

**Umfassende
Nachhaltigkeitsbewertung
österreichischer Biobetriebe mit Hilfe
des SMART-Tools**

**Wissenschaftliche Auswertung mit Fokus auf die
ökologische Nachhaltigkeit**

Richard Petrasek, Friedrich Leitgeb, Thomas Lindenthal

**Forschungsinstitut für biologischen Landbau
(FiBL) Österreich**

Auftraggeber: BIO AUSTRIA

Wien, September 2021

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	3
2. Einleitung, Methode, Ziele.....	7
3. Ergebnisse für alle Betriebsgruppen.....	10
3.1 Ergebnisse der ökologischen Dimension	10
3.2 Ergebnisse für ausgewählte Umweltthemen	11
3.3 Übersicht der Ergebnisse für alle vier Nachhaltigkeitsdimensionen.....	13
4. Ergebnisse nach Betriebsgruppen.....	14
4.1 Heumilch alpin	14
4.2 Heumilch Mühlviertel	15
4.3 Silomilch alpin	17
4.4 Silomilch Wald- und Mühlviertel	18
4.5 Frischeier	19
4.6 Masthühner	21
4.7 Schweinemast.....	22
4.8 Ackerbau – Getreide.....	23
4.9 Ackerbau – Lagergemüse.....	24
5. Ergänzende Ergebnisse aus der Literatur.....	26
5.1 Atmosphäre (Klima).....	26
5.2 Biodiversität.....	27
5.3 Boden	27
5.4 Wasser / Gewässerschutz	28
5.5 Tierwohl.....	29
6. Die biologische Landwirtschaft als systemischer Ansatz.....	30
7. Literatur	34
8. Anhang.....	39

I. Zusammenfassung

Bodendegradation, erhebliche Treibhausgas-Emissionen, beträchtlicher Rückgang der Artenvielfalt sowie die Abnahme der Gewässer- bzw. Wasserqualität und Wasserverfügbarkeit gehören zu den gravierendsten negativen ökologischen Auswirkungen der Landwirtschaft und sind gleichzeitig auch ernst zu nehmende Gefahren für die gegenwärtige und zukünftige Lebensmittelproduktion. Eine umfassende Bewertung von Nachhaltigkeitsleistungen in der Landwirtschaft wird aufgrund zunehmender verschiedenster Umweltwirkungen, aber auch aufgrund negativer sozialer und ökonomischer Auswirkungen, daher immer dringender notwendig.

Bei üblichen Öko-/Umweltbilanzierungen, wie Lebenszyklusanalysen (LCA) werden nur ausgewählte ökologische Parameter der Nachhaltigkeit bewertet und zudem oft nur auf die Produkteinheit (und nicht auf die bewirtschaftete Fläche) bezogen. Meist geht es in LCA's um Schadstoff-Emissionen, Stoffbilanzen oder Flächenverbrauch/kg Produkteinheit. Die Umweltauswirkungen der Landwirtschaft bzw. der Lebensmittelproduktion werden üblicherweise pro Einheit (Kg) eines erzeugten Produktes bewertet.

Damit werden bei Ökobilanzierungen einerseits die systemischen Leistungen sowie die Multifunktionalität der Landwirtschaft nur unzureichend berücksichtigt. Andererseits wird bei klassischen LCA-Bewertungen die begrenzte Verfügbarkeit der landwirtschaftlichen Nutzfläche und daraus folgend die Notwendigkeit einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Böden nicht berücksichtigt. Bei einer langfristig ausgerichteten Landwirtschaft sollte daher die nachhaltige Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen der zentrale Bezugspunkt einer Nachhaltigkeitsanalyse sein.

Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft wird laut der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (**FAO**) anhand der **SAFA Nachhaltigkeitsleitlinien** (Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems) definiert. In der vorliegenden Studie erfolgte die Bewertung der Nachhaltigkeit mithilfe des **SMART-Farm Tools** (Sustainability Monitoring and Assessment RouTine). Mit der SMART-Farm-Methode wird eine umfassende Analyse der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft, im Einklang mit den SAFA Leitlinien und im Sinne der Sustainable Development Goals ermöglicht. Diese Analyse wird anhand von vier Dimensionen durchgeführt:

- Ökologische Integrität,
- Ökonomische Resilienz,
- Soziales Wohlergehen und
- Gute Unternehmensführung

Dringender Handlungsbedarf ergibt sich aufgrund der immer offensichtlicher werdenden Auswirkungen der Klima- und Biodiversitätskrise sowie der Boden(qualitäts)verluste insbesondere in der **ökologischen Nachhaltigkeitsdimension**. Daher werden alle

Nachhaltigkeitsthemen für die Ökologische Integrität in dieser Studie im Detail dargestellt, die Ergebnisse für die sozio-ökonomischen Dimensionen werden im Überblick dargestellt.

Für die vorliegende Studie wurden die Ergebnisse einer umfassenden Nachhaltigkeitsbewertung von Biobetrieben mit dem Ziel ausgewertet, die ökologischen Nachhaltigkeitsleistungen österreichischer Biobetriebe im Detail darzustellen und zu analysieren. Während einer vierjährigen Erhebungsphase zwischen 2017 – 2020 wurden **245 Biobetriebe** mittels eines geschichteten Stichprobenverfahrens (**Zufallsstichprobe**) ausgewählt und mithilfe der SMART-Methode einer umfassenden Nachhaltigkeitsbewertung unterzogen. Für die Analyse wurde der Grad der Zielerreichung in Prozent – zwischen 0% (ungenügend) und 100% (vollständig) – gemessen.

Der spezifische wissenschaftliche Mehrwert dieser Studie und der ihr zugrundeliegenden Nachhaltigkeitsbewertung ist:

- a) Diese umfassende Nachhaltigkeitsbewertung wurde **erstmalig auf 245 real existierenden Biobetrieben in Österreich** durchgeführt.
- b) Die zugrundeliegenden Daten für diese Auswertung stammen erstmalig aus einer **umfassenden und gesamtbetrieblichen Nachhaltigkeitsbewertung**.
- c) Der jeweilige **gesamte landwirtschaftliche Betrieb** wurde entlang der Produktionskette analysiert, **inklusive** der in seinem Einflussbereich befindlichen **Vorleistungen** (z.B. Betriebsmittelzukauf) sowie **nachgelagerten Bereichen** (z.B. Vermarktung).
- d) Die Auswertungsergebnisse aller Parameter der ökologischen **Nachhaltigkeitsdimension werden in ihrer Gesamtheit** und nicht anhand einzelner isolierter Parameter (z.B. CO₂-Emissionen, N-Bilanz, Eutrophierung) **dargestellt**.

Die ausgewählten Bio-Betriebe wurden in Betriebsgruppen eingeteilt, um Aussagen über die Nachhaltigkeitsleistungen der jeweiligen Produktionsform treffen zu können. Die bewerteten Betriebsgruppen sind Heumilch Alpin, Heumilch Mühl- und Weinviertel, Silomilch Alpin, Silomilch Mühl- und Weinviertel, Mastschweine, Masthühner, Frischeier, Getreide und Lagergemüse.

Die Ergebnisse aller 245 Biobetriebe, über alle Betriebsgruppen hinweg zusammengefasst, verdeutlichen die **durchgängig sehr positiven Nachhaltigkeitsleistungen der Biobetriebe** in den Bereichen Boden, Wasser, Tierwohl, Biodiversität, Atmosphäre/Klimaschutz sowie Material & Energie:

- **85,3% der Medianwerte der Unterthemen (z.B. Klimaschutz, Bodenfruchtbarkeit, Gewässerschutz u.a.) der ökologischen Nachhaltigkeitsdimension aller bewerteten Betriebe** befinden sich im guten bis sehr guten Bereich (60-100%) der Zielerreichung.

Im Detail zeigen sich dabei folgende Ergebnisse:

- Bei den Unterthemen Luftqualität, Wasserqualität, Bodenqualität, Bodendegradation, Materialverbrauch, Energieverbrauch sowie Abfallvermeidung & Entsorgung weisen die

Mediane **aller untersuchten Biobetriebe** über alle 9 Betriebsgruppen hinweg gute bis sehr gute (60-100%) Zielerreichungswerte auf.

- Für die Unterthemen Wasserentnahme und Artenvielfalt befinden sich jeweils **8 von 9 Mediane** der 9 Betriebsgruppen im guten bis sehr guten Bereich.
- Bei den Unterthemen Tiergesundheit und artgerechte Haltung befinden sich **alle Betriebe** über die Medianwerte der hier betrachteten 7 Betriebsgruppen (exkl. Getreide und Lagergemüse) im guten bis sehr guten Bereich.

Betrachtet man die analysierten Biobetriebe spezifisch nach den **Betriebsgruppen**, lassen sich **folgende Ergebnisse** zusammenfassen:

- Bio-Heumilchbetriebe in alpinen Regionen und im Mühlviertel erzielen bei **allen 14 ökologischen Unterthemen** der ökologischen Dimension gute bis sehr gute Nachhaltigkeitswerte (im Median).
- Silomilchbetriebe in alpinen Regionen erzielen in ihren Medianen ebenfalls **bei allen 14 ökologischen Unterthemen** gute bis sehr gute Werte.
- Bio-Silomilchbetriebe im Wald und Mühlviertel erzielen **bei 85,7%** der 14 Unterthemen gute bis sehr gute Werte.
- Bio-Legehennenbetriebe mit der Produktion von Frischeiern erzielen im Median bei **87,6%** der **14** Unterthemen gute bis sehr gute Zielerreichungswerte.
- Bio-Masthühnerbetriebe befinden sich ebenfalls im Median bei **87,6%** der Unterthemen im guten bis sehr guten Bereich.
- Bio-Schweinemastbetriebe erreichen im Median bei **85,7%** der Unterthemen gute bis sehr gute Zielerreichungswerte.
- Bio-Ackerbaubetriebe mit Getreideproduktion und Bio-Ackerbaubetriebe mit Lagergemüseproduktion erreichen im Median jeweils bei **66,7%** der 12 relevanten ökologischen Unterthemen gute bis sehr gute Zielerreichungswerte.

Die Ergebnisse aus der Literaturrecherche decken sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie und belegen die vielfältigen positiven Nachhaltigkeitsleistungen der biologischen Landwirtschaft. Eine sehr große Zahl an wissenschaftlichen Vergleichsuntersuchungen bestätigen, dass die biologische Landwirtschaft weniger nachteilige Umweltauswirkungen verursacht als die konventionelle Landwirtschaft (s. umfangreiche Reviewartikel die eine Vielzahl an Vergleichsuntersuchungen analysieren: Lu et al., 2020; Sanders und Heß 2019, Wirz et al. 2018, Reganold & Wachter, 2016; Smith et al., 2019).

Die **umfassenden Nachhaltigkeitsleistungen der biologischen Landwirtschaft** inklusive der vor- und nachgelagerten Sektoren beinhalten zudem vielfach mehr als lediglich Vorteile bei einzelnen Indikatoren einer Umweltbilanz des hergestellten Produktes. Sie umfassen auch eine Vielzahl von **ökologischen Vorteilen und Ökosystemleistungen sowie Vorteile, die alle Dimensionen der Nachhaltigkeit betreffen.**

Der **systemische Ansatz** der biologischen Landwirtschaft berücksichtigt und pflegt aus sich heraus Bereiche - wie z.B.: Bodengesundheit, agrarökologische Resilienz/Stabilität, was u.a. den Verzicht auf chemisch-synthetische Pestizide und leicht lösliche Mineraldünger **langfristig ohne gravierende Ertragseinbrüche ermöglicht** (und nicht - wie dies bei Umwelt-Einzelmaßnahmen in der konventionellen Landwirtschaft öfter der Fall ist - ein wiederholtes Zurückschwenken zu

hohem Betriebsmitteleinsatz nach Jahren des Betriebsmittel-Verzichts). Dieser **systemische Ansatz**, der sich **auch in dieser durchgeführten SMART-Nachhaltigkeitsbewertung der 245 Biobetriebe zeigt**, und z.B. auch der Vernetzung von Düngung, Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenschutz Rechnung trägt, führt zu einer langfristigen zukunftsträchtigen Bodennutzung und damit Lebensmittelproduktion. **Das Basissystem** der biologischen Landwirtschaft wird durch die Grundprinzipien und Vorgaben der EU-Verordnung (insbesondere den Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel und Mineraldünger) definiert und resultiert in einem hohen Niveau an Basisleistungen der biologischen Landwirtschaft. Es bildet die **Grundlage** zur Weiterführung und punktuellen Nachschärfung der Vorgaben der EU-Bioverordnung, wie dies zum Beispiel **in privaten Standards und nationalen Biostandards** oder auch mit der Kombination der Biolandbau-Basisförderung mit weiteren Agrar-Umweltmaßnahmen erfolgt.

Die hier dargestellten Ergebnisse belegen die ausgeprägte ökologische Multifunktionalität der biologischen Landwirtschaft sowie deren Vernetzung mit zahlreichen sozio-ökonomischen Nachhaltigkeitsbereichen. Die Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft darf sich daher nicht nur auf Produktivitäts- und Effizienzsteigerungen konzentrieren, sondern muss die systemischen Leistungen, aufbauend auf der Multifunktionalität der Landwirtschaft in den Vordergrund stellen (s. auch Boone et al., 2019; Seufert & Ramankutty, 2017).

Spezifischen Förderungen zur Ausweitung der Biologischen Landwirtschaft tragen dazu bei, die negativen Umweltauswirkungen der Landwirtschaft bzw. der Lebensmittelherstellung sowie den damit verbundenen Ressourcenverbrauch zu reduzieren (Birkhofer et al., 2016; Boone et al., 2019), **was auch die hier dargestellten Ergebnisse der SMART-Nachhaltigkeitsbewertung zeigen**. Obwohl es auch bei biologischen Produktionssystemen noch Verbesserungspotentiale gibt, hat die Förderung der biologischen Landwirtschaft somit **sehr positive und direkte Auswirkungen auf die Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen** (s. auch Eyhorn et al., 2019). Aufgrund der vielfältigen spezifischen, wie auch systemischen Vorteile (s. die hier gezeigten Ergebnisse), die über die ökologische Dimension hinausgehen, übernimmt die biologische Landwirtschaft eine Schlüsselrolle in der Strategie zur Verbesserung der Nachhaltigkeitsleistungen unseres Agrar- und Ernährungssystems. Dieser Tatsache wurde etwa bereits auf EU-Ebene Rechnung getragen, indem **der Bio-Landbau sowie dessen Ausbau und Stärkung** als Instrument im Rahmen des **Green Deal der EU verankert wurden**.

2. Einleitung, Methode, Ziele

Die vorliegende Studie nimmt eine vertiefende Auswertung der Ergebnisse einer vierjährigen Nachhaltigkeitsbewertungs-Studie von Biobetrieben, die das FiBL zwischen 2017 – 2020 durchgeführt hat¹, vor. In diesem Zeitraum wurde eine große Anzahl an Biobetriebe in Österreich einer umfassenden Nachhaltigkeitsbewertung unterzogen.

Die Ergebnisse für 245 Biobetriebe in ausgewählten Betriebsgruppen/Produktgruppen werden in dieser Studie vertiefend analysiert und anhand der SAFA-Skala (Zielerreichung in Prozent – zwischen 0% (ungenügend) und 100% (vollständig) bewertet und dargestellt.

Es handelt sich dabei um folgende Betriebsgruppen (nach zuliefernden Betriebstypen für ein spezifisches Produkt):

- Bio-Heumilchbetriebe in alpinen Regionen und im Wald- und Mühlviertel
- Bio-Silomilchbetriebe in alpinen Regionen und im Wald- und Mühlviertel
- Bio-Legehennenbetriebe
- Bio-Masthühnerbetriebe
- Bio-Schweinemastbetriebe
- Bio-Ackerbaubetriebe (Getreide, Lagergemüse)

Auswahl der Betriebe

Es wurden insgesamt 245 zertifizierte Biobetriebe mittels eines zufälligen und geschichteten Stichprobenverfahrens aus einer Grundgesamtheit von mehreren tausend Biobetrieben, die für die Bio-Eigenmarke „Zurück zum Ursprung“ der Hofer KG Bioprodukte produzieren und liefern, für eine Erhebung ausgewählt. Die Teilnahme an der Erhebung erfolgte freiwillig und unter Einhaltung aller Datenschutzauflagen. Es wurden dabei keine einzelbetrieblichen Daten an den Auftraggeber weitergegeben, sondern ausschließlich die aggregierten Ergebnisse der gesamten Erhebung.

Die genaue Beschreibung der **Methode** der Nachhaltigkeitsbewertung **SMART** auf Basis der **SAFA Guidelines der FAO** (FAO, 2014) ist in Schader et al. (2016) publiziert. Abbildung 1 zeigt schematisch den Aufbau der SMART-Methode mit seinen vier Nachhaltigkeits-Dimensionen und den zugehörigen Themen, Unterthemen, Nachhaltigkeitszielen und Indikatoren.

Aus dieser hier durchgeführten umfassenden Nachhaltigkeitsbewertung werden zentrale Ergebnisse abgeleitet und in Bezug zur wissenschaftlichen Literatur gesetzt. In dieser vertiefenden Auswertung wird auf die **ökologische Dimension** der Nachhaltigkeit fokussiert.

¹ Informationen zum FiBL - Projekt Nachhaltigkeitsbewertung von Bio-Lebensmitteln: <https://www.fibl.org/de/themen/projekt-datenbank/projektitem/project/1486>

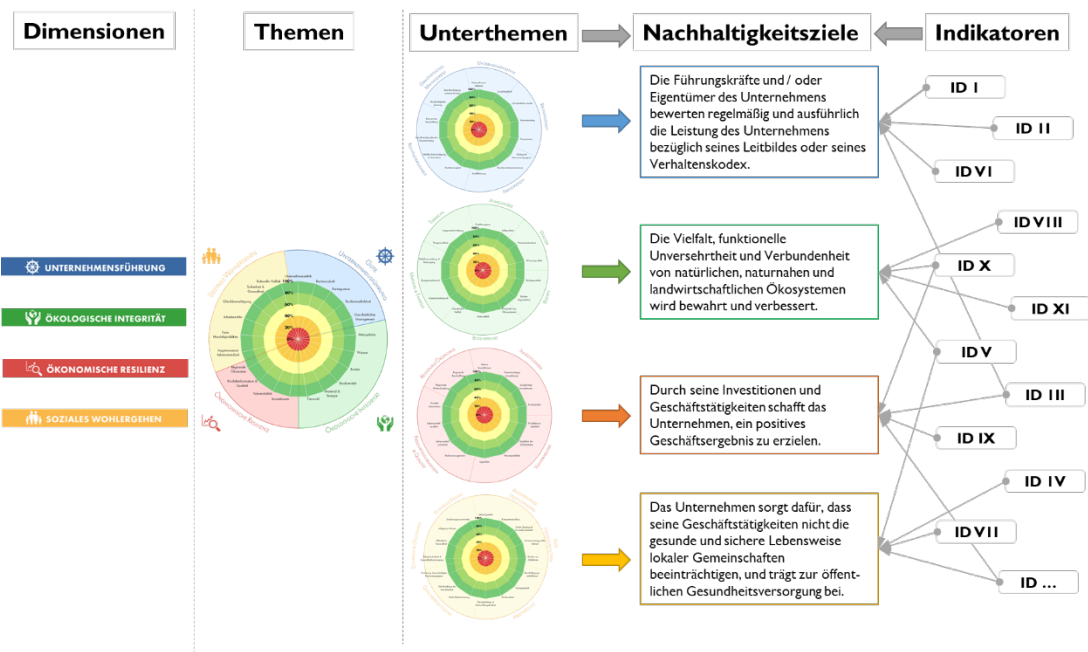


Abbildung 1. Inhaltlicher Aufbau der SMART Nachhaltigkeitsbewertung auf Basis der SAFA-Guidelines der FAO. Schematische Darstellung der Nachhaltigkeitsdimensionen, der Themen und Unterthemen mit jeweils einem Beispiel für Nachhaltigkeitsziele und die darauf aufbauenden Bewertungs-Indikatoren

Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft kann laut der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) in vier Dimensionen beschrieben werden (FAO 2014):

- Ökologische Integrität
- Ökonomische Resilienz
- Soziales Wohlergehen
- Gute Unternehmensführung

Insgesamt hat die FAO 58 Nachhaltigkeitsziele / Unterthemen formuliert, die diesen vier Dimensionen zugeordnet werden können (s. Abbildung 1). Diese Zielformulierungen sollen den Begriff Nachhaltigkeit auf ökologischer, ökonomischer und sozialer Ebene möglichst vollständig erfassen und stellen die Idealvorstellungen nachhaltigen Wirtschaftens dar.

Für die Analyse wurden die Nachhaltigkeitswerte aller vier Nachhaltigkeitsdimensionen erhoben und der Grad der Zielerreichung in Prozent – zwischen 0% (ungenügend) und 100% (vollständig) – gemessen.

Aufgrund der aktuellen Klima- und Biodiversitätskrise ergibt sich, vor allem für die ökologische Nachhaltigkeitsdimension dringender Handlungsbedarf. Daher wurden in dieser Studie die Nachhaltigkeitswerte für die ökologische Integrität im Detail analysiert. Im Gegensatz zu anderen Bewertungsmethoden, wird bei einer SMART Nachhaltigkeitsanalyse immer der

gesamte landwirtschaftliche Betrieb bewertet, unter Einbezug aller vorhandenen Betriebszweige.

Für die vorliegende Studie wurden von den insgesamt 58 Unterthemen alle 14 Unterthemen im Bereich der ökologischen Nachhaltigkeitsdimension untersucht. Die Unterthemen umfassen die Bereiche Atmosphäre/Klimaschutz, Wasserqualität und –verbrauch, Bodenfruchtbarkeit und –degradation, Biodiversität, Material und Energie sowie Tierwohl.

Der spezifische wissenschaftliche Mehrwert dieser Studie und der ihr zugrundeliegenden Nachhaltigkeitsbewertung ist:

- a) Diese umfassende Nachhaltigkeitsbewertung wurde erstmals auf **245 real existierenden Biobetrieben in Österreich** durchgeführt.
- b) Die zugrundeliegenden Daten für diese Auswertung stammen erstmals aus einer **umfassenden und gesamtbetrieblichen Nachhaltigkeitsbewertung**.
- c) Der jeweilige **gesamte landwirtschaftliche Betrieb** wurde entlang der Produktionskette analysiert, inklusive der in seinem Einflussbereich befindlichen Vorleistungen (z.B. Betriebsmittelzukauf) sowie nachgelagerten Bereichen (z.B. Vermarktung).
- d) Die Auswertungsergebnisse aller Parameter der ökologischen Nachhaltigkeitsdimension werden **in ihrer Gesamtheit** und nicht anhand einzelner Parameter / Indikatoren (z.B. CO₂, Stickstoff (N)-Bilanz, Eutrophierung) **dargestellt** (kein isoliertes Betrachten einzelner Umweltfaktoren)

3. Ergebnisse für alle Betriebsgruppen

3.1 Ergebnisse der ökologischen Dimension

Über **alle Betriebsgruppen hinweg** – also alle 245 Betriebe betrachtet - erreicht die biologische Landwirtschaft bzw. die untersuchten Betriebe folgende Ergebnisse:

Bei 104 von 122 der ökologischen Unterthemen (Medianwerte) und den dazugehörigen Nachhaltigkeitszielen wurden sehr gute bzw. gute Zielerreichungswerte (s. Tabelle unten, sowie Abbildung 2) ermittelt. Somit weisen **85,25% der ermittelten Medianwerte** sehr gute bzw. gute Zielerreichungswerte auf

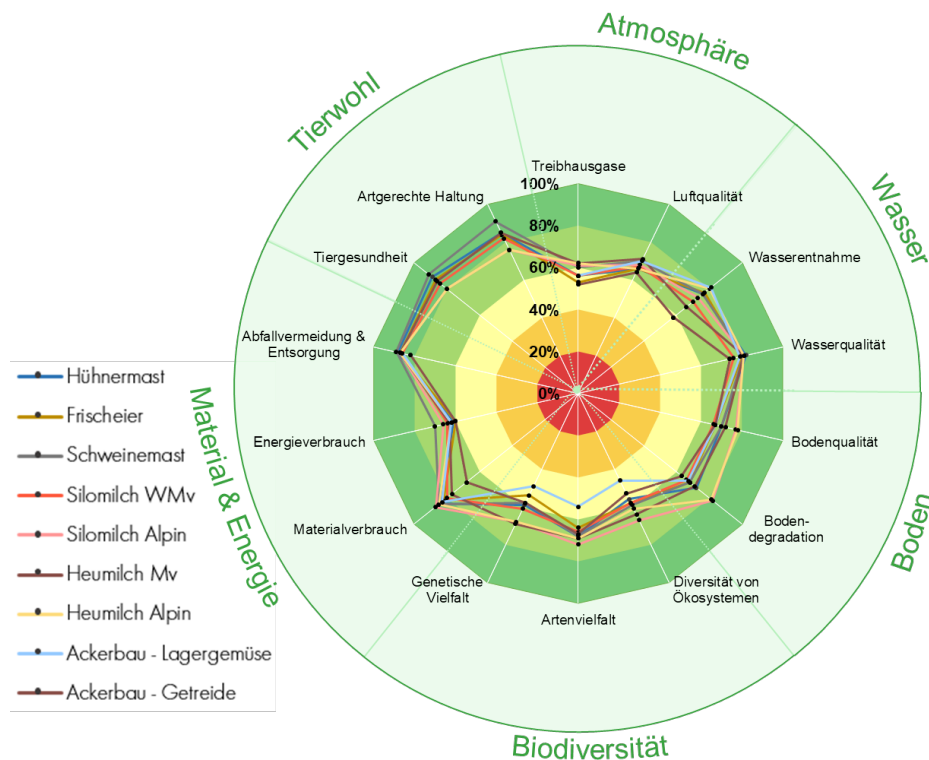


Abbildung 2. Ergebnisse aller 14 Unterthemen (Nachhaltigkeitsziele) innerhalb der Dimension "Ökologische Integrität". Dargestellt ist jeweils der Median der jeweiligen Betriebsgruppen eines Produktes

Die nachfolgende Übersicht (Tabelle 1) zeigt im Detail die Ergebnisse aller ökologischer 14 Unterthemen (s. auch Abbildung 2) in der ökologischen Dimension bei den einzelnen Betrieben aufgeteilt auf Betriebsgruppen.

Tabelle 1: Übersicht über die Zielerreichungswerte (Mediane) aller ökologischen Unterthemen bei den untersuchten 245 Bio-Betrieben, aufgeteilt auf Betriebsgruppen

Unterthema	Produktgruppen								
	Heumilch aplin	Heumilch WMV	Silomilch alpin	Silomilch WMV	Frischeier	Mast- hühner	Mast- schweine	Getreide	Lager- gemüse
Treibhausgase	62%	62%	61%	56%	53%	56%	60%	52%	56%
Luftqualität	66%	71%	68%	67%	66%	66%	70%	64%	70%
Wasserentnahme	80%	66%	73%	70%	77%	76%	76%	58%	81%
Wasserqualität	81%	81%	81%	76%	80%	82%	81%	74%	79%
Bodenqualität	78%	72%	77%	66%	67%	70%	70%	67%	67%
Bodendegradation	81%	71%	82%	66%	68%	72%	68%	63%	67%
Diversität von Ökosystemen	61%	64%	67%	58%	58%	56%	59%	53%	46%
Artenvielfalt	69%	69%	72%	66%	64%	68%	68%	67%	54%
Genetische Vielfalt	68%	69%	68%	61%	54%	59%	58%	58%	49%
Materialverbrauch	85%	77%	87%	80%	82%	84%	85%	68%	83%
Energieverbrauch	62%	63%	66%	64%	60%	61%	70%	60%	62%
Abfallvermeidung & Entsorgung	87%	87%	87%	86%	87%	88%	89%	82%	86%
Tiergesundheit	80%	86%	80%	84%	87%	89%	91%		
Artgerechte Haltung	76%	85%	76%	82%	84%	85%	91%		

3.2 Ergebnisse für ausgewählte Umweltthemen

Die in der Folge betrachteten Umweltthemen entsprechen jenen, die aus Sicht der nationalen und globalen Umweltprobleme eine besonders hohe Brisanz aufweisen (die Ergebnisse aller 14 ökologischen Unterthemen sind zudem in Abbildung 2 und Tabelle 1 dargestellt).

Die Ergebnisse der 245 Biobetriebe zeigen sich in diesen ausgewählten Umweltthemen wie folgt:

- Bei den Unterthemen Luftqualität, Wasserqualität, Bodenqualität, Bodendegradation, Materialverbrauch, Energieverbrauch sowie Abfallvermeidung und Entsorgung weisen die Mediane **aller 9 Betriebsgruppen** gute bis sehr gute Zielerreichungswerte (s. Tabelle 2).
- Bei den Unterthemen Tiergesundheit und artgerechte Haltung liegen die Mediane der Betriebe **aller 7 relevanten Betriebsgruppen** im guten bis sehr guten Bereich.
- Für die Unterthemen Wasserentnahme und Artenvielfalt befinden sich jeweils **8 von 9 Mediane** der 9 Betriebsgruppen im guten bis sehr guten Bereich (Tabelle 2).

Tabelle 2: Zielerreichungswerte aller 245 untersuchten Biobetriebe zusammengefasst in die 9 Betriebsgruppen. Angegeben ist die Anzahl der Ergebnis-Mediane bei den 9 Betriebsgruppen, die sich in den Bereichen «gut bis sehr gut» bzw. im mäßigen Bereich befinden.

Unterthema	gut bis sehr gut (60-100%)	mäßig (40-60%)	unzureichend bis mangelhaft (0-40%)
Treibhausgase	4	5	0
Luftqualität	9	0	0
Wasserentnahme	8	1	0
Wasserqualität	9	0	0
Bodenqualität	9	0	0
Bodendegradation	9	0	0
Diversität von Ökosystemen	3	6	0
Artenvielfalt	8	1	0
Genetische Vielfalt	4	5	0
Materialverbrauch	9	0	0
Energieverbrauch	9	0	0
Abfallvermeidung & Entsorgung	9	0	0
Tiergesundheit	7	0	0
Artgerechte Haltung	7	0	0
SUMME	104	18	0

3.3 Übersicht der Ergebnisse für alle vier Nachhaltigkeitsdimensionen

Die Zielerreichungswerte in allen vier Nachhaltigkeitsdimensionen (ökologisch, ökonomisch, sozial, Governance) und über alle Betriebsgruppen hinweg **befinden sich überwiegend im sehr guten und guten Bereich** (Abbildung 3). Für die Dimension «Ökologische Integrität» ergeben sich über alle Betriebsgruppen hinweg 122 Median-Werte für die jeweiligen Unterthemen.

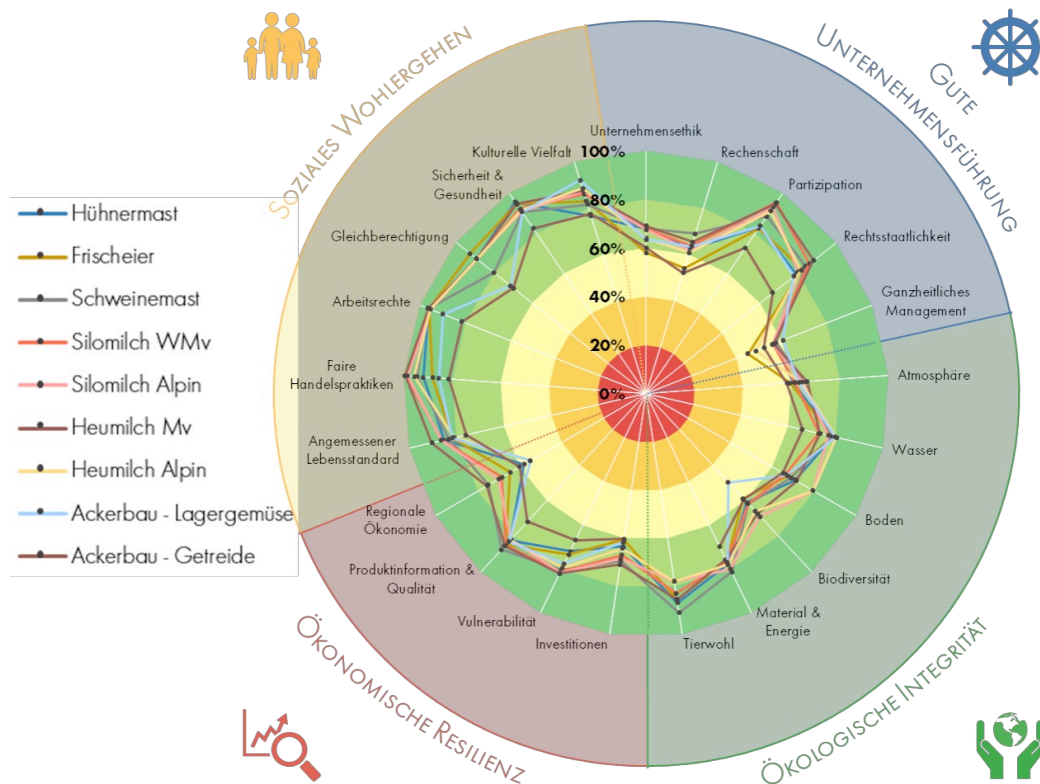


Abbildung 3: Zielerreichungswerte / Ergebnisse der 245 Biobetriebe in allen vier Nachhaltigkeitsdimensionen und über alle Betriebsgruppen hinweg anhand der SAFA Nachhaltigkeitsthemen

4. Ergebnisse nach Betriebsgruppen

4.1 Heumilch alpin

Bio-Heumilchbetriebe in alpinen Regionen erreichen **bei allen 14** Nachhaltigkeitszielen der ökologischen Dimension **sehr gute oder gute** Werte (im Median). Bei 6 Nachhaltigkeitszielen der Ökologischen Integrität (ökologische Dimension der Nachhaltigkeit) erreichen die Mediane der Biobetriebe mit Heumilchproduktion in alpinen Regionen sehr gute Zielerreichungswerte (> 80%) (siehe Abbildung 4).

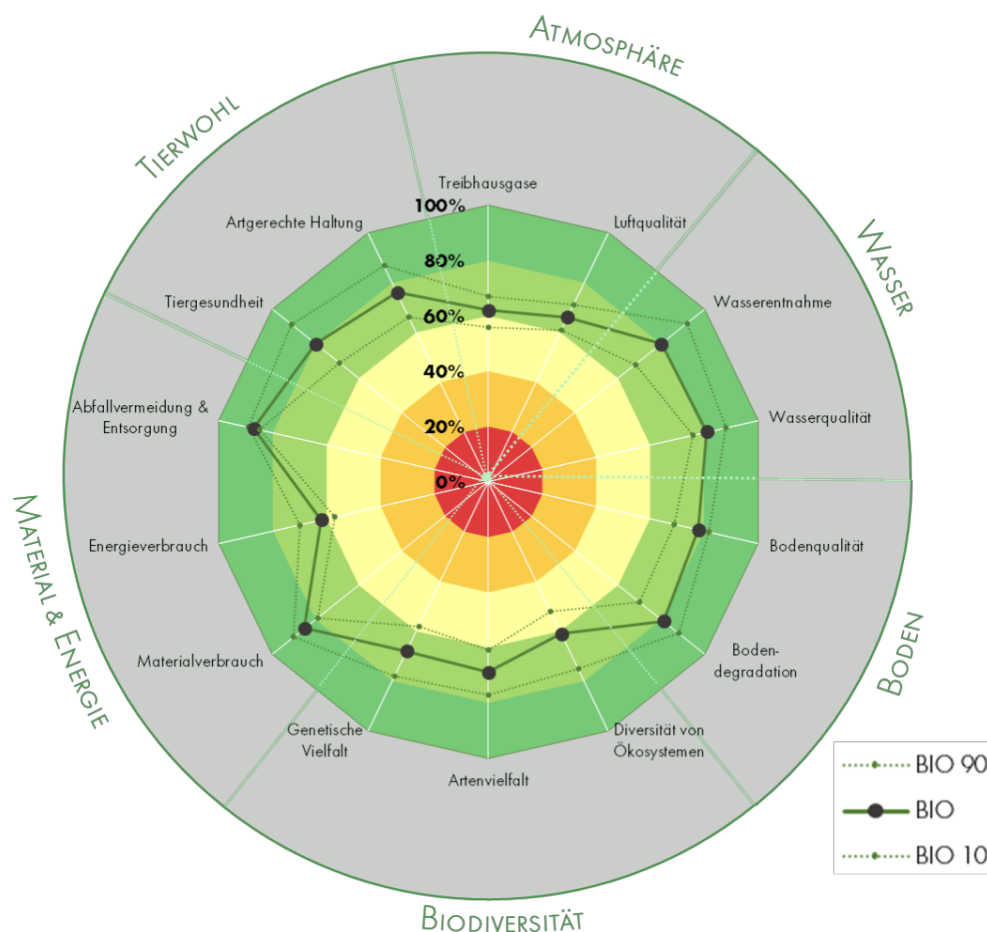


Abbildung 4: Bio-Heumilchbetriebe in alpinen Regionen. Ergebnisse aller 14 ökologischer Unterthemen (Nachhaltigkeitsziele) innerhalb der Dimension "Ökologische Integrität". Dargestellt ist jeweils der Median und die 10% bzw. 90% Perzentile. Zwischen der 10% bzw. der 90% Perzentile liegen 80% aller analysierten Betriebe. N = 87

Der höchste Zielerreichungswert von 87% wird von den untersuchten Bio-Heumilchbetriebe in alpinen Regionen bei der „Abfallvermeidung und Entsorgung“ erreicht. Auch beim

Materialverbrauch erzielen Bioheumilchbetriebe sehr gute Zielerreichungswerte (85%) auch weil der Einsatz von problematischen Wirkstoffen stark eingeschränkt ist.

Beim Nachhaltigkeitsziel „Wasserqualität“ beträgt der Zielerreichungswert ebenfalls sehr gute 81%. Die Wasserqualität wird unter anderem vom Pestizideinsatz beeinflusst. Die Anwendung chemisch-synthetisch hergestellter und für Wasserorganismen schädlicher Pestizide ist im Biolandbau gesetzlich verboten, was sich positiv auf die Wasserqualität auswirkt. Bei der „Wasserentnahme“ und der „Tiergesundheit“ erreichen die untersuchten Bio-Heumilchbetriebe in alpinen Regionen jeweils Zielerreichungswerte von 80%.

Die Bewertung des „Tierwohls“ hängt maßgeblich von der Anzahl lahmender Tiere und den Tierverlusten inkl. Kälberverluste ab. Darüber hinaus entscheiden die Anzahl und Qualität der Tränkevorrichtungen, die Luftqualität in Stallungen, die Größe und Beschaffenheit der Liegeflächen, die Besatzdichte, die Sauberkeit von Tieren und Stalleinrichtungen über den Grad der Zielerreichung bei der Tiergesundheit. Die sehr guten Werte lassen sich wohl auch durch die gesetzlichen Vorgaben der Bio-Verordnung und die damit verbundene jährliche Biokontrolle erklären, bei der beispielsweise die Besatzobergrenzen regelmäßig überprüft werden. Beim Nachhaltigkeitsziel der „genetischen Vielfalt“ werden auf Biobetrieben gute Werte (68%) erreicht.

Bei den für das Grünland und benachbarte Ökosysteme besonders wichtigen Nachhaltigkeitszielen im Bereich Boden (Bodenqualität, Bodendegradation) und Biodiversität (Artenvielfalt, genetische Vielfalt, Diversität der Ökosysteme) sowie bei Wasser (Wasserqualität und Wasserentnahme) werden gute bis sehr gute Ergebnisse bei den untersuchten Bio-Heumilchbetriebe in alpinen Regionen erzielt.

4.2 Heumilch Mühlviertel

Alle 14 Nachhaltigkeitswerte (Mediane) der ökologischen Dimension von Bio-Heumilchbetrieben im Mühlviertel befinden sich im **sehr guten oder guten Bereich**. Die untersuchten Bio-Heumilchbetriebe erzielen bei 10 Zielen gute und bei 4 der 14 Nachhaltigkeitsziele (Abbildung 5) sehr gute Nachhaltigkeitswerte (80-100%) .

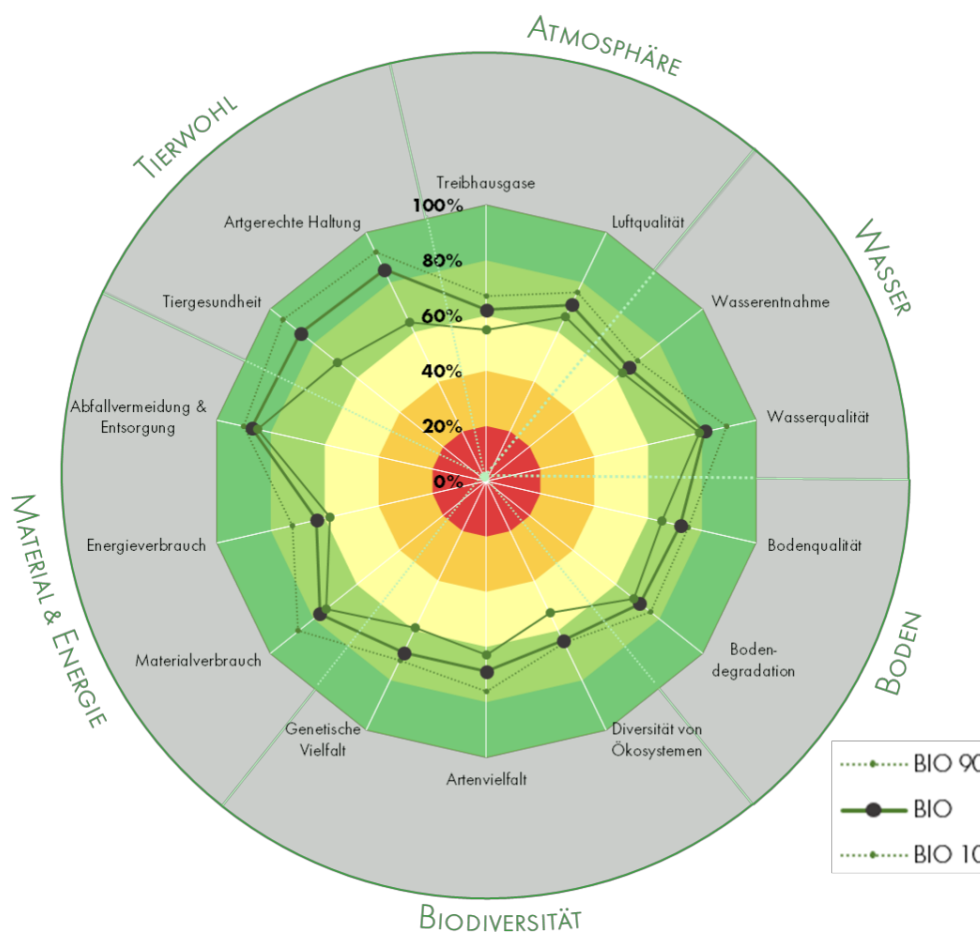


Abbildung 5: Bio-Heumilchbetriebe im Mühlviertel. Ergebnisse aller 14 ökologischer Unterthemen (Nachhaltigkeitsziele) innerhalb der Dimension "Ökologische Integrität". Dargestellt ist jeweils der Median und die 10% bzw. der 90% Perzentile. Zwischen der 10% bzw. der 90% Perzentile liegen 80% aller analysierten Betriebe. N = 7

Der höchste Wert von 87% wird wieder bei der „Abfallvermeidung und Entsorgung“ erreicht. Beim Nachhaltigkeitsziel der „Tiergesundheit“ erbringen die Bio-Heumilchbetriebe 86% der möglichen Zielerreichungswerte. Einige Kriterien für die „Tiergesundheit“ wurden bereits oben erwähnt. Bei der „Artgerechten Tierhaltung“ werden 85% erreicht.

Ausschlaggebend für hohe Nachhaltigkeitswerte von Bio-Heumilchbetriebe im Mühlviertel sind unter anderem die geringe Anzahl lahrender Tiere, ordnungsgemäße und nachweisliche Schmerzausschaltung bei Tierbehandlungen oder Eingriffen, ordnungsgemäße Besatzdichten auf Weiden und in Ställen, angemessene Liegeflächengröße und –beschaffenheit, Angebot von Beschäftigungsmaterial (z.B. Kratzbürsten, Einstreu), Anzahl und Beschaffenheit der Tränkevorrichtungen, Sauberkeit der Tiere und ihrer Aufenthaltsorte.

Bei den für das Grünland und benachbarte Ökosysteme besonders wichtigen Nachhaltigkeitszielen im Bereich Boden (Bodenqualität, Bodendegradation) und Biodiversität (Artenvielfalt, genetische Vielfalt, Diversität der Ökosysteme) sowie bei Wasser (Wasserqualität

und Wasserentnahme) werden gute (bis sehr gute) Ergebnisse bei den untersuchten Bio-Heumilchbetrieben im Mühlviertel erzielt.

4.3 Silomilch alpin

Bio-Silomilchbetriebe in alpinen Regionen befinden sich mit ihren Medianen **bei allen 14** Nachhaltigkeitszielen der ökologischen Dimension **im sehr guten bzw. guten Bereich**: Bio-Silomilchbetriebe erreichen bei 9 Nachhaltigkeitszielen gute Werte und bei 5 Nachhaltigkeitszielen sehr gute Werte (80-100%) (Abbildung 6).



Abbildung 6: Bio-Silomilchbetriebe in alpinen Regionen. Ergebnisse aller 14 ökologischer Unterthemen (Nachhaltigkeitsziele) innerhalb der Dimension "Ökologische Integrität". Dargestellt ist jeweils der Median und die 10% bzw. 90% Perzentile. Zwischen der 10% bzw. der 90% Perzentile liegen 80% aller analysierten Betriebe. N = 53

Beim Unterthema Materialverbrauch werden mit 87% die höchsten Werte erzielt. Ebenso beim Unterthema Abfallvermeidung und Entsorgung werden 87% der möglichen Zielerreichungswerte erreicht. Hierauf hat die ordnungsgemäße Entsorgung von betrieblichem Abfall wie Altöl, Altreifen, Batterien usw., sowie die korrekte Entsorgung von Tierarzneimitteln und die Entsorgung von Lebensmitteln großen Einfluss.

Bei den Unterthemen Bodendegradation (82%), Wasserqualität (81%) und Tiergesundheit (80%) befinden sich Biosilomilchbetriebe in alpinen Regionen ebenfalls im sehr guten Bereich.

Bei den für das Grünland und benachbarte Ökosysteme besonders wichtigen Nachhaltigkeitszielen im Bereich Boden (Bodenqualität, Bodendegradation) und Biodiversität (Artenvielfalt, genetische Vielfalt, Diversität der Ökosysteme) sowie bei Wasser (Wasserqualität und Wasserentnahme) werden gute bis sehr gute Ergebnisse bei den untersuchten Bio-Silomilchbetrieben in alpinen Regionen erzielt.

4.4 Silomilch Wald- und Mühlviertel

Bio-Silomilchbetriebe im Wald- und Mühlviertel (Abbildung 7) erreichen bei **12 von 14** Nachhaltigkeitszielen der ökologischen Dimension **sehr gute bzw. gute** Zielerreichungswerte im Median: Bei 8 der Nachhaltigkeitsziele werden gute Werte (60-80%) erreicht, bei 4 der 14 Nachhaltigkeitsziele werden sehr gute Werte (80-100%) erreicht.

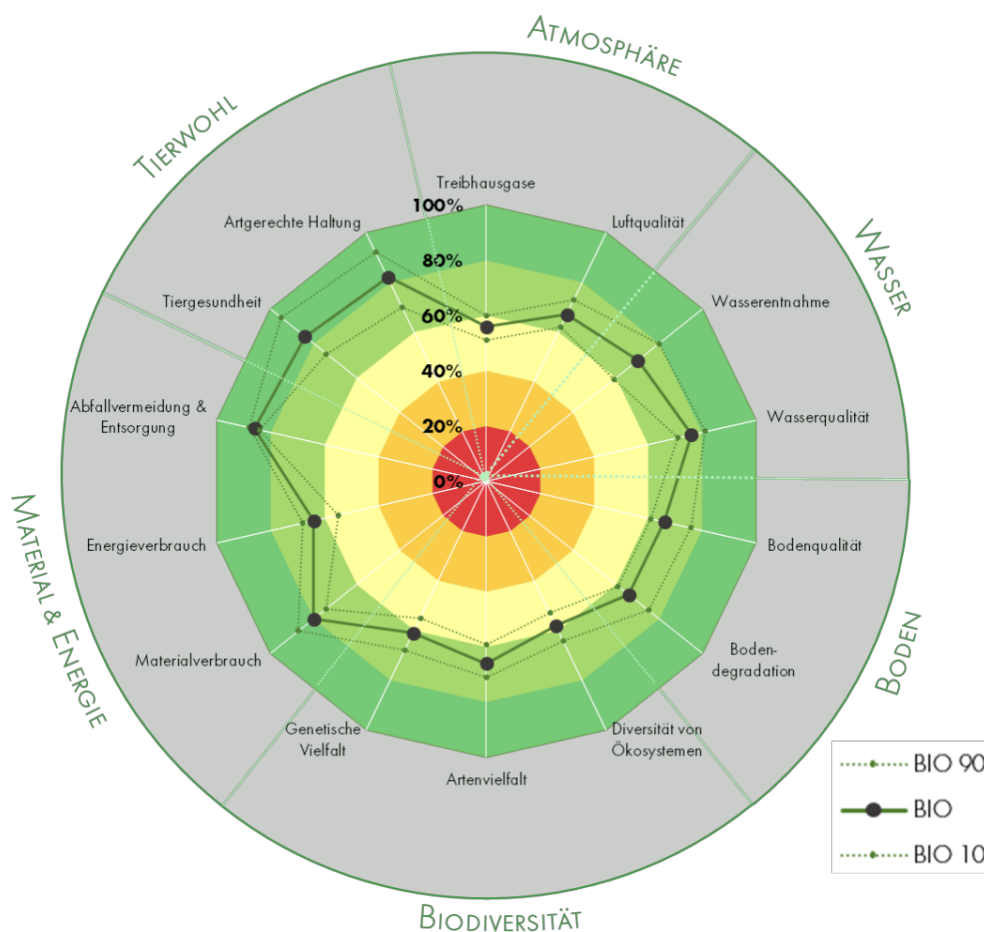


Abbildung 7: Bio-Silomilchbetriebe im Wald- und Mühlviertel. Ergebnisse aller 14 ökologischer Unterthemen (Nachhaltigkeitsziele) innerhalb der Dimension "Ökologische Integrität". Dargestellt ist jeweils der Median und die 10% bzw. 90% Perzentile. Zwischen der 10% bzw. der 90% Perzentile liegen 80% aller analysierten Betriebe. N = 27

Bei den Unterthemen Abfallvermeidung und Entsorgung (86%), bei der Tiergesundheit (84%) und der artgerechten Tierhaltung (82%) sowie beim Materialverbrauch (80%) werden sehr gute Werte erzielt.

Bei den für das Grünland und benachbarte Ökosysteme besonders wichtigen Nachhaltigkeitszielen im Bereich Boden (Bodenqualität, Bodendegradation) und bei der Artenvielfalt sowie bei Wasser (Wasserqualität und Wasserentnahme) werden gute Ergebnisse bei den untersuchten Bio-Silomilchbetrieben im Wald- und Mühlviertel erzielt.

4.5 Frischeier

Bio-Legehennenbetrieben mit der Produktion von Frischeiern erreichen im Median bei **11 von 14** Nachhaltigkeitszielen der ökologischen Dimension **sehr gute bzw. gute** Zielerreichungswerte. Bei 5 von 14 Nachhaltigkeitszielen werden sehr gute Werte (80-100%), bei 6 Zielen gute Werte (60-80%) (Abbildung 8).

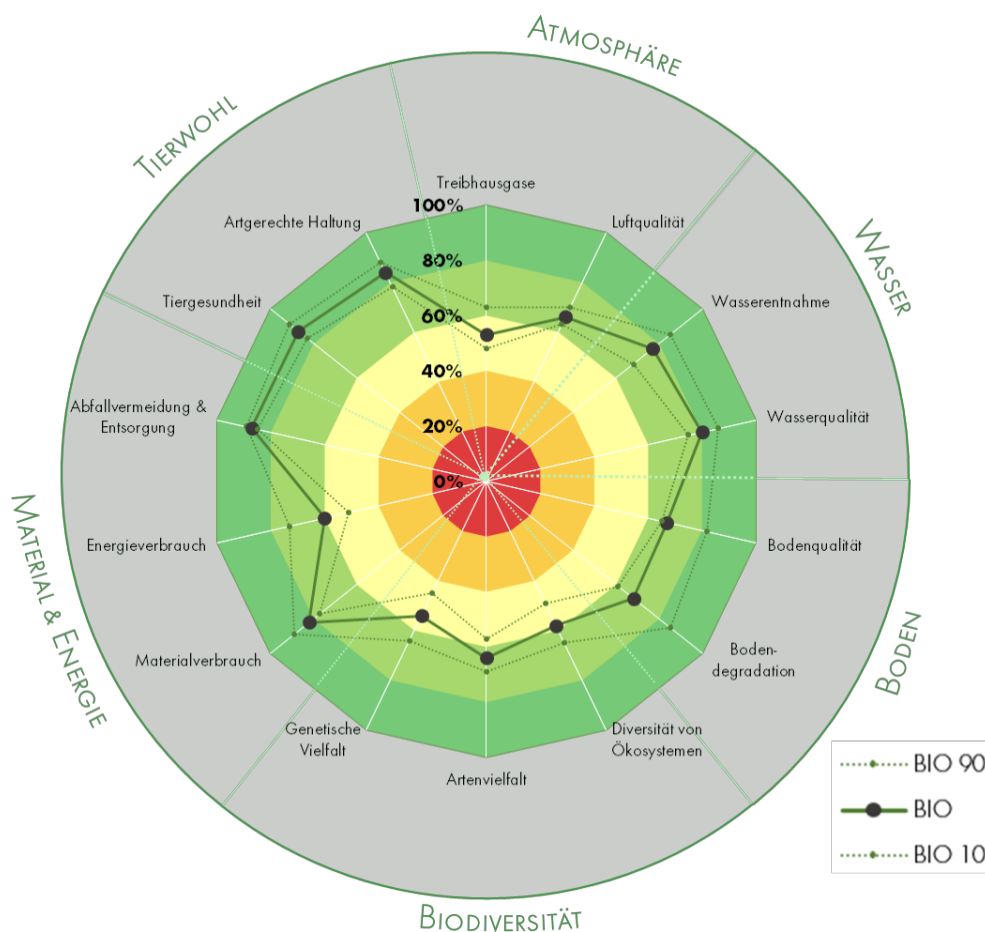


Abbildung 8: Bio-Legehennenbetriebe. Ergebnisse aller 14 ökologischer Unterthemen (Nachhaltigkeitsziele) innerhalb der Dimension "Ökologische Integrität". Dargestellt ist jeweils der Median und die 10% bzw. 90% Perzentile. Zwischen der 10% bzw. der 90% Perzentile liegen 80% aller analysierten Betriebe. N = 14

Die höchsten Werte mit 87% werden bei den Unterthemen Abfallvermeidung und Entsorgung erreicht. Bio-Legehennenbetrieben erzielen auch noch sehr gute Werte in den Unterthemen Artgerechte Tierhaltung (84%), Materialverbrauch (82%) und Wasserqualität (80%). Die niedrigsten Werte werden bei den Unterthemen Treibhausgase (53%), Genetische Vielfalt (54%) und der Diversität von Ökosystemen (58%) erreicht.

Bei den für Acker und Grünland besonders wichtigen Nachhaltigkeitszielen im Bereich Boden (Bodenqualität, Bodendegradation) und bei der Artenvielfalt sowie bei Wasser (Wasserqualität und Wasserentnahme) werden gute Ergebnisse bei den untersuchten Bio-Legehennenbetrieben erzielt.

4.6 Masthühner

Bio-Masthühnerbetriebe erreichen bei **11 der 14** Nachhaltigkeitsziele der ökologischen Dimension **sehr gute und gute** Bewertungen im Median. Bei 5 Nachhaltigkeitszielen erreichen Bio-Masthühnerbetriebe sehr gute Werte (80-100%) und bei 6 Nachhaltigkeitszielen gute Werte (60-80%). (Abbildung 9).



Abbildung 9: Bio-Masthühnerbetriebe. Ergebnisse aller 14 ökologischer Unterthemen (Nachhaltigkeitsziele) innerhalb der Dimension "Ökologische Integrität". Dargestellt ist jeweils der Median und die 10% bzw. 90% Perzentile. Zwischen der 10% bzw. der 90% Perzentile liegen 80% aller analysierten Betriebe. N = 19

Beim Unterthema Tiergesundheit beträgt der Grad der Zielerreichung 89%. Bio-Hühnermastbetriebe erreichen auch noch sehr gute Nachhaltigkeitswerte bei den Unterthemen Abfallvermeidung und Entsorgung (88%), Artgerechte Tierhaltung (85%), Materialverbrauch (84%) und Wasserqualität (82%). Gute Nachhaltigkeitswerte werden bei den Unterthemen Wasserentnahme (76%), Bodendegradation (72%), Bodenqualität (70%), Artenvielfalt (68%), Luftqualität (66%) und Energieverbrauch (61%) erreicht.

Bei den für Acker und Grünland besonders wichtigen Nachhaltigkeitszielen im Bereich Boden (Bodenqualität, Bodendegradation) und bei der Artenvielfalt sowie bei Wasser (Wasserqualität

und Wasserentnahme) werden gute (bzw. sehr gute) Ergebnisse bei den untersuchten Bio-Masthühnerbetrieben erzielt.

4.7 Schweinemast

Bio-Schweinemastbetriebe erreichen bei **12 der 14** Nachhaltigkeitsziele der ökologischen Dimension **sehr gute und gute Werte** im Median. Bei 5 Nachhaltigkeitszielen werden sehr gute (80-100%) Zielerreichungswerte und bei 7 Unterthemen gute (60-80%) Werte erreicht. (Abbildung 10).



Abbildung 10: Bio-Schweinemastbetriebe. Ergebnisse aller 14 ökologischer Unterthemen (Nachhaltigkeitsziele) innerhalb der Dimension "Ökologische Integrität". Dargestellt ist jeweils der Median und die 10% bzw. 90% Perzentile. Zwischen der 10% bzw. der 90% Perzentile liegen 80% aller analysierten Betriebe. N = 11

Den höchsten Wert von jeweils 91% erzielen Bio-Schweinemastbetriebe bei den Unterthemen Tiergesundheit und Artgerechte Tierhaltung. Bei den Unterthemen Abfallvermeidung und Entsorgung (89%), Materialverbrauch (85%) und Wasserqualität (81%) liegen Bio-Schweinemastbetriebe ebenfalls im sehr guten Bereich.

Bei den für Acker und Grünland besonders wichtigen Nachhaltigkeitszielen im Bereich Boden (Bodenqualität, Bodendegradation) und bei der Artenvielfalt sowie bei Wasser (Wasserqualität und Wasserentnahme) werden gute Ergebnisse bei den untersuchten Bio-Schweinemastbetrieben erzielt.

4.8 Ackerbau – Getreide

Bio-Ackerbaubetriebe mit Getreideproduktion erreichen im Median bei **8 der 12** für diese Betriebsgruppe relevanten Unterthemen der ökologischen Dimension **sehr gute oder gute** Nachhaltigkeitswerte (Abbildung 1111). Bei 7 der ökologischen Unterthemen/Nachhaltigkeitszielen befinden sich die untersuchten Betriebe im guten (60-80%) Bereich, für 1 Unterthema wird ein sehr guter Wert erreicht.



Abbildung 11: Bio-Ackerbaubetriebe/Getreide. Ergebnisse der 12 für diese Betriebsgruppe relevanten ökologischen Unterthemen (Nachhaltigkeitsziele) innerhalb der Dimension "Ökologische Integrität". Dargestellt ist jeweils der Median und die 10% bzw. 90% Perzentile. Zwischen der 10% bzw. der 90% Perzentile liegen 80% aller analysierten Betriebe.

Bei den für den Ackerbau besonders wichtigen Nachhaltigkeitszielen im Bereich Boden (Bodenqualität, Bodendegradation) und bei der Artenvielfalt sowie bei der Wasserqualität, werden gute Ergebnisse bei jenen untersuchten Bioackerbaubetrieben, die Getreide liefern, erzielt.

4.9 Ackerbau – Lagergemüse

Bio-Ackerbaubetriebe mit Lagergemüseproduktion erzielen im Median bei **8 der 12** für diese Betriebsgruppe relevanten Nachhaltigkeitsziele der ökologischen Dimension **sehr gute oder gute** Werte. Bei 5 der 12 relevanten Unterthemen erzielen die analysierten Betriebe gute Werte

(60-80 %), bei 3 der 12 werden sehr gute Nachhaltigkeitswerte (80-100%) erreicht (Abbildung 12).

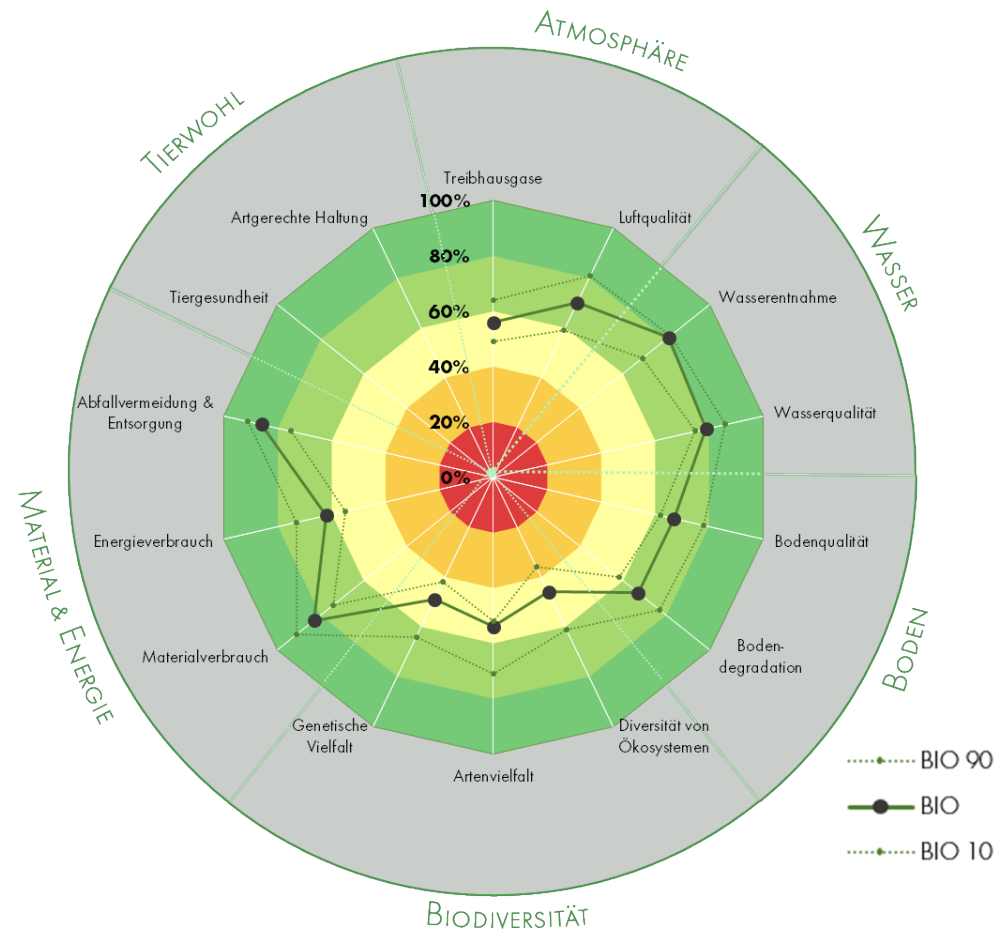


Abbildung 12: Bio-Ackerbaubetriebe/Lagergemüse. Ergebnisse der 12 für diese Betriebsgruppe relevanten Unterthemen (Nachhaltigkeitsziele) innerhalb der Dimension "Ökologische Integrität". Dargestellt ist jeweils der Median und die 10% bzw. 90% Perzentile. Zwischen der 10% bzw. der 90% Perzentile liegen 80% aller analysierten Betriebe. N = 27

Die höchsten Nachhaltigkeitswerte werden bei den Unterthemen Abfallvermeidung und Entsorgung (86%), Materialverbrauch (83%) und Wasserentnahme (81%) erreicht.

Bei den für den Ackerbau besonders wichtigen Nachhaltigkeitszielen im Bereich Boden (Bodenqualität, Bodendegradation) und Wasser (Wasserqualität, Wasserentnahme) werden gute Ergebnisse bei den untersuchten Bioackerbaubetrieben, die Lagergemüse produzieren, erzielt.

5. Ergänzende Ergebnisse aus der Literatur

Die im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft deutlich bessere Nachhaltigkeits-Performance des Biolandbaus in allen drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (ökologische, ökonomische und soziale Dimension) sind unstrittig (s. Lindenthal et al. 2001, Niggli 2007b, Schlatzer und Lindenthal 2018, Wirz et al. 2018, Ref-NEKP 2019, Sanders und Heß 2019).

Im Folgenden wird auf Leistungen des Biolandbaus bei einzelnen brisanten Umweltthemen näher eingegangen:

5.1 Atmosphäre (Klima)

Die wichtigsten Treibhausgasquellen in der Landwirtschaft sind Lachgas (N_2O)-Emissionen aus Ackerböden und Grünland aufgrund von Düngemittleinsatz und Methan (CH_4)-Emissionen aus Wiederkäuermägen. Hinzu kommen die mit der Herstellung von Mineraldüngern (insbesondere N-Düngemittel) sowie mit der Produktion und Import von Futtermitteln verbundene CO_2 -Emissionen.

Eine flächengebundene standortangepasste Bewirtschaftungsweise sowohl in der pflanzlichen Produktion wie auch in der Tierhaltung ist von zentraler Bedeutung für eine klimafreundliche Landwirtschaft (Niggli 2007a und 2007b, APCC 2014, Ref-NEKP 2019). Hier spielt der Biolandbau daher eine zentrale Rolle (Niggli et al. 2008, Lindenthal 2019, Ref-NEKP 2019). Dies zeigt sich in folgenden Vorteilen bzw. Bewirtschaftungsweisen des Biolandbaus:

Biologisch bewirtschaftete Böden weisen durchschnittlich einen um 10 % höheren Gehalt an organischem Bodenkohlenstoff auf. Die jährliche Kohlenstoffbindung ist durchschnittlich um 256 kg C /ha höher als bei konventionell bewirtschafteten Böden (Sanders & Hess, 2019). Die bessere Kohlenstoffbindung ergibt sich aus den praktizierten Bewirtschaftungsmethoden im Biolandbau wie z.B. die Ausbringung von kompostiertem Stallmist, weite Fruchtfolgen mit hohem Leguminosenanteil, Zwischenfruchtanbau (Gattinger et al., 2012; Skinner et al., 2014).

Die Lachgas(N_2O)-emissionen sind bei biologischen Böden durchschnittlich um 40 % geringer (Skinner et al., 2019). Ausgehend von diesen Werten ergibt sich eine kumulierte Klimaschutzleistung der biologischen Landwirtschaft von zumindest 1.082 kg CO_2 - Äquivalenten pro Hektar und Jahr (Sanders & Hess, 2019). Die deutlich geringeren N_2O -Emissionen aus Bio-Böden basieren auf geringeren Stickstoff-Düngemengen (über organische Dünger und Leguminosen, die den Stickstoff aus der Luft binden) bzw. deutlich geringere, leicht verfügbare N-Niveaus im Boden, was die direkten und indirekten Lachgas (N_2O)-Emissionen reduziert (ÖPUL Evaluierung 2017, S. 157).

Da der Biolandbau zudem den Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger verbietet und somit einen deutlich geringeren Einsatz an fossilen Energieträgern aufweist, hat der Bio-Ackerbau in Summe um 66% bis 90% geringere Treibhausgas(THG)-Emissionen/ha (Meier et al 2015, ÖPUL-Evaluierung 2017, S. 187; Wirz et al. 2018). Neben dem Bio-Ackerbau sind auch signifikante THG-

Emissionsreduktionspotenziale im Obst- und Weinbau gegeben. Diese werden vom ÖPUL Evaluierungsbericht als mittelhoch eingestuft (ÖPUL-Evaluierung 2017).

Bioprodukte haben wegen der erwähnten Klimaschutzzvorteile des Biolandbaus auch deutlich geringere Treibhausgas(CO₂eq)-Emissionen pro ha, aber auch - in geringerem Umfang (aufgrund der im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft niedrigeren Erträge) - pro kg Produkt. Bei pflanzlichen Bio-Produkten sind die CO₂eq-Emissionen pro kg Produkt häufig um 10% bis 25%, bei Bio-Fleisch (und Bio-Eier) vielfach um 10% bis 50% geringer als bei konventionellem Produkten (Lindenthal et al. 2010, Theurl et al. 2011 und 2014, Wirz et al. 2018, Lindenthal et al. 2020).

5.2 Biodiversität

Der Verzicht auf chemisch-synthetisch hergestellte Pflanzenschutzmittel und Herbizide sowie leichtlösliche Stickstoffdünger sowie geringere Stickstoff-Niveaus im Boden stellen die Grundlage für eine reichhaltige Artenvielfalt auf biologisch bewirtschafteten Flächen dar. Zudem erzeugt die biologische Landwirtschaft grundsätzlich eine größere Betriebskomplexität als konventionelle Vergleichsbetriebe und erhöht dadurch die Heterogenität der Lebensräume was sich positiv auf die Diversität der Ökosysteme am Betrieb auswirkt (Gomiero et al., 2011; M Rundlöf & Smith, 2006).

Im Durchschnitt wird der Artenreichtum durch biologische Bewirtschaftung im Vergleich zu konventioneller Bewirtschaftung um etwa 30% erhöht (Maj Rundlöf et al., 2016; Tuck et al., 2014, Wirz et al. 2018).

Die Artenvielfalt an Ackerwildpflanzen ist in biologischen Feldern fast dreimal so hoch wie in konventionellen Vergleichsfeldern (Sanders & Hess, 2019). Insgesamt weisen biologisch bewirtschaftete Flächen eine höhere Artenvielfalt als konventionelle Vergleichsflächen auf. Die durchschnittliche (mediane) Artenzahl der Flora auf Ackerland ist bei biologischer Bewirtschaftung um 95 % höher, die der Samenbank um 61 % und die der Feldrandvegetation um 21 %. Bei den Feldvögeln ist der Artenreichtum um 35 % und die Abundanz ist in der biologischen Landwirtschaft um 24 % höher; bei den Insekten liegen die entsprechenden Werte bei 22 % und 36 % und bei den Spinnen bei 15 % und 55 %. Aufgrund dieser Ergebnisse kann abgeleitet werden, dass die biologische Landwirtschaft eine Schlüsselrolle bei der Erhaltung der Artenvielfalt spielt (Stein-Bachinger et al., 2021). Die ökologischen Leistungen zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität durch die biologische Landwirtschaft können durch konkrete Naturschutzmaßnahmen noch weiter gesteigert werden (Gottwald & Stein-Bachinger, 2018). Die biologische Landwirtschaft leistet einen positiven Beitrag zur ökologischen Nachhaltigkeit in dem die Artenvielfalt in der Häufigkeit der einzelnen Arten gefördert wird (Smith et al., 2020).

5.3 Boden

Die EU-Bioverordnung (EG VO 834/2007) erachtet die Bodenfruchtbarkeit als ein zentrales Element in der biologischen Landwirtschaft. Alle betrieblichen Handlungen sollen auf die Erhaltung und Förderung der Bodenfruchtbarkeit ausgerichtet sein. Sie stellt die Grundlage für

die langfristige Ertragsfähigkeit landwirtschaftlicher Produktion dar (Sanders & Hess, 2019, Wirz et al. 2018).

Die biologische Landwirtschaft verbessert die Bodenqualität und Meta-Analysen und Ergebnisse aus Langzeit-Feldversuchen bestätigen, dass biologisch bewirtschaftete Böden höhere Gehalte an organischer Substanz sowie größere und aktivere mikrobielle Gemeinschaften als die Vergleichsproduktion aufweisen (Sanders und Heß, 2019, Ref-NEKP 2019, Wirz et al. 2018). Der Anteil organischer Substanz und die mikrobiellen Bodengemeinschaften sind Schlüsselindikatoren für die Bodenqualität (Meemken & Qaim, 2018). Der höhere Gehalt an organischer Substanz ist für die Bodenqualität entscheidend, indem die Erosion reduziert wird und die Puffer- und Filterkapazität des Bodens erhöht wird. Dadurch leistet die biologische Landwirtschaft einen positiven Beitrag zur Erhaltung des Lebensraumes für Bodenlebewesen (Mondelaers et al., 2009).

Ein weiterer Vorteil der biologischen Landwirtschaft liegt in der Abundanz der Regenwurmpopulationen, die im Mittel um bis zu 94 % höher ausfällt (Sanders und Heß, 2019, Wirz et al. 2018). Außerdem weisen biologisch bewirtschaftete Böden eine geringere Versauerung auf. Der Eindringwiderstand, ein Indikator für Bodenverdichtungen, ist im biologischen Ackerbau ebenfalls geringer (Sanders und Heß, 2019).

Die biologische Landwirtschaft trägt langfristig dazu bei, die physikalischen Bodeneigenschaften wie z.B. Wasserspeicherkapazität zu verbessern (Williams et al., 2017) und die mikrobielle Vielfalt und Aktivität im Boden zu erhöhen (Wirz et al. 2018, Lori et al., 2017).

5.4 Wasser / Gewässerschutz

Die Wasserqualität wird maßgeblich vom Pflanzenschutzmitteleinsatz und der Anwendung leicht löslicher Düngemittel beeinflusst. Durch das Verbot leichtlöslicher mineralischer Düngemittel und chemisch-synthetisch hergestellter Pflanzenschutzmittel in der EU-Bioverordnung EG-VO 834/2007 sowie durch die Restriktionen für die Anwendung von Tierarzneimitteln wird der Eintrag von potentiell gesundheitsschädlichen und für das Ökosystem belastenden Substanzen sowie der Eintrag von Stickstoff und Phosphor in das Grund- und Oberflächenwasser weitestgehend ausgeschlossen bzw. stark verringert (Parizad & Bera, 2021, Sanders und Heß, 2019, Wirt et al. 2018). Die EU-Rechtsvorschriften werden teilweise durch privatrechtliche Vorschriften von Anbauverbänden oder Handelsmarken weiter verschärft. Die biologische Landwirtschaft führt daher hinsichtlich des Eintrags kritischer Stoffgruppen in Grund- und Oberflächengewässer eindeutig zu positiven Effekten auf die Wasserqualität (Sanders & Hess, 2019, Wirz et al. 2018).

Außerdem steigert die biologische Landwirtschaft die Wiederverwendbarkeit von Wasser, da Rückstände ausgeschlossen werden können (Parizad & Bera, 2021). Biologische Bewirtschaftungsmethoden, wie die Ausbringung von kompostierten tierischen Düngemitteln (verrotteter Stallmist) oder der Anbau von Futterleguminosen innerhalb einer vielfältigeren Fruchtfolge, können dazu beitragen, Nährstoffauswaschung zu verhindern und die Wasserqualität langfristig aufrechtzuerhalten (Cambardella et al., 2015).

Zusätzlich erhöht die biologische Bewirtschaftung die Wasserspeicherkapazität im Boden (Parizad & Bera, 2021, Sanders und Heß, 2019; Lindenthal 2019, Wirz et al. 2018), was eine große Bedeutung für die Klimawandelanpassung (Anpassung an Wetterextreme wie Dürre, Starkniederschläge) hat.

5.5 Tierwohl

Das Tierwohl bezieht sich auf die Leitprinzipien der Tiergesundheit und der artgerechten Tierhaltung und kann bei der Haltung von Milchkühen, Mutterkühen, Schafen, Schweinen, Legehennen und Masthühnern in der biologischen Landwirtschaft im Allgemeinen als gut beschrieben werden. Allerdings treten Probleme bei der Tiergesundheit in der biologischen wie in der konventionellen Tierhaltung auf (Åkerfeldt et al., 2021). Die biologische Landwirtschaft ist grundsätzlich besser in der Lage gute Bedingungen für das Tierwohl bereit zu stellen als die konventionelle Landwirtschaft (Spooler, 2007, Lindenthal et al. 2018, Sanders und Heß 2019), zum Beispiel durch höheres Platzangebot bzw. Zugang zu Freigelände / Weide (Meier et al. 2014, Schlatzer und Lindenthal 2017, Sanders und Heß 2019).

Die Krankheitsvorsorge spielt in der biologischen Landwirtschaft eine wichtige Rolle und beruht auf den Grundsätzen, dass Nutztiere, die ihr natürliches Verhalten ausleben dürfen, die keinem Stress ausgesetzt werden und mit optimalen (biologischem) Futter versorgt werden besser mit Infektionen zurechtkommen, als Tiere in konventionellen Haltungssystemen. Es sind daher weniger Tierbehandlungen nötig als in der konventionellen Tierhaltung. Für die Behandlung erkrankter Tiere werden homöopathische und phytotherapeutische Methoden bevorzugt angewendet (Kijlstra & Eijck, 2006).

Zusammenfassende Schlussfolgerung aus der Literaturrecherche

Die Ergebnisse aus der Literaturrecherche zeigen, dass diese sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie decken und belegen die vielfältigen positiven Nachhaltigkeitsleistungen der biologischen Landwirtschaft.

6. Die biologische Landwirtschaft als systemischer Ansatz

Eine umfassende Betrachtung der Nachhaltigkeit beschreibt ein Beziehungsgeflecht von einzelnen Elementen (Themen, Bereichen,...), deren Wechselwirkungen und daraus möglicherweise resultierenden sich gegenüberstehenden Zielen bzw. Vorhaben. Für einen besseren Überblick werden normalerweise einzelne Elemente/Themen in eine der Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales zugeordnet. Dabei darf nicht vergessen werden, dass die einzelnen Themen in Beziehung stehen und so ein System entsteht. Bei einem landwirtschaftlichen Betrieb und dessen Produktionsweise, handelt es sich um ein aufeinander stark abgestimmtes Betriebssystem. Jede Änderung, die in dieses eingebracht wird, muss sich darin entwickeln können. Oder anders formuliert: um Vorgaben (auch: Kriterien, Maßnahmen oder Richtlinien) auf einem Betrieb umzusetzen, verlangt es diese im vorhandenen System zu integrieren. Wenn dies nicht möglich ist muss das System geändert werden oder gar ein neues System geschaffen werden. Vorgaben in der Landwirtschaft führen zu mehreren Folgetätigkeiten, welche deren Umsetzung unterstützen oder erst möglich machen – im besten Fall zugunsten des Gesamtsystems. **In Abbildung 13 werden die umfangreichen Einflüsse einer einzelnen Umwelt-Maßnahme wie „Verzicht auf Herbizide“ auf ein System bzw. auf die Nachhaltigkeitsthemen dargestellt.** Diese können sich sowohl positiv als auch negativ auswirken, wirken jedoch in diesem Fall auf alle drei Dimensionen.

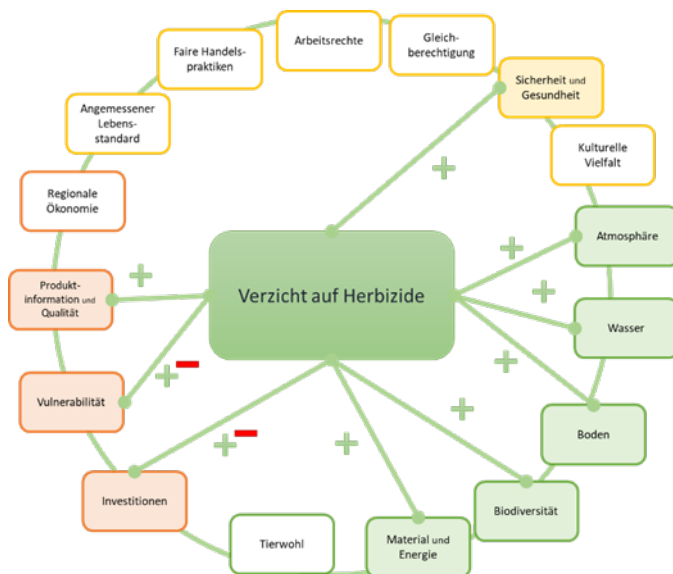


Abbildung 13. Einfluss des Indikators "Verzicht auf Herbizide" auf die Nachhaltigkeitsthemen der SMART-Methode (gelber Rahmen = Soziales; roter R. = Ökonomie, grüner R. = Ökologie). Pluszeichen = positiver Einfluss; Minuszeichen = negativer Einfluss.

Abbildung 14 stellt ein Beziehungsgeflecht dar, welches mögliche umfassende Auswirkungen von **zwei miteinander verbundene Maßnahmen der EU Bioverordnung** (VO (EG) Nr.834/2007) auf das landwirtschaftliche Produktionssystem anhand der bestehenden **SMART Indikatoren** aufzeigt. So führt der Verbot des Einsatzes von mineralischem Stickstoffdünger nicht nur zur

linear-logischen Reduktion des Anteils ausgebrachten Düngers aus mineralischem N-Dünger sondern führt zu weiteren für das Gesamtsystem **notigen Maßnahmen**, die wiederum **weitere positive Auswirkungen** bedingen, wie z.B.: der Anbau von Leguminosen. Der für das Pflanzenwachstum notwendige Stickstoff wird von den Leguminosen und deren in Symbiose lebenden Knöllchenbakterien aus der Luft in den Boden gebracht. Leguminosen verbessern zusätzlich aber auch die Bodenstruktur, bauen Humus auf (Futterleguminosen bewirken starken Humusaufbau), stellen ein wertvolles Glied für eine weite Fruchtfolge dar - **was wichtig für den vorbeugenden Pflanzenschutz ist** - und können als Teil einer Begrünungsmischung vielfältige Funktionen erfüllen.

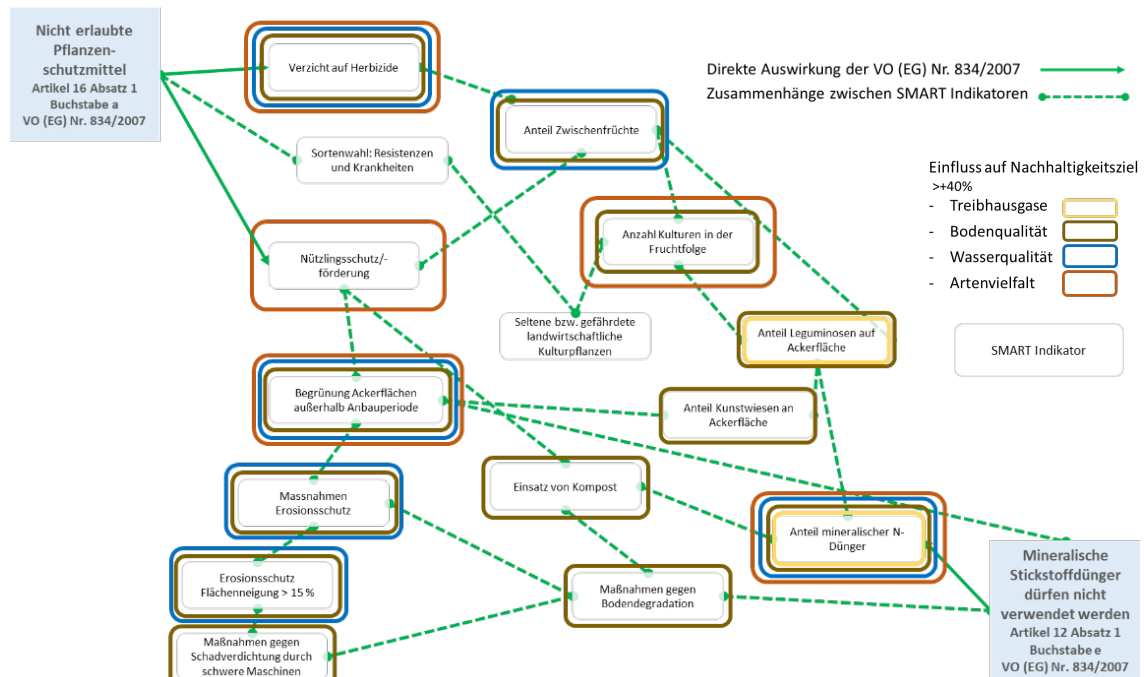


Abbildung 14. Beziehungsgleiche und Wechselwirkungen von SMART Indikatoren, welches sich durch die Vorgabe von zwei Maßnahmen der VO (EG) Nr. 834/2007 ergeben kann. Symbolerklärungen siehe Legende in der Abbildung.

Ein **achtsamer Umgang mit dem Boden** wird so zur Selbstverständlichkeit als **essentieller Teil des Bio-Systems** – schon deshalb damit ausreichend Nährstoffe für die Kulturpflanzen zur Verfügung stehen. Betriebliche Maßnahmen und deren Kombinationen zur Vermeidung von Bodendegradation oder Melioration (z.B.: Erosionsschutz durch Begrünungen, Humusaufbau, mehrjährige Futterleguminosen, geringere Radlast gegen Schadverdichtungen) ergeben/bedingen sich daraus systematisch. Durch die starke Reduktion der erlaubten Pflanzenschutzmittel bzw. dem Verbot chemisch synthetischer Pestizide durch die EU-Bioverordnung ergeben sich ebenfalls große Auswirkungen auf das **gesamte landwirtschaftliche System** eines Betriebes (siehe Abbildung 14). Durch die berührten SMART Indikatoren ist zu erkennen, dass diese Maßnahme nicht nur auf das System wirkt, sondern auch für dieses Betriebssystem geeignet bzw. in dieses integrierbar sein soll, damit nicht nach wenigen Jahren (durch z.B. alleinigen Herbizidverzicht bei Beibehaltung der konventionellen Landwirtschaft) Unkrautprobleme entstehen. In der **EU Bioverordnung (VO (EG) Nr. 834/2007)** heißt es z.B.: „Der ökologische/biologische Pflanzenbau sollte dazu beitragen, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und zu verbessern und die Bodenerosion zu verhindern.“

Neben dem SAFA Nachhaltigkeitsziel „Bodenqualität“ haben die in Abbildung 14 angeführten SMART Indikatoren unter anderen auch relevante (mehr als 40%) Auswirkungen auf **weitere Ziele der Ökologischen Integrität**, nämlich „Wasserqualität“, „Treibhausgase“ und „Artenvielfalt“.

In Abbildung 14 wird überdies nur ein Ausschnitt des Beziehungsgeflechtes dargestellt. Im Anhang in Abbildung 16 findet sich das Gesamtbild (-system). Darin ist auch zu erkennen, dass auch viele primär **sozioökonomische SMART Indikatoren im System verknüpft sind**.

Somit besteht die Möglichkeit einer **Vielzahl von positiven Auswirkungen** auf die verschiedensten Nachhaltigkeitsziele aus dem biologisch-landwirtschaftlichen Produktionssystem. Die Umsetzung bzw. Realisierung dieser SMART Indikatoren für die analysierten biologischen Betriebe der Produktgruppen „Lagergemüse“ und „Frischeier“² ist in Abbildung 15 erkennbar. In Tabelle im Anhang werden diese überblickshaft gemeinsam mit Erläuterungen der SMART Indikatoren zusätzlich angeführt.

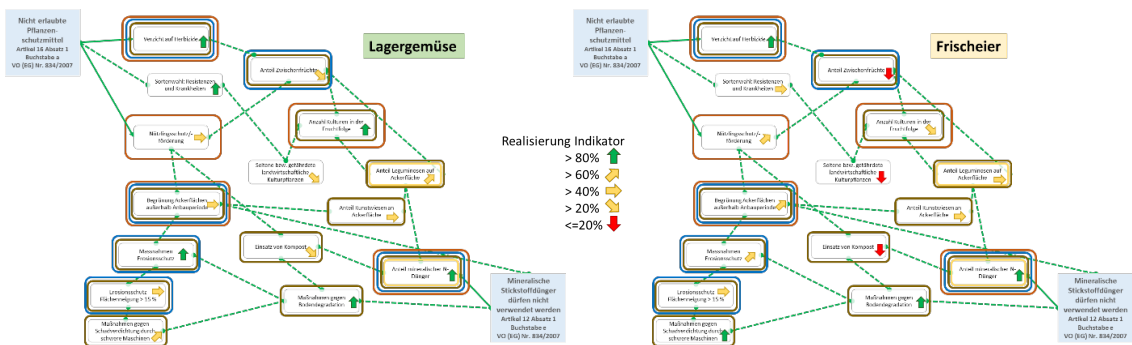


Abbildung 15. Gleiche Darstellung wie Abbildung 14 inklusive den Realisierungen der SMART Indikatoren im Durchschnitt der analysierten biologischen Betriebe der Produktgruppen Lagergemüse und Frischeier. Pfeile stellen Realisierungsgrad dar (siehe Legende in Abbildung)

Es wurden durchwegs gute durchschnittliche Realisierungsgrade der Indikatoren erreicht, wobei entsprechend der Ergebnisse beider Produktgruppen (Kapitel 4.5 und 4.9) in manchen Bereichen auch eine relevante Spannweite analysiert wurde. Solche Bereiche bergen somit Verbesserungspotentiale zwischen den Betrieben, was durch Forschung, Beratung, Weiterbildung und betrieblicher Austausch im Detail analysiert und allen zur Verfügung gestellt werden kann.

Die in Abbildung 14 und Abbildung 16 vorgenommene Darstellung des Beziehungsgeflechtes eines landwirtschaftlichen Systems anhand von SMART Indikatoren kann auch für andere Einzelmaßnahmen durchgeführt werden. Zum Beispiel in der Tierhaltung bei Vorgaben für Weide- und Auslauf sowie der Mindeststallfläche oder den Regelungen zum Einsatz von Antibiotika. Durch **das entstehende Beziehungsgeflecht der SMART Indikatoren zeigt sich auch hier der zugrundeliegende systemische Ansatz der biologischen Landwirtschaft**.

Jeder landwirtschaftliche Betrieb muss sein eigenes System etwaigen Vorgaben und Gegebenheiten anpassen oder dieses sogar grundsätzlich ändern. Ein Umstieg auf die

² 11 der 14 erhobenen Betriebe haben nehmen Dauergrünlandflächen auch Ackerflächen

biologische landwirtschaftliche Produktionsweise erfordert solch eine grundlegende Änderung. Eine Systemumstellung wirkt sich auf alle Bereiche aus und verlangt alle Arten von Ressourcen, Wissen und Erfahrungen. **Dieses Basissystem** wird durch die **Grundprinzipien** und die **EU-Verordnung** der biologischen Landwirtschaft erst ermöglicht. Es bildet die Grundlage/Basis zur Weiterführung und punktuellen Nachschärfung der Vorgaben der EU-Bioverordnung wie dies zum Beispiel **in privaten Standards und nationalen Biostandards** erfolgt.

Gestützt bzw. aufbauend auf der Systemtheorie (Bertalanffy, 1969) und den hier angeführten **SMART-Ergebnissen** sowie aus den Erfahrungen aus der Praxis ergeben sich für landwirtschaftliche Systeme und im speziellen für **Umwelt-Einzelmaßnahmen**, wie sie im GAP vorgeschlagen werden, folgende Zusammenhänge:

- Umwelt-Einzelmaßnahmen (z.B. Herbizidverzicht, Verzicht auf ertragssteigernde Betriebsmittel) **funktionieren langfristig nur in einem passenden/eingebetteten Gesamtsystem**, wie es das Biolandbau-System darstellt
- Jede Veränderung innerhalb eines Systems verändert das System, stützt sich aber gleichzeitig auf dieses System
- Jede Veränderung (von) außerhalb des Systems mit Druck auf das System erzeugt ein anderes System

Die wichtigsten Schlussfolgerungen daraus:

- Die Vorgaben der Bio-EU Bioverordnung bedingen **systemische Änderungen** für den landwirtschaftlichen Betrieb, woraus aber auch eine deutlich höhere **Multifunktionalität** resultiert, die damit auch **mittel- und langfristig** gegeben ist.
- Die **Bio-EU-Verordnung** und **spezifische Bio-Förderungen** sichern damit hohe Grundleistungen mittel- und langfristig ab.
- **Über die Bio EU Verordnung hinausgehende Ausgestaltung** und ausgewählte Verschärfungen in den Richtlinien (Bioverbandsrichtlinien, Premium-Bio-Produktlinien) ergibt sich eine **weitere Differenzierung innerhalb des Biolandbaus**.

7. Literatur

- Åkerfeldt, M. P., Gunnarsson, S., Bernes, G., & Blanco-Penedo, I. (2021). Health and welfare in organic livestock production systems—a systematic mapping of current knowledge. *Organic Agriculture*, 11(1), 105–132. <https://doi.org/10.1007/s13165-020-00334-y>
- APCC (Austrian Panel on Climate Change) (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14): Synopse – Das Wichtigste in Kürze. Austrian Panel on Climate Change (APCC), Climate Change Centre Austria, Wien, Österreich. Ballard, V., Aubert, T., Tristant, D., Schmidely, P. (2011): Effects of plants extracts on methane production and milk yield for dairy cows. *Renc Rech Ruminants* 18, 141.
- Bertalanffy, L. V. (1969). General system theory: Foundations, development, applications. New York
- Birkhofer, K., Smith, H. G., & Rundlöf, M. (2016). Environmental Impacts of Organic Farming. In *eLS* (pp. 1–7). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0026341>
- Boone, L., Roldán-Ruiz, I., Van linden, V., Muylle, H., & Dewulf, J. (2019). Environmental sustainability of conventional and organic farming: Accounting for ecosystem services in life cycle assessment. *Science of the Total Environment*, 695, 133841. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133841>
- Cambardella, C., Delate, K., & Jaynes, D. (2015). Water Quality in Organic Systems. *Sustainable Agriculture Research*, 4(3).
- Eyhorn, F., Muller, A., Reganold, J. P., Frison, E., Herren, H. R., Lutikholt, L., Mueller, A., Sanders, J., Scialabba, N. E.-H., Seufert, V., & Smith, P. (2019). Sustainability in global agriculture driven by organic farming. *Nature Sustainability*, 2(4), 253–255. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0266-6>
- FAO. (2014). SAFA Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems. Guidelines. Version 3.0. <http://www.fao.org/3/i3957e/i3957e.pdf>
- Gattinger, A., Muller, A., Haeni, M., Skinner, C., Fliessbach, A., Buchmann, N., Mäder, P., Stolze, M., Smith, P., Scialabba, N. E.-H., & Niggli, U. (2012). Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(44), 18226. <https://doi.org/10.1073/pnas.1209429109>
- Gomiero, T., Pimentel, D., & Paoletti, M. G. (2011). Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(1–2), 95–124. <https://doi.org/10.1080/07352689.2011.554355>
- Gottwald, F., & Stein-Bachinger, K. (2018). ‘Farming for Biodiversity’—a new model for integrating nature conservation achievements on organic farms in north-eastern Germany. *Organic Agriculture*, 8(1), 79–86. <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0198-2>
- Kijlstra, A., & Eijck, I. A. J. M. (2006). Animal health in organic livestock production systems: A review. In *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* (Vol. 54, Issue 1, pp. 77–94). Koninklijke Landbouwkundige Vereniging. [https://doi.org/10.1016/S1573-5214\(06\)80005-9](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(06)80005-9)
- Lindenthal, T, Steinmüller, H., Wohlmeyer, H., Pollak, M. Narodoslowski, M. (2001): Landwirtschaft und nachhaltige Entwicklung des ländlichen Raumes. 2. SUSTAIN Bericht: Umsetzung nachhaltiger Entwicklung in Österreich, Verein Sustain, TU Graz, BMVIT Wien.

- Lindenthal, T., Maurer, L., Schweiger, S., Hörtenhuber, S. (2018): Bewertung von verschiedenen österreichischen Fleischsorten im Hinblick auf ausgewählte ökologische Indikatoren. Hintergrundstudie für den WWF-Fleischratgeber. Endbericht FiBL Österreich. Wien.
- Lindenthal, T., Markut, T., Hörtenhuber, S., Theurl, M., Rudolph, G. (2010): Greenhouse Gas Emissions of Organic and Conventional Foodstuffs in Austria. VII. International conference on life cycle assessment in the agri-food sector (LCA Food), 22.-24. September 2010, Bari, Italy. Proceeding, Vol (1), pp 319 – 324.
- Lindenthal (2019): Fakten zur klimafreundlichen Landwirtschaft und die Rolle der Bio-Landwirtschaft, Factsheet Bio Austria, Wien und Zentrum für Globalen Wandel und Nachhaltigkeit, Universität für Bodenkultur Wien. 15 S.
- Lindenthal, T. (2020): Der CO₂ Fußabdruck von Lebensmitteln – Wege einer klimafreundlichen Ernährung. *Natur & Land*, 106, 3, 53-54.
- Lori, M., Symnaczyk, S., Mäder, P., De Deyn, G., & Gattinger, A. (2017). Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—A meta-analysis and meta-regression. *PLOS ONE*, 12(7), e0180442. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180442>
- Lu, H., Chang, Y.-H., & Wu, B.-Y. (2020). The compare organic farm and conventional farm to improve sustainable agriculture, ecosystems, and environment. *Organic Agriculture*, 10(4), 409–418. <https://doi.org/10.1007/s13165-020-00278-3>
- Mäder P, Fließbach A, Dubois D, Gunst L, Fried P, Niggli U (2002): Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 296, 1694-1697.
- Meemken, E.-M., & Qaim, M. (2018). Organic Agriculture, Food Security, and the Environment. *Annual Review of Resource Economics*, 10(1), 39–63. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100517-023252>
- Meier M.S., Böhler D., Hörtenhuber S., Leiber F., Meili E. & Oehen B. (2014): Nachhaltigkeitsbeurteilung von Schweizer Rindfleischproduktionssystemen verschiedener Intensität. FiBL, Frick, Schweiz.
- Meier, M.S., Stoessel F., Jungbluth N., Juraske R., Schader C, Stolze M. (2015): Environmental impacts of organic and conventional agricultural products e Are the differences captured by life cycle assessment?. *Journal of Environmental Management* 149, 193-208.
- Mondelaers, K., Aertsens, J., & Van Huylenbroeck, G. (2009). A meta-analysis of the differences in environmental impacts between organic and conventional farming. *British Food Journal*, 111(10), 1098–1119. <https://doi.org/10.1108/00070700910992925>
- Muller, A., Schader, C., Scialabba, N.E.-H., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb, K.-H., Smith, P., Klocke, P., Leiber, F., Stolze, M., Niggli, U., (2017): Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications* 8, 1290. 1-13., <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w>
- Niggli, U., Earley, J. and Ogorzalek, K (2007a): Organic agriculture and food supply stability. Ecological and environmental stability of the food supply. Proceedings of the International Conference on Organic Agriculture and Food Security. 3.-5. May 2007, FAO, Rom. 1 -32. <ftp://ftp.fao.org/paia/organicag/ofs/Niggli.pdf>
- Niggli, U. (2007b): Mythos „Bio“ - Kommentare zum gleichnamigen Artikel von Michael Miersch in der Wochenzeitung „Die Weltwoche“ vom 20. September 2007. Forschungsinstitut für

- biologischen Landbau (FiBL), CH-Frick. <http://orgprints.org/11368/>
- Niggli, U., Schmid, H. und Fliessbach, A. (2008) Organic Farming and Climate Change. International Trade Centre (ITC) UNCTAD/WTO, Geneva. <http://orgprints.org/13414/>
- Parizad, S., & Bera, S. (2021). The effect of organic farming on water reusability, sustainable ecosystem, and food toxicity. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15258-7>
- ÖPUL Evaluierung (2017): Nationaler Evaluierungsbericht. LE 2014-20. Evaluierungspakete D, E und F. ; Groier, M. et al. (Koordination). BMLFUW, Wien
- Reganold, J. P., & Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2(2), 15221. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>
- Ref-NEKP (2019): Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich, CCCA & ÖAW-KKL Publikation (Kirchengast, G., Kromp-Kolb, H., Steininger, K., Stagl, S., Kirchner, M., Ambach, Ch., Grohs, J., Gutsohn, A., Peisker, J., Strunk, B., Hg.), V-9.9.2019, 206 S., Wien-Graz.
- Rundlöf, M., & Smith, H. G. (2006). The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context. *Journal of Applied Ecology*, 43(6), 1121–1127. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01233.x>
- Rundlöf, Maj, Smith, H., & Birkhofer, K. (2016). Effects of Organic Farming on Biodiversity. *ELS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester*, 1–7. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0026342>
- Sanders, J., & Hess, J. (2019). Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Johann Heinrich von Thünen-Institut. <https://doi.org/10.3220/REP1547040572000>
- Schader, C., Baumgart, L., Landert, J., Müller, A., Ssebunya, B., Blockeel, J., Weissshaidinger, R., Petrasek, R., Mészáros, D., Padel, S., Gerrard, C.L., Smith, L., Lindenthal, T., Niggli, U. und Stolze, M. (2016). Using the Sustainability Monitoring and Assessment Routine (SMART) for the Systematic Analysis of Trade-Offs and Synergies between Sustainability Dimensions and Themes at Farm Level. *Sustainability*, 8 (3), S. 274-294.
- Schatzler, M., Lindenthal, T. (2017): Analyse der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Österreich – Umwelt- und Tierschutzaspekte. Endbericht MA 22 Stadt Wien. 82 S.
- Schatzler, M. Lindenthal, T. (2019): Österreichische und europäische Alternativen zu Palmöl und Soja aus Tropenregionen – Möglichkeiten und Auswirkungen; Endbericht an Greenpeace. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich und Zentrum für Globalen Wandel und Nachhaltigkeit (gW/N), Universität für Bodenkultur, Wien, 80 S. https://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/news/2019/studie_palmoel_soja_1907.pdf
- Schatzler, M., Lindenthal, T. (2018): 100% Biolandbau in Österreich – Machbarkeit und Auswirkungen einer kompletten Umstellung auf biologische Landwirtschaft in Österreich auf die Ernährungssituation sowie auf ökologische und volkswirtschaftliche Aspekte. Endbericht. Mutter Erde, ORF Wien. https://www.muttererde.at/motherearth/uploads/2018/05/FiBL_gWN_-Bericht_-100P-Bio_Finalversion_21Mai18.pdf

- Seufert, V., & Ramankutty, N. (2017). Many shades of gray—The context-dependent performance of organic agriculture. *Science Advances*, 3(3), e1602638. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1602638>
- Skinner, C., Gattinger, A., Krauss, M., Krause, H.-M., Mayer, J., van der Heijden, M. G. A., & Mäder, P. (2019). The impact of long-term organic farming on soil-derived greenhouse gas emissions. *Scientific Reports*, 9(1), 1702. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38207-w>
- Skinner, C., Gattinger, A., Muller, A., Mäder, P., Fliebach, A., Stolze, M., Ruser, R., & Niggli, U. (2014). Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management - A global meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 468–469, 553–563. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.098>
- Smith, O. M., Cohen, A. L., Reganold, J. P., Jones, M. S., Orpet, R. J., Taylor, J. M., Thurman, J. H., Cornell, K. A., Olsson, R. L., Ge, Y., Kennedy, C. M., & Crowder, D. W. (2020). Landscape context affects the sustainability of organic farming systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(6), 2870 LP – 2878. <https://doi.org/10.1073/pnas.1906909117>
- Smith, O. M., Cohen, A. L., Rieser, C. J., Davis, A. G., Taylor, J. M., Adesanya, A. W., Jones, M. S., Meier, A. R., Reganold, J. P., Orpet, R. J., Northfield, T. D., & Crowder, D. W. (2019). Organic Farming Provides Reliable Environmental Benefits but Increases Variability in Crop Yields: A Global Meta-Analysis. In *Frontiers in Sustainable Food Systems* (Vol. 3, p. 82). <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fsufs.2019.00082>
- Spoolder, H. A. M. (2007). Animal welfare in organic farming systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(15), 2741–2746. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.2999>
- Stein-Bachinger, K., Gottwald, F., Haub, A., & Schmidt, E. (2021). To what extent does organic farming promote species richness and abundance in temperate climates? A review. *Organic Agriculture*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s13165-020-00279-2>
- Theurl, M.C., Markut, T., Hörtenhuber, S., Lindenthal, T. (2011): Product-Carbon-Footprint von Lebensmitteln in Österreich: biologisch und konventionell im Vergleich. 11. Wissenschaftstagung, Ökologischer Landbau, Gießen, 16.-18. März 2011.
- Theurl, M.C., Haberl, H., Erb, K.-H., Lindenthal, T. (2014): Contrasted greenhouse gas emissions from local versus long-range tomato production. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 593–602.
- Tuck, S. L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L. A., & Bengtsson, J. (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 51(3), 746–755. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2664.12219>
- UBA (2019a): Treibhausgase. Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2019 <https://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/treibhausgase/>
- UBA (2019b): Nahzeitprognose der österreichischen Treibhausgas-Emissionen für 2018. Nowcast 2019, Projektbericht. Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2019. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0701.pdf>
- Williams, D. M., Blanco-Canqui, H., Francis, C. A., & Galusha, T. D. (2017). Organic Farming and Soil Physical Properties: An Assessment after 40 Years. *Agronomy Journal*, 109(2), 600–609. <https://doi.org/https://doi.org/10.2134/agronj2016.06.0372>

- Wirz, A., Tennhardt, L., Lindenthal, T., Griese, S., Opielka, M., Peter, S. (2018): Vergleich von ökologischer und konventioneller Landwirtschaft als Beispiel einer vergleichenden Nachhaltigkeitsbewertung landwirtschaftlicher Systeme. TAB-Endbericht. Deutscher Bundestag, Berlin.
- Zamecnik G., Schweiger S., Himmelfreundpointner E., Schlatzer M., Lindenthal T. (2021): Klimaschutz und Ernährung – Darstellung und Reduktionsmöglichkeiten der Treibhausgasemissionen von verschiedenen Lebensmitteln und Ernährungsstilen . Endbericht. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Wien. Österreich Im Auftrag von Ja! Natürlich Naturprodukte GmbH und Greenpeace in Zentral- und Osteuropa (in Vorbereitung).

8. Anhang

Tabelle 3. Erläuterungen zu den in den Abbildungen Nr. 13 - 15 angeführten SMART Indikatoren sowie deren Realisierung von den analysierten biologischen Betrieben der Produktgruppen Frischeier und Lagergemüse. Die Pfeile geben den Grad der Realisierung wieder (siehe Legende Abbildung 3). Der hellgrüne Balken stellt zusätzlich die Realisierung in einer 0% - 100% Verteilung dar (Balken füllt gesamte Zelle aus = 100% bzw. volle Realisierung).

Indikator SMART	Erläuterungen	Friseier	Lager- gemüse
Mineralischer N Dünger	Menge an mineralischem Stickstoffdünger, der auf der Betriebsfläche pro Jahr und Hektar ausgebracht wird. <i>Positive Bewertung bedeutet geringere Menge</i>		
Anteil Leguminosen auf Ackerfläche	<i>Positive Bewertung bedeutet höheren Anteil</i>		
Anteil Kunstwiesen an Ackerfläche	Anteil der Kunstwiese/temporäres Grünland (Klee gras, Luzerne gras oder ähnliches) an der Ackerfläche <i>Positive Bewertung bedeutet höheren Anteil</i>		
Kompost	Anteil des organischen Düngers aus Kompost <i>Positive Bewertung bedeutet höheren Anteil</i>		
Maßnahmen gegen Bodendegradation	Anteil der durch Bodendegradation gefährdeten landwirtschaftlichen Nutzfläche auf der Maßnahmen zur Bekämpfung dieser Degradation ergriffen werden. <i>Positive Bewertung bedeutet höheren Anteil</i>		
Anzahl Kulturen in der Fruchtfolge	<i>Positive Bewertung bedeutet höhere Anzahl</i>		
Zwischenfrüchte	Anteil der Ackerfläche auf der Zwischenfrüchte angebaut werden. <i>Positive Bewertung bedeutet höheren Anteil</i>		
Begrünung von Ackerflächen außerhalb Anbauperiode	Anteil der Ackerfläche, die außerhalb der Anbauperiode mit einer Pflanzendecke bedeckt ist. <i>Positive Bewertung bedeutet höheren Anteil</i>		
Nützlingsschutz/-förderung	Nützlinge werden mit gezielten Maßnahmen geschützt und gefördert.		
Massnahmen Erosionsschutz	Nötige Maßnahmen zum Erosionsschutz auf landwirtschaftlichen Nutzflächen mit unter 15 % Hangneigung werden getroffen.		
Erosionsschutz > 15 %	Nötige Maßnahmen zum Erosionsschutz auf landwirtschaftlichen Nutzflächen mit über 15 % Hangneigung werden getroffen.		
Maßnahmen gegen Schadverdichtung durch schwere Maschinen	Es werden ausreichend Maßnahmen gegen Schadverdichtung durch schwere Maschinen getroffen.		
Seltene bzw. gefährdete landwirtschaftliche Kulturpflanzen	Anzahl seltener bzw. gefährdeter landwirtschaftlicher Kulturarten und -sorten, die am Betrieb angebaut werden. <i>Positive Bewertung bedeutet höhere Anzahl</i>		
Verzicht auf Herbizide	Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche auf der auf den Einsatz von chem. synth. Herbiziden verzichtet wird. <i>Positive Bewertung bedeutet höheren Anteil</i>		
Sortenwahl: Resistenzen und Krankheiten	Bei der Wahl der Sorten wird auf Resistenzen gegenüber Schadorganismen/Krankheiten geachtet.		

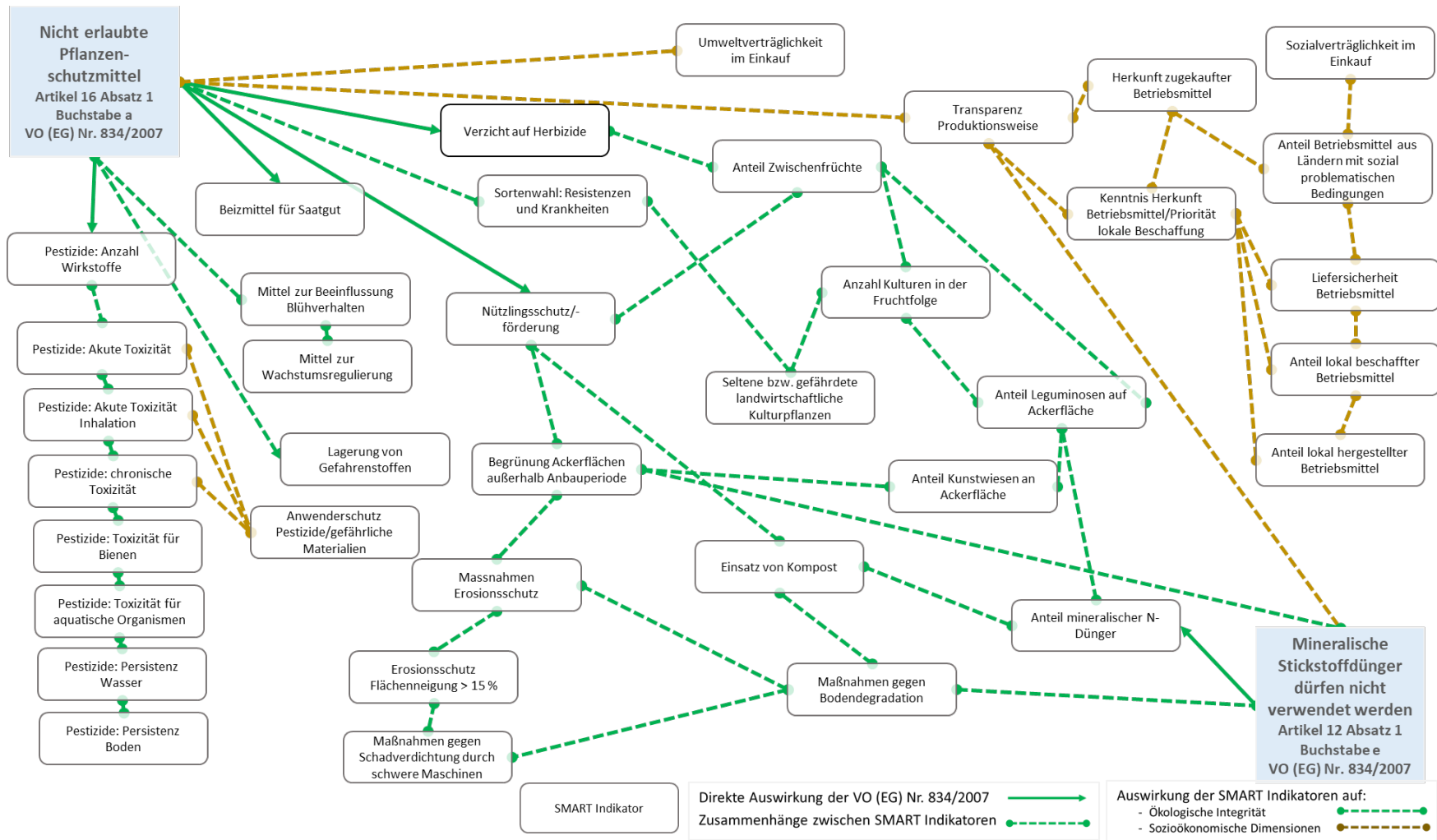


Abbildung 16. Beziehungsgeflecht und Wechselwirkungen von SMART Indikatoren, welches sich durch die Vorgabe von zwei Maßnahmen der VO (EG) Nr. 834/2007 ergeben kann. Symbolerklärungen siehe Legende in der Abbildung

