one species marked in the "Red Data Book" of		2. Existenz von 1 - 3 Rote-Liste-Arten (inkl. Kategorie V) auf 100 m ²

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a),Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a),Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
					threatened species (incl. CR, EN, VU)		
	3. sporadisches Vorkommen von Arten der Roten Liste		3. Existenz von 0,5 - 0,9 Rote Liste Arten (inkl. Kategorie V) auf 100 m ²		3. sporadic existence of few or more individuals of species marked in the "Red Data Book" of threatened species (incl. CR, EN, VU)		3. Existenz von 0,5 - 0,9 Rote-Liste- Arten (inkl. Kategorie V) auf 100 m ²
	4. (nicht belegt)		4. Existenz von < 0,5 Rote Liste Arten (inkl. Kategorie V) auf 100 m ²		4. sporadic existence of of single individuals of species marked in the "Red Data Book" of threatened species (incl. CR, EN, VU)		4. Existenz von < 0,5 Rote-Liste- Arten (inkl. Kategorie V) auf 100 m ²
	5. Ausschließlich gemeine Arten vertreten; nur sporadisches Vorkommen von ausschließlich aus der Gilde stark konkurrenzfähiger Arten, wie Quecke, Melden u.ä.		5. Keine Existenz von Rote Liste Arten (inkl. Kategorie V) auf 100m ²		5. only common species existing		5. Keine Existenz von Rote-Liste- Arten (inkl. Kategorie V) auf 100 m ²

Tabelle 8-2: Operationalisierung in Wertstufen der 3 Messgrößen zum Kriterium 2 „Strukturdiversität“ nach Tabelle 1

Fehrenbach (2000), zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a),Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a),Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
3. Schlaggröße	1. Schlagform durch horizontale wie vertikale Elemente aufgelöst 2. durchschnitt- liche Schlag- größe < 0,5 ha 3. durchschnitt- liche Schlag- größe 0,5 bis 1 ha 4. durchschnitt- liche Schlag- größe > 1 bis 2,5 ha 5. durchschnitt- liche Schlag- größe > 2,5 ha	4. Schlaggröße	1. Mittlere Schlaggröße der Feldfrucht Kultivierung beträgt < 1 ha 2. Mittlere Schlaggröße der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 bis < 3 ha 3. Mittlere Schlaggröße der Feldfrucht Kultivierung beträgt 3 bis < 6 ha 4. Mittlere Schlaggröße der Feldfrucht Kultivierung beträgt 6 bis < 9 ha 5. Mittlere Schlaggröße der Feldfrucht Kultivierung beträgt ≥ 9 ha	Metric 4: Field size	1. average field size is < 1 ha 2. average field size is 1 to < 3 ha 3. average field size is 3 to < 6 ha 4. average field size is 6 to < 9 ha 3. average field size is ≥ 9 ha	4. Schlaggröße (identisch zu Ackerflächen)	1. Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche beträgt <1 ha. 2. Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche beträgt 1 – 3 ha 3. Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche beträgt >3 – 6 ha 4. Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche beträgt >6 – 9 ha 5. Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche beträgt >9 ha

Fehrenbach (2000), zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
4. Struktur- elemente in der Flur	1. Flurbild von Strukturelemente n geprägt, Agro- forst (mehr als 10% Anteil Hecken, Baum- linien u.ä. an der Anbaufläche) 2. hohe Präsenz mit punkt- und linienförmigen Strukturelemente n mit hohem Vernetzungsgrad (bis zu 10% der Anbaufläche) 3. vereinzelte linienförmige Strukturelemente (bis zu 5% der Anbaufläche) 4. vereinzelte punktförmige Strukturelemente (einige wenige pro ha) 5. keine Strukturelemente in der Flur, keine Randstreifen	3. Strukturele- mente in der Flur	1. Selektierte Ökologische Vorrangfläche beträgt > 3% der nationalen Ackerfläche 2. Selektierte Ökologische Vorrangfläche beträgt 2 - 3% der nationalen Ackerfläche 3. Selektierte Ökologische Vorrangfläche beträgt 1,9 - 1% der nationalen Ackerfläche 4. Selektierte Ökologische Vorrangfläche beträgt < 1 % der nationalen Ackerfläche 5. Keine selektierten Ökologischen Vorrangflächen auf der nationalen Ackerfläche vorhanden	Metric 3: Structural elements of the field (e.g. hedges, trees, forest stripes, thickets, wet- lands, ponds, other habitable areas in the farming field)	1. structural elements of the field are > 3 % 2. structural elements of the field are 2 - 3 % 3. structural elements of the field are 1.9 - 1 % 4. Individual structural elements (< 1 % of the field area) 5. no structural elements of the arable land	3. Strukturele- mente in der Flur (identisch zu Ackerflächen)	1. Selektierte ökologische Vorrangfläche beträgt > 3 % der nationalen Ackerfläche 2. Selektierte ökologische Vorrangfläche beträgt 2 – 3 % der nationalen Ackerfläche 3. Selektierte ökologische Vorrangfläche beträgt 1,9 – 1 % der nationalen Ackerfläche 4. Selektierte ökologische Vorrangfläche beträgt < 1 % der nationalen Ackerfläche 5. Keine selektierten ökologischen Vorrangflächen auf der nationalen Ackerfläche vorhanden

Fehrenbach (2000), zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
5. Großräumige Landschaftsgliederung	1. Landschaftsbild durch feinstrukturierte Gliederung geprägt, Charakter einer gehölzreichen Garten- oder Parklandschaft 2. Engräumige Flurenvelfalt, Landschaft stark durchsetzt mit gehölzreichen Zonen und/oder anderen landschaftlichen Elementen 3. Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese 4. überwiegend monotone Landschaftsstruktur, wenig gliedernde Elemente 5. weitflächig monoton ausgeräumte Landschaft	5. Diversität in der Landschaft	1. Klassifizierter Shannon Eveness Index (SEI) der nationalen Agrarwirtschaft = 5 2. Klassifizierter Shannon Eveness Index (SHI) der nationalen Agrarwirtschaft = 4 3. Klassifizierter Shannon Eveness Index (SHI) der nationalen Agrarwirtschaft = 3 4. Klassifizierter Shannon Eveness Index (SHI) der nationalen Agrarwirtschaft = 2 5. Klassifizierter Shannon Eveness Index (SHI) der nationalen Agrarwirtschaft = 1	Metric 5: Diversity in the landscape	1. landscape has a spaciously variform character, a parkland-like appearance rich af wood; high integration of field, meadows and woods 2. varied farmland, fine-meshed structure of landscape, richly pervaded by woody zones or other scenic elements 3. frequent changes between fields, meadows and woods 4. predominantly monotonous landscape, rarely structural elements 5. spaciously monotonous unstructured landscape	5. Diversität in der Landschaft (identisch zu Ackerflächen)	1. Klassifizierter Shannon Eveness Index (SHI) der nationalen Agrarwirtschaft = 5 2. Klassifizierter Shannon Eveness Index (SHI) der nationalen Agrarwirtschaft = 4 3. Klassifizierter Shannon Eveness Index (SHI) der nationalen Agrarwirtschaft = 3 4. Klassifizierter Shannon Eveness Index (SHI) der nationalen Agrarwirtschaft = 2 5. Klassifizierter Shannon Eveness Index (SHI) der nationalen Agrarwirtschaft = 1

Tabelle 8-3: Operationalisierung in Wertstufen der 3 Messgrößen zum Kriterium 3 „Bewirtschaftung/Bodenschutz“ nach Tabelle 1

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
6. Intensität der Bodenbearbeitung	1. Bodenbearbeitung räumlich und zeitlich nur unmittelbar auf Sä- oder Pflanzmaßnahmen begrenzt. 2. Bodenbearbeitung stark eingeschränkt 3. Kein tiefgründiges Pflügen, Beschränkung auf Grubber oder ähnliche Maschinen 4. Tiefgründiges Pflügen höchstens jedes zweite Jahr 5. Tiefgründiges Pflügen grundsätzlich vor jeder Kultur, häufiger Einsatz schwerer Landmaschinen	6a. Intensität der Bodenbearbeitung	1. Bodenbearbeitung räumlich und zeitlich nur unmittelbar auf Sä- oder Pflanzmaßnahmen begrenzt (Direktsaatverfahren) 2. Konservierende Bodenbearbeitung (ohne Pflug) ohne Lockerung, keine schweren Maschinen 3. Konservierende Bodenbearbeitung (ohne Pflug) mit Lockerung 4. Konventionelle wendende Bodenbearbeitung oder Dammkultur höchstens alle drei Jahre oder auf $\leq 33\%$ der betrachteten Fläche 5. Konventionelle wendende Bodenbearbeitung	Metric 6a: Intensity of soil cultivation	1. tillage spatially and temporally limited only directly to seeding or planting operations (no-till method) 2. conservation tillage (without plowing) without loosening, no heavy machinery 3. conservation tillage (without plowing) with loosening 4. conventional tillage or ridge cultivation at most every 3 years or on $\leq 33\%$ of the area under consideration 5. conventional tillage at least every 3 years or on more than 33% of the area	6. Intensität der Bewirtschaftung	1. dauerhafte Bedeckung und Bewirtschaftung saufage (z. B. Erstnutzung ab 15. Juni) 2. dauerhafte Bedeckung 3. [nicht belegt] 4. Nachsaat an Brachstellen 5. gelegentlicher oder regelmäßiger Einsatz Totalherbizid für Neusaat, gelegentlicher oder regelmäßiger Umbruch mit Neusaat

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
			mindestens alle 3 Jahre oder auf mehr als 33 % der betrachteten Fläche		under consideration		
		6b. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieselverbrauch)	1. Geringfügiger Einsatz von Landmaschinen für mechanische Feldarbeiten: < 30 l/ha Diesel 2. Einsatz von Landmaschinen: 30 bis < 50 l/ha Diesel 3. Einsatz von Landmaschinen: 50 bis < 70 l/ha Diesel 4. Einsatz von Landmaschinen: 70 bis < 90 l/ha Diesel 5. Einsatz von Landmaschinen: ≥ 90 l/ha Diesel	Metric 6b: Soil compaction due to agricultural machinery use (derived from diesel consumption)	1. minor use of agricultural machinery for mechanical field work: < 30 l/ha diesel 2. use of agricultural machinery: 30 to < 50 l/ha of diesel 3. use of agricultural machinery: 50 to < 70 l/ha of diesel 4. use of agricultural machinery: 70 to < 90 l/ha of diesel 5. use of agricultural machinery: ≥ 90 l/ha diesel		
7. Bodenbedeckung	1. ganzjährige Bodenbedeckung mittels verschiedener Überlagernder	7. Bodenbedeckung (gemessen am C-Faktor (Bedeckungs-)	1. C-Faktor ≤ 0,05 oder ganzjährige Bodenbedeckung	Metric 7: Soil cover	1. year-round ground cover using various overlaying	7. Bodenbedeckung	1. C-Faktor ≤ 0,05 oder ganzjährige Bodenbedeckung

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
	Maßnahmen (Mulch, mehrjährige Gründüngung, Alley Cropping, Baumüberbau) 2. Boden überwiegend vollständig bedeckt, regelmäßiger Anbau von Gründüngung und Zwischenfrucht 3. verschiedene bodenbedeckende Maßnahmen, Bevorzugung von überdurchschnittlich deckenden Kulturen (Futterpflanzen, 4. Hackfruchtanbau nur mit Mulchsaat und/oder Untersaat 5. Keine Durchführung von bodenbedeckenden Maßnahmen, auch bei Hackfrucht	und Bearbeitungsfaktor)	mittels verschiedener überlagernder Maßnahmen (Mulch, mehrjährige Gründüngung, Alley Cropping, Baumüberbau) 2. C-Faktor > 0,05 bis 0,1 oder Boden überwiegend vollständig bedeckt, regelmäßiger Anbau von Gründüngung und/oder Zwischenfrucht 3. C-Faktor > 0,1 bis 0,2 oder verschiedene bodenbedeckende Maßnahmen, Bevorzugung von überdurchschnittlich deckenden Kulturen (Futterpflanzen, Winterroggen, -gerste, -raps, kaum Hackfrucht) 4. C-Faktor > 0,2 bis 0,3 oder Hackfruchtanbau nur mit Mulchsaat		measures (mulch, cover crops, alley cropping, tree cover) 2. soil predominantly completely covered, regular cultivation of cover crops and catch crop 3. various soil-covering measures, preference for crops with above-average cover (forage crops, winter rye, barley, rapeseed, hardly any root crops) 4. root crop cultivation only with mulch sowing and/or undersowing 5. no implementation of soil-covering measures,		(Dauergrünland). (die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
			und/oder Untersaat 5. C-Faktor > 0,3 oder Keine Durchführung von bodenbedeckenden Maßnahmen, auch bei Hackfrucht		including root crops		
8. Fruchtfolge	1. Mischkultur mit zahlreichen Feldfruchtarten 2. sechs verschiedene Fruchtfolgen ohne Hackfrucht, ausgewogenes Verhältnis zwischen Getreide und anderen Kulturen (Öl, Eiweiß, Futter) 3. fünf bis sechs Fruchtfolgen, wenn Hackfrüchte, dann auch Brache eingeschaltet 4. vier bis fünf Fruchtfolgen, dabei auch mit Hackfrüchte 5. keine Fruchtfolge bis maximal drei verschiedene Kulturen, häufig Hackfrüchte, ansonsten nur Getreide	8. Agrodiversität	1. Flächenanteil der Feldfrucht an der Gesamtfläche in der Region: < 2%; unter Berücksichtigung, dass 90% der jeweiligen Feldfruchtfläche über Wertstufe 1 abgebildet werden 2. Flächenanteil der Feldfrucht an der Gesamtfläche in der Region: 2 bis < 5 %; unter Berücksichtigung, dass 90% der jeweiligen Feldfruchtfläche über Wertstufe 1 bis 2 abgebildet werden	Metric 8: Agrodiversity Schnitthäufigkeit, Beweidung	1. Mixed cultivating with many different types of crops 2. In the course of six years six different types of crops will be planted in a balanced pattern of exchange between grains and other crops (animal feed, proteins, oils). root crops are grown 3. in the course of six years five or six of the crops are rotated, there may be root	Wiesen 1. einschürige Mager-oder Feuchtwiese 2. zweischürige Mager-oder Feuchtwiese 3. zwei bis drei Schnitte pro Jahr 4. vier und mehr Schnitte pro Jahr 5. [nicht belegt]	Weiden 1. Hutung, Standweide, Streuobstweide 2. Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha 3. Koppelweide oder Besatzdichte max. 2 GVE/ha 4. Umtriebsweide oder Besatzdichte max. 4 GVE/ha 5. Portionsweide oder Besatzdichte >4 GVE/ha

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a) gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
			3. Flächenanteil der Feldfrucht an der Gesamtfläche in der Region: 5 bis < 10%; unter Berücksichtigung, dass 90% der jeweiligen Feldfruchtfläche über Wertstufe 1 bis 3 abgebildet werden 4. Flächenanteil der Feldfrucht an der Gesamtfläche in der Region: 10 bis < 20 %; unter Berücksichtigung, dass 90% der jeweiligen Feldfruchtfläche über Wertstufe 1 bis 4 abgebildet werden 5. Flächenanteil der Feldfrucht an der Gesamtfläche in der Region: $\geq 20\%$; wenn Wertstufe 5 $\geq 10\%$ der jeweiligen Feldfruchtfläche beinhaltet		crops, but then also left uncultivated for a bit 4. in the course of six years rotations four to five different crops are cultivated, including root crops 5. a maximum of three different crops are rotated through, many root crops and otherwise grains		

Tabelle 8-4: Operationalisierung in Wertstufen der 3 Messgrößen zum Kriterium 4 „Stoffeinträge“ nach Tabelle 1

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a); gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
9. Düngungs- weise	1. Düngung nur durch betriebs- eigene Mittel, keine Zufuhr von außen 2. NP ausschließ- lich über Mist und Mistkompost und/oder andere schwerlösliche und langfristig verfügbare Düngemittel (Stein-, Thomas-, Knochenmehl) 3. Dominanz von Mist und Mist- kompost 4. Dominanz von Mineraldünger, Gülle oder Jauche, keine Ausbringung in der wachstums- freien Zeit 5. ausschließlich Mineraldünger, Gülle oder Jauche auch in der wachstumsfreien Zeit ausgebracht	9. Art der Düngung	1. Düngung nur durch betriebs- eigene Mittel (Wirtschafts- dünger: aus- schließlich fest), keine Zufuhr von außen 2. N/P ausschließ- lich über festen Wirtschaftsdünger oder Kompost und/oder andere schwerlösliche und langfristig verfügbare Düngemittel gemäß Artikel 3 (EG) 889/2008 (z. B. Stein-, Thomas-, Knochenmehl) 3. Dominanz von festem Wirt- schaftsdünger, teilweiser Einsatz von flüssigem Wirtschaftsdünger oder Mineral- dünger, keine Ausbringung in der wachstums- freien Zeit	Metric 9: Type of fertilisation	1. fertilization only by the farm's own means (farm fertilizer: exclusively solid), no input from outside 2. N/P exclusively via solid farm fertilizer or compost and/or other poorly soluble and long- term available fertilizers (e.g. stone meal, Thomas meal, bone meal) 3. dominance of solid farm fertilizer, partial use of liquid farm fertilizer or mineral fertilizer, no application in the non-growing season 4. dominance of mineral fertilizers and liquid farm fertilizers, no application in the	9. Art der Düngung (identisch zu Ackerflächen)	1. Düngung nur durch betriebs- eigene Mittel (Wirtschafts- dünger: aus- schließlich fest), keine Zufuhr von außen 2. N/P ausschließ- lich über festen Wirtschaftsdünger oder Kompost und/oder andere schwerlösliche und langfristig verfügbare Düngemittel gemäß Artikel 3 (EG) 889/2008 (z. B. Stein-, Thomas-, Knochenmehl) 3. Dominanz von festem Wirt- schaftsdünger, teilweiser Einsatz von flüssigem Wirtschaftsdünger oder Mineral- dünger, keine Ausbringung in der wachstums- freien Zeit

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a); gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
			4. Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschafts- dünger, keine Ausbringung in der wachstums- freien Zeit 5. Ausschließlich Mineraldünger und/oder Aus- bringung von flüssigem Wirt- schaftsdünger in der wachstums- freien Zeit		non-growing season 5. mineral fertilizer only and/or application of liquid farm fertilizer in the non-growing season.		4. Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschafts- dünger, keine Ausbringung in der wachstums- freien Zeit 5. ausschließlich Mineraldünger, Gülle oder Jauche
10. Düngeintensität	1. kein zusätz- licher N-Eintrag außer über Leguminosen- Gründüngung 2. weniger als 50 kg N pro ha, sofern Ackerzahl nicht < 40 und Anbau von Schwachzehrern 3. 50 bis 100 kg N pro ha, sofern Ackerzahl nicht < 40 und Anbau von Schwachzehrern 4. 100 bis 150 kg N pro ha	10. Intensität der Düngung	1. Keine Stickstoffdüngung 2. 0 bis < 50 kg N pro ha 3. 50 bis < 75 kg N pro ha 4. 75 bis < 100 kg N pro ha 5. ≥ 100 kg N pro ha	Metric 10: Intensity of nitrogen fertilisation	1. no nitrogen fertilization 2. 0 to < 50 kg N per ha 3. 50 to < 75 kg N per ha 4. 75 to < 100 kg N per ha 5. ≥ 100 kg N per ha	10.Intensität der Düngung (identisch zu Ackerflächen)	1. keine Stickstoffdüngung 2. weniger als 50 kg N pro ha 3. 50 bis <75 kg N pro ha 4. 75 bis <100 kg N pro ha 5.>100 kg N pro ha

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a); gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
	5. mehr als 150 kg N pro ha						
11. Pflanzen- schutzmittel	1. keine aktive Schädlingsbekäm- pfung (indirekte Maßnahmen wie „Unkrautmanage- ment“) 2. nur biologische und mechanische Methoden der Schädlingsbekäm- pfung 3. maximal eine Spritzung pro Jahr oder bis zu drei auf weniger als 50% der Fläche 4. maximal drei Spritzungen pro Jahr 5. regelmäßiger Einsatz von Bioziden (mehr- mals pro Jahr)	11a. Einsatz von Insektiziden	1. Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgegesta- ltung, Bodenbear- beitung, Dünge- wirtschaft, Nütz- lingsförderung u. a. Saumstrukturen) 2. Biologische, biotechnische und physikalische Maßnahmen (Nützlingseinsatz, Pheromone oder mechanische Verfahren) 3. Einsatz von Insektiziden: Behandlungsinde- x (BI) < 0,3 4. Einsatz von Pflanzenschutz- und stärkeungs- mitteln: Behand- lungsindex (BI) gesamt (Fungi- zide Herbizide	Metric 11a: Use of insecticides	1. natural preventive measures (e.g. site and crop variety selection, crop rotation design, soil tillage, fertilizer management, beneficial insect promotion, and fringe structures, among others) 2. biological, biotechnical and physical measures (use of beneficial insects, pheromones or mechanical methods) 3. use of insecticides: treatment frequency index (TFI) < 0.3 4. use of insecticides: treatment frequency index (TFI) < 0.6	11. Pflanzen- schutzmittel	1. Kein Pestizideinsatz 2. [nicht belegt] 3. [nicht belegt] 4. Bekämpfung von Einzelpflan- zen (z. B. Ampfer) 5. gelegentlicher oder regelmäßiger Einsatz Totalher- bizid für Neusaat

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a); gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
			Insektizide Wachstumsregler) < 0,6 5. Einsatz von Pflanzenschutz- und stärkungs- mitteln: Behand- lungsindex (BI) gesamt (Fungi- zide Herbizide Insektizide Wachstumsregler) ≥ 0,6.		5. use of insecticides: treatment frequency index (TFI) > 0.6		
		11b. Maßnahmen für den Pflanzen- schutz (excl. Insektizide)	1. Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgege- staltung, Boden- bearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderun g u. a. Saumstruk- turen) 2. Biologische, biotechnische und physikalische Maßnahmen (Nützlingseinsatz, Pheromone, mechanische, optische, ther- mische oder	Metric 11b: Plant protection measures (excl. insecticides)	1. natural preventive measures (e.g. site and crop variety selection, crop rotation design, soil tillage, fertilizer management, beneficial insect promotion, and fringe structures, among others) 2. biological, bio- technical and phy- sical measures (use of beneficial insects, pheromones, mechanical, optical, thermal or acoustic methods)		

Fehrenbach (2000) zitiert nach Tabelle 17, S. 95 in Fehrenbach et al. (2021a); gedacht für Ackerland		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 18, S. 105 - Ackerland -		[ifeu 2022]: Hemeroby evaluation system of agricultural ecosystems - farm specific survey		Fehrenbach et al. (2021a), Tabelle 20, S. 112 - Dauergrünland	
Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen	Messgrößen	Wertstufen
			akustische Verfahren) 3. Einsatz von Pflanzenschutz- und -stärkungs- mitteln: Behand- lungsindex (BI) gesamt (Fungi- zide, Herbizide, Wachstumsregler, mineralische PSM) < 2 4. Einsatz von Pflanzenschutz- und -stärkungs- mitteln: Behand- lungsindex (BI) gesamt (Fungi- zide, Herbizide, Wachstumsregler, mineralische PSM) < 4 5. Einsatz von Pflanzenschutz- und -stärkungs- mitteln: Behand- lungsindex (BI) gesamt (Fungi- zide, Herbizide, Wachstumsregler, mineralische PSM) ≥ 4.		3. use of plant protection and strengthening agents: Total treatment frequency index (TFI) (fungicides, herbicides, growth regulators, mineral PPPs) < 2 4. use of plant protection and strengthening agents: Total treatment frequency index (TFI) (fungicides, herbicides, growth regulators, mineral PPPs) < 4 5. use of plant protection and strengthening agents: Total treatment frequency index (TFI) (fungicides, herbicides, growth regulators, mineral PPPs) > 4		

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang II: Auswertung der Betriebsdaten

Nachfolgend werden die Ergebnisse auf einzelbetrieblicher Ebene dargestellt und etwaige Besonderheiten diskutiert. Dabei werden unter anderem auch Unsicherheiten und Optimierungspotenziale adressiert.

7.1.1 Hof 1

Hof 1 wirtschaftet ökologisch und ist ein reiner Grünlandbetrieb. Es wird nur in geringem Umfang Futtermittel zugekauft.

Tabelle 8-5 ist die Ableitung des Endwerts auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobiekategorie zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-5: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 1

Hof 1 - ökologisch		Betriebsfläche Grünland: 100%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobieklasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Kennarten	Existenz von 4 und 5 Kennarten	2	2,5	2,34	IV
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 10 - 25 %	3			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 0,1 - 1 ha %	4	2,67		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 - 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Engräumige Flurenvielfalt, Landschaft stark durchsetzt mit gehölzreichen Zonen und/oder anderen landschaftlichen Elementen	2			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a. Intensität der Bodenbewirtschaftung	anteilig: – Extensiv geführtes Dauergrünland: Bewirtschaftungsauflage, z. B. Erstnutzung ab 15. Juni – mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen	1,87	1,54		
	6b. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz	Geringfügiger Einsatz von Landmaschinen für mechanische Feldarbeiten: < 30 l/ha Diesel	1			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	anteilig: – zweischürige Mager-oder Feuchtwiese – zwei bis drei Schnitte pro Jahr	2,87			
	8a-2. Beweidung	– Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha – 100 %- - 70 % Anteil Weide am Gesamtgrünland	1,5			
	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4			
4. Stoffeinträge	10.Intensität der Düngung	50 bis < 75 kg N pro ha	3			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Kein Pestizideinsatz	1			

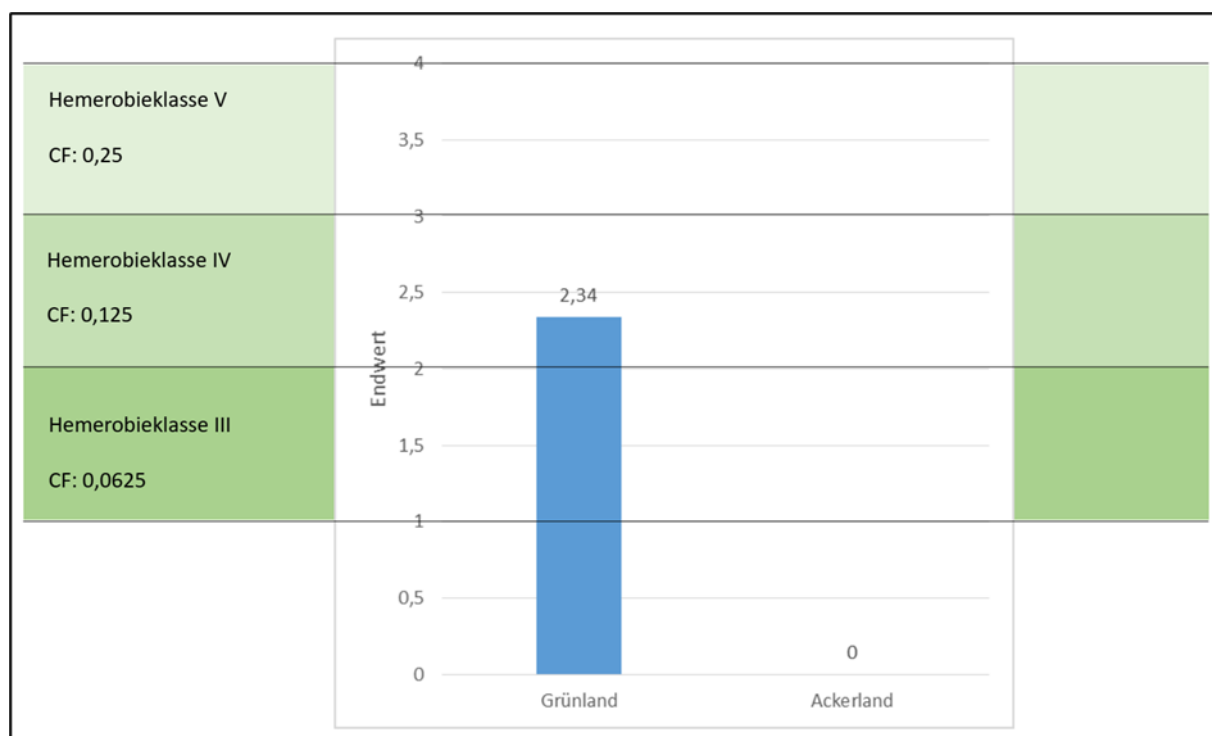
Der Endwert für Grünland liegt mit 2,34 im mittleren Bereich der Hemerobieklasse IV und führt zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,125 m²e/m².

Tabelle 8-6: Endwerte Betriebsflächen Hof 1

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	2,34
Ackerland Betrieb	NA

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-1: Endwerte und Hemerobieklassen der Betriebsflächen Hof 1

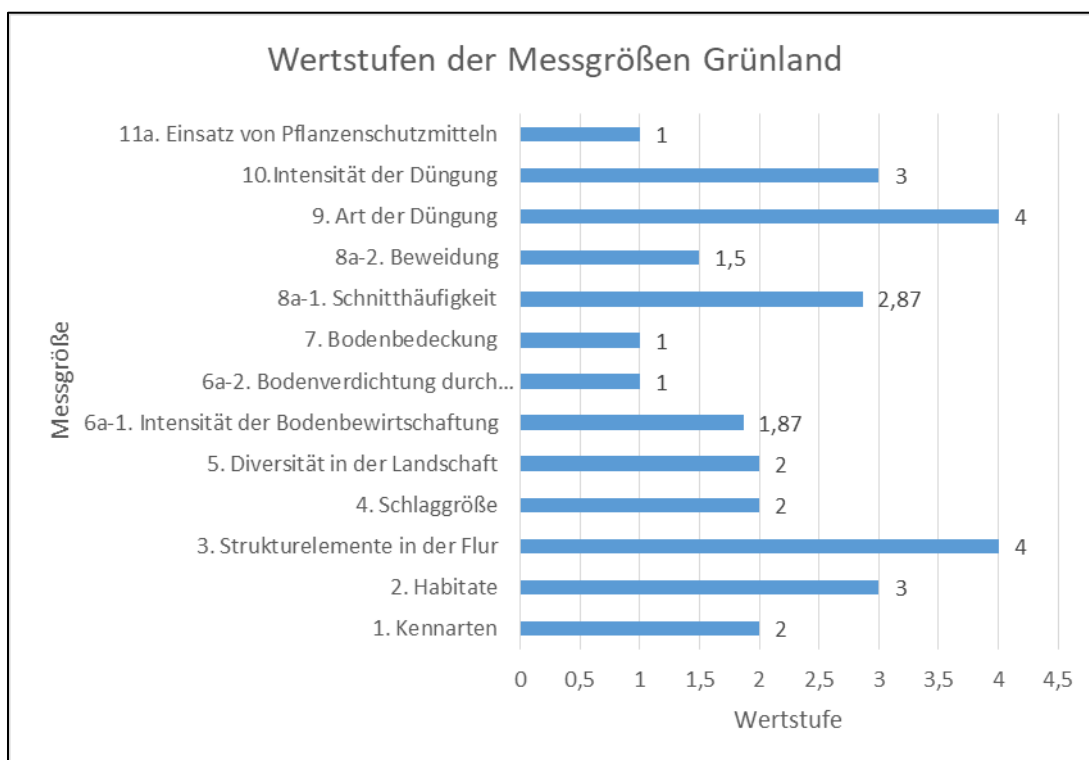


Quelle: Eigene Darstellung

Optimierungspotenziale können in Abbildung 8-2 schnell erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 3.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

Ein Endwert < 2 würde zu Hemerobieklasse III führen und somit zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,0624 m²e/m² führen. Der biodiversitätsrelevante Nebennutzen würde somit doppelt so hoch angerechnet werden.

Abbildung 8-2: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 1



Quelle: Eigene Darstellung

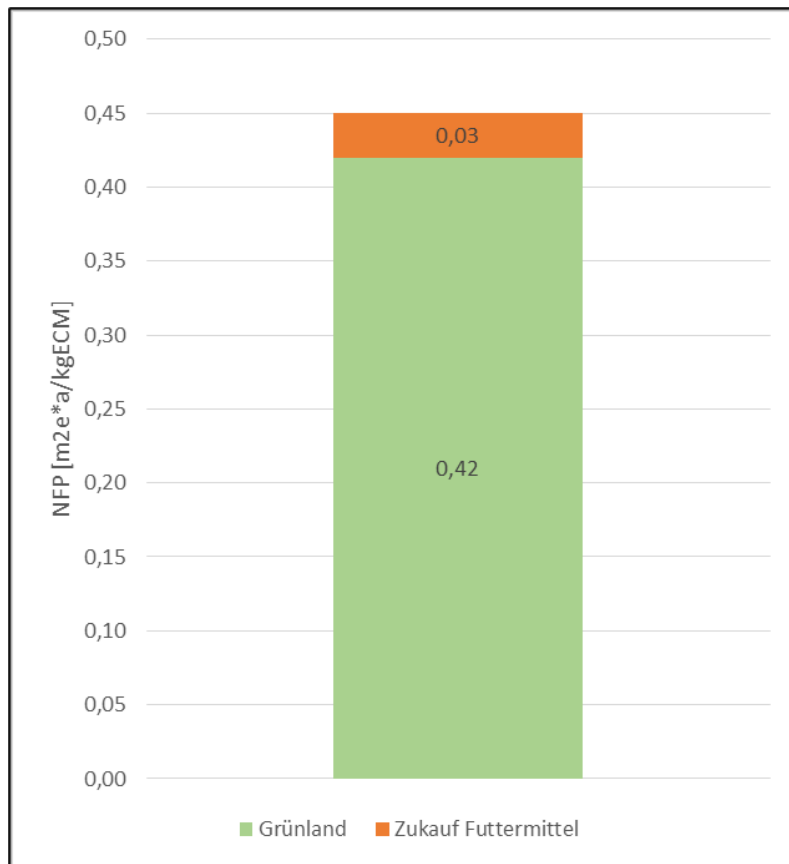
Tabelle 8-7: Naturfernepotenzial Flächen Hof 1

Fläche	Hemerobieklasse	Charakterisierungs- faktor [m ² e/m ²]	Naturfernepotenzial (NFP) [m ² e*a/kg _{ECM}]
Grünland Betrieb	IV	0,125	0,42
Ackerland Betrieb	NA		NA
Betrieb gesamt			0,42
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		0,03
Summe			0,45

Quelle: Eigene Darstellung

Zugekaufte Futtermittel haben einen geringen Einfluss auf das NFP.

Abbildung 8-3: Naturfernepotenzial Flächen Hof 1



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.2 Hof 2

Hof 2 wirtschaftet ökologisch und ist ein reiner Grünlandbetrieb. Es werden sehr wenig Futtermittel zugekauft.

Tabelle 8-8 ist die Ableitung des Endwerts auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobieklasse zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-8: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 2

Hof 2- ökologisch		Betriebsfläche Grünland: 100%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Kennarten	Existenz von 4 und 5 Kennarten	2	1,5	2,13	IV
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen > 35 %	1			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 0,1 - 1 ha %	4	2,67		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 – 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Engräumige Flurenvelfalt, Landschaft stark durchsetzt mit gehölzreichen Zonen und/oder anderen landschaftlichen Elementen	2			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a. Intensität der Bodenbewirtschaftung	anteilig – Extensiv geführtes Dauergrünland: Bewirtschaftungsaufgabe, z. B. Erntnutzung ab 15. Juni – 2.mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen	1,83	1,69		
	6b. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz	Einsatz von Landmaschinen: 30 bis < 50 l/ha Diesel	2			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	anteilig – zweischürige Mager-oder Feuchtwiese – zwei bis drei Schnitte pro Jahr	2,83			
	8a-2. Beweidung	– Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha – 100 %- - 70 % Anteil Weide am Gesamtgrünland	1,5			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,67		
	10.Intensität der Düngung	50 bis < 75 kg N pro ha	3			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Kein Pestizideinsatz	1			

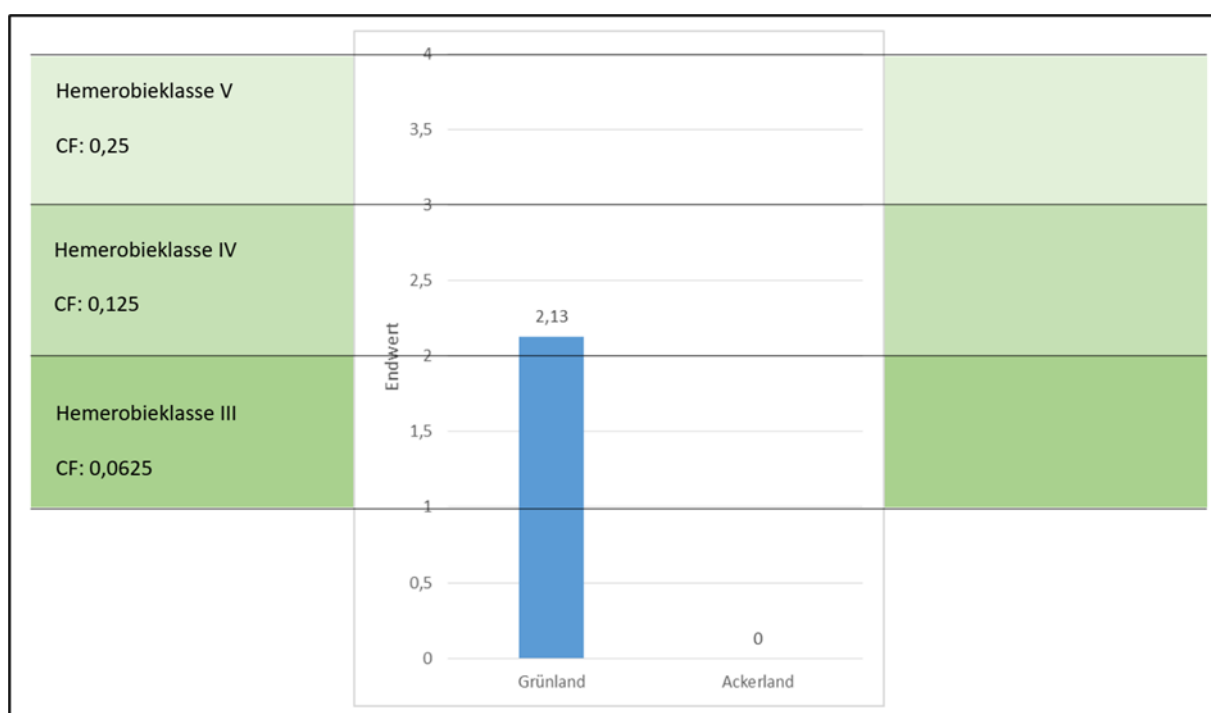
Der Endwert für Grünland liegt mit 2,13 im unteren Bereich der Hemerobieklasse IV und führt zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,125 m²e/m².

Tabelle 8-9: Endwerte Betriebsflächen Hof 2

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	2,13
Ackerland Betrieb	NA

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-4: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 2

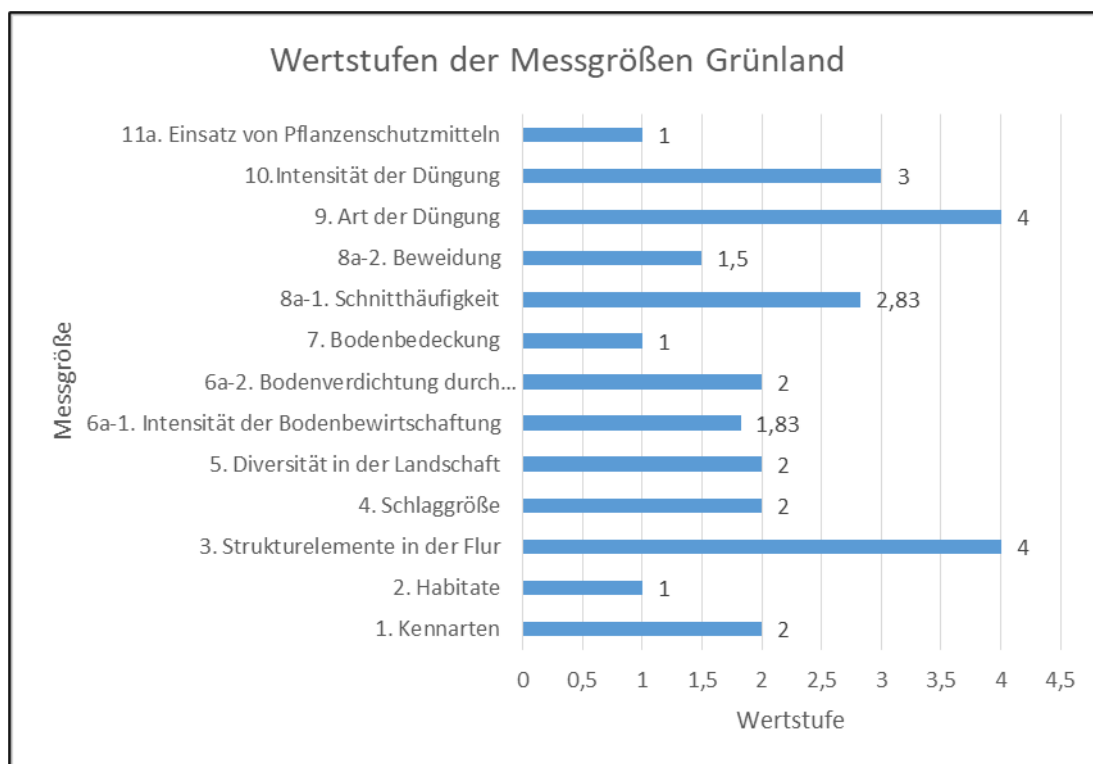


Quelle: Eigene Darstellung

Optimierungspotenziale können in Abbildung 8-4 schnell erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 3.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

Ein Endwert < 2 würde zu Hemerobieklasse III führen und somit zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,0624 m²e/m² führen. Der biodiversitätsrelevante Nebennutzen würde somit doppelt so hoch angerechnet werden.

Abbildung 8-5: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 2



Quelle: Eigene Darstellung

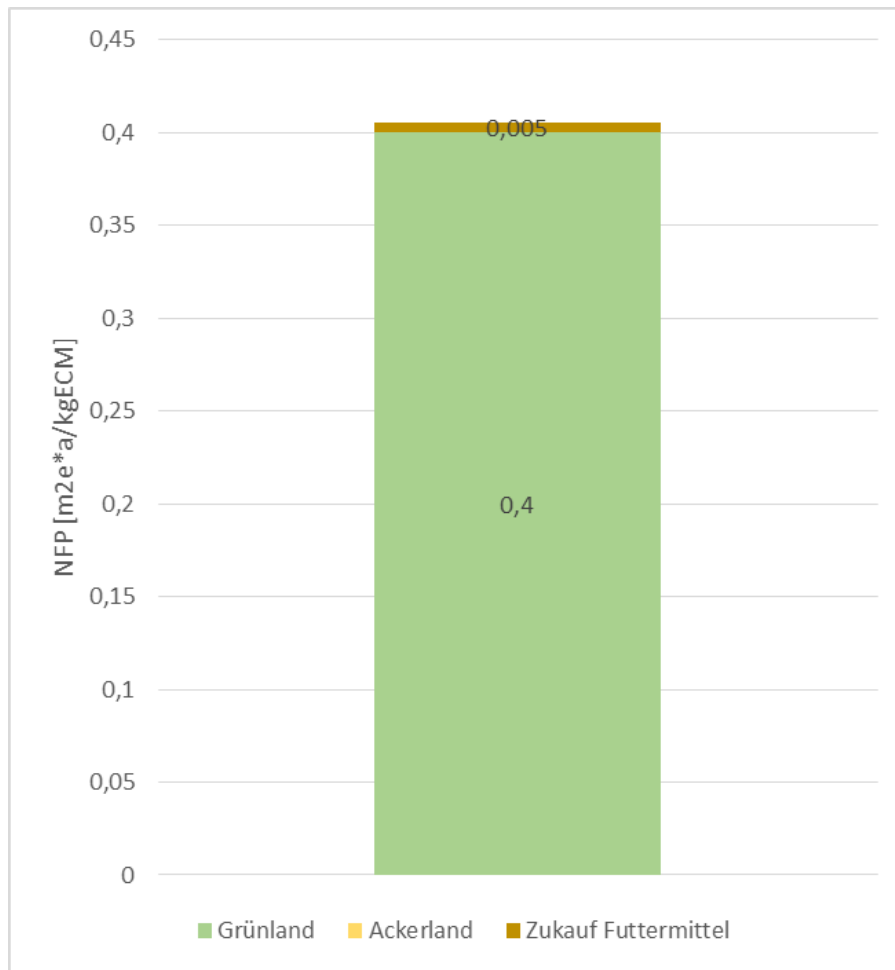
Tabelle 8-10: Naturfernepotenzial Flächen Hof 2

Fläche	Hemerobieklasse	Charakterisierungsfaktor [m ² e/m ²]	Naturfernepotenzial (NFP) [m ² e*a/kg _{ECM}]
Grünland Betrieb	IV	0,125	0,4
Ackerland Betrieb	NA		NA
Betrieb gesamt			0,4
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		0,005
Summe			0,405

Quelle: Eigene Darstellung

Zugekaufte Futtermittel haben einen sehr geringen Einfluss auf das NFP.

Abbildung 8-6: Naturfernepotenzial Flächen Hof 2



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.3 Hof 3

Hof 3 wirtschaftet ökologisch und ist ein reiner Grünlandbetrieb. Es werden Futtermittel zugekauft.

Tabelle 8-11 ist die Ableitung des Endwerts auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobiekategorie zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-11: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 3

Hof 3 - ökologisch		Betriebsfläche Grünland: 100%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Kennarten	Existenz von 4 und 5 Kennarten	2	3	2,55	IV
	2. Habitate	Gesetzlich geschützte Fläche 1-<10 %	4			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 2 - < 3 ha %	2	2,67		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche beträgt >3 – 6 ha	3			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a. Intensität der Bodenbewirtschaftung	anteilig – Extensiv geführtes Dauergrünland: Bewirtschaftungsauflage, z. B. Erstnutzung ab 15. Juni – mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen	1,89	2,19		
	6b. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz	Einsatz von Landmaschinen: 70 bis < 90 l/ha Diesel	4			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	anteilig – zwei bis drei Schnitte pro Jahr – vier und mehr Schnitte pro Jahr	3,88			
	8a-2. Beweidung	anteilig – Hutung, Standweide, Streuobstweide – Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha – 100 %- - 70 % Anteil Weide am Gesamtgrünland	1,35			
	4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit			
	10.Intensität der Düngung	0 bis < 50 kg N pro ha	2			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Kein Pestizideinsatz	1			

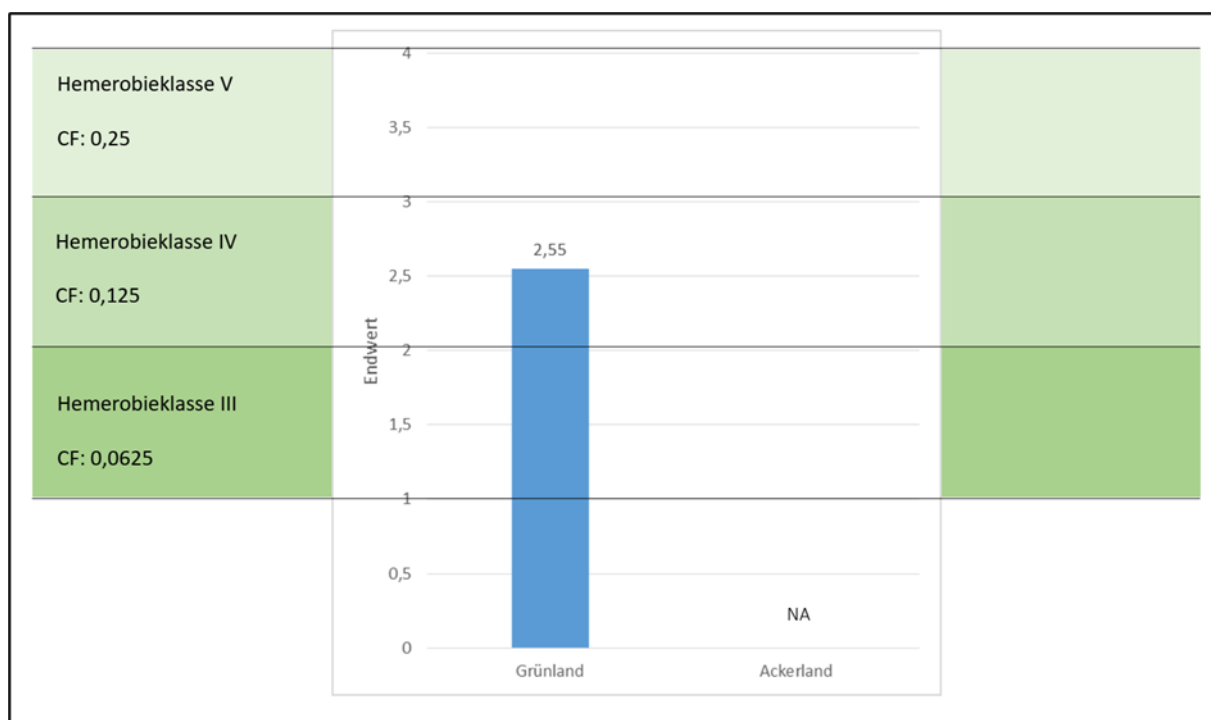
Der Endwert für Grünland liegt mit 2,55 im mittleren Bereich der Hemerobieklasse IV und führt zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,125 m²e/m².

Tabelle 8-12: Endwerte Betriebsflächen Hof 3

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	2,55
Ackerland Betrieb	NA

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-7: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 3

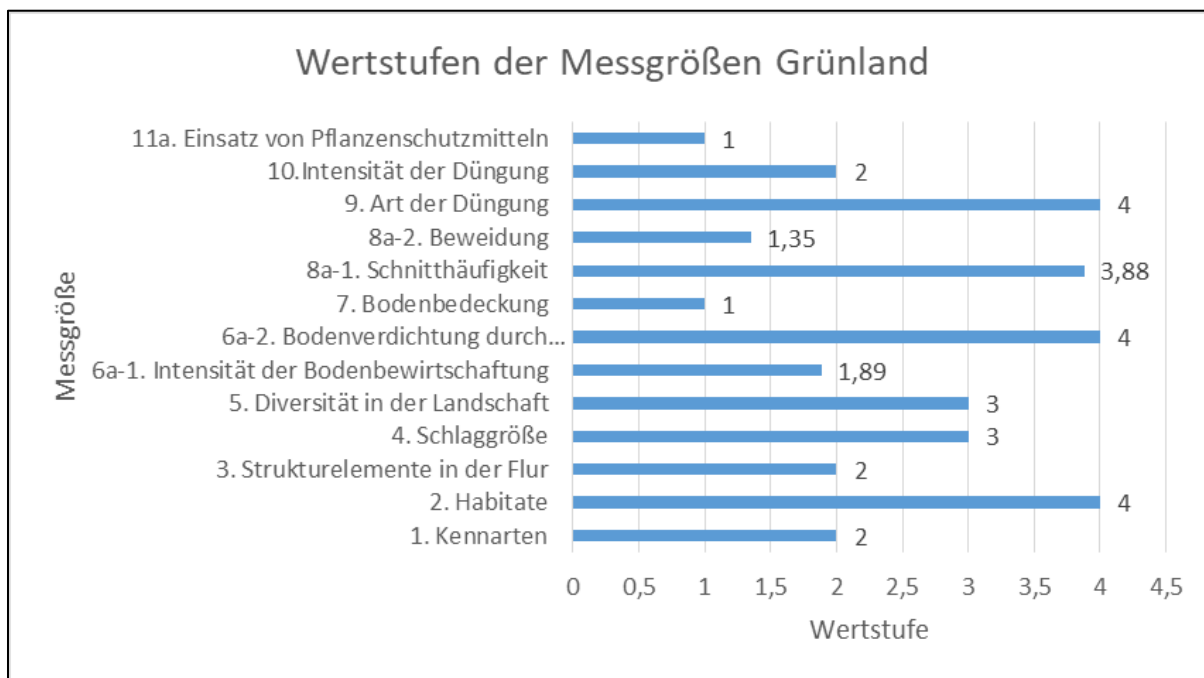


Quelle: Eigene Darstellung

Optimierungspotenziale können in Abbildung 8-8 schnell erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 3.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

Ein Endwert < 2 würde zu Hemerobieklasse III führen und somit zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,0624 m²e/m² führen. Der biodiversitätsrelevante Nebennutzen würde somit doppelt so hoch angerechnet werden.

Abbildung 8-8: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 3



Quelle: Eigene Darstellung

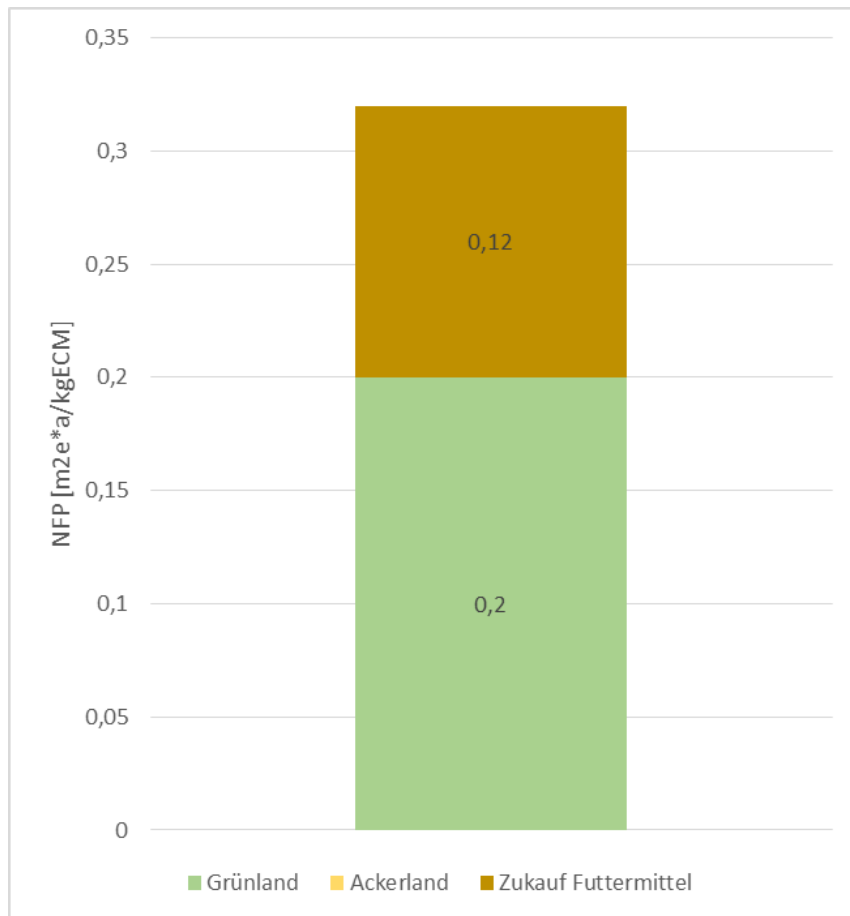
Tabelle 8-13: Naturfernepotenzial Flächen Hof 3

Fläche	Hemerobieklasse	Charakterisierungsfaktor [m ² e/m ²]	Naturfernepotenzial (NFP) [m ² e*a/kg _{ECM}]
Grünland Betrieb	IV	0,125	0,2
Ackerland Betrieb	NA		NA
Betrieb gesamt			0,2
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		0,12
Summe			0,32

Quelle: Eigene Darstellung

Zugekaufte Futtermittel haben einen relevanten Einfluss auf das NFP. Optimierungsoptionen können Tabelle 29 in Kapitel 3.2 entnommen werden.

Abbildung 8-9: Naturfernepotenzial Flächen Hof 3



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.4 Hof 4

Hof 4 bewirtschaftet 83 % Grünland und 17 % Ackerland. Die Wirtschaftsweise ist ökologisch. Es werden Futtermittel zugekauft.

Tabelle 8-14 ist die Ableitung der Endwerte auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobiekategorie zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-14: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 4

Hof 4 – ökologisch		Grünland: 83 %				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie- klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Kennarten	Existenz von 4 und 5 Kennarten	2	1,5	2,23	IV
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen <1 %	1			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 0,1 - 1 ha %	4	2,67		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 – 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Engräumige Flurenvielfalt, Landschaft stark durchsetzt mit gehölzreichen Zonen und/oder anderen landschaftlichen Elementen	2			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a-1. Intensität der Bodenbewirtschaftung	anteilig – Extensiv geführtes Dauergrünland: Bewirtschaftungsaufgabe, z. B. Erntutzung ab 15. Juni – 2.mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen	1,8	2,10		
	6a-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	Einsatz von Landmaschinen: ≥ 90 l/ha Diesel	5			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	anteilig – einschürige Mager-oder Feuchtwiese – zweischürige Mager-oder Feuchtwiese	1,9			
	8a-2. Beweidung	anteilig – Hutung, Standweide, Streuobstweide – Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha – 50 % - 70 % Anteil Weide am Gesamtgrünland	1,9			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,67		
	10.Intensität der Düngung	50 bis < 75 kg N pro ha	3			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Kein Pestizideinsatz	1			

Hof 4 ökologisch		Ackerland: 17 %				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Blühstreifen/Blühflächen in % ha von Ackerfläche	0<x<0,1 %	5	3	3,14	V
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 35>=x %	1			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 0,1 - 1 ha %	4	2,67		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 – 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Engräumige Flurenvielfalt, Landschaft stark durchsetzt mit gehölzreichen Zonen und/oder anderen landschaftlichen Elementen	2			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6b-1. Intensität der Bodenbearbeitung	Konventionelle wendende Bodenbearbeitung mindestens alle 3 Jahre oder auf mehr als 33 % der betrachteten Fläche	5	4		
	6b-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieselverbrauch)	Einsatz von Landmaschinen: ≥ 90 l/ha Diesel	5			
	7. Bodenbedeckung	Boden überwiegend vollständig bedeckt, regelmäßiger Anbau von Gründüngung und/oder Zwischenfrucht	2			
	8b. Agrodiversität	In einem Zeitraum von sechs Jahren werden maximal drei verschiedene Kulturen im Wechsel angebaut.	5			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,89		
	10. Intensität der Düngung	50 bis < 75 kg N pro ha	3			
	11b-1. Einsatz von Insektiziden	Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	1			
	11b-2. Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern	anteilig – Biologische, biotechnische und physikalische Maßnahmen (Nützlingseinsatz, Pheromone oder mechanische Verfahren) – Einsatz von Insektiziden: maximal eine Spritzung pro Jahr oder bis zu drei auf weniger als 50 % der Fläche	2,34			

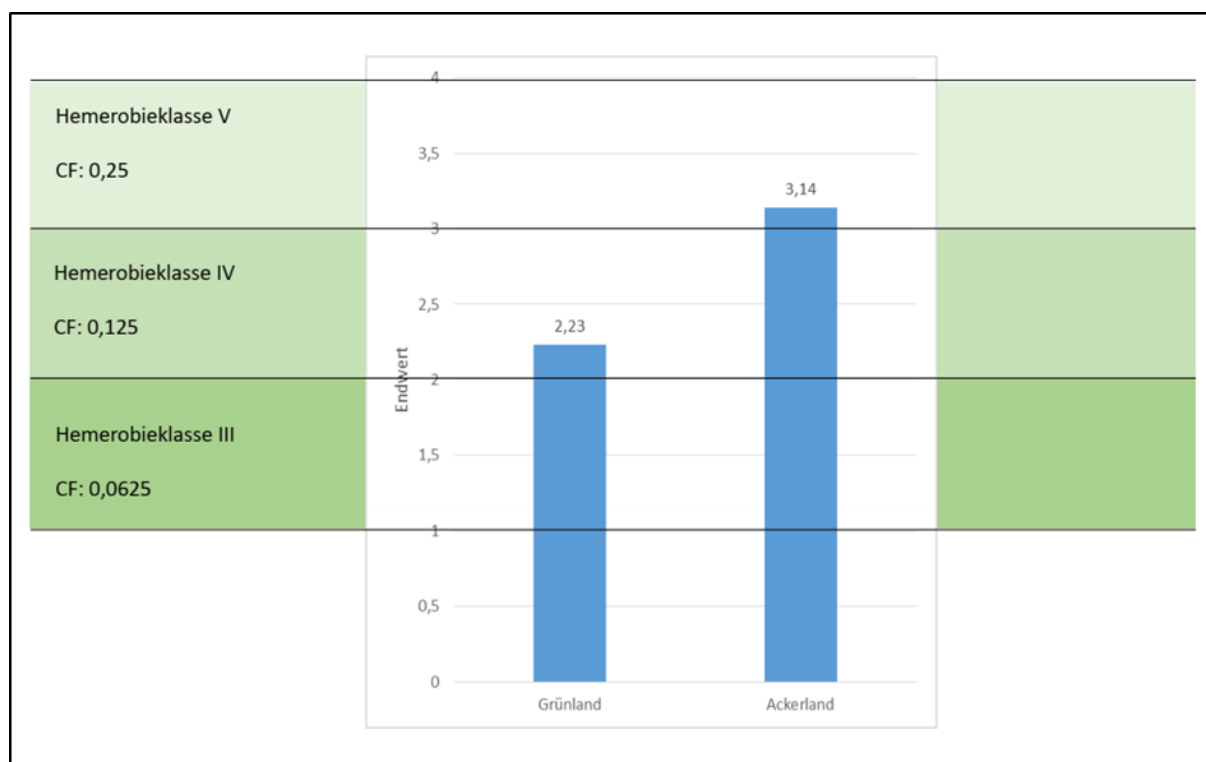
Der Endwert für Grünland liegt mit 2,23 im unteren Bereich der Hemerobiekategorie IV, was zu einem Charakterisierungsfaktor von $0,125 \text{ m}^2\text{e}/\text{m}^2$ führt. Der Endwert für Ackerland liegt mit 3,14 im unteren Bereich der Hemerobiekategorie V, was zu einem Charakterisierungsfaktor von $0,25 \text{ m}^2\text{e}/\text{m}^2$ führt.

Tabelle 8-15: Endwerte Betriebsflächen externes Ackerland (Futtermittel) Hof 4

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	2,23
Ackerland Betrieb	3,14
Flächengewichteter Endwert	2,39

Quelle: Eigene Darstellung

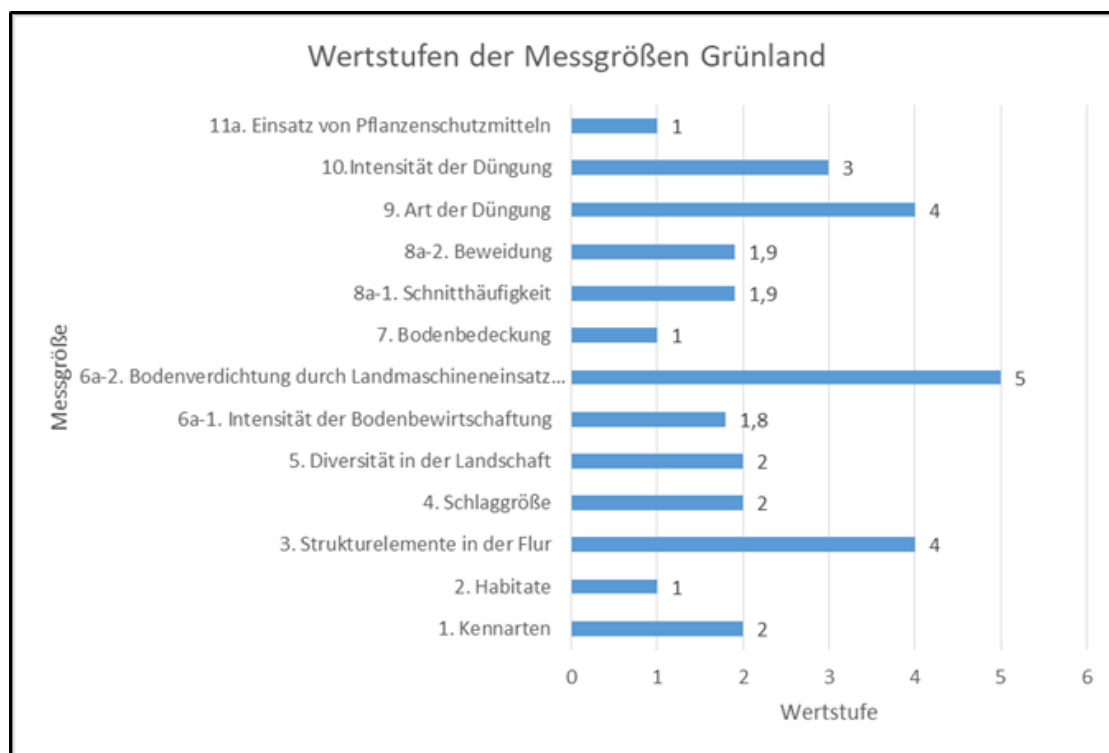
Abbildung 8-10: Endwerte und Hemerobieklassen der Betriebsflächen Hof 4



Quelle: Eigene Darstellung

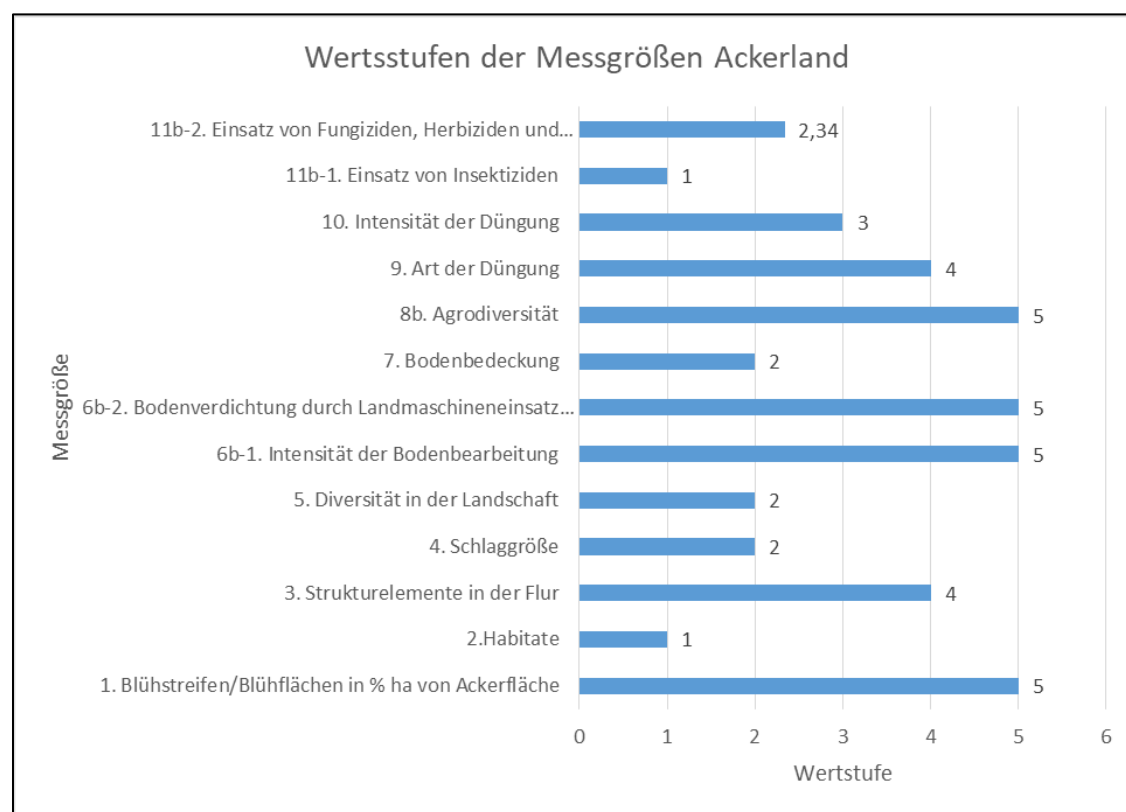
Optimierungspotenziale für Grünland können in Abbildung 8-11, für Ackerland in Abbildung 8-12 leicht erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 3.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

Abbildung 8-11: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 4



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-12: Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 4



Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 8-16: Naturfernepotenzial Flächen Hof 4

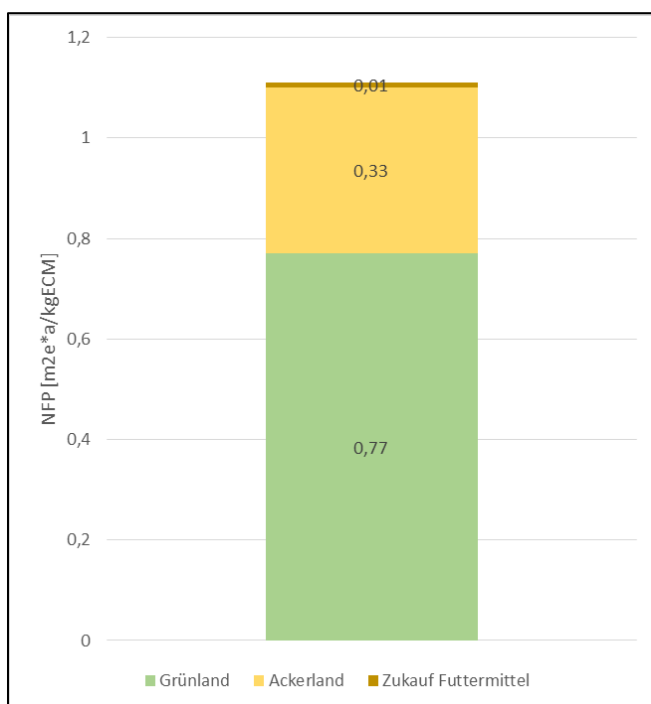
Fläche	Hemerobieklasse	Charakterisierungsfaktor [$\text{m}^2\text{e}/\text{m}^2$]	Naturfernepotenzial (NFP) [$\text{m}^2\text{e} \cdot \text{a}/\text{kg}_{\text{ECM}}$]
Grünland Betrieb	IV	0,125	0,77
Ackerland Betrieb	V	0,25	0,33
Betrieb gesamt			1,1
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		0,01
Summe			1,11
Flächengewichtete Hemerobieklasse	IV		

Quelle: Eigene Darstellung

Zugekaufter Futtermittel haben einen geringen Einfluss.

In diesem Fall zeigt sich der in Kapitel 3.3.2 diskutierte Effekt der Abhängigkeit des Naturfernepotenzials von der Milchleistung besonders deutlich.

Abbildung 8-13: Naturfernepotenzial Flächen Hof 4



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.5 Hof 5

Hof 5 ist ein reiner Grünlandbetrieb. Futtermittel werden zugekauft.

Tabelle 8-17 ist die Ableitung des Endwerts auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobieklasse zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-17: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 5

Hof 5- konventionell		Betriebsfläche Grünland: 100%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Kennarten	Existenz von 6 Kennarten oder mehr	1	1,5	2,25	IV
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 25 - <35 %	2			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 0 - <0,1	5	3		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 – 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Engräumige Flurenvielfalt, Landschaft stark durchsetzt mit gehölzreichen Zonen und/oder anderen landschaftlichen Elementen	2			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a. Intensität der Bodenbewirtschaftung	anteilig – Extensiv geführtes Dauergrünland: Bewirtschaftungsaufgabe, z. B. Erstnutzung ab 15. Juni – mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen	1,73	1,83		
	6b. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz	Einsatz von Landmaschinen: 50 bis < 70 l/ha Diesel	3			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	anteilig – zweischürige Mager-oder Feuchtwiese – zwei bis drei Schnitte pro Jahr	2,73			
	8a-2. Beweidung	– Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha – 100 % - 70 % Anteil Weide am Gesamtgrünland	1,5			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,67		
	10. Intensität der Düngung	50 bis < 75 kg N pro ha	3			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Kein Pestizideinsatz	1			

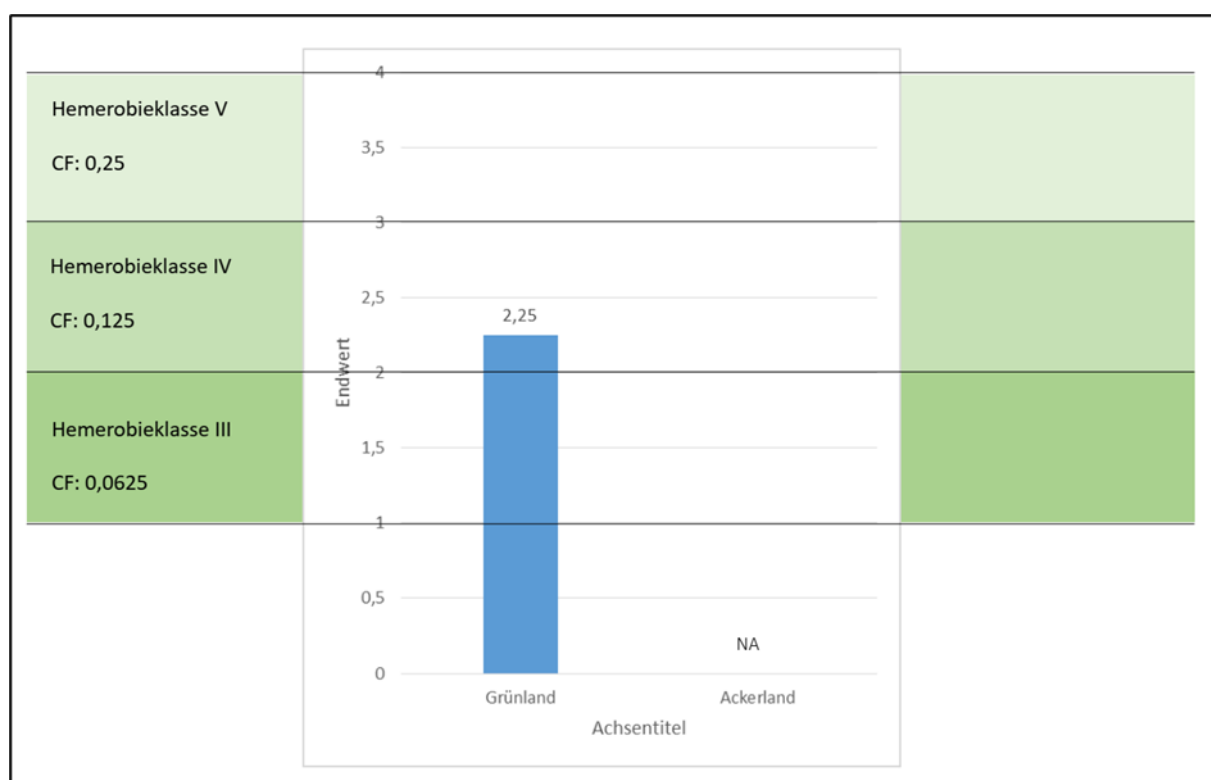
Der Endwert für Grünland liegt mit 2,25 im unteren Bereich der Hemerobieklasse IV, was zu einem Charakterisierungsfaktor von $0,125 \text{ m}^2\text{e}/\text{m}^2$ führt.

Tabelle 8-18: Endwerte Betriebsflächen Hof 5

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	2,25
Ackerland Betrieb	NA

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-14: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 5

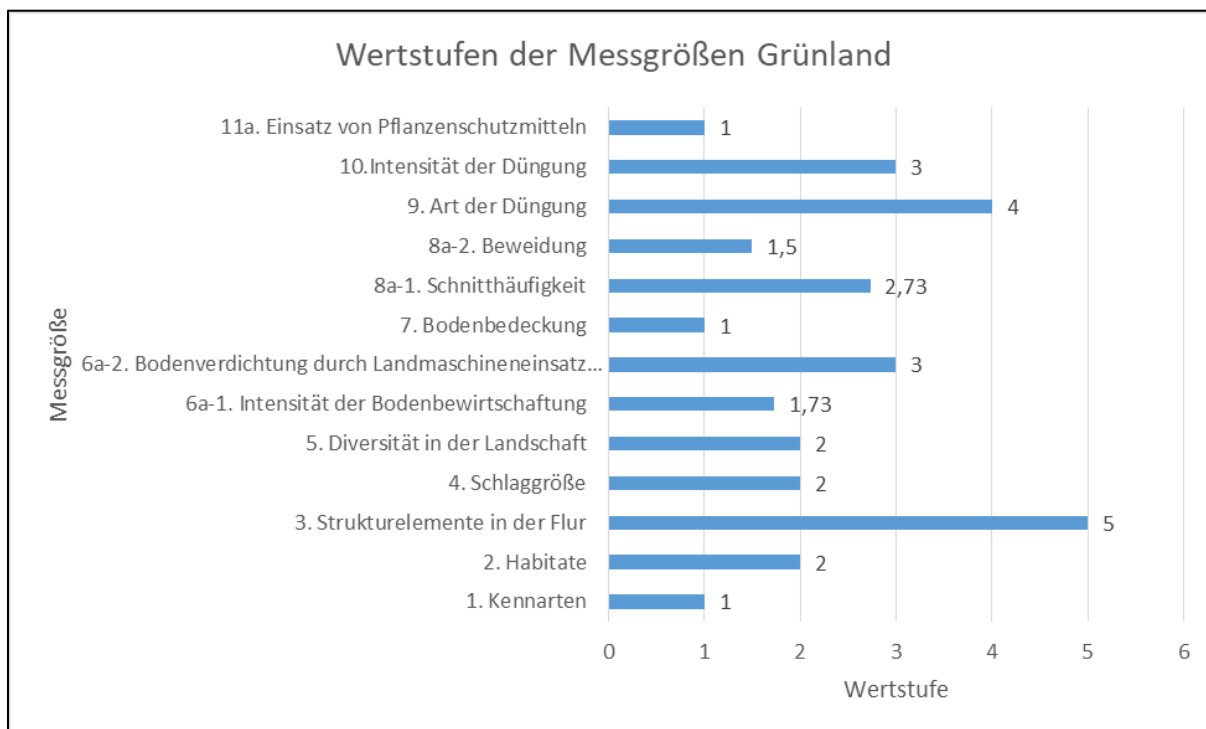


Quelle: Eigene Darstellung

Optimierungspotenziale für Grünland können in Abbildung 8-15 schnell erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 3.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

Ein Endwert < 2 würde zu Hemerobieklasse III führen und somit zu einem Charakterisierungsfaktor von $0,0624 \text{ m}^2\text{e}/\text{m}^2$ führen. Der biodiversitätsrelevante Nebennutzen würde somit doppelt so hoch angerechnet werden.

Abbildung 8-15: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 5



Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 8-19: Naturfernepotenzial Flächen Hof 5

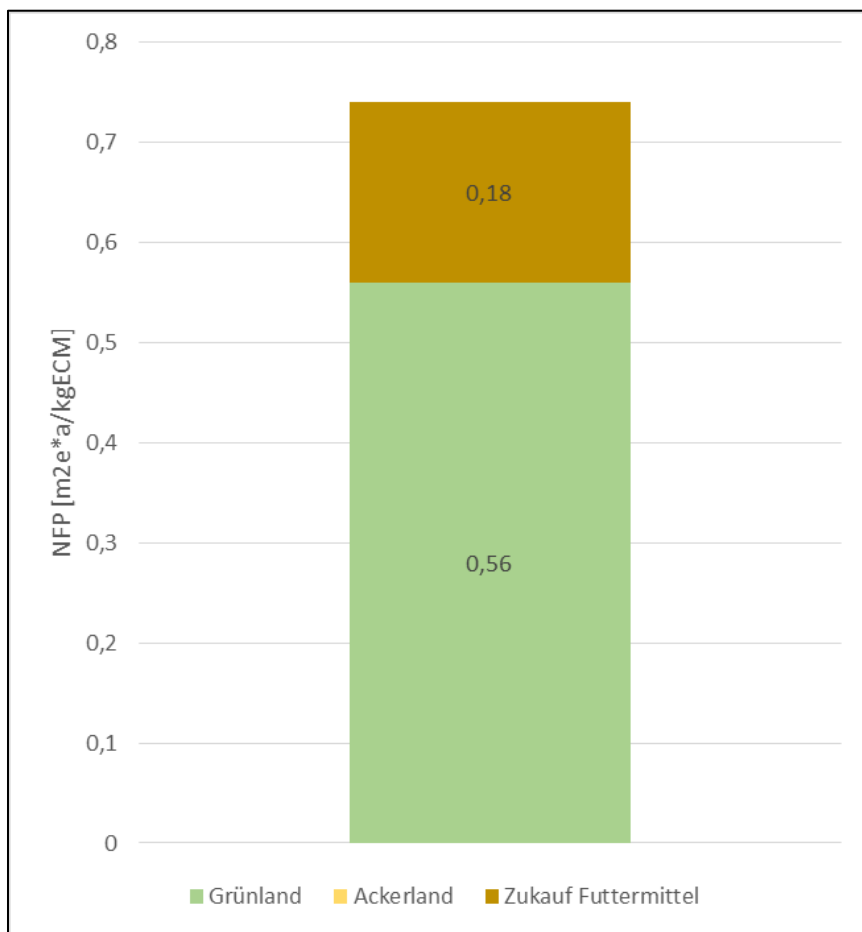
Fläche	Hemerobieklasse	Charakterisierungs- faktor [m ² e/m ²]	Naturfernepotenzial (NFP) [m ² e*a/kg _{ECM}]
Grünland Betrieb	IV	0,125	0,56
Ackerland Betrieb	NA		NA
Betrieb gesamt	IV		0,56
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		0,18
Summe			0,75

Quelle: Eigene Darstellung

Zugekaufte Futtermittel haben einen relevanten Einfluss auf das NFP. Optimierungsoptionen können Kapitel 3.2 entnommen werden.

In diesem Fall zeigt sich der in Kapitel 3.3.2 diskutierte Effekt der Abhängigkeit des Naturfernepotenzials von der Milchleistung deutlich.

Abbildung 8-16: Naturfernepotenzial Flächen Hof 5



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.6 Hof 6

Hof 6 ist ein reiner Grünlandbetrieb. Futtermittel werden zugekauft.

Tabelle 8-20 ist die Ableitung des Endwerts auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobiekategorie zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-20: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 6

Hof 6- konventionell		Betriebsfläche Grünland: 100%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Kennarten	Existenz von 4 und 5 Kennarten	2	3	2,51	IV
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 1 - <10 %	4			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 0.1 - < 1 ha %	4	2,67		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 - 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Engräumige Flurenvielfalt, Landschaft stark durchsetzt mit gehölzreichen Zonen und/oder anderen landschaftlichen Elementen	2			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a. Intensität der Bodenbewirtschaftung	anteilig – Extensiv geführtes Dauergrünland: Bewirtschaftungsauflage, z. B. Erstnutzung ab 15. Juni – mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen	1,95	2,06		
	6b. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz	Einsatz von Landmaschinen: 70 bis < 90 l/ha Diesel	4			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	anteilig – zweischürige Mager-oder Feuchtwiese – zwei bis drei Schnitte pro Jahr	2,89			
	8a-2. Beweidung	– Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha – 100 %- - 70 % Anteil Weide am Gesamtgrünland	1,5			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,33		
	10.Intensität der Düngung	0 bis < 50 kg N pro ha	2			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Kein Pestizideinsatz	1			

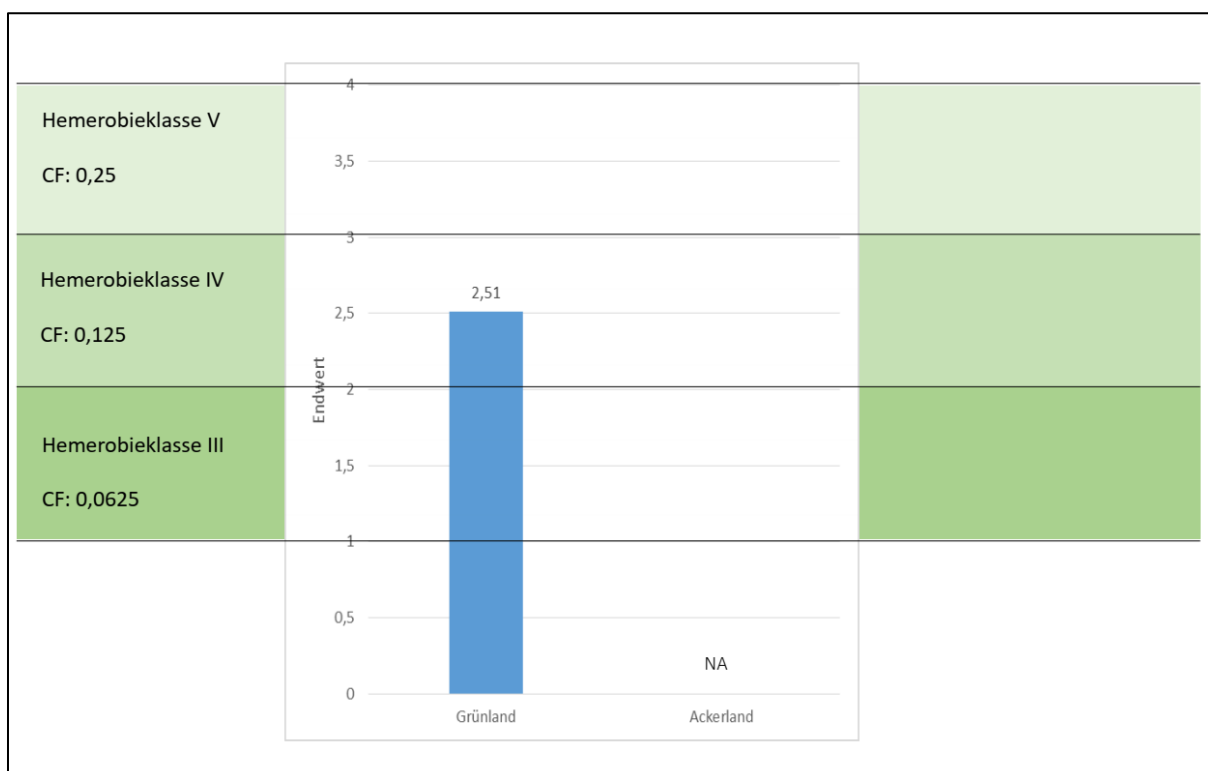
Der Endwert für Grünland liegt mit 2,51 im mittleren Bereich der Hemerobieklasse IV, was zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,125 m²e/m² führt.

Tabelle 8-21: Endwerte Betriebsflächen Hof 6

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	2,51
Ackerland Betrieb	NA

Quelle: Eigene Darstellung

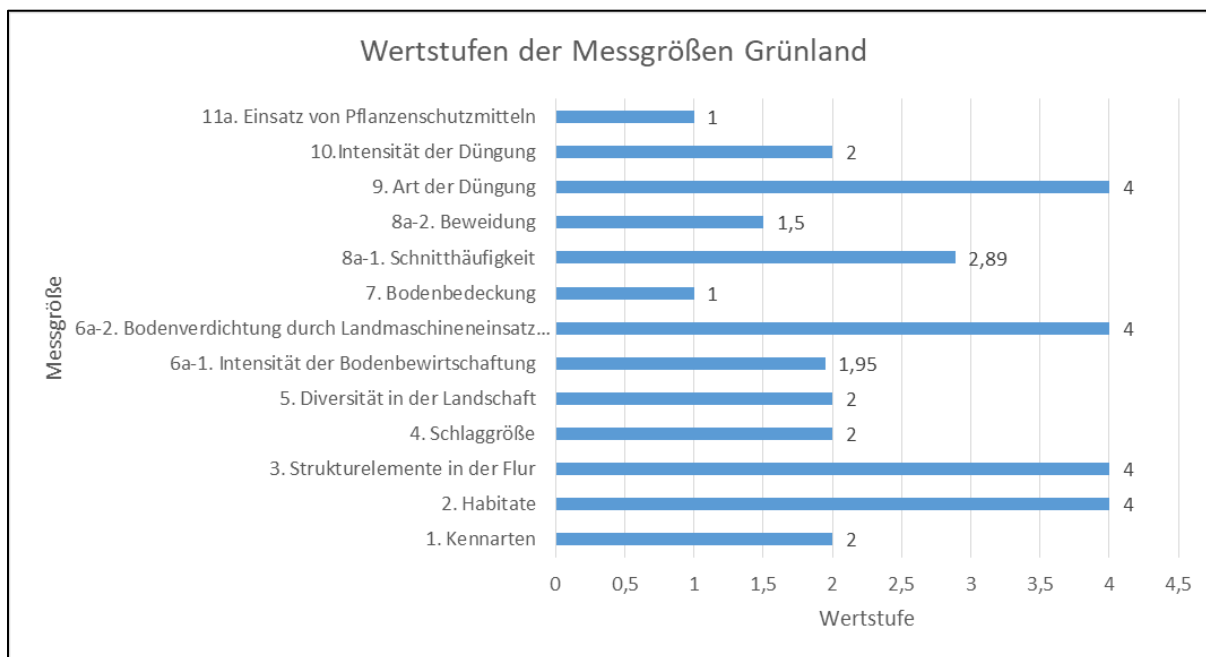
Abbildung 8-17: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 6



Quelle: Eigene Darstellung

Optimierungspotenziale für Grünland können in Abbildung 8-18 schnell erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 3.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

Abbildung 8-18: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 6



Quelle: Eigene Darstellung

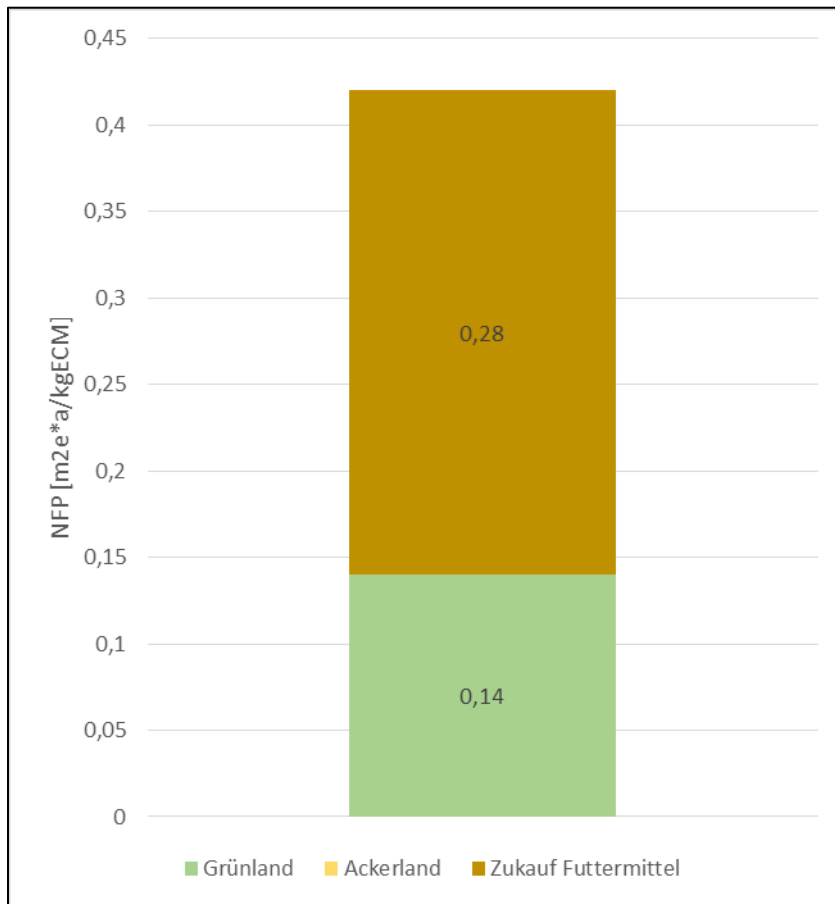
Tabelle 8-22: Naturfernepotenzial Flächen Hof 6

Fläche	Hemerobieklasse	Charakterisierungsfaktor [m ² e/m ²]	Naturfernepotenzial (NFP) [m ² e*a/kg _{ECM}]
Grünland Betrieb	IV	0,125	0,14
Ackerland Betrieb	NA		NA
Betrieb gesamt			0,14
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		0,28
Summe			0,42

Quelle: Eigene Darstellung

Zugekaufte Futtermittel haben einen sehr relevanten Einfluss auf das NFP. Optimierungsoptionen können Kapitel 3.2 entnommen werden.

Abbildung 8-19: Naturfernepotenzial Flächen Hof 6



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.7 Hof 7

Hof 7 bewirtschaftet 55 % Grünland und 45 % Ackerland. Die Wirtschaftsweise ist ökologisch. Es werden keine Futtermittel zugekauft.

Tabelle 8-23 ist die Ableitung der Endwerte auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobieklasse zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-23: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 7

Hof 7 - ökologisch		Grünland: 55 %				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Kennarten	Existenz von 4 und 5 Kennarten	2	2	2,04	IV
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 25 - 35 %	2			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente > 3 ha %	1	1,67		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 – 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Engräumige Flurenvielfalt, Landschaft stark durchsetzt mit gehölzreichen Zonen und/oder anderen landschaftlichen Elementen	2			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a-1. Intensität der Bodenbewirtschaftung	mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen	2	2,14		
	6a-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	Einsatz von Landmaschinen: 70 bis < 90 l/ha Diesel	4			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	zwei bis drei Schnitte pro Jahr	3			
	8a-2. Beweidung	anteilig – Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha – Koppelweide oder Besatzdichte max. 2 GVE/ha – 100 % - 70 % Anteil Weide am Gesamtgrünland	1,84			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,33		
	10. Intensität der Düngung	0 bis < 50 kg N pro ha	2			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Kein Pestizideinsatz	1			

Hof 7		Ackerland: 45 %				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Blühstreifen/Blühflächen in % ha von Ackerfläche	<0,1%	5	3,5	2,71	IV
	2.Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 25<=x<35 %	2			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente > 3 ha %	1	2		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 – 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6b-1. Intensität der Bodenbearbeitung	Konventionelle wendende Bodenbearbeitung oder Dammkultur höchstens alle drei Jahre oder auf ≤ 33 % der betrachteten Fläche	4	2,67		
	6b-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	Einsatz von Landmaschinen: 70 bis < 90 l/ha Diesel	4			
	7. Bodenbedeckung	Boden überwiegend vollständig bedeckt, regelmäßiger Anbau von Gründüngung und/oder Zwischenfrucht	2			
	8b. Agrodiversität	In einem Zeitraum von sechs Jahren werden sechs verschiedene Arten von Pflanzen in einem ausgewogenen Verhältnis zwischen Getreide und anderen Kulturen (Futtermittel, Proteine, Öle) angebaut. Es werden keine Hackfrüchte angebaut.	2			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,67		
	10. Intensität der Düngung	0 bis < 50 kg N pro ha	2			
	11b-1. Einsatz von Insektiziden	Einsatz von Insektiziden: maximal eine Spritzung pro Jahr oder bis zu drei auf weniger als 50 % der Fläche	3			
	11b-2. Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern	Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	1			

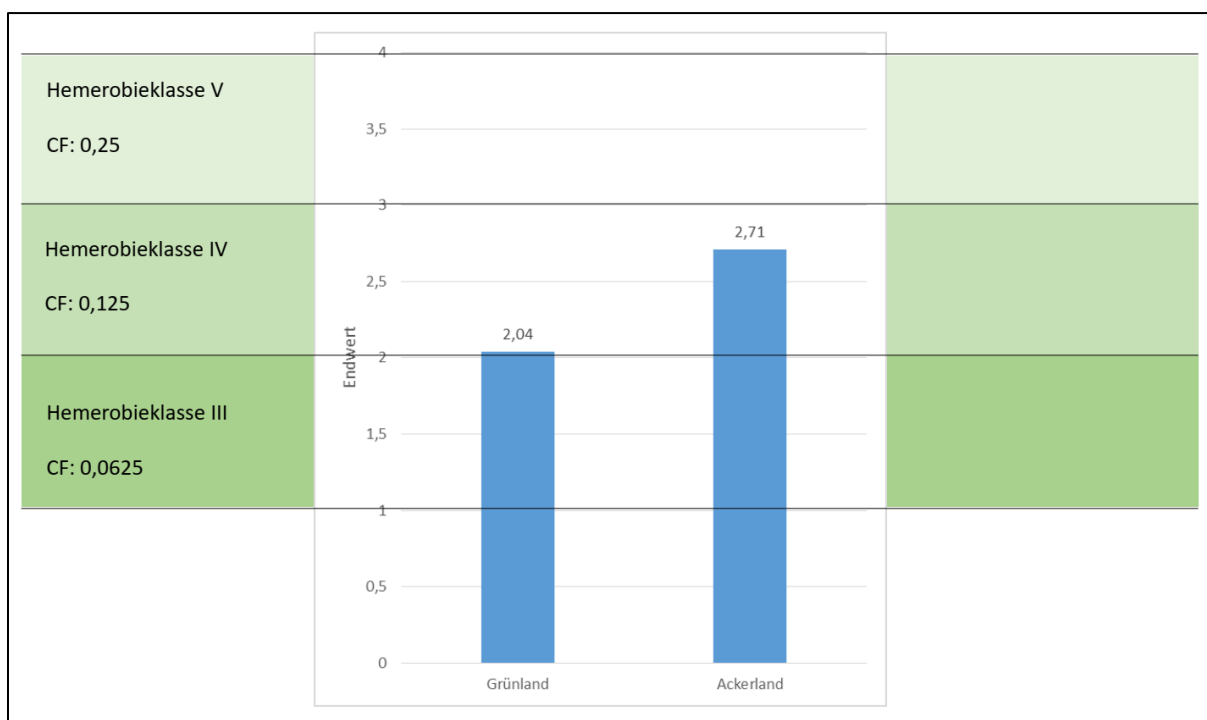
Der Endwert für Grünland liegt mit 2,04 im untersten Bereich der Hemerobieklasse IV und führt zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,125 m²e/m². Für Ackerland liegt der Endwert mit 2,71 im oberen Bereich der Hemerobieklasse IV.

Tabelle 8-24: Endwerte Betriebsflächen Hof 7

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	2,04
Ackerland Betrieb	2,71
Flächengewichteter Endwert	2,34

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-20: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 7

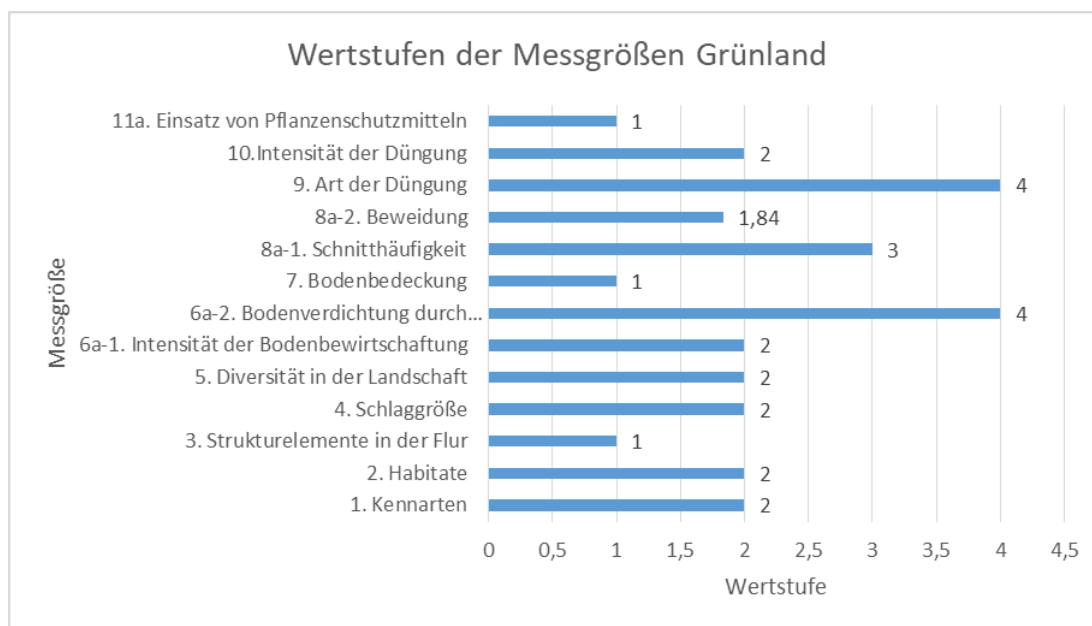


Quelle: Eigene Darstellung

Optimierungspotenziale Für Grünland können in Abbildung 8-21 und für Ackerland in Abbildung 8-22 leicht erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 3.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

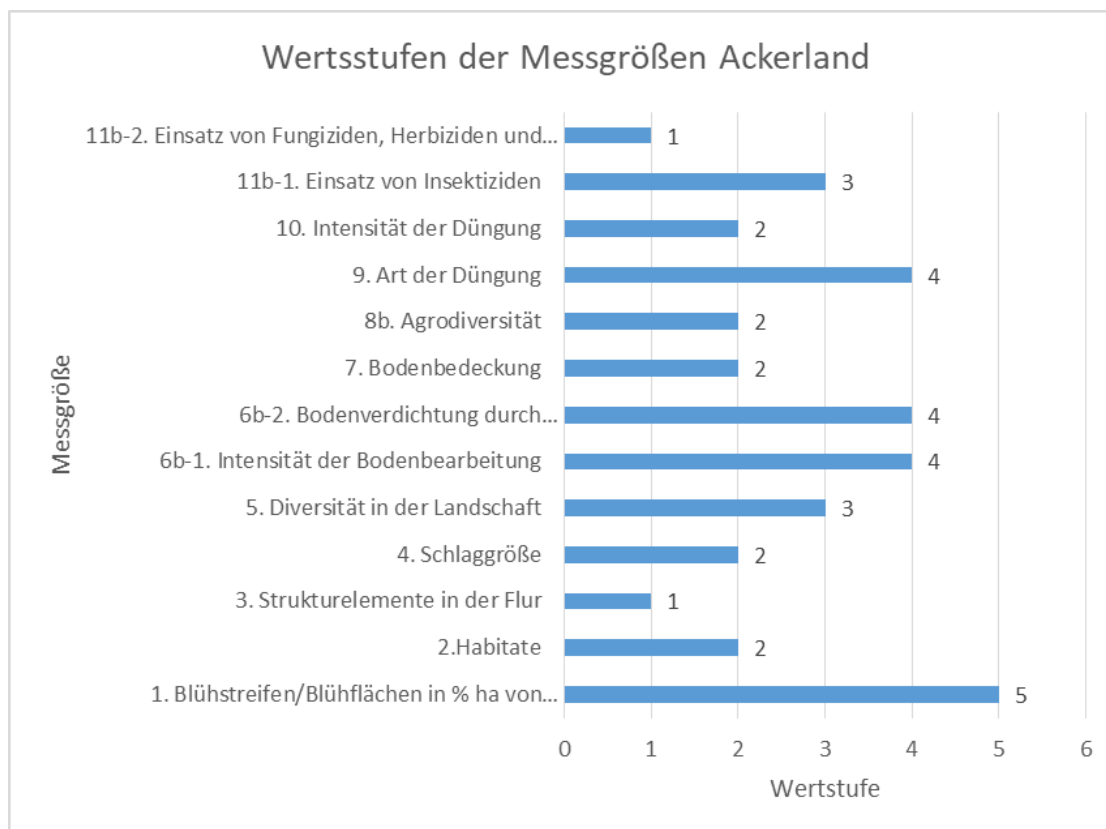
Der Endwert für Grünland liegt nur sehr knapp über der Zuordnungsgrenze zu Hemerobieklasse IV. Ein Endwert < 2 würde zu Hemerobieklasse III führen und somit zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,0624 m²e/m² führen. Der biodiversitätsrelevante Nebennutzen würde somit doppelt so hoch angerechnet werden.

Abbildung 8-21: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 7



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-22: Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 7



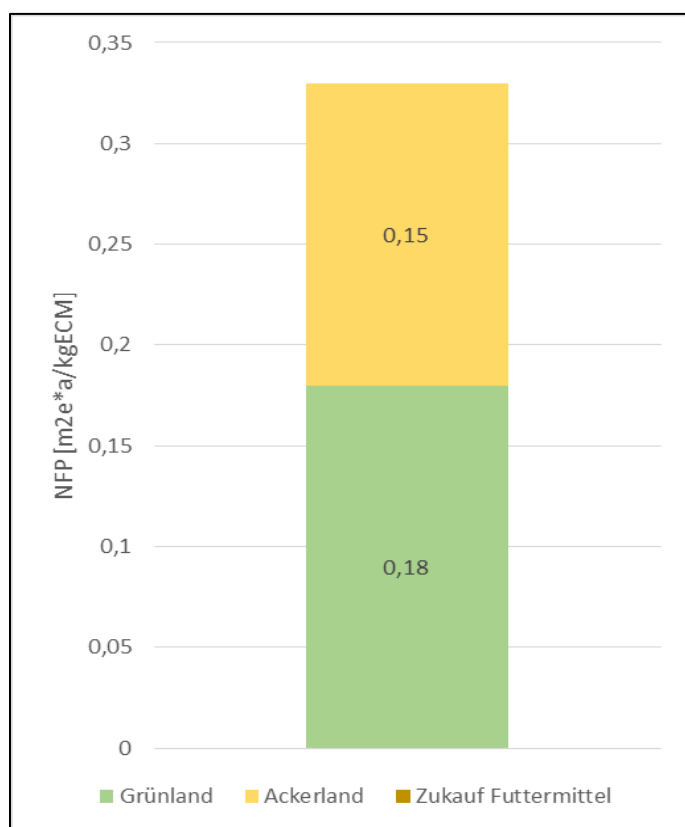
Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 8-25: Naturfernepotenzial Flächen Hof 7

Fläche	Hemerobiekategorie	Charakterisierungsfaktor [$\text{m}^2\text{e}/\text{m}^2$]	Naturfernepotenzial (NFP) [$\text{m}^2\text{e} \cdot \text{a}/\text{kg}_{\text{ECM}}$]
Grünland Betrieb	IV	0,125	0,18
Ackerland Betrieb	IV	0,125	0,15
Betrieb gesamt			0,33
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		NA
Flächengewichtete Hemerobiekategorie	IV		

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-23: Naturfernepotenzial Flächen Hof 7



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.8 Hof 8

Hof 8 bewirtschaftet 80 % Grünland und 20 % Ackerland. Die Wirtschaftsweise ist ökologisch. Es werden keine Futtermittel zugekauft.

Tabelle 8-26 ist die Ableitung der Endwerte auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobiekategorie zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-26: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 8

Hof 8 – ökologisch		Grünland: 80%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Kennarten	Existenz von 4 und 5 Kennarten	2	3,5	2,62	IV
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 0 - <1 %	5			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 2 - <3 ha %	2	2,33		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 - 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a-1. Intensität der Bodenbewirtschaftung	mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen	2	2,33		
	6a-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	Einsatz von Landmaschinen: 70 bis < 90 l/ha Diesel	4			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	anteilig – zwei bis drei Schnitte pro Jahr – vier und mehr Schnitte pro Jahr	3,96			
	8a-2. Beweidung	anteilig – Hutung, Standweide, Streuobstweide – Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha – 50 % – 70 % Anteil Weide am Gesamtgrünland	1,99			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,33		
	10. Intensität der Düngung	0 bis < 50 kg N pro ha	2			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Kein Pestizideinsatz	1			

Hof 8 ökologisch		Ackerland: 20 %				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Blühstreifen/Blühflächen in % ha von Ackerfläche	0,1<=x<1 %	4	4,5	2,71	IV
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 0<=x<1 %	5			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 2<=x<3 ha %	2	2,33		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 - 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6b-1. Intensität der Bodenbearbeitung	Konventionelle wendende Bodenbearbeitung oder Dammkultur höchstens alle drei Jahre oder auf ≤ 33 % der betrachteten Fläche	4	2,33		
	6b-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieselverbrauch)	Einsatz von Landmaschinen: 70 bis < 90 l/ha Diesel	4			
	7. Bodenbedeckung	Boden überwiegend vollständig bedeckt, regelmäßiger Anbau von Gründüngung und/oder Zwischenfrucht	2			
	8b. Agrodiversität	Mischkultur mit zahlreichen Feldfruchtarten.	1			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	N/P ausschließlich über festen Wirtschaftsdünger oder Kompost und/oder andere schwerlösliche und langfristig verfügbare Düngemittel gemäß Artikel 3 (EG) 889/2008 (z. B. Stein-, Thomas-, Knochenmehl)	2	1,67		
	10. Intensität der Düngung	0 bis < 50 kg N pro ha	2			
	11b-1. Einsatz von Insektiziden	Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	1			
	11b-2. Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern	Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	1			

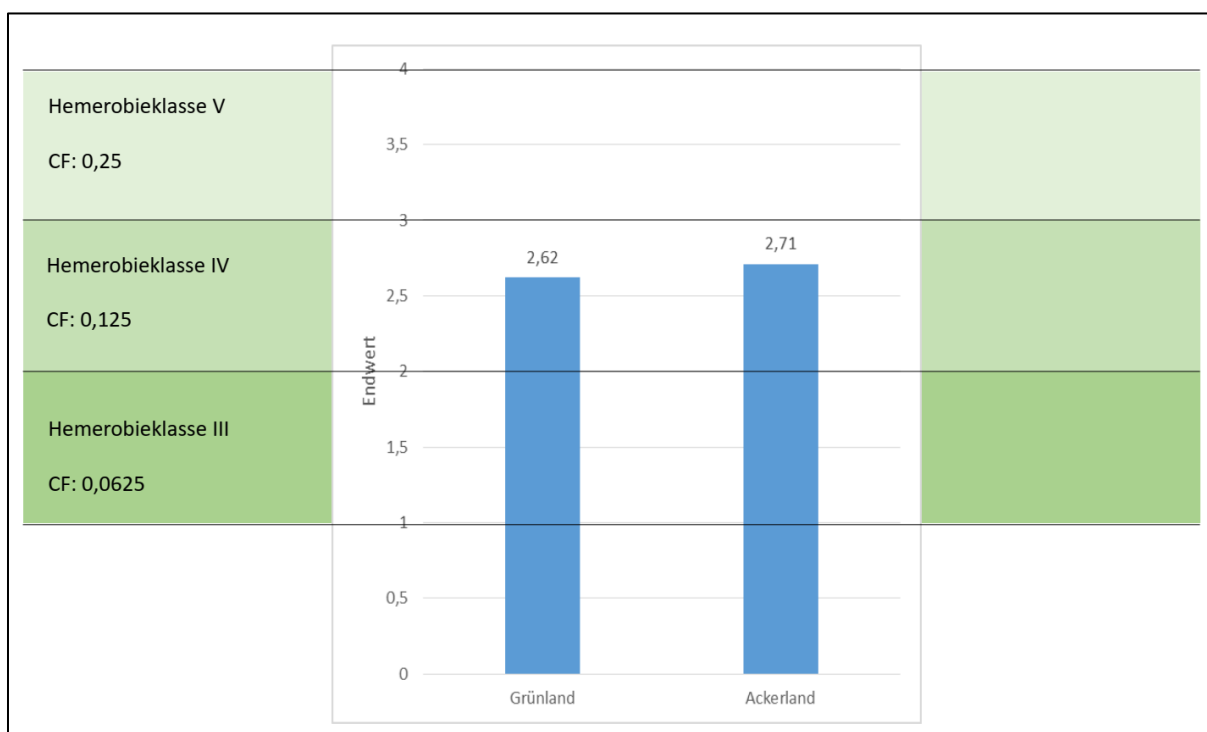
Der Endwert für Grünland liegt mit 2,62 und für Ackerland mit 2,71 im mittleren Bereich der Hemerobieklasse IV, was zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,125 m²e/m² führt.

Tabelle 8-27: Endwerte Betriebsflächen Hof 8

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	2,62
Ackerland Betrieb	2,71
Flächengewichteter Endwert	2,64

Quelle: Eigene Darstellung

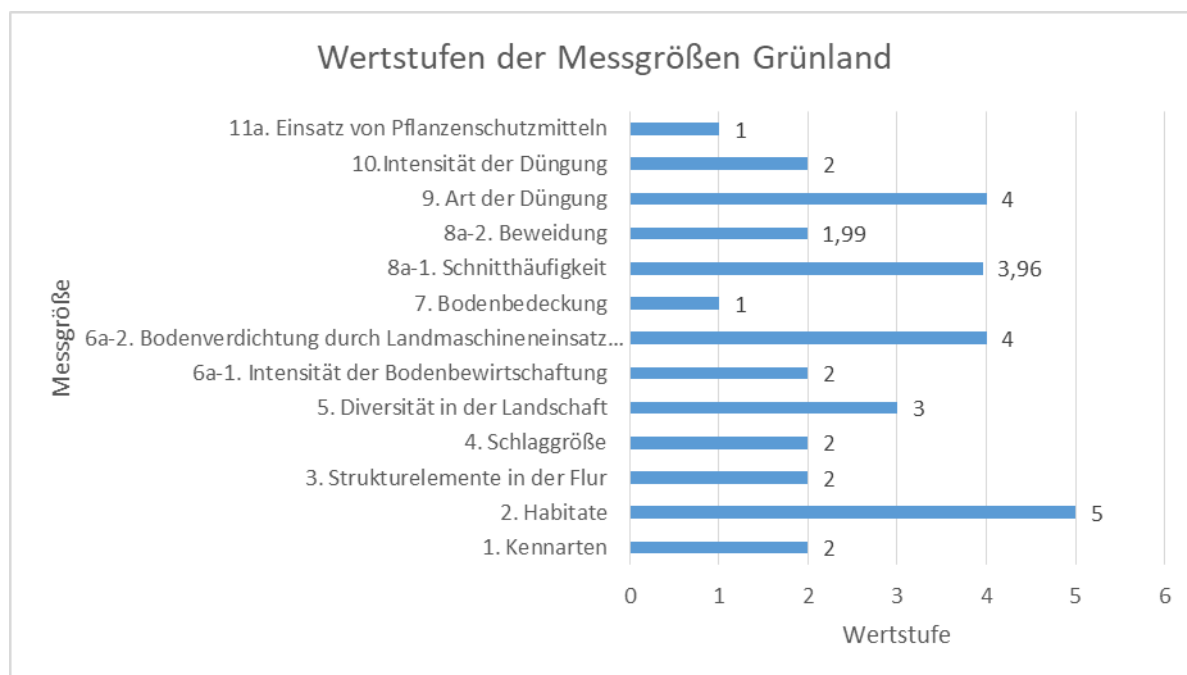
Abbildung 8-24: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 8



Quelle: Eigene Darstellung

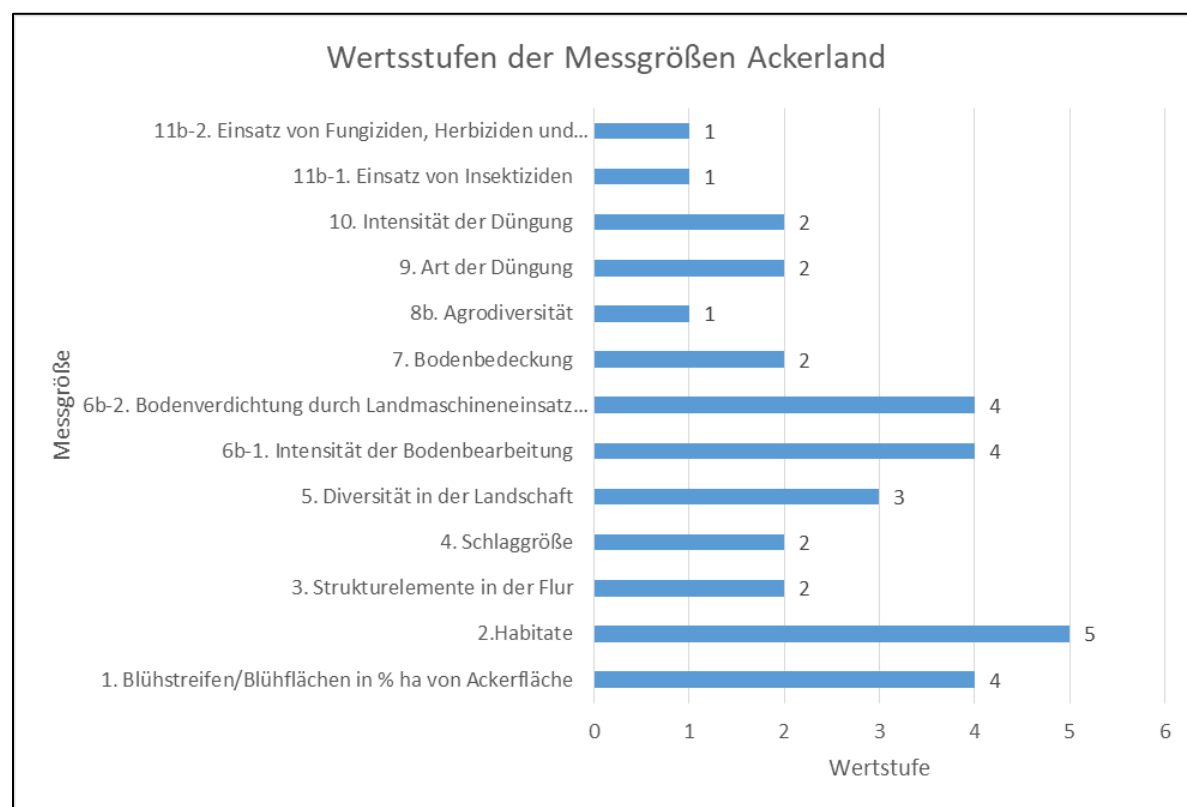
Optimierungspotenziale für Grünland können in Abbildung 8-25, für Ackerland in Abbildung 8-26 leicht erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 3.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

Abbildung 8-25: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 8



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-26: Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 8



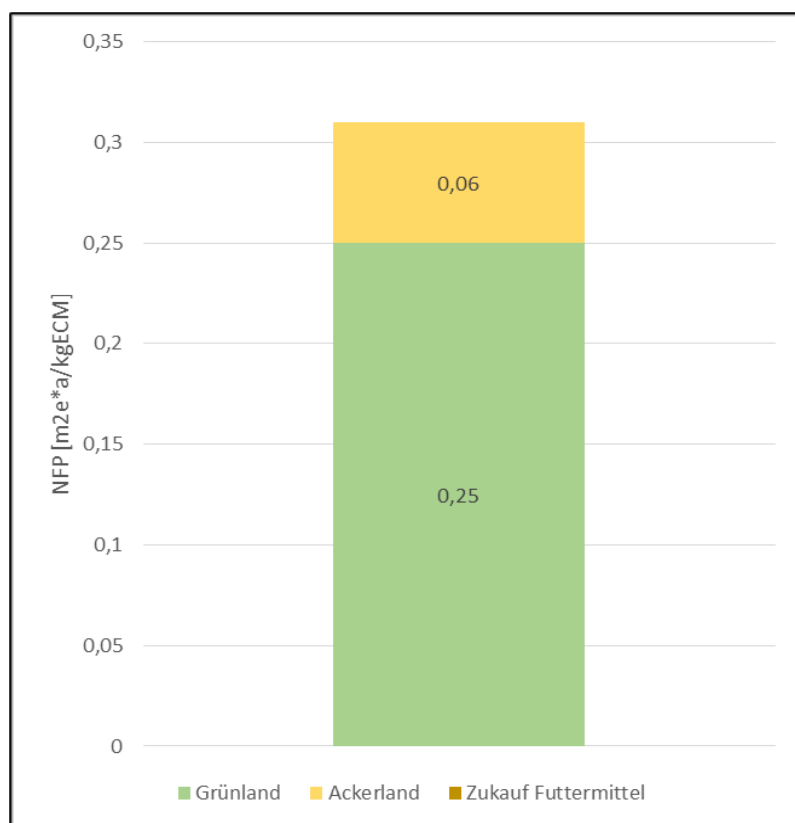
Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 8-28: Naturfernepotenzial Flächen Hof 8

Fläche	Hemerobieklasse	Charakterisierungsfaktor [$\text{m}^2\text{e}/\text{m}^2$]	Naturfernepotenzial (NFP) [$\text{m}^2\text{e} \cdot \text{a}/\text{kg}_{\text{ECM}}$]
Grünland Betrieb	IV	0,125	0,25
Ackerland Betrieb	IV	0,125	0,06
Betrieb gesamt	IV		0,31
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		NA
Flächengewichtete Hemerobieklasse	IV		

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-27: Naturfernepotenzial Flächen Hof 8



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.9 Hof 9

Hof 9 bewirtschaftet 97 % Grünland und 3 % Ackerland. Die Wirtschaftsweise ist konventionell. Es werden Futtermittel zugekauft.

Tabelle 8-29 ist die Ableitung der Endwerte auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobieklasse zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-29: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 9

Hof 9 – konventionell		Grünland: 97%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobieklasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Kennarten	Existenz von 2 und 3 Kennarten	3	4	3,01	V
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 0 - <1 %	5			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 0.1 - 1 ha %	4	3		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 - 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a-1. Intensität der Bodenbewirtschaftung	mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen	2	2,05		
	6a-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	Einsatz von Landmaschinen: 30 bis < 50 l/ha Diesel	2			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	anteilig – zwei bis drei Schnitte pro Jahr – vier und mehr Schnitte pro Jahr	3,8			
	8a-2. Beweidung	– Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha – 20 % - 50 % Anteil Weide am Gesamtgrünland	2,5			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	3		
	10. Intensität der Düngung	75 bis < 100 kg N pro ha	4			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Kein Pestizideinsatz	1			

Hof 9 konventionell		Ackerland: 3 %				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobieklasse
1. Artenvielfaltspotenzial	1. Blühstreifen/Blühflächen in % ha von Ackerfläche	0 - <0,1 %	5	5	3,42	V
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 0 - <1 %	5			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 0.1 - < 1 ha %	4	3		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 - 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6b-1. Intensität der Bodenbearbeitung	Konventionelle wendende Bodenbearbeitung oder Dammkultur höchstens alle drei Jahre oder auf ≤ 33 % der betrachteten Fläche	4	3,33		
	6b-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	Einsatz von Landmaschinen: 30 bis < 50 l/ha Diesel	2			
	7. Bodenbedeckung	Boden überwiegend vollständig bedeckt, regelmäßiger Anbau von Gründüngung und/oder Zwischenfrucht	2			
	8b. Agrodiversität	In einem Zeitraum von sechs Jahren werden maximal drei verschiedene Kulturen im Wechsel angebaut	5			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,33		
	10. Intensität der Düngung	2. 0 bis < 50 kg N pro ha	2			
	11b-1. Einsatz von Insektiziden	Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	1			
	11b-2. Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern	Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	1			

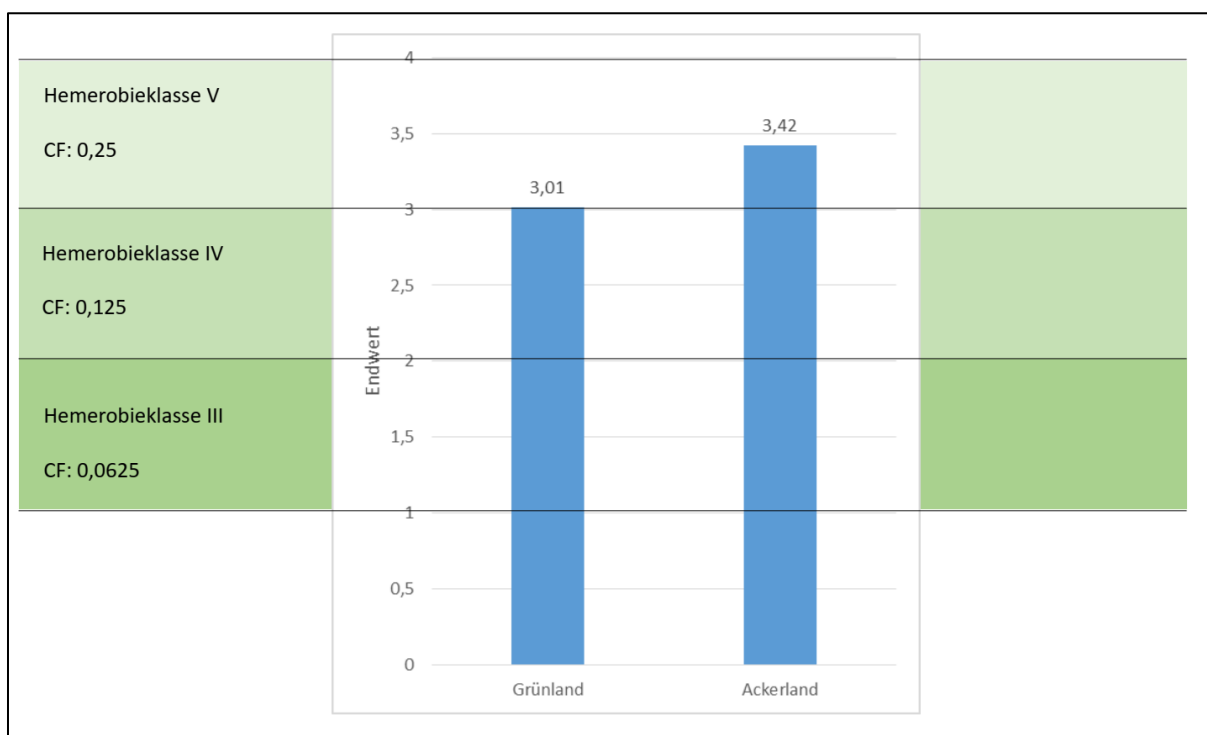
Der Endwert für Grünland liegt mit 3,01 knapp im untersten Bereich der Hemerobieklasse V, für Ackerland mit 3,42 im mittleren Bereich der Hemerobieklasse V, was zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,25 $\text{m}^2\text{e}/\text{m}^2$ führt.

Tabelle 8-30: Endwerte Betriebsflächen Hof 9

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	3,01
Ackerland Betrieb	3,42
Flächengewichteter Endwert	3,02

Quelle: Eigene Darstellung

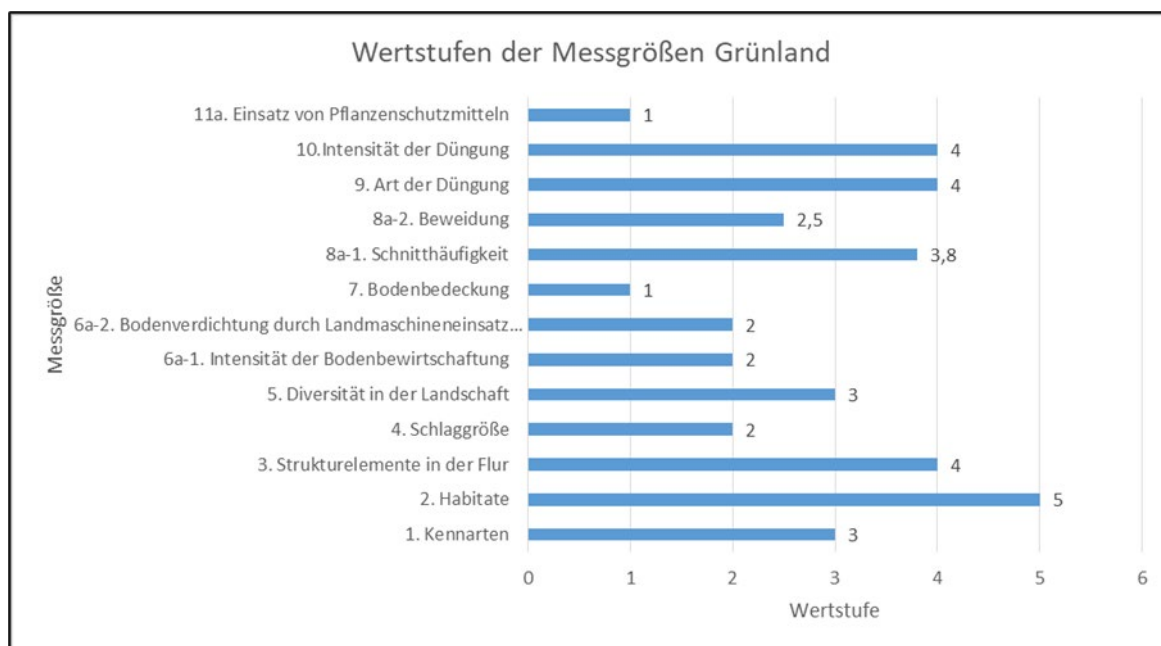
Abbildung 8-28: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 9



Quelle: Eigene Darstellung

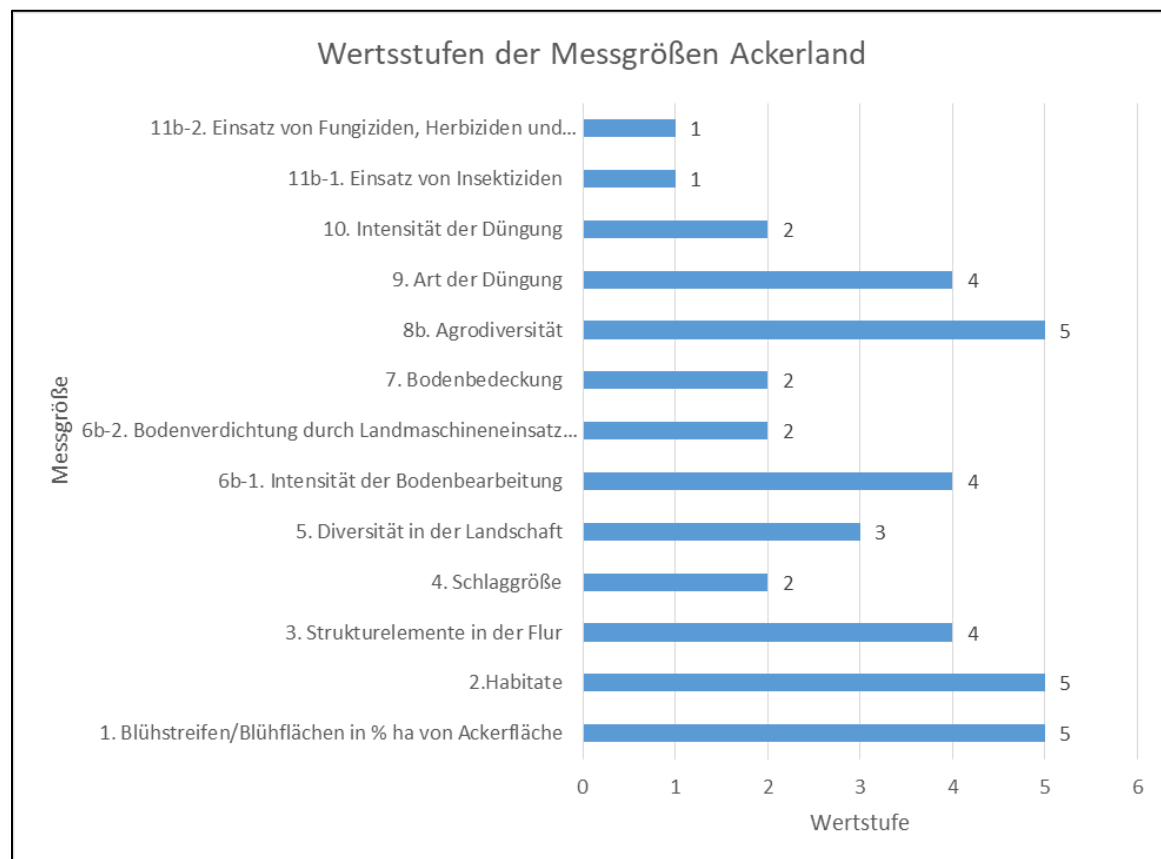
Optimierungspotenziale für Grünland können in Abbildung 8-29, für Ackerland in Abbildung 8-30 leicht erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 3.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

Abbildung 8-29: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 9



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-30: Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 9



Quelle: Eigene Darstellung

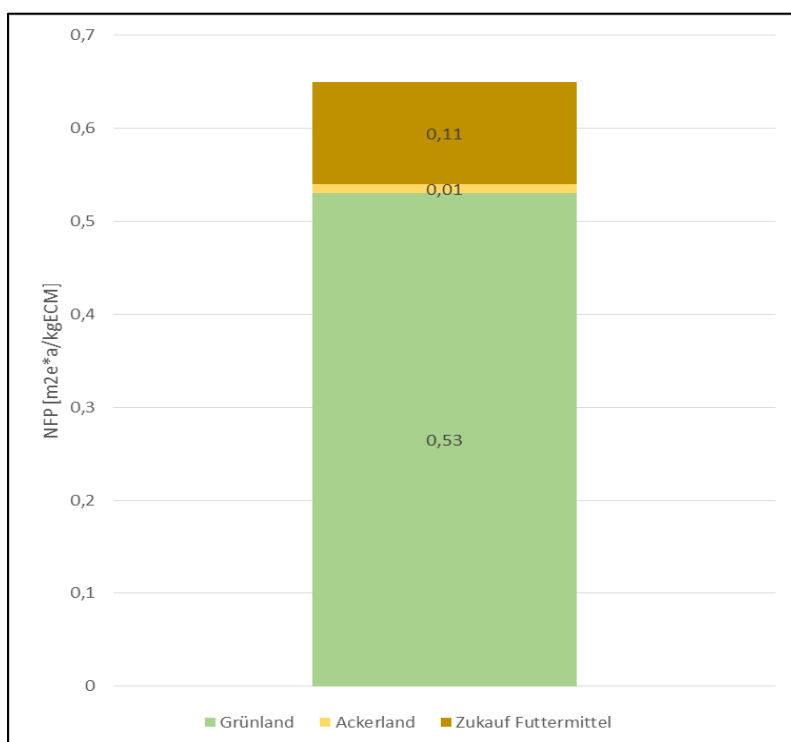
Tabelle 8-31: Naturfernepotenzial Flächen Hof 9

Fläche	Hemerobieklasse	Charakterisierungsfaktor [$\text{m}^2\text{e}/\text{m}^2$]	Naturfernepotenzial (NFP) [$\text{m}^2\text{e} \cdot \text{a}/\text{kg}_{\text{ECM}}$]
Grünland Betrieb	V	0,25	0,53
Ackerland Betrieb	V	0,25	0,01
Betrieb gesamt			0,54
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		0,11
Summe			0,65
Flächengewichtete Hemerobieklasse	V		

Quelle: Eigene Darstellung

Zugekaufte Futtermittel haben einen relevanten Einfluss auf das NFP. Optimierungsoptionen können Kapitel 3.2 entnommen werden.

Abbildung 8-31: Naturfernepotenzial Flächen Hof 9



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.10 Hof 10

Hof 10 bewirtschaftet 75 % Grünland und 25 % Ackerland. Die Wirtschaftsweise ist ökologisch. Es werden keine Futtermittel zugekauft.

Tabelle 8-32 ist die Ableitung der Endwerte auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobieklasse zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-32: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 10

Hof 10 – ökologisch		Grünland: 75%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Kennarten	Existenz von 4 und 5 Kennarten	2	2,5	2,35	IV
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 10 - <25 %	3			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 2 - <3 ha %	2	2,33		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 - 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a-1. Intensität der Bodenbewirtschaftung	anteilig – Extensiv geführtes Dauergrünland: Bewirtschaftungsauflage, z. B. Erstnutzung ab 15. Juni – mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen	1,73	1,89		
	6a-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieselverbrauch)	Annahme: Einsatz von Landmaschinen: 50 bis < 70 l/ha Diesel	Wert fehlt Annahme 3			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	anteilig – zwei bis drei Schnitte pro Jahr – vier und mehr Schnitte pro Jahr	3,18			
	8a-2. Beweidung	anteilig – Hutung, Standweide, Streuobstweide – Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha – 70 - 100 %-Anteil Weide am Gesamtgrünland	1,46			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,67		
	10.Intensität der Düngung	50 bis < 75 kg N pro ha	3			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Kein Pestizideinsatz	1			

Hof 10 ökologisch		Ackerland: 25 %				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobieklass
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Blühstreifen/Blühflächen in % ha von Ackerfläche	0 - 0,1%	5	4	3,21	V
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 10 - 25 %	3			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente $2 \leq x < 3$ ha %	2	2,33		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 – 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6b-1. Intensität der Bodenbearbeitung	Konventionelle wendende Bodenbearbeitung oder Dammkultur höchstens alle drei Jahre oder auf ≤ 33 % der betrachteten Fläche	4	3,5		
	6b-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	Annahme: Einsatz von Landmaschinen: 50 bis < 70 l/ha Diesel	Wert fehlt Annahme 3			
	7. Bodenbedeckung	Boden überwiegend vollständig bedeckt, regelmäßiger Anbau von Gründüngung und/oder Zwischenfrucht	2			
	8b. Agrodiversität	In einem Zeitraum von sechs Jahren werden maximal drei verschiedene Kulturen im Wechsel angebaut.	5			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	3,0		
	10. Intensität der Düngung	50 bis < 75 kg N pro ha	3			
	11b-1. Einsatz von Insektiziden	Einsatz von Insektiziden: maximal eine Spritzung pro Jahr oder bis zu drei auf weniger als 50 % der Fläche	3			
	11b-2. Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern	Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	1			

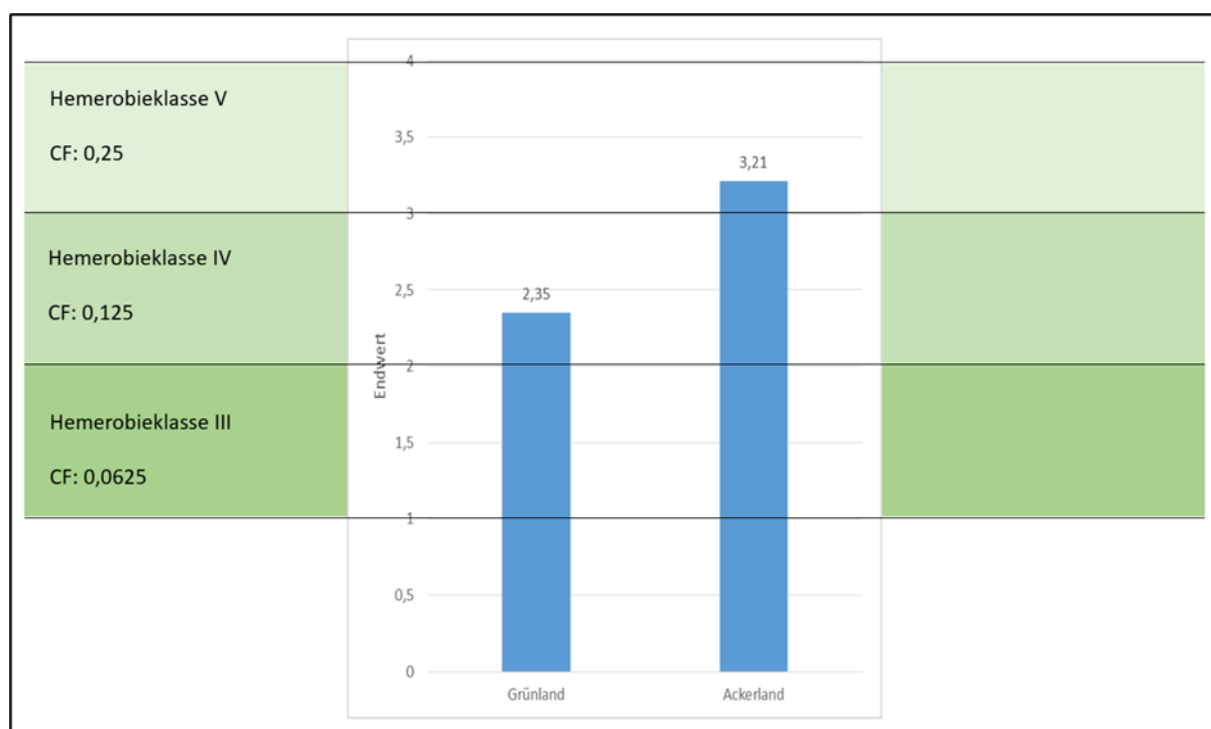
Der Endwert für Grünland liegt mit 2,35 im mittleren Bereich der Hemerobieklasse IV was zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,25 m²e/m² führt. Der Endwert für Ackerland liegt mit 3,21 im mittleren Bereich der Hemerobieklasse V, was zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,25 m²e/m² führt.

Tabelle 8-33: Endwerte Betriebsflächen Hof 10

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	2,35
Ackerland Betrieb	3,21
Flächengewichteter Endwert	2,57

Quelle: Eigene Berechnung

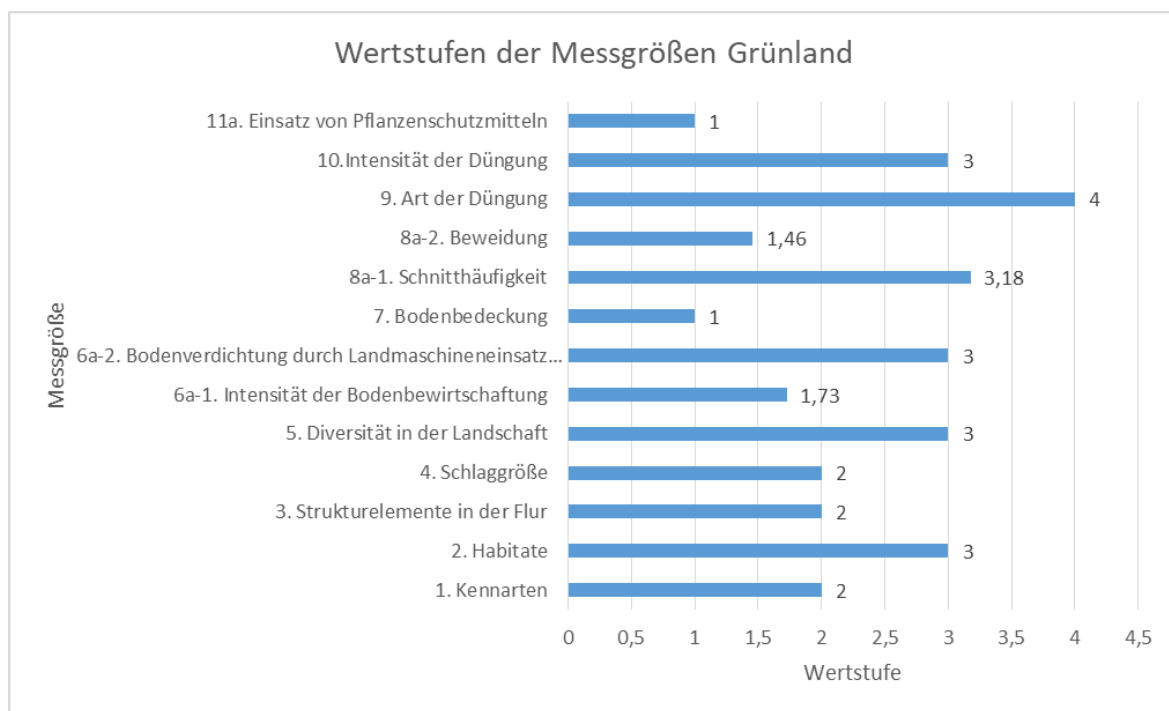
Abbildung 8-32: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 10



Quelle: Eigene Darstellung

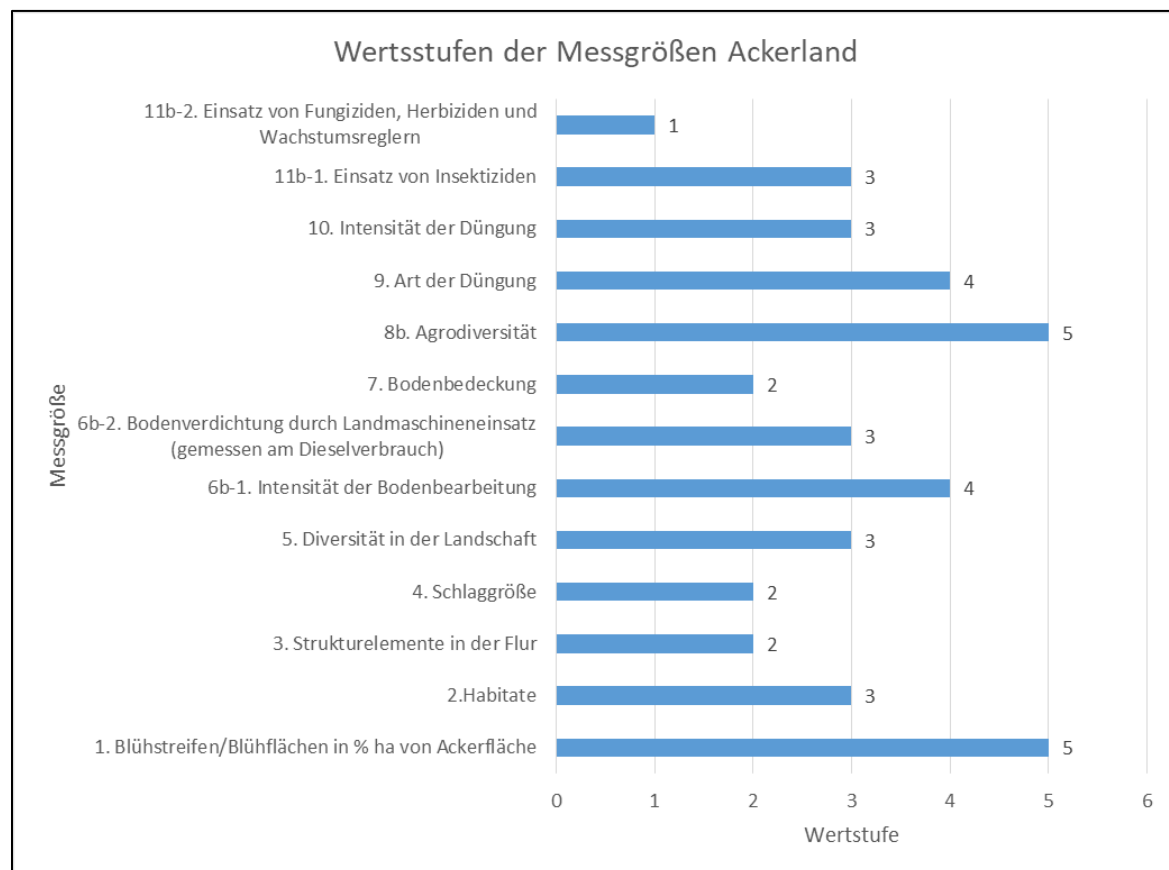
Optimierungspotenziale für Grünland können in Abbildung 8-33, für Ackerland in Abbildung 8-34 leicht erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 5.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

Abbildung 8-33: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 10



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-34: Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 10



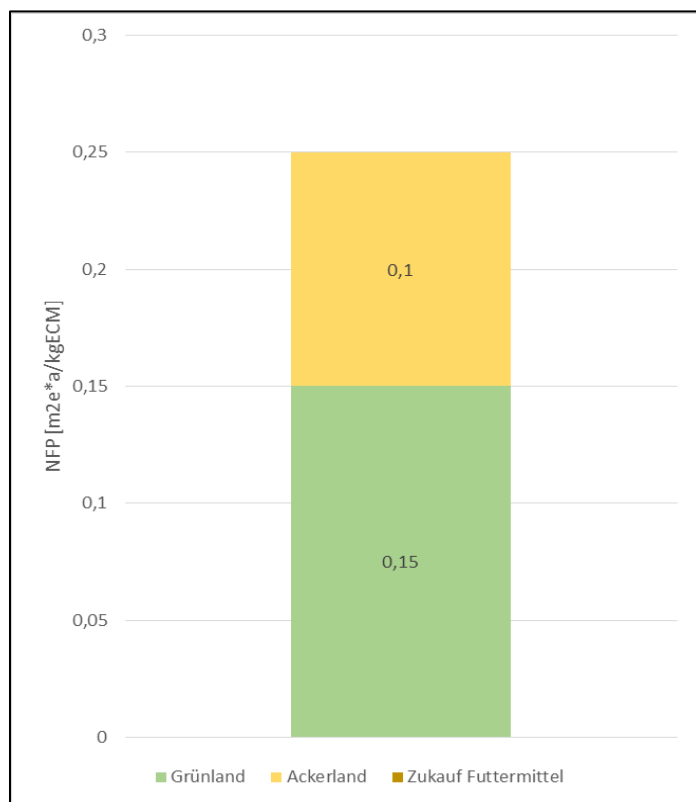
Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 8-34: Naturfernepotenzial Flächen Hof 10

Fläche	Hemerobiekategorie	Charakterisierungsfaktor [$\text{m}^2\text{e}/\text{m}^2$]	Naturfernepotenzial (NFP) [$\text{m}^2\text{e} \cdot \text{a}/\text{kg}_{\text{ECM}}$]
Grünland Betrieb	IV	0,125	0,15
Ackerland Betrieb	V	0,25	0,1
Betrieb gesamt	IV		0,25
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		NA
Flächengewichtete Hemerobiekategorie	IV		

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-35: Naturfernepotenzial Flächen Hof 10



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.11 Hof 11

Hof 11 bewirtschaftet 73 % Grünland und 27 % Ackerland. Die Wirtschaftsweise ist konventionell. Es werden Futtermittel zugekauft.

Tabelle 8-35 zeigt die Ableitung der Endwerte auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobiekategorie zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-35: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof

Hof 11 – konventionell		Grünland: 73%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie- klasse
1. Artenvielfaltspotenzial	1. Kennarten	0 Kennarten	5	4,5	3,62	V
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 1 - <10 %	4			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 1 - <2 ha %	3	3		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche beträgt >3 - 6 ha	3			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a-1. Intensität der Bodenbewirtschaftung	anteilig – mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen – mit hoher Intensität geführtes Dauergrünland: regelmäßige Neusaat	3,97	2,66		
	6a-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	Annahme: Einsatz von Landmaschinen: 50 bis < 70 l/ha Diesel	Wert fehlt Annahme 3			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	anteilig – zwei bis drei Schnitte pro Jahr – vier und mehr Schnitte pro Jahr	3,97			
	8a-2. Beweidung	– Hutung, Standweide, Streuobstweide – <10 % Anteil Weide am Gesamtgrünland	3			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	4,33		
	10.Intensität der Düngung	≥ 100 kg N pro ha	5			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Bekämpfung von Einzelpflanzen (z. B. Ampfer)	4			

Hof 11 konventionell		Ackerland: 27%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Blühstreifen/Blühflächen in % ha von Ackerfläche	0- <0,1%	5	4,5	3,88	V
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 1 -<10 %	4			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 1 - <2 ha %	3	3		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche beträgt >3 – 6 ha	3			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6b-1. Intensität der Bodenbearbeitung	Konservierende Bodenbearbeitung (ohne Pflug) mit Lockerung	3	3,67		
	6b-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	Annahme: Einsatz von Landmaschinen: 50 bis < 70 l/ha Diesel	Wert fehlt Annahme 3			
	7. Bodenbedeckung	Hackfruchtanbau nur mit Mulchsaat und/oder Untersaat	4			
	8b. Agrodiversität	In einem Zeitraum von sechs Jahren werden vier bis fünf verschiedene Kulturen angebaut, darunter auch Hackfrüchte.	4			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	4,33		
	10. Intensität der Düngung	≥ 100 kg N pro ha	5			
	11b-1. Einsatz von Insektiziden	Einsatz von Insektiziden: maximal drei Spritzungen pro Jahr	4			
	11b-2. Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern	Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern: maximal drei Spritzungen pro Jahr	4			

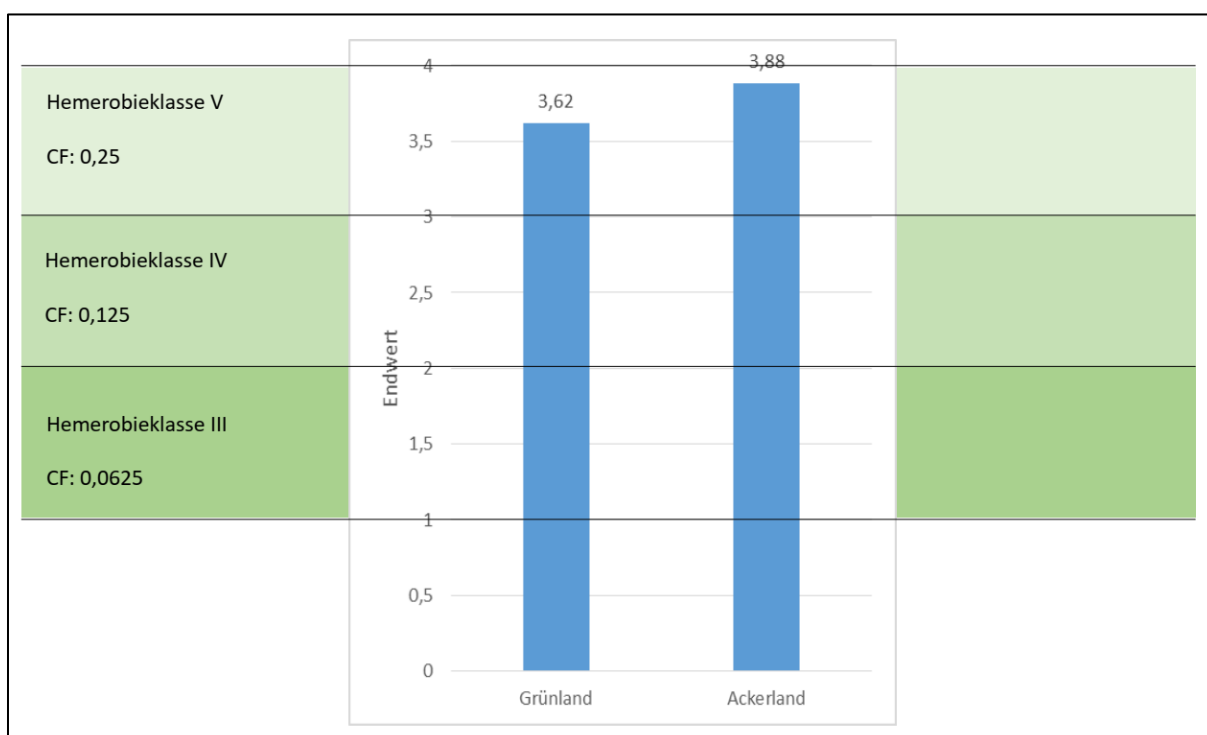
Der Endwert für Grünland liegt mit 3,62 im mittleren Bereich der Hemerobieklasse V, der Endwert für Ackerland mit 3,88 im oberen Bereich der Hemerobieklasse V. In beiden Fällen führt das zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,25 m²e/m².

Tabelle 8-36: Endwerte Betriebsflächen Hof 11

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	3,62
Ackerland Betrieb	3,88
Flächengewichteter Endwert	3,69

Quelle: Eigene Darstellung

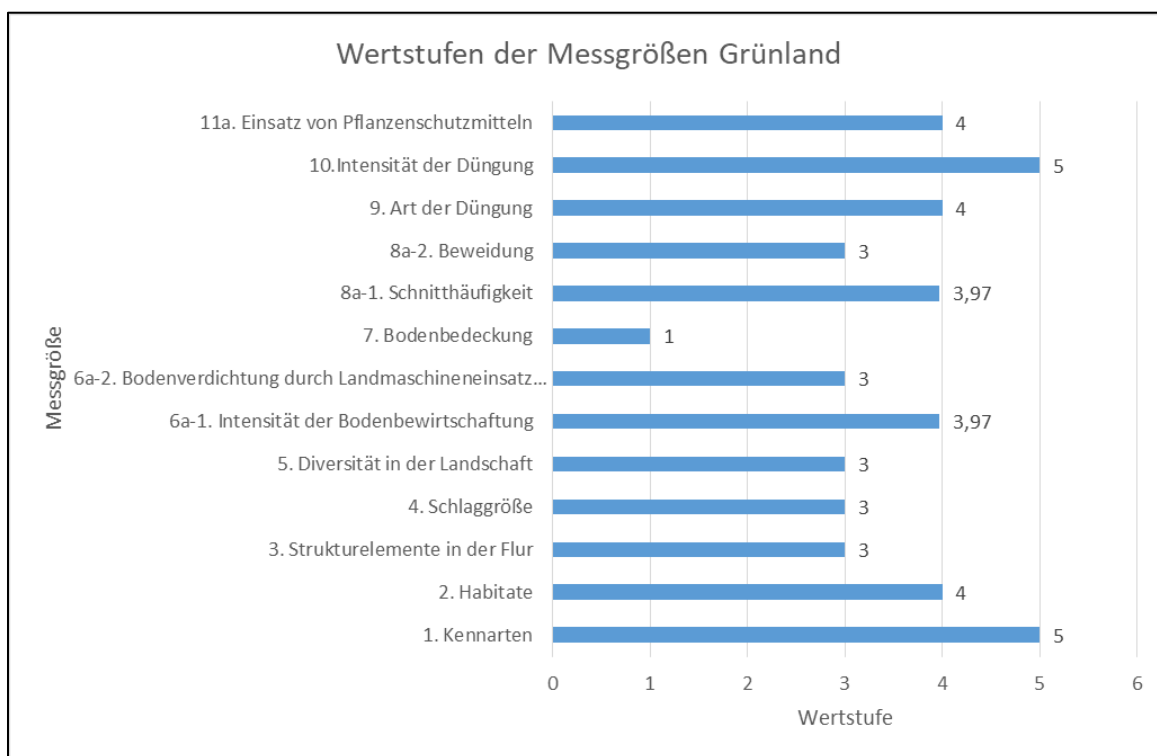
Abbildung 8-36: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 11



Quelle: Eigene Darstellung

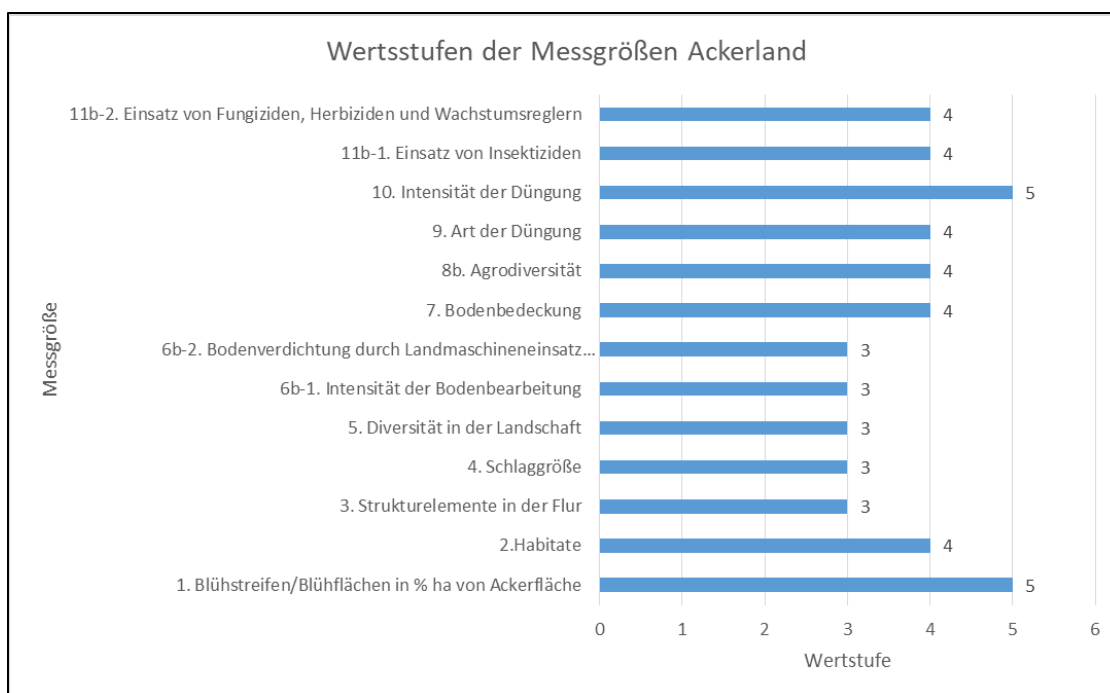
Optimierungspotenziale für Grünland können in Abbildung 8-37, für Ackerland in Abbildung 8-38 leicht erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 3.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

Abbildung 8-37: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 11



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-38: Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 11



Quelle: Eigene Darstellung

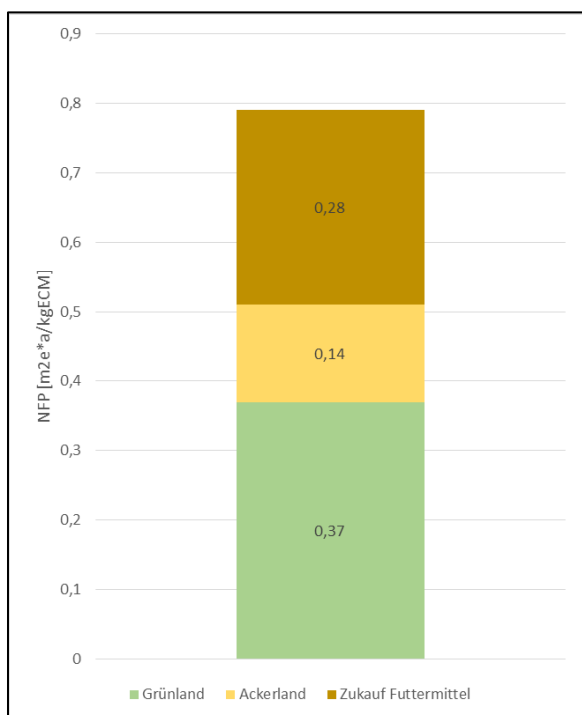
Tabelle 8-37: Naturfernepotenzial Flächen Hof 11

Fläche	Hemerobieklasse	Charakterisierungsfaktor [$\text{m}^2\text{e}/\text{m}^2$]	Naturfernepotenzial (NFP) [$\text{m}^2\text{e} \cdot \text{a}/\text{kg}_{\text{ECM}}$]
Grünland Betrieb	V	0,25	0,37
Ackerland Betrieb	V	0,25	0,14
Betrieb gesamt (Flächengewichtet)	V		0,51
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		0,28
Summe			0,79
Flächengewichtete Hemerobieklasse	V		

Quelle: Eigene Darstellung

Zugekaufte Futtermittel haben einen relevanten Einfluss auf das NFP. Optimierungsoptionen können Kapitel 3.2 entnommen werden.

Abbildung 8-39: Naturfernepotenzial Flächen Hof 11



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.12 Hof 12

Hof 12 bewirtschaftet 81 % Grünland und 19 % Ackerland. Die Wirtschaftsweise ist ökologisch. Es werden Futtermittel zugekauft.

Tabelle 8-38 ist die Ableitung der Endwerte auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobieklasse zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-38: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 12

Hof 12– ökologisch		Grünland: 81%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Kennarten	Existenz von 4 und 5 Kennarten	2	2,5	2,27	IV
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 10 - <25 %	3			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 1 - <2 ha %	3	2,33		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 - 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Engräumige Flurenvelfalt, Landschaft stark durchsetzt mit gehölzreichen Zonen und/oder anderen landschaftlichen Elementen	2			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a-1. Intensität der Bodenbewirtschaftung	anteilig - Extensiv geführtes Dauergrünland: Bewirtschaftungsaufgabe, z. B. Erstnutzung ab 15. Juni 2.mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen	1,95	1,58		
	6a-2.Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieselverbrauch)	Geringfügiger Einsatz von Landmaschinen für mechanische Feldarbeiten: < 30 l/ha Diesel	1			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	anteilig 2. zweischürige Mager-oder Feuchtwiese 3. zwei bis drei Schnitte pro Jahr	2,5			
	8a-2. Beweidung	- Mähweide mit Besatzdichte max. 1 GVE/ha 50 % - 70 % Anteil Weide am Gesamtgrünland	2			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,67		
	10.Intensität der Düngung	50 bis < 75 kg N pro ha	3			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Kein Pestizideinsatz	1			

Hof 12 ökologisch		Ackerland: 19%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie-klasse
1. Artenvielfalts-potenzial	1. Blühstreifen/Blühflächen in % ha von Ackerfläche	0<x<0,1%	5	4	3,17	V
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 10 - 25 %	3			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 1 - 2 ha %	3	2,67		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 - 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6b-1. Intensität der Bodenbearbeitung	Konventionelle wendende Bodenbearbeitung mindestens alle 3 Jahre oder auf mehr als 33 % der betrachteten Fläche	5	3,33		
	6b-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	Geringfügiger Einsatz von Landmaschinen für mechanische Feldarbeiten: < 30 l/ha Diesel	1			
	7. Bodenbedeckung	Boden überwiegend vollständig bedeckt, regelmäßiger Anbau von Gründüngung und/oder Zwischenfrucht	2			
	8b. Agrodiversität	In einem Zeitraum von sechs Jahren werden maximal drei verschiedene Kulturen im Wechsel angebaut.	5			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,67		
	10. Intensität der Düngung	50 bis < 75 kg N pro ha	3			
	11b-1. Einsatz von Insektiziden	Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	1			
	11b-2. Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern	Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	1			

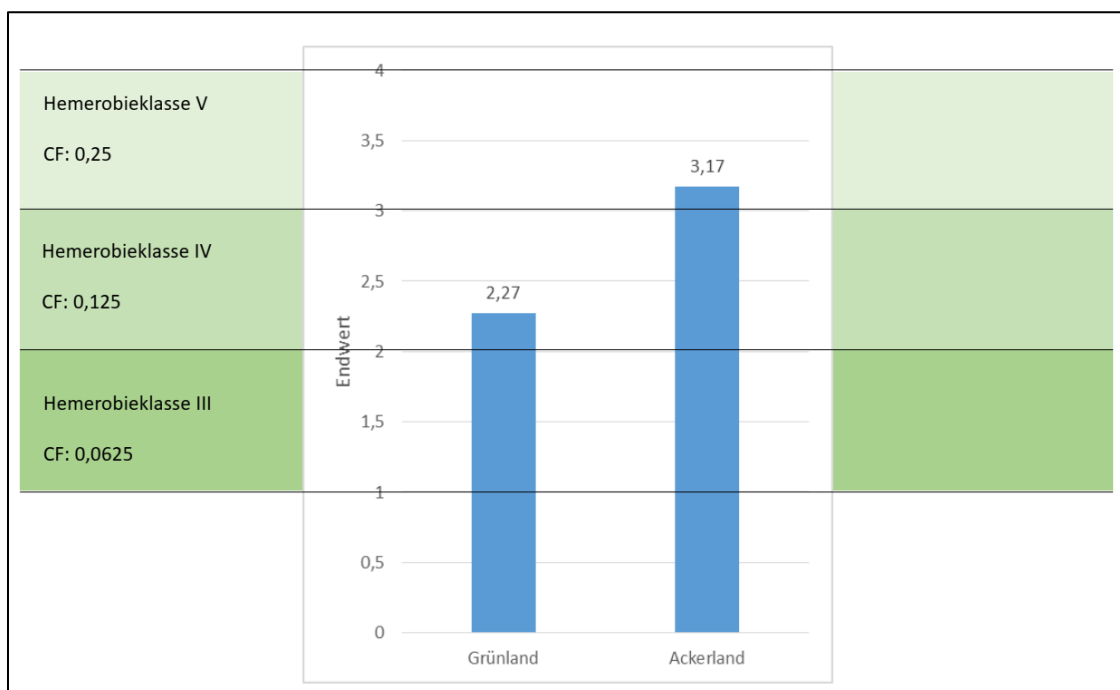
Der Endwert für Grünland liegt mit 2,27 im unteren Bereich der Hemerobieklasse IV, was zu einem Charakterisierungsfaktor von $0,125 \text{ m}^2\text{e}/\text{m}^2$ führt. Der Endwert für Ackerland liegt mit 3,17 im unteren Bereich der Hemerobieklasse V, was zu einem Charakterisierungsfaktor von $0,25 \text{ m}^2\text{e}/\text{m}^2$ führt.

Tabelle 8-39: Endwerte Betriebsflächen Hof 12

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	2,27
Ackerland Betrieb	3,17
Flächengewichteter Endwert	2,44

Quelle: Eigene Darstellung

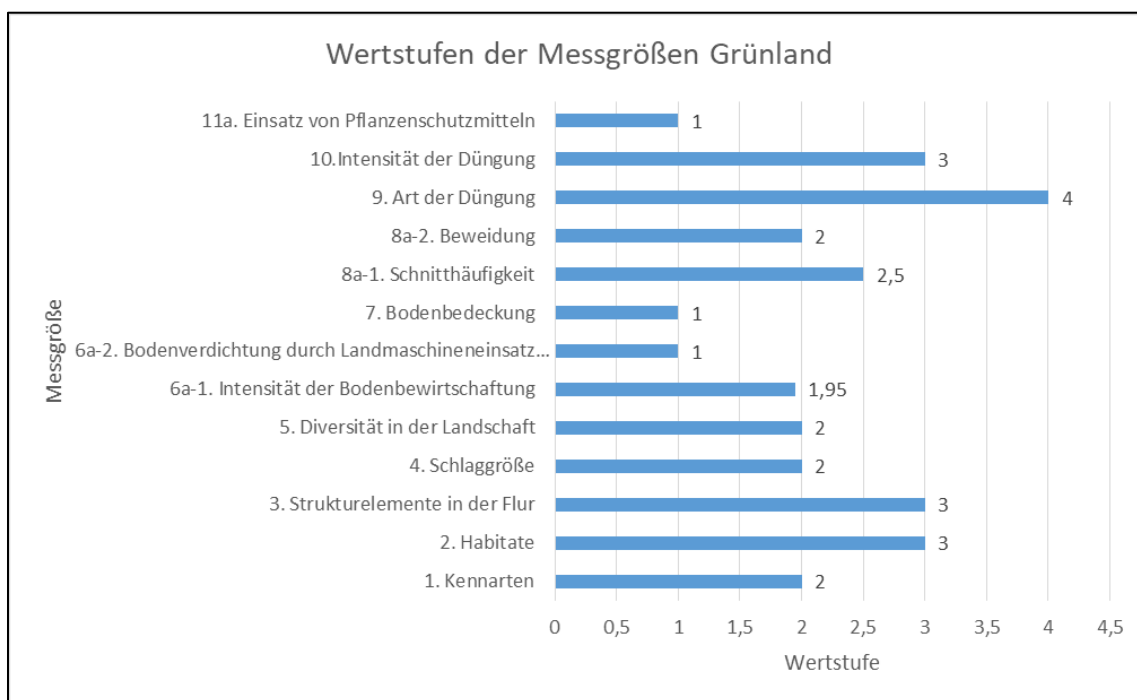
Abbildung 8-40: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 12



Quelle: Eigene Darstellung

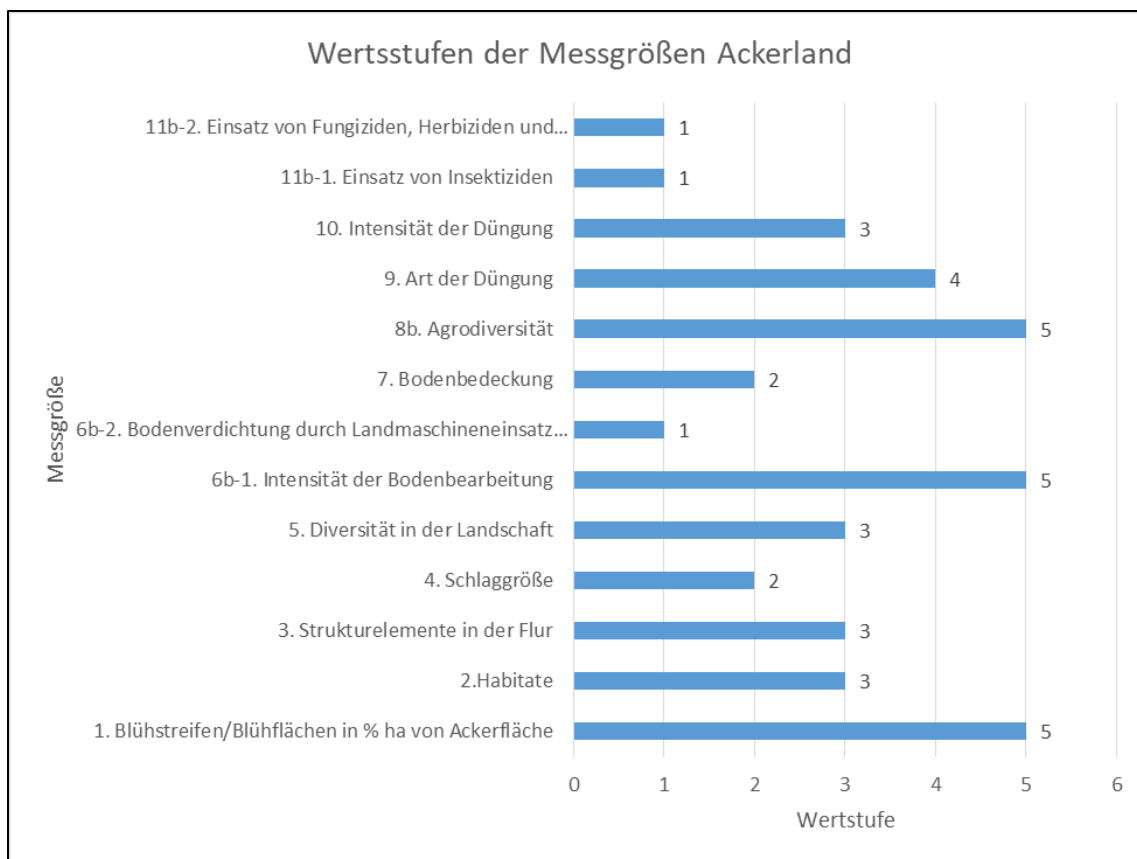
Optimierungspotenziale für Grünland können in Abbildung 8-41, für Ackerland in Abbildung 8-42 leicht erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 3.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

Abbildung 8-41: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 12



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-42: Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 12



Quelle: Eigene Darstellung

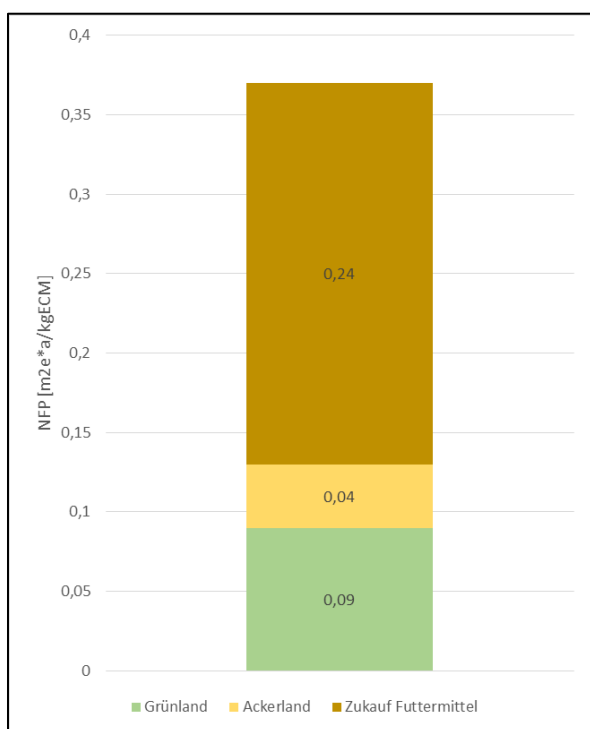
Tabelle 8-40: Naturfernepotenzial Flächen Hof 12

Fläche	Hemerobiekategorie	Charakterisierungsfaktor [$\text{m}^2\text{e}/\text{m}^2$]	Naturfernepotenzial (NFP) [$\text{m}^2\text{e} \cdot \text{a}/\text{kg}_{\text{ECM}}$]
Grünland Betrieb	IV	0,125	0,09
Ackerland Betrieb	V	0,25	0,04
Betrieb gesamt (flächengewichtet)			0,13
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		0,24
Summe			0,37
Flächengewichtete Hemerobiekategorie	IV		

Quelle: Eigene Darstellung

Zugekaufte Futtermittel haben einen sehr relevanten Einfluss auf das NFP. Optimierungsoptionen können Kapitel 3.2 entnommen werden.

Abbildung 8-43: Naturfernepotenzial Flächen Hof 12



Quelle: Eigene Darstellung

7.1.13 Hof 13

Hof 13 bewirtschaftet 76 % Grünland und 24 % Ackerland. Die Wirtschaftsweise ist konventionell. Es werden Futtermittel zugekauft.

Tabelle 8-41 ist die Ableitung der Endwerte auf Basis der spezifisch ermittelten Wertstufen aller Messgrößen sowie die zugewiesene Hemerobiekategorie zu entnehmen (Kalkulationsregeln zu allen Messgrößen vgl. Kap. 3.1.2).

Tabelle 8-41: Qualitative Sachbilanzdaten Grünland und Ackerland Hof 13

Hof 13– konventionell		Grünland: 76%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobie- klasse
1. Artenvielfaltspotenzial	1. Kennarten	Existenz von 2 und 3 Kennarten	3	3,5	2,81	IV
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 1 - <10 %	4			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 1 - <2 ha %	3	2,67		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 - 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6a-1. Intensität der Bodenbewirtschaftung	mit mittlerer Intensität geführtes Dauergrünland: Mulchen am Ende der Nutzung, Nachsaat an Brachstellen	2	2,4		
	6a-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	Einsatz von Landmaschinen: ≥ 90 l/ha Diesel	5			
	7. Bodenbedeckung	ganzjährige Bodenbedeckung (Dauergrünland, die Wertstufen 2 bis 5 treffen für Dauergrünland nicht zu)	1			
	8a-1. Schnitthäufigkeit	anteilig – zwei bis drei Schnitte pro Jahr – vier und mehr Schnitte pro Jahr	3,9			
	8a-2. Beweidung	– Hutung, Standweide, Streuobstweide – 70 - 100 %-Anteil Weide am Gesamtgrünland	1,5			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,67		
	10.Intensität der Düngung	50 bis < 75 kg N pro ha	3			
	11a. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln	Kein Pestizideinsatz	1			

Hof 13 konventionell		Ackerland: 24%				
Kriterium	Messgröße Bezeichnung	Wertstufe Messgröße	Wertstufe	Durchschnitt Kriterium	Endwert	Hemerobieklass e
1. Artenvielfaltspotenzial	1. Blühstreifen/Blühflächen in % ha von Ackerfläche	0,1 <1%	4	4	2,96	IV
	2. Habitate	gesetzlich geschützte Flächen 1 - <10 %	4			
2. Strukturdiversität	3. Strukturelemente in der Flur	Summe Strukturelemente 1 - <2 ha %	3	2,67		
	4. Schlaggröße	Mittlere Schlaggröße der Grünlandfläche bzw. der Feldfrucht Kultivierung beträgt 1 - 3 ha	2			
	5. Diversität in der Landschaft	Regelmäßiger Wechsel von Feld, Wald, Wiese	3			
3. Bewirtschaftung/ Bodenschutz	6b-1. Intensität der Bodenbearbeitung	Konventionelle wendende Bodenbearbeitung oder Dammkultur höchstens alle drei Jahre oder auf ≤ 33 % der betrachteten Fläche	4	2,5		
	6b-2. Bodenverdichtung durch Landmaschineneinsatz (gemessen am Dieserverbrauch)	Einsatz von Landmaschinen: ≥ 90 l/ha Diesel	5			
	7. Bodenbedeckung	Boden überwiegend vollständig bedeckt, regelmäßiger Anbau von Gründüngung und/oder Zwischenfrucht	2			
	8b. Agrodiversität	Mischkultur mit zahlreichen Feldfruchtarten	1			
4. Stoffeinträge	9. Art der Düngung	Dominanz von Mineraldünger und flüssigem Wirtschaftsdünger, keine Ausbringung in der wachstumsfreien Zeit	4	2,67		
	10. Intensität der Düngung	50 bis < 75 kg N pro ha	3			
	11b-1. Einsatz von Insektiziden	Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	1			
	11b-2. Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern	Vorbeugende, acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen (z. B. Standort- und Sortenwahl, Fruchtfolgengestaltung, Bodenbearbeitung, Düngewirtschaft, Nützlingsförderung u. a. Saumstrukturen)	1			

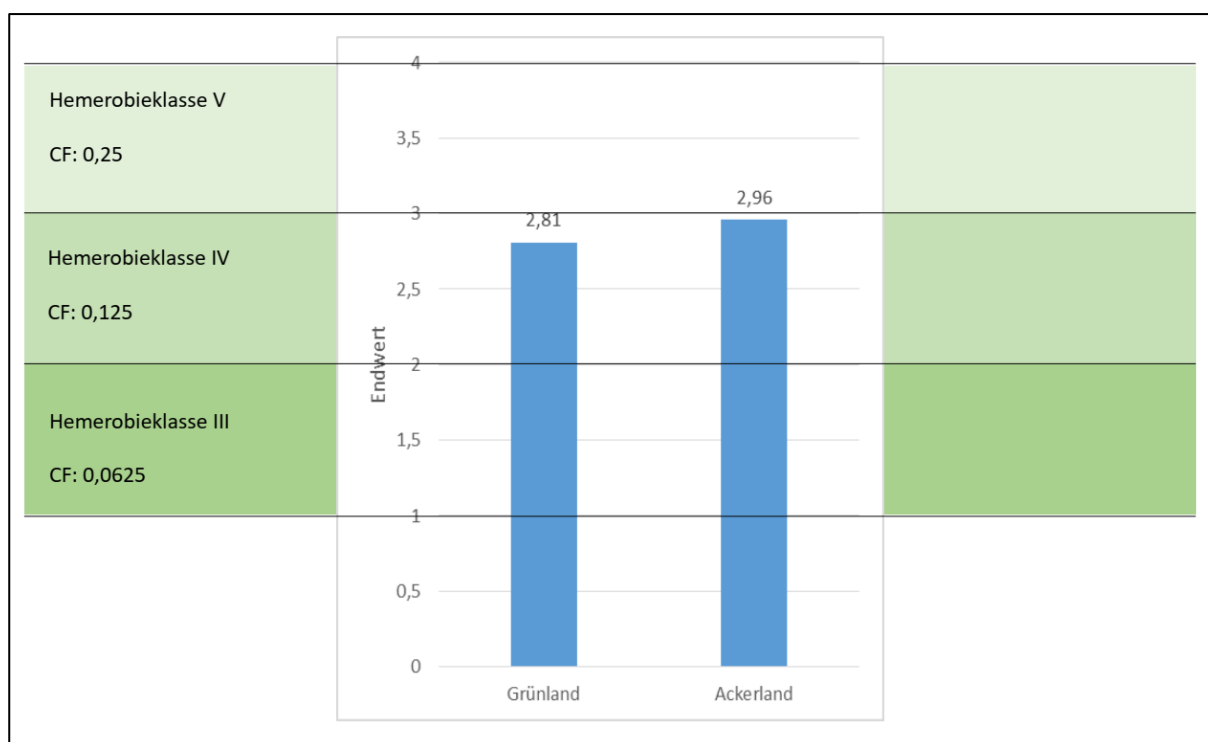
Der Endwert für Grünland liegt mit 2,81 im oberen Bereich der Hemerobieklasse IV, ebenso der Endwert für Ackerland mit 2,96. In beiden Fällen führt das zu einem Charakterisierungsfaktor von 0,125 m²e/m².

Tabelle 8-42: Endwerte Betriebsflächen Hof 13

Fläche	Endwert
Grünland Betrieb	2,81
Ackerland Betrieb	2,96
Endwert gewichtet	2,84

Quelle: Eigene Darstellung

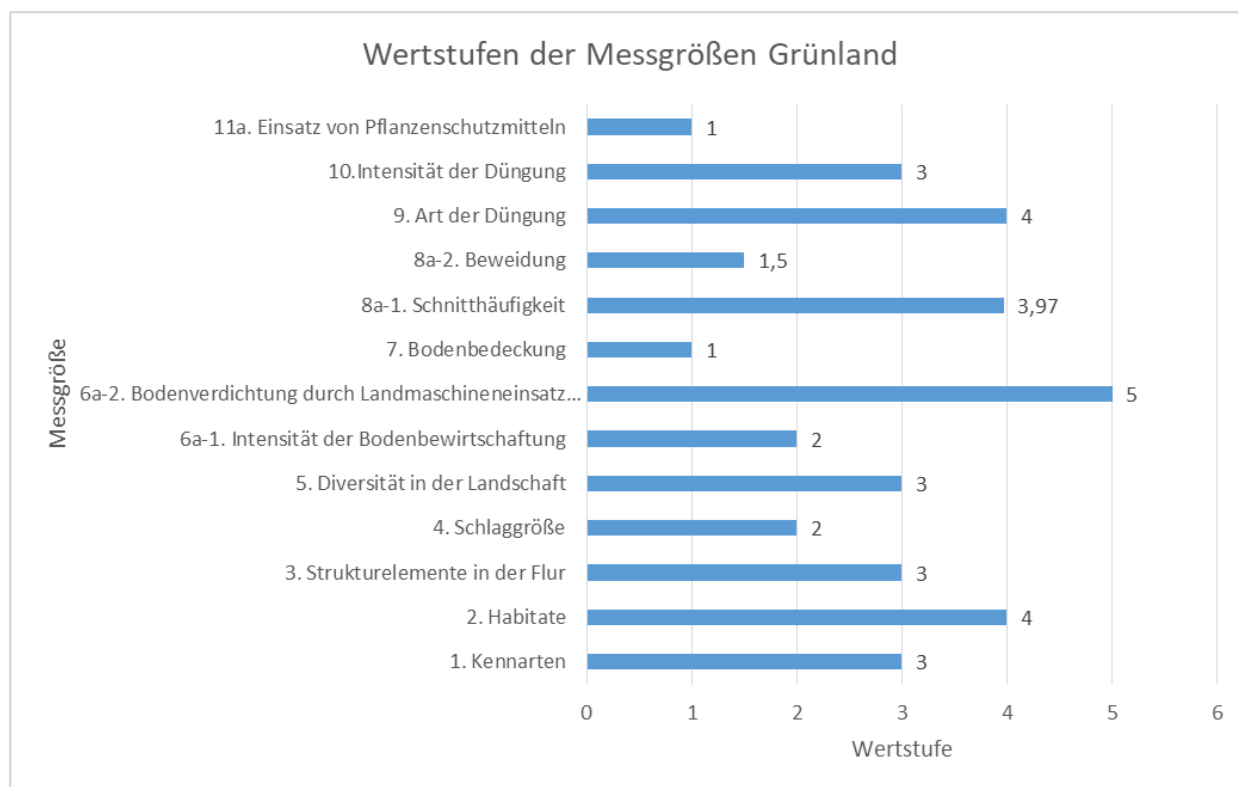
Abbildung 8-44: Endwerte und Hemerobieklassen Hof 13



Quelle: Eigene Darstellung

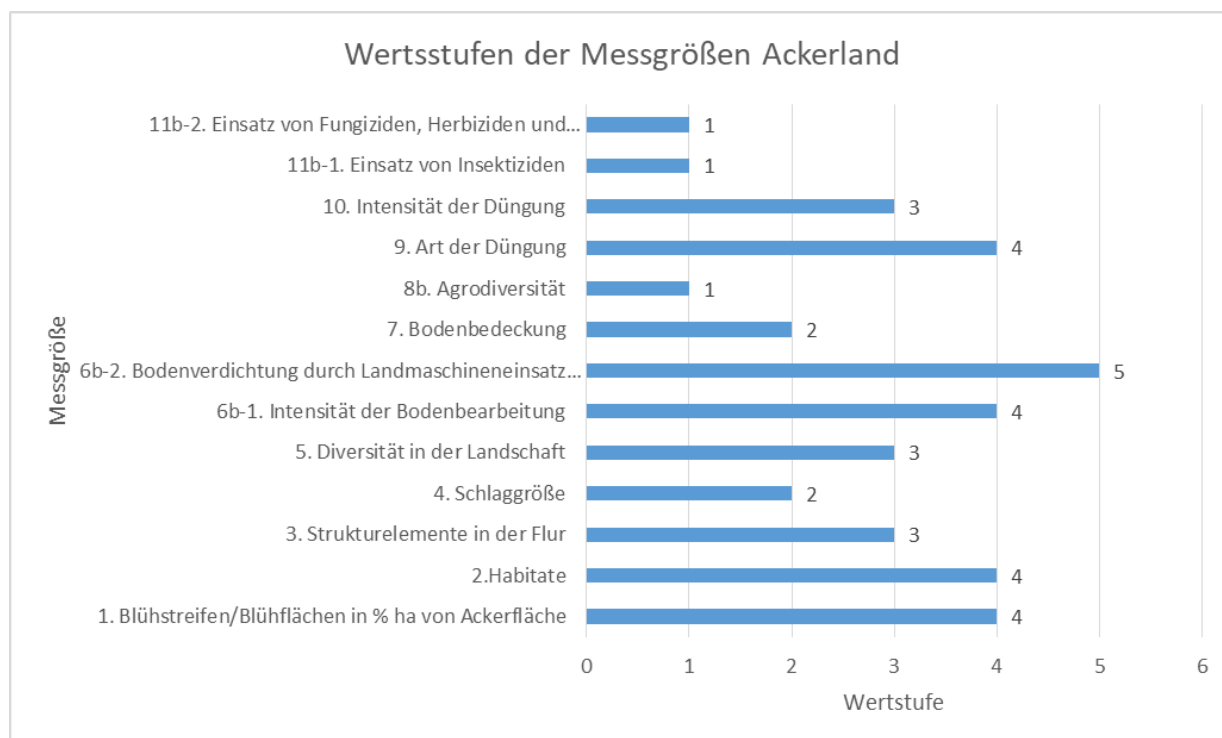
Optimierungspotenziale für Grünland können in Abbildung 8-45, für Ackerland in Abbildung 8-46 leicht erkannt werden, indem die qualitativen Sachbilanzoperationalisierungen der Messgrößen und die damit verbundenen Wertstufen nach Kapitel 3.1.2 abgeglichen werden. Der Hof kann prüfen, ob Optimierungen für die berücksichtigten Messgrößen möglich sind und zu welcher Wertstufe mögliche Maßnahmen führen würden.

Abbildung 8-45: Wertstufen der Messgrößen Grünland Hof 13



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 8-46: Wertstufen der Messgrößen Ackerland Hof 13



Quelle: Eigene Darstellung

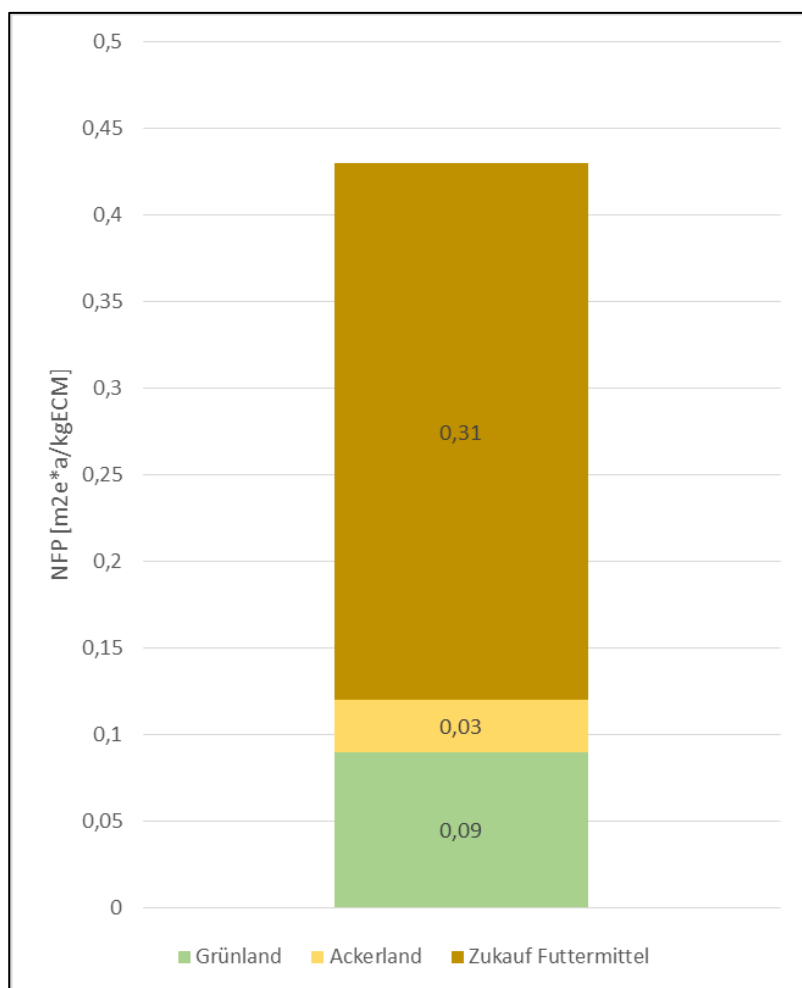
Tabelle 8-43: Naturfernepotenzial Flächen Hof 13

Fläche	Hemerobiekategorie	Charakterisierungsfaktor [$\text{m}^2\text{e}/\text{m}^2$]	Naturfernepotenzial (NFP) [$\text{m}^2\text{e} \cdot \text{a}/\text{kg}_{\text{ECM}}$]
Grünland Betrieb	IV	0,125	0,09
Ackerland Betrieb	IV	0,125	0,03
Betrieb gesamt (Flächengewichtet)			0,12
Ackerland extern (Futtermittel)	ermittelt gemäß Kap. 3.2		0,31
Summe			0,43
Flächengewichtete Hemerobiekategorie	IV		

Quelle: Eigene Darstellung

Zugekaufte Futtermittel haben einen sehr relevanten Einfluss auf das NFP. Optimierungsoptionen können Kapitel 3.2 entnommen werden.

Abbildung 8-47: Naturfernepotenzial Flächen Hof 13



Quelle: Eigene Darstellung