

# **Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten**

**– Untersuchungen in einem Netzwerk von  
Pilotbetrieben**

**Kurt-Jürgen Hülsbergen, Harald Schmid, Hans Marten Paulsen (Hrsg.)**

**Thünen Report 92**

**Bibliografische Information:**  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

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

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter [www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

*Volumes already published in this series are available on the Internet at [www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)*

**Zitationsvorschlag – Suggested source citation:**  
**Hülsbergen K-J, Schmid H, Paulsen HM (Hrsg.) (2022)** Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 540 p, Thünen Rep 92, DOI:10.3220/REP1646034190000

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

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



## Thünen Report 92

Herausgeber/Redaktionsanschrift – Editor/address

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

[thuenen-report@thuenen.de](mailto:thuenen-report@thuenen.de)  
[www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

ISSN 2196-2324

ISBN 978-3-86576-236-8

DOI: 10.3220/REP1646034190000

urn:nbn:de:gbv:253-202203-dn064672-4

# **Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten**

**– Untersuchungen in einem Netzwerk von  
Pilotbetrieben**

**Kurt-Jürgen Hülsbergen, Harald Schmid, Hans Marten Paulsen (Hrsg.)**

**Thünen Report 92**

**Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen (Hrsg.)**

**Harald Schmid (Hrsg.)**

Technische Universität München

Alte Akademie 12

85350 Freising-Weihenstephan

E-Mail: sekretariat.oekolandbau@wzw.tum.de

**Dr. Hans Marten Paulsen (Hrsg.)**

Thünen-Institut für Ökologischen Landbau

Trenthorst 32

23847 Westerau

E-Mail: hans.paulsen@thuenen.de

**Thünen Report 92**

Weihenstephan, Trenthorst/Germany, Februar 2022



#### 4.10 Gesamtbetriebliche Optimierung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls in den Pilotbetrieben

Harald Schmid, Hans-Marten Paulsen, Kathrin Wagner, Sylvia Warnecke, Peter Hinterstoisser, Franziska Schulz, Maximilian Schüller, Lucie Chmelíková, Sandra Anke, Jörn Sanders, Ilsabe von Stieglitz, Karen Schröder, Richard Beisecker, Theresa Seith, Harald Becker, Kurt-Jürgen Hülsbergen

##### Zusammenfassung

Die gesamtbetriebliche Optimierung war ein Schwerpunkt der Untersuchungen in den Pilotbetrieben in der dritten Projektphase von 2014 bis 2021. Auf der Grundlage mehrjähriger Analysen wurden die betriebliche Ausgangssituation und Schwachstellen in den Bereichen Erträge und Leistungen, Humusversorgung, Nährstoffkreisläufe, Energieeffizienz, Stickstoffeffizienz, Treibhausgasemissionen, Haltungsbedingungen, Medikamenteneinsatz, Tiergesundheit und Tierwohl analysiert.

In Optimierungsworkshops wurden mit den Betriebsleitern Strategien und Maßnahmen zur Betriebsentwicklung abgeleitet, um die Ressourceneffizienz zu erhöhen, die Treibhausgasemissionen zu vermindern und die Haltungsbedingungen zu verbessern. Hierzu wurden betriebsindividuell Randbedingungen und Restriktionen definiert und realistische Annahmen getroffen, z. B. zu Ertragseffekten pflanzenbaulicher Maßnahmen. Unter Beachtung der betriebspezifischen Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen wurden potenzielle Wirkungen auf die Ressourceneffizienz, die Humus-, Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzen mit den Modellen REPRO und HUNTER. Mögliche Wirkungen des veränderten Managements auf das Tierwohl wurden anhand der Parameter des Welfare Quality® Protocol aufgezeigt. Die Umsetzbarkeit der Maßnahmen und Strategien wurde anhand ökonomischer Bewertungen eingeschätzt.

An Fallbeispielen wird dargestellt, wie die Optimierungsstrategien in den Pilotbetrieben abgeleitet, bewertet und umgesetzt wurden. Ein wesentliches Ziel bestand darin, Tierwohl, Klima- und Ressourcenschutz zu verbinden, Zielkonflikte aufzulösen und Synergieeffektive zu nutzen. Abschließend werden die einzelbetrieblichen Ergebnisse in einen größeren Zusammenhang gestellt und Empfehlungen für Landwirtschaft, Beratung und Agrar-Umweltpolitik abgeleitet.

Schlüsselwörter: Treibhausgasbilanz, Humusbilanz, Stickstoffeffizienz, Tierwohl, Fallbeispiele, Szenarien, Indikatoren, Bewertungsfunktionen

##### Abstract

Optimization of entire farms was a key point of the pilot farms project in its third research phase from 2014 to 2021. Based on several years of analyses, the initial farm situation and weak points were studied in the areas of yields and outputs, humus supply, nutrient cycles, energy efficiency, nitrogen efficiency, greenhouse gas emissions, animal husbandry conditions, use of medicines, animal health and animal welfare.

In optimization workshops, strategies and management options were developed together with the farmers to increase resource efficiency, reduce greenhouse gas emissions and improve animal husbandry conditions. For this purpose, farm-specific boundary conditions and restrictions were defined and realistic assumptions were made, e.g. on the yield effects of crop production measures. Taking into account the farm-specific site and management conditions, potential effects on resource efficiency, humus, nutrient, energy and greenhouse gas balances were analysed using the REPRO and HUNTER models. Possible effects of changed management on animal welfare were shown using the indicators of the Welfare Quality® Protocol. The feasibility of these actions and strategies was assessed by an economic evaluation.

Case studies are used to illustrate how the optimization strategies were derived, evaluated and implemented in the pilot farms. A major goal was to combine animal welfare, climate protection and resource conservation, to resolve conflicting goals and to use synergy effects. Finally, the individual farm results are placed in a broader context and recommendations for agriculture, consulting and agri-environmental policy are derived.

Keywords: greenhouse gas balance, humus balance, nitrogen efficiency, animal welfare, case studies, scenarios, indicators, assessment functions

#### 4.10.1 Einleitung

##### **Problemstellung und Forschungsbedarf**

Die Steigerung der Ressourceneffizienz landwirtschaftlicher Produktionssysteme ist eine der größten globalen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte. Angesichts immer knapper werdender Ressourcen (Boden, Energie, Wasser, Nährstoffe), dem wachsenden Bedarf an Nahrungsmitteln und Biomasse sowie der negativen Effekte des Klimawandels kommt der Effizienzsteigerung zentrale Bedeutung zu (Godfray et al., 2010; Hülsbergen et al., 2013). Wichtige Effizienzindikatoren landwirtschaftlicher Systeme sind die Energieeffizienz (Hülsbergen et al., 2001), die Stickstoffeffizienz (Lin et al., 2016), die Wassernutzungseffizienz (Schittenhelm, 2011) sowie die Landnutzungseffizienz (Tuomisto et al., 2012, Lin et al., 2017).

Die Ressourceneffizienz, insbesondere die Stickstoff- und Energieeffizienz, steht in enger Beziehung zu den Treibhausgas (THG)-Emissionen der Landwirtschaft. So treten z. B. besonders hohe Lachgasemissionen auf, wenn Düngerstickstoff ungenügend von den Kulturpflanzen ausgenutzt wird. Gleichmaßen mindert eine geringe Stickstoffeffizienz auch die Energieeffizienz, da die Stickstoffproduktion einen hohen Input fossiler Energie erfordert (Hülsbergen et al., 2002). In der Milchproduktion beschreiben Lorenz et al. (2019) starke Abhängigkeiten der produktgebundenen Treibhausgasemissionen von der Milchleistung der Tiere und der Futtermittelverwertung, sie zeigen aber hohe Bandbreiten der Werte auf. Auch bei relativ niedrigen bis mittleren Milchleistungen und extensiven Haltungsformen können niedrige Treibhausgasemissionen auftreten. Dies zeigen auch die Analysen in den Pilotbetrieben, in denen hohe Bandbreiten der produktbezogenen THG-Emissionen gefunden wurden (Frank et al., 2019).

Nach DAFA (2012) wird die weltweite Verschärfung der Ressourcenknappheit bei steigender Nachfrage nach Lebensmitteln tierischer Herkunft den Trend zur Intensivierung in der Tierproduktion verstärken.

Andererseits werden die Haltungsbedingungen und der Tierarzneimiteleinsatz intensiver Tierproduktionsysteme von einem Großteil der deutschen Bevölkerung kritisch gesehen. Gesetzlich verankerte Tierschutzanforderungen müssen erfüllt und anhand geeigneter Kriterien belegt werden (Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim BMEL, 2015; Busch und Spiller, 2018).

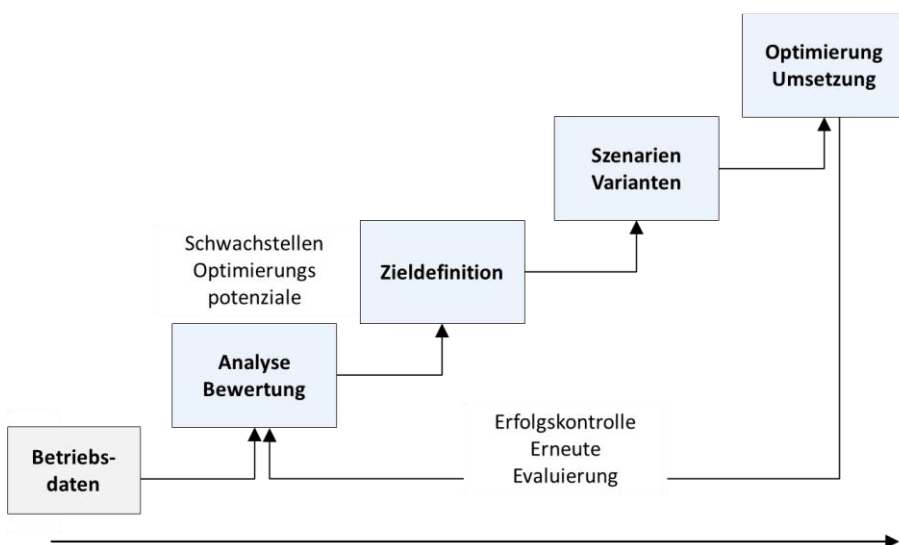
Eine grundlegende Strategie zur Steigerung der Ressourceneffizienz ist die nachhaltige Intensivierung (vgl. Tilman et al., 2002; Banwart, 2011). Hiermit sollen durch geeignete, standortadaptierte Maßnahmen Ertrags- und Leistungssteigerungen erzielt, aber zugleich Anforderungen des Boden-, Klima- und Biodiversitätsschutzes, der ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit berücksichtigt werden (The Royal Society, 2009; Foley et al., 2011; Leopoldina, 2012). Bei Analysen zur Verbesserung der Effizienz in der Tierhaltung sind Tierwohlaspekte auf der Basis ressourcen-, management- und tierbezogener Indikatoren in die Betriebsoptimierung einzubeziehen (Broom, 2019; Herzog et al., 2018; Place, 2018). Für eine wissenschaftliche Gesamtbewertung des Wohlbefindens landwirtschaftlicher Nutztiere ist das Welfare Quality® Protocol entwickelt worden (Welfare-Quality, 2009); es gilt als bester verfügbarer Standard zur Beurteilung des Tierwohls in der Wissenschaft.

Bei der Optimierung landwirtschaftlicher Betriebe sind die komplexen Zusammenhänge zwischen Produktionsintensität, Ressourceneffizienz und Treibhausgasemissionen zu berücksichtigen. Es kann bei der betrieblichen Optimierung zu Zielkonflikten, aber auch zu Synergieeffekten kommen. Nicht jede abgeleitete Optimierungsstrategie ist in den landwirtschaftlichen Unternehmen umsetzbar. Managementfähigkeiten, Betriebsleiterqualifikation und -präferenzen, Flächen- und Technikausstattung, langfristige Entwicklungsperspektive (Betriebsnachfolge), vor allem aber die wirtschaftlichen Auswirkungen entscheiden über die Umsetzbarkeit der Strategien. Optimierungsszenarien sind daher nicht nur hinsichtlich der ökologischen Wirkungen, sondern auch der sozioökonomischen Effekte zu beurteilen. Letztlich können nur die Maßnahmen und Strategien umgesetzt werden, die wirtschaftlich tragfähig sind.

Nachfolgend wird an Fallbeispielen dargestellt, wie die gesamtbetriebliche Optimierung von Ressourceneffizienz und Tierwohl in den Pilotbetrieben erfolgte und welche Ergebnisse erzielt wurden. Im Mittelpunkt stehen die auf Optimierungsworkshops gemeinsam mit den Betriebsleitern abgeleiteten Optimierungsstrategien, die hinsichtlich ihrer Effekte auf die Ressourceneffizienz, die Treibhausgasemissionen und das Tierwohl bewertet werden. Die einzelbetrieblichen Ergebnisse werden abschließend in einen größeren Zusammenhang gestellt, um allgemeine Empfehlungen für Landwirtschaft, Beratung und Agrar-Umweltpolitik ableiten zu können.

#### **4.10.2 Material und Methoden**

Optimierungsworkshops waren ein Schwerpunkt der Projektarbeiten in der Projektphase 2014 bis 2020. Ausgehend von den Ergebnissen einer umfassenden mehrjährigen Analyse der Pilotbetriebe wurden betriebliche Schwachstellen, z. B. überhöhte produktbezogene THG-Emissionen, negative Humusbilanzen, erhöhte N-Salden und N-Verlustpotenziale, niedrige Werte nach Welfare Quality® Protocol, identifiziert und gemeinsam mit den Betriebsleitern Optimierungsstrategien abgeleitet. Hierbei wurden die Modelle REPRO und HUNTER für die Analyse und Bewertung der Humus-, Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzen sowie Ergebnisse der Analyse und Bewertung der Haltungsbedingungen in der Milchviehhaltung sowie der Tierwohlbewertung nach dem Welfare Quality® Protocol verwendet.



**Abbildung 4.10-1:** Prinzip-Darstellung zur Ableitung und Umsetzung von betrieblichen Optimierungsstrategien.

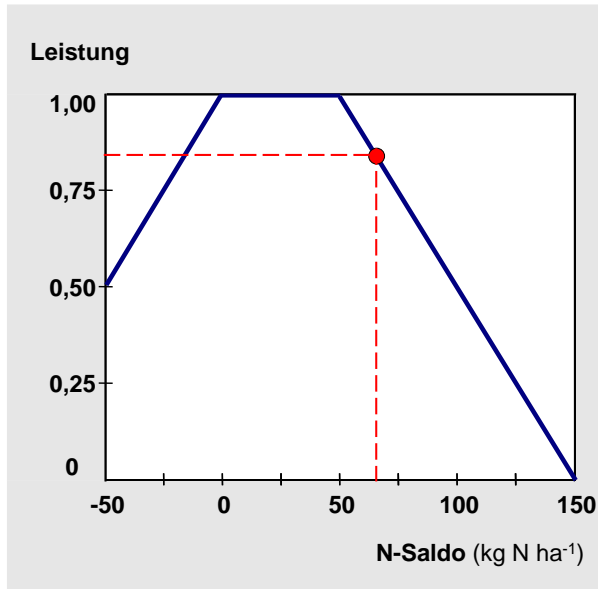
Bei der Ableitung der betrieblichen Maßnahmen und Strategien wurden die Besonderheiten der Betriebe hinsichtlich der Standortbedingungen, der Betriebsstruktur, der Technik- und Arbeitskraftausstattung, der vorhandenen Gebäude und baulichen Einrichtungen (v.a. der Milchviehställe) berücksichtigt. Zur Modellierung der ökologischen und ökonomischen Wirkungen der Optimierungsmaßnahmen wurden Annahmen getroffen, z. B. zu Wirkungen auf Erträge und Leistungen, die auf Optimierungsworkshops mit allen Beteiligten (Wissenschaftler, Berater, Landwirte) abgestimmt wurden. Auf dieser Grundlage erfolgte die Modellierung der Szenarien. Die Ergebnisse wurden in den Betrieben vorgestellt und diskutiert.

Ein Ziel der betrieblichen Auswertungen und Optimierungen bestand darin, Tierwohl, Klima- und Ressourcenschutz zu verbinden sowie Zielkonflikte und Synergieeffekte darzustellen. Einzelbetrieblich wurden Maßnahmen zur Betriebsentwicklung abgeleitet, um die Haltungsbedingungen zu verbessern und gleichzeitig THG-Emissionen zu vermindern.

Anhand der Pilotbetriebe PB 33, PB 43, PB 73, PB 85, PB 71, PB 40 werden einzelne oder mehrere Optimierungsszenarien (z. B. Betrieb PB 40) beschrieben und die zu erwartenden Effekte dargestellt und bewertet. Es handelt sich um drei ökologische und drei konventionelle Betriebe, davon vier Milchvieh- und zwei Marktfruchtbetriebe in unterschiedlichen Regionen (Ost-Westfalen, Bergisches Land, Nord-west-Mecklenburg, Küstenregion Nordostdeutschland, Südliches Schleswig-holsteinisches Hügelland, Ost-Westfalen, Soester Börde). Die Umsetzbarkeit der Maßnahmen wird anhand ökonomischer Kriterien eingeschätzt. Die Vorgehensweise ist in der Prinzip-Darstellung zur Ableitung und Umsetzung von betrieblichen Optimierungsstrategien (Abbildung 4.10-1) skizziert. Die Betriebsleiter haben einige der Empfehlungen schrittweise umgesetzt und Maßnahmen erprobt, so dass z. T. eine Gegenüberstellung der geplanten und der realen Effekte erfolgen kann.

## Bewertungsfunktionen

Die Bewertung der Humus-, Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzen der Ausgangssituation und der Zielvarianten erfolgte mit Bewertungsfunktionen (Beispiel in Abbildung 4.10-2).



**Abbildung 4.10-2:** Bewertungsfunktion für den Indikator „Flächenbezogener N-Saldo“, Modell REPRO (Hülsbergen, 2003).

Für die verwendeten Indikatoren wurden anzustrebende Wertebereiche (Zielwerte) definiert. Die in Maßeinheiten angegebenen Indikatorwerte werden mit den Bewertungsfunktionen in dimensionslose Werte umgewandelt<sup>1</sup>. Methodische Grundlage sind die im Modell REPRO verwendeten Bewertungsfunktionen (Hülsbergen, 2003), die für die Fragestellung dieser Arbeit erweitert und ergänzt wurden. In REPRO wird für jeden Indikator das Bewertungsergebnis in einem Diagramm angezeigt<sup>2</sup>, so dass die Bewertung nachvollziehbar ist. Die Indikatoren und Bewertungsergebnisse können anschließend in Netzdiagrammen dargestellt werden (vgl. Abbildung 4.10-3).

Tabelle 4.10-1 zeigt eine Übersicht der Indikatoren zur Bewertung des Pflanzenbaus (Ausgangssituation und Szenarien) verwendeten Indikatoren, Methoden und Zielwerte.

<sup>1</sup> Bei der Ableitung des Optimalbereichs der Bewertungsfunktion für den flächenbezogenen N-Saldo wurde davon ausgegangen, dass N-Verluste bis 50 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> tolerierbar sind. Bei Über- und Unterschreiten des optimalen Wertebereiches wird eine nicht nachhaltige Bewirtschaftung angezeigt. Bei langjährig negativen N-Salden ist eine Verminderung der Boden-N-Vorräte zu erwarten, was letztlich zur Verminderung der Ertragsfähigkeit der Böden führt. Mit steigenden N-Salden steigt die Gefahr der N-Verluste. Bei der Festlegung der Bewertungsfunktion sind gleichermaßen Umweltwirkungen und ökonomische Effekte zu beachten.

<sup>2</sup> Auf der x-Achse wird der Indikatorwert, auf der y-Achse der Grad der Nachhaltigkeit aufgetragen. Der normalisierte Wert 0 ist die ungünstigste Situation (nicht nachhaltige Bewirtschaftung), 1 die günstigste Situation (nachhaltige Bewirtschaftung).

**Tabelle 4.10-1:** Übersicht der Indikatoren und Zielwerte zur Ressourceneffizienz und ökologischen Nachhaltigkeit des Pflanzenbaus

Indikator	Methode	ME	Zielwertbereich
Ertragsleistung	Getreideeinheiten-Methode	GE ha <sup>-1</sup>	öko > 60 konv > 75
Energiebindung	Energiebilanz, Prozessanalyse	GJ ha <sup>-1</sup>	öko > 120 konv > 150
N-Saldo	Stickstoffbilanz	kg N ha <sup>-1</sup>	0 – 50
N-Verwertung	Stickstoffbilanz	%	> 75
P-Saldo	Phosphorbilanz	kg P ha <sup>-1</sup>	-5 – 5
K-Saldo	Kaliumbilanz	kg K ha <sup>-1</sup>	-50 – 50
Humus-Saldo	Humusbilanz, dynamische HE-Methode	kg Hu-C ha <sup>-1</sup>	öko 0 – 300 konv 75 – 100
Humus-Versorgung	Humusbilanz, dynamische HE-Methode	%	75 – 125
Energieinput	Energiebilanz, Prozessanalyse	GJ ha <sup>-1</sup>	< 2
Energieeffizienz	Energiebilanz, Prozessanalyse	dimensionslos	> 15
Energieintensität	Energiebilanz, Prozessanalyse	MJ GE <sup>-1</sup>	< 200
THG-Emissionen, flächenbezogen	THG-Bilanz	kg CO <sub>2 eq</sub> ha <sup>-1</sup>	< 1500
THG-Emissionen, produktbezogen	THG-Bilanz, je Getreideeinheit	kg CO <sub>2 eq</sub> GE <sup>-1</sup>	< 35
THG-Emissionen, produktbezogen	THG-Bilanz, je GJ Energiebindung	kg CO <sub>2 eq</sub> GJ <sup>-1</sup>	< 15

Die Bewertungskriterien des Tierwohls nach dem Welfare Quality® Protocol for Cattle (WQ®) sind in Kapitel 4.7, die vorgefundene Haltungssituation der Tiere in den Kapiteln 4.4 und Kapitel 4.5 und zur Medikation in Kapitel 4.8 ausführlich erläutert. Nachfolgend werden die Situation der Tiere auf den Betrieben auf Basis dieser Daten beschrieben und Maßnahmen abgeleitet, um das Tierwohl zu verbessern. Beides wurde auch auf den Betrieben diskutiert. Die Ergebnisse der Tierwohlbewertung nach dem Welfare Quality® Protocol und die hypothetischen Verbesserungen durch verbessertes Management werden auf Ebene der Tierwohlkriterien in Netzdiagrammen dargestellt. Zur Darstellung potentieller Effekte von Managementänderungen wurde nur die Bewertung bei den Parametern verändert und auf 100 Score Punkte (bzw. beste Bewertung) gesetzt, bei denen bei der aktuellen Beurteilung weniger als 55 Punkte („akzeptable“ oder „nicht klassifizierte“ Situationen) erreicht wurden. Das Gesamtergebnis für die Bewertung bei den Tierwohlkriterien wurde dann jeweils neu berechnet und als Ergebnis des ausgewählten Szenarios für das Tierwohl dargestellt. In den Netzdiagrammen, die zur Illustration der Ergebnisse auf den Betrieben genutzt wurden und die im Tierwohl-Tool-Milchvieh für die Beratung optimierten wurden (vgl. Kapitel 4.9), wird weiteres Optimierungspotential deutlich.

### Ökonomische Auswirkungen

Die ökonomische Analyse der Szenarien zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls erfolgte in drei Schritten. Zunächst wurden im Rahmen von Betriebsbesuchen Kennzahlen zur Struktur

und Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Produktion erhoben (Erträge, Preise, Kosten und Arbeitsschritte der einzelnen Produktionsverfahren sowie Angaben zur Rechts- und Betriebsform, zu den Produktionsfaktoren sowie zur strategischen Ausrichtung). Die Erhebung beschränkte sich auf den Acker- und Futterbau sowie die Tierhaltung. Dauer- und Sonderkulturen wurden nicht im Detail erfasst. Die Erhebung basierte unter anderem auf Angaben aus den Jahresabschlüssen, der Betriebsbuchführung und mündlichen Angaben der Betriebsleiter.

Anschließend wurden die Daten digitalisiert, in eine Datenbank eingespeist und mithilfe des einzelbetrieblichen Simulationsmodells COMPAS ausgewertet (Landert et al., 2020). Die durchgeführte Analyse des Status quo umfasste eine Leistungs-Kostenrechnung der einzelnen Produktionsverfahren sowie eine ökonomische Bewertung des Gesamtbetriebs. Im nächsten Schritt wurden die Ergebnisse der Optimierungsworkshops operationalisiert und für jeden Betrieb ein Optimierungsszenario definiert. Hierzu erfolgte zunächst eine Spezifizierung der Input- und Output-Koeffizienten des Modells, die sich durch die Maßnahmen ändern. Die dabei unterstellten Annahmen basierten auf dem Expertenwissen der Projektpartner, Angaben der Landwirte, Produktionskennzahlen vom KTBL sowie Preisdaten von der Agrarmarkt Informations-Gesellschaft (AMI). Die mit Hilfe von COMPAS durchgeführte Analyse des Optimierungsszenarios umfasste eine Berechnung und Bewertung der Änderungen auf Verfahrensebene. Bei der abschließenden Gesamtbewertung wurden soweit möglich die Auswirkungen ähnlicher Maßnahmen, die auf verschiedenen Betrieben untersucht wurden, miteinander verglichen.

### 4.10.3 Ergebnisse der Betriebsoptimierung

#### 4.10.3.1 Pilotbetrieb PB 33, Region West

##### 4.10.3.1.1 Kennzeichnung des Betriebes

Der biologisch-dynamisch wirtschaftende Milchvieh-Gemischtbetrieb PB 33 (Tabelle 4.10-2) liegt in der Region West (Ost-Westfalen, Bergisches Land) 380 m über NN. Das feucht-kühle Klima und die heterogenen Böden mit z. T. geringer Bodenwertzahl begrenzen das Ertragsniveau im Ackerbau. 31 % der LN werden als Grünland genutzt.

**Tabelle 4.10-2:** Standortbedingungen, Betriebsstruktur und Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 33
<b>Standortbedingungen</b>		
Region		Ost-Westfalen, Bergisches Land
Höhenlage	m NN	380
Niederschlag	mm a <sup>-1</sup>	1.090
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	7,3
Bodenart		sL bis T
Bodenwertzahl		42 (25 – 65)
<b>Betriebsstruktur</b>		
Landbau, Anbauverband		ökologisch, Demeter
Betriebsform		Milchvieh-Gemischtbetrieb
Tierbesatz	GV ha <sup>-1</sup>	0,4
Milchkühe	Anzahl	50
Nutzfläche (LN)	ha	203
Ackerland (AL)	% der LN	69
Getreide	% des AL	52
Luzerne-Klee gras	% des AL	26
Körnerleguminosen	% des AL	10
Ölfrüchte	% des AL	9
Untersaaten	% des AL	8
Zwischenfrüchte	% des AL	10
Fruchtartendiversität	Index	2,86
<b>Erträge und Leistungen</b>		
Getreideeinheiten-Ertrag	GE ha <sup>-1</sup> LN	32
Energiebindung	GJ ha <sup>-1</sup> LN	84
Winterweizen-Korn-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	45
Luzerne-Klee gras-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	305
Grünland-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	300
<b>Tierhaltung</b>		
Milchleistung pro Kuh	kg ECM	6.750
Erstkalbealter	Monate	33,1
Zwischenkalbezeit	Tage	405
Nutzungsdauer	Monate	36,0
Laktationszahl	Anzahl	2,7



Der Milchvieh-Gemischtbetrieb hält 50 Milchkühe mit Nachzucht und in geringem Umfang Schweine für die Direktvermarktung. Der Tierbesatz beträgt 0,4 GV je ha. Die Rinder haben im Sommer ganztägig Weidegang. Aus extensiv genutzten Grünlandflächen wird Gras an einen Nachbarbetrieb verkauft; überschüssige Grünlandaufwüchse werden gemulcht.

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen des Betriebes sind der Tabelle 4.10-3 zu entnehmen. Der Betriebsleiter hat klar formulierte Betriebsziele und -strategien, die er langfristig verfolgt. Hierzu zählen die Gestaltung möglichst geschlossener Stoffkreisläufe und die Fütterung mit eigenerzeugtem Futter.

**Tabelle 4.10-3:** Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 33
<b>Arbeitskräfte</b>		
Familien-AK (nicht entlohnt)	AK	2,0
Abhängig Beschäftigte	AK	3,9
Nichtlandwirtschaftlicher Bereich		Hofladen, Ölmühle
<b>Umsatz und Erlöse Landwirtschaft</b>		
Milchwirtschaft	%	61
Schlachttiere	%	13
Ackerbau	%	25
<b>Rahmenbedingungen</b>		Pachtbetrieb
<b>Betriebsziele</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausbalancierung der natürlichen Leistungsfähigkeit von Boden, Pflanze, Tier und Mensch</li> <li>– möglichst geschlossener Stoffkreislauf</li> <li>– Wirtschaftlichkeit als Grundvoraussetzung, nicht als oberstes Ziel</li> </ul>		
<b>Betriebsstrategie</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– boden-, pflanzen- und tiergerechte Bewirtschaftung</li> <li>– stabile, 11-feldrige Fruchtfolge</li> <li>– Fütterung durch selbsterzeugtes Futter, weitgehend autarker Betrieb</li> </ul>		

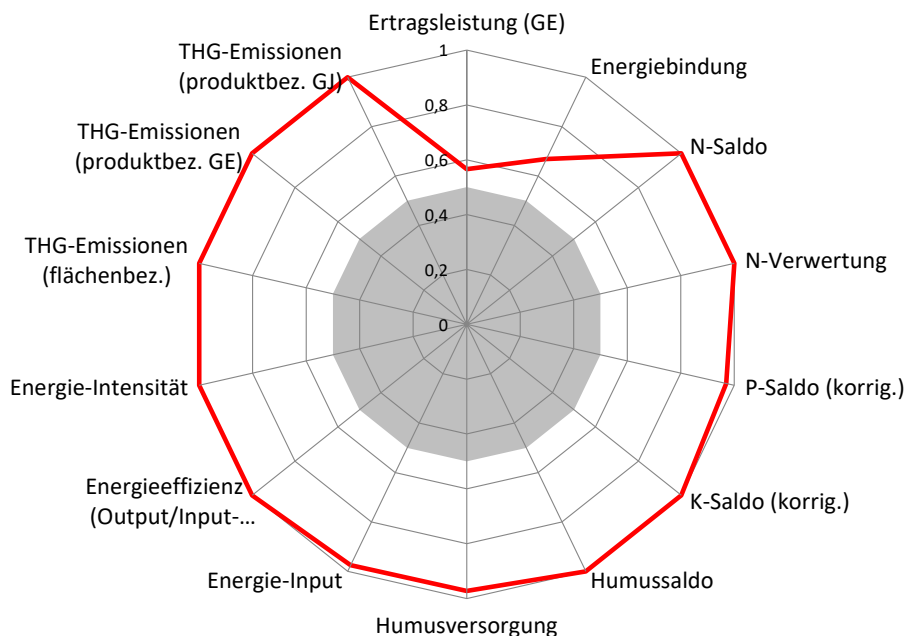
#### 4.10.3.1.2 Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen

##### Pflanzenbau und Ressourceneffizienz

Der biologisch-dynamische Pilotbetrieb PB 33 erzielt bereits in der Ausgangssituation eine hervorragende Bewertung bei den ökologischen Indikatoren (Abbildung 4.10-3). Fast alle Indikatoren erreichen die Höchstbewertung, z. B. die Energieeffizienz, der Humussaldo, die Treibhausgasemissionen. Demnach besteht aus ökologischer Sicht kein oder nur geringer Optimierungsbedarf.

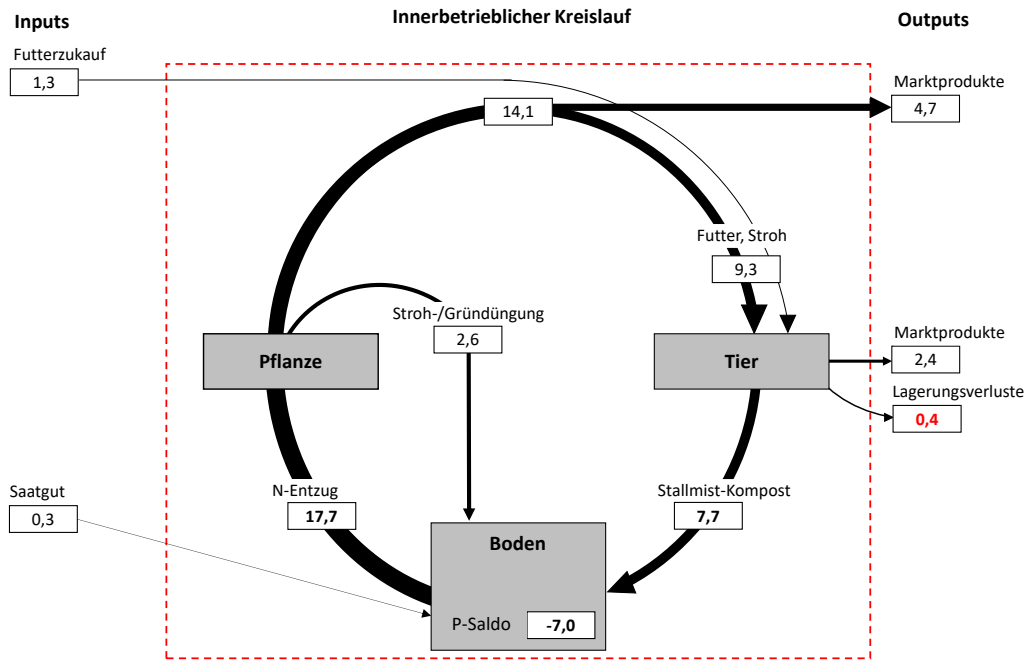
Allerdings sind die relativ geringen Ertragsleistungen (vor allem im Ackerfutterbau und auf dem Grünland) und die geringe Energiebindung auffallend (niedrige Bewertung im Netzdiagramm). Die Erträge sind nicht nur aufgrund der Standortpotenziale (geringe Bodenwertzahl, heterogene Böden, feucht-kühles Klima, vgl. Tabelle 4.10-2), sondern auch durch die geringe Bewirtschaftungsintensität begrenzt. So zeigt die Analyse der betrieblichen Stoffkreisläufe (Beispiel in Abbildung 4.10-4) geringe Nährstoffinputs und eine

negative P-Bilanz. Auch wenn die Ertrags- und Gewinnmaximierung kein vorrangiges Ziel des Betriebsleiters ist, sind Steigerungen von Futterertrag und Futterqualität auf dem Grünland anzustreben.



**Abbildung 4.10-3:** Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015).

Der betriebliche P-Kreislauf (Abbildung 4.10-4) weist einen P-Saldo von  $-7,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  auf, was langfristig zu abnehmenden P-Gehalten im Boden führen wird. Es gibt nur wenige P-Zufuhren in den betrieblichen Stoffkreislauf durch den Futter- und Saatgutzukauf. Die mit den pflanzlichen und tierischen Marktprodukten exportierten P-Mengen übersteigen die P-Zufuhren deutlich.



**Abbildung 4.10-4:** Phosphorkreislauf, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015).

In Tabelle 4.10-4 sind die Humus- und Nährstoffgehalte der Dauertestflächen dargestellt. Die P-Gehalte veränderten sich im Untersuchungszeitraum nur relativ wenig; auf einer Testfläche war eine Abnahme der P-Gehalte zu verzeichnen. Mehrere Flächen sind in der Gehaltsklasse B (niedriger P-Gehalt, erhöhter P-Düngebedarf, Bewertung nach VDLUFA, 2018). Hingegen stiegen auf den gleichen Flächen die  $C_{org}$ - und  $N_{org}$ -Gehalte. Allerdings ist anzumerken, dass der Untersuchungszeitraum zu kurz ist, um bewirtschaftungsbedingte Veränderungen der Humus- und Nährstoffversorgung der Böden sicher nachzuweisen.

**Tabelle 4.10-4:** Humus- und Nährstoffgehalte auf Dauertestflächen, Pilotbetrieb PB 33 (2009 – 2015)

Schlag	Bodentiefe (cm)	Jahr	P-Gehalt (mg (100 g) <sup>-1</sup> )	Gehaltsklasse	C <sub>org</sub> -Gehalt (%)	N <sub>org</sub> -Gehalt (%)
1 (AL)	0 – 30	2009	2,92	B	1,99	0,215
1 (AL)	0 – 30	2015	3,88	C	2,27	0,256
2 (AL)	0 – 30	2009	1,72	B	1,69	0,201
2 (AL)	0 – 30	2015	1,73	B	1,85	0,220
3 (AL)	0 – 30	2009	4,44	C	1,70	0,205
3 (AL)	0 – 30	2015	2,94	B	1,80	0,219
4 (AL)	0 – 30	2009	2,36	B	1,61	0,202
4 (AL)	0 – 30	2015	2,42	B	1,83	0,224
5 (GL)	0 – 10	2009	2,37	B	3,32	0,360
5 (GL)	0 – 10	2015	3,75	C	4,19	0,438
5 (GL)	10 – 30	2009	0,94	A	1,73	0,214
5 (GL)	10 – 30	2015	1,42	B	2,58	0,306

Die langjährigen Humusbilanzen des Betriebes (nicht dargestellt) ergaben einen mittleren Humus-C-Saldo von 125 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Dies entspricht Versorgungsstufe C (optimal) und stimmt gut mit Messergebnissen auf den Dauertestflächen überein. Ursachen für die positive Humusbilanz sind der geringe Humusbedarf in der Fruchtfolge (wenig humuszehrende Fruchtarten) und die Zufuhr organischer Substanz durch Klee-grasanbau und Stallmistdüngung.

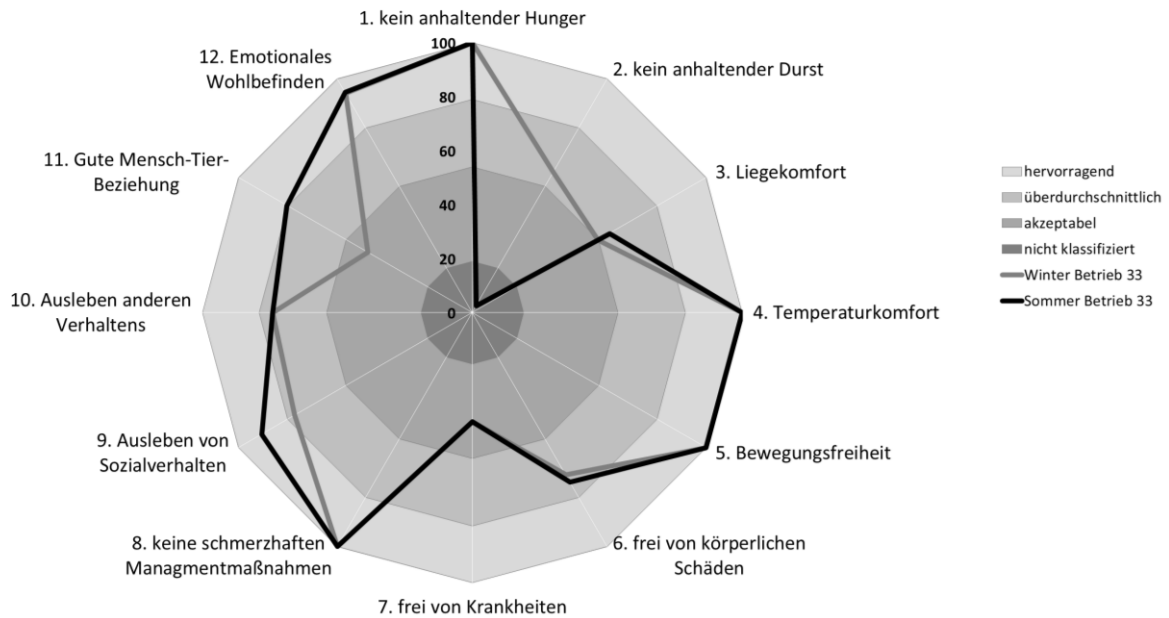
### Milchviehhaltung

Einen Überblick zum Haltungssystem gibt Tabelle 4.10-5. Der Betrieb erreichte im Referenzjahr 2014/2015 eine Jahresmilchleistung von 6.566 kg ECM je Tier bei einem Fettgehalt von 4,2 % und Eiweißgehalt von 3,4 %. Anhand des Protein-/Harnstoffverhältnis in der Milch ist die Fütterung als ausgeglichen und leistungsgerecht zu bewerten. Allerdings wiesen 26,8 % der MLP-geprüften Tiere im letzten Laktationsdrittel einen Energieüberschuss auf. Der Anteil eutergesunder Kühe (< 100.000 somatische Zellen pro ml) lag im Mittel bei 26 %, der Anteil euterkranker Kühe (> 400.000 somatische Zellen pro ml) betrug 28 %. Die Ergebnisse der MLP-Berichte weisen auf eine schlechte Eutergesundheit der Färsen hin (72 % der Färsen mit Zellzahl > 100.000 pro ml). Übereinstimmend gab der Betriebsleiter im Interview die Eutergesundheit (subklinische Mastitiden), aber auch subklinische Ketosen und die Klauengesundheit als Problemfelder an. Auf Gesundheitsprobleme wurde mit alternativen Heilmethoden (Homöopathie, Akupunktur) und Veränderungen im Management reagiert. Aus der Auswertung der Arzneimittelanwendungen geht hervor, dass wenig Tierarzneimittel eingesetzt wurden. Mastitisbehandlungen lagen mit Behandlungsinzidenzen zwischen 0 und 2 % auf sehr niedrigem Niveau. In der Trockenstehzeit wurden Zitzenversiegler in unterschiedlichem Maße (Behandlungsinzidenzen von 17-47 %, Milchjahre 2011-2015), antibiotische Trockensteller nur im Milchjahr 2012 eingesetzt (Behandlungsinzidenz 12 %). Sonstige Erkrankungen traten nur sporadisch auf. Gebärparesen wurden in jedem Jahr mit Calcium-Lösung behandelt (geringe Behandlungsinzidenzen mit 2,0 bis 8,4 %).

**Tabelle 4.10-5:** Übersicht zum Haltungssystem, Pilotbetrieb PB 33

Haltungssystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zweiflächen-Tiefstreu-System mit planbefestigten Laufflächen, z. T. mit zusätzlichem Auslauf</li> <li>– automatischer Mistschieber im Stall, Auslauf per Hand abgeschoben</li> <li>– laktierende Kühe in 2 Haltungsgruppen, trockenstehende Kühe in Herde integriert</li> <li>– Einstreu: Liegefläche zweimal täglich (Langstroh, ca. 15 kg/Tier und Tag)</li> </ul>
Fütterung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Grundfutter, Winter: Klee-grassilagen, Heu, Sommer: ganztägiger Weidegang (Kurzsrasen-Umtriebsweide), zu Melkzeiten zusätzlich Klee-grassilagen oder frisches Grün-futter</li> <li>– 176 bzw. 209 Tage Weide für laktierende bzw. trockenstehende Kühe</li> <li>– individuelle Kraffuttergabe am Futtertisch (60 bis 70 % Getreide und Erbse, z. T. Rapskuchen) ab einer täglichen Milchleistung &gt; 16 kg</li> </ul>
Kälber und Jungvieh	<ul style="list-style-type: none"> <li>– JV Kat. 0: Einzelboxen., Kat. 1 u. 2: Einflä-chen-Tiefstreu, JV Kat. 3: Zweiflächen-Tiefstreu-System mit planbefestigten Laufflächen, Kat. 4: bei Trockenstehern</li> <li>– 209 Tage Weidegang für JV Kat. 3 und 4</li> </ul>

Die Beurteilung des Tierwohls lag im Winter im überdurchschnittlichen und im Sommer nur im akzeptablen Bereich (Abbildung 4.10-5).



**Abbildung 4.10-5:** Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 33, Ausgangssituation.

Schwachstellen gab es beim Kriterium „frei von Krankheiten“. Hier waren im Winter hauptsächlich Mastitis, festliegende Kühe und Nasenausfluss, im Sommer Mastitis und Durchfall problematisch. Im Winter traten vermehrt festliegende Kühe auf. Beim Kriterium „kein anhaltender Durst“ wurden Abzüge vorgenommen, da die Tränkeversorgung auf der Weide nicht ausreichend war. Im Winter war für eine Haltingruppe nur eine Trogränke vorhanden, jedoch sollten die Tiere zu mehr als einer Tränkestelle Zugang haben. Der vor allem im Winter hohe Anteil an verschmutzten Tieren verschlechtert die Bewertung im Kriterium „Liegekomfort“. Die Verschmutzungsgrad der Laufflächen war beim älteren Jungvieh und den Milchkühen bei den Betriebsbesuchen hoch.

### Optimierungspotenzial beim Tierwohl

Zur Verbesserung des Tierwohls sollte die Tränkeversorgung auf der Weide verbessert werden. Es wird empfohlen, den Tieren Zugang zu mindestens zwei Tränkestellen zu ermöglichen. Verschiedene Maßnahmen sind denkbar, um eine geringere Verschmutzung der Tiere zu erreichen, was sich positiv auf die Eutergesundheit auswirken könnte. Im Bereich der planbefestigten Laufflächen wäre ein häufigeres Abschieben der Flächen hilfreich, würde aber einen erhöhten Arbeitsaufwand bedeuten. Im Laufe der Projektzeit hat der Betrieb eine neue Einstreumaschine angeschafft, was ein gleichmäßigeres Einstreuen und eine geringere Verschmutzung der Tiere bewirken dürfte. Eine geringere Staubbelastung beim Einstreuen könnte darüber hinaus einen positiven Effekt auf die Atemwegsgesundheit der Tiere haben.

Hinsichtlich der festliegenden Tiere könnte oral verabreichtes Calcium um den Zeitpunkt der Kalbung herum eine wirksamere Milchfieberprophylaxe als die im Betrieb durchgeführte Gabe von Vitamin D3 vor der Kalbung darstellen. Zudem sollten in der Fütterung der Trockensteher Grassilagen mit einem möglichst geringen Anteil an Klee eingesetzt werden, um den Gehalt an Calcium in der Ration zu reduzieren. Auch wäre eine Zuteilung des Kraffutters nicht nur nach Leistung, sondern auch nach Kondition der Tiere zum Ende der Laktation sinnvoll, um eine Überkondition der Tiere zum Trockenstellen zu vermeiden und das Risiko für Stoffwechselerkrankungen zu vermindern. Das Auftreten von Milchfieber könnte einen Grund für die Mastitisproblematik des Betriebes darstellen, da das Risiko von Euterentzündungen nach Milchfieber aufgrund eines schlechten Zitzenverschlusses achtmal höher liegt (FiBL et al., 2012). Im Sommer wurde kein vermehrtes Auftreten von festliegenden Tieren dokumentiert und auch die Verschmutzung der Tiere war gegenüber dem Winter verringert. Neben der Stallhygiene sollten mögliche Risikofaktoren für Euterentzündungen deshalb auch in anderen Bereichen (z. B. Melkhygiene) gesucht werden. Es könnte darüber hinaus sinnvoll sein, je nach Gehalt an somatischen Zellen in der letzten MLP vor dem Trockenstellen sowie den Ergebnissen des Schalmtests, zum Trockenstellen Milchproben zu gewinnen und bakteriologisch untersuchen zu lassen. Im Anschluss könnten bei eutergesunden Kühen Zitzenversiegler zum Trockenstellen eingesetzt werden, um neue Euterinfektionen vorzubeugen, während euterkrankte Kühe antibiotisch trockengestellt werden sollten (gegebenenfalls viertelspezifisch).

Der hohe Anteil an Färsenmastitiden deutet darauf hin, dass die Tiere bereits mit einer schlechten Euter-gesundheit in die Laktation starten, was z. B. mit ungünstigen Umweltbedingungen in der Aufzucht in Zusammenhang stehen könnte. Auch hier sollte stets für saubere und trockene Lauf- und Liegeflächen gesorgt werden, um den Keimdruck mit Umwelterregern zu senken. Generell sollte auf dem Betrieb 33 daher das Mastitis-Behandlungsmanagement kritisch überdacht und modifiziert werden.

#### 4.10.3.1.3 Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls

Zusammenfassend sind die Schwachstellen dargestellt, die gesamtbetriebliche Bedeutung haben. So begrenzen die im Grünland erzielten geringen Futtererträge und -qualitäten die Leistungsfähigkeit der Milchviehhaltung (Tierbesatz, Milchleistung). Langjährig negative P-Bilanzen können ertragsbegrenzend wirken, und sollten daher vermieden werden. Beim Milchvieh kann die Tierwohlsituation bei moderater Steigerung der Milchleistung durch gezielte Maßnahmen verbessert werden.

**Tabelle 4.10-6:** Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 33

Pflanzenbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>– geringe Erträge und geringe Energiebindung</li> <li>– negativer P-Saldo, geringe Boden-P-Gehalte</li> <li>– geringe Futterqualität auf dem Grünland</li> </ul>
Milchviehhaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– geringer Tierbesatz, Grünlandaufwuchs wird zum Teil gemulcht</li> <li>– geringe Milchleistung</li> <li>– Mastitis-Probleme</li> <li>– Wasserversorgung (v.a. auf der Weide)</li> <li>– Verschmutzung der Kühe</li> <li>– Festliegende Kühe</li> </ul>

Im Dialog mit dem Betriebsleiter wurden die in Tabelle 4.10-7 aufgelisteten Maßnahmen und Strategien abgeleitet, die in Szenariorechnungen hinsichtlich ihrer potenziellen Wirkungen geprüft wurden.

Im Zentrum der Maßnahmen stehen die bessere Nährstoffversorgung als Grundlage für Ertragssteigerungen im Pflanzenbau, eine Intensivierung der Grünlandnutzung und ein verbessertes Grünlandmanagement, um über bessere Futterqualitäten höhere Milchleistungen aus dem Grundfutter zu realisieren. Die in Abschnitt 4.10.3.1.2 im Detail beschriebenen Potentiale zur Steigerung des Tierwohls sind zum Teil auch relevant für die Milchleistung, die Lebensdauer der Kühe, und damit letztlich auch für die Treibhausgasbilanz der Milchviehhaltung. Die angestrebte Ertrags- und Leistungssteigerung soll nicht zu Lasten der ökologischen Leistungen gehen, was anhand der ökologischen Indikatoren geprüft wird.

**Tabelle 4.10-7:** Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 33

Bereich	Maßnahmen	Ziele
Pflanzenbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Futter-Mist-Kooperation, überbetriebliches Nährstoffrecycling (Hühnertrockenkot)</li> <li>– Verwertung nicht benötigter Biomasse in einer Biogasanlage und Einsatz von Gärresten</li> <li>– Erhöhung des Leguminosenanteils und der N<sub>2</sub>-Fixierleistung auf dem Grünland</li> <li>– Intensivierung der Grünlandnutzung, besseres Grünlandmanagement</li> <li>– Integration von Landsberger Gemenge und Anbau von Futterrüben (1,2 ha) in die Fruchtfolge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– bessere P-Versorgung und P-Bilanz</li> <li>– 10 % Ertragssteigerung (Getreide)</li> <li>– höhere N-Zufuhr, Ertragssteigerung</li> <li>– Steigerung des Grünlandertrags auf 400 dt ha<sup>-1</sup></li> <li>– Ertrags- und Qualitätssteigerung auf dem Grünland</li> <li>– Erzeugung von Grundfutter mit hoher Energiekonzentration</li> </ul>
Milchviehhaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– veränderte Futterration, höhere Energiezufuhr im Grundfutter, Einsatz von Heu</li> <li>– verbessertes Wasserangebot</li> <li>– verbessertes Einstreumanagement</li> <li>– Verbesserung der Eutergesundheit (Mastitis)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Steigerung der Milchleistung um 500 kg a<sup>-1</sup> auf 7.250 kg a<sup>-1</sup></li> <li>– Steigerung des Tierwohls und der Tiergesundheit</li> </ul>

#### 4.10.3.1.4 Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien

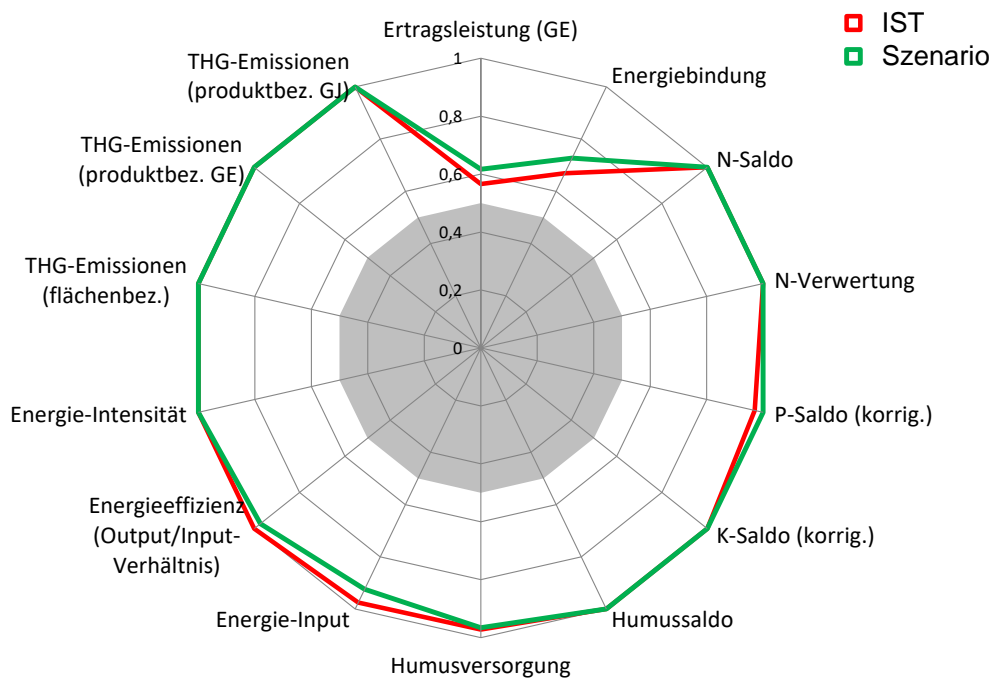
Die Gesamtdarstellung der zu erwartenden ökologischen Wirkungen (Abbildung 4.10-6) zeigt Verbesserungen bei den Indikatoren „Ertragsleistung (GE)“, „Energiebindung“ und „P-Saldo“, aber auch Verschlechterungen bei den Indikatoren „Energieinput“ und „Energieeffizienz“. Ein höherer Energieinput wird durch die Intensitätssteigerung auf dem Grünland, zusätzlichen Kraftstoffeinsatz für Transport und Ausbringung organischer Dünger (Futter-Mist-Kooperation, Gärresteinsatz) verursacht. Dennoch erscheint dieser Effekt vertretbar, zumal die flächen- und produktbezogenen Treibhausgas-Emissionen<sup>3</sup> im optimalen Bereich bleiben.

Ein wesentliches ökologisches Bewertungskriterium der Milchviehhaltung ist die Treibhausgasemission pro Liter Milch. Bereits in Ausgangssituation zeichnete sich der Pilotbetrieb PB 33 durch vergleichsweise

<sup>3</sup> Bei diesem Indikator sind die THG-Emissionen durch den Einsatz fossiler Energie einbezogen.

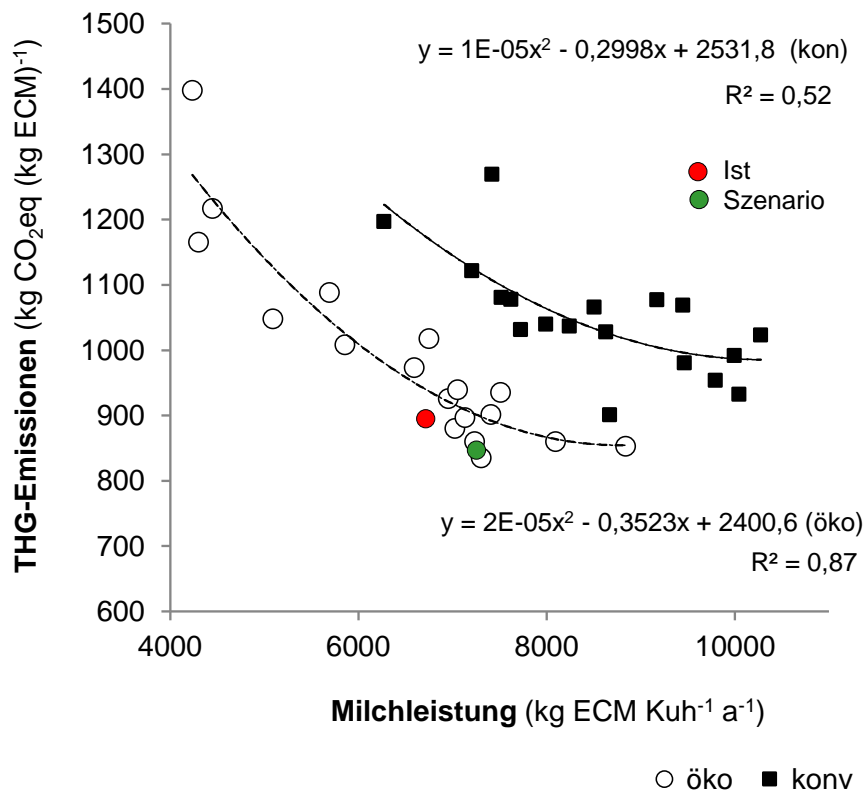
geringe THG-Emissionen aus (Abbildung 4.10-7). Die Milchleistung wird im Szenario durch die verbesserte Silagequalität und die zusätzlich angebauten Futterrüben bei verbesserter Eutergesundheit auf 7.250 kg Tier<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ECM gesteigert. Aufgrund der Szenariorechnungen und Modellierung der Milchviehhaltung ist davon auszugehen, dass die Optimierungsmaßnahmen zu einer Leistungssteigerung ohne höhere produktbezogene THG-Emissionen führen würden.

Die Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen zur Mastitis- und Milchfieberprophylaxe würden die vorgeschlagenen Optimierungsmaßnahmen ergänzen. Der Verschmutzung der Milchkühe und Färsen wird durch erhöhte Einstreumengen, eine erhöhte Einstreufrequenz und verbesserte Verteilung mit der neu angeschafften Einstreumaschine entgegengewirkt.

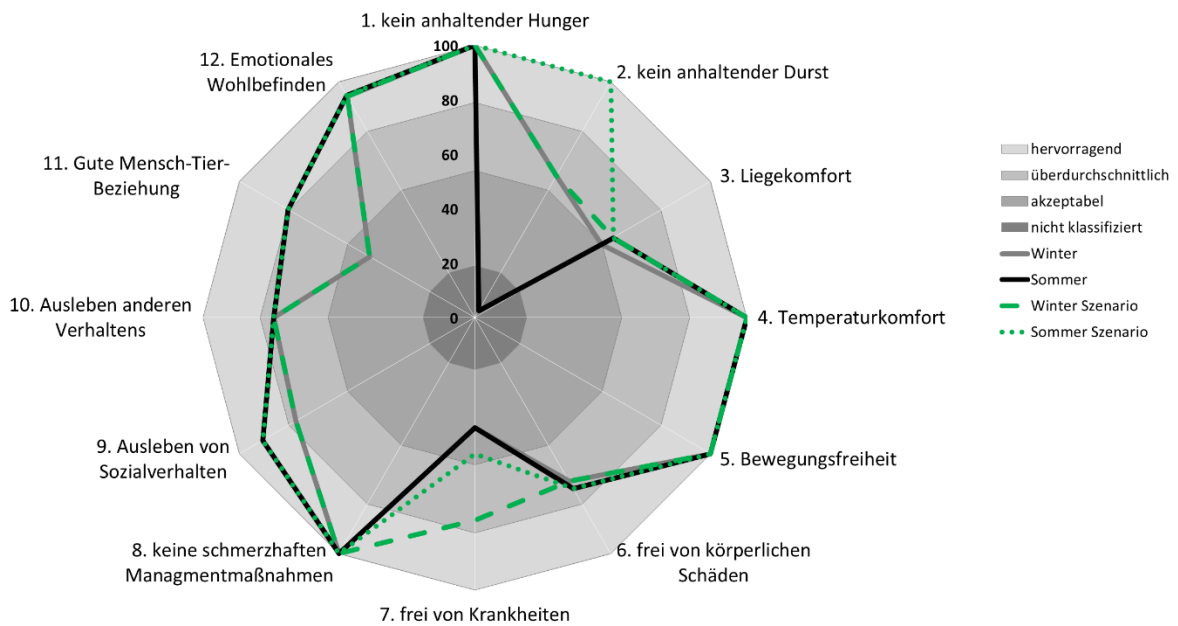


**Abbildung 4.10-6:** Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 33, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.





**Abbildung 4.10-7:** Beziehung zwischen Milchleistung und produktbezogenen THG-Emissionen, Betriebsvergleich, PB 33 ist farblich hervorgehoben.



**Abbildung 4.10-8:** Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 33, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Beim Tierwohl sind durch die vorgeschlagenen Maßnahmen Verbesserungen bei den Kriterien „frei von Krankheiten“ und „Abwesenheit von anhaltendem Durst“ zu erwarten und in der Grafik dargestellt (Abbildung 4.10-8). Auch bei der Bewertung des „Liegekomforts“ wären durch die angestrebte geringere Verschmutzung der Tiere noch bessere Bewertungen denkbar.

### **Ökonomische Auswirkungen**

Die im Optimierungsszenario abgebildeten Maßnahmen führen zu höheren Direkt- und Arbeitserledigungskosten. So ist die Erhöhung des Leguminosenanteils und die Intensivierung der Grünlandnutzung mit weiteren Arbeitsschritten verbunden. Gleiches gilt auch für die Ausbringung des HTK-Düngers und der Gärreste aus der Biogasanlage sowie dem Anbau des Landberger-Gemenges. Die zusätzlichen Arbeiten führen ferner zu einem Anstieg der Maschinenkosten.

Eine weitere Änderung ergibt sich durch die Verminderung des Haferanbaus zugunsten der Produktion von Futterrüben für die Milchviehhaltung, da die Futterrüben einen niedrigeren Deckungsbeitrag haben. Insgesamt führen die verschiedenen Maßnahmen zu einem berechneten Anstieg der Produktionskosten um 57 € ha<sup>-1</sup>. Die höhere Zufuhr von Nährstoffen sowie die energiereichere Futtermittellieferung in der Milchviehhaltung resultieren auf der anderen Seite zu einem (potenziellen) Anstieg der Erträge im Pflanzenbau (+ 10 %) und der Milchleistung (+ 500 kg je Kuh). Geht man davon aus, dass die Erzeugnisse zu gleichen Bedingungen vermarktet werden können, nehmen die Erlöse deutlich stärker zu als die Kosten (+102 € ha<sup>-1</sup>). Insgesamt kann der Betrieb demnach durch die verschiedenen Maßnahmen von einer Gewinnzunahme in Höhe von 45 € ha<sup>-1</sup> profitieren. Diese Zunahme ist insofern nicht überraschend, da die Optimierung in erster Linie auf eine Verbesserung der Ertragssituation abzielt und der Betrieb seine Produkte zu überdurchschnittlichen Erzeugerpreisen vermarkten kann.

**Gesamtfazit:** Die vorgeschlagenen Optimierungsmaßnahmen sind wirtschaftlich tragfähig und im Betrieb umsetzbar, mit zu erwartenden positiven Effekten auf den Gewinn.

### 4.10.3.2 Pilotbetrieb PB 43, Region West

#### 4.10.3.2.1 Kennzeichnung des Betriebes

Der konventionell wirtschaftende Milchvieh-Gemischtbetrieb PB 43 (Tabelle 4.10-8) liegt im Bergischen Land, Ost-Westfalen, 380 m über NN (1.090 mm Jahresniederschlag, 7,3°C Jahresmitteltemperatur).

**Tabelle 4.10-8:** Standortbedingungen, Betriebsstruktur und Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	PB 43
<b>Standortbedingungen</b>		
Region		Ost-Westfalen, Bergisches Land
Höhenlage	m NN	380
Niederschlag	mm a <sup>-1</sup>	1.090
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	7,3
Bodenart		L (sL bis L bis T)
Bodenwertzahl		40 (18 – 58)
<b>Betriebsstruktur</b>		
Landbau		konventionell
Betriebsform		Milchvieh-Gemischtbetrieb
Tierbesatz	GV ha <sup>-1</sup>	0,87
Rinder	Anzahl	100
Milchkühe	Anzahl	49
Nutzfläche (LN)	ha	107
Ackerland (AL)	% der LN	78
Getreide	% des AL	54
Hackfrüchte, Silomais	% des AL	12
Luzerne-Kleegras, Ackergras	% des AL	9
Körnerleguminosen	% des AL	7
Ölfrüchte	% des AL	18
Untersaaten	% des AL	0
Zwischenfrüchte	% des AL	0
Fruchtartendiversität	Index	1,95
<b>Erträge und Leistungen</b>		
Getreideeinheiten-Ertrag	GE ha <sup>-1</sup> LN	70
Energiebindung	GJ ha <sup>-1</sup> LN	166
Winterweizen-Korn-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	85
Silomais-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	520
Luzerne-Kleegras-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	480
Grünland-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	420
<b>Tierhaltung</b>		
Milchleistung pro Kuh	kg ECM	7.500
Erstkalbealter	Monate	33,0
Zwischenkalbezeit	Tage	403
Nutzungsdauer	Monate	32,0
Laktationszahl	Anzahl	2,4

Die klimatischen Bedingungen, das Relief und die Böden wechselnder Qualität (18 – 58 Bodenpunkte) begünstigen eine vielfältige Betriebsstruktur mit Milchviehhaltung, Acker- und Grünlandnutzung. Die landwirtschaftlichen Nutzflächen liegen zu 20 % im Wasserschutzgebiet, verbunden mit Nutzungseinschränkungen. Der Anteil an Pachtflächen beträgt 66 %. Der Betrieb hält im Mittel 49 Milchkühe mit Nachzucht; der Tierbesatz beträgt 0,87 GV ha<sup>-1</sup> LN. Die Rinder erhalten Weidegang.

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen des Betriebes sind Tabelle 4.10-9 zu entnehmen. Der Betrieb erzielt nichtlandwirtschaftliche Erlöse aus der Ferienhausvermietung und aus einem landwirtschaftlichen Lohnunternehmen. Der Betriebsleiter hat das übergeordnete Betriebsziel, eine hohe Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten. Durch Diversifizierung der Produktion und optimale Kombination der Betriebszweige soll ein in sich stimmiges Betriebssystem gestaltet werden. Der Betrieb soll zukunftsfähig bleiben; wichtig sind dem Betriebsleiter schlanke und effiziente Betriebsabläufe, auch in der Milchproduktion.

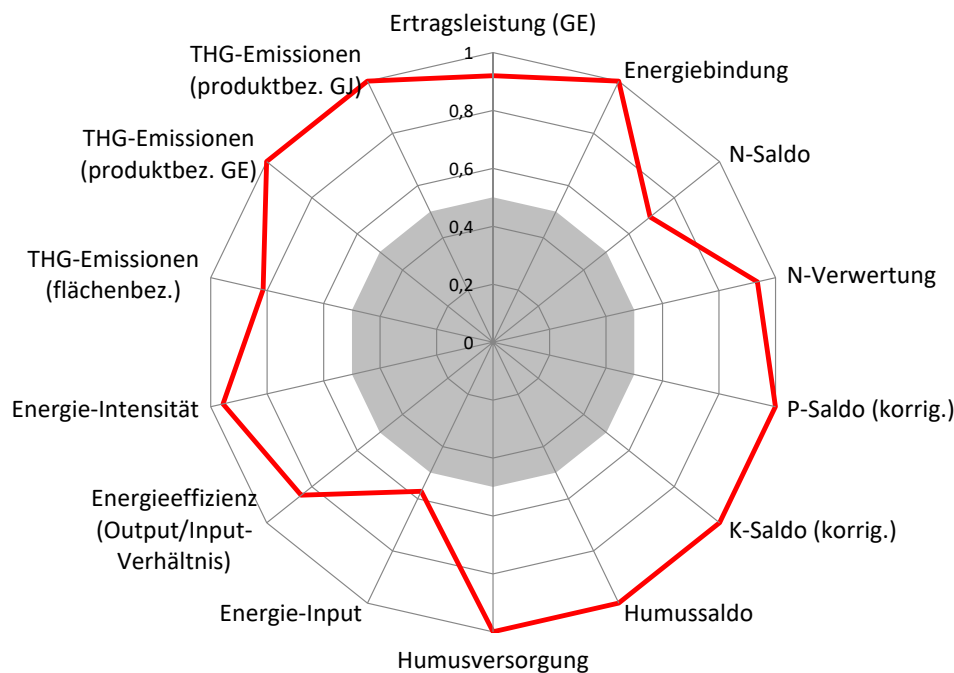
**Tabelle 4.10-9:** Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 43
<b>Arbeitskräfte</b>		
Familien-AK (nicht entlohnt)	AK	2,0
Abhängig Beschäftigte	AK	0
Nichtlandwirtschaftlicher Bereich		Lohnunternehmer, Ferienhäuser (ca. 50 % des Gesamteinkommens)
<b>Umsatz und Erlöse Landwirtschaft</b>		
Milchwirtschaft	%	49
Kälber, Schlachttiere	%	12
Ackerbau	%	39
<b>Rahmenbedingungen</b>		66 % Pachtflächen Anstehender Generationswechsel 20 % der Flächen im Wasserschutzgebiet
<b>Betriebsziele</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– hohe Wirtschaftlichkeit</li> <li>– stimmiges betriebliches Gesamtbild, optimale Kombination der Betriebszweige</li> </ul>		
<b>Betriebsstrategie</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Diversifizierung der Produktion</li> <li>– Arbeitsaufwand in der Milchviehhaltung geringhalten</li> <li>– schlanke und effiziente Betriebsabläufe</li> </ul>		

#### 4.10.3.2.2 Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen

##### Pflanzenbau und Ressourceneffizienz

Der Betrieb PB 43 erzielt in der Ausgangssituation die höchste Bewertung bei folgenden Indikatoren – „Humusversorgung“ und „Humussaldo“, „P-Saldo“ und „K-Saldo“, „Energiebindung“ und „produktbezogene THG-Emissionen“ (Abbildung 4.10-9). Den größten Optimierungsbedarf zeigen die Indikatoren „N-Saldo“, „Energie-Input“ und „flächenbezogene THG-Emissionen“ an.



**Abbildung 4.10-9:** Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015).

Der Stickstoffkreislauf (Abbildung 4.10-10) zeigt in der Ausgangssituation hohe N-Salden ( $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), das entspricht einer Nachhaltigkeitsbewertung von 0,69 nach der Bewertungsfunktion (vgl. Abbildung 4.10-2). Die N-Effizienz im Pflanzenbau beträgt 70 %. Wesentliche Ursachen für die hohen N-Salden sind:

- zu hohe Mineral-N-Gaben, bezogen auf den fruchtarten- und ertragspezifischen N-Düngebedarf,
- zu wenig Berücksichtigung der organischen Dünger bei der Bemessung der Mineral-N-Gaben,
- zu geringe N-Effizienz auf dem Grünland.

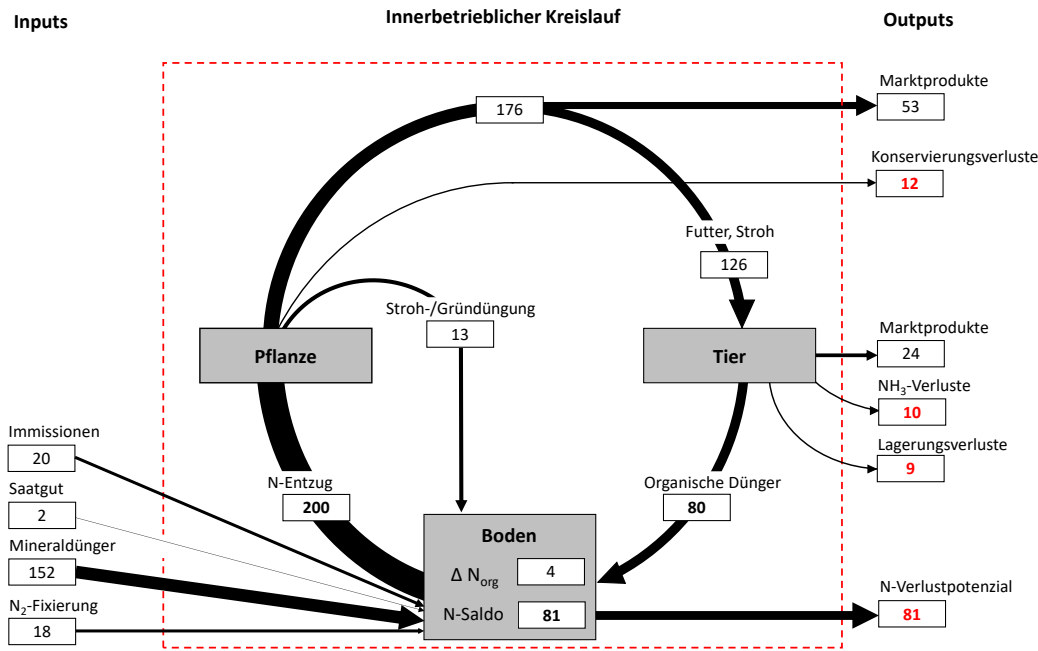


Abbildung 4.10-10: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015).

Die Humussalden und die Humusversorgung (Versorgungsstufe C) des Betriebes PB 43 befinden sich im Optimalbereich (Abbildung 4.10-9, Tabelle 4.10-10). Der Humusbedarf ist moderat aufgrund des geringen Hackfruchtanteils. Die Humuszufuhr erfolgt im Wesentlichen über Stallung- und Strohdüngung.

Tabelle 4.10-10: Humusbilanz (dynamische Humuseinheitenmethode), Angaben in kg Humus-C je ha Ackerland, Pilotbetrieb PB 43 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 43
<b>Humusbedarf</b>	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>-502</b>
<b>Humusersatzleistung</b>	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>581</b>
Humusmehrerleistung	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	58
Zufuhr organischer Dünger	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	523
Strohdüngung	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	167
Gründüngung	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	0
Stallmist	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	335
Gülle	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	20
<b>Humussaldo</b>	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>79</b>
Versorgungsgrad	%	116
Versorgungsstufe		C

## Milchviehhaltung

Einen Überblick zum Haltungssystem gibt die Tabelle 4.10-11.

**Tabelle 4.10-11:** Übersicht zum Haltungssystem, Pilotbetrieb PB 43

Haltungssystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zweiflächen-Tiefstreu-System mit planbefestigten Laufflächen ohne Auslauf</li> <li>– Trockensteher abgeteilt z. T. gemeinsam mit Jungvieh</li> <li>– Einstreu: Liegefläche zweimal täglich (Kurzstroh, ca. 7,3 kg/Tier u. Tag)</li> </ul>
Fütterung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sommer: zu den Melkzeiten Gras- und Maissilage, Weidegang: 174 Tage, Laktierende 16 h, Trockensteher 24 h, Umtriebsweide</li> <li>– Winter: Teil-TMR aus Gras-, Maissilage, Ackerbohnen, Winterweizen</li> <li>– Kraftfutter: tierindividuell per Hand am Futtertisch (50:50 Winterweizen, Wintergerste und Sojaöl)</li> </ul>
Kälber und Jungvieh	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Haltung: Kat. 0: 10 bis 14 Tage in Einzelboxen, Kat. 1 u. 2: Einflächentiefstreu-System, Kat. 3: bei Laktierenden, 75 Tage Weidegang, Kat 4: ausgelagert</li> <li>– Einstreu Kat. 0-2: Kurzstroh ca. 12,5 kg/Tier täglich</li> </ul>

Im Betrieb PB 43 erzielten die Milchkühe im Milchjahr 2015 eine Milchleistung von 7.450 kg ECM pro Tier (4 % Fett, 3,4 % Eiweiß, gelieferte Milchmenge). Im Mittel der Jahre 2009-2015 betrug die Milchleistung 7150 kg Milch pro Tier. Diese Werte liegen im mittleren Bereich der analysierten konventionellen Betriebe. Der Betrieb ist keinem Landeskontrollverband angeschlossen und es wird keine Milchleistungsprüfung durchgeführt.

Auf dem Betrieb war eine hohe Anzahl der Behandlungen der Milchkühe gegen Mastitis auffällig (60 % bzw. 70 % der Tiere). In den Tanksammelmilchproben wurde der Grenzwert der Milchgüteverordnung (MGV) von 300.000 somatischen Zellen pro cm<sup>3</sup> Tankmilch im Vorjahr des letzten Erhebungsbesuches in 26 % der Fälle überschritten. Beim Anteil der Tiere mit Nasen- und Augenausfluss, mit Schweregeburten, Festliegern und Tiere mit schwerer Mastitis wurden Alarm- und Warnwerte des Welfare Quality Protocol for Cattle für die Tiergesundheit überschritten. Im Winter fiel zudem eine Verschmutzung der Tiere in allen beurteilten Körperbereichen auf (Euter, Flanke, oberes und unteres Hinterbein). Bei den Betriebsbesuchen waren die Laufbereiche der Milchkühe und der Liegebereich der Altmelker und des Jungviehs (>14 Tage) verschmutzt, ebenso der Abkalbebereich (mittlere Verschmutzung, 3 auf Skala 0-5).

Auf dem Betrieb war das Platzangebot für die Milchkühe zu knapp bemessen (verfügbare Fressplatzbreite, Flächen im Liegebereich und Verkehrsflächen pro Tier). Vor allem in einem Teilbereich des Futtertisches ohne Fressgitter, an dem Nackenrohre angebracht waren, zeigten die Tiere agonistisches Verhalten (Kopfstöße, Abdrängen). Die Tränkwasserversorgung der Tiere war im Winter wie im Sommer hinsichtlich der Anzahl und/oder Breite der Tränken nicht ausreichend.

Die Gesamtbewertung des Tierwohls lag, beurteilt nach dem Welfare Quality® Protocol for Cattle (2009), im Winter und Sommer im akzeptablen Bereich. Abbildung 4.10-11 zeigt die Bewertung der einzelnen Kriterien. Das unzureichende Wasserangebot bedingt die negative Bewertung beim Kriterium „kein an-

haltender Durst“. Das Kriterium „Liegekomfort“ war durch die Verschmutzung der Tiere vor allem im Winter gemindert, wobei das gute Abliegeverhalten auf der frei eingestreuten weichen Liegefläche und beim Weidegang die Bewertung noch positiv beeinflusst. Während des Beurteilungszeitraums, nach der Wintererhebung wurde bei der Enthornung der Kälber mit Brennstab eine Schmerzmittelgabe eingeführt, so dass die Beurteilungswerte zum Kriterium „Keine schmerzhaften Managementverfahren“ im Sommer verbessert waren. Das Kriterium „Ausleben von Sozialverhalten“ wird durch das zu geringe Platzangebot für die Tiere ungünstig beeinflusst.

Ein Erklärungsansatz für den Nasen- und Augenausfluss ist laut Betriebsleiter die durch feuchte Erntebedingungen sehr schlechte Strohqualität der Einstreu in den Bewertungszeiträumen. Zur Mastitisdiagnose berichtete der Betriebsleiter, dass nach Sichtprüfung der Vormelkprobe Milchproben mastitisverdächtiger Tiere eingesandt werden. Bisher waren immer Umweltkeime die Ursache für den auffälligen Befund. Nicht kurierbare Tiere wurden in der letzten Zeit gemerzt und Färsen zugekauft, um den Bestand zu sanieren. Insgesamt zeigen die Werte und Maßnahmen aber, dass Hygiene- und Geburtsmanagement in der Milchviehhaltung kritisch überdacht werden müssen.

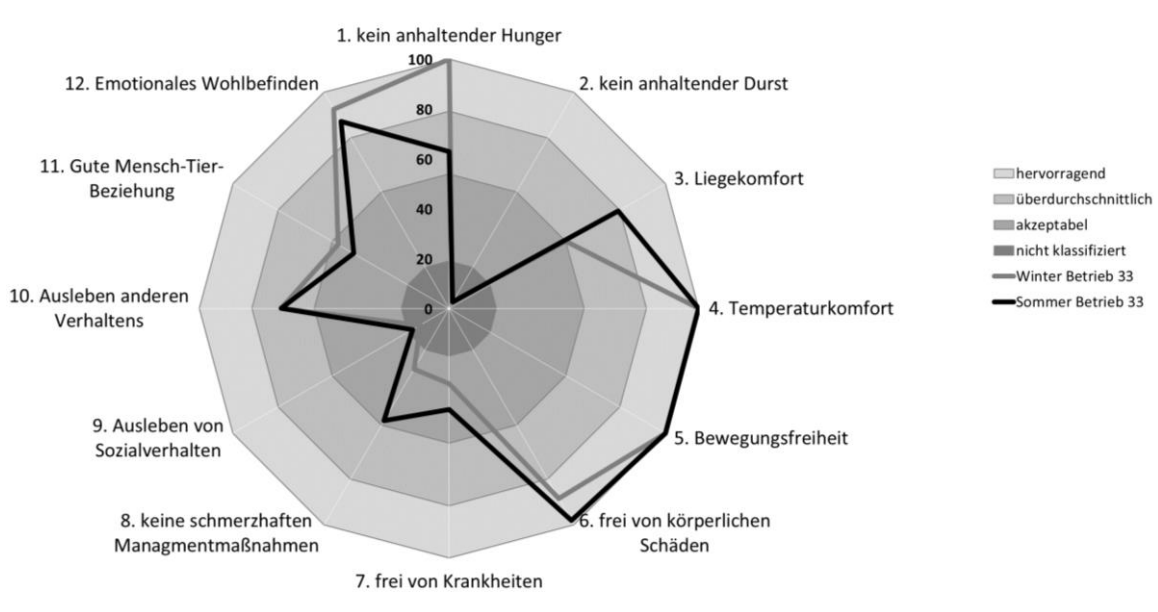


Abbildung 4.10-11: Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 43, Ausgangssituation.



### Optimierungspotenzial beim Tierwohl

Aus den aufgezeigten Punkten leiten sich für Betrieb PB 43 zahlreiche Ansatzstellen ab, Tierwohl und Tiergesundheit zu verbessern. Bauliche Verbesserungen können Konkurrenzsituationen bei den Tieren entschärfen. Im Futtergang sollten durchgängig Fressgitter eingebaut und ein Tier-Fressplatzverhältnis von 1:1 erreicht werden. Im Stall und auf der Weide sollten zusätzliche Tränkestellen eingerichtet werden. Mit der Installation einer Kuhbürste könnte der Verschmutzung der Tiere auch im oberen Bereich entgegengewirkt werden. Unterstützend sollten im Winter das Abschiebeintervall auf den Laufflächen erhöht sowie Qualität und Menge der Stroheinstreu verbessert werden. Ggf. verringert sich durch die verbesserte Strohqualität auch Nasen- und Augenausfluss der Tiere. Den laktierenden Tieren sollte durch Umstellung mehr Platz zur Verfügung gestellt und dazu das Jungvieh und ggf. die Trockensteher anderweitig untergebracht werden. Andernfalls müsste die Tierzahl insgesamt verringert werden. Alle Maßnahmen, die auf eine Reduktion der Verschmutzung der Tiere abzielen (v.a. der Euterverschmutzung), könnten positiv bezüglich des Auftretens von Mastitis wirken. Für die Identifizierung und Therapie von Mastitis und zur Optimierung der Fütterung wäre es wichtig, lückenlos Daten auf Einzeltierebene zu erfassen. Zusätzlich sollten die Hygiene im Melkbereich verbessert und euterkrankte Tiere konsequent antibiotisch trockengestellt werden. Bei eutergesunden Tieren sollten Zitzenversiegler eingesetzt werden, um eine Neuinfektion während der Trockenstehphase zu vermeiden. Die Hygiene im Abkalbbereich sollte verbessert werden, um damit auch das Risiko für Gebärmutterentzündungen zu senken. Verbesserungen bei der Problematik festliegender Tiere könnten positiv auf die Eutergesundheit wirken, da bei Milchfieber das Risiko für Euterentzündungen wegen eines schlechteren Zitzenschlusses achtmal höher ist.

Da eine Erkrankung an Milchfieber unter anderem auch das Risiko von Nachgeburtsverhaltungen und Gebärmutterentzündungen sowie Euterentzündungen erhöht, sollten neben dem Einsatz von calciumarmen Mineralfutter während der Trockenstehphase unbedingt weitere Maßnahmen zur Milchfieberprophylaxe ergriffen werden. So könnte es hilfreich sein, älteren Tieren und Tieren mit Milchfieberproblemen bei der letzten Kalbung (Risikotiere) oral Calcium um die Geburt zu verabreichen (flüssig, gelförmig oder Bolus). Zusätzlich sollte die Fütterung während der Trockenstehphase optimiert werden. Zum einen sollte in der ersten Phase der Trockensteherfütterung bei Verfütterung der Teil-TMR der laktierenden Tiere eine Reduktion der Energiedichte (z. B. durch den Einsatz von Stroh) auf 5,2 bis 5,5 MJ NEL kg<sup>-1</sup> TS angestrebt werden. Zum anderen könnte ein früherer Beginn der Vorbereitungsfütterung (z. B. 14 statt 5 Tage vor der Kalbung) in Hinblick auf das Auftreten von Stoffwechselerkrankungen von Vorteil sein.

Die Fütterung der laktierenden Kühe weist Optimierungspotential auf. So deuten die Gehalte an Milchnachstoff und -protein in der Tankmilch auf einen Proteinmangel während der Stallfütterung im Winter hin. Um eine bedarfsgerechte Ration zusammenzustellen, sollten die Nährstoffgehalte der eingesetzten Grundfuttermittel stets analysiert und nicht Standardwerte verwendet werden. Gegebenenfalls könnte es sinnvoll sein, Proteinkonzentrate einzusetzen oder durch das Erntemanagement zu versuchen, die Qualität der Grassilagen zu verbessern. Daneben könnten bauliche Änderungen am Futtertisch ein ruhigeres Fressen der Kühe erlauben und somit eine verbesserte Futteraufnahme zur Folge haben. Beim Enthornen der Kälber könnten durch eine zusätzliche Betäubung der Tiere die Werte beim Tierwohl-Kriterium „Keine schmerzhaften Managementverfahren“ verbessert werden (Abbildung 4.10-11).

#### 4.10.3.2.3 Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls

Zusammenfassend sind die Schwachstellen im Pflanzenbau und in der Milchviehhaltung in Tabelle 4.10-12 dargestellt. Schwerpunkt im Pflanzenbau ist die Optimierung der N-Düngung, um die N-Salden zu vermindern. In der Milchviehhaltung geht es primär um die Erhöhung des Tierwohls in den angegebenen Bereichen. In Abstimmung mit dem Betriebsleiter wurden bei der Futterproduktion und in der Milchviehhaltung eine Vielzahl kleinerer Maßnahmen (z. B. bauliche Maßnahmen, Verbesserung der technischen Ausstattung, organisatorische Maßnahmen und optimiertes Management) abgeleitet, die aber alle einer gesamtbetrieblichen Strategie folgen und sich ergänzen sollen.

**Tabelle 4.10-12:** Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 43

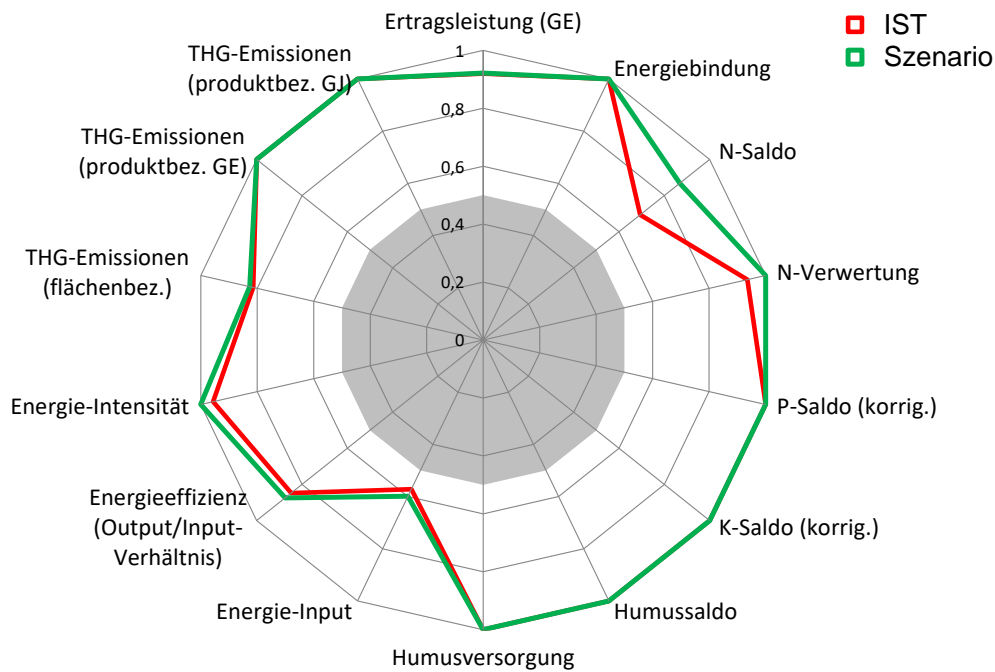
Pflanzenbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zu hoher N-Saldo, zu geringe N-Effizienz im Pflanzenbau</li> <li>– Futterqualität auf dem Grünland zu gering</li> </ul>
Milchviehhaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tiergesundheit muss verbessert werden</li> <li>– Optimierungspotenzial besteht insbesondere bei den Indikatoren: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wasserversorgung</li> <li>○ Liegekomfort/Platzangebot im Stall</li> <li>○ Frei von Krankheiten (v.a. Mastitis, Festlieger)</li> <li>○ Enthornungspraxis (im Jahr 2014/15)</li> <li>○ Fütterung</li> </ul> </li> </ul>

**Tabelle 4.10-13:** Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 43

Bereich	Maßnahmen	Ziele
Pflanzenbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>– bedarfsgerechte Mineral-N-Düngung (ertrags- und qualitätsabhängig)</li> <li>– Optimierung der N-Gaben nach Menge, Düngerqualität und Termin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Einsparung von Mineral-N</li> <li>– Verminderung der N-Salden, Erhöhung der N-Effizienz</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Optimierung der Schnittzeitpunkte auf dem Grünland (früherer Schnitt, 4 Schnitte)</li> <li>– Erhöhung des Silo-Lagerraums</li> <li>– bessere Silo-Entnahmetechnik (Schneidegerät)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Erhöhung der Grobfutterqualität</li> <li>– bessere und eiweißreiche Silage</li> </ul>
Milchviehhaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Optimierung der Fütterung</li> <li>– besseres Einstreuroh verwenden, Staubbelastung beim Einstreuen vermindern</li> <li>– Grasbestände jünger beweiden, mehr Energie in der Weideperiode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Steigerung der Milchleistung um 500 kg a<sup>-1</sup> auf 8.000 kg a<sup>-1</sup></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– bauliche Verbesserungen im Haltungssystem: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tränkezahl erhöhen</li> <li>○ Kuhbürsten installieren</li> <li>○ Freßgitter verlängern (kein Nackenrohr)</li> <li>○ Enthornung mit Schmerz- und Betäubungsmitteln</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verbesserte Tiergesundheit und Tierwohl</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Milchleistungsprüfung einführen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Selektion und Therapie verbessern</li> </ul>

#### 4.10.3.2.4 Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien

Die Gesamtdarstellung der zu erwartenden ökologischen Wirkungen (Abbildung 4.10-12) zeigt deutliche Verbesserungen bei den Indikatoren „N-Saldo“ und „N-Verwertung“. In geringerem Umfang sind Verbesserung bei den Indikatoren „Energie-Input“, „Energie-Intensität“ und „Energieeffizienz“ sichtbar.

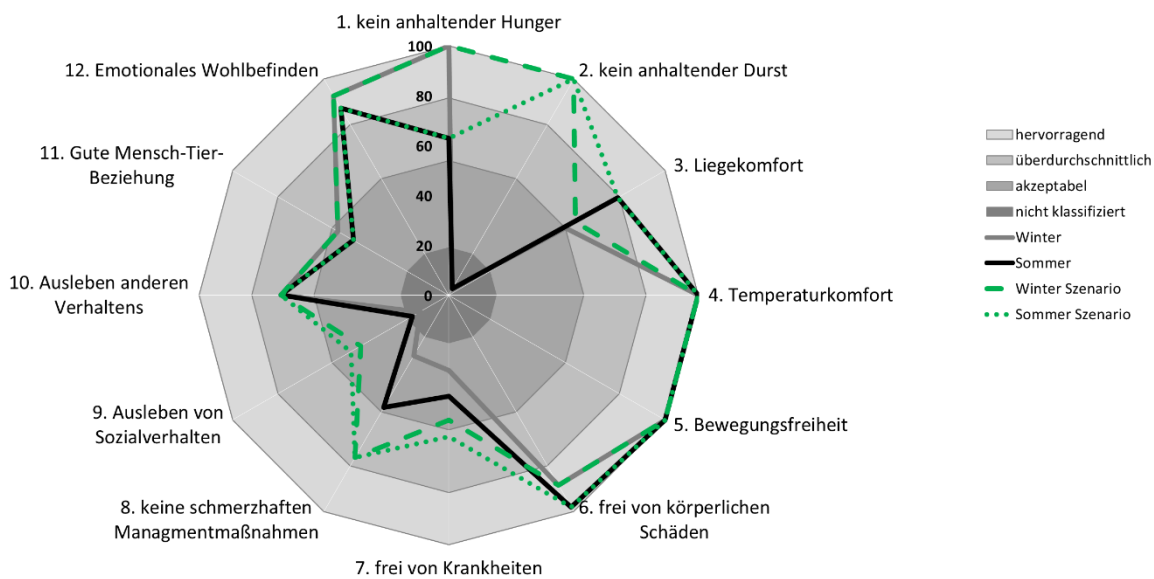


**Abbildung 4.10-12:** Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 43, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

### Milchproduktion

Durch häufigere und frühere Schnitte im Grünland (4 Schnitte) kann hochwertige Grassilage in die Fütterung der Milchkühe eingesetzt werden. Durch die Einführung der MLP wird eine gezielte Fütterung und ein konsequentes Gesundheitsmanagement ermöglicht. Auch bieten die vorgeschlagene verbesserte Tränkwasserversorgung, die größere Ruhe beim Fressen durch die Umbauten am Futtertisch, sowie das verbesserte Hygiene- und Gesundheitsmanagement bei den Tieren optimale Voraussetzungen, das Leistungspotential zu verbessern. Im angenommenen Szenario steigt dadurch die Milchleistung im Mittel um 500 kg Milch (ECM) pro Tier und Jahr.

Die Treibhausgasmissionen pro kg Milch sinken durch die Maßnahmen bei gleichzeitig erheblichen Verbesserungen in der Tierwohlbewertung von 1.055 auf 1.025 g CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro kg ECM (vgl. Abbildung 4.10-35).



**Abbildung 4.10-13:** Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 43, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Beim Tierwohl sind durch die vorgeschlagenen Maßnahmen auf Betrieb 43 Verbesserungen bei den Kriterien „Abwesenheit von anhaltendem Durst“, „frei von Krankheiten“, „keine schmerzhaften Managementmaßnahmen“ und „Ausleben von Sozialverhalten“ zu erwarten und in die Grafik eingetragen (Abbildung 4.10-13). Auch bei der Bewertung des „Liegekomforts“ wirkt sich die angenommene geringere Verschmutzung der Tiere durch die Maßnahmen im Szenario leicht aus.

### Ökonomische Auswirkungen

Durch die im Szenario unterstellte bedarfsgerechte Düngung sinken der Umfang der eingesetzten Düngemittel und in Folge dessen die Düngerkosten um 10 € ha<sup>-1</sup>. Da gleichzeitig angenommen wurde, dass die Erträge konstant bleiben, führt die Maßnahme im Ackerbau zu einer entsprechenden Erhöhung der Deckungsbeiträge.

Die intensivere Nutzung des Grünlands führt in einer Erhöhung der Maschinenkosten um 109 € ha<sup>-1</sup>. Steigenden Kosten der Futterproduktion stehen eine Verminderung der zugekauften Futtermittel, eine bessere Futterqualität und eine höhere Milchleistung gegenüber. Zu letzterem trägt auch die erwartete Verbesserung der Tiergesundheit in Folge der baulichen Maßnahmen sowie der Einstieg in die MLP bei. Beides bedingt zwar einen Anstieg der Produktionskosten in der Milchviehhaltung; geht man aber davon aus, dass die Milchleistung um 500 kg je Tier erhöht und die Milch für 37 Cent je kg vermarktet werden kann, führt dies zu einer Erlössteigerung um 185 € je Tier. Insgesamt profitiert der Betrieb durch die verschiedenen Maßnahmen und kann seinen Gewinn gemäß den Berechnungen um 67 € ha<sup>-1</sup> steigern.

### 4.10.3.3 Pilotbetrieb PB 73, Region Nord

#### 4.10.3.3.1 Kennzeichnung des Betriebes

Der ökologisch wirtschaftende Milchvieh-Gemischtbetrieb PB 73 (Tabelle 4.10-14) liegt in der Küstenregion Norddeutschlands (Nordwest-Mecklenburg) 68 m über NN (533 mm Jahresniederschlag, 8,4°C Jahresmitteltemperatur). Die Lehmböden haben wechselnde, aber hohe Qualität. Die Bodenwertzahl beträgt im Mittel 53 (40 – 60). 96 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche sind Ackerland.

**Tabelle 4.10-14:** Standortbedingungen, Betriebsstruktur u. Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 73 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 73
<b>Standortbedingungen</b>		
Region		Nordwest-Mecklenburg
Höhenlage	m NN	68
Niederschlag	mm a <sup>-1</sup>	536
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	8,4
Bodenart		sL
Bodenwertzahl		53 (40 – 60)
<b>Betriebsstruktur</b>		
Landbau, Anbauverband		ökologisch, Biopark
Betriebsform		Milchvieh-Gemischtbetrieb
Tierbesatz	GV ha <sup>-1</sup>	0,25
Milchkühe	Anzahl	227
Nutzfläche (LN)	ha	1299
Ackerland (AL)	% der LN	96
Getreide	% des AL	58
Hackfrüchte	% des AL	4
Luzerne-Kleegrass, Ackergras	% des AL	19
Körnerleguminosen	% des AL	17
Ölfrüchte	% des AL	2
Untersaaten	% des AL	7
Zwischenfrüchte	% des AL	18
Fruchtartendiversität	Index	2,95
<b>Erträge und Leistungen</b>		
Getreideeinheiten-Ertrag	GE ha <sup>-1</sup> LN	33
Energiebindung	GJ ha <sup>-1</sup> LN	70
Winterweizen-Korn-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	37
Luzerne-Kleegrass-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	360
Grünland-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	300
<b>Tierhaltung</b>		
Milchleistung pro Kuh	kg ECM	8.900
Erstkalbealter	Monate	27,1
Zwischenkalbezeit	Tage	414
Nutzungsdauer	Monate	27,1
Laktationszahl	Anzahl	2,0

Der Betrieb hält im Mittel 227 Schwarzbunte Milchkühe mit Nachzucht. Der Tierbesatz beträgt 0,25 GV ha<sup>-1</sup>. Tabelle 4.10-14 zeigt die mittleren Kenndaten der Produktion von 2009-2015.

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen des Betriebes sind der Tabelle 4.10-15 zu entnehmen. Übergeordnetes Ziel des Betriebes ist es, eine nachhaltige Bewirtschaftung im Gesamtbetrieb zu erreichen. Die ökologische Nachhaltigkeit soll durch ökologischen Landbau, breit gefächerte Fruchtfolgen, eigenerzeugte Futtermittel und Klimaschutzprojekte erreicht werden. Ein wesentlicher Aspekt der sozialen Nachhaltigkeit ist die Bereitstellung von Arbeitsplätzen in der Region. Gewinne sollen erzielt werden, jedoch steht die Gewinnmaximierung nicht im Vordergrund.

**Tabelle 4.10-15:** Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 73 (2009 – 2015)

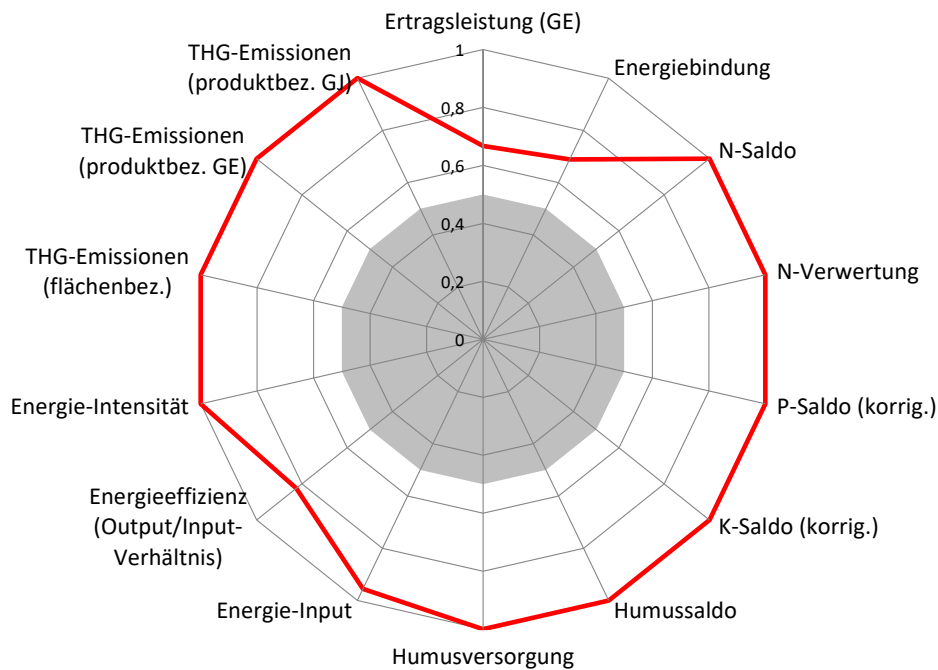
Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 73
<b>Arbeitskräfte</b>		
Abhängig Beschäftigte	AK	18,2
<b>Umsatz und Erlöse Landwirtschaft</b>		
Milchwirtschaft	%	44
Kälber, Schlachttiere	%	4
Ackerbau	%	52
<b>Rahmenbedingungen</b>		Eigentumsflächen
<b>Betriebsziele</b>		
– Ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltiger Gesamtbetrieb		
<b>Betriebsstrategie</b>		
– Ökologie: breit gefächerte Fruchtfolge, möglichst selbst erzeugte Futtermittel, Klimaschutzprojekte		
– Soziales: Arbeitsplätze in der Region schaffen und erhalten		
– Ökonomie: Gewinne erzielen, aber nicht maximieren		

#### 4.10.3.3.2 Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen

##### Pflanzenbau und Ressourceneffizienz

Im Pilotbetrieb PB 73 sind bei der Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit kaum Schwachpunkte auszumachen (siehe Netzdiagramm in Abbildung 4.10-14). Fast alle Indikatoren erreichen die Höchstbewertung, mit Ausnahme der ertragsbezogenen Indikatoren „Ertragsleistungen“, „Energiebindung“ und „Energieeffizienz“.

Die relativ geringen Erträge sind nicht nur standortbedingt (die geringen Niederschlagsmengen wirken ertragsbegrenzend), sondern auch auf die geringe N-Verfügbarkeit in der Fruchtfolge aufgrund des geringen N-Inputs (begrenzte N<sub>2</sub>-Fixierleistung, geringer Tierbesatz) sowie den Anbau von Körnerleguminosen (Lupinen) mit geringem Ertragspotenzial zurückzuführen.



**Abbildung 4.10-14:** Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 73 (2009 – 2015).

Der N-Kreislauf (Abbildung 4.10-15) zeigt, dass der Betrieb weitgehend N-autark wirtschaftet. Der wichtigste N-Input in das Betriebssystem ist die  $N_2$ -Fixierung der Leguminosen ( $56 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ). Der Futter-Zukauf beträgt  $9 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (im Vergleich dazu eigene Futterproduktion  $30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ). Die N-Düngung ist auf niedrigem Niveau; aufgrund des geringen Tierbesatzes stehen nur  $24 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  in den organischen Düngern der Milchviehhaltung zur Verfügung. Der Betrieb verzichtet auf den Zukauf von N-Düngemitteln. Insgesamt ist der N-Kreislauf als extensiv zu bewerten. Der N-Saldo ist auf relativ niedrigem Niveau ( $23 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), die N-Effizienz des Pflanzenbaus beträgt 79 %. Aufgrund der positiven Humusbilanz ist eine  $N_{\text{org}}$ -Akkumulation zu erwarten.

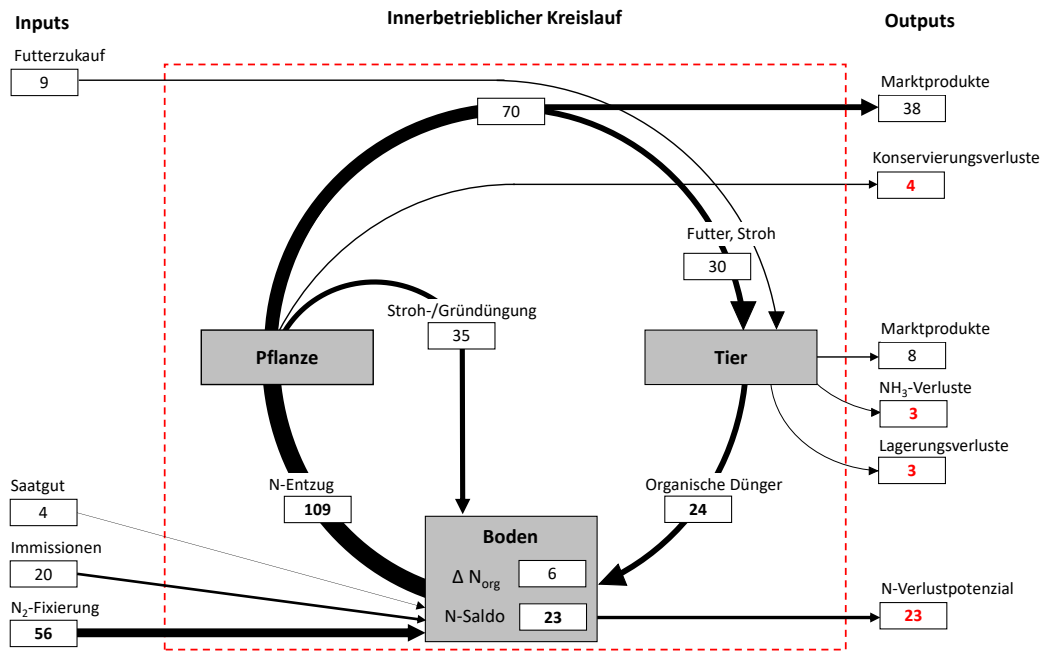


Abbildung 4.10-15: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 73 (2009 – 2015).

### Milchviehhaltung

Im Betrieb PB 73 hatten die Tiere im Milchjahr 2015 eine Leistung von 8.089 kg ECM pro Tier (3,75 % Fett, 3,06 % Eiweiß). Im Mittel der Untersuchungsjahre 2009-2015 betrug die Milchleistung 9450 kg ECM pro Tier. Diese Milchleistung ist die zweithöchste Leistung in der Gruppe der ökologischen Pilotbetriebe. Im Milchjahr 2015 wurde die Fütterungsintensität (auch aufgrund der intensiven Betreuung im Rahmen des Projektes) im Vergleich zu den Vorjahren deutlich abgesenkt, um die Gesundheitssituation der Tiere zu verbessern.

Einen Überblick zum Haltungssystem gibt die Tabelle 4.10-16.



**Tabelle 4.10-16:** Übersicht zum Haltungssystem, Pilotbetrieb PB 73

Haltungssystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Laktierende Tiere: Liegeboxenlaufstall mit Spaltenboden und befestigtem Auslauf</li> <li>– Trockensteher und Jungvieh Kat. 4: Liegeboxenlaufstall, planbefestigt Gummimatten mit Faltschieber</li> <li>– Alle: hochgelegte Tiefboxen mit Stroh-Mist Matratze</li> </ul>
Fütterung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– TMR aus Klee gras- und Maissilage, Stroh, Getreide, Erbsen und Lupinen, z. T. Sonnenblumenkuchen</li> <li>– zwei Leistungsgruppen bis/nach 120 – 150. Laktationstag</li> <li>– Weidegang 200 Tage: Laktierende 6 h pro Tag, Standweide, Trockensteher 24 h Umtriebsweide</li> </ul>
Kälber und Jungvieh	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Haltung: Kat. 0: Einzel-, Gruppeniglu, Kat. 1: Einflächen-Tiefstreu-System, Kat. 2: Zweiflächen-Tiefstreu-System, Kat. 3 und 4: Boxenlaufstall mit Spalten, Kat. 4: bei Trockenstehern</li> <li>– Einstreu, Stroh geschnitten: Kat. 0 - 1: 1,3 kg je Tier und Tag, Kat. 1 - 3: 4,8 kg je Tier zweitägig</li> <li>– Weidegang für JV Kat.4 200 Tage/24h</li> </ul>

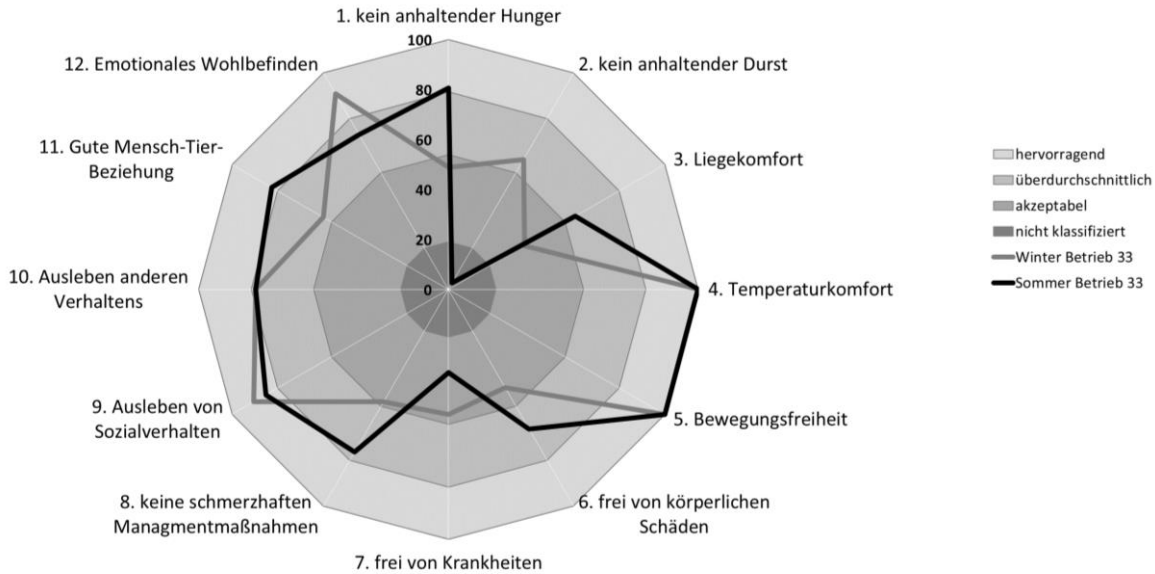
Bei Fütterung der Tiere fiel auf, dass in der Mischung der Grundfutterkomponenten der TMR nicht über 6 MJ NEL kg<sup>-1</sup> erreicht wurde. Die Kraffutteranteile betragen in der ersten Leistungsgruppe bis zu 44 % der Trockenmasse. Nach den Orientierungswerten für die Wasserversorgung der Tiere standen vor allem im Sommer unzureichende Tränkelängen bzw. zu wenige Tränkestellen zur Verfügung. In der Milch lag nach MLP ganzjährig ein geringer Proteingehalt vor, besonders im Winterhalbjahr waren die Harnstoffwerte sehr gering (bis zu 90 % der Tiere < 150 ppm). Der Anteil an Färsen, die im Erstgemelk > 100.000 somatische Zellen pro ml aufwiesen, war im Vergleich der Pilotbetriebe überdurchschnittlich hoch. Der Betriebsleiter berichtete, dass viele Tiere aufgrund von Mastitisproblemen gemerzt wurden. Bei den Milchkühen lagen im Erhebungszeitraum hohe Mortalitätsraten vor, über den Warnwerten waren auch Anteile für Schweregeburten und festliegende Kühe. Ebenso wurde verstärkt Nasen- und z. T. Augen- und Scheidenausfluss bei den Tieren beobachtet. Nach den Anwendungs- und Abgabebelegen wurden relativ häufig Zyklusstörungen therapiert.

Bei der Tierbeurteilung wurden hohe Anteile verschmutzter Tiere gefunden, im Sommer an Hinterbein und Euter, im Winter auch an weiteren Körperbereichen. Im Winter hatten 9 % der Tiere eine zu geringe Körperkondition, 8 % der Tiere wurde als überkonditioniert bestimmt. 91 % der Tiere zeigten haarlose Stellen und Verletzungen und 12 % der Tiere waren lahm. Auffällig war auch die lange Abliegedauer der Tiere (7,3 Sekunden) bei der Wintererhebung im Stall.

Die Herde wurde zunehmend auf hornlose Genetik umgestellt. Bei den behornen Kälbern wurden im Erhebungszeitraum bei der Enthornung im Sommer Betäubung und Schmerzmittel eingesetzt, im Winterhalbjahr zuvor noch nicht. Diese Aspekte erklären den Verlauf der Werte für die Tierwohlkriterien in Abbildung 4.10-16.

Bei den Milchkühen und Trockenstehern wurde z. T. ein Tier Fressplatzverhältnis von ca. 0,8 am Fressgitter und von 0,6 am Nackenrohr vorgefunden. Die Lauflächen waren mittel bis stark verschmutzt (3 - 5). Das Platzangebot in Stall- und Auslauf war beim Jungvieh Kat. 1, 3 (nur die Auslauffläche) und beim Jungvieh Kat. 4, gemessen an den Vorgaben der EU Öko-VO, unzureichend. Die Verschmutzung der

Haltungsflächen und der Tiere in Kat. 3, 4 und z. T. auch in Kat. 2 war auffällig. Tierzahl oder Platzangebot und Einstreumanagement sollten angepasst werden.



**Abbildung 4.10-16:** Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 73, Ausgangssituation.

### Optimierungspotenzial beim Tierwohl

Insgesamt hat der Betrieb in der Fütterung Probleme mit der ausreichenden Energieversorgung der Tiere. Hier müssten die Grundfutterqualität und -aufnahme verbessert werden. Zur weiteren Verbesserung der Kraftfutterqualität könnten Lupinen und Erbsen thermisch behandelt werden, um den UDXP-Anteil zu erhöhen oder UDXP-reiche Kraftfuttermittel dazugekauft werden (z. B. Biertreber). Durch eine Verbesserung der Energiebilanz in der Fütterung könnten die Körperkondition der Tiere verbessert und ggf. auch Fruchtbarkeitsproblemen entgegengewirkt werden. Eine deutliche Erweiterung des Tränkewasserangebots auf der Weide und eine leichte Anpassung der Tränkezahlen bzw. -längen im Stall wäre sinnvoll.

Durch Erneuerung der Stroh-Mist-Matratze, häufigeres Einstreuen und die Anschaffung eines Spaltenroboters könnten die Verschmutzung der Tiere und der Keimdruck mit Umweltkeimen im Stall reduziert werden. Ggf. ist dadurch ein positiver Effekt für die Eutergesundheit zu erwarten. Bei der Stalleinrichtung wurden die Pilzbügel als unvorteilhaft für ein berührungsfreies Ablegen der Tiere angesehen. Die zum Teil vorhandenen Nackenrohre am Futtergang und Fressgitter sollten hinsichtlich ihrer Einstellung überprüft werden und stets mindestens ein Tier-Fressplatzverhältnis von 1:1 vorhanden sein. Einzelne lockere Spaltenelemente sollten zur Verringerung von Klauenverletzungen festgelegt werden.

Die zuletzt genannten Maßnahmen dienen der Verbesserung des Liegekomforts (incl. Sauberkeit) der Tiere, senken die Verletzungsgefahr und ggf. das Auftreten von Lahmheiten und Mastitis und verbessern die Widerstandskraft und Leistungsfähigkeit der Tiere. Auch eine Verringerung der Tierzahl im Stall würde für alle genannten Punkte förderlich sein. Durch ein verbessertes Platzangebot im Stall könnte

noch weniger agonistisches Verhalten der Tiere auftreten und auch die Futteraufnahme verbessert werden. Auch beim Jungvieh muss auf ein ausreichendes Platzangebot geachtet werden und z. B. die Größe des Auslaufs mit den flexiblen Abtrennungen jeweils besser angepasst werden.

Hinsichtlich der Mastitishäufigkeit gab der Betriebsleiter an, bereits Maßnahmen für ein verbessertes Management eingeleitet zu haben (Schalmtest, Zellzahlmessgerät, Erregerbestimmung incl. Antibiotika-Resistenz). Auch solle vermehrt Homöopathie eingesetzt werden. Zur Verringerung der Zahl der festliegenden Tiere sollen calciumreduziertes Mineralfutter, K-arme Grassilagen und saure Salze in der Vorbereitungsfütterung eingesetzt werden. Zusätzlich wurde besprochen, Zitzenversiegler zum Trockenstellen zu verwenden und bei Risikotieren zusätzlich um die Geburt oral Calcium zu verabreichen.

#### 4.10.3.3.3 Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls

Zusammenfassend sind die Schwachstellen im Pflanzenbau und in der Milchviehhaltung in Tabelle 4.10-17 sowie die abgeleiteten Maßnahmen und Strategien in Tabelle 4.10-18 dargestellt. Schwerpunkte im Pflanzenbau sind die Intensivierung des betrieblichen Stickstoffkreislaufs und damit die bessere N-Versorgung der Kulturpflanzen, eine deutliche Steigerung der Grobfutterproduktion (Silomais, Klee gras) zur Versorgung der wachsenden Tierbestände, die Reduzierung des Körnerleguminosenanbaus (Lupinen, Erbsen) aufgrund zu geringer und stark schwankender Erträge.

Im Mittelpunkt der Maßnahmen in der Milchviehhaltung steht ein Stallneubau für die Milchkühe, wodurch die Haltungsbedingungen grundlegend verbessert und die Anforderungen an das Tierwohl erfüllt werden. Es wird hierbei unterstellt, dass die Leistung der Milchkühe gleichbleibt.

**Tabelle 4.10-17:** Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 73

Pflanzenbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zu wenig Stickstoff im betrieblichen N-Kreislauf, Stickstoff als ertragsbegrenzender Faktor</li> <li>– Körnerleguminosen (Lupinen) mit stark schwankenden Erträgen</li> </ul>
Milchviehhaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Energiekonzentration im Futter zu gering</li> <li>– geringe Nutzungsdauer der Milchkühe</li> <li>– Mastitis-Probleme, auch Probleme mit Festliegen und Gebärmutterentzündungen</li> </ul>

Der Stallneubau würde die Voraussetzungen für eine deutliche Aufstockung des Tierbestandes schaffen sowie die derzeit im Altbau beengte Haltungssituation der Tiere und die hygienische Situation wirksam verbessern. Melkende Tiere und Melkbereich sollten dabei im Neubau untergebracht werden, der Altbau für die Trockensteher und Nachzucht ertüchtigt werden.

**Tabelle 4.10-18:** Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 73

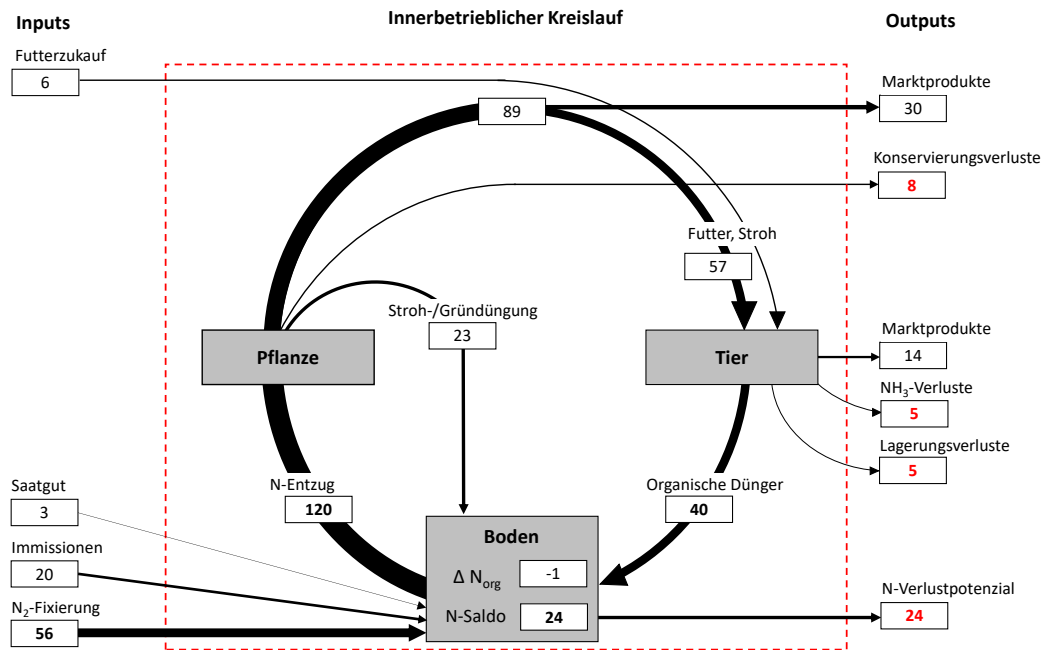
Bereich	Maßnahmen	Ziele
Pflanzenbau	– Anbaufläche von Körnerleguminosen verringern (- 100 ha)	– Ertragssteigerung der Fruchtfolge
	– Maisanbaufläche und Kleegrasfläche erhöhen (+ 100 ha)	– Futtermittelsversorgung der Tierbestände – bessere Grundfutterqualität (höhere Energiekonzentration)
Milchviehhaltung	– Milchviehbestand aufstocken um 150 Kühe (und anteilige Nachzucht) bei gleicher Milchleistung	– Produktions- und Erlössteigerung in der Milcherzeugung – Intensivierung des betrieblichen Nährstoffkreislaufs
	– Neubau Milchviehstall als Laufstall für 180 Kuhplätze (einschließlich Güllelager, Melktechnik, Futterlager, Auslauf), 18er Melkkarussell	– optimale Haltungsbedingungen, Förderung des Tierwohls, längere Nutzungsdauer der Milchkühe
	– Altstall: Altmelker (90 Tiere) + Trockensteher (60) + Erstkalber, – alter Melkstand zu Abkalbebox, Krankenbox – Nackenriegel durch Freßgitter ersetzt	– bessere Haltungsbedingungen, Förderung des Tierwohls

#### 4.10.3.3.4 Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien

Die Optimierungsmaßnahmen führen gegenüber der Ausgangssituation zu einer Intensivierung des innerbetrieblichen N-Kreislaufs (Abbildung 4.10-17):

- die N<sub>2</sub>-Fixierleistung bleibt gleich (weniger Körnerleguminosen, aber mehr Kleegras),
- es steht mehr Wirtschaftsdünger zur Verfügung (Anstieg der N-Düngung von 24 auf 40 kg ha<sup>-1</sup>),
- der N-Entzug steigt auf 120 kg ha<sup>-1</sup> durch den Anbau ertragsstärkerer Fruchtarten.

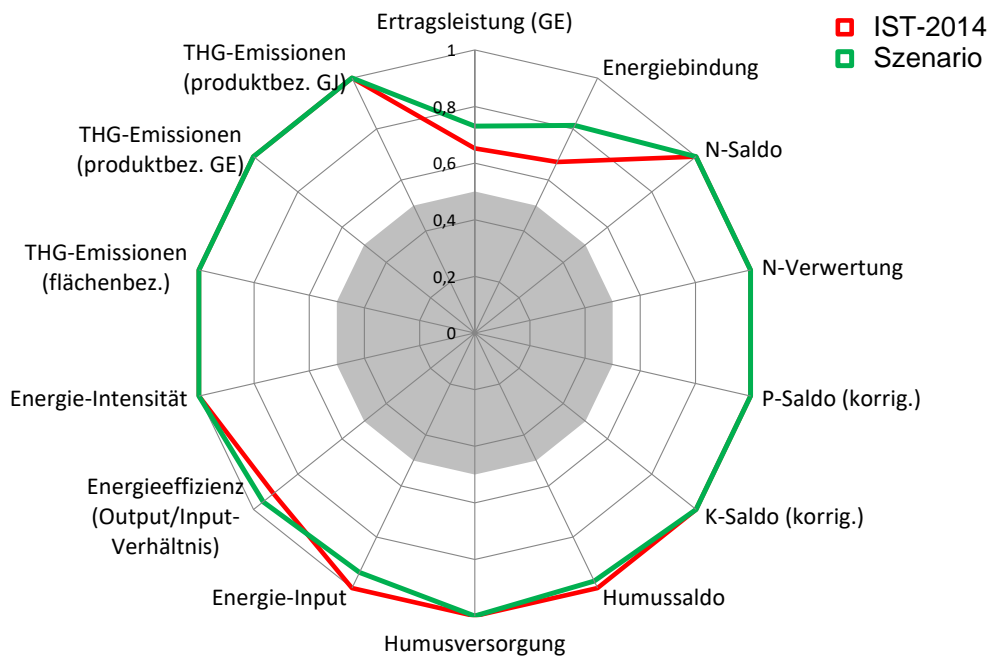
Durch die bessere Stickstoffversorgung besteht auch das Potenzial für weitere Ertragssteigerungen, insbesondere bei den Kulturarten, die organisch gedüngt werden. Dies blieb bei der Modellierung des N-Kreislaufs und bei der Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit (Abbildung 4.10-18) unberücksichtigt, so dass die positiven Gesamteffekte möglicherweise unterschätzt werden.



**Abbildung 4.10-17:** Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 73, Ergebnis der Szenariorechnung.

Die Gesamtdarstellung der zu erwartenden ökologischen Wirkungen im Netzdiagramm (Abbildung 4.10-18) zeigt eine Verbesserung bei den Indikatoren „Ertragsleistungen“, „Energiebindung“ und „Energieeffizienz“ aufgrund der Ertragssteigerungen durch die Substitution der ertragsschwachen Kulturen Erbsen und Lupinen durch Futterpflanzen mit deutlich höherem Ertragspotential (Silomais, Klee gras). Allerdings vermindert sich durch die Maßnahmen im Pflanzenbau (Ausdehnung der Maisanbaufläche) auch unter Berücksichtigung des höheren Wirtschaftsdünger aufkommens (höherer Tierbesatz) der Humussaldo von 70 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> auf -3 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> Humus-C; der Humussaldo liegt damit aber immer noch nahezu im Optimum. Durch die intensivere Flächennutzung (Futterproduktion, organische Düngung) steigt der Energie-Input pro Hektar, jedoch verbessert sich gleichzeitig die Energieeffizienz aufgrund des Ertragsanstiegs.

Aufgrund der Intensitätssteigerung im Pflanzenbau ist ein Anstieg der flächenbezogenen THG-Emissionen von 879 auf 1.204 kg CO<sub>2eq</sub> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> sowie der produktbezogenen THG-Emissionen von 27,3 auf 31,3 kg CO<sub>2eq</sub> GE<sup>-1</sup> zu erwarten; diese Werte liegen aber immer noch im optimalen Bereich.



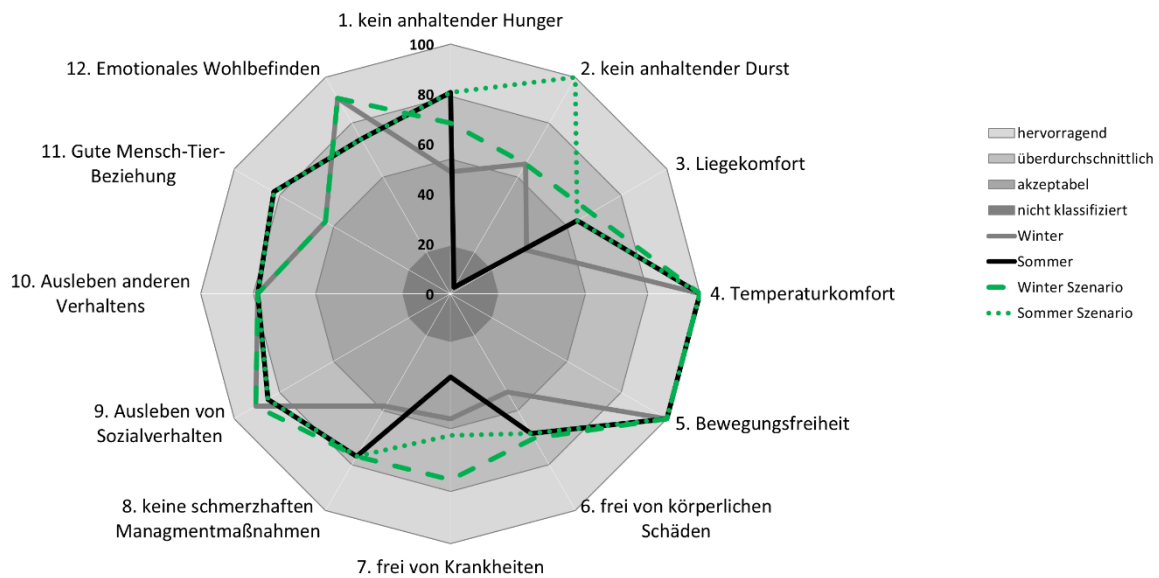
**Abbildung 4.10-18:** Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 73, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

## Milchproduktion

Es ist zu erwarten, dass mit den vorgeschlagenen Maßnahmen bei den Tierwohlkriterien „kein anhaltender Hunger und Durst, Liegekomfort, Freiheit von körperlichen Schäden und von Krankheiten“ sowie beim „Ausleben von Sozialverhalten“ Verbesserungen erreicht werden können (Abbildung 4.10-19).

Die gelieferte Milchmenge erhöht sich im Szenario durch die deutlich erhöhte Tierzahl bei gleichbleibend hoher Milchleistung um nahezu 1,3 Mio kg.

Die gesamtbetrieblich niedrigen produktbezogenen Treibhausgasemissionen der Milchproduktion verändern sich bei deutlich verbesserter Tierwohlsituation nur geringfügig von 877 auf 883 g CO<sub>2eq</sub> kg<sup>-1</sup> ECM.



**Abbildung 4.10-19:** Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 73, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Durch die Maßnahmen im Szenario und die angepassten Werte zeigen sich auf Betrieb 73 erwartungsgemäß die positiven Effekte bei den Tierwohlkriterien kein „anhaltender Durst“, „frei von Krankheiten“ und „keine schmerzhaften Managementmaßnahmen“, auch wird sich die angestrebte Verbesserung der Sauberkeit der Tiere, der verbesserten Liegeboxen auf das Abliegeverhalten weiter positiv auf das Kriterium „Liegekomfort“ auswirken“ (Abbildung 4.10-19).

### Ökonomische Auswirkungen

Die Ausdehnung des Maisanbaus und die Verminderung des Anbaus von Lupinen und Erbsen bedeutet aus ökonomischer Sicht, dass die variablen Kosten der Körnerleguminosen (358 – 471 € ha<sup>-1</sup>) mit den Kosten der Maisproduktion (613 € ha<sup>-1</sup>) zu vergleichen sind. Aufgrund der Kostendifferenz führt die Anpassung der Futterproduktion demnach zu steigenden Futterkosten. Mögliche positive ökonomische Effekte der verbesserten Energiebilanz in der Fütterung (Körperkondition, Fruchtbarkeit) wurden in der Szenario-Analyse nicht berücksichtigt, da diese nur schwer zu quantifizieren sind. Grundsätzlich ist aber davon auszugehen, dass diese sich auch in der Milch- und Reproduktionsleistung widerspiegelt.

Die weitreichendsten Veränderungen betreffen die Aufstockung der Herdengröße und den Bau eines neuen Kuhstalls. Um den zusätzlichen Futterbedarf zu decken, erhöht sich entweder der Anteil der zugekauften Futtermittel oder dem Betrieb entstehen zusätzliche Pachtkosten. In beiden Fällen nehmen die Produktionskosten je Kuhplatz zu. Weitere substantielle Faktorkosten ergeben sich durch den Neubau des Gebäudes, der bei einem Investitionsvolumen von 10.000 € je Stallplatz und einer Milchleistung von 8.900 kg zusätzliche jährliche Abschreibungskosten von 6 Cent je Liter Milch verursachen würde.

Aufgrund der weitreichenden strukturellen Änderungen, die im Optimierungs-Szenario vorgesehen sind und deren Auswirkungen jeweils von den getroffenen Annahmen abhängen, wurde auf eine Gewinnanalyse verzichtet. Um substantielle Gewinneinbußen zu vermeiden, wäre es zwingend notwendig, dass die Faktorkosten begrenzt werden können, der Neubau des Kuhstalls durch staatliche Förderprogramme unterstützt wird und die zusätzliche Milchmenge zu einem Mehrpreis als ökologisch erzeugte Milch vermarktet werden kann.

#### **4.10.3.4 Pilotbetrieb PB 85, Region Nord**

##### **4.10.3.4.1 Kennzeichnung des Betriebes**

Der konventionelle Milchvieh-Gemischtbetrieb PB 85 bewirtschaftet 142 ha in der norddeutschen Küstenregion, 15 m über NN. Der Standort ist gekennzeichnet durch 686 mm Jahresniederschlag, 8,8°C Jahresmitteltemperatur, leichte bis mittlere Böden und z. T. moorige Standorte mit Bodenwertzahlen von 22 bis 50. Der Grünlandanteil beträgt 34 %. Auf dem Grünland bestehen z. T. Naturschutzauflagen hinsichtlich Mahd und Entwässerung.

Der Betrieb hält im Mittel 76 Rotbunte Milchkühe mit Nachzucht. Der Tierbesatz beträgt 0,85 GV ha<sup>-1</sup> LN. Tabelle 4.10-19 zeigt die mittleren Kenndaten der Produktion von 2009-2015.



**Tabelle 4.10-19:** Standortbedingungen, Betriebsstruktur u. Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 85
<b>Standortbedingungen</b>		
Region		Küstenregion, Nordostdeutschland
Höhenlage	m NN	15
Niederschlag	mm a <sup>-1</sup>	686
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	8,8
Bodenart		sL (IS bis sL, Mo)
Bodenwertzahl		39 (22 – 50)
<b>Betriebsstruktur</b>		
Landbau, Anbauverband		konventionell
Betriebsform		Milchvieh-Gemischtbetrieb
Tierbesatz	GV ha <sup>-1</sup>	0,85
Milchkühe	Anzahl	76
Nutzfläche (LN)	ha	147
Ackerland (AL)	% der LN	67
Getreide	% des AL	37
Hackfrüchte, Mais	% des AL	31
Ölfrüchte	% des AL	32
Zwischenfrüchte	% des AL	5
Fruchtartendiversität	Index	1,45
<b>Erträge und Leistungen</b>		
Getreideeinheiten-Ertrag	GE ha <sup>-1</sup> LN	78
Energiebindung	GJ ha <sup>-1</sup> LN	166
Winterweizen-Korn-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	94
Silomais-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	525
Grünland-Ertrag	dt FM ha <sup>-1</sup>	395
<b>Tierhaltung</b>		
Milchleistung pro Kuh	kg ECM	8.300
Erstkalbealter	Monate	27,0
Zwischenkalbezeit	Tage	405
Nutzungsdauer	Monate	28,2
Laktationszahl	Anzahl	2,1

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen des Betriebes sind der Tabelle 4.10-20 zu entnehmen.

Der Betriebsleiter möchte die Produktivität weiter steigern, in der Milchproduktion durch verbessertes Management und Zucht. Im Ackerbau liegen die Erträge unter seinen Erwartungen. Bei der Grünlandbewirtschaftung wird die Flächennutzung durch langsame Wiedervernässung zunehmend erschwert.

**Tabelle 4.10-20:** Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 85
<b>Arbeitskräfte</b>		
Familien-AK (nicht entlohnt)	AK	1,8
Abhängig Beschäftigte	AK	0,7
<b>Umsatz und Erlöse Landwirtschaft</b>		
Milchwirtschaft	%	60
Kälber, Schlachttiere	%	6
Ackerbau	%	34
<b>Rahmenbedingungen</b>		Eigentumsflächen 96 ha (ca. 65 %) ungesicherte Hofnachfolge
<b>Betriebsziele</b>		
– hohe Rentabilität des Gesamtbetriebes		
<b>Betriebsstrategie</b>		
– durchdachte Produktivitätssteigerung		
– Milchvieh: Leistungssteigerung durch besseres Management und Zucht		
– Ackerbau: Ertragssteigerung durch gezielte Maßnahmen		

#### 4.10.3.4.2 Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen

##### Pflanzenbau und Ressourceneffizienz

Im Pilotbetrieb PB 85 zeigen sich bei der Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit deutliche Problem-bereiche (siehe Netzdiagramm in Abbildung 4.10-20). Der größte Optimierungsbedarf besteht im Humusmanagement; der Humussaldo beträgt in der Ausgangssituation  $-357 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  Humus-C, die Humusversorgung 50 % des Humusbedarfs. Der Indikator „N-Saldo“ zeigt hohe, umweltgefährdende N-Überschüsse an. Auch die flächen- und produktbezogenen THG-Emissionen sind auf zu hohem Niveau.

Aufgrund der hohen Erträge erzielten die Indikatoren „Ertragsleistungen“, „Energiebindung“ und „Energieintensität“ die Höchstbewertung. Die Nährstoffversorgung der Böden mit P und K ist optimal.

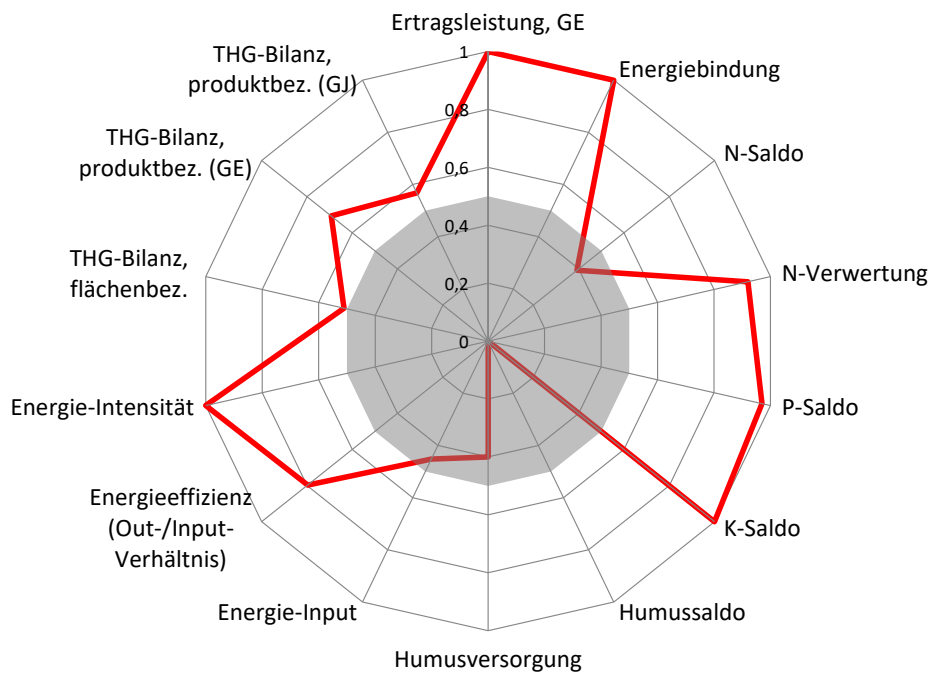


Abbildung 4.10-20: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015).

Abbildung 4.10-21 zeigt den betrieblichen N-Kreislauf in der Ausgangssituation. Auffällig ist der hohe Mineraldüngereinsatz ( $158 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  im Mittel der LN) bei zugleich intensiver organischer Düngung.

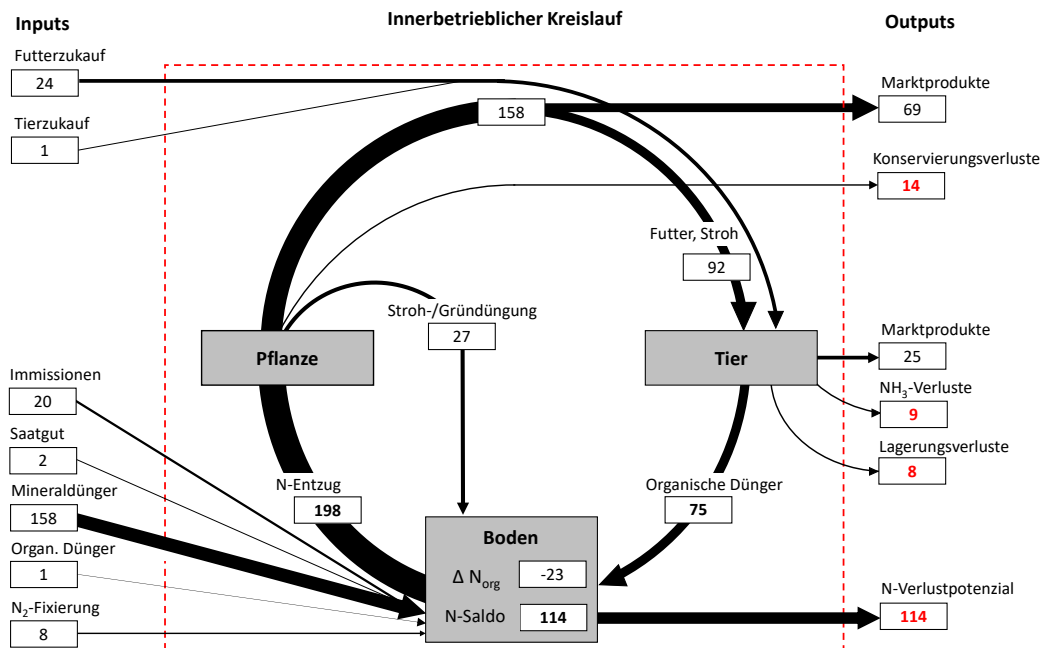


Abbildung 4.10-21: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015).

Dies führt unter Berücksichtigung der modellierten Boden-N<sub>org</sub>-Vorratsänderung (-23 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) zu sehr hohen N-Salden (114 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>); dies ist einer der höchsten Werte, die in den konventionellen Pilotbetrieben festgestellt wurden. Es besteht also dringender Handlungsbedarf zur Minderung dieser hohen umweltgefährdenden N-Überschüsse.

Die in der Milchviehhaltung anfallenden Wirtschaftsdünger (75 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) werden vollständig im Betrieb eingesetzt; es erfolgt keine Abgabe organischer Dünger an andere Betriebe. Als Optimierungsstrategie sollten Möglichkeiten zur deutlichen Reduzierung der Mineral-N-Düngung und Anpassung an den tatsächlichen N-Bedarf der Kulturpflanzen geprüft werden, ebenso Maßnahmen zur besseren Humusversorgung der Ackerböden, um einen weiteren Abbau der Boden-C<sub>org</sub>- und N<sub>org</sub>-Vorräte (Netto-Mineralisation) zu vermeiden.

Die Humusbilanz (Tabelle 4.10-21) weist einen sehr hohen Humusbedarf aus, zurückzuführen auf den hohen Hackfrucht- und Maisanteil in der Fruchtfolge. Die Humusmehrerleistung ist in der Ausgangssituation zu vernachlässigen; es findet kein Anbau von Leguminosen oder mehrjährigem Feldfutter statt. Auch der Zwischenfruchtanbau ist für die Humusreproduktion von geringer Relevanz. Die Humuszufuhr erfolgt vorrangig durch Stroh- und Gölledüngung. Der berechnete Humussaldo von -334 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> entspricht der Versorgungsstufe A, das signalisiert einen dringenden Handlungs- und Optimierungsbedarf. Bei Versorgungsstufe A ist mit abnehmender Bodenfruchtbarkeit, negativer Beeinflussung von Bodeneigenschaften und -prozessen zu rechnen, wodurch sich auch die Ertragsleistungen und die Ertragsstabilität vermindern können.

**Tabelle 4.10-21:** Humusbilanz (dynamische Humuseinheitenmethode), Angaben in kg Humus-C je ha Ackerland, Pilotbetrieb PB 85 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 85
<b>Humusbedarf</b>	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>-839</b>
<b>Humusersatzleistung</b>	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>505</b>
Humusmehrerleistung	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	11
Zufuhr organischer Dünger	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	494
Strohdüngung	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	229
Gründüngung	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	36
Stallmist	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	41
Gülle	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	187
<b>Humussaldo</b>	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>-334</b>
Versorgungsgrad	%	60
Versorgungsstufe		A

## Milchviehhaltung

Im Betrieb 85 erzielten die Milchkühe im Milchjahr 2015 eine Milchleistung von 8.922 kg ECM pro Tier (4,07 % Fett, 3,47 % Eiweiß). Im Mittel der betrachteten Jahre 2009-2015 betrug die Leistung 8315 kg Milch pro Tier. Die Tiere sind enthornt.

Einen Überblick zum Haltungssystem gibt Tabelle 4.10-22.

**Tabelle 4.10-22:** Übersicht zum Haltungssystem, Pilotbetrieb PB 85

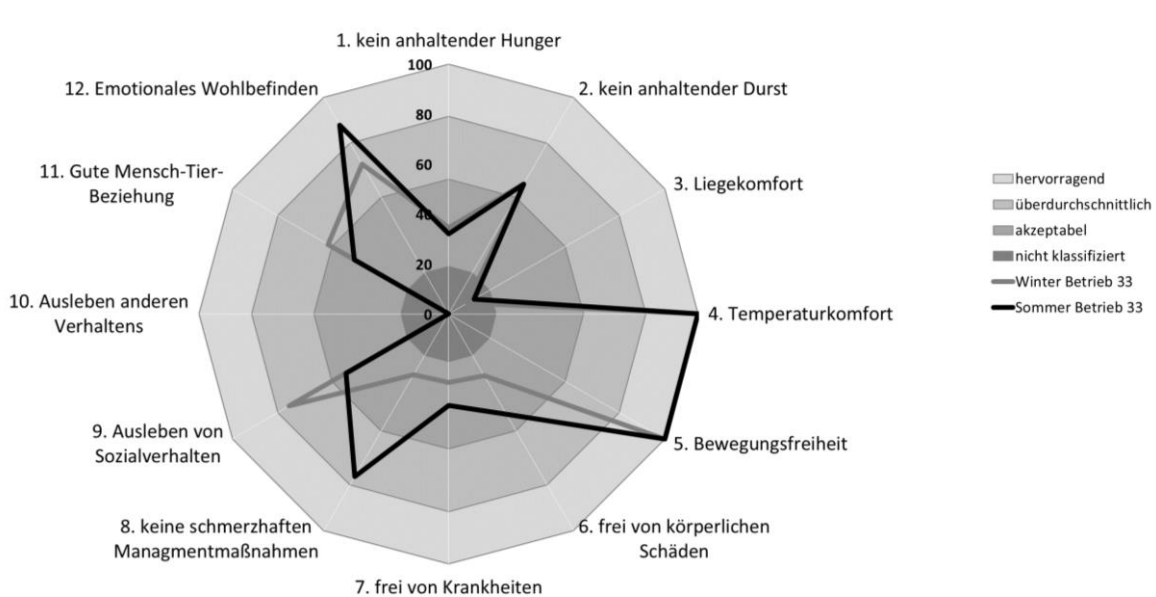
Haltungssystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Boxen-Laufstall mit Vollspalten, Trockensteher planbefestigt</li> <li>– Hochboxen mit Streuschwelle, Beton, kein Auslauf</li> <li>– Einstreu Liegeboxen: Stroh geschnitten, 1 x wöchentlich, 2 kg je Tier und Tag</li> </ul>
Fütterung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– aufgewertete TMR (Gras- und Maissilage, Weizen Körnermais, Rapsextraktionschrot, Milchleistungsfutter, Mineralfutter</li> <li>– Kraftfutter: Milchleistungsfutter am Automaten nach Leistung</li> <li>– Vorbereitungsfütterung: Ca reduziert</li> <li>– Weidegang: Laktierende 4,5 h (Portionsweide), Trockensteher 24 h (Kurzrasenweide)</li> </ul>
Kälber und Jungvieh	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kat. 0: 10 bis 14 Tage in Einzelboxen, Kat. 1 und 2: Einflächen-Tiefstreu-System, Kat. 3 und 4: Einflächensystem Spalten, kein Auslauf, Kat. 2 - 4 Weidegang (24 h)</li> <li>– Einstreu Kat. 0 - 2: Langstroh 2,5 - 4,3 kg je Tier täglich</li> </ul>

Die Futterrationsration ist nach den vorliegenden Berechnungen weitgehend ausgeglichen. Jedoch bestehen Probleme, die optimalen Schnittzeitpunkte für Mais- und Grassilage auf den vernässten Flächen einzuhalten. Ein relativ hoher Anteil der Tiere, die einen Fett-Eiweiß-Quotienten von  $< 1$  in der Milch haben, weist zudem darauf hin, dass die Strukturversorgung verbessert werden könnte. Bei den laktierenden Tieren wurden mit  $3,3 \text{ m}^2$  je Tier eine relativ geringe verfügbare Fläche vorgefunden. Viele Tiere wiesen Lahmheiten auf (Sommer 13 %, Winter 32 %). Der Betriebsleiter schilderte dazu auch Probleme mit Mortellaro. Die Abliegedauer war mit 6,1 Sekunden hoch, 38 bzw. 56 % der Tiere kollidierten beim Abliegen mit der Stalleinrichtung. Der Untergrund in den eingestreuten Betonliegeboxen war im Kniefalltest hart. 40 % der Tiere wiesen Läsionen auf. Vor allem im Sommerhalbjahr wurde agonistisches Verhalten der Tiere beobachtet. An den Beurteilungsterminen waren 16 % (Winter) bzw. 18 % (Sommer) der Tiere unterkonditioniert. Neben den Qualitätsschwankungen im Grundfutter könnten die Ursachen dafür eingeschränkte Mobilität der Tiere, Lahmheiten und beengte Verhältnisse sein, die den Futterzugang erschweren und so die Futteraufnahme verringern.

Bei der Analyse der Stallumgebung war die Verschmutzung der Laufflächen bei den Milchkühen auffällig. Die Tiere waren im Sommer und Winter deutlich verschmutzt. Warn- und Alarmwerte des Welfare Quality Protocol for Cattle zur Tiergesundheit wurden bei den Anteilen von Tieren mit Nasen- und Augenausfluss, mit schwerer Mastitis und festliegenden Tieren überschritten. Der Anteil von Schweregeburten kann z. T. durch den hohen Anteil erstkalbender Tiere erklärt werden. Beim Enthornen der Kälber wurden zum Zeitpunkt der Sommererhebung Betäubung und Schmerzmittel angewandt. Die Beurteilung hinsichtlich schmerzhafter Managementmaßnahmen war dadurch gegenüber der Wintererhebung verbessert (Abbildung 4.10-22).

### Optimierungspotenzial beim Tierwohl

Auf Betrieb 85 sollten Maßnahmen getroffen werden, die Sauberkeit und Gesundheit der Tiere zu verbessern, körperliche Schäden bei den Tieren und Konkurrenzsituationen einzuschränken. Die Energie- und Proteingehalte der Silagen müssen weiter optimiert und die Rohfasergehalte durch Zugabe von Heu und Stroh gezielt verbessert werden. Auch gegen Ende der Laktation und in der Vorbereitungsfütterung sollten die TMR und Rohfaserzufuhr gezielter angepasst werden. Die Anzahl oder Länge der Tränken im Stall sollte erhöht werden. Um Technopathien, Lahmheiten und agonistisches Verhalten zu vermindern, ist es in der alten Stallumgebung unumgänglich, die Tierzahl zu verringern. Ideal wäre es, zusätzlich Auslaufflächen zu schaffen. Ein verbessertes Abliegeverhalten könnte durch den Einbau flexibler Nackenriegel und eines Bugbrettes für den Strohrückhalt und für den Erhalt eines weicheren Lagers erreicht werden. Ideal wäre der Einbau komplett neuer Liegeboxen mit Stroh-Mist-Matratze, alternativ mit Gummimatte und Stroheinstreu mit flexiblen Begrenzungen. Unabdingbar ist es, eine verbesserte Sauberkeit der Tiere zu erzielen. Eine Verminderung der Strohverluste aus der Box würde die Sauberkeit und den Komfort der Tiere erhöhen. Das Durchtreten der Exkreme im Laufgang würde zudem verbessert. Weiterhin wird ein Spaltenroboter, alternativ ein regelmäßiges händisches Abschieben des Spaltenbodens, empfohlen. Zudem wird vorgeschlagen, den Weidegang für die laktierenden Tiere auf über sechs Stunden auszudehnen. Alle diese Maßnahmen würden sich förderlich auf die Mobilität, die Gesundheit und das Sozialverhalten der Tiere auswirken (Abbildung 4.10-22) und auch die ausreichende Futteraufnahme der Tiere fördern.



**Abbildung 4.10-22:** Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 85, Ausgangssituation.

#### 4.10.3.4.3 Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und des Tierwohls

Zusammenfassend sind die Schwachstellen im Pflanzenbau und in der Milchviehhaltung in Tabelle 4.10-23 dargestellt.

Schwerpunkte im Pflanzenbau sind die Optimierung der N-Düngung, um die N-Salden zu vermindern sowie die Verbesserung der Humusversorgung der Ackerböden. In der Milchviehhaltung geht es primär um die Erhöhung des Tierwohls in den angegebenen Bereichen. In Abstimmung mit dem Betriebsleiter wurden bei der Futterproduktion und in der Milchviehhaltung eine Vielzahl kleinerer Maßnahmen (z. B. bauliche Maßnahmen, Verbesserung der technischen Ausstattung, organisatorische Maßnahmen und optimiertes Management) abgeleitet, die aber alle einer gesamtbetrieblichen Strategie folgen und sich ergänzen sollen.

**Tabelle 4.10-23:** Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 85

Pflanzenbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>– zu hoher Mineraldüngereinsatz, zu hoher N-Saldo</li> <li>– organischer Dünger bei Düngungsplanung nur unzureichend berücksichtigt</li> <li>– Humusabbau, Humussaldo stark negativ</li> <li>– Wiedervernässung von Grünlandflächen auf Moorstandorten → unbefriedigende Ertragssituation und schlechte Futterqualität</li> </ul>
Milchviehhaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mastitis- und Mortellaroproblem</li> <li>– Probleme mit den Klauen und Ketose</li> <li>– unterkonditionierte Tiere</li> <li>– geringes Platzangebot führt zu Verschmutzungen und Verletzungen</li> <li>– Optimierungspotential bei den Welfare Quality Kriterien Körperkondition, Liegekomfort, frei von körperlichen Schäden, frei von Krankheiten, Sozialverhalten, Fütterung</li> </ul>

**Tabelle 4.10-24:** Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 85

Bereich	Maßnahmen	Ziele
Pflanzenbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>– bedarfsgerechte Mineral-N-Düngung (ertrags- und qualitätsabhängig)</li> <li>– Optimierung der N-Gaben nach Menge, Düngerqualität und Termin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Einsparung von Mineral-N</li> <li>– Verminderung der N-Salden, Erhöhung der N-Effizienz</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zwischenfruchtanbau ausweiten</li> <li>– Ackergrasfläche erhöhen (statt Getreide)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– bessere Humusversorgung</li> <li>– Grobfutterproduktion</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Erhöhung der Grobfutterqualität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– bessere und eiweißreiche Silage</li> </ul>
Milchviehhaltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Optimierung der Fütterung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Milchleistung um 1.000 kg steigern und auf einem Niveau von 9.000 kg je Tier ECM stabilisieren</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Veränderungen im Tiermanagement und der Haltungsumgebung</li> <li>– mehr Platz, Liegebox-/Freßplatzbelegung von 95 % + zusätzlich 4 Boxen (+ Vergrößerung)</li> <li>– geringere Belegung + größeres Platzangebot + Bugbrett + eingestreute Gummimatten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– verbesserte Tiergesundheit und Tierwohl</li> <li>– weniger Erkrankungen + weniger Stress (geringere Tierarztkosten)</li> </ul>

#### 4.10.3.4.4 Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien

Der Stickstoffsaldo der Zielvariante (Abbildung 4.10-23) ist mit  $76 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  gegenüber der Ausgangssituation (Abbildung 4.10-21) deutlich vermindert, aber immer noch auf zu hohem Niveau. Während der Einsatz organischer Dünger unverändert blieb, wurde der Mineral-N-Einsatz erheblich reduziert. Allerdings ist auch von verminderten N-Entzügen auszugehen (u. a. auch durch die Extensivierung des wiedervernässten Grünlands). Aufgrund der verbesserten Humusversorgung der Ackerböden ist die modellierte Boden- $N_{\text{org}}$ -Veränderung zwar immer noch negativ, aber nicht mehr so stark wie ursprünglich. Insgesamt ist zu resümieren, dass alle Maßnahmen zur Optimierung des N-Kreislaufs zwar in die richtige Richtung gehen, der Gesamteffekt aber noch nicht ausreichend ist, um von einem wirklich nachhaltigen N-Management zu sprechen. Hierzu wären weitergehende Anpassungsmaßnahmen erforderlich, die aber derzeit vom Betriebsleiter nicht in Erwägung gezogen werden.

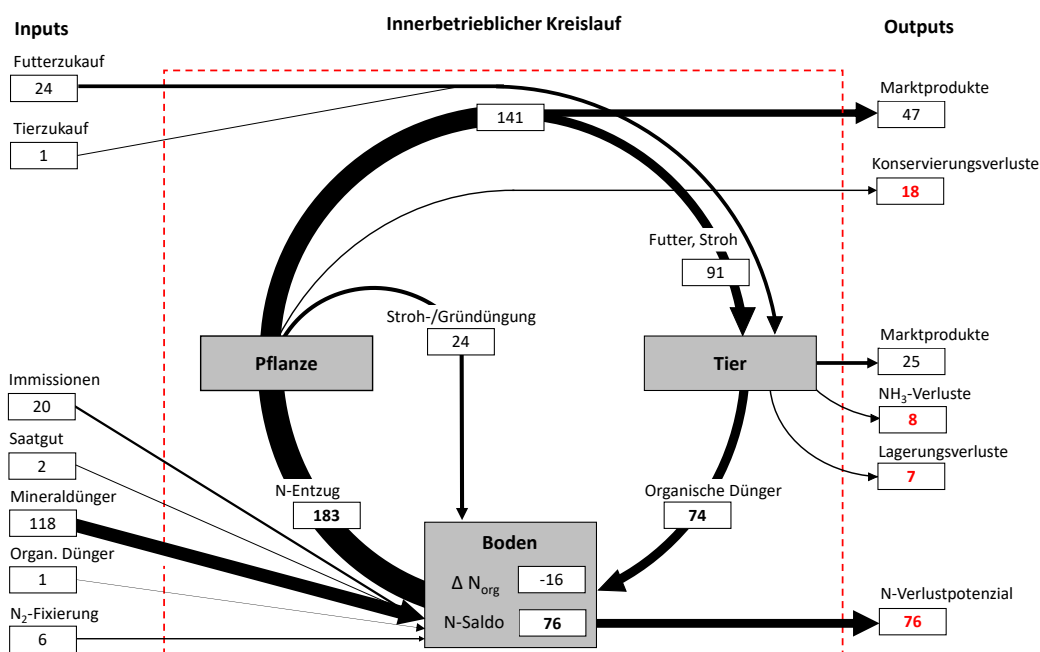
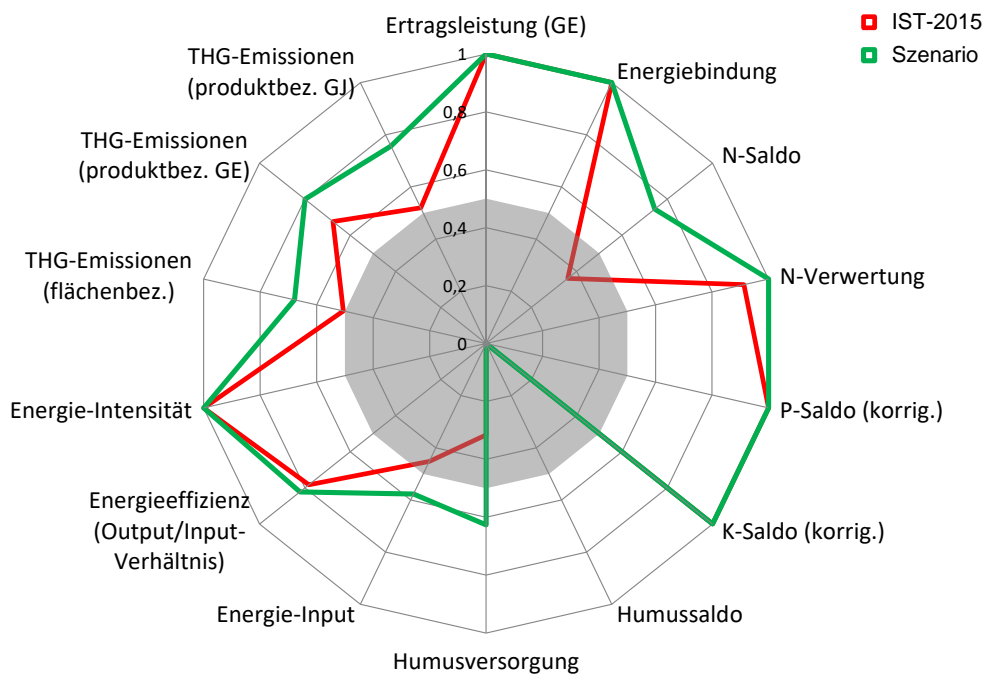


Abbildung 4.10-23: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 85, Ergebnis der Szenariorechnung.

Die Gesamtdarstellung der zu erwartenden ökologischen Wirkungen im Netzdiagramm (Abbildung 4.10-24) zeigt Verbesserungen bei einigen, aber nicht bei allen Indikatoren. So veränderte sich der Humussaldo zwar von  $-357 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  auf  $-255 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ; dies entspricht aber immer noch der Versorgungsklasse A. Die Humusversorgung stieg von 58 % auf 66 %. Es sollten daher weitergehende Maßnahmen im Humusmanagement ergriffen werden.

Neben den Verbesserungen beim N-Saldo und der N-Effizienz (Anstieg von 69 auf 76 %) zeigen sich höhere Bewertungen bei den flächen- und produktbezogenen THG-Emissionen. Dies ist die Folge des verminderten Humus- und Bodenkohlenstoff-Abbaus in der Zielvariante sowie des geringeren N-Inputs (reduzierte  $N_2O$ -Emissionen).

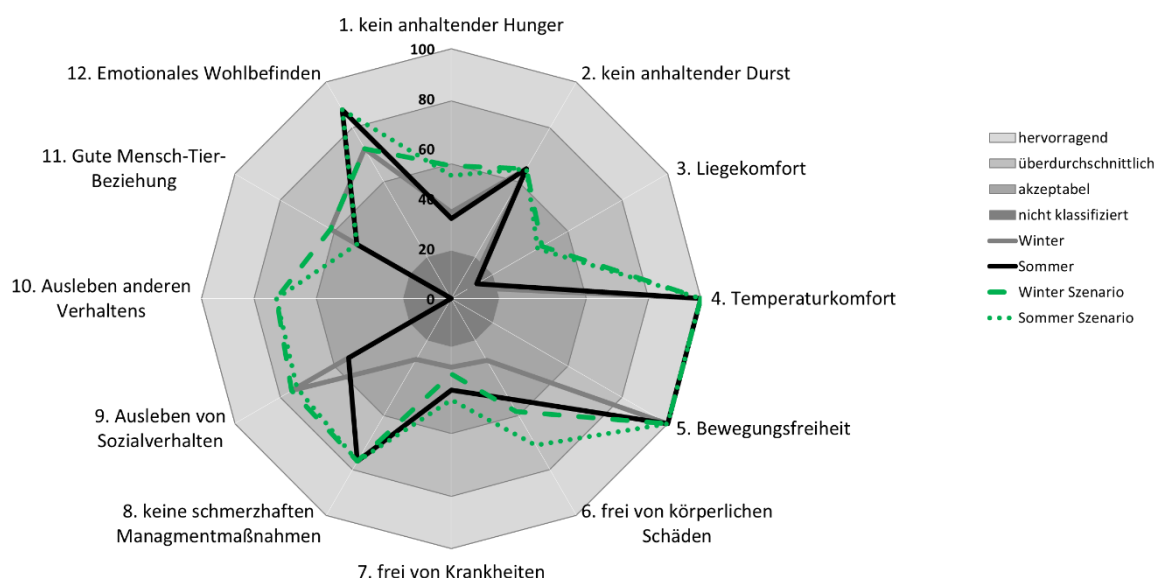




**Abbildung 4.10-24:** Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 85, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Durch die beschriebenen Maßnahmen zur Optimierung von Fütterung, Tiermanagement und Haltungsumgebung ist zu erwarten, dass Liegekomfort, Verletzungsfreiheit, Freiheit von körperlichen Schäden, Bewegungsfreiheit und ggf. Freiheit von Krankheiten steigen. Ebenso wird für die Tierwohlbewertung unterstellt, dass sich die Fütterungssituation und Körperkonstitution der Tiere verbessert (Abbildung 4.10-25).

Die modellierten THG-Emissionen je kg Milch gehen deutlich zurück von 1.102 auf 1.009 g CO<sub>2eq</sub> kg<sup>-1</sup> ECM (siehe Abbildung 4.10-35) aufgrund der optimierten Fütterung und Milchleistungssteigerung.



**Abbildung 4.10-25:** Ergebnisse Welfare Quality Kriterien, Pilotbetrieb PB 85, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

Durch die Maßnahmen im Szenario zur Verbesserung des Tierwohls auf Betrieb PB 85 wurden die Bewertungen beim „Liegekomfort“ durch die angenommen geringere Belegung des Stalls und angemessene moderate Ertüchtigung der Boxen leicht erhöht. Auch beim Kriterium „Ausleben anderen Verhaltens“ könnten durch das verbesserte Platzangebot vermutlich bessere Werte erzielt werden (weniger agonistisches Verhalten). Durch die verbesserte Futtergrundlage steigt die Bewertung beim Kriterium „kein anhaltender Hunger“. Insgesamt werden durch die Maßnahmen, wie angestrebt, auch verbesserte Werte beim Kriterium „frei von Krankheiten“ sichtbar.

### Ökonomische Auswirkungen

Die verschiedenen Optimierungsmaßnahmen haben gemäß der Szenario-Kalkulation sehr unterschiedliche ökonomische Auswirkungen. Die bedarfsgerechte Mineral-N-Düngung der Ackerkulturen führt zu einer Einsparung von Mineraldünger und damit zu einer Reduktion der Düngekosten von 25 € ha<sup>-1</sup>.

Die Ausdehnung des Zwischenfruchtanbaus hat zur Folge, dass die Saatgut- und Maschinenkosten steigen. Gemäß den getroffenen Annahmen nehmen sie um 150 € ha<sup>-1</sup> Zwischenfrucht zu. Um darüber hinaus die Humusversorgung zu verbessern, ist eine Ausdehnung der Ackergrasfläche und eine Reduktion des Weizenanbaus vorgesehen. Da auf der Ackergrasfläche keine direkten Markterlöse erzielt werden, gleichzeitig aber Erlöse aus der Getreideproduktion wegfallen, sind Opportunitätskosten in Höhe von 380 € ha<sup>-1</sup> zu berücksichtigen.

Die Erhöhung der Grobfutterproduktion und die Maßnahmen zur Steigerung der Futterqualität haben auf der anderen Seite zur Folge, dass die Milchleistung gesteigert werden kann. Bei einer Zunahme von 1.000 kg pro Kuh hätte dies bei einem Milchpreis von 46 Cent je Liter eine Erlössteigerung von 460 € je

Kuhplatz zur Folge. Die vorgesehenen Maßnahmen zur Verbesserung der Haltungsbedingungen (Gummimatten) tragen indirekt ebenfalls zur Steigerung der Milchleistung bei. Sie erhöhen jedoch auch die Abschreibungen um 28 € je Stallplatz. Bei der Steigerung der Erlöse ist zu berücksichtigen, dass in Folge der Reduktion der Herdengröße die Erlöse aus der Milchproduktion insgesamt nur um 5 % (und nicht um 12 % ohne Reduktion) steigen. Kalkulatorisch ist ferner zu berücksichtigen, dass sich durch die Verkleinerung der Herdengröße auch die Fixkosten je Stallplatz erhöhen. Gesamthaft betrachtet ergibt sich für den Betrieb durch die Umsetzung der verschiedenen Maßnahmen ein Gewinnplus von 49 € ha<sup>-1</sup>, was in erster Linie auf die unterstellte Steigerung der Milchleistung und den hohen Milchpreis zurückzuführen ist.

#### **4.10.3.5 Pilotbetrieb PB 71, Region Nord**

##### **4.10.3.5.1 Kennzeichnung des Betriebes**

Der ökologische Marktfruchtbetrieb PB 71 (Tabelle 4.10-25) liegt in der Region Südliches Schleswig-holsteinisches Hügelland, im Mittel 13 m über NN. Es herrscht maritimes Klima, mit schweren, nicht leicht zu bewirtschaftenden Böden vor.

Das Ackerflächenverhältnis weist einen Anteil von 54 % Getreide, 27 % Klee gras und 11 % Körnerleguminosen (Ackerbohnen, Erbsen) aus. Der Betrieb ist auf den Marktfruchtbau ausgerichtet; die Grünland- und Luzerne-Klee grasflächen werden von externen Pferdehaltern und Schäfern in Kooperation bewirtschaftet und genutzt.

**Tabelle 4.10-25:** Standortbedingungen, Betriebsstruktur u. Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 71
<b>Standortbedingungen</b>		
Region		Südliches Schleswig-holsteinisches Hügelland
Höhenlage	m NN	13
Niederschlag	mm a <sup>-1</sup>	686
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	8,8
Bodenart		sL bis L (T)
Bodenwertzahl		50 (46 – 52)
<b>Betriebsstruktur</b>		
Landbau		ökologisch, Bioland
Betriebsform		Marktfruchtbau
Tierbesatz	GV ha <sup>-1</sup>	0
Nutzfläche (LN)	ha	152
Ackerland (AL)	% der LN	73
Getreide	% des AL	54
Luzerne-Kleegras, Ackergras	% des AL	27
Körnerleguminosen	% des AL	11
Blühstreifen	% des AL	7
Untersaaten	% des AL	10
Zwischenfrüchte	% des AL	5
Fruchtartendiversität	Index	2,23
<b>Erträge und Leistungen</b>		
Getreideeinheiten-Ertrag	GE ha <sup>-1</sup> LN	28
Energiebindung	GJ ha <sup>-1</sup> LN	71
Winterweizen	dt FM ha <sup>-1</sup>	37
Luzerne-Kleegras	dt FM ha <sup>-1</sup>	335
Grünland	dt FM ha <sup>-1</sup>	275

Die betriebswirtschaftlichen Kennzahlen (Tabelle 4.10-26) belegen, dass der Betriebsleiter mit relativ geringem AK-Aufwand wirtschaftet. Das Luzerne-Kleegras wird zur Hälfte gemulcht, zur Hälfte in Kooperation mit einem Schäfer abgeweidet. Der Betrieb ist weitere Kooperationen mit ökologischen Betrieben der Region eingegangen – er liefert Substrate und Futter an andere benachbarte Betriebe und bekommt dafür organische Dünger in Form von Gärrestsubstrat und Hühnertrockenkot, sodass ein regionaler Nährstoffkreislauf entsteht.

Auf dem Grünland stehen Pensionspferde. Das Grünland wird als Weide und zur Heuwerbung für die Winterfütterung der Pferde genutzt.

**Tabelle 4.10-26:** Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 71
<b>Arbeitskräfte</b>		
Familien-AK (nicht entlohnt)	AK	0,5
Berater­tätigkeit		ca. 50 % des Einkommens
<b>Umsatz und Erlöse Landwirtschaft</b>		
Ackerbau	%	100
Winterweizen	%	32
Sommergerste	%	26
Hafer	%	26
Erbsen	%	16
<b>Rahmenbedingungen</b>		100 % Pachtflächen ungesicherte Hofnachfolge
<b>Betriebsziele</b>		
– Rentabler Betrieb unter den gegebenen Standortbedingungen		
<b>Betriebsstrategie</b>		
– Rentable Fruchtfolge bei wenig Arbeit		
– Extensive Nutzung von Grünland und Ackerfutterflächen durch Beweidung (Schäfer und Pferdehalter)		
– Futter-Mist-Kooperationen: Ganzpflanzensilage – Gärrestsubstrat, Futtergetreide – Hühnertrockenkot		
– Agrarumweltprogramme: Blühstreifen (7 ha)		

Vorrangiges Betriebsziel ist eine rentable Flächennutzung mit möglichst geringem Arbeitsaufwand. Der Betrieb beteiligt sich an Agrarumweltprogrammen, z. B. der Anlage von Blühstreifen und extensiver Grünlandnutzung.

#### 4.10.3.5.2 Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen

##### Pflanzenbau und Ressourceneffizienz

Der Pilotbetrieb PB 71 erzielt in der Ausgangssituation bei den meisten ökologischen Indikatoren die Höchstbewertung (Abbildung 4.10-26).

Auffallend sind aber die sehr geringen Ertragsleistungen und damit verbunden auch die geringe Energiebindung. Der Ertrag von Luzerne-Kleegras ist gering (z. T. wird die Biomasse gemulcht und dient der Gründüngung), die Futterqualität ist stark schwankend. Eine Ursache für die geringen Getreideerträge ist die unzureichende Nährstoffversorgung (negative Nährstoffbilanzen).

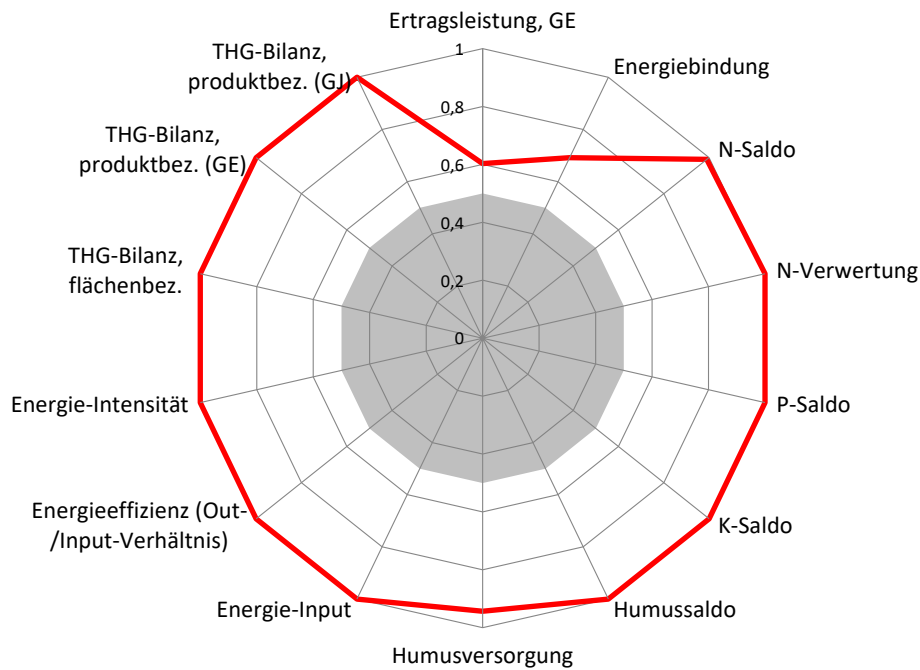


Abbildung 4.10-26: Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015).

Die N-Salden sind in der Ausgangssituation negativ (Abbildung 4.10-27). Der Betrieb ist auf die Zufuhr externer organischer Dünger angewiesen, um die N-Versorgung zu gewährleisten. Die relativ geringe N<sub>2</sub>-Fixierleistung (44 kg ha<sup>-1</sup>) bei einem relativ hohen Leguminosenanteil in der Fruchtfolge (25 % Klee gras, 10 % Körnerleguminosen) ist auf die geringen Leguminosenerträge zurückzuführen.

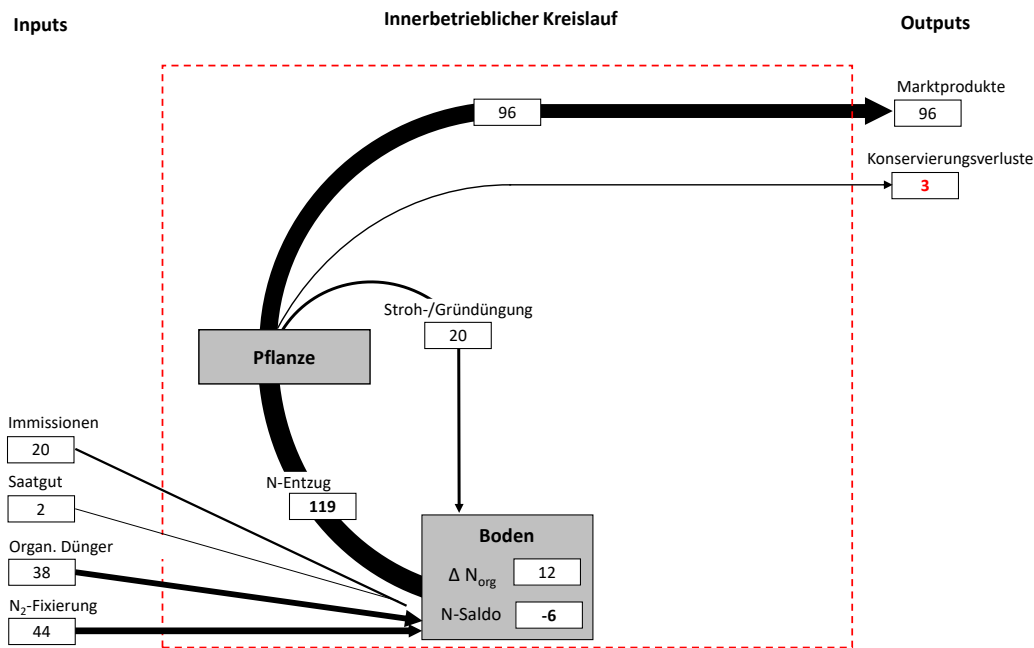


Abbildung 4.10-27: Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015).

Die P-Bilanz ist in der Ausgangssituation negativ ( $-3 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Durch die Zufuhr P-reicher organischer Dünger (v.a. Hühnertrockenkot) erfolgt ein fast vollständiger Ausgleich der P-Exporte durch pflanzliche Marktprodukte. Die K-Bilanz weist einen K-Saldo von  $-43 \text{ kg ha}^{-1}$  auf. Die negativen P- und K-Bilanzsaldden sind kurz- bis mittelfristig tolerierbar, da die Nährstoffgehalte der Dauertestflächen in der Gehaltsklasse C (optimaler Gehalt, Düngung nach Entzug) bzw. D (hoher Gehalt, verminderte Düngung) sind. Allerdings weisen die pH-Werte und die niedrigen Luzerne-Kleeerträge auf eine notwendige Kalkung und Schwefeldüngung hin.

Die Humusbilanz (Tabelle 4.10-27) zeigt positive Humussalden (Versorgungsstufe C). Aufgrund der extensiven Flächennutzung wird ein sehr geringer Humusbedarf ausgewiesen. Die Humusversorgung erfolgt über Leguminosen, Stroh- und Gründüngung. Stallmist, Gülle und sonstige organische Dünger sind von geringer Bedeutung für Humusreproduktion des Betriebes.

**Tabelle 4.10-27:** Humusbilanz (dynamische Humuseinheitenmethode), Angaben in kg Humus-C je ha Ackerland, Pilotbetrieb PB 71 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 71
<b>Humusbedarf</b>	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	<b>-329</b>
<b>Humusersatzleistung</b>	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	<b>459</b>
Humusmehrerleistung	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	237
Zufuhr organischer Dünger	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	221
Strohdüngung	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	123
Gründüngung	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	55
Stallmist	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	19
Gülle	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	12
sonst. org. Dünger	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	12
<b>Humussaldo</b>	$\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$	<b>129</b>
Versorgungsgrad	%	147
Versorgungsstufe		C

#### 4.10.3.5.3 Gesamtbetriebliche Optimierungsszenarios zur Verbesserung der Ressourceneffizienz

Zusammenfassend sind in der Tabelle 4.10-28 betriebliche Schwachstellen dargestellt.

Anhand der Nährstoffbilanzen ist einzuschätzen, dass die unzureichende Nährstoffversorgung auf dem Ackerland das Ertragsniveau limitiert. Die extensive Flächennutzung im Ackerfutterbau und auf dem Grünland durch Pferde- und Schafbeweidung führt ebenfalls zu geringen Erträgen. Andererseits erbringt der Betrieb Naturschutzleistungen (extensives artenreiches Grünland und Futterpflanzen, Blühstreifen) auf über 50 % der Betriebsfläche durch die extensive Bewirtschaftung und die Teilnahme an Agrarumweltprogrammen.

**Tabelle 4.10-28:** Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 71

Pflanzenbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>– geringe Erträge und geringe Energiebindung im Ackerbau und auf dem Grünland</li> <li>– zu wenig Stickstoff im betrieblichen Stoffkreislauf</li> <li>– negativer N-Saldo, P-Saldo, K-Saldo (nicht nachhaltige Nährstoffversorgung)</li> <li>– nicht optimale Nutzung von Luzerne-Klee gras</li> <li>– geringe Futterqualität auf dem Grünland</li> </ul>
-------------	--

In Abstimmung mit dem Betriebsleiter wurden die in Tabelle 4.10-29 aufgeführten Maßnahmen abgeleitet, die in Szenariorechnungen hinsichtlich ihrer potenziellen Wirkungen geprüft wurden. Ein übergeordnetes Ziel ist die bessere Nährstoffversorgung als Grundlage für Ertragssteigerungen im Pflanzenbau.

**Tabelle 4.10-29:** Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 71

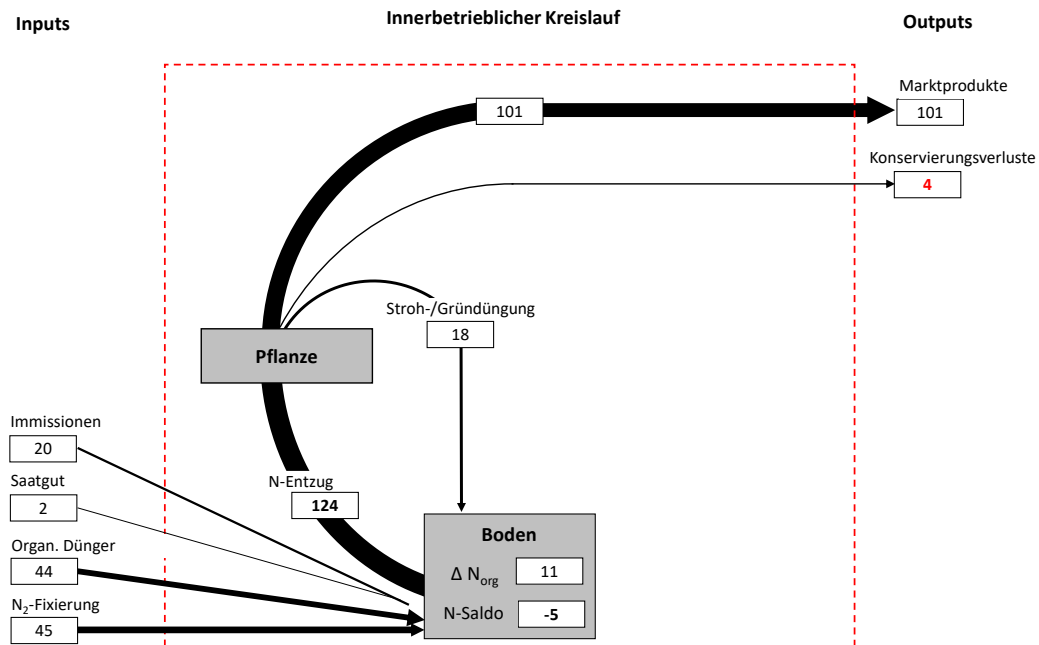
Bereich	Maßnahmen	Ziele
<b>Szenario 1</b>		
Nährstoffversorgung und Nährstoffkreislauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausbau der Futter-Mist-Kooperation</li> <li>– überbetriebliches Nährstoffrecycling: Lieferung von Futter in Ökobetriebe und verstärkter Einsatz von Hühnertrockenkot und Gärresten aus diesen Betrieben (regionale Stoffströme)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– N-Kreislauf intensivieren</li> <li>– bessere N- und P-Versorgung als Grundlage für Ertragssteigerungen (insbesondere bei Getreide)</li> </ul>
Anbaustruktur und Fruchtfolge	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Veränderung der Anbaustruktur und Fruchtfolge: 4 ha Körnermais anstelle von Körnerleguminosen, Mais-Düngung mit Hühnertrockenkot</li> <li>– Management (Aussaat, Pflege, Ernte) durch Lohnunternehmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Steigerung der Marktproduktion</li> </ul>
Futterbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Intensivierung der Luzerne-Klee gras-Nutzung: Düngung mit Schwefel und Kalk</li> <li>– 1. Nutzung: Silage (Kooperation Milchviehbetrieb)</li> <li>– 2. Nutzung: Silage (Kooperation Milchviehbetrieb)</li> <li>– 3. Nutzung: Mulch auf Getreidestoppel</li> <li>– 4. Nutzung: Weide (Schafe)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Höhere Futtererträge und Futterqualitäten</li> </ul>
<b>Szenario 2</b>		
Ertragsbildung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mittelfristige Durchführung aller in Szenario 1 aufgeführten Maßnahmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ertragsstabilisierung auf höherem Ertragsniveau</li> </ul>
Anbaustruktur und Fruchtfolge	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Veränderung der Anbaustruktur und Fruchtfolge: 8 ha Verkaufsgetreide anstelle von Getreideganzpflanzensilage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Steigerung der Marktleistung und der Verkaufserlöse</li> </ul>

#### 4.10.3.5.4 Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien

Der Stickstoffkreislauf nach Szenario 1 zeigt moderate Verbesserungen gegenüber der Ausgangsvariante. Höhere N-Inputs führen zu höheren N-Entzügen durch die Ertragssteigerung. Allerdings reichen die erhöhten N-Zufuhren nicht aus, den N-Saldo auszugleichen. Anhand des N-Kreislaufs (Abbildung 4.10-

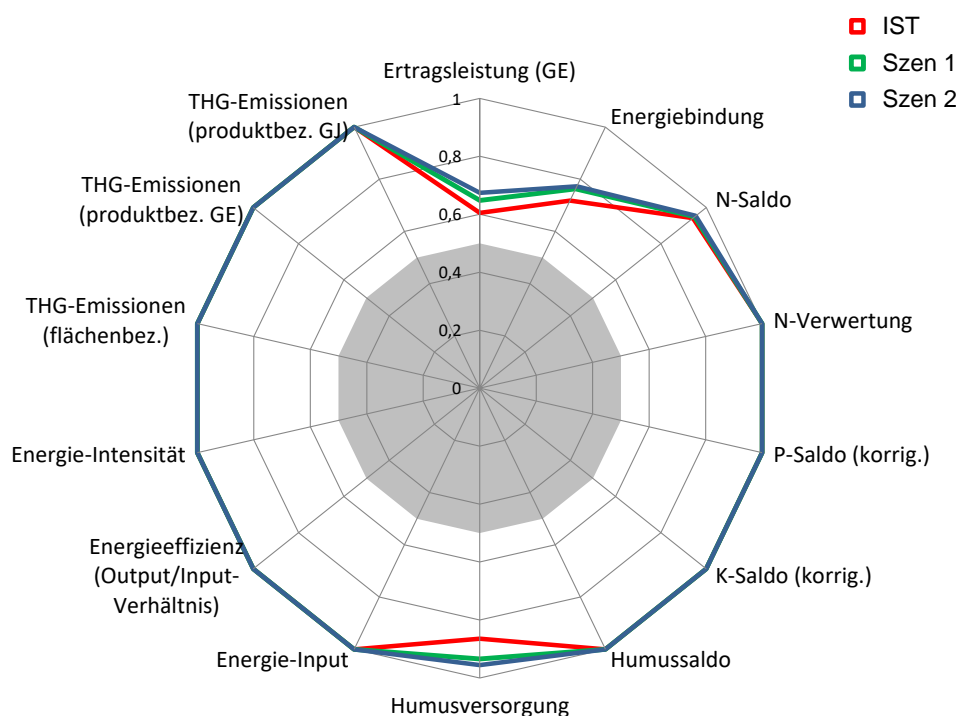


28) ist zu schlussfolgern, dass die Maßnahmen nicht genügen, um den N-Kreislauf deutlich zu intensivieren und das Ertragsniveau wesentlich anzuheben.



**Abbildung 4.10-28:** Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 71, Ergebnis der Szenario 1.

Die Gesamtdarstellung der zu erwartenden ökologischen Wirkungen (Abbildung 4.10-29) zeigt Verbesserungen bei den Indikatoren „Ertragsleistung“, „Energiebindung“ und „Humusversorgung“. Alle übrigen Indikatoren bleiben im Optimalbereich, d.h. bei der Umsetzung der Szenarien kommt es nicht zu Zielkonflikten.



**Abbildung 4.10-29:** Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 71, Vergleich der Ausgangssituation mit dem Szenario.

### Ökonomische Auswirkungen

Aus einer ökonomischen Perspektive sind insbesondere zwei Effekte zu beleuchten. Die Reduktion der Ackerbohnenfläche und der Anbau von Körnermais sowie die Einführung einer Zwischenfrucht haben zur Folge, dass das Anbauverhältnis von Kulturen mit unterschiedlichen Deckungsbeiträge verändert wird. Da insbesondere in Folge des relativ niedrigen Preisniveaus der Deckungsbeitrag der Ackerbohne mit  $205 \text{ € ha}^{-1}$  deutlich unter dem Deckungsbeitrag für Körnermais (inkl. Zwischenfruchtanbau) mit  $1.182 \text{ € ha}^{-1}$  liegt, ergeben sich durch die Anpassung der Fruchtfolge deutliche ökonomische Vorteile.

Gleiches gilt auch für das veränderte Düngemanagement. Der Ausbau der Futter-Mist-Kooperation, die zusätzliche Kalkung und das zusätzliche Mulchen führen zwar zu höheren Düngekosten ( $25 \text{ € ha}^{-1}$ ); gleichzeitig führen die höheren Erträge aber auch zu höhere Erlösen ( $100 \text{ € ha}^{-1}$ ) und somit zu einem weiteren positiven Nettoeffekt. Insgesamt kann der Betrieb in der Szenario-Berechnung durch die Maßnahmen seinen Gewinn um  $110 \text{ € ha}^{-1}$  steigern. Vergleichbare Änderungen können auch erwartet werden, wenn die Winterweizen-Anbaufläche um 8 ha ausgedehnt und der Wickroggen und die Ganzpflanzensilage entsprechend reduziert werden.

### 4.10.3.6 Pilotbetrieb PB 40, Region West

#### 4.10.3.6.1 Kennzeichnung des Betriebes

Der konventionelle Marktfruchtbetrieb PP 40 (Tabelle 4.10-30) liegt in der Region West (Ost-Westfalen) 107 m über NN. Die vom Betrieb genutzten Lößböden zeichnen sich durch eine hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit (hohe Bodenwertzahlen) aus. Der Standort ist prädestiniert für den intensiven Marktfruchtbau.

**Tabelle 4.10-30:** Standortbedingungen, Betriebsstruktur u. Ertragsleistungen, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 40
<b>Standortbedingungen</b>		
Region		Ost-Westfalen, Soester Börde
Höhenlage	m NN	107
Niederschlag	mm a <sup>-1</sup>	702
Jahresdurchschnittstemperatur	°C	9,7
Bodenart		sL bis L
Bodenwertzahl		70 (63 – 78)
<b>Betriebsstruktur</b>		
Landbau		konventionell
Betriebsform		Marktfruchtbau
Tierbesatz	GV ha <sup>-1</sup>	0
Nutzfläche (LN)	ha	125
Ackerland (AL)	% der AL	100
Getreide	% des AL	50
Luzerne-Kleegras, Ackergras	% des AL	5
Hackfrüchte	% des AL	33
Ölfrüchte	% des AL	10
Zwischenfrüchte	% des AL	14
Fruchtartendiversität	Index	2,51
<b>Erträge und Leistungen</b>		
Getreideeinheiten-Ertrag	GE ha <sup>-1</sup> LN	99
Energiebindung	GJ ha <sup>-1</sup> LN	179
Winterweizen	dt FM ha <sup>-1</sup>	97
Winterraps	dt FM ha <sup>-1</sup>	45
Zuckerrüben	dt FM ha <sup>-1</sup>	850
Kartoffeln	dt FM ha <sup>-1</sup>	570
Möhren	dt FM ha <sup>-1</sup>	600
Silomais	dt FM ha <sup>-1</sup>	570

Die Anbaustruktur weist einen Anteil von 50 % Getreide, 33 % Hackfrüchte, und 10 % Ölfrüchte (Winterraps) des Ackerlandes aus. Es findet somit eine sehr intensive ackerbauliche Nutzung statt. Die Erträge

der einzelnen Fruchtarten, der GE-Ertrag der Fruchtfolge sowie die Energiebindung im Pflanzenbau belegen das sehr hohe Ertragsniveau des Betriebes. Das Luzerne-Klee gras dient dem Humusaufbau und der Bodenverbesserung; der Aufwuchs wird als Silage abgefahren und – zusammen mit dem angebauten Silomais – über eine Substrat-Gärrest-Kooperation verwertet. Zusammen mit Zuckerrüben, Kartoffeln und Möhren werden ca. ein Drittel der Fläche mit Hackfrüchten bestellt. Die Ackerflächen (ausgenommen zur Einarbeitung des Roggenstrohs) werden pfluglos (mit konservierender Bodenbearbeitung) genutzt. Die vielfältigen Fruchtfolgen mit Zwischenfrüchten und Mulchsaaten gewährleisten eine nahezu ständige Bodenbedeckung.

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen des Betriebes PB 40 sind der Tabelle 4.10-31 zu entnehmen. Zu den wesentlichen Betriebszielen zählen eine hohe Wirtschaftlichkeit und gesichertes Einkommen sowie die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit durch eine nachhaltige Flächennutzung. Durch unterschiedliche Produktionsrichtungen und Vermarktungswege erfolgt eine Diversifizierung im Pflanzenbau.

**Tabelle 4.10-31:** Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015)

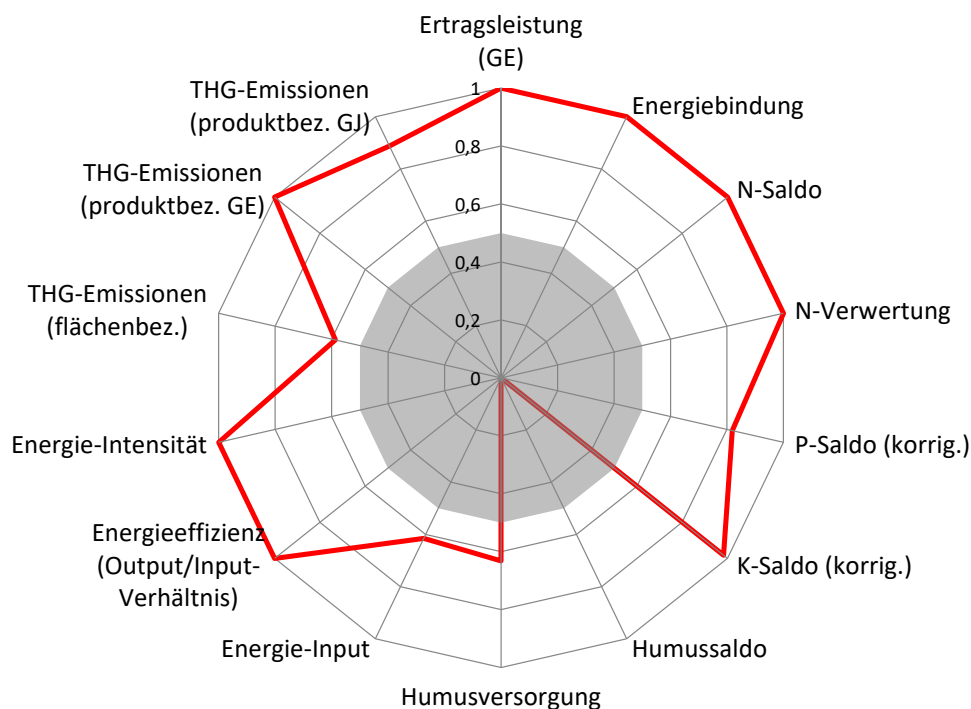
Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 40
<b>Arbeitskräfte</b>		
Familien-AK (nicht entlohnt)	AK	1,0
Abhängig Beschäftigte	AK	0,1
Nichtlandwirtschaftlicher Bereich		Lohnarbeit (< 50 % des Einkommens)
<b>Umsatz und Erlöse Landwirtschaft</b>		
Getreide	%	42
Möhren	%	15
Kartoffeln	%	13
Mais	%	12
Zuckerrüben	%	10
Winterraps	%	8
<b>Rahmenbedingungen</b>		Keine Hofnachfolge, Zeithorizont bei Investitionen
<b>Betriebsziele</b>		
		– Nachhaltige Bewirtschaftung
		– Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit
		– Hohe Wirtschaftlichkeit und gesichertes Einkommen
<b>Betriebsstrategie</b>		
		– Diversifizierung im Pflanzenbau durch hohe Fruchtartenvielfalt (Getreide, Möhren, Kartoffeln, Zuckerrüben, Raps, Mais)
		– Vielfältige Fruchtfolgen mit Zwischenfruchtanbau
		– Bodenschonende, konservierende Bodenbearbeitung

#### 4.10.3.6.2 Schwachstellenanalyse und Ableitung von Optimierungspotenzialen

##### Pflanzenbau und Ressourceneffizienz

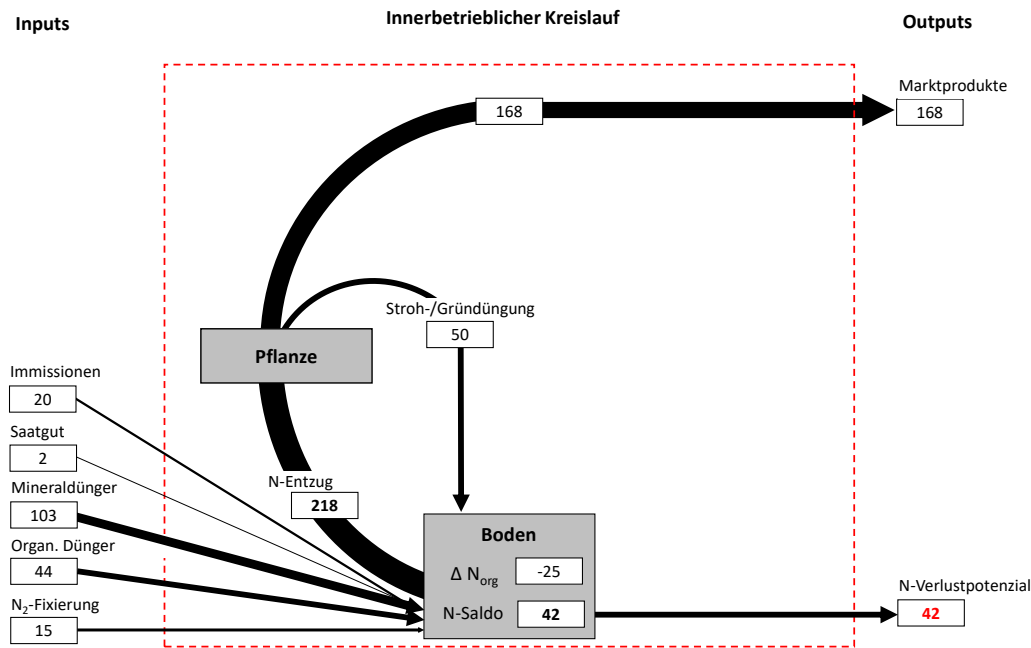
Der konventionelle Pilotbetrieb PB 40 erzielt in der Ausgangssituation sehr gute Bewertungen bei den ertrags- und produktbezogenen Indikatoren „Ertragsleistung“, „Energiebindung“, „produktbezogene THG-Emissionen“ sowie bei den Effizienzkriterien „Stickstoffeffizienz“ und „Energieeffizienz“ (Abbildung 4.10-30). Auch die N-Salden sind im optimalen Bereich. Dem Betrieb kann somit bescheinigt werden, dass er eine sehr hohe Produktivität und Effizienz erzielt und die standortbezogenen Ertragspotenziale ausschöpft.

Größere Defizite zeigen sich hingegen bei der Humusversorgung der Ackerböden und dem Humussaldo – hier besteht Optimierungsbedarf. Weitere Schwachstellen sind der hohe flächenbezogene Einsatz fossiler Energie (dies ist Ausdruck der hohen Bewirtschaftungsintensität des Betriebes) sowie die damit verbundenen hohen flächenbezogenen THG-Emissionen.



**Abbildung 4.10-30:** Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015).

Der betriebliche N-Kreislauf (Abbildung 4.10-31) kennzeichnet die Ausgangssituation. Der Betrieb setzt im Rahmen einer Substrat-Gärrest-Kooperation Gärreste eines benachbarten Betriebes ein (ca. 44 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>). Der Mineral-N-Einsatz ist mit ca. 100 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> auf moderatem Niveau.



**Abbildung 4.10-31:** Stickstoffkreislauf, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015).

Der relativ geringe N-Saldo von 42 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (17 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ohne Boden-N<sub>org</sub>-Vorratsänderung) sowie die hohe N-Effizienz von 93 % sind auf ein sehr gutes N-Management zurückzuführen. Die Mineral-N-Düngung ist dem Ertragsniveau und N-Bedarf der Kulturpflanzen optimal angepasst.

Kritisch zu bewerten ist hingegen die zu erwartende Abnahme des Boden-N<sub>org</sub>-Vorrates aufgrund der negativen Humusbilanz (berechnet mit der dynamischen Humuseinheitenmethode, Tabelle 4.10-32). Daher ist langfristig mit einer Abnahme der Humus- und Nährstoffvorräte zu rechnen, was den Betriebszielen „Nachhaltige Bewirtschaftung“ und „Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit“ widerspricht (vgl. Tabelle 4.10-31).

Auch die P-Bilanzsalden (-17 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) und K-Bilanzsalden (-52 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) sind negativ. Die Nährstoffgehalte der Dauertestflächen befinden sich bei P und K in der Gehaltsklasse C (optimaler Gehalt, Düngung nach Entzug). Somit sind zumindest kurz- bis mittelfristig auch negative Bilanzsalden tolerierbar.

**Tabelle 4.10-32:** Humusbilanz (dynamische Humuseinheitenmethode), Angaben in kg Humus-C je ha Ackerland, Pilotbetrieb PB 40 (2009 – 2015)

Kennzahl	ME	Pilotbetrieb PB 40
<b>Humusbedarf</b>	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>-773</b>
<b>Humusersatzleistung</b>	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>508</b>
Humusmehrerleistung	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	79
Zufuhr organischer Dünger	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	429
Strohdüngung	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	261
Gründüngung	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	72
Gülle	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	96
<b>Humussaldo</b>	kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<b>-264</b>
Versorgungsgrad	%	66
Versorgungsstufe		A

Der Humussaldo weist eine bewirtschaftungsbedingte Abnahme des Humus-C-Vorrats in Höhe von 264 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> aus, was der Versorgungsstufe A entspricht. Nach VDLUFA (2014) ist in Versorgungsstufe A mit einer „ungünstigen Beeinflussung von Bodenfunktionen und Ertragsleistungen“ zu rechnen; empfohlen wird eine „Änderung der Fruchtartenwahl und/oder Erhöhung der Zufuhr organischer Dünger“.

Der negative Humussaldo ist eine Folge des sehr hohen Humusbedarfs durch den umfangreichen Anbau von Hackfrüchten und Feldgemüse. Die Humusmehrerleistung von Leguminosen spielt in der Ausgangssituation eine untergeordnete Rolle. Die Humusreproduktion basiert im Wesentlichen auf der Stroh- und Gründüngung, die trotz hoher Biomasseerträge nicht ausreicht, den Humusbedarf zu decken (66 % Versorgungsgrad).

#### 4.10.3.6.3 Gesamtbetriebliches Optimierungsszenario zur Verbesserung der Ressourceneffizienz

Zusammenfassend sind in Tabelle 4.10-33 Schwachstellen dargestellt, die die gesamtbetriebliche Ressourceneffizienz und ökologische Nachhaltigkeit negativ beeinflussen.

**Tabelle 4.10-33:** Identifizierte Schwachstellen im Pilotbetrieb PB 40

Humus- und Nährstoffbilanzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– negativer Humussaldo, unzureichende Humusversorgung</li> <li>– negativer P-Saldo und K-Saldo (kurz- bis mittelfristig tolerierbar)</li> </ul>
Energie- und Treibhausgasbilanz	<ul style="list-style-type: none"> <li>– hoher Energieinput</li> <li>– hohe flächenbezogene THG-Emissionen</li> </ul>

Im Dialog mit dem Betriebsleiter wurden die in Tabelle 4.10-34 aufgelisteten Maßnahmen und Strategien abgeleitet, die in Szenariorechnungen hinsichtlich ihrer potenziellen Wirkungen geprüft wurden.

Im Zentrum der Maßnahmen stehen (a) die bessere Humus- und Nährstoffversorgung der Böden als Grundlage für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit und (b) die Minderung des Einsatzes fossiler Energie und der flächenbezogenen THG-Emissionen.

**Tabelle 4.10-34:** Abgeleitete Maßnahmen und Strategien im Pilotbetrieb PB 40

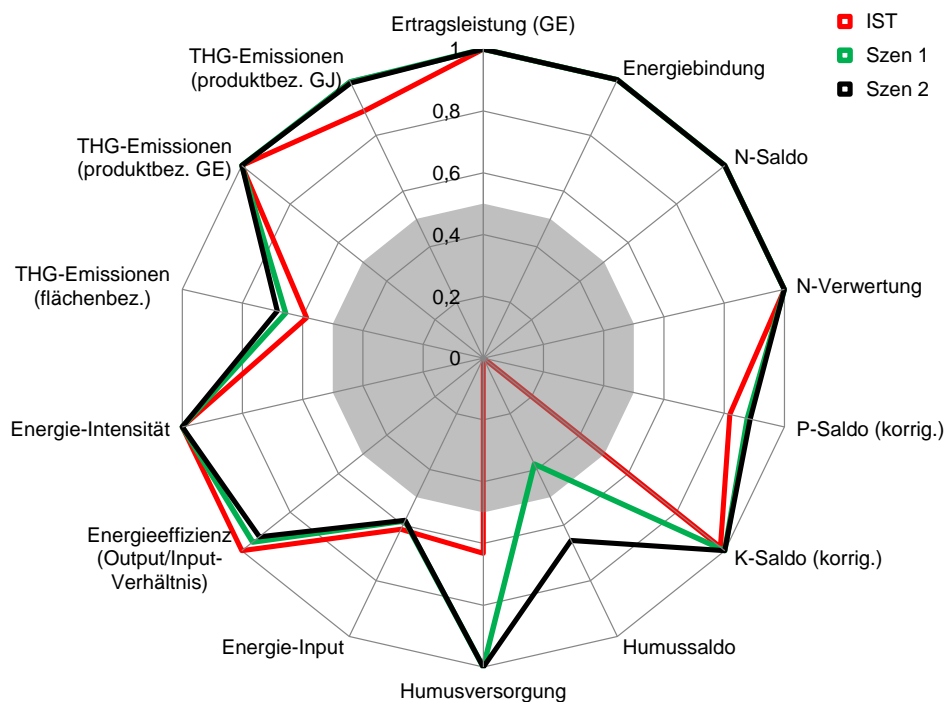
Bereich	Maßnahmen	Ziele
Szenario 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausdehnung der Anbaufläche von Zwischenfrüchten → Zwischenfruchtanbau vor allen Sommerungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bodenbedeckung und Bodenschutz</li> <li>– Zusätzliche Biomasseproduktion</li> <li>– Verbesserung der Humusbilanz und Nährstoffkonservierung</li> <li>– Verbesserung der THG-Bilanz durch geringeren Humusabbau</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Futter-Gärrest-Kooperation</li> <li>– → Anbau von 5 ha Wickroggen (statt Winterroggen), Ausbau der Substrat-Gärrest-Kooperation mit Rückführung von äquivalenten Nährstoffmengen</li> <li>– Roggenstroh wird (wie bisher) abgegeben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verbesserung der Humus- und Nährstoffbilanz (Makro- und Mikronährstoffe)</li> <li>– geringerer Energieinput und geringere Emissionen</li> <li>– Erhöhung der organischen Düngung und Einsparung von Mineraldünger</li> </ul>
Szenario 2 (zusätzlich)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Anbau von zusätzl. 5 ha Wickroggen (statt Winterroggen), weiteren Ausbau der Substrat-Gärrest-Kooperation mit Rückführung von äquivalenten Nährstoffmengen</li> <li>– restl. Roggenstroh (ca. 10 ha) verbleibt zur Strohdüngung auf Betrieb</li> <li>– Einarbeitung mit Pflug</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Weitere Verbesserung der Humus- und Nährstoffversorgung</li> <li>– geringerer Energieinput und geringere Emissionen</li> <li>– Erhöhung der organischen Düngung und Einsparung von Mineraldünger</li> </ul>

#### 4.10.3.6.4 Bewertung der Ergebnisse der Optimierungsszenarien

Die Gesamtdarstellung der zu erwartenden ökologischen Wirkungen (Abbildung 4.10-32) zeigt deutliche Verbesserungen bei den Indikatoren „Humusversorgung“ und „Humussaldo“. Die Humusversorgung erzielt in den Szenarien bereits die maximale Bewertung, während der Indikator „Humussaldo“ immer noch ein Verbesserungspotenzial ausweist. Auch der Indikator „P-Saldo“ zeigt eine verbesserte P-Versorgung an, wenngleich die P-Bilanz immer noch negativ ist.

Der N-Saldo ( $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  in Szenario 1,  $39 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  in Szenario 2) bleibt nahezu unverändert. Insgesamt kann das primäre Ziel des Betriebsleiters – Verbesserung der Humus- und Nährstoffversorgung der Böden – erreicht werden.





**Abbildung 4.10-32:** Netzdiagramm zur Bewertung der ökologischen Indikatoren, Pilotbetrieb PB 40, Vergleich der Ausgangssituation mit den Szenarien 1 und 2.

Bei einigen Indikatoren wurden negative Effekte berechnet. So ist ein Anstieg des Energieinputs von  $12,7$  auf  $13,3 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  zu erwarten (u. a. durch mehr Transporte von Biomasse und Gärresten, zusätzlichen Aufwand durch verstärkten Zwischenfruchtanbau, Pflugeinsatz bei der Einarbeitung von Roggenstroh), wodurch die Energieeffizienz etwas sinkt (von  $15,1$  auf  $13,5$ ). Es bestehen also Zielkonflikte zwischen Humus- und Nährstoffversorgung auf der einen Seite und der Einsparung fossiler Energie auf der anderen Seite.

Bei den flächen- und produktbezogenen THG-Emissionen sind nach den Modellberechnungen positive Effekte zu erwarten, vor allem durch die geringere Abnahme des Bodenkohlenstoffvorrates.

### Ökonomische Auswirkungen

Um die Humusbilanz zu verbessern und die THG-Emissionen auf dem Betrieb zu vermindern, ist im Optimierungs-Szenario der Ausbau der Zwischenfrüchte von  $27$  auf  $40 \text{ ha}$  vorgesehen. Diese Maßnahme führt zu zusätzlichen Saatgut- und Maschinenkosten und damit zu einer Erhöhung der Produktionskosten in Höhe von  $184 \text{ € ha}^{-1}$  je Hektar Zwischenfrucht. Die zweite Maßnahme des Szenarios hat zur Folge, dass durch die Verminderung des Roggenanbaus eine erlösstarke Kultur mit einem Deckungsbeitrag von  $832 \text{ € ha}^{-1}$  reduziert wird. Der vorgesehene Anbau von Wickroggen für die Biogasproduktion bzw. Erzeugung von Gärresten hat zwar zur Folge, dass dadurch weniger Düngemittel zugekauft und somit Düngerkosten eingespart werden können; diese Reduktion kann jedoch die verminderten Roggenerlöse nicht

vollständig kompensieren. Gesamthaft führen die beiden Veränderungen zu einem Gewinnrückgang von 59 € ha<sup>-1</sup>. Dabei ist allerdings zu beachten, dass in der Szenario-Analyse keine positiven Ertragseffekte angenommen wurden.

Eine bessere Humus- und Nährstoffversorgung ist jedoch eine Grundvoraussetzung für die Erhaltung des hohen Ertragsniveaus und eine wichtige Anpassungsmaßnahme an zu erwartende Klimaänderungen. In Verbindung mit der konservierenden Bodenbearbeitung kann die optimierte Humusversorgung der Ackerböden das Bodengefüge verbessern, die Wasserinfiltration und Wasserspeicherfähigkeit erhöhen sowie die Wasserverdunstung vermindern. Der verbesserte Bodenwasserhaushalt kann in Trockenperioden dazu beitragen, die Pflanzenbestände länger mit Wasser zu versorgen und dadurch die Ertragsstabilität erhöhen (klimaresilienter Pflanzenbau). Diese Effekte wirken sich positiv auf die Ertragsstabilisierung und damit auch auf die Wirtschaftlichkeit aus. Sie lassen sich jedoch nur schwer quantifizieren, weshalb sie in der Analyse nicht berücksichtigt wurden.

#### **4.10.4 Diskussion der Betriebsoptimierung**

##### **4.10.4.1 Methodendiskussion**

###### **Gesamtbetriebliche Optimierung**

Die Fallstudien der Pilotbetriebe zeigen, dass betriebliche Optimierungspotenziale bestimmt werden können, wenn die Ausgangssituation mit leistungsfähigen Instrumenten (REPRO, HUNTER, Welfare Quality® Protocol) analysiert und bewertet wurde. Im Dialog mit den Betriebsleitern wurden unter Beachtung der Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen Optimierungsstrategien entwickelt und mit Einzelmaßnahmen untersetzt. Die potenziellen Wirkungen dieser Maßnahmen wurden mit o.g. Modellen ermittelt. Abschließend wurden Ausgangsvarianten und Optimierungsszenarien gegenübergestellt.

In den Pilotbetrieben wurden vielfältige Maßnahmen abgeleitet. In den Optimierungsworkshops wurde ein zielorientierter Ansatz verfolgt. Zunächst wurden gemeinsam mit den Betriebsleitern Ziele definiert, z. B. das Erreichen einer positiven Humusbilanz, die Verbesserung der Phosphorversorgung, die Minderung von Stickstoffverlusten, die Verbesserung des Tierwohls und der Tiergesundheit. Ausgehend von diesen Zielen ergab sich in der Diskussion meist ein Spektrum von Maßnahmen, aus denen gewählt wurde. So bestehen beispielsweise für die Verbesserung der Humusversorgung von Ackerböden unterschiedliche Optionen, und die jeweils richtige kann nur im betrieblichen Kontext gefunden werden.

Bei der Ableitung von Optimierungsmaßnahmen kommt den Betriebsleitern die entscheidende Funktion zu. Berater können Schwachstellen und Handlungsoptionen aufzeigen, die Auswahl der richtigen Maßnahmen können aber nur die Betriebsleiter treffen. Sie tragen das wirtschaftliche Risiko und besitzen die erforderlichen Detailkenntnisse der Standortpotenziale, der Technik- und Personalausstattung. Bei der Auswahl und Umsetzung von Optimierungsstrategien spielen auch die fachliche Qualifikation und persönliche Präferenzen eine wichtige Rolle.

Als ein Fazit der Optimierungs-Workshops ist einzuschätzen, dass alle beteiligten Betriebsleiter sehr interessiert waren an der Diskussion über Verbesserungspotenziale in den Bereichen Tierwohl, Ressourceneffizienz, Umwelt- und Klimaschutz. Sie waren offen für Anregungen und den „Blick von außen“ auf

das Betriebsgeschehen. Sie werden Tierwohl-, Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen aber nur umsetzen, wenn Sie von den positiven Effekten überzeugt sind und die Maßnahmen wirtschaftlich tragfähig sind. Hierzu müssen die Optimierungsszenarien die notwendige fachliche Tiefe erreichen und mit ökonomischen Bewertungen verbunden sein. In den Pilotbetrieben war dies mit einem hohen Datenerfassungsaufwand und den Einsatz hochqualifizierter Mitarbeiter/innen zu erreichen. Wichtig ist aber, dass diese neuen Beratungsansätze und -methoden schnell Eingang in die breite Beratungspraxis finden.

Die Entwicklung neuer praxisanwendbarer Tools – ausgehend von den im Projekt verwendeten wissenschaftlichen Modellen – soll diesen Transferprozess unterstützen. So wurde im Netzwerk der Pilotbetriebe das neue Beratungsmodell HUNTER auf der Grundlage des Modells REPRO entwickelt und getestet. Im Excel-Tool HUNTER können Bewirtschaftungsdaten erfasst und Humus-, Nährstoff-, Treibhausgas- und Energiebilanzen des Pflanzenbaus berechnet werden (vgl. Kapitel 4.2). Das neue „Tierwohl-Tool Milchvieh“ kann als einfaches, selbsterklärendes Excel-Werkzeug verwendet werden, um in kurzer Zeit eine erste Einschätzung des Tierwohls bei Milchkühen vorzunehmen (vgl. Kapitel 4.9; Seith et al., 2019). Beide Tools sind frei verfügbar und unter [www.pilotbetriebe.de/wissenstransfer](http://www.pilotbetriebe.de/wissenstransfer) abrufbar.

Als besondere Herausforderung erwies sich in den Optimierungs-Workshops die Komplexität der Fragestellungen mit der Verknüpfung unterschiedlicher Themenbereiche wie Treibhausgasemissionen und Haltungsbedingungen in der Milchproduktion. Andererseits bestand bei den Betriebsleitern zunehmendes Interesse an dieser Systemoptimierung. Hieraus sind folgende Schlussfolgerungen zu ziehen:

- Die Weiterentwicklung ökologischer Betriebe kann durch neue gesamtbetriebliche Beratungsansätze unterstützt werden. Eine Betriebsberatung, die Aspekte des Umwelt- und Klimaschutzes mit Tierwohl- und Haltungsbedingungen verbindet, sollte die bisherigen Beratung, die überwiegend auf Produktionstechnik und einzelne Betriebszweige ausgerichtet ist, ergänzen.
- Nachhaltigkeitsmanagement und gesamtbetriebliche Optimierung werden weiter an Bedeutung gewinnen. Das betrifft nicht nur die Primärproduktion (also die landwirtschaftlichen Betriebe, die im Netzwerk der Pilotbetriebe im Fokus standen), sondern gesamte Prozess- und Wertschöpfungskette bis zur Vermarktung. Das gesellschaftliche Interesse an den Themen Tierwohl, Umwelt- und Klimawirkungen ist in den vergangenen 10 Jahren (während der Projektlaufzeit) kontinuierlich gestiegen. Zu Projektbeginn waren dies eher Themen für speziell interessierte Landwirte und Verbraucher. Inzwischen sind diese Themen mitten in der Gesellschaft und der öffentlichen Diskussion angekommen, zum Teil sind es bereits entscheidende Kaufkriterien.
- Die Zukunft der Nutztierhaltung wird wesentlich davon abhängen, wie es gelingt, hohe Umwelt- und Klimaschutzleistungen zu erreichen, nachzuweisen und zu kommunizieren. Nicht wenige Verbraucher sehen Milchprodukte aufgrund der Klimabilanz kritisch und greifen zu Produkten auf pflanzlicher Basis. Es gibt einige lokale Initiativen, die auf Klimaschutz in der Milchviehhaltung und nachhaltiges Grünlandmanagement ausgerichtet sind, z. B. KUHproKLIMA im Oberallgäu ([www.kuhproklima.de](http://www.kuhproklima.de)) oder die Initiative „KlimaBauer“ der Andechser Biomolkerei ([www.klimabauer.de](http://www.klimabauer.de)).
- Im Rahmen des Projektes wurden leistungsfähige Tools zur Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzierung (Kapitel 4.2) und zur Beurteilung des Tierwohls der Milchkühe (Kapitel 4.9) entwickelt und in den Pilotbetrieben bei der Betriebsanalyse, -bewertung und -optimierung getestet.

Diese Tools erfordern Spezialwissen in der Anwendung. Für einen breiten Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis und Beratung müssen diese Systeme weiter angepasst und vereinfacht werden.

### **Indikatoren, Zielwerte und Bewertungsfunktionen**

Die Schwachstellenanalyse und Bewertung erfolgt mit Indikatoren, Zielwerten und Bewertungsfunktionen. Die darauf basierenden Netzdiagramme veranschaulichen, in welchen Bereichen Optimierungsbedarf besteht bzw. zeigen die Effekte der geprüften Szenarien im Vergleich zur Ausgangssituation.

Die im Netzwerk der Pilotbetriebe verwendeten Zielwerte und Funktionen zur Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit (Beispiel in Abbildung 4.10-2) basieren auf früheren wissenschaftlichen Arbeiten (Hülsbergen, 2003) sowie auf Abstimmungen in Expertengremien, z. B. der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG, Schaffner und Hövelmann, 2009).

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Boden- und Klimabedingungen der Pilotbetriebe unterschiedlich sind, die Zielwerte aber einheitlich verwendet werden. Es gelten auf allen Standorten gleiche Bewertungsfunktionen. Eine Differenzierung nach Boden- und Klimabedingungen wäre prinzipiell möglich. So könnte die Bewertungsfunktion der Stickstoffsalden (Abbildung 4.10-2) dem standörtlichen Nitrataustragsrisiko und der Sickerwasserrate angepasst werden. Auf auswaschungsgefährdeten Standorten könnte der Optimalbereich (0 bis 50 kg ha<sup>-1</sup>) auf 0 bis 25 kg ha<sup>-1</sup> angepasst werden. Auch bei den Zielwerten zur Ertragsbewertung könnte nach standörtlichen Ertragspotenzialen (z. B. Bodenwertzahlen) differenziert werden. Dies würde aber bedeuten, dass die Betriebe mit unterschiedlichen Maßstäben bewertet werden, wodurch das Bewertungssystem komplexer und weniger transparent wäre. Auch in anderen Bewertungssystemen, z. B. dem DLG-Nachhaltigkeitsstandard (Schaffner und Packeiser, 2009), gelten die Bewertungsfunktionen standortunabhängig.

Für ökologische und konventionelle Betriebe wurden überwiegend gleiche Bewertungsfunktionen und Zielwerte verwendet. Abweichungen gibt es in Anlehnung an VDLUFA (2014) bei der Bewertung der Humussalden, wonach im ökologischen Landbau höhere Humussalden und eine bessere Humusversorgung anzustreben sind (vgl. auch Leithold et al., 2015).

Auch bei den Zielwerten für GE-Erträge und Energiebindung wurde zwischen ökologischem und konventionellem Landbau differenziert (Tabelle 4.10-1). Bei gleichen (konventionellen) Zieelerträgen wären die systembedingten Unterschiede im Ertragsniveau ökologischer und konventioneller Betriebssysteme deutlicher hervorgetreten. Vieles spricht dafür, gleiche Zieelerträge anzunehmen, vor allem beim Systemvergleich ökologischer und konventioneller Betriebe (Kapitel 4.1). Geht es aber um den Vergleich ökologischer Betriebe untereinander oder den Vergleich von Ausgangs- und Zielvarianten eines ökologischen Betriebes (wie in den Optimierungsszenarien) ist die Vorgabe konventioneller Zieelerträge eher ungeeignet.

Das Bewertungsproblem bei Erträgen ist methodisch noch nicht zufriedenstellend gelöst. Relativ einfach ist die Bewertung auf der Ebene von Fruchtarten, also z. B. der Vergleich ökologischer und konventioneller Weizenerträge. Hierzu gibt es zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen in unterschiedlichen Boden-/Klimaregionen sowie darauf basierende Metastudien. Meist werden Ertragsrelationen (öko/konv)

berechnet (Badgley et al., 2007; De Ponte, 2012; Seuffert et al., 2012). Für die Bewertung von Fruchtfolgen und Betriebssystemen sind aber Aggregationsmaßstäbe erforderlich, z. B. die in den Pilotbetrieben verwendete Getreideeinheit und die Energiebindung je Hektar. Die Bewertung auf Fruchtfolgeebene ergibt andere Resultate als die auf Fruchtartenebene, denn bei der Systembewertung einer kompletten Fruchtfolge werden auch die Ertragsverwendung (z. B. Klee-gras-Mulch vs. Klee-grasschnitt, Strohdüngung vs. Strohernte, etc.), die unterschiedlichen Ertragspotenziale der Fruchtarten, Vorfruchteffekte, etc. einbezogen (Bryzinski, 2020). Einen noch weitergehenden Bewertungsansatz schlugen Lin und Hülsbergen (2017) vor, bei dem zusätzlich die Produktqualität, z. B. der Proteingehalt, und die standörtlichen Ertragspotenziale in die Bewertung einbezogen wurden. Ein anderer Ansatz ist die Bewertung der erzeugten Nahrungsenergie, um Menschen zu ernähren (Cassidy et al., 2013). Aber auch dieser Bewertungsmaßstab ist umstritten und hat sich bisher nicht durchgesetzt, denn der Bewertungsaufwand ist hoch und schließt die nachgelagerten Bereiche (Verarbeitung, Lebensmittelherstellung) ein.

#### 4.10.4.2 Ergebnisdiskussion und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der ökologischen Pilotbetriebe zeigen, dass oftmals bereits in der Ausgangssituation hohe Bewertungen der ökologischen Leistungen erreicht werden, z. B. in den Betrieben PB 33, PB 73, PB 71. Systembedingte Vorteile ökologischer Betriebe bei den Umwelt- und Klimaleistungen belegen viele wissenschaftliche Untersuchungen und aktuelle Metastudien, z. B. Sanders und Heß (2019). Andere Autoren verweisen darauf, dass die Vorteile der ökologischen Betriebe bei den Umweltleistungen oftmals nur bei flächenbezogener Betrachtung (z. B. flächenbezogenen Treibhausgasemissionen), aufgrund geringer Erträge aber nicht bei produktbezogener Betrachtung (z. B. produktbezogenen Treibhausgasemissionen) nachweisbar sind (Meemken und Quaim, 2017).

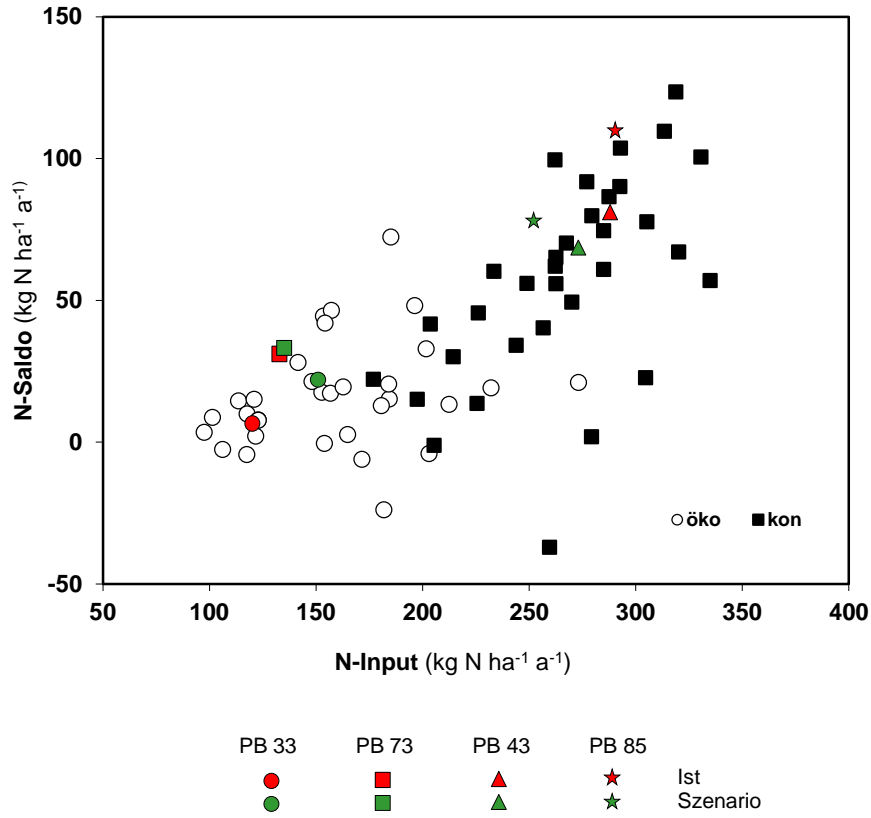
Aus den Optimierungsszenarien geht hervor, dass es auch in den ökologischen Betrieben Verbesserungspotenziale gibt. Defizite wurden zum Teil bei der Nährstoffversorgung (insbesondere Phosphor) und aufgrund extensiver Bewirtschaftung bei den Ertragsleistungen und der Energiebindung identifiziert. Eine der größten Herausforderungen der ökologischen Landwirtschaft ist es, die Erträge nachhaltig zu steigern und die Ertragsdifferenz zu konventionellen Systemen zu verringern. Neben dem hier verfolgten Ansatz der innerbetrieblichen Optimierung kommen zur Ertrags- und Leistungssteigerung weitere Strategien infrage, u. a. die Züchtung ertragsreicher und optimal an den ökologischen Landbau angepasster Sorten, Innovationen im biologischen Pflanzenschutz, verfahrenstechnische Optimierungen (Fortschritte bei der mechanischen Unkrautregulierung, Einsatz digitaler Systeme und Robotik), die Verbesserung der Haltebedingungen in der Nutztierhaltung (Hamm et al., 2017).

Die Betriebsszenarien zeigen, dass es schwierig ist, die Nährstoffkreisläufe so zu intensivieren, dass nachhaltige Ertragssteigerungen erreicht werden können. Als eine der wichtigsten und oft direkt umsetzbaren Maßnahmen hat sich der überbetriebliche Nährstofftransfer (Futter-Mist-Kooperationen, Nutzung von Biogas-Gärresten) erwiesen. Es gibt auch Ökobetriebe (PB 71), die eine naturschutzbetonte und extensive Bewirtschaftung bevorzugen und auf die Ausschöpfung der Ertragspotenziale verzichten. Auch diese Wirtschaftsweise kann ökonomisch tragfähig sein, da der Personal- und Kostenaufwand gering ist, und die Förderung durch Agrarumweltprogramme einen finanziellen Ausgleich schafft. Andererseits waren einige Betriebsleiter nicht mit den erreichten Erträgen im Pflanzenbau und den Leistungen in der Milch-

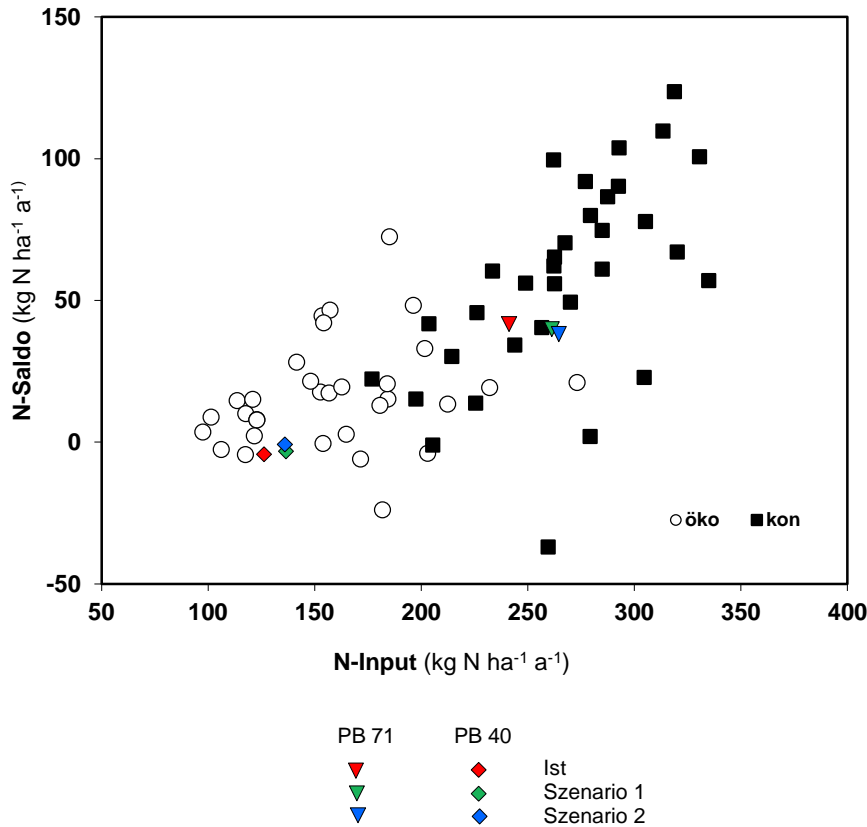
viehhaltung zufrieden. Leistungssteigerungen, z. B. eine Erhöhung der Milchleistung, können eine Strategie sein, die produktbezogenen Treibhausgasemissionen zu reduzieren (Betrieb PB 33, Abbildung 4.10-7).

In den konventionellen Betrieben wurde zum Teil dringender Optimierungsbedarf bei den Kriterien Stickstoffsaldo, Humusversorgung, Energieinput, flächen- und produktbezogene Treibhausgasemissionen festgestellt. Bei anderen Indikatoren (Energiebindung, Ertragsleistungen) wurde die Höchstbewertung erzielt. Ein Schlüsselfaktor ist die Optimierung des Stickstoffkreislaufs zur Erhöhung der Stickstoffeffizienz, was zugleich eine wichtige Treibhausgas-Minderungsstrategie darstellt. Flächenbezogene Stickstoffsalden von weit über  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  (PB 85) dürften bei Einhaltung der Vorgaben der Düngeverordnung eigentlich nicht auftreten, sie sind aber Realität in vielen konventionellen Betrieben (Forster und Hülsbergen, 2017). Eine der wichtigsten Maßnahmen im konventionellen Landbau ist die Minderung des Mineraldüngerstickstoffeinsatzes und die Anpassung der Düngergaben an den tatsächlichen Düngebedarf. Neue digitale Systeme zur satelliten- oder sensorgestützten N-Düngebedarfsermittlung und N-Bilanzierung bieten ein hohes Stickstoffreduktionspotenzial (Mittermayer et al., 2021). Aber auch die Systemoptimierung auf Betriebsebene – Anpassung der Fruchtfolge und Zwischenfruchtanbau, optimale Integration der Nutztierhaltung in betriebliche Stoffkreisläufe bietet enormes Potenzial zur Lösung des Stickstoff- und Nitratproblems der Landwirtschaft.

Die betrieblichen Optimierungsszenarien sind moderat gewählt, ohne extreme Varianten oder radikale Umstellungen der Betriebsorganisation. Daher sind die mit den Modellen berechneten Effekte zum Teil relativ gering (PB 71, PB 73) im Vergleich zur einzelbetrieblichen Variabilität (Abbildung 4.10-33, Abbildung 4.10-34). In anderen Betrieben mit hohen N-Salden in der Ausgangssituation (PB 85) wurden deutlich höhere N-Minderungspotenziale ausgewiesen.



**Abbildung 4.10-33:** Beziehung zwischen N-Input und N-Saldo im Pflanzenbau der Milchviehbetriebe. Die Optimierungsbetriebe sind farbig gekennzeichnet.



**Abbildung 4.10-34:** Beziehung zwischen N-Input und N-Saldo im Pflanzenbau der Marktfruchtbetriebe. Die Optimierungsbetriebe sind farbig gekennzeichnet.

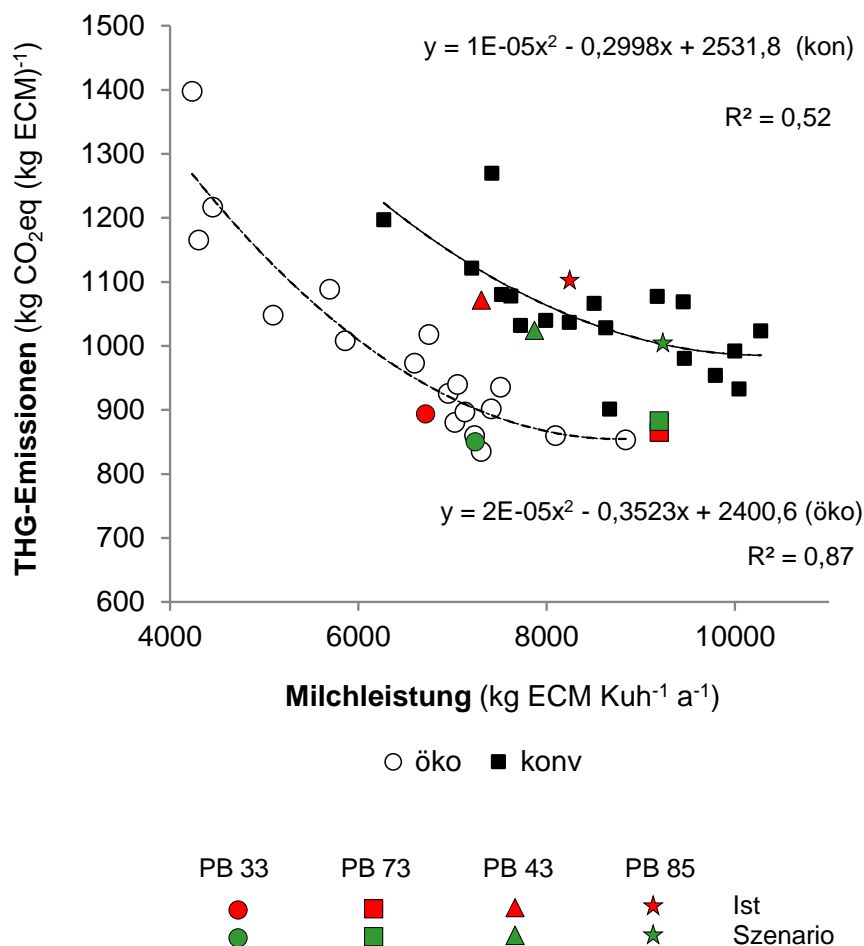
Als wichtiges Handlungsfeld wurde in den konventionellen Pilotbetrieben die bessere Humusversorgung identifiziert. Es zeigte sich, dass auch sehr gut gemanagte und erfolgreiche Betriebe deutlich negative Humusbilanzen aufweisen können (PB 40). Auf besonders ertragsreichen Böden (PB 40) führt eine unzureichende Humusversorgung nicht direkt und unmittelbar zu Ertragsminderungen. Dennoch ist langfristig mit negativen Effekten auf ertragsrelevante Bodeneigenschaften und -prozesse zu rechnen. Der Leiter des Betriebes PB 40 war sich der unzureichenden Humusversorgung (Versorgungsstufe A, Tabelle 4.10-32) seiner Ackerflächen nicht bewusst und hat nach Vorliegen der Humusbilanzen sofort mit Maßnahmen (Klee gras- und Zwischenfruchtanbau, verstärkte organische Düngung) reagiert.

Generell hat das Interesse der Landwirte am Humusaufbau und einer nachhaltigen Humuswirtschaft in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Auch die 4-Promille-Initiative der französischen Regierung während der Weltklimaverhandlungen im Dezember 2015 in Paris (COP21) hat eine intensive Diskussion über theoretische und technische Potenziale der Humus- und Kohlenstoffanreicherung in Böden als Klimaschutzstrategie ausgelöst (van Groenigen, 2017; Don et al., 2018). Im Humusaufbau wird eine mögliche Anpassungsstrategie an den Klimawandel gesehen, denn humusreiche Böden können Wasser besser infiltrieren und speichern. Zudem gilt der Bodenumaufbau als relevante Treibhausgasminderungsstrategie, die auch als ökologische Leistung honoriert werden kann (z. B. über CO<sub>2</sub>-Zertifikate). Der Zusammenhang zwischen Humusaufbau, Kohlenstoffbindung in Böden und Treibhausgasminderung wird in dem gewählten Bilanzierungsansatz der Pilotbetriebe berücksichtigt (vgl. PB 40, Abbildung 4.10-



32). Hierbei geht es nicht immer um Humusaufbau, sondern auch die Verminderung des Humusabbaus und die Erhaltung der Bodenkohlenstoffvorräte kann eine wichtige Strategie sein. So geht aus den Erhebungen zum Bodenzustand und darauf basierenden Modellrechnungen hervor, dass auf vielen Standorten in Deutschland in den kommenden Jahren mit abnehmenden Humusgehalten zu rechnen ist (Jacobs et al., 2018).

Die Untersuchungen zu Haltungsbedingungen, Tiergesundheit und Tierwohl zeigen zum Teil deutliche Defizite und dringenden Handlungsbedarf – sowohl in den ökologischen als auch in den konventionellen Betrieben. Einige Probleme sind leicht zu beheben, wie die bessere Tränkwasserversorgung. Andere grundlegende Haltungsprobleme lassen sich nur über massive Investitionen oder sogar Stallneubau zu beheben oder erfordern ein verändertes Management. Bessere Haltungsbedingungen, die zu mehr Tierwohl und gesunden Kühen beitragen, sind eine der wesentlichen Strategien, um die produktbezogenen Treibhausgasemissionen der Milchviehhaltung zu vermindern. Die Erhöhung der Laktationszahl, Lebensdauer und Lebensleistung der Kühe ist unter diesem Aspekt zielführender als die Maximierung der Jahresmilchleistung, zumal ab einer bestimmten Milchleistung keine weitere THG-Minderung mehr eintritt (Abbildung 4.10-7).



**Abbildung 4.10-35:** Beziehung zwischen der Milchleistung pro Kuh und den produktspezifischen THG-Emissionen. Die Optimierungsbetriebe sind farbig gekennzeichnet.

Die zu erwartenden Effekte der Optimierungsstrategien auf die THG-Emissionen in der Milchviehhaltung sind in Abbildung 4.10-35 dargestellt. Die Beispiele zeigen, dass die Wirkungen (Minderung der produktbezogenen CO<sub>2eq</sub>-Emissionen) relativ gering sind. Allerdings waren die primären Ziele der Optimierungsstrategien auch auf andere Bereiche (vor allem Haltungsbedingungen, Fütterungsoptimierung, Leistungssteigerung) ausgerichtet.

Bei der Umsetzung betrieblicher Entwicklungs- und Optimierungsstrategien sind die ökonomische Effekte oftmals ausschlaggebend. Wenn beispielsweise zwei unterschiedliche Maßnahmen zur Verfügung stehen, die sich hinsichtlich der Ressourceneffizienz nicht wesentlich unterscheiden, wird die Maßnahme mit den geringeren Kosten bzw. höheren Erlösen bevorzugt. Deshalb ist es wichtig, die Effizienzbewertung um ökonomische Analysen zu ergänzen.

Um eine stärkere Verbreitung ressourceneffizienter Bewirtschaftungsmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Praxis zu erreichen, kommt es darauf an, dass die Politik geeignete Anreizsysteme implementiert.

Ohne eine agrarpolitische Lenkung ist unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen nicht davon auszugehen, dass es zu einer weiteren nennenswerten Verbreitung ressourceneffizienter Maßnahmen kommt bzw. es zu lange dauert, bis neue effizientere Techniken in die Praxis umgesetzt werden (OECD 2012). Grundsätzlich gilt, dass ein finanzieller Förderschwerpunkt auf Maßnahmen gelegt werden sollte, die zur größten Ressourceneinsparung und zu den geringsten Kosten führen und die zugleich umwelt- und tiergerecht sind.

#### 4.10.5 Literatur

**Badgley C, Moghtader J, Quintero E, Zakem E, Chappell MJ, Avilés-Vázquez K, Samulon A, Perfecto I** (2007) Organic agriculture and the global food supply. *Renew. Agric. Food Syst.* 22:86-108

**Banwart S** (2011) Save our soils. *Nature* (474):151-152

**Busch G, Spiller A** (2018) Consumer acceptance of livestock farming around the globe, *Animal Frontiers*, 8:1-3, <https://doi.org/10.1093/af/vfx005>

**Broom DM** (2019) Animal welfare complementing or conflicting with other sustainability issues. *Appl Anim Behav Sci* 219:104829, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.06.010>

**Bryzinski T** (2020) Erträge, Energieeffizienz und Treibhausgasemissionen ökologischer und konventioneller Pflanzenbausysteme – methodische Einflüsse und feldexperimentelle Ergebnisse. Dissertation. Technische Universität München

**Cassidy ES, West PC, Gerber JS, Foley JA** (2013) Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare. *Environ. Res. Lett.* 8,034015

**DAFA** (2012) Fachforum Nutztiere. Strategie der Deutschen Agrarforschungsallianz (DAFA). Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut Braunschweig DAFA 2012

**De PONTI T, RIJK B, VAN ITTERSUM MK** (2012) The crop yield gap between organic and conventional agriculture. In: *Agricultural Systems* 108:1-9. DOI: 10.1016/j.agsy.2011.12.004

**Don A, Flessa H, Marx K, Poeplau C, Tiemeyer B, Osterburg B** (2018) Die 4-Promille-Initiative „Böden für Ernährungssicherung und Klima“ – Wissenschaftliche Bewertung und Diskussion möglicher Beiträge in Deutschland. Thünen Working Paper 112. Johann Heinrich von Thünen-Institut. DOI:10.3220/WP1543840339000. urn:nbn:de:gbv:253-201812-dn060523-5

**Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O’Connell C, Ray DK, West PC, Balzer C, Bennett EM, Carpenter SR, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockstrom J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D, Zaks DP** (2011) Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478:337-342

**Forster F, Hülsbergen K-J** (2017) Analyse des Nitratbelastungspotenzials und Nitrat-Minderungsstrategien (Teilprojekt 1). In: Hülsbergen K-J, Maidl F X, Forster F, Prücklmaier J: Minderung von Nitratausträgen in Trinkwassereinzugsgebieten durch optimiertes Stickstoffmanagement. Forschungsbericht an das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Technische Universität München, 202

**Frank H, Schmid H, Hülsbergen K-J** (2019) Modeling greenhouse gas emissions from organic and conventional dairy farms. *Landbauforschung: Journal of Sustainable and Organic Agricultural Systems* 69(1):37-46, doi:http://dx.doi.org/10.3220/LBF1584375588000

**Godfray HC, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C** (2010) Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science* 327:812-818

**Hamm U, Häring AM, Hülsbergen K-J, Isermeyer F, Lange S, Niggli U, Rahmann G, Horn S** (2017) Research strategy of the German Agricultural Research Alliance (DAFA) for the development of the organic farming and food sector in Germany. *Organic Agriculture*, 7:225-242

**Herzog A, Winckler C, Zollitsch W** (2018) In pursuit of sustainability in dairy farming: A review of interdependent effects of animal welfare improvement and environmental impact mitigation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 267:174-187, doi:https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.029

**Hülsbergen K-J, Feil B, Biermann S, Rathke G-W, Kalk W-D, Diepenbrock W** (2001) A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86:303-321

**Hülsbergen K-J, Feil B, Diepenbrock W** (2002) Rates of nitrogen application required to achieve maximum energy efficiency for various crops: results of a long-term experiment. *Field Crops Research* 77:61-76

**Hülsbergen K-J, Schmid H, Frank H** (2013) Ressourcenschonung in der Pflanzen- und Milchproduktion. Ansätze für die Betriebsoptimierung - Untersuchungen zur Nachhaltigkeit von ökologischen und konventionellen Betrieben. Deutsche-Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG). Tagungsband der DLG-Wintertagung 2013 in Berlin. Archiv der DLG, Band 107:43-60

**Hülsbergen K-J** (2003) Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Aachen: Shaker-Verlag

**Jacobs A, Flessa H, Don A, Heidkamp A, Prietz R, Dechow R, Gensior A, Poeplau C, Riggers C, Schneider F, Tiemeyer B, Vos C, Wittnebel M, Müller T, Säurich A, Fahrion-Nitschke A, Gebbert S, Jaconi A, Kolata H, Laggner A, et al.** (2018) Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland - Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 316 p, Thünen Rep 64, DOI:10.3220/REP1542818391000

**Meemken E-M, Quaim M** (2017) Organic Agriculture, Food Security, and the Environment. Annual Review of Resource Economics Vol. 10:39-63, doi/10.1146/annurev-resource-100517-023252

**Landert J, Pfeifer C, Carolus JF, Schwarz G, Albanito F, Muller A, Smith P, Sanders J, Schader C, Vanni F, Prazan J, Baumgart L, Blockeel J, Weissshaidinger R, Bartel-Kratochvil R, Hollaus A, Mayer A, Hrabalová A, Helin J, Aakkula J, et al.** (2020) Assessing agro-ecological practices using a combination of three sustainability assessment tools. Landbauforsch J Sustainable Organic Agric Syst 70:129-144

**Leithold G, Hülsbergen K-J, Brock C** (2015) Organic matter returns to soils must be higher under organic compared to conventional farming. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 178:4-12

**Leopoldina** (2012) Bioenergy – Chances and limits. German National Academy of Sciences Leopoldina, Halle (Saale)

**Lin H-C, Huber JA, Gerl G, Hülsbergen K-J** (2016) Nitrogen balances and nitrogen-use efficiency of different organic and conventional farming systems. Nutrient Cycling in Agroecosystems 105:1-23

**Lin H-C, Hülsbergen K-J** (2017) A new method for analyzing agricultural land-use efficiency, and its application in organic and conventional farming systems in southern Germany. European Journal of Agronomy 83:15-27

**Mittermayer M, Gilg A, Maidl F-X, Nätscher L, Hülsbergen K-J** (2021) Site-specific nitrogen balances based on spatially variable soil and plant properties. Precision Agriculture. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09789-9>

**OECD** (2012) OECD Environmental Outlook to 2050. Paris: OECD Publishing

**Place SE** (2018) 4 - Animal welfare and environmental issues. In: Mench JA (ed) Advances in Agricultural Animal Welfare. Woodhead Publishing:69-89 Online: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101215-4.00004-3>

**Sanders J, Hess J (eds.)** (2019) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 364 p, Thünen Rep 65, DOI:10.3220/REP1547040572000

**Schaffner A, Packeiser M** (2009) Nachhaltigkeitszertifizierung in landwirtschaftlichen Unternehmen. Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Initiativen zum Umweltschutz 78:113-118

**Schaffner A, Hövelmann L** (2009) Der DLG-Nachhaltigkeitsstandard „Nachhaltige Landwirtschaft – zukunftsfähig“. In: Grimm C, Hülsbergen K-J (Hrsg.): Nachhaltige Landwirtschaft. Indikatoren – Bilanzierungsansätze, Modelle. Initiativen zum Umweltschutz 74:161-169

**Schittenhelm S** (2011) Wassernutzungseffizienz von Energiepflanzen. Julius Kühn-Institut. Bundesforschungsanstalt für Kulturpflanzen. Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde

**Seufert V, Ramankutty N, Foley JA** (2012): Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485:229-232. DOI: 10.1038/nature11069

**The Royal Society** (2009) Science and the sustainable intensification of global agriculture. The Royal Society, London, UK

**Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S** (2002) Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* (418):671-676

**Tuomisto HL, Hodge ID, Riordan P, Macdonald DW** (2012) Comparing energy balances, greenhouse gas balances and biodiversity impacts of contrasting farming systems with alternative land uses. *Agricultural Systems* 108:42-49

**van Groenigen JW, van Kessel C, Hungate BA, Oenema O, Powlson DS, van Groenigen KJ** (2017) Sequestering Soil Organic Carbon: A Nitrogen Dilemma. *Environ. Sci. Technol.* 51:4738-4739. DOI: 10.1021/acs.est.7b01427

**VDLUFA** (2014) VDLUFA-Standpunkt: Humusbilanzierung. Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten

**VDLUFA** (2018) VDLUFA-Standpunkt: Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten

**Welfare Quality®** (2009) Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Chapter 6: Welfare Quality® applied to dairy cows. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands. Online: [http://www.welfare-quality.net/media/1088/cattle\\_protocol\\_without\\_veal\\_calves.pdf](http://www.welfare-quality.net/media/1088/cattle_protocol_without_veal_calves.pdf)

**Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim BMEL** (2015) Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten. Berlin