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 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

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.thuenen.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at 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

Thünen Report 92

Herausgeber/Redaktionsanschrift – Editor/address

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-report@thuenen.de
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

6 Generaldiskussion, Schlussfolgerungen und Ausblick

Harald Schmid, Hans Marten Paulsen, Kurt-Jürgen Hülsbergen

6.1 Etablierung und Pflege des Netzwerks der Pilotbetriebe als Grundlage transdisziplinärer Forschung

Mit der Etablierung des Netzwerks von Pilotbetrieben, dem System der Datenerfassung, der Datenspeicherung in einer zentralen Datenbank und den Auswertungsverfahren wurde das technische Projektziel erreicht. Die geschaffene Projektinfrastruktur war die Basis für zehnjährige Forschungsarbeiten.

Im Projektantrag war der Anspruch formuliert, einen transdisziplinären Ansatz zu verwirklichen. Die Betriebe sollten nicht nur Gegenstand der Forschung sein. Vielmehr ging es darum, die Betriebsleiter und die Betriebsberater aktiv in das Vorhaben einzubinden. Die Datenerfassung und Probenahme in den Pilotbetrieben wurden in Projektphase 1 von den Betriebsberatern (Biolandberatung) mit Unterstützung der Doktoranden durchgeführt. In Projektphase 3 erfolgte die Datenerfassung überwiegend durch das Ingenieurbüro für Ökologie und Landwirtschaft (IfÖL) mit Unterstützung aller Projektpartner. Die Projektergebnisse wurden den Betrieben durch die Berater und Projektmitarbeiter vorgestellt und erläutert.

Die jährlich mit allen Projektpartnern durchgeführten regionalen Projektworkshops wurden genutzt, um das Vorhaben fortlaufend abzustimmen, einzelbetriebliche und regionsspezifische Ergebnisse mit den beteiligten Akteuren zu diskutieren sowie das weitere Vorgehen gemeinsam festzulegen. Bei diesen Veranstaltungen gab es sehr viele Anregungen durch die Betriebsleiter, die bei der Projektarbeit berücksichtigt wurden. So wurde deutlich, dass es für die Betriebe besonders wichtig ist, Ergebnisse nicht nur in allgemeiner Form (im Mittel aller Pilotbetriebe) zu erhalten, sondern aufbereitet für den eigenen Betrieb, z. B. als betriebliche Humusbilanz, als Nährstoffkreislauf oder als Ergebnis der Bewertung des Tierwohls. Auch wurde die möglichst zeitnahe Auswertung der Betriebsdaten gewünscht, was teilweise an die Kapazitätsgrenzen der Bearbeiter stieß. Diese Erwartungen der Betriebsleiter konnten im Projektverlauf besser erfüllt werden, u. a. durch die Verbindung der Datenerhebung in den Betrieben mit der Diskussion der einzelbetrieblichen Ergebnisse mit Sinne eines Beratungsgesprächs.

Im Verlauf des Projektes zeigte sich, dass der gewählte Systemansatz in gleicher Weise für die Anwendung in ökologischen und konventionellen Betrieben geeignet ist. Es erwies sich als sehr vorteilhaft, ökologische und konventionelle Betriebe in das Vorhaben einzubeziehen und Betriebspaare zu bilden, die unter gleichen Standortbedingungen wirtschaften. Somit waren Systemvergleiche zur Klimarelevanz und Nachhaltigkeit (Projektphase 1), in den späteren Projektphasen auch zur Ressourceneffizienz und zum Tierwohl möglich. Die Betriebsleiter der konventionellen Pilotbetriebe haben sich mit gleichem Engagement und Interesse in das Vorhaben eingebracht wie ihre Berufskollegen aus den ökologischen Betrieben, z. B. durch aktive Beteiligung an den Workshops, Mitwirkung im Projektbeirat, vielfältige Unterstützung der Probenahme und Datenerfassung. Auch die Kommunikation zwischen den Landwirten der unterschiedlichen Landbauformen ist als sehr positiv einzuschätzen; beispielsweise wurden die Workshops zu einem regen Erfahrungsaustausch genutzt.

Das Forschungsvorhaben Netzwerk der Pilotbetriebe setzt die im Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft formulierte Zielsetzung um, den Landwirtschaftsbetrieb mit den Wechselwirkungen zwischen den Betriebszweigen, den innerbetrieblichen Stoffströmen, den steuernden Eingriffen des Menschen in den Mittelpunkt der Forschung zu rücken. In der Projektbearbeitung hat sich gezeigt, dass dieser Ansatz besonders für die Bearbeitung komplexer Fragen wie der Klima- und Nachhaltigkeitsproblematik oder der Bewertung von Haltungsbedingungen geeignet ist.

Generell ist einzuschätzen, dass ganzheitliche, auf den Betrieb ausgerichtete Forschung bisher noch zu wenig umgesetzt ist. Offensichtlich ist es für Forschende schwierig, komplexe Systeme wissenschaftlich zu bearbeiten und zu optimieren (Niggli, 2002; Hamm et al., 2017). Die agrarwissenschaftliche Forschung ist überwiegend disziplinär ausgerichtet. So können Produktionsverfahren im Detail optimiert und dadurch Leistungs- und Effizienzsteigerungen erreicht werden; für die Weiterentwicklung von Betriebssystemen ist dieser Ansatz allein aber nicht ausreichend. Unter den sich ständig ändernden Rahmenbedingungen der Landwirtschaft ist es erforderlich, Entwicklungsprozesse in landwirtschaftlichen Betrieben umfassend – z. B. im Hinblick auf Klimarelevanz oder Nachhaltigkeit – zu analysieren, zu bewerten und zu optimieren. Hierfür sollten geeignete Methoden und praxisanwendbare Instrumente für die Betriebsberatung entwickelt werden (KTBL, 2007, Hülsbergen und Rahmann, 2013; 2015).

Auch in Strategiepapieren zur Entwicklung des ökologischen Landbaus wird gefordert, Betriebe als Ganzes stärker in den Mittelpunkt der Forschung zu stellen (z. B. Hamm et al., 2017). Dementsprechend sollen Betriebe als Systeme aufgefasst werden, in denen der Mensch steuernde Funktionen übernimmt (vgl. Kristensen und Halberg, 1997). Damit ändern sich nicht nur die Forschungsfragen sondern auch die Forschungsmethoden und der Forschungsprozess. Aus dem Forschen auf dem Betrieb zu Fragen, die dem Forscher wichtig erscheinen, wird ein Forschen mit den Landwirten zu Fragen, die in einem partizipativen Prozess als wichtig erarbeitet werden (Kristensen und Hermansen, 2002). Damit wird die Forschung einerseits Teil des betrieblichen Entwicklungsprozesses und leitet andererseits aus den betrieblichen Fallstudien allgemeine Prinzipien und Regeln ab (Hamm et al., 2017). Betriebliche Fallstudien sind besonders gut geeignet, Entwicklungsprozesse zu analysieren, z. B. den Einfluss struktureller Veränderungen (Änderungen der Fruchtfolge, der Tierhaltung, Bau einer Biogasanlage, Umstellung auf ökologischen Landbau) auf die Nährstoffkreisläufe, die Humusversorgung, die Energieeffizienz oder andere Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit (Hülsbergen und Diepenbrock, 2000; Hülsbergen, 2003; Küstermann et al., 2010; Lin, 2017; Siebrecht und Schmid 2020).

Entscheidend für den Erfolg gesamtbetrieblicher Analysen sind mehrere Voraussetzungen (Kristensen und Hermansen, 2002; Langeveld et al., 2005; Hülsbergen und Rahmann, 2015):

- Interdisziplinäres Arbeiten und Partizipation,
- Einsatz von Modellen zur Darstellung der Flüsse und Wechselwirkungen im Betrieb, die letztlich erst den Betriebsvergleich ermöglichen,
- Unterstützung der Modelle und ihrer Aussagen durch Erfassung ausgewählter Messgrößen,
- Einbindung des Betriebsleiters mit seiner Handlungsweise und Motivation als Teil des gesamten Systems, als Erklärungsgröße für den Erfolg,
- Ausbildung eines Netzwerkes an Betrieben, um eine Vielfalt an Betrieben, Standorten und Betriebsleitern zu integrieren und statistische Auswertungen zu ermöglichen.

Im Netzwerk der Pilotbetriebe wurde versucht, die oben aufgeführten Prinzipien umzusetzen sowie bereits vorhandene konzeptionelle und methodische Erfahrungen aus verschiedenen On-Farm-Research-Projekten zu berücksichtigen.

Empfehlungen für die künftige Gestaltung von Pilotbetriebsnetzwerken

Mit dem Netzwerk der Pilotbetriebe wurde „methodisches Neuland“ beschritten, durch die unmittelbare Einbeziehung der Landwirte und Berater in den Forschungsprozess, die komplexe Forschungsthematik (Klimawirkungen, Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz), die modellgestützte Analyse, Bewertung und Optimierung von Betriebssystemen. Aus den Erfahrungen des Projektes können folgende Empfehlungen und Grundsätze für die Gestaltung künftiger Pilotbetriebsnetzwerken abgeleitet werden:

- Gestuftes Vorgehen: Im Netzwerk der Pilotbetriebe wurden unmittelbar nach Projektbeginn 80 Pilotbetriebe (40 ökologische, 40 konventionelle Betriebe) untersucht. Diese Vorgehensweise stellte enorme Anforderungen an die Datenerfassung, die Datenauswertung, vor allem an die Organisation der Projektarbeiten. Bei künftigen Pilotbetriebsnetzwerken sollte mit weniger Betrieben (10 bis 20) gestartet werden, um den Analyseprozess – von der Primärdatenerfassung bzw. Probenahme bis zur Datenauswertung schrittweise zu etablieren und ggf. zu optimieren, bevor die erprobte Untersuchungsmethodik dann auf alle anderen Betriebe übertragen wird.
- Ausreichend lange Projektlaufzeit und Forschungsperspektive: Die Etablierung eines Forschungsnetzwerkes ist sehr arbeitsaufwändig und kostenintensiv. Je nach Fragestellung sind relativ lange Untersuchungszeiträume erforderlich. Mit der Projektlaufzeit steigen oft die Auswertungsmöglichkeiten, z. B. können Humusveränderungen in Böden erst bei ausreichend langer Untersuchungsdauer sicher bestimmt werden. Es ist daher unbedingt zu empfehlen, nicht nur Projekte mit dreijähriger Laufzeit zu fördern, sondern bei entsprechender Fragestellung und Forschungsperspektive sollten deutlich längere Projektlaufzeiten angestrebt werden. Ein langfristiges Projekt hat gegenüber mehreren Folgeprojekten (wie im Netzwerk der Pilotbetriebe) Vorteile, z. B. positive Wirkungen auf die Kontinuität des Forschungsprozesses und der Beschäftigung der Projektmitarbeiter.
- Aufbau einer leistungsfähigen Projektdatenbank: Der Aufbau einer zentralen Projektdatenbank ist von herausragender Bedeutung für den Projekterfolg (sichere Datenablage, effizienter Datenaustausch zwischen den Arbeitsgruppen und externen Nutzern, statistische Auswertungen). Im Netzwerk der Pilotbetriebe wurde zunächst als "Datendrehscheibe" ein bei Bioland vorhandenes System (NutriWeb) genutzt. Allerdings kam dieses praxisorientierte System an Kapazitäts- und Entwicklungsgrenzen, so dass der Aufbau einer eigenständigen Projektdatenbank erforderlich wurde. Es sollten von vornherein ausreichend Mittel und Kapazitäten für die Datensicherung und Auswertung, den Aufbau einer zentralen Datenbank vorgesehen werden. Über die Datenbank kann ein effizienter Austausch von Daten nicht nur innerhalb des Projektes, sondern auch mit anderen Forschergruppen erfolgen. Zunehmend werden auch geprüfte Datensätze publiziert, wobei die Anonymität der Betriebe und die Datensicherheit gewährleistet werden müssen.
- Fokussierung auf bestimmte Betriebstypen und Produktionsrichtungen: Im Netzwerk der Pilotbetriebe werden nur zwei Betriebstypen und Produktionsrichtungen analysiert – Marktfruchtbau und Milchviehhaltung (bzw. Gemischtbetriebe). Diese Fokussierung auf wenige Betriebstypen hat sich als zielführend und sehr effizient erwiesen, denn auf diese Weise können bei begrenzter

Betriebszahl statistisch gesicherte Aussagen zum Einfluss von Betriebstyp und Produktionsrichtung getroffen werden.

- Regionale Cluster der Betriebe: Aus arbeitsorganisatorischen Gründen ist die regionale Zusammenfassung der Betriebe (wie im Projekt Pilotbetriebe) dringend zu empfehlen. Auf diese Weise können Arbeitsabläufe optimiert werden (kurze Wege, Kombination von Betriebsbesuchen, Möglichkeit der Durchführung regionaler Workshops). Zudem kann mit regionalen Clustern eine bestimmte Boden-Klima-Region (z. B. Allgäu, Bayerisches Tertiärhügelland, …) abgebildet werden.

6.2 Ergebnisse der Forschungsarbeiten im Netzwerk der Pilotbetriebe

Klimawirkungen und Treibhausgasbilanzierung

Auf der Basis gemessener und erhobener Betriebsdaten wurde in den Pilotbetrieben im Pflanzenbau und in der Milchviehhaltung eine Systembewertung der Klimawirkungen vorgenommen, die alle relevanten Treibhausgasflüsse einschließt. Gegenüber bisherigen Arbeiten, die nur Teilsysteme und ausgewählte Stoffströme berücksichtigen oder auf Literaturdaten beruhen, wurde in der Milchviehhaltung eine neue Qualität und Bearbeitungstiefe erreicht. Im Rahmen des Projektes wurde ein neues Modell zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung der Milchviehhaltung entwickelt und in den Pilotbetrieben umfassend getestet. Das Modell ist in der Lage, unterschiedliche Betriebstypen (z. B. ökologisch, konventionell), unterschiedliche Betriebsgrößen und Standortbedingungen abzubilden. Es ist sensitiv genug, um Managementänderungen, z. B. im Futterproduktions- und Haltungssystem abzubilden (vgl. Kapitel 4.3 Energie- und Treibhausgasbilanzen der Milchviehhaltung).

Der besondere Wert der Treibhausgasbilanzierung im Netzwerk der Pilotbetriebe liegt darin, dass konkrete Bedingungen in ökologischen und konventionellen landwirtschaftlichen Betrieben (Standortbedingungen, Ertrags- und Leistungsniveau, Futterregime, Haltungsbedingungen etc.) in ihrem Einfluss auf die Klimabilanz erfasst werden, während vorangegangene Studien, auch im Rahmen der Klimaberichterstattung, auf Durchschnittswerten der Literatur und stark vereinfachenden Annahmen basieren.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor bei betriebssystemaren Untersuchungen ist die Auswahl und Anwendung geeigneter Modelle. Wenngleich zahlreiche Indikatoren gestützte Modelle zur Nachhaltigkeitsanalyse, zur Abbildung betrieblicher Stoff- und Energieflüsse, teilweise auch zur Klimabilanzierung bereits zu Projektbeginn vorlagen (z. B. Refsgaard et al., 1998; Halberg, 2005; Küstermann et al., 2008), so war es doch notwendig, für die Fragestellungen des Projektes methodische Weiterentwicklungen vorzunehmen. Die Modellierungsarbeiten, insbesondere zur Abbildung der Stoff-, Energie- und Treibhausgasflüsse milchviehhaltender Betriebe erwiesen sich als außerordentlich komplex und wissenschaftlich anspruchsvoll. Für die vollständige Bilanzierung der Treibhausgasflüsse der Milchviehhaltung war es notwendig, neue Module (z. B. Energie- und CO_2-Bilanzierung der Milchviehhaltung) zu entwickeln (Frank et al., 2019) bzw. für die Projektaussagen relevante Modellparameter und -koeffizienten (z. B. Energieinput und CO_2-Emissionen für ausgewählte Futtermittel (Sojaschrot) oder zugekaufte Färsen) abzuleiten. Das Gesamtmodell wurde in den Pilotbetrieben umfassend getestet.

In Milchviehbetrieben gibt es sehr viele, sich überlagernde Einflussfaktoren auf die THG-Flüsse. Um alle bedeutsamen Emissionen der Milcherzeugung in der THG-Bilanz zu berücksichtigen, muss die Systemebene des Betriebes erweitert werden; einzubeziehen ist der gesamte Vorleistungsbereich (Herstellung

von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, Maschinen, Geräten, Gebäuden und baulichen Anlagen, Erzeugung des Zukauffutters einschließlich der damit verbundenen Landnutzungsänderungen, Erzeugung von Färsen, etc.). Dies erklärt, warum es bisher so gut wie keine vollständigen THG-Bilanzen der Milchviehhaltung gibt. In fast allen bisherigen THG-Bilanzen der Milchviehhaltung fehlten die Energiebilanz und die mit dem Einsatz fossiler Energie verbundenen Emissionen. Die Entwicklung einer allgemein anwendbaren Methode der Energiebilanzierung der Milchviehhaltung und ihre Integration in die THG-Bilanz ist daher als eine methodische Innovation des Projektes anzusehen (vgl. Frank, 2014).

In den Marktfruchtbetrieben treten weniger Stoff- und Energieflüsse und auch weniger Verlustprozesse als in milchviehhaltenden Betrieben auf. Größte Probleme bereitet aber die Modellierung der N_2O-Flüsse aus Böden. Für genaue, standort-, betriebs- und jahresspezifische Aussagen sind nach wie vor Messungen unerlässlich, weil N_2O-Modelle nicht alle Einflussfaktoren und Prozesse abbilden können. So zeigte sich in Feldexperimenten im Versuchsbetrieb Viehhausen[1] in der Projektphase 1, dass das Bodenprozessmodell DNDC Lachgasflüsse nach einer Düngerapplikation gut nachvollziehen kann, die N_2O-Flüsse nach Kleegrasumbrüchen aber deutlich unterschätzt. So können erhebliche Abweichungen zwischen gemessenen und modellierten Werten auftreten (Peter et al., 2013). Die Anwendung von Emissionsfaktoren nach IPCC (1997) ist eine drastische Vereinfachung der komplexen Emissionsprozesse. So zeigten Messungen im Versuchsbetrieb Scheyern, dass die N_2O-Emissionsraten mit 2,5 % des zugeführten N standortbedingt etwa doppelt so hoch sind wie nach IPCC (1,25 % des zugeführten N) geschätzt. Werden hohe N-Gaben auf dicht lagernden Böden (nach langjährig reduzierter Bodenbearbeitung) appliziert, kann es noch zu wesentlich höheren N_2O-Emissionen (bis über 10 kg N ha^{-1} a^{-1}) kommen, die mit Bilanzansätzen nicht erfasst werden (Küstermann et al., 2013). Aufgrund des enormen Aufwandes war es nicht möglich, in den Pilotbetrieben Messsysteme zur Erfassung der N_2O-Flüsse einzurichten, jedoch wurden in vier Versuchsstationen der beteiligten Partner in den Projektregionen Süd, Nord, West und Ost mehrjährige N_2O-Messungen durchgeführt[2].

Haltungsbedingungen, Medikamenteneinsatz und Tierwohl

Zu diesem Forschungsschwerpunkt wurden folgende Ergebnisse erzielt:

- die ökologisch wirtschaftenden Betriebe weisen im Mittel ein niedrigeres Milchleistungsniveau, jedoch ein höheres Herdenalter als die konventionell wirtschaftenden Betriebe auf.
- Bei der Haltungsumgebung ergaben sich Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Milchviehhaltung. Im Vergleich zu den konventionellen Betrieben bot ein höherer Anteil der ökologisch wirtschaftenden Betriebe den Kühen Zugang zu Auslauf und Weide. Zudem waren das Flächenangebot pro Kuh sowohl im Stall als auch im Auslauf sowie die Anzahl der Weidetage

1 Der Versuchsbetrieb Viehhausen (TUM, Region Süd) und vier weitere Versuchsbetriebe (Scheyern, Helmholtz Zentrum München, Region Süd; Bad Lauchstädt, MLU, Region Ost; Wiesengut, IOL, Region West; Trenthorst, TI, Region Nord) waren in die Projektarbeiten eingebunden. In den Versuchsbetrieben wurden beispielsweise Messungen zu N_2O-Flüssen in Feldexperimenten durchgeführt.

2 Im Forschungsprojekt „Regionale Treibhausgasflüsse in Kleegras-Weizensystemen“, gefördert durch TI-Sondermittel 110 und BMELV-Forschungsplan 2008, Laufzeit 1/2010 bis 12/2012.

auf den ökologisch wirtschaftenden Betrieben im Mittel höher als auf den konventionell wirtschaftenden Betrieben. Mit Ausnahme eines Betriebes, der im Auslauf einige Liegeboxen ohne Einstreu hatte, stellten alle ökologisch wirtschaftenden Betriebe eine eingestreute Liegefläche zur Verfügung.

- Bei der Beurteilung des Tierwohls nach dem WQ®-Protokoll schnitten die ökologisch wirtschaftenden Betriebe besser ab. In der Winter- und Sommererhebung, die den Status quo der Tierwohlsituation auf den Betrieben darstellt, konnten klare Vorteile für das Tierwohl in der ökologischen Haltung gezeigt werden, z. B. höheres Weidegangangebot, weniger Lahmheiten, besserer Liegekomfort und bessere Mensch-Tier-Beziehung. Trotz der deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Wirtschaftsweisen war eine große einzelbetriebliche Spannweite in den verschiedenen Messgrößen zu finden. Insgesamt zeigte sich somit, dass nicht nur die Haltungsvorgaben der EU-Ökoverordnung eine wichtige Rolle spielen, sondern das Management der einzelnen Betriebe entscheidend ist.
- Die Beschreibung und Auswertung der auftretenden Krankheitskomplexe und der Tierarzneimittelanwendungen auf den Pilotbetrieben bildeten einen Untersuchungsschwerpunkt in Projektphase 3. Es wurden die vorhandenen Analysen der Daten des Milchprüfjahres 2015 von 35 Betrieben um die Aspekte der Behandlung von Parasitosen und der Enthornung der Kälber erweitert. Auch wurden auf Betriebsebene antimikrobielle Behandlungsgänge des Euters den Zellzahlen aus der Milchleistungsprüfung gegenübergestellt. Aus dem Bestand der Datenbank, die die digitalisierten Daten-sätze aus den Anwendungs- und Abgabebelegen und Stallbüchern enthält, wurden von 13 der 35 darin enthaltenen Betriebe 51 weitere Milchjahre ausgewertet. Für die Betriebe wurden Kennzahlen berechnet wie antibiotische Einzelgaben, Therapiehäufigkeit nach VetCAB, verabreichte Mengen an antimikrobiellen Wirkstoffen und die antimikrobiellen Wirkstoffklassen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Human- und Tiergesundheit eingestuft.

Optierungsworkshops- und Optimierungsszenarien

Im Netzwerk der Pilotbetriebe wurden in Optimierungsworkshops gemeinsam mit den Landwirten Maßnahmen zur Treibhausgasminderung abgeleitet und deren Effekte auf die Treibhausgasbilanz modelliert. Dabei zeigte sich, dass Einzelmaßnahmen (z. B. maximale Milchleistungssteigerung) nicht die Lösung bringen, weil Zielkonflikte auftreten (z. B. höherer Kraftfutterbedarf und abnehmende Nutzungsdauer der Kühe). Vielmehr ist eine gesamtbetriebliche Optimierung unter Berücksichtigung von Wechselbeziehungen, z. B. zwischen Futterbau – Tierhaltung – Düngung – Humus- und Nährstoffmanagement erforderlich. Zudem sollte die Optimierung der ökologischen Nachhaltigkeit der Milchviehhaltung nicht nur die Klimawirkungen beinhalten, sondern weitere relevante Umweltbereiche.

Als Ergebnis der Optimierungsworkshops ist einzuschätzen, dass Betriebsleiter sehr interessiert sind an der Diskussion über Verbesserungspotenziale in den Bereichen Tierwohl, Ressourceneffizienz, Umwelt- und Klimaschutz. Sie werden Tierwohl-, Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen aber nur umsetzen, wenn die Maßnahmen wirtschaftlich tragfähig sind. Hierzu müssen die Optimierungsszenarien 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. Hierzu sind für Praxisbedingungen geeignete Beratungsinstrumente erforderlich.

Entwicklung und Praxiserprobung neuer Beratungsinstrumente

Die Entwicklung neuer praxisanwendbarer Tools – ausgehend von den im Projekt verwendeten wissenschaftlichen Modellen – soll den Transferprozess unterstützen. Einen wesentlichen Schwerpunkt der Projektarbeiten bildete daher die Entwicklung und Praxiserprobung der Excel-basierten Beratungswerkzeuge HUNTER (Humus-, Nährstoff-, Treibhausgas- und Energiebilanz-Rechner) und TWT Milchvieh (Tierwohl-Tool Milchvieh). Ziel ist, Beratern und Landwirten möglichst einfache, aber dennoch aussagefähige Werkzeuge zur eigenständigen Analyse und Ermittlung wichtiger Nachhaltigkeitskriterien ihrer landwirtschaftlichen Betriebe bereitzustellen. Der Humus-, Nährstoff-, Energie- und Treibhausgasbilanzrechner HUNTER basiert auf REPRO-Algorithmen sowie Modellrechnungen in den Pilotbetrieben. Sie wurden für die Anwendung in der praktischen Beratung landwirtschaftlicher Betriebe angepasst.

Das im Projekt entwickelte und umfassend erprobte Tierwohl-Tool Milchvieh basiert auf dem Welfare Quality® assessment Protocol for Cattle und berücksichtigt die KTBL-Leitfäden zur Eigenkontrolle des Tierwohls in Praxisbetrieben. Auf mehreren Beraterworkshops wurden die neuen Werkzeuge vorgestellt, die Methoden erläutert, sowie anhand praktischer Übungen in Arbeitsgruppen angewendet. Die Ergebnisse der Workshops sind in die Überarbeitung und Fertigstellung der Beratertools eingeflossen.

Ökonomische Bewertung

Auf der Grundlage der Status-quo Analyse und den Ergebnissen der Optimierungs-Workshops wurde die relative ökonomische Vorzüglichkeit der einzelnen Maßnahmenbündel mit Hilfe des Simulationsmodells COMPAS untersucht. Dazu wurden Veränderungen in den Leistungs- und Kostenkomponenten ermittelt und in das Modell eingefügt. Anschließend wurden die Veränderungen analysiert, die die Optimierungs-Szenarien mit sich bringen. Die Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, die Ressourceneffizienz zu verbessern und den Betrieb gleichzeitig ökonomisch besser zu stellen. Die Ergebnisse sind dabei jedoch stark von den getroffenen Annahmen zur Steigerung der Erträge und der Milchleistung abhängig. Die getroffenen Annahmen beruhen auf Expertenaussagen. Ob sich ein Betrieb durch die Optimierung ökonomisch verbessert oder verschlechtert ist neben den Veränderungen in den Produktionskosten und Erträgen stark von den Möglichkeiten der Vermarktung abhängig.

Bei der Entwicklung der Optimierungsstrategien fiel auf, dass in mehreren Fällen mehrere Ziele durch eine Maßnahme erreicht werden konnten. Eine Reduktion des Mineraldüngereinsatzes oder eine Steigerung der Erträge führte gleichzeitig zu einer Verbesserung in den Bereichen Energieeinsatz und THG-Emissionen je geernteter Getreideeinheit. Auch eine Verbesserung der Humusbilanz führt gleichzeitig zu einer Verbesserung der THG-Bilanz. Besonders deutliche Erfolge konnten im Bereich Humusbilanz durch eine Veränderung der Fruchtfolge erzielt werden.

Im Bereich Tierwohl konnte nur die Kostenseite betrachtet werden. Über Veränderungen in den Leistungen durch die Tierwohlmaßnahmen standen keine Informationen zur Verfügung. Aus diesem Grund lassen sich keine abschließenden Aussagen über die ökonomischen Auswirkungen für die Betriebe treffen. Die Untersuchungen zeigten jedoch, dass die Kosten der Optimierungsstrategien stark zwischen den Betrieben variierten. Verschiedene Maßnahmen, die vor allem das Management betreffen, sind ohne zusätzliche Kosten möglich. Hohe Kosten entstehen, wenn größere Investitionen, wie eine Erneuerung der Stalleinrichtung oder sogar ein Stallneubau notwendig sind.

6.3 Schlussfolgerungen und Ausblick

Aufgrund der langen Laufzeit des Projektes Netzwerk der Pilotbetriebe haben sich neue Forschungsfragen ergeben, die in Folgeprojekten bearbeitet werden können, zum Beispiel:

- Ist es möglich, in Systemen des Pflanzenbaus und der Milchviehhaltung den Einsatz fossiler Energie schrittweise durch erneuerbare Energie zu ersetzen (einschließlich des Vorleistungsbereichs)? Ist eine energieautarke landwirtschaftliche Produktion möglich?
- Können Betriebssysteme (und Wertschöpfungsketten) so umgestaltet werden, dass sie klimaneutral werden, also alle Treibhausgasemissionen durch C-Sequestrierung (z. B. Bodenkohlenstoffbindung, Agroforstsysteme, Einsatz von Pflanzenkohle, etc.) kompensiert werden?
- Kann die Ertragslücke zwischen ökologischen und konventionellen Systemen vermindert oder sogar geschlossen werden, z. B. durch nachhaltige Intensivierung (Erhöhung des Stickstoff- und Energieinputs)?

Der im Netzwerk der Pilotbetriebe gewählte transdisziplinäre Forschungsansatz war in den untersuchten Milchvieh- und Marktfruchtbetrieben erfolgreich. Der Forschungsansatz sollte auf andere Produktionsrichtungen (z. B. Feldgemüse, Schweine- und Geflügelhaltung) übertragen werden. Möglicherweise sind die systembedingten Unterschiede in der Schweine- und Geflügelhaltung zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft stärker ausgeprägt als in der flächengebundenen Milchviehhaltung. Hierzu sollten auch andere regionale Cluster mit anderen Boden-und Klimabedingungen gewählt werden, z. B. viehstarke Regionen mit Veredlungsbetrieben und Börderegionen mit spezialisierten Marktfrucht- und Gemüsebaubetrieben.

Der Forschungsansatz sollte zudem von der betriebliche Ebene auf die regionale Ebene und ganze Wertschöpfungsketten erweitert werden. Betriebliche Umweltwirkungen und Treibhausgasbilanzen sind für Verbraucher weniger interessant als Produktökobilanzen (z. B. ein Produkt-Carbon-Footprint). Zwar gibt es bereits zahlreiche Produktökobilanzen und Umwelterklärungen, z. B. von Verarbeitern ökologischer Produkte, allerdings sollte die Datenbasis zur landwirtschaftlichen Produktion deutlich verbessert werden, was mit den im Netzwerk der Pilotbetrieben entwickelten Methoden gelingen kann. Unmittelbar in Vorbereitung ist an der TU München ein entsprechendes Forschungsprojekt zu Umwelt- und Klimawirkungen in der Wertschöpfungskette Milch und Milchprodukte, das direkt auf den methodischen Ansätzen des Netzwerks der Pilotbetriebe aufbaut. Ziel ist es hierbei, alle relevanten Energieinputs und THG-Emissionen in der Wertschöpfungskette zu quantifizieren (also auch Transporte, Verarbeitung, Handel einzubeziehen), um vollständige Produkt-Ökobilanzen zu erstellen. Im zweiten Schritt wird es darum gehen, unter Nutzung neuer Technologien und Einbindung aller Akteure, den Einsatz fossiler Energie sukzessive zu senken und zunehmend regenerative Energie einzusetzen, die Möglichkeiten zur THG-Minderung zu nutzen und die C-Sequestrierung zu stärken.

Zur nachhaltigen Intensivierung und Ertragssteigerung von Pflanzenbausystemen wurden an der TU München – ausgehend von den Ergebnissen des Netzwerks der Pilotbetriebe – Dauerfeldexperimente angelegt, in denen die Langzeitwirkungen verschiedener Betriebssysteme (Marktfruchtbau, Gemischtbetriebe mit Milchviehhaltung mit Gülle oder Stallmist, Biogassysteme) hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die Erträge, die Produktqualität, den Boden (Bodeneigenschaften und -prozesse, z. B. Humus- und Nährstoffdynamik) analysiert werden. Unter experimentellen Bedingungen können in diesen Versuchen nicht nur Stoff- und Energiebilanzen (nach gleichen Methoden wie in den Pilotbetrieben) berechnet werden

(Bryzinski, 2020), sondern Ammoniak- und Lachgasflüsse sowie die Boden-C- und N-Dynamik gemessen werden (Mösl et al., 2021; Winkhart et al., 2021). Ein Schwerpunkt der Untersuchungen ist die Analyse der Langzeitentwicklung der Erträge und Produktqualität in unterschiedlichen Anbausystemen bei unterschiedlicher Düngungs- und Produktionsintensität (analog zu den Pilotbetrieben).

Die praxisbezogenen Ergebnisse, insbesondere die neu entwickelten und erprobten Beratungsansätze und Beratungsinstrumente sind in der Betriebsberatung des ökologischen und konventionellen Landbaus umfassend nutzbar. Damit können für die Betriebsberatung neue Beratungsfelder (z. B. Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsberatung) erschlossen werden. Die Ergebnisse können dazu beitragen, Verbraucher besser über Klimaschutz und Nachhaltigkeit der Landwirtschaft zu informieren und das Vertrauen in nachhaltig erzeugte landwirtschaftliche Produkte, speziell Erzeugnisse aus der ökologischen Landwirtschaft, zu stärken. Für die gesamte Biobranche, die Verbraucher und die Agrar-Umweltpolitik ist es wichtig zu wissen, wie klimafreundlich Ökobetriebe wirtschaften, welche Möglichkeiten zum Klimaschutz bestehen und wie noch bestehende Optimierungspotenziale genutzt werden können. Mit den Projektergebnissen wird somit ein Beitrag geleistet, die Rahmenbedingungen für die Ausdehnung einer nachhaltigen Landwirtschaft zu verbessern, bedeutsame Wissens- und Erfahrungslücken für nachhaltige Wirtschaftsformen zu schließen und damit die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.

6.4 Literatur

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

Frank H (2014) Entwicklung und Anwendung eines Modells zur Energie- und Treibhausgasbilanzierung landwirtschaftlicher Betriebssysteme mit Milchviehhaltung. Dissertation, Technische Universität München

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

Halberg N, Verschuur G, Goodlass G (2005) Farm level environmental indicators; are they useful? An overview of green accounting systems for European farms. Agriculture, Ecosystems and Environment 105:195-212

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

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

Hülsbergen K-J, Diepenbrock W (eds.) (2000) Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau. Schriftenreihe des Universitätszentrums für Umweltwissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Neue Folge, Sonderband 1

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2013) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 412 p, Thünen Rep 8, DOI:10.3220/REP_8_2013

Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2015) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 175 p, Thünen Rep 29, doi:10.3220/REP_29_2015

IPCC (1997) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, Intergovernmental Panel on Climate Change, Paris

Kristensen ES, Halberg N (1997) A systems approach for assessing sustainability in livestock farms. EAAP Publication no. 89:16-29

Kristensen T, Hermansen JE (2002) Concept for farming systems research. DIAS. The Lithuanian Dairy Farms Demonstration Project. 1-15

KTBL (2007) Bewertung Ökologischer Betriebssysteme. Bodenfruchtbarkeit, Stoffkreisläufe, Biodiversität. KTBL Schrift 458

Küstermann B, Kainz M, Hülsbergen K-J (2008) Modelling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. Renewable Agriculture and Food Systems 23:38-52

Küstermann B, Christen O, Hülsbergen K-J (2010) Modelling nitrogen cycles of farming systems as basis of site- and farm-specific nitrogen management. In: Agriculture, Ecosystems & Environment 135: 70-80. DOI: 10.1016/j.agee.2009.08.014

Küstermann B, Munch JC, Hülsbergen K-J (2013) Effects of soil tillage and fertilization on resource efficiency and greenhouse gas emissions in a long-term field experiment in Southern Germany. European Journal of Agronomy 49:61-73

Langeveld JWA, van Keulen H, de Haan JJ, Kroonen-Backbier BMA, Oenema J (2005) The nucleus and pilot farm research approach: experiences from The Netherlands. Agricultural Systems 84:227-252

Lin H-C (2017) Resource-use efficiency of different organic and conventional farming systems: Methodical investigations based on field studies in southern Germany. Dissertation, Technische Universität München. Weihenstephaner Schriften Ökologischer Landbau und Pflanzenbausysteme 4. ISBN: 9783895749193

Mösl T, Schmid H, Hülsbergen K-J (2021) Ertragsrelationen ökologischer und konventioneller Anbausysteme auf Fruchtarten- und Fruchtfolge-Ebene: Ergebnisse eines elfjährigen Dauerfeldversuchs. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 32:66-67

Niggli U (2002) Forschung als Triebfeder für die zukünftige Entwicklung des ökologischen Landbaus. Ökologie & Landbau 123, 3/2002:9-12

Peter J, Schmid H, Schilling R, Munch JC, Stange CF, Hülsbergen K-J (2013) Messung und Modellierung von Treibhausgasflüssen auf Versuchsflächen. In Hülsbergen K-J, Rahmann G (Hrsg.): Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Rep. 8: 121-134

Refsgaard K, Halberg N, Kristensen ES (1998) Energy Utilization in Crop and Dairy Production in Organic and Conventional Livestock Production Systems. Agricultural Systems 57:599-630

Siebrecht N, Schmid H (2020) Implementation of the concept of sustainable intensification to a real farm – Was its development over 17 years a sustainable intensification? International Journal of Agricul-tural Sustainability 8:151-171. doi.org/10.1080/14735903.2020.1743073

Winkhart F, Schmid H, Hülsbergen K-J (2021) Wirkungen von Zwischenfrucht, Bodenbearbeitung und Gärrestdüngung auf Lachgasemissionen im ökologischen Maisanbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 32:84-85