



CO₂-Endbericht Ressourcenprojekt «AgroCO₂ncept Flaachtal»

Esther Thiébaud, Dominic Hafner, Sofies/dss⁺
Sibyl Huber, Gianluca Giuliani, Flury & Giuliani GmbH
Toni Meier, Verein AgroCO₂ncept
Cecil Ringger, Martin Stüssi, Frank Liebisch, Jens Leifeld, Agroscope
Hansruedi Oberholzer, ehem. Agroscope
Cordelia Kreft, Robert Huber, Robert Finger, ETH Zürich
Martin Bertschi, Josias Meili, Strickhof
Christoph Koller, ZHAW
Volker Kromrey, Antje Reich, Bodensee-Stiftung

Zürich, 22. Mai 2023



Verantwortliche Autoren:

dss⁺ (Sofies-Emac AG)

Wildbachstrasse 46, 8008 Zürich

+41 44 380 31 42

esther.thiebaud@consultdss.com

dominic.hafner@consultdss.com

Flury&Giuliani GmbH

Sonneggstr. 30, 8006 Zürich

+41 44 252 11 34

sibyl.huber@flury-giuliani.ch

gianluca.giuliani@flury-giuliani.ch

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Einleitung	3
1.1 Projektziele	3
1.2 Gegenstand des Berichts	4
2 Ablauf und Methoden	5
2.1 Projektgrundsätze	5
2.2 Prozess	5
2.3 Bilanzierungen mit ACCT.....	7
2.4 Beratungen	8
2.4.1 Gesamtheitliche CO ₂ -Beratungen	9
2.4.2 Fachberatungen	9
2.4.3 Energieberatungen	10
2.5 Information und Kommunikation.....	11
2.6 Massnahmen	13
2.7 Veränderung der Betriebsstruktur	15
2.8 Indikatoren der Zielerreichung.....	15
3 Projektregion	18
3.1 Betriebe.....	18
3.2 Treibhausgasemissionen.....	20
3.3 Naturräumliche Rahmenbedingungen.....	22
3.3.1 Topografie	22
3.3.2 Bodeneigenschaften	22
3.3.3 Klimatische Bedingungen	23
4 Wirkungsziele	26
4.1 Reduktion der Treibhausgase auf regionaler Ebene	26
4.2 Reduktion der Treibhausgase auf Betriebsebene.....	27
4.3 Reduktion der Treibhausgase auf Betriebszweigebe.....	31
4.3.1 Betriebszweig Ackerbau	32
4.3.2 Betriebszweig Milchproduktion	35
4.3.3 Betriebszweig Rindermast/Mutterkuhhaltung	37
4.4 Massnahmenumsetzung.....	41
4.5 Kontrolle der Massnahmenumsetzung.....	44
4.6 Kosten der Massnahmenumsetzung	44
4.7 Beibehaltung der Wirkung.....	47
5 Lernziele	49
5.1 Potenzial von Massnahmen	49
5.1.1 Reduktionspotenzial von Massnahmen	49
5.1.2 Akzeptanz von Massnahmen	53
5.1.3 Wirtschaftlichkeit von Massnahmen	55
5.1.4 Resilienz von Massnahmen	57

5.1.5	Synthese	58
5.2	Potenzial von Bilanzierungen	73
5.3	Wirkung von Beratungen	75
6	<i>Begleitforschung</i>	77
6.1	Sozio-ökonomische Determinanten des Klimaschutzes	77
6.1.1	Einleitung und Ziele	77
6.1.2	Methodik	77
6.1.3	Resultate	78
6.1.4	Diskussion	79
6.1.5	Ausblick	80
6.2	Humusaufbau und C-Speicherung	80
6.2.1	Einleitung und Ziele	80
6.2.2	Methodik	81
6.2.3	Resultate	82
6.2.4	Diskussion	84
6.2.5	Ausblick	85
6.3	Optimierung der Stickstoffdüngung	85
6.3.1	Einleitung und Ziele	85
6.3.2	Methodik	86
6.3.3	Resultate und Diskussion	87
6.3.4	Fazit und Ausblick	89
7	<i>Schlussfolgerungen</i>	91
7.1	Projektfazit	91
7.2	Umsetzung von klimaschonender Landwirtschaft	95
7.3	Förderung von klimaschonenden Produktionssystemen	96
7.4	Handlungsbedarf	97
7.4.1	Konkrete Handlungsfelder für den Bund und Kanton Zürich	97
7.4.2	Handlungsbedarf für Forschung, Bildung, Kommunikation und Vermarktung	98
8	<i>Literaturverzeichnis</i>	100
9	<i>Anhang</i>	102
9.1	Kennzahlen der Bilanzierungen pro Betrieb	103
9.2	Massnahmenumsetzung pro Betrieb	104
9.3	Kontrollhandbuch und Checkliste	105
9.4	Kosten des Gesamtprojektes	111
9.5	Kosten der Massnahmenumsetzung	112
9.6	Wirkung von Massnahmen auf zwei Beispielbetrieben	114
9.7	Kosten und Einnahmen ausgewählter Massnahmen	120
9.8	Strategien für mehr Resilienz auf zwei Beispielbetrieben	121

Zusammenfassung

Die Landwirtschaft ist schweizweit für rund 14 % der Treibhausgas (THG)-Emissionen verantwortlich. Die Wirksamkeit von Massnahmen, die THG reduzieren, ist in der Praxis noch kaum erprobt und Erfahrungswerte zur Umsetzbarkeit fehlen.

Hier setzt das Projekt AgroCO₂ncept an: 24 Landwirt/innen im Zürcher Flaachtal haben sich seit 2012 im Verein AgroCO₂ncept zusammengeschlossen, um auf ihren Betrieben den Weg in eine klimaschonende und ressourceneffiziente Landwirtschaft aufzuzeigen und praktisch umzusetzen. Im Rahmen des Ressourcenprojekts wird das Wirkungsziel verfolgt, die THG-Emissionen um 20% zu reduzieren und gleichzeitig Kosten durch Einsparungen und Effizienzsteigerung zu senken. Das Vorgehen erfolgt durch einen iterativen Prozess von betriebspezifischen THG-Bilanzierungen, Fachberatungen und der Umsetzung von Massnahmenbündeln. Durch die Erkenntnisziele soll Wissen zur praktischen Umsetzung und Förderung von klimaschonender Landwirtschaft gewonnen werden.

Zwischen 2015 (Jahr der Erstbilanzierung) und 2021 (Jahr der Drittbilanzierung) stiegen die jährlichen, absoluten THG-Emissionen der beteiligten Betriebe in der Projektregion um **48 t CO₂eq**, das heisst um **1%**, an. Korrigiert um die Emissionen, die durch strukturelle Wachstumsprozesse der Betriebe entstanden, konnte jedoch eine Reduktion der jährlichen Emissionen von **308 t CO₂eq**, bzw. **minus 5%** durch eine klimafreundlichere landwirtschaftliche Praxis erreicht werden. Die THG-Einsparungen, bzw. zusätzlichen Emissionen pro Betrieb im Vergleich zum Jahr 2015, variieren zwischen -47% und +97%, respektive minus 47% und plus 45% korrigiert um Wachstumseffekte. 10 Betriebe konnten ihre Emissionen reduzieren, 2 davon über 10% und 3 davon über 20% (Abbildung 10). Unter Berücksichtigung der Wachstumseffekte konnten 13 Betriebe ihre Emissionen reduzieren, 5 davon über 10% und 2 davon erreichten das Reduktionsziel von -20% des THG-Ausstosses gegenüber 2015 (Abbildung 11).

Auf Betriebszweigebene hat sich gezeigt, dass sich die THG-Intensität (THG-Emissionen pro Produkteinheit) vieler Betriebe verbesserte. Im Ackerbau konnten 8 von 17 Betrieben ihre THG-Intensität gegenüber 2015 verbessern, 7 davon um über 20%. In der Milchproduktion reduzierten 9 von 10 Betrieben ihre THG-Intensität zwischen 1% und 16% und in der Rindermast/Mutterkuhhaltung 5 von 6 Betrieben zwischen 5% und 11% (Abbildungen 14, 17 und 20).

Die Akzeptanz und Umsetzung von Massnahmen wird beeinflusst vom Reduktionspotential, der Wirtschaftlichkeit, klimatischen und ökonomischen Rahmenbedingungen, Erfahrungen anderer Betriebsleitender, positiven Nebeneffekten sowie strategischen Überlegungen zur Weiterentwicklung eines Betriebs. Ein zentraler Erfolgsfaktor für die Reduktion von THG ist die Motivation der Betriebsleitenden, sich mit dem Klimaschutz auseinanderzusetzen (die «Klimabrille» aufzusetzen) und ihren Betrieb mittelfristig auch bei Rückschlägen klimafreundlich weiterzuentwickeln. Kurzfristig konnten durch die Optimierung der Düngung (insbesondere durch die Reduktion von synthetischem Dünger) und die THG-arme Futterbereitstellung (insbesondere durch die Reduktion von Kraftfutter) die grössten THG-Einsparungen erzielt werden. Umstellungen in der Herdenführung sowie im Hofdüngermanagement können ebenfalls zu grossen Einsparungen führen, sind jedoch in der Umsetzung oft zeit- bzw. kostenintensiv. Insgesamt wurde die Massnahmenumsetzung mit Fördermitteln im Rahmen von 643'722 CHF (Anhang 9.5) unterstützt, dies bei einem Gesamtbudget von 1'953'658 CHF (Anhang 9.2).

Die wissenschaftliche Begleitforschung zu den sozio-ökonomischen Determinanten des Klimaschutzes ergab, dass zur Förderung von landwirtschaftlichem Klimaschutz die Selbsteinschätzung der Landwirt/innen als zentrale Akteure im Klimaschutz gestärkt und der Wissensaustausch zwischen Landwirt/innen unterstützt werden sollte (Kapitel 6.1). Die Ergebnisse der Forschungsarbeit zum Humusaufbau und C-Speicherung durch die Zugabe von Pflanzenkohle zeigten in den ersten beiden Beprobungen statistisch signifikante Änderungen der C_{org} -Vorräte auf drei von fünf Betrieben. Die Analyse der dritten Proben steht noch aus (Kapitel 6.2). Das dritte Forschungsprojekt hat eine Methode der standortangepassten Stickstoff(N)-Düngung aus den Düngerichtlinien (die *Methode der korrigierten Norm*) erstmals anhand von Praxisdaten im Hinblick auf ihr N- und THG-Einsparpotenzial evaluiert. Dazu wurde ein Excel-Tool entwickelt, das die Düngeplanung weitgehend automatisiert, bzw. vereinfacht. Die Auswertung der Düngepläne zeigt, dass eine Umstellung der aktuellen Düngung auf die korrigierte Norm die Klimabilanz auf einigen Betrieben verbessern könnte, jedoch nicht auf allen – was den Nutzen betriebsspezifischer Massnahmensets bestätigt. Neben dem Potenzial der Methode wurden auch aktuelle Limitationen und Verbesserungsmöglichkeiten erarbeitet (Kapitel 6.3).

Auch wenn die Wirkungsziele nur auf wenigen Betrieben wie geplant erreicht wurden, hat das Projekt eine wichtige Grundlage zum Know-how-Aufbau von klimaschonender Landwirtschaft erarbeitet.

1 Einleitung

1.1 Projektziele

Die Landwirtschaft wird schweizweit für rund 14% der Treibhausgasemissionen verantwortlich gemacht (BAFU, 2022). Angesichts der gegenwärtig intensiv geführten Klimadebatte und der ambitionierten Reduktionsziele der Schweiz wird die Landwirtschaft in Zukunft eine zentrale Rolle im Klimaschutz einnehmen müssen. In der Theorie verfügt die Landwirtschaft über ein bedeutendes Potenzial zur Reduktion von Treibhausgasen (THG) sowie zur langfristigen Bindung von Kohlenstoff aus CO₂ in Böden. In der Praxis ist die Wirksamkeit der Massnahmen jedoch kaum erprobt und Erfahrungswerte zur Umsetzbarkeit fehlen.

Vision des Vereins AgroCO₂ncept: klimaschonende Landwirtschaft

Um diese Lücke zu schliessen, haben sich seit 2012 mittlerweile 24 Landwirt/innen im Zürcher Flaachtal zum Verein AgroCO₂ncept zusammengeschlossen. Auf ihren Betrieben wollen sie den Weg in eine klimaschonende und ressourceneffiziente Landwirtschaft aufzeigen und praktisch umsetzen. Das zentrale Anliegen des Vereins ist, die THG-Emissionen auf den Betrieben zu senken, CO₂ zu speichern, und mit den gesammelten Erfahrungen einen Beitrag zum Klimaschutz in der gesamten Schweiz zu leisten.

Zielformel «20/20/20»

Der Verein AgroCO₂ncept verfolgt drei Ziele, die durch die Zielformel «20/20/20» umschrieben werden: 20% weniger THG-Emissionen durch die Einsparung von Ressourcen, die Speicherung von CO₂ sowie die Produktion erneuerbarer Energie, 20% weniger Ausgaben durch Kostenreduktion und Effizienzsteigerung auf der Produktionsseite und 20% mehr Wertschöpfung durch den Wissenstransfer, den Verkauf von Produkten aus klimaschonender Produktion sowie den Imagegewinn für die Landwirt/innen und die Region.

Wirkungsziel: 20% Reduktion der THG-Emissionen

Im Rahmen des Ressourcenprojektes «AgroCO₂ncept Flaachtal» werden die ersten zwei Ziele verfolgt. Als primäres Wirkungsziel im Projektgebiet wird die Reduktion der THG-Emissionen der beteiligten Betriebe um 20% angestrebt. Durch einen iterativen Prozess von Bilanzierungen der betriebsspezifischen Emissionen, Fachberatungen und der Umsetzung von Massnahmenpaketen sollen die Reduktionspotenziale auf den Betrieben ausgeschöpft und die THG-Emissionen reduziert werden. Ein Teil der Massnahmen zur Reduktion der THG werden durch das Ressourcenprojekt finanziert, für die übrigen ergeben sich andere Finanzierungsmöglichkeiten oder sie werden ohne finanzielle Unterstützung umgesetzt.

Lernziele für erweiterten Wissensgewinn

Neben dem Wirkungsziel werden im Ressourcenprojekt auch Lernziele verfolgt, deren Erreichung einen Wissensgewinn über das Projekt und die Region hinaus generieren sollen. Einerseits soll die Wirkung und Praxistauglichkeit verschiedener Massnahmen zur Reduktion von THG in der Landwirtschaft abgeschätzt werden, andererseits soll

aber auch die Umsetzungsbereitschaft der Betriebsleitenden sowie ökonomische und soziale Hemmnisse untersucht werden. Dabei soll auch aufgezeigt werden, welche Vorteile der betriebsspezifische Ansatz mit individuell angepassten Massnahmenkatalogen gegenüber einer Förderung von Einzelmassnahmen mit sich bringt. Andererseits soll der gesamte Prozess evaluiert werden. Das Projekt soll aufzeigen, ob und wie im Zusammenspiel von Bilanzierungen, intensiver Beratung und der Massnahmenumsetzung die gewünschten Ziele eines integralen, landwirtschaftlichen Klimaschutzes erreicht werden können. Zudem soll dokumentiert werden, welche Schritte besonders wichtig sind und wo Optimierungsbedarf besteht. Insgesamt sollen daraus Erkenntnisse für Landwirte/innen zur praktischen Umsetzung von klimaschonender Landwirtschaft und für die Agrarpolitik zur Definition und Förderung von klimaschonenden Produktionssystemen erzielt werden. Die Erreichung dieser Lernziele wird durch die Arbeit von drei Begleitforschungsgruppen unterstützt.

1.2 Gegenstand des Berichts

Stand der Zielerreichung, Erkenntnisse aus dem Gesamtprojekt

Der vorliegende CO₂-Schlussbericht fasst die Resultate und Erkenntnisse des Projektes zusammen. Insbesondere wird aufgezeigt, welche Wirkungen die umgesetzten Massnahmen seit dem Start des Ressourcenprojektes im Jahr 2016 in der Projektregion erzielt haben, welche Erkenntnisse zur Umsetzung und Förderung einer klimaschonenden Landwirtschaft gewonnen werden konnten und wie diese zur praktischen Umsetzung von klimaschonender Landwirtschaft und für die Agrarpolitik zur Definition und Förderung von klimaschonenden Produktionssystemen genutzt werden können.

In Kapitel 2 werden die einzelnen Schritte im Projektablauf vorgestellt und die Methodik zur Berechnung der Reduktionsleistungen der Betriebe beschrieben. In Kapitel 3 werden die involvierten Betriebe charakterisiert, die THG-Emissionen beim Start des Projektes aufgezeigt und die naturräumlichen Rahmenbedingungen im Flaachtal beschrieben. Kapitel 4 zeigt die Resultate der verschiedenen Bilanzierungen und der Massnahmenumsetzung und damit den Zielerreichungsgrad des Wirkungszieles. Kapitel 5 beschreibt den Erkenntnisgewinn bezüglich der Lernziele und Kapitel 6 widmet sich den Resultaten aus der Begleitforschung. Kapitel 7 rundet den Bericht mit zusammenfassenden Schlussfolgerungen ab.

2 Ablauf und Methoden

2.1 Projektgrundsätze

Rahmenbedingungen für die Zielerreichung

Das Projekt AgroCO₂ncept verfolgt konsequent eine Bottom-up-Strategie und hat die Zielformel, den Projektansatz und die Massnahmen zusammen mit den beteiligten Betrieben entwickelt. Um den Bezug zur praktischen Umsetzung sicherzustellen, wurden folgende Projektgrundsätze festgelegt, die als Rahmenbedingungen für die Zielerreichung gelten:

- Das Klimaschutzpotenzial der Landwirtschaft wird mit Hilfe von bereits heute realisierbaren Massnahmen ausgeschöpft.
- Die Betriebe werden in ihrer Gesamtheit betrachtet und für jeden Betrieb wird eine individuelle Auswahl von Tätigkeiten aus dem Massnahmenkatalog getroffen, um den betrieblichen Klimaschutz zu stärken.
- Die Teilnahme eines landwirtschaftlichen Betriebes ist unabhängig vom Betriebssystem (konventionell, biologisch usw.), von den Betriebszweigen (Ackerbau, Tierhaltung usw.) und dem individuellen Startpunkt (hoher/niedriger THG-Ausstoss usw.).
- Die THG-Einsparungen sollen nicht auf Kosten der Produktivität und des landwirtschaftlichen Einkommens erfolgen. Das Ziel ist, das gegenwärtige Produktionsportfolio zu erhalten und die von den Konsument/innen nachgefragten landwirtschaftlichen Güter weiterhin zu produzieren. Dies impliziert, dass die Emissionsreduktionen primär durch die Optimierung der bestehenden Produktionsstrukturen über technische und organisatorische Massnahmen erreicht werden sollen.

2.2 Prozess

Iteratives Vorgehen zur Zielerreichung

Das im AgroCO₂ncept gewählte iterative Vorgehen zur Zielerreichung besteht aus den drei Schritten Bilanzierung, Beratung und Umsetzung (Abbildung 1). Im Rahmen eines Pilotprojektes, welches zwischen 2011 und 2015 stattfand, wurden diese Schritte mit 12 Betrieben entwickelt, durchlaufen, evaluiert und angepasst. Im anschliessenden Ressourcenprojekt sind zwischen 2016 und 2021 für 21 Betriebe (vgl. Kapitel 3.1) drei vollständige Bilanzierungen und drei Beratungsrunden durchgeführt worden. Der vorliegende Bericht bezieht sich auf die Periode 2016 bis 2021.

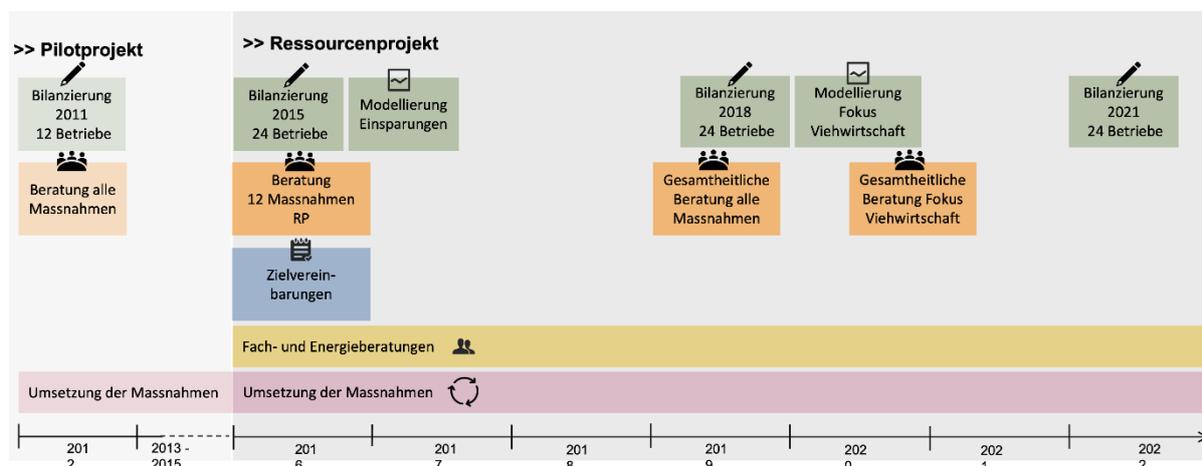


Abbildung 1. Iteratives Vorgehen mit Bilanzierungen (grün), Beratungen (orange), Zielvereinbarung (blau) und Massnahmenumsetzung (rosa) im Pilotprojekt (2011-2015) und Ressourcenprojekt (RP) (2016-2021). Zur Unterstützung der Massnahmenumsetzung fanden während der gesamten Projektdauer Fach- und Energieberatungen (gelb) statt.

**Drei Schritte:
Bilanzierung,
Beratung, Um-
setzung**

In einem ersten Schritt des Ressourcenprojektes erfolgte, basierend auf einer umfassenden Datenerhebung, eine Bilanzierung der betriebspezifischen THG-Emissionen rückwirkend auf das abgeschlossene Betriebsjahr 2015 (Kapitel 2.3). Die Erstabilanzierung der THG-Emissionen, Kohlenstoffspeicherung unterschiedlicher Landnutzungen und Energieeffizienz diente der Bestimmung des betriebspezifischen Ist-Zustandes und dem Aufzeigen eines Soll-Zustandes bezüglich der Einsparung von 20% THG-Emissionen. Anhand der vorliegenden Resultate wurde in einer gesamtheitlichen Beratung mit jedem/r Betriebsleitenden eine individuelle Standortbestimmung vorgenommen. Im Gespräch wurde diskutiert, welche Massnahmen für den Betrieb relevant und welche für den/die Betriebsleitende/n interessant sind, und schliesslich, welche umgesetzt werden. Nach Wunsch der Betriebsleitenden wurden zusätzlich spezifische Fachberatungen zur Umsetzung einzelner Massnahmen vorgenommen (Kapitel 2.4). Basierend auf dem gewählten Massnahmenset wurde eine Zielvereinbarung formuliert, welche die Basis der Umsetzungskontrolle darstellt. Der Fokus der Massnahmen für die Zielvereinbarung sind die 12 vom Ressourcenprojekt finanzierten Massnahmen (Kapitel 2.5). Mit Hilfe des Bilanzierungstools wurde das Emissionsreduktionspotenzial der gewählten Massnahmen auf dem Betrieb modelliert.

Nach einer Massnahmenumsetzungsphase erfolgte eine zweite Bilanzierung des Betriebsjahres 2018. Die zweite Bilanzierung diente einerseits der Wirkungskontrolle der ersten Massnahmenrunde und andererseits der Zusammenstellung eines weiteren Massnahmenpakets, um weitere Emissionsminderungen zu erreichen. Nach einer zweiten Massnahmenumsetzungsphase erfolgte eine dritte Bilanzierung über das Betriebsjahr 2021, um die Wirkung aller umgesetzten Massnahmen im Ressourcenprojekt zu überprüfen. Eine weitere Bilanzierung des Betriebsjahres 2023 nach Ende der Projektlaufzeit dient zudem der Überprüfung der längerfristigen Zielerreichung.

2.3 Bilanzierungen mit ACCT

Kostenloses, Excel-basiertes Tool zur einzelbetrieblichen Bilanzierung

Als Bilanzierungsinstrument diente das von der Firma Solagro entwickelte und auf Excel basierende AgriClimateChange-Tool (ACCT). Mit ACCT können Energieverbräuche, THG-Emissionen und die Kohlenstoffspeicherung von landwirtschaftlichen Betrieben erfasst und bewertet werden. Das Tool wurde seit 1999 kontinuierlich zur heutigen Software weiterentwickelt, unterliegt keinen Lizenzgebühren und ist auf jedem Computer einsetzbar. Die Berechnungen sind komplex, aber durch den formelbasierten Aufbau transparent und nachvollziehbar. Ungeschulte Anwender/innen, unter anderem auch die involvierten Betriebsleitenden, nehmen das Tool durch die grosse Datenmenge und die komplexen Zusammenhänge oft als unübersichtlich wahr. Eine selbstständige Nutzung seitens der Landwirte/innen empfiehlt sich entsprechend nicht und Anwender/innen sollten in die Datenaufnahme, -auswertung, und -interpretation mit ACCT eingewiesen werden. Im Projekt AgroCO₂ncept werden die Bilanzierungen mit ACCT von der Bodensee-Stiftung durchgeführt.

Input: Betriebs- und Produktionsdaten

ACCT kann für alle Anbaurichtungen und -bedingungen in Europa genutzt werden, wobei immer einzelbetriebliche Bewertungen durchgeführt werden. Die Datenerfassung und -beurteilung berücksichtigt jeweils das zurückliegende Produktionsjahr. Als Input dienen Betriebs- und Produktionsdaten wie Anbau-, Dünge- und Spritzpläne, Tierbestand, betriebswirtschaftliche Unterlagen sowie Rechnungen für Treibstoff, Strom, Rohstoffe und andere Produkte. Sofern vorhanden, werden zusätzliche Informationen beigezogen, z.B. aus Humusbilanzen.

Output: THG-Bilanz gesamtbetrieblich und nach Betriebszweigen aufgeteilt, Energiebilanz

Die Bilanzierung zeigt als Output die betrieblichen Posten (z.B. Kraftstoff, Strom, Dünger) und deren Energieaufwand im Verhältnis zur Energieentnahme (Energiebilanz) und konkretisiert diese für einzelne Betriebszweige (Tierhaltung, Ackerbau, Weinbau usw.). Des Weiteren werden die anfallenden THG-Emissionen dargestellt (gesamtbetrieblich sowie entsprechend der Betriebszweige). Es wird zudem berechnet, über welche Senken zur Kohlenstoffspeicherung der Betrieb verfügt (Treibhausgasbilanz). Die Ergebnisse der Energiebilanz sowie der Treibhausgasbilanz werden in Bezug zu verschiedenen Zielgrössen gesetzt (Produkteinheit, landwirtschaftliche Nutzfläche, GVE). ACCT errechnet weiter eine betriebliche Stickstoffbilanz, welche eine erste Einschätzung der Gesamtdüngebilanz erlaubt und auf deren Basis die Emissionen der Böden berechnet werden. Mit Hilfe der Bilanzierung wird deutlich, dass oft verschiedene, sich ergänzende Massnahmen notwendig sind, um Energieverbrauch und THG-Emissionen zu senken.

Systemgrenze: Landwirtschaftliche Produktion inklusive Vorleistungen

Die Bilanz beschränkt sich auf die Emissionen der landwirtschaftlichen Produktion und ihrer Vorleistungen. Emissionen, die in der Landwirtschaft vorgelagerten Bereichen, z. B. in der Herstellung und dem Transport von Produktionsmitteln oder der Aufzucht von Tieren, entstehen, werden im ACCT erfasst. Im Gegensatz dazu werden Emissionen in der nachgelagerten Wertschöpfungskette, z.B. in der Verarbeitung, Veredelung oder dem weiteren Transport der landwirtschaftlichen Produkte nicht erhoben. Ausserdem wird die Kohlenstoff-Speicherleistung nur für landwirtschaftliche Flächen ausgewiesen. Waldflächen, die im Besitz eines Betriebes sind, fliessen nicht in die Bilanz mit ein.

Diese Flächen werden als Kohlenstoffsinken im kantonalen und nationalen Waldinventar ausgewiesen. Von der landwirtschaftlichen Bilanz getrennt, aber vollumfänglich ausgewiesen, wird die Produktion von erneuerbaren Energien (z.B. Solarthermie, Biogas, Photovoltaik) auf dem Betrieb. Die eingesparten CO₂-Äquivalente werden der/m Verbraucher/in gutgeschrieben.

Berechnungen bezüglich C-Sequestrierung weichen von Schweizer THG-Bilanz ab

Die Ergebnisse bezüglich der C- Speicherung im Boden müssen vorsichtig interpretiert werden, weil das Modell in diesem Bereich wesentlich von der Vorgehensweise im Schweizerischen THG-Inventar abweicht. Insbesondere wird im ACCT für die Direktsaat und den Erhalt von Dauergrünland eine C-Speicherung angenommen– zwei Annahmen, die bisher in der Schweiz noch durch keine Studien untermauert werden konnten.

Einzelne Massnahmen können nicht abgebildet werden

Einige wenige Massnahmen aus dem Massnahmenkatalog (Kapitel 2.5) können im ACCT nicht oder nicht direkt abgebildet werden. Aufgrund fehlender wissenschaftlicher Grundlagen kann die Wirkung einiger Massnahmen zur C-Sequestrierung (z.B. Humusaufbau durch Kompost, Einbringung von Pflanzenkohle, Bewirtschaftung der Ernterückstände) noch nicht im ACCT abgebildet werden (vgl. auch Kapitel 4.3.1 und 5.1.1). Für die Massnahmen zur Abdeckung der Güllebehälter wurde die Lachgasreduktion mittels der Anwendung "Agrammon4" berechnet und in ACCT übernommen. Bei zwei weiteren Massnahmen zur Ammoniakminderung im Stallbereich (Kühleres Stallklima, Reduktion verschmutzter Flächen) ist die Wirkung zu wenig gesichert, so dass keine Werte vorliegen. Die Reduktion der grauen Energie durch Rückführung und Recycling von Abfällen wird im ACCT nicht berücksichtigt. Die Grössenordnung der betrieblichen Energieeinsparungen und THG-Reduktionen werden dadurch jedoch nicht massgeblich beeinflusst.

Annahmen in der Massnahmenmodellierung erfordern Verifizierung der Wirkung in der Praxis

Durch die gezielte Veränderung von einzelnen Parametern kann mit dem Tool die Wirkung von Massnahmen simuliert werden. Diese Wirkung hängt aber vom jeweiligen Betriebssystem und der Interaktion mit anderen Massnahmen ab. Ausserdem werden in der Modellierung verschiedene Annahmen getroffen, die in der Realität nicht gegeben sind. Beispielsweise werden die Erträge der Ackerkulturen als konstant angenommen, da die Witterungsverhältnisse von zukünftigen Jahren nicht vorausgesehen werden kann. Für andere Massnahmen werden Wirkungen grob abgeschätzt und im ACCT eingegeben. So wird in der Modellierung z.B. angenommen, dass eine regelmässige Wartung der Maschinen den Treibstoffverbrauch um 10% senken kann. Aus diesen Gründen muss die modellierte Wirkung immer in der Praxis verifiziert werden (vgl. Kapitel 5.1.1).

2.4 Beratungen

Im Projekt AgroCO₂ncept wurden drei Arten von Beratungen durchgeführt: Gesamtheitliche CO₂-Beratungen durch die Bodensee-Stiftung zusammen mit der Koordinationsstelle des Projektes, Fachberatungen zu spezifischen Massnahmen durch Fachpersonen des Strickhofes sowie Energieberatungen durch die ZHAW.

2.4.1 Gesamtheitliche CO₂-Beratungen

Gesamtheitliche CO₂-Beratungen zur Identifikation von prioritären Massnahmen

In den gesamtheitlichen Beratungen wurden zusammen mit dem/der Landwirt/in die grössten THG-Quellen und Einsparpotenziale auf dem jeweiligen Betrieb bestimmt. Während eines Betriebsbesuches wurden die ACCT-Ergebnisse mit dem/der Betriebsleitenden diskutiert, Betriebsabläufe und eigene Erfahrungen besprochen und daraus resultierende Einsparpotenziale abgeleitet. Die Beratungen erleichterten den Betriebsleitenden die Auswahl der Umsetzungsmassnahmen und gaben ihnen einen Überblick darüber, welche Massnahmen prioritär angegangen werden sollten, bereits umgesetzt wurden oder nicht umgesetzt werden. Dabei wurde die individuelle Ausgangslage der Betriebe berücksichtigt, welche je nach Produktionsschwerpunkt, Betriebskonzept, Lage, Ausstattung usw. bezüglich Emissionen von THG und Energieeinsatz sehr unterschiedlich sein kann. Der/die Betriebsleiter/in konnte diejenigen Massnahmen frei auswählen, die explizit zum Betriebskonzept und der individuellen Ausgangslage passten. Die geeignetsten Massnahmen wurden in einem Massnahmenplan festgehalten. Das Einsparpotenzial einzelbetrieblicher Massnahmen wurde sofern möglich (vgl. Kapitel 2.3) mit ACCT berechnet.

Zwei Beratungsrunden seit 2016, erste mit Fokus auf 12 Massnahmen, zweite auf 39 Massnahmen

Die erste CO₂-Beratung im Ressourcenprojekt fokussierte auf die 12 unterstützten Massnahmen des Ressourcenprojektes (Kapitel 2.5). Entsprechend lag auch der Fokus der anfänglichen Umsetzung auf diesem kleinen Set an Massnahmen aus dem Gesamtkatalog. Mit der Modellierung der ausgewählten Massnahmen (Soll-Zustände) der beteiligten Betriebe wurde 2017/18 allerdings klar, dass die Emissionsminderungen auf den meisten Betrieben nicht ausreichen würden, um das 20%-Ziel auch nur annähernd zu erreichen. Um ein weiteres Engagement, gesamtbetriebliche Strategien und die Umsetzung weiterer Massnahmen anzuregen, wurde deswegen anfangs 2019 bei allen Betrieben eine weitere gesamtheitliche Beratung durchgeführt. In dieser Beratung wurden alle 39 Massnahmen berücksichtigt (vgl. Abbildung 1). Nach der zweiten Bilanzierung wurde ersichtlich, dass insbesondere in den tierhaltenden Betrieben die Einsparungen weiterhin gering waren. Es erfolgte deshalb eine weitere Beratungsrunde mit diesen Betrieben.

2.4.2 Fachberatungen

Fachberatungen zur Umsetzung von spezifischen Massnahmen

Um die Landwirt/innen bei der konkreten Umsetzung der Massnahmen zu unterstützen, wurden zusätzlich massnahmenspezifische Beratungsdienstleistungen durch entsprechende Fachpersonen vom Strickhof angeboten. Je nach Themengebiet wurden einzelne Betriebsleitende besucht oder Gruppen-Workshops für Landwirte/innen mit ähnlicher Produktionsausrichtung durchgeführt. Zusätzlich stehen einige der Landwirt/innen in intensivem und regelmässigem Austausch mit den landwirtschaftlichen Beratern.

Gruppenworkshops: Energieeffizientes Fahren, Düngemanagement, Herdenmanagement, Biogasanlage, Ackerbau

Im Rahmen des Ressourcenprojektes wurden verschiedene Gruppenworkshops durchgeführt. Im Jahr 2017 fand ein Kurs zur energieeffizienten Fahrweise statt. Die Teilnehmenden erfuhren theoretisch und praktisch, wie sie im Betriebsalltag Treibstoff sparen können. Der Kurs wurde von 29 Landwirt/innen besucht. Ende 2018 wurde mit 14 Betriebsleitenden ein Düngeworkshop durchgeführt, in welchem ein von der

Begleitforschung entwickeltes, schlagbezogenes Düngetool vorgestellt wurde. Die landwirtschaftlichen Beratenden unterstützen die Betriebe während der gesamten Projektdauer in der Anwendung dieses Tools. Sie halfen bei der Datenerhebung und -interpretation, um die Düngermenge abschätzen, den Ersatz von Mineraldünger zu evaluieren und daraus eine angepasste Düngeplanung zu erstellen. Im November 2018 besichtigten sieben Landwirt/innen sowie ein Teil der Projektleitung die Biogasanlage und Hackschnitzelfeuerung mit grossem Fernwärmenetz von Agroenergie Schwyz in Seewen. Nach einem Rundgang und Informationen zur Anlage präsentierte Pirmin Reichmuth seine Masterarbeit über eine mögliche Biogasanlage im Flaachtal. Anfang 2019 wurde ein Herdenmanagement-Workshop angeboten, der von acht der zehn Milchviehhalter/innen, sowie einem Mutterkuhhalter besucht wurde. Die Umsetzung der Massnahmen im Bereich Tierhaltung ist auf den teilnehmenden Betrieben besonders komplex (vgl. Kapitel 5.1.5). Im Workshop wurden Themen wie Tiergesundheit, Laktationszahlen, Futterkomponenten, Fütterungsmanagement, Arbeitsabläufe und die Entwicklung von betriebsspezifischen Umsetzungsstrategien besprochen. Im September 2020 fand je ein Workshop zum Thema Ackerbau (acht Teilnehmende) und Viehwirtschaft (fünf Teilnehmende) statt, um die Resultate der Bilanzierungen zu diskutieren. Anfang 2021 wurde in einem Workshop das Thema Biogasanlage erneut aufgegriffen und mit sieben Landwirte/innen vertieft.

50 Einzelberatungen

Zusätzliche betriebsspezifische Herausforderungen und Abläufe wurden in einzelbetrieblichen Fachberatungen besprochen. Unter anderem stellten die Fachberatenden mit dem/der Betriebsleitenden individuelle Pläne für eine klimafreundliche, mehrjährige Fruchtfolge zusammen, passten die Kulturen und Sorten an, optimierten die Herdenführung, die Bodenbearbeitung, die Produktions- und Erntetechnik, sowie den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Seit 2016 wurden insgesamt etwa 50 Einzelberatungen durchgeführt.

2.4.3 Energieberatungen

Individuelle Energieberatung mit gezielten Einzelmessungen, Thermografieaufnahmen und Planung/Bau von Solaranlagen

Auf allen teilnehmenden Betrieben wurde zusätzlich während des Ressourcenprojektes eine individuelle landwirtschaftliche Energieberatung durchgeführt, um Strom- und Energieverbräuche, den Wärmebedarf sowie die Einsparpotenziale noch detaillierter festzustellen. Die Aktivitäten der Energieberatung umfassten unter anderem gezielte Einzelmessungen auf Betrieben (z.B. Nutzung der Abwärme der Milchkühlung, Lastenprofile der Vakuumpumpe der Melkmaschine, Windmessungen zur Potenzialanalyse von Windenergie), die Erstellung von Thermografieaufnahmen und die Planung von betriebsspezifischen Solaranlagen. Die Analysen wurden jeweils interpretiert, mit den Betriebsleitenden diskutiert und Massnahmen wurden abgeleitet.

Auf den Betrieben wiesen Solaranlagen aufgrund des Eigenstrombedarfs und der gleichzeitig grossen Dachflächen auf den Ökonomiegebäuden häufig ein grosses Potential zur Reduktion der Energieverbräuche auf. Da die Ausschöpfung dieses Potentials meist an der Finanzierung scheiterte, wurden im Rahmen der Abklärungen eine Möglichkeit zur Vorfinanzierung entwickelt und diese bei bisher sechs Anlagen umgesetzt. Eine weitere Anlage ist noch in Planung.

Erhöhung der Energieeffizienz auf Betrieben, Sensibilisierung

Insgesamt wurden durch die Aktivitäten der Energieberatung sowohl die Energieeffizienz als auch die Sensibilisierung im Bereich der direkten Energieverbräuche erhöht und konkrete Einsparungen von Energie und CO₂ erreicht. Im ACCT wird allerdings nur die Emissionsreduktion durch den Eigenverbrauch von Solarstrom (oder Solarthermie) verbucht (vgl. Kapitel 2.3). Wird Strom oder Wärme für andere Endverbraucher produziert, wird dies zwar ausgewiesen, die Reduktion der THG aber den Endverbrauchern gutgeschrieben. Im gesamtgesellschaftlichen Kontext oder allenfalls auch situativ ist zu diskutieren, ob und zu welchen Anteilen diese Energie- und Treibhausgaseinsparung den Produzent/innen oder Konsument/innen gutgeschrieben wird. Im Hinblick auf eine zunehmende Elektrifizierung der Mobilität in der Landwirtschaft wird erwartet, dass die Energie der Solaranlagen in den nächsten Jahren an Bedeutung zunimmt.

2.5 Information und Kommunikation

Grosses Interesse der Öffentlichkeit am Projekt, was durch zahlreiche Events, Führungen und Medienbeiträge sichtbar wird

Das Projekt AgroCO₂ncept stösst auf ein reges Interesse in der Öffentlichkeit. Während den 6 Projektjahren wurden zahlreiche Events und Führungen durchgeführt und es konnten sowohl Zeitungen und Fachzeitschriften als auch Radio und Fernsehen aus dem In- und Ausland mit Informationen und Material bedient werden.

Im Jahr 2019 wurde das Projekt AgroCO₂ncept Flaachtal vom Projekt LIAISON der Europäischen Kommission als «Botschafter für ländliche Innovation» (Rural Innovation Ambassador) ausgezeichnet. Das LIAISON-Projektteam wählte das Projekt aus über 200 Beiträgen aus ganz Europa zu einem der Gewinner des Europäischen Wettbewerbs für Innovationen im ländlichen Raum 2019. LIAISON bezeichnet die Arbeit von AgroCO₂ncept als «inspirierende und bahnbrechende Initiative». Der Titel wurde im Rahmen der Organic Innovation Days vom 3. und 4. Dezember 2019 in Brüssel verliehen. Als Preis wurde über das Projekt ein Film gedreht.

Die weltweite Corona-Pandemie im Jahr 2020 verschonte auch das AgroCO₂ncept nicht. Viele Events und geplante Veranstaltungen mussten immer wieder verschoben werden. Die Beratungen der Bodensee-Stiftung wurden ab Ende Jahr nur noch online durchgeführt, was aber sehr gut funktionierte. Dem Austausch unter den Mitgliedern tat die Pandemie jedoch keinen Abbruch, dieser konnte auch während der Pandemie unter Einhaltung der geltenden Vorschriften aufrechterhalten werden.

Events und Führungen

- Die Medienkonferenz "Klimaschutz und Treibhausgasreduktion im Flaachtal – Start des Ressourcenprojekts AgroCO₂ncept" vom Mai 2016 auf dem Weingut Schloss Goldenberg in Dorf stiess auf grosses Interesse mit Berichterstattung in Publikums- und Fachmedien in der ganzen Deutschschweiz wie auch im Ausland.
- Im Rahmen eines Lernmoduls der ETH besuchten im Jahr 2017 Studenten Betriebe des Vereins AgroCO₂ncept.
- Im September 2017 hat eine Delegation aus Chengdu (China) den Verein AgroCO₂ncept im Flaachtal besucht.

- Im Februar 2018 gab es ein Treffen mit der Leitung von AgroCleanTech für einen Informationsaustausch.
- Im Mai 2018 fand ein Rundgang mit Studenten der ETH statt.
- Im Juni 2018 besuchte der Schweizerische Bauernverband den Hof von Toni Meier.
- Im September 2018 fand ein Besuch des Agridea Beratungsdienstes auf dem Hof von Toni Meier statt.
- Im November 2018 gab es eine Präsentation an der AgroCleanTech Veranstaltung.
- Im September 2019 besichtigten ca. 120 Personen im Rahmen eines Anlasses der Holzenergie Schweiz Toni Meiers Betrieb und die Pyrolyseanlage. Dabei wurden Informationen zur Pflanzenkohle und dem Projekt AgroCO₂ncept vermittelt.
- Nationalrat Bastien Girod hat im Rahmen seiner Tätigkeit bei Southpole im Herbst 2019 den Dialog mit Toni Meier gesucht. Im Gespräch ging es primär um Humusaufbau und das Verständnis von Landwirtschaft und Klimaschutz. Das Ziel der Organisation ist eine Humuszertifizierung. Toni Meier hat aus praktischer Perspektive erklärt, wo die Schwierigkeiten liegen und wie lange es in der Praxis dauert, Humus aufzubauen.
- Im Herbst 2019 organisierte Sofies-Emac einen Besuch von Kaffeebauern aus Peru bei Toni Meier auf dem Hof mit Besichtigung der Pyrolyseanlage.
- Im Herbst 2019 ist der Verein im Rahmen des Climate-KIC EU eine Partnerschaft mit AgriCircle eingegangen (climate-kic.org) und ein erster Besuch und eine erste Diskussionsrunde fand auf Toni Meiers Betrieb statt.
- Im Februar 2020 fand die Ressourcentagung, organisiert vom BLW, mit Plenumsvortrag und Workshop zum Projekt statt.

Medienberichte

- SRF 1, Schweiz Aktuell, 11. Juli 2017: Wunderwaffe Pflanzenkohle
- SRF 1, Regionaljournal ZH-SH, 18. Oktober 2017: Ökologische Flaachtaler Bauern
- Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau 2017: CO₂-Reduktion im Weinbau
- SOLMACC- Ökolandbau für Innovation und Klimaschutz 2017: Klimafreundliche Landwirtschaft.
- Umweltbericht 2018 Kanton Zürich: Ressourcenprojekte - Bauern auf dem Weg zu mehr Effizienz
- farmticker.ch, 10.5.2018: Bauern fürs Klima
- UFA-REVUE 2-2018: Mehr Output mit weniger Input
- TeleTop, TopNews vom 11.11.2019 (ab Minute 07.03)
- Andelfinger Zeitung vom 6.12.2019: Flaacher Bauern sind bahnbrechend innovativ
- wirtschaftsraum-zuerich.ch vom 6.12.2019: Weinländer Bauern werden Botschafter für Innovation

- BauernZeitung vom 13.12.2019: Internationales Lob für Projekt aus dem Flaachtal
- FOKUS, Schweizer Bauernverband, Juli 2019: Karin und Severin Keller - Wir wollen das Heft selber in die Hand nehmen
- BauernZeitung, 14.06.2019: Der grünen Welle voraus
- CH Media, 05.04.2019: Dieser Bauer sagt dem CO₂ den Kampf an
- Schweizer Illustrierte, 15.03.2019: Die innovativen Bauern
- Schaffhauser Bauer, 31.01.2019: Klima schonen in der Praxis
- Der Zürcher Bauer, 01.01.2019: Emissionen reduzieren
- Landfreund 4/2020: Warten auf die CO₂-Kompensation?
- Bioaktuell 2/2020: Gemeinsam gegen den Klimawandel

2.6 Massnahmen

39 Massnahmen, davon 12 gefördert über das Ressourcenprojekt

Das Projekt AgroCO₂ncept basiert auf der Umsetzung von Massnahmen, die von den teilnehmenden Landwirt/innen als praktisch umsetzbar eingestuft wurden und als Einzelmassnahmen bereits erprobt sind (vgl. Kapitel 2.1). Die Massnahmen gliedern sich in die Bereiche Tierhaltung (12 Massnahmen), Energie (13 Massnahmen) und Pflanzenbau (14 Massnahmen). Eine Liste aller Massnahmen ist in Tabelle 11 (Kapitel 5.1.5) zu finden. In Abbildung 2 sind die 12 Massnahmen, welche über das Ressourcenprojekt gefördert werden, separat ausgewiesen und beschrieben.

Vergütung von Mehraufwand und Risikoausgleich

Die Unterstützungsbeiträge für die einzelnen Massnahmen beruhen einerseits auf der Vergütung des Mehraufwands an Zeit oder Kosten der teilnehmenden Betriebsleiter/innen, andererseits auf einem Risikoausgleich für allfällig Ertragsausfälle. Ein Mehraufwand an Zeit entsteht beispielsweise für zusätzliche Datenerhebungen oder Planung für Futterumstellungen, Herdenmanagement oder Düngeplanung. Zusätzliche Kosten entstehen z.B. für den Kauf von Saatgut für Gründüngungen, Pflanzenkohle oder Kompost. Des Weiteren entstehen Kosten für Futtermittel- oder Hofdüngeranalysen, für Anschaffungen wie verbrauchseffiziente Maschinen oder Tensiometer zur Überwachung der Bodenfeuchte. Das Risiko für Ertragsausfälle besteht beispielsweise bei einer Futter- oder einer Düngeumstellung.

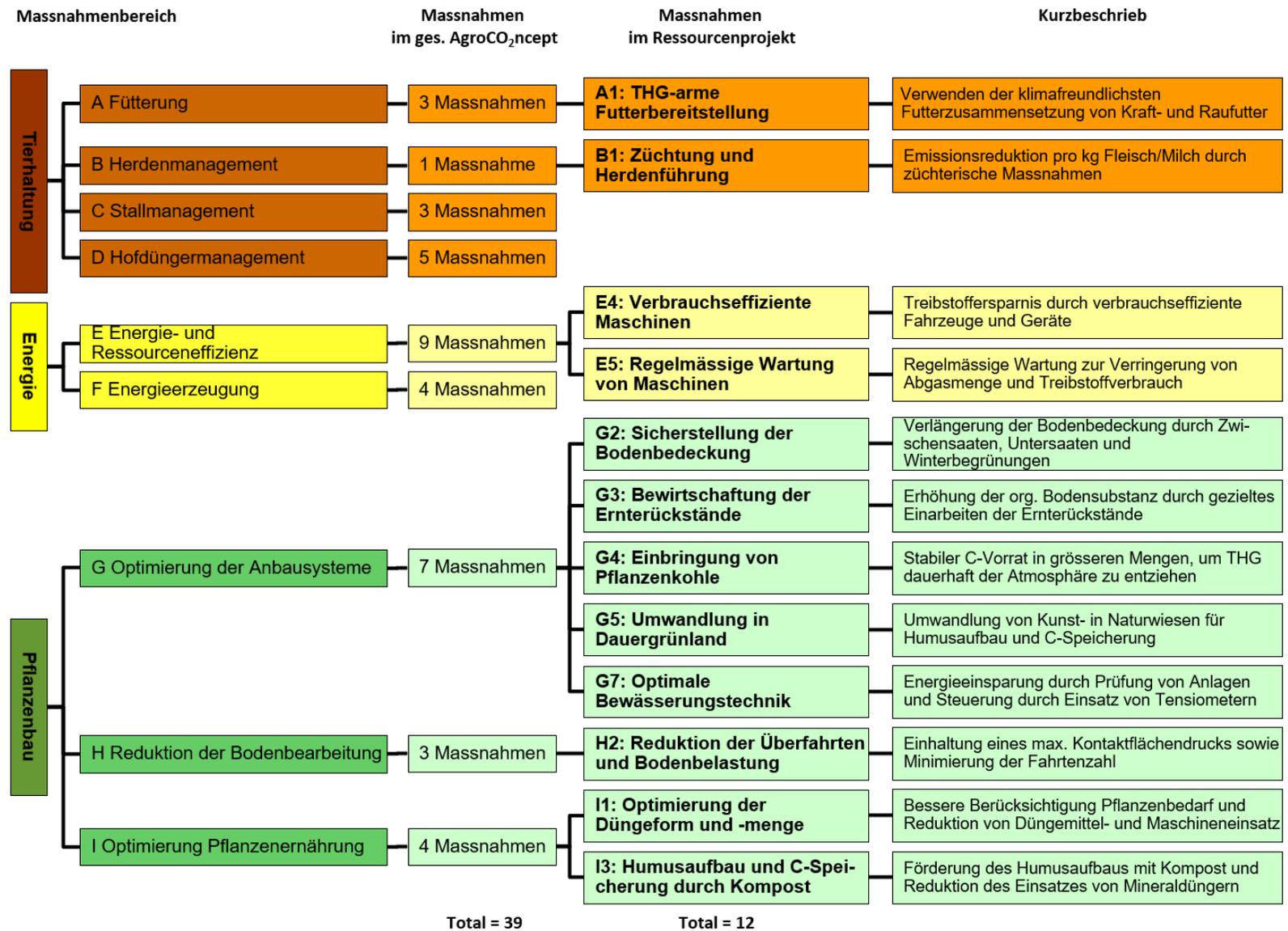


Abbildung 2. Übersicht über die vom Ressourcenprojekt vergüteten Massnahmen im AgroCO₂ncept.

2.7 Veränderung der Betriebsstruktur

Korrektur von Wachstumseffekten auf THG-Emissionen auf 11 Betrieben

Die Betriebsgrößen und Hauptproduktionsausrichtungen der teilnehmenden Betriebe im Projekt AgroCO₂ncept sind nicht statisch, sondern können sich auf Grund des Strukturwandels, Betriebsübernahmen oder neuen Bewirtschaftungsstrategien über die Jahre verändern. Die mit solchen Umstellungen verbundenen Veränderungen in der THG-Bilanz können die Reduktionsbemühungen und -erfolge der Betriebe überlagern. Ausserdem wurde das Reduktionsziel mit der Prämisse von gleichbleibenden Strukturen definiert (vgl. Kapitel 2.1). Die Emissionen in der Zweit- und Drittbilanzierung wurden deshalb für Betriebe mit Veränderungen in der landwirtschaftlichen Nutzfläche und/oder der Anzahl GVE um die entsprechenden Wachstums- oder Schrumpfungseffekte korrigiert.

Umrechnung basierend auf Veränderungen bei den Tierzahlen und der Fläche

Die Emissionen der Vergleichsjahre wurden auf die Betriebsstruktur im Referenzjahr (2015) umgerechnet. Die Betriebsstruktur wird dabei durch die Anzahl Tiere und die Grösse der Flächen definiert. Entsprechend werden die effektiv bilanzierten Emissionen der Zweitbilanzierung mit Hilfe der Veränderung in den Tierzahlen und Flächen korrigiert. Für die Betriebszweige Milchkühe, Mutterkühe und Mastrinder werden die Emissionen auf die Tierzahlen im Referenzjahr umgerechnet. Für die flächengebundenen Betriebszweige wie Acker- oder Gemüsebau werden die Emissionen mit Hilfe der Flächenveränderungen korrigiert. Abbildung 3 zeigt das Vorgehen bei der Umrechnung für einen Beispielbetrieb (vereinfacht). In den Auswertungen der Resultate (Kapitel 4) werden sowohl die unkorrigierten wie auch die korrigierten Werte aufgeführt.

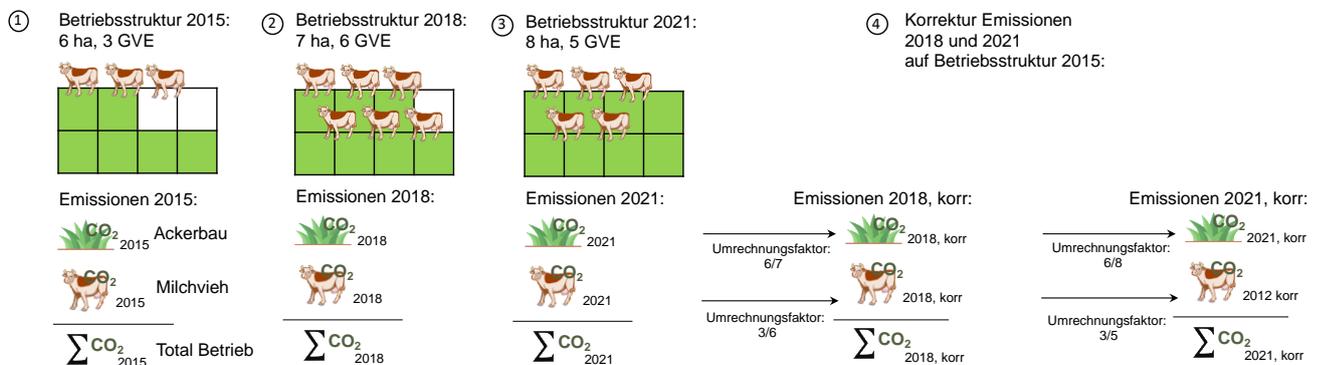


Abbildung 3. Schema Umrechnung der Emissionen bei Wachstumsbetrieben.

2.8 Indikatoren der Zielerreichung

Referenzjahr 2015, Vergleichsjahre 2018 und 2021

Das angestrebte Wirkungsziel des Projektes ist die Reduktion der THG-Emissionen der beteiligten Betriebe um 20% im Vergleich zum Referenzjahr. Der Grad der Zielerreichung wird basierend auf den Bilanzierungen mit ACCT gerechnet. Im Ressourcenprojekt zählt für alle Betriebe die THG-Bilanz aus dem Jahr 2015 als Referenzzustand. Die

Emissionen aus dem Jahr 2015 werden mit den Emissionen im Jahr 2018 und 2021 verglichen.

Ein Teil der Betriebe wurde bereits im Pilotprojekt bilanziert. Dadurch liegen auch Emissionsdaten aus dem Jahr 2012 vor. Die Bilanzen aus dem Jahr 2012 werden in diesem Bericht nicht verwendet, den entsprechenden Betrieben aber in betriebspezifischen Faktenblättern kommuniziert. Die Wahl eines gemeinsamen Referenzjahres ist für den Vergleich von Emissionen wichtig, da sich die klimatischen Rahmenbedingungen eines Jahres stark auf die Bilanzen auswirken (vgl. Kapitel 5.2 und 7.2). Ausserdem lassen sich die Zahlen aus dem Jahr 2011 auf Grund einer verbesserten und leicht angepassten Bilanzierungsmethode nicht direkt mit den Folgebilanzierungen vergleichen. Die Zielerreichung wird allerdings prozentual am Ausstoss gemessen. Dadurch müssen Betriebe, die bereits vor 2016 Emissionsreduktionen erreicht hatten und dadurch im Referenzjahr 2015 geringere absolute Emissionen als 2012 aufwiesen, entsprechend absolut auch weniger THG einsparen, um das 20%-Reduktionsziel zu erreichen. Schliesslich zeigen Erfahrungen der Bodensee-Stiftung – entgegen bestehender Befürchtungen seitens der Landwirt/innen – dass es für Betriebsleitende oft einfacher ist, Massnahmen umzusetzen, wenn sie eine anfängliche Hürde überwunden und bereits Massnahmen auf ihrem Betrieb eingeleitet haben. Auf der anderen Seite kann es sein, dass eine weitere Reduktion von THG-Emissionen schwieriger wird, wenn die einfachen Reduktionspotenziale («low-hanging fruits») bereits ausgeschöpft wurden.

Verschiedene Indikatoren für die Zielerreichung: Unterschiedliche Aggregationsebenen, absolute Emissionen, THG-Effizienz der Produktion

Im Projektantrag wurde das 20%-Reduktionsziel auf Betriebsebene definiert, allerdings nicht genauer ausgeführt, welche/r Indikator/en zu dessen Überprüfung verwendet werden soll/en. Im Zuge der Auswertungen der Bilanzierungen und in den Diskussionen mit den Betriebsleitenden hat sich gezeigt, dass sich die Resultate und Aussagen je nach Skala, Perspektive und Indikator unterscheiden. Grosse Unterschiede zeigen sich insbesondere zwischen den Einsparungen der absoluten Emissionen und den Einsparungen der THG-Emissionen pro Produkteinheit oder Energieoutput, die sogenannte Treibhausgasintensität der Produktion (vgl. Kapitel 4). Um die erzielten Resultate und Wirkungen der Massnahmen möglichst transparent abschätzen und interpretieren zu können, werden in diesem Bericht verschiedene Indikatoren gezeigt (Tabelle 1):

- Die absoluten THG-Emissionen werden auf drei verschiedenen Aggregationsebenen (regional, betrieblich und pro Betriebszweig) und für drei Zeitpunkte berechnet (erste Bilanzierung 2015, B1; zweite Bilanzierung 2018, B2; dritte Bilanzierung 2021, B3).
- Für die Zweit- und Drittbilanzierungen werden die Werte entsprechend dem Betriebswachstum korrigiert (2018, B2_{korrr}) und (2021, B3_{korrr}, Kapitel 2.7). Dadurch kann ermittelt werden, ob THG-Einsparungen in den betrieblichen Prozessen erzielt wurden, die durch zusätzlich anfallende Emissionen einer grösseren landwirtschaftlichen Nutzfläche oder Herde überlagert werden.

- Ausserdem wird ein THG-Intensitätsindikator berechnet, der die Emissionen pro Energieoutput (t CO₂eq/GJ, auf Ebene der Region und Betriebe) und pro Produkt (z.B. t CO₂eq/1000 Liter Milch, auf Ebene der Betriebszweige) aufzeigt.
- Die Analysen auf Betriebszweigebene werden in diesem Bericht für Produktionsausrichtungen gezeigt, die von mindestens fünf Betrieben verfolgt werden: Ackerbau, Milchviehhaltung und Rindermast/Mutterkuhhaltung. Die Emissionen der Betriebe innerhalb eines Betriebszweigs werden verglichen, es erfolgt allerdings kein Vergleich der Emissionen zwischen den einzelnen Betriebszweigen.

Tabelle 1. Übersicht über Indikatoren zur Beurteilung der Zielerreichung.

Ebene	Indikator	Auswertungen
Regional	Aggregierte THG-Emissionen der Betriebe (t CO ₂ eq/Jahr)	- Absolute Emissionen B1, B2, B2 _{korrr} , B3, B3 _{korrr} - Kohlenstoffspeicherung
Regional	THG-Intensität regional (t CO ₂ eq/GJ Jahr)	- THG-Intensität B1, B2, B3
Betrieb	THG-Emissionen der einzelnen Betriebe (t CO ₂ eq/Jahr)	- Mittelwert und Median absolute Emissionen B1, B3, B3 _{korrr} - Prozentuale Veränderung der Emissionen
Betrieb	Output und THG-Intensität der einzelnen Betriebe (t CO ₂ eq/GJ Jahr)	- Prozentuale Veränderungen des Outputs - Prozentuale Veränderung der THG-Intensität der Betriebe
Betriebszweig	THG-Emissionen pro Betriebszweig der einzelnen Betriebe (t CO ₂ eq/Jahr)	- Absolute Emissionen B1, B2, B2 _{korrr} , B3, B3 _{korrr} - Prozentuale Veränderung der Emissionen - Median der einzelnen Betriebszweige
Betriebszweig	THG-Intensität der einzelnen Betriebszweige (t CO ₂ eq/1000 Liter Milch Jahr), (t CO ₂ eq/t TS Jahr), (t CO ₂ eq/100 kg Lebendgewicht Jahr)	- Intensität B1, B2, B3 - Veränderung der THG-Intensität - Median der einzelnen Betriebszweige

3 Projektregion

3.1 Betriebe

Die 24 am Projekt beteiligten Betriebe sind im ganzen Flaachtal verteilt (Abbildung 4) und decken alle wichtigen Betriebs- und Nutzungstypen der Region ab.

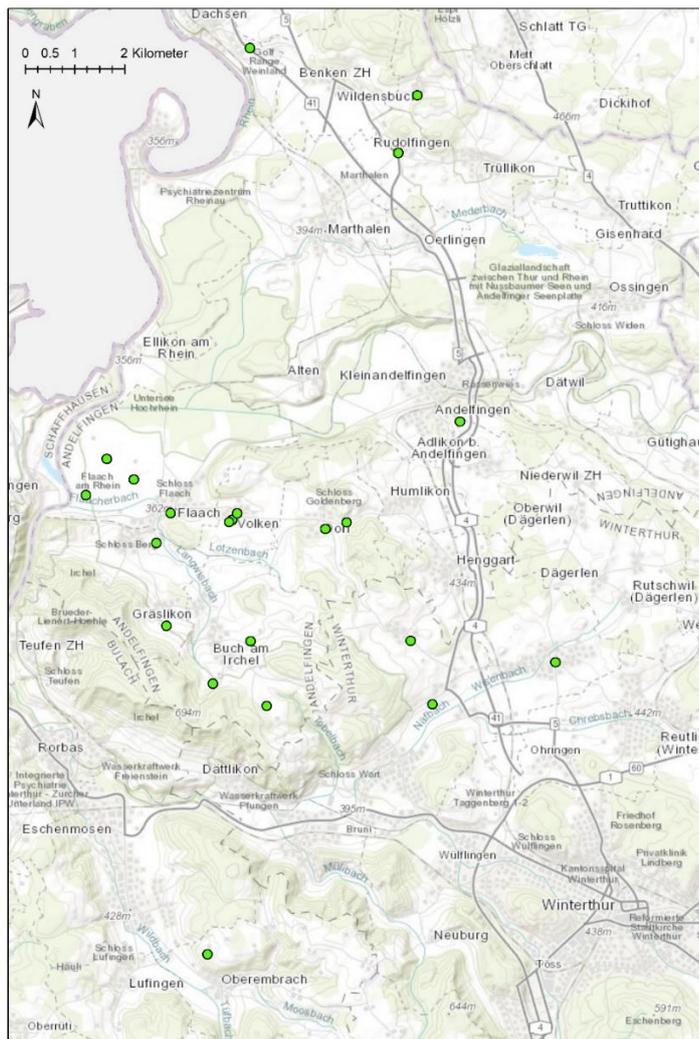


Abbildung 4. Lage der Betriebe im Flaachtal.

24 Betriebe mit unterschiedlicher Betriebsausrichtung

Zehn Betriebe betreiben als Hauptbetriebszweig Milchviehhaltung, sieben Betriebe kultivieren primär Ackerland, jeweils zwei Betriebe sind Mutterkuh-, Rindermast- und Gemüsebaubetriebe, und ein Betrieb widmet sich dem Weinbau (Tabelle 2). Insgesamt bewirtschafteten die Betriebe im Referenzjahr 2015 rund 840 ha Land und hielten 900 Grossvieheinheiten (GVE). Mit Flächen zwischen 8.8 ha und 77.2 ha und einem Tierbestand zwischen 30 bis 120 GVE handelt es sich für Schweizer Verhältnisse um mittelgrosse Betriebe.

Resultate von 21 Betrieben

Von den 24 Betrieben ist ein Betrieb (Nr. 5) nur noch passiv im Verein. Betrieb Nr. 7 konnte auf Grund von zu hoher Arbeitsbelastung seitens des Betriebs keiner Zweitbilanzierung unterzogen werden und es liegt folglich nur ein unvollständiges Datenset vor. Auf Betrieb Nr. 4 wurde das Produktionssystem in den letzten Jahren aus persönlichen Gründen von Mutterkuhhaltung auf Ackerbau umgestellt und praktisch der gesamte Tierbestand aufgegeben. Entsprechend gross sind die Veränderungen bei den THG-Emissionen (vgl. Kapitel 5.1.5). Sie können schwer mit den anderen Betrieben verglichen werden, die im Rahmen der Projektgrundsätze ihre bestehenden Betriebsausrichtungen beibehalten haben. Die Bilanzierungsergebnisse dieser zwei Betriebe können Anhang 9.1 entnommen werden. Die Resultate im vorliegenden Bericht basieren auf der Analyse von 21 Betrieben, die alle drei Bilanzierungsrunden durchlaufen haben.

Tabelle 2. Übersicht über Betriebe und ihre Betriebszweige (BZ) im Projekt AgroCO₂ncept. Kursiv gedruckte Betriebe sind nicht Teil der vorliegenden Analysen. Der Betrieb Nr. 21 ist kurz nach Projektbeginn wieder ausgestiegen und fehlt deshalb auf dieser Übersicht.

Nr.	Fläche (ha)	Tiere (GVE)	Produktionsrichtlinie	BZ 1	BZ 2	BZ3
1	29.9	29.9	ÖLN	Mutterkuh	Grünland	Wald
2	30.4	61.5	ÖLN	Milchvieh	Grünland	Streuobst
3	38.6	0.0	Bio	Ackerland	Grünland	Streuobst
4	<i>31.0</i>	<i>24.0</i>	<i>ÖLN</i>	<i>Mutterkuh</i>	<i>Grünland</i>	<i>Ackerland</i>
5	<i>20.0</i>	<i>0.0</i>	<i>ÖLN</i>	<i>Ackerland</i>	<i>Grünland</i>	
6	49.9	65.5	ÖLN	Milchvieh	Grünland	Streuobst
7	<i>7.8</i>	<i>1.8</i>	<i>ÖLN</i>	<i>Weinbau</i>	<i>Wald</i>	<i>Grünland</i>
8	11.7	0.1	ÖLN	Ackerland	Erwerbsobstbau	
9	49.4	29.2	ÖLN	Rindermast	Ackerland	Wald
10	12.7	0.0	ÖLN	Ackerland	Erwerbsobstbau	
11	44.1	114.4	ÖLN	Rindermast	Ackerland	Grünland
12	38.6	0.0	ÖLN	Ackerland	Erwerbsobstbau	Wald
13	39.9	70.1	ÖLN	Milchvieh	Ackerland	
14	21.6	11.4	Bio	Ackerland	Grünland	Mutterkuh
15	32.0	52.9	ÖLN	Milchvieh	Ackerland	Erwerbsobstbau
16	45.8	35.7	ÖLN	Milchvieh	Rindermast	Ackerland
17	56.1	87.5	ÖLN	Milchvieh	Ackerland	
18	62.5	86.7	ÖLN	Milchvieh	Ackerland	
19	21.7	0.0	Bio	Gemüsebau		
20	77.2	39.5	Bio	Gemüsebau	Mutterkuh	
22	20.0	53.8	ÖLN	Milchvieh	Ackerland	
23	30.0	54.2	ÖLN	Milchvieh	Ackerland	
24	48.4	67.1	Bio	Milchvieh	Ackerland	
25	21.6	15.2	Bio	Ackerland	Gemüsebau	

3.2 Treibhausgasemissionen

Regional: 33% der Emissionen aus Energie, 51% aus Tierhaltung und 16% aus Bodenbearbeitung

Insgesamt emittierten die 21 analysierten Betriebe im Referenzjahr 2015 **6'193 t CO₂eq** in Form von Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und Kohlendioxid (CO₂, Tabelle 3). Die Methan- und Lachgasemissionen werden mittels einem Umrechnungsfaktor, der ihre Wirksamkeit in Bezug auf den Treibhauseffekt beschreibt, in CO₂-Äquivalente umgerechnet. Die Faktoren werden vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) laufend angepasst. Für die Bilanzierungen und Berechnungen im Rahmen des AgroCO₂ncepts gelten die 2016 verifizierten Faktoren 25 für Methan und 298 für Lachgas. Die Bruttoemissionen setzen sich zu 35% aus den CO₂-Emissionen des Energieverbrauchs, zu 54% aus den Methan- und Lachgasemissionen aus der Tierhaltung sowie zu 16% aus den Lachgasemissionen aus der Bodenbearbeitung zusammen.

Tabelle 3. Gesamtemissionen der 21 analysierten Betriebe im Referenzjahr 2015.

Referenzjahr 2015	Intern (direkt Betrieb, Scope 1) tCO ₂ eq / Jahr	Mittelbar (indirekt Strom, Scope 2) tCO ₂ eq / Jahr	Global (indirekt sonst, Scope 3) tCO ₂ eq / Jahr	Total tCO ₂ eq / Jahr	%
Emissionen aus der eingesetzten Energie	446	74	1519	2039	35%
abgegebenes CH ₄ und N ₂ O aus der Tierhaltung	3196	0	0	3196	54%
N ₂ O-Emissionen aus den landwirtschaftlichen Böden	692	0	266	958	16%
Emissionen brutto	4334	0	1785	6193	100%
Kohlenstoffspeicherung in Boden und Gehölz	-321	0	0	-321	-5%
Emissionen netto	4013	74	1785	5872	95%
	68%	1%	31%	100%	
Erneuerbare Energien	1	24	43	68	0

5% der Emissionen durch Senken kompensiert

Gleichzeitig werden in den Böden und den Gehölzen sowie mit verschiedenen Einzelmassnahmen (Zwischenfrüchte, Einarbeitung der Ernterückstände) auf dem Land der Betriebe insgesamt **321 t CO₂eq/Jahr** gespeichert, wodurch 5% der jährlichen THG-Emissionen auf den Betrieben wieder kompensiert werden. Die Flaachtaler Landwirt/innen verfügen über beträchtliche Waldflächen und nutzen das anfallende Holz zum Heizen. Im Rahmen des Projekts AgroCO₂ncept wird der Wald als Senke jedoch ausgeklammert und es werden ausschliesslich landwirtschaftliche Tätigkeiten berücksichtigt. Ebenfalls nicht als Senke in der Bilanz eingerechnet ist die Energieproduktion in Form von erneuerbaren Energien (vgl. Kapitel 2.3).

68% der Emissionen auf den Betrieben, 31% auf globaler Ebene

Die jährlichen Nettoemissionen der 21 Betriebe belaufen sich damit auf **5'872 t CO₂eq**. Gut zwei Drittel der Emissionen fallen direkt auf den Betrieben an (Scope 1), vor allem in der Tierhaltung. Ein Drittel der Emissionen entsteht indirekt auf globaler Ebene durch die Zukäufe von Treibstoffen, Düngern, Kraftfutter und weiteren

Produktionsmitteln (Scope 3). Die Emissionen durch den Stromverbrauch (Scope 2) sind im Flaachtal (wie auch in der landwirtschaftlichen Produktion in der restlichen Schweiz) weniger bedeutend.

Höhere Emissionen bei Tierhaltungsbetrieben

In der Tierhaltung entstehen während des Verdauungsvorgangs (Fermentation) der Wiederkäuer Methanemissionen. Durch die Lagerung von Wirtschaftsdüngern (Festmist, Gülle) entstehen zudem weitere Methan- und Lachgasemissionen. Aus diesem Grund liegen die Emissionen in den Tierhaltungsbetrieben im Vergleich zu den Ackerbaubetrieben deutlich höher (Abbildung 5). Die hohen Emissionen der Tierhaltungsbetriebe müssen in der Interpretation von regional aggregierten Ergebnissen berücksichtigt werden: Gelingt es den Tierhaltungsbetrieben nicht, Einsparungen zu treffen, fällt es stärker ins Gewicht als bei anderen Betrieben. Entsprechend wurde die Zielsetzung im AgroCO₂ncept auf Betriebsebene definiert. Die Emissionen variieren zum Teil auch zwischen den Betrieben mit derselben Hauptproduktionsausrichtung beträchtlich. Diese Variabilität kann durch unterschiedliche Betriebsgrößen, unterschiedliche natürliche Gegebenheiten (Bodenqualität, Topografie), verschiedene weitere Betriebszweige, unterschiedliche Betriebsziele und dem Grad der Massnahmenumsetzung erklärt werden. Der einzelbetriebliche Bilanzierungsansatz trägt diesen unterschiedlichen Voraussetzungen allerdings teilweise Rechnung: Ziel der Bilanzierungen ist nicht, verschiedene Betriebe miteinander zu vergleichen, sondern die Fortschritte innerhalb eines Betriebes zu messen. Die Zielsetzung ist betriebsspezifisch, der Reduktionserfolg wird relativ zum eigenen Ausstoss gemessen. Nicht berücksichtigt hingegen ist, dass je nach naturräumlichen oder sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen des Betriebes, die Anstrengungen für THG-Reduktionen einfacher oder schwieriger sein mögen.

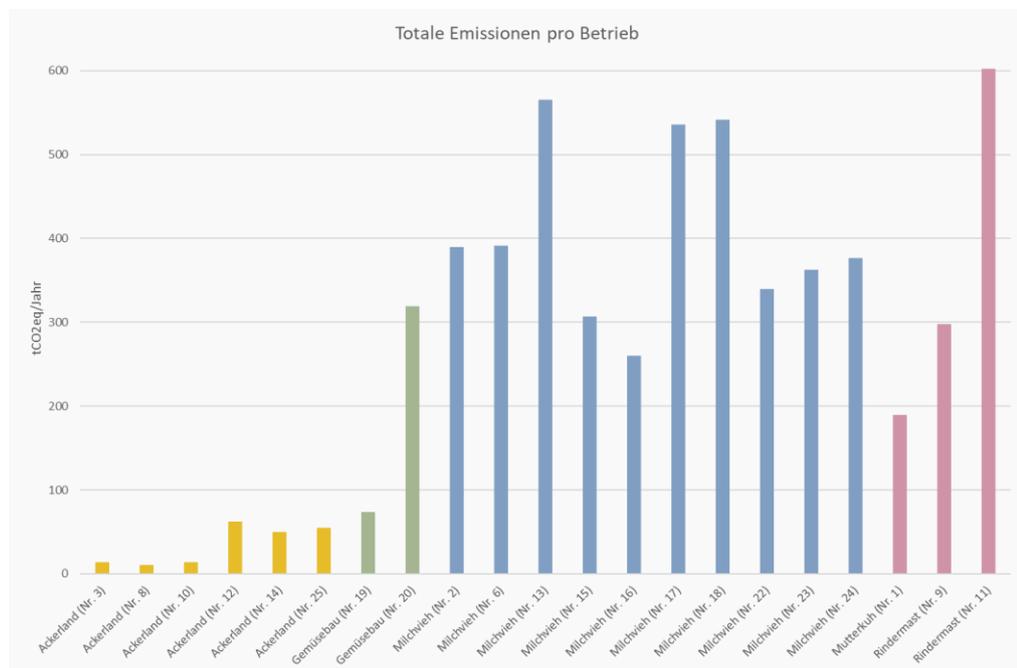


Abbildung 5. Jährliche THG-Emissionen der Betriebe im Referenzjahr 2015, geordnet nach primärer Produktionsausrichtung.

3.3 Naturräumliche Rahmenbedingungen

3.3.1 Topografie

Tiefe gelegene Hügel- und Au- enlandschaft

Das Projekt AgroCO₂ncept Flaachtal umfasst die Gemeinden Berg am Irchel, Buch am Irchel, Dorf, Flaach und Volken im Kanton Zürich sowie die Gemeinde Rüdlingen im Kanton Schaffhausen. Das Flaachtal ist Teil des Zürcher Weinlandes im nördlichen Teil des Kantons Zürich in Höhenlagen zwischen 350 und 480 M.ü.M., gehört also zu den tiefst gelegenen Gegenden der Schweiz. Die Region ist grossflächig eben bis schwach geneigt und Thur und Rhein haben sich mäanderartig in die Landschaft eingegraben. Einige bewaldete Hügelzüge, wie etwa der Irchel, prägen die landschaftliche Kulisse des Tals. Die Geländeformen ermöglichen meist eine uneingeschränkte mechanische Bewirtschaftung. Gebiete mit grösserer Hangneigung sind entweder bewaldet oder eignen sich wegen ihrer günstigen Exposition für den Weinbau. Entsprechend ist die Region geprägt durch ihre landschaftliche Vielfalt und vielseitige Nutzung. Sie ist bekannt als Naherholungs- und Wandergebiet, sowie als Wein-, Acker- und Gemüsebauregion im Kanton Zürich und der Nordostschweiz.

3.3.2 Bodeneigenschaften

Drainierte, vom Gletscher ge- prägte Böden

Die Böden im Weinland sind durch den Rheingletscher geprägt. Im zentralen und östlichen Teil des Weinlandes dominiert die schwach wellige Moränenlandschaft. Auf den ebenen Moränen entstanden meist tiefgründige Böden, die zum Teil verschlammungsanfällig sind. Grössere Gebiete waren nach dem Rückzug der Gletscher von stehenden Gewässern bedeckt und konnten als drainierte Halbmoore für die Landwirtschaft nutzbar gemacht werden. Von Rheinau bis Andelfingen und entlang des Thurtals befinden sich ausgedehnte Schotterebenen, die ca. 50 m über dem heutigen Niveau des Rheines und der Thur liegen. Die Böden in den Schotterebenen neigen wegen ihrer eingeschränkten Gründigkeit zur Trockenheit und sind erosionsanfällig. Der Talgrund des Thurtals ist eine zusammenhängende Alluvialebene, die sich bei der Rheinmündung als grosses Delta öffnet. Einige Böden in dieser Ebene sind heute noch stark durch das Grundwasser geprägt.

Sehr gute Eig- nung als Kultur- land

Die geologische Prägung führt im Weinland insgesamt zu geringem bis mässigem Nährstoff- und Wasserspeichervermögen der Böden (Abbildung 6). Im Flaachtal hingegen ist das Wasserspeichervermögen besser als in angrenzenden Regionen. Insgesamt eignen sich die Böden im Flaachtal und grossräumiger im Weinland gut bis sehr gut als Kulturland.

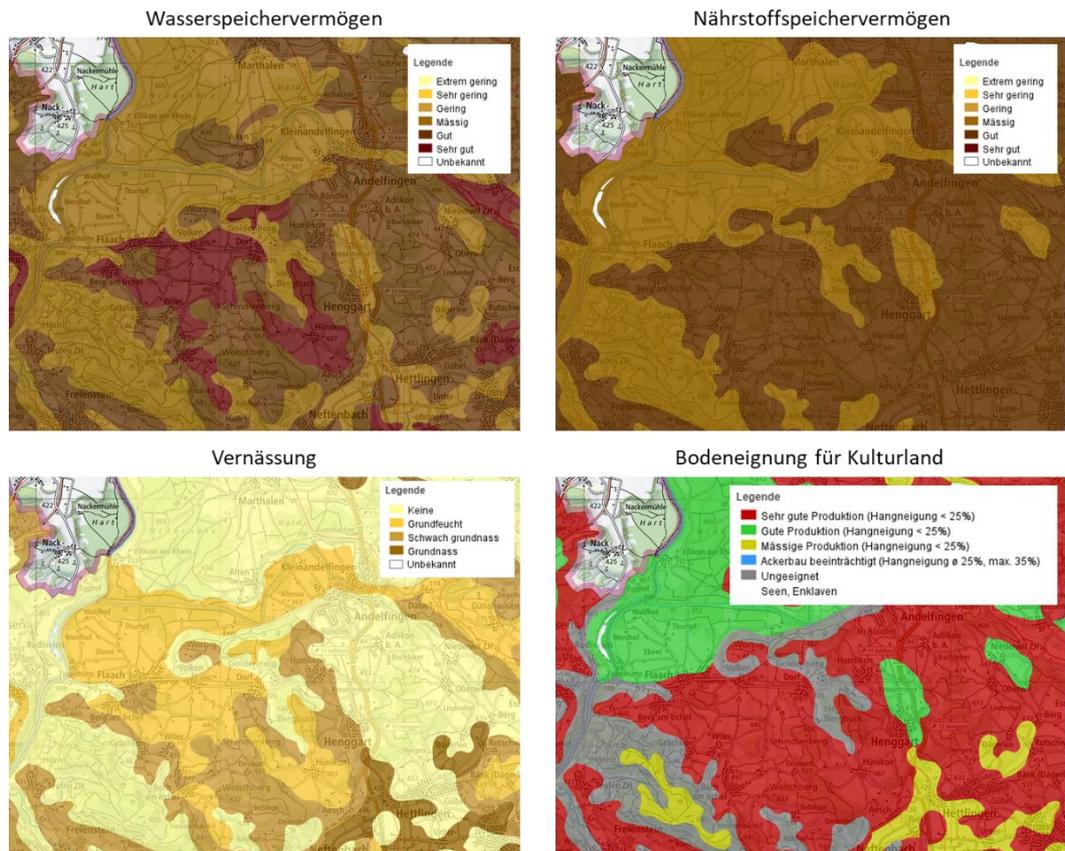


Abbildung 6. Bodeneigenschaften im Projektgebiet (Quelle: Digitale Bodeneignungskarte, BLW).

3.3.3 Klimatische Bedingungen

Temperatur und Niederschlag beeinflussen THG-Emissionen

Die klimatischen Bedingungen und Witterungsverhältnisse eines bestimmten Jahres beeinflussen die landwirtschaftliche Praxis, die Produktivität, das Produkteportfolio und die THG-Emissionen der Betriebe massgeblich. Niederschlagsmengen bestimmen die Auswaschungsraten und die lokalen Bodenverhältnisse. Die Temperatur hat einen Einfluss auf chemische Prozesse, die zur Entstehung von THG führen, beeinflusst das Pflanzenwachstum, die Erträge und die mögliche Weidezeit. Im Zusammenspiel wirken sich die Faktoren auf viele relevante Arbeiten im Betriebsablauf aus, z.B. den Düngemiteleinsatz, die Anzahl von Überfahrten oder die Erntemengen. Diese Einflüsse sind in der THG-Bilanzierung primär über Veränderungen der Bewirtschaftung und Erntemengen abbildbar. Einflüsse der klimatischen Faktoren auf chemische Prozesse (z.B. ein höherer C-Verlust der Böden und die Höhe der Lachgasemissionen) können im ACCT nicht abgebildet werden. Die Resultate der Bilanzierung sind in jedem Fall vor dem Hintergrund der klimatischen Bedingungen im jeweiligen Jahr zu interpretieren (vgl. Kapitel 4 und 5.2).

2015 mit Hitzesommer, 2018 generell heiss, 2021 kälter im Frühling und Sommer

Abbildung 7 zeigt den Temperaturverlauf für die Meteo-Station Nordost-Schweiz in Zürich Fluntern. Auch wenn die lokalen Wetterverhältnisse im Flaachtal durch topografische Faktoren von diesen Werten abweichen können, zeigen sich die klimatischen Besonderheiten des Referenz- und der Vergleichsjahre im repräsentativen Klimadiagramm. Die Temperaturen lagen im Jahr 2015 in den zwei Monaten Juli und August

deutlich über dem Mittelwert und den 75%-Perzentilen, in den restlichen Monaten hingegen mehrheitlich um den Mittelwert herum. Im Jahr 2018 lagen die Temperaturen zwischen April und Oktober konstant über der 75%-Perzentile, das heisst, der Sommer war ausgesprochen heiss. Der Temperaturverlauf im Jahr 2021 gleicht wieder eher dem durchschnittlichen Verlauf der letzten 20 Jahre, wobei der Frühling und Sommer mit Ausnahme des Junis eher kälter waren.

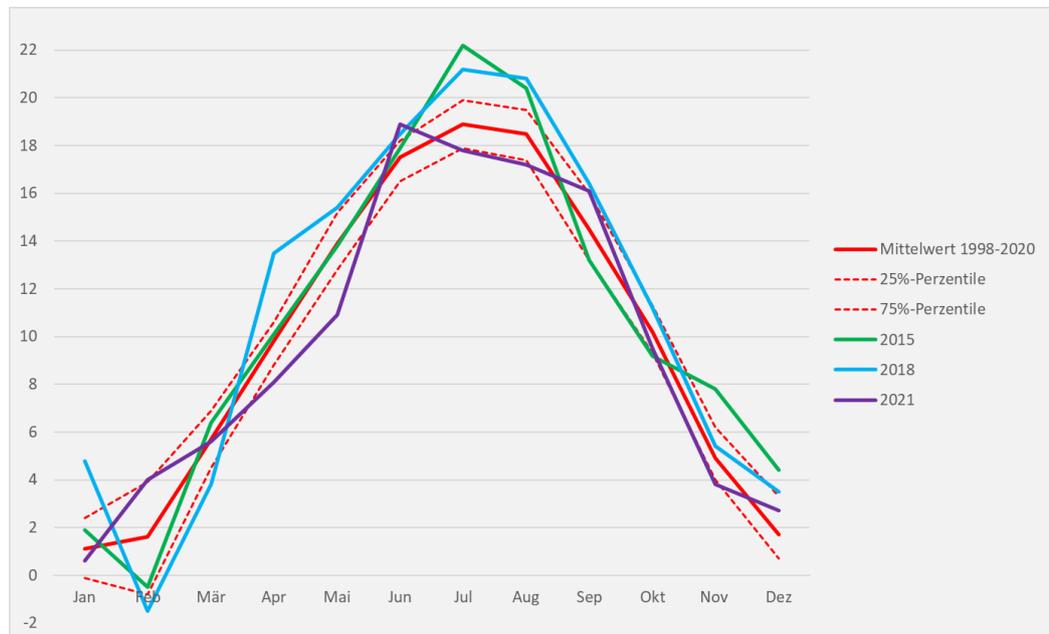


Abbildung 7. Temperaturverlauf in Grad Celsius (°C) gemittelt für die Jahre 1998 bis 2020 und in den Bilanzierungsjahren 2015, 2018 und 2021 an der Station Zürich Fluntern, repräsentativ für die Nordostschweiz (Quelle: Meteo Schweiz, 2022).

2015 mit nassem Frühling, 2018 generell sehr trocken, 2021 mit nassem Sommer

Abbildung 8 zeigt die Niederschlagsmenge für die Meteo-Station Nordost-Schweiz. Die Niederschlagsmengen im Jahr 2015 lagen in den Monaten März bis Juni über dem Mittelwert der letzten 20 Jahre, in den verbleibenden Monaten des Jahres deutlich darunter. Das Vergleichsjahr 2018 war ausgesprochen trocken: Nur in den zwei Wintermonaten Januar und Dezember fiel mehr Niederschlag als im Durchschnitt, in allen anderen Monaten weniger. Insbesondere in den Monaten April, Juni und Juli lagen die Niederschlagsmengen deutlich unter der 25%-Perzentile. Im Jahr 2021 waren Frühling und Herbst vergleichsweise trocken, zwischen Mai und Juli fiel deutlich mehr Niederschlag als durchschnittlich in der Region, insbesondere im Juli.

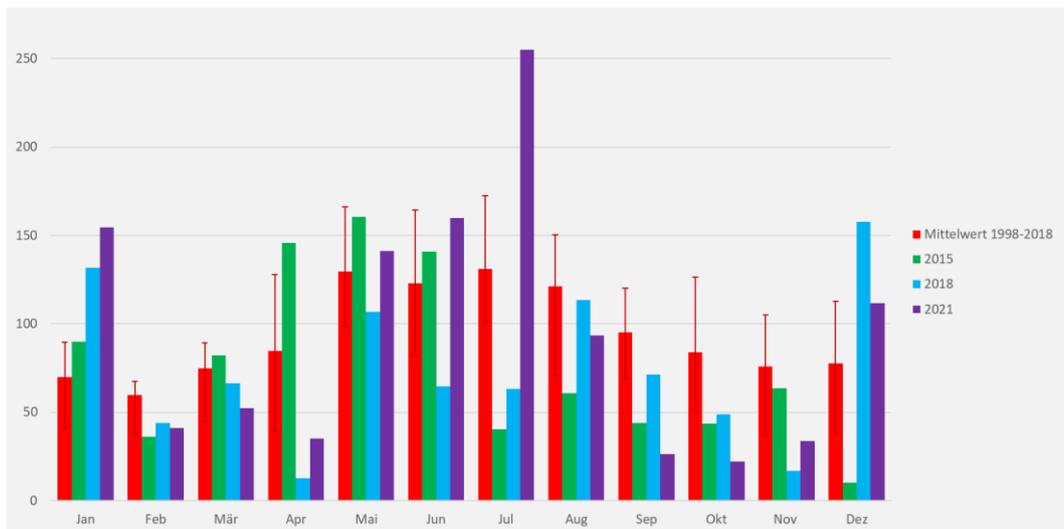


Abbildung 8. Niederschlagsmenge in mm gemittelt für die letzten 20 Jahre und in den Bilanzierungsjahren an der Station Zürich Fluntern, repräsentativ für die Nordostschweiz (Quelle: Meteo Schweiz, 2019). Die Fehlerbalken zeigen die 25%- und 75%-Perzentile.

Zusammenfassend ist das Referenzjahr 2015 geprägt durch zwei warme Sommermonate, sowie hohe Frühlings- und tiefe Sommerniederschläge. Das Jahr 2018 war durchgehend ein sehr heisses und trockenes Jahr. Lokal gab es einige schwere Gewitter und Hagelschäden. Insgesamt führten diese Bedingungen zu einer Futterknappheit. Das Jahr 2021 hingegen wies eher moderate Temperaturen und grosse Niederschlagsmengen zwischen Mai und Juli auf. In der Folge traten z.B. vermehrt Pilzkrankheiten auf und das Futter war von minderwertiger Qualität.

4 Wirkungsziele

4.1 Reduktion der Treibhausgase auf regionaler Ebene

Anstieg der totalen Emissionen um 1%, bzw. korrigiert um Wachstumseffekte eine Reduktion um 5%, Rückgang der THG-Intensität um 7%

Die regional aggregierten Resultate zeigen, wie sich die Emissionen der 21 Betriebe zwischen 2015 und 2021 insgesamt verändert haben (Tabelle 4):

- Die jährlichen aggregierten Netto-Emissionen (d.h. die Brutto-Emissionen abzüglich der Kohlenstoffsinken, vgl. Kapitel 3.2) stiegen zwischen 2015 und 2021 um **48 t CO₂eq**, das heisst um **1%**, an. Korrigiert um Wachstumseffekte auf den Betrieben (vgl. Kapitel 2.7) konnte jedoch eine Reduktion von **308 t CO₂eq** in den jährlichen Netto-Emissionen, bzw. **minus 5%** erreicht werden.
- Insgesamt stieg die jährliche Speicherung an Kohlenstoff in Boden um **45 t CO₂eq**.
- Die THG-Emissionen pro produzierter Energieeinheit sanken leicht, womit die THG-Intensität insgesamt um **7% zurückging**.
- Die Anteile der Tierhaltung, Lachgasemissionen aus Böden, der eingesetzten Energie und der Kohlenstoffspeicherung an den Gesamtemissionen veränderten sich im Vergleich zur Erstabbilanzierung nicht und entsprechen den Prozentzahlen in Tabelle 3 (Kapitel 3.2).
- Auch die Anteile der intern, regional und global anfallenden Emissionen veränderten sich nicht.

Tabelle 4. Veränderung der THG-Emissionen und THG-Intensität auf regionaler Ebene. B1 = 1. Bilanzierung (2015), B2 = 2. Bilanzierung (2018), B2_{korr} = 2. Bilanzierung korrigiert um Wachstumseffekte, B3 = 3. Bilanzierung (2021), B3_{korr} = 3. Bilanzierung korrigiert um Wachstumseffekte.

Indikator		B1	B2	B2 _{korr}	B3	B3 _{korr}
Totale Emissionen der Betriebe	tCO ₂ eq/Jahr	6193	6636	6274	6338	5929
Kohlenstoffspeicherung	tCO ₂ eq/Jahr	321	344	328	418	366
Nettoemissionen der Betriebe	tCO ₂ eq/Jahr	5872	6292	5946	5920	5564
THG-Emissionen pro Energieoutput	tCO ₂ eq/GJ Jahr	0.086	0.092	-	0.080	-

Die nachfolgenden detaillierteren Analysen zeigen, dass die Aggregation der Emissionen über alle Betriebe des Vereins nicht repräsentativ für die Reduktionsbestrebungen der einzelnen Betriebe ist. Die Resultate auf Ebene der Betriebe und Betriebszweige zeigt, ob die einzelbetriebliche Zielerreichung (wie sie im Projekt angestrebt wurde, vgl. Kapitel 2.1), erreicht wurde und gibt Hinweise, wo und durch welche Prozesse die meisten Einsparungen erreicht wurden.

4.2 Reduktion der Treibhausgase auf Betriebsebene

Die Kennzahlen der einzelnen Betriebe und Bilanzierungsjahre sind im Anhang 9.1 aufgeführt. Im Durchschnitt stiegen die jährlichen Netto-Emissionen aller 21 Betriebe zwischen 2015 und 2021 um **2 t CO₂eq** (plus **1%**), respektive sanken korrigiert um Wachstumseffekte um **15 t CO₂eq** (minus **5%**). Die Mediane der Veränderung zwischen 2015 und 2021 lagen bei minus **17 t CO₂eq** (minus **6%**), respektive minus **15 t CO₂eq** für B3_{korrr}-B1(minus **5%**) (Tabelle 5).

Tabelle 5. Mittelwert und Median der Netto-Emissionen auf Betriebsebene. B1 = 1. Bilanzierung (2015), B3 = 3. Bilanzierung (2021), B3_{korrr} = 3. Bilanzierung korrigiert um Wachstumseffekte.

Indikator	B1	B3	B3 _{korrr}
	tCO ₂ eq/Jahr	tCO ₂ eq/Jahr	tCO ₂ eq/Jahr
Mittelwert Netto-Emissionen	280	282	265
Median Netto-Emissionen	307	290	292

Starke Variation der Zielerreichung: Änderungen zwischen -47% und + 97% der Emissionen gegenüber 2015

3 Betriebe erreichten das Reduktionsziel von -20%, 2 weitere erreichten Reduktionen von über 10%

4 Betriebe emittierten über 20% mehr

Korrigiert um Wachstumseffekte:

2 Betriebe erreichten das Reduktionsziel von -20%, weitere 5 Betriebe Reduktionen um 10%. 2 Betriebe emittierten über 20% mehr

Abbildung 10 und Abbildung 11 zeigen, dass grosse Differenzen in der Zielerreichung der einzelnen Betriebe bestehen:

- Die THG-Einsparungen, bzw. zusätzlichen Emissionen pro Betrieb variierten zwischen **minus 47%** und **plus 97%** gegenüber 2015, respektive **minus 47%** und **plus 45%** korrigiert um Wachstumseffekte.
- Insgesamt konnten 10 Betriebe ihre Emissionen reduzieren, 3 davon erreichten das Reduktionsziel von 20% des THG-Ausstosses gegenüber 2015. Weitere 2 Betriebe sparten gegenüber 2015 10% und mehr an THG-Emissionen ein. 10 Betriebe emittierten 2021 mehr THG als 2015, 4 davon über 20% mehr. Für einen Betrieb blieb der THG-Ausstoss konstant im Vergleich zu 2015.
- Unter Berücksichtigung der Wachstumseffekte konnten 13 Betriebe ihre Emissionen reduzieren, 2 davon erreichten das Reduktionsziel von -20% des THG-Ausstosses gegenüber 2015. Weitere 5 Betriebe sparten gegenüber 2015 mehr als 10% an THG-Emissionen ein. 6 Betriebe emittierten 2021 mehr THG als 2015, 2 davon über 20% mehr. Für zwei Betriebe blieb der THG-Ausstoss konstant im Vergleich zu 2015.
- Beide Betriebe mit über 20% Verschlechterung bei den korrigierten Werten betreiben Ackerbau als Hauptbetriebszweig, wo generell tiefe Emissionen anfallen, und schon kleine Änderung der absoluten Emissionen zu entsprechend grossen prozentualen Änderungen führen. Die Gesamtemissionen stiegen in den beiden Betrieben um 2.8 resp. 6.4 t CO₂eq. Ein Betrieb hatte in Folge von einem Kulturwechsel seinen Mineräldüngerverbrauch um 3 Tonnen erhöht. Beim zweiten Betrieb war ein Wechsel in der Betriebsleitung und die damit einhergehenden Umstellungen (mehr Anbaufläche und andere Kulturen verbunden mit erhöhtem Mineräldüngerverbrauch) für das Resultat verantwortlich.

- Abgesehen vom Ackerbau konnte in den anderen Betriebstypen jeweils eine Mehrheit der Betriebe ihre Emissionen reduzieren. Für Betriebe mit Schwerpunkt Ackerbau/Gemüsebau wurden die stärksten prozentuale Reduktionen erreicht (bis zu minus 47%), bei tierbasierten Betrieben die höchsten effektiven Emissionsreduktionen (bis zu minus 85 t CO_{2eq}).
- Betriebe, die seit 2016 neu im Projekt sind, konnten zwischen 2016 und 2021 mehr THG-Emissionen reduzieren als Betriebe, die bereits seit 2012 dabei sind (durchschnittlich minus 7% und im Median minus 2%). Einzelne der Betriebe aus der ersten Projektphase konnten auch zwischen 2016 und 2021 ihre Emissionen weiter reduzieren, jedoch nicht im gleichen Ausmass und auf unterschiedlichem Niveau je nach Betrieb (Durchschnitt: plus 2%, Median: minus 2%). Die ursprünglichen Betriebe verringerten allerdings bereits in den 4 Jahren vor dem Ressourcenprojekt ihre Emissionen, im Schnitt ebenfalls um ca. 3%. Aus methodischen Gründen können diese Resultate nicht für den Vergleich beigezogen werden (Kapitel 2.8).
- Ein Vergleich der Resultate mit der Massnahmenumsetzung pro Betrieb zeigt, dass die Betriebe mit einer Zunahme an Emissionen in der zweiten oder dritten Bilanzierung grundsätzlich dieselben Massnahmen und dieselbe Anzahl an Massnahmen implementieren wie Betriebe, die Reduktionserfolge aufweisen (Abbildung 9). Entscheidend für die Veränderung der THG auf den Betrieben ist die Art und Weise der Massnahmenumsetzung und ob Massnahmen gewählt werden, die an den wichtigen Hebeln im Betrieb ansetzen. Zur Diskussion der Umsetzung von Massnahmen in der Praxis bietet sich ein Austauschformat zwischen den Betrieben, z.B. Arbeitskreise auf den Betrieben, an. In einer Betriebsbesichtigung und im Dialog kann die konkrete Umsetzung einer Massnahme auf einem Betrieb angeschaut und diskutiert werden (vgl. Kapitel 7.4.2). So können die Betriebe untereinander lernen und von den positiven und negativen Erfahrungen lernen.

Gleiche Massnahmenumsetzung bei Betrieben mit einer Zunahme und einer Reduktion an THG

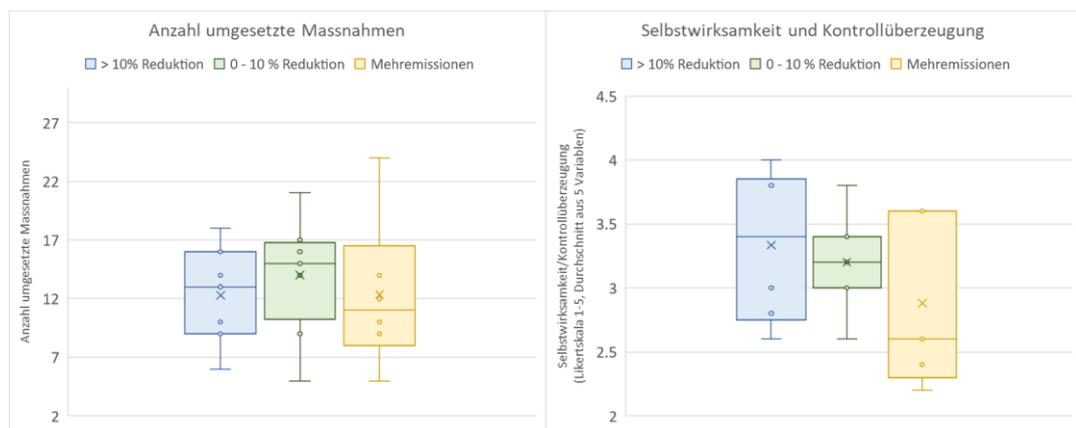


Abbildung 9. Anzahl umgesetzte Massnahmen und Selbstwirksamkeit/Kontrollüberzeugung von Betrieben, deren THG-Emissionen zwischen B1 und B3_{korrt} um mehr als 10% gesunken sind (blau), unverändert sind oder bis 10% gesunken sind (grün) und seit der Erstabbilanzierung gestiegen sind (gelb). Selbstwirksamkeit/Kontrollüberzeugung zeigen einen Mittelwert aus 5 Variablen, die im Rahmen der Umfrage von C. Kreft (vgl. Kapitel 6.1) pro Betrieb erhoben wurden.

Tendenziell kleinere Selbstwirksamkeit/Kontrollüberzeugung bei Betrieben mit Mehremissionen

- Ein Vergleich der Bilanzierungsergebnisse mit den Resultaten aus der Begleitforschung der ETH Zürich zeigt, dass die Selbstwirksamkeit und

Kontrollüberzeugung (Definitionen in Kapitel 6.1.3) bei Betrieben mit Mehremissionen im Schnitt tiefer sind als bei Betrieben mit Reduktionserfolgen (Abbildung 9). Die analysierten Daten zeigen allerdings nur eine Tendenz auf und zeigen aufgrund der kleinen Stichprobe (nur AgroCO₂ncept Betriebe) keine statistisch signifikanten Differenzen. Die im Projekt beobachtete Tendenz wird allerdings durch statistisch signifikante Resultate einer grösseren Stichprobe bestätigt (vgl. Kapitel 6.1.3).

Mineraldünger-einsatz und Futtermittelkauf wirken sich stark auf das Betriebsresultat aus.

- Zusammenfassend zeigt sich, dass viele Betriebe mit einer Zunahme der Emissionen im Jahr 2021 mehr Futter zukaufen und/oder höhere Mengen an Mineraldünger einsetzen. Ein erhöhter Einsatz von Mineraldünger oder von zugekauften Futtermitteln wirkt sich nicht nur direkt auf die THG-Bilanz, sondern auch indirekt auf die totalen Emissionen der Böden aus, da mehr Stickstoff von ausserhalb des Betriebs eingebracht wird. Die indirekten Emissionen aus den Böden erhöhen sich in der Folge, sofern die Stickstoff-Entnahme durch Kulturen nicht Schritt halten kann.
- Ein häufiger Grund für die Verbesserung der Treibhausgasbilanzen stellte die Kohlenstoffspeicherung dar. Die Kohlenstoffspeicherung konnte auf vielen Betrieben dank mehr Zwischenfruchtanbau oder Änderungen im Bodenbearbeitungsmanagement (z.B. Direktsaat) erhöht werden.
- Die Schwankungen der Emissionen zwischen den Jahren 2015, 2018 und 2021 (Abbildung 10 und Abbildung 11) widerspiegeln die Problematik der Bilanzierungen von Stichjahren (vgl. Kapitel 5.2 und Kapitel 7). Die klimatischen Bedingungen (Trockenheit oder Nässe) können die Bemühungen zur THG-Reduktion in einem aussergewöhnlichen Jahr stark beeinflussen.

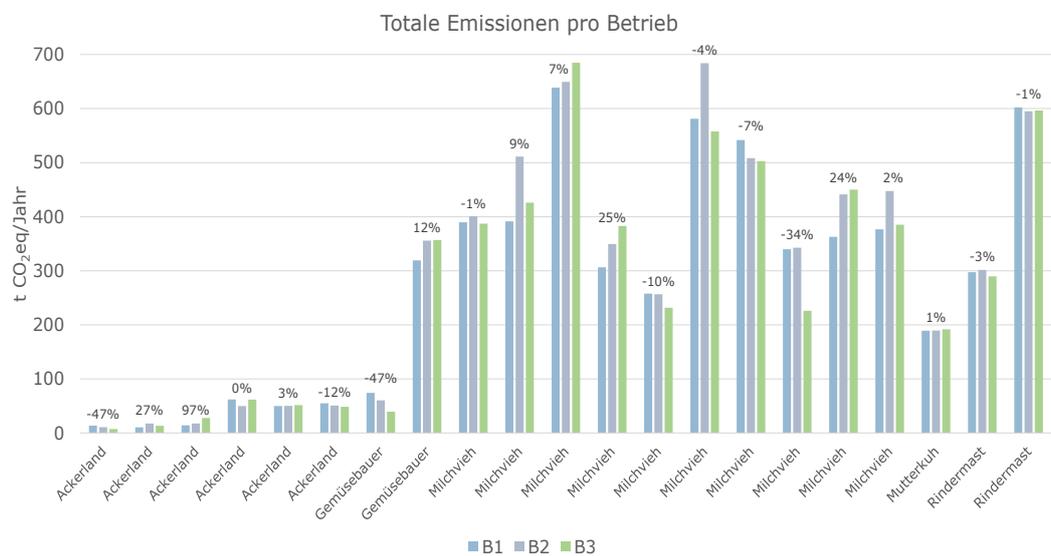


Abbildung 10. Veränderung der THG-Emissionen der einzelnen Betriebe. B1 = 1. Bilanzierung (2015), B2 = 2. Bilanzierung (2018), B3= 3. Bilanzierung (2021).

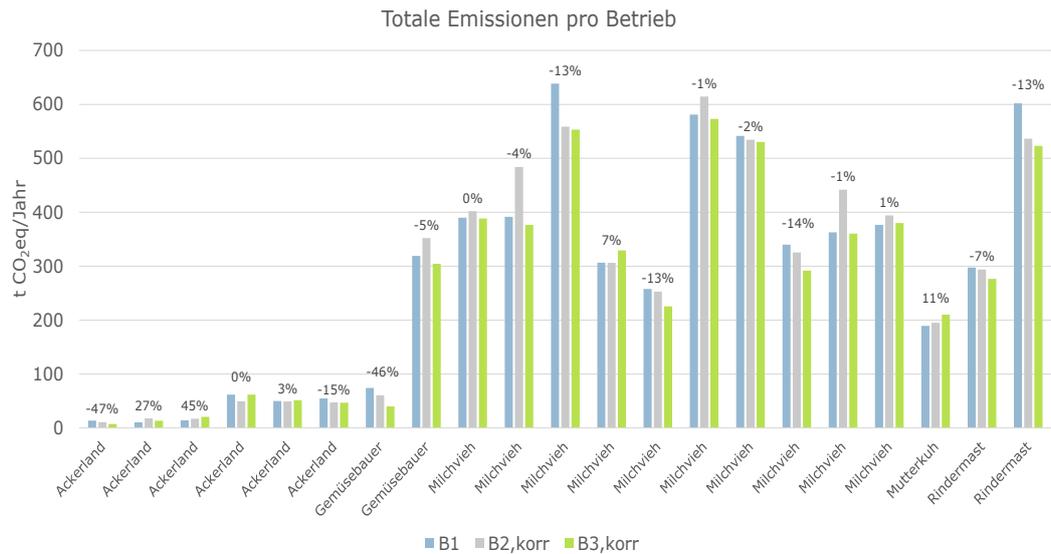


Abbildung 11. Veränderung der korrigierten THG-Emissionen der einzelnen Betriebe. B1 = 1. Bilanzierung (2015), B2_{korr} = 2. Bilanzierung korrigiert um Wachstumseffekte (2018), B3_{korr} = 3. Bilanzierung korrigiert um Wachstumseffekte (2021).

THG-Einsparungen können ohne Reduktion des Outputs erzielt werden

Zwischen 2015 und 2021 veränderten sich nicht nur die THG-Emissionen der Betriebe, sondern auch ihr Energieoutput, das heisst, die Erträge und Mengen an produzierten Nahrungsmitteln. Entsprechend ergaben sich unterschiedliche Veränderungen in der THG-Intensität (Tabelle 6):

- 12 Betriebe konnten ihre THG-Intensität verbessern, das heisst, die Emissionen pro Energieoutput insgesamt reduzieren. Die grösste erzielte Reduktion beträgt 59% der THG-Emissionen pro GJ produzierter Energie pro Jahr. Die restlichen Betriebe konnten ihre THG-Intensität nicht verbessern oder weisen grössere Emissionen pro produzierter Energieeinheit auf.
- Einsparungen in den THG-Emissionen konnten ohne substantielle Verluste des Energieoutputs erzielt werden.
- Die Verbesserung der THG-Intensität korreliert nicht für alle Betriebe mit der Reduktion der Emissionen. Drei Betriebe emittierten, korrigiert um Wachstumseffekte, mehr THG als im Referenzjahr, steigerten aber ihre Produktivität überproportional, so dass sich ihre THG-Intensität entsprechend verbesserte. Fünf Betriebe konnten ihre THG-Emissionen verringern, jedoch büssten sie beim Energieoutput ein, weshalb ihre THG-Intensität abnahm.

Eine Verbesserung der THG-Intensität ist insofern positiv, als dass sie auf klimafreundlichere Prozesse und Strukturen hindeutet. Allerdings weisen solche Verbesserungen bei gleichzeitiger Steigerung des Outputs absolut oft negative Effekte auf, da insgesamt die Emissionen trotzdem steigen. Gleichermassen kann eine geringfügige Verschlechterung in der Intensität bei substantieller Reduktion des Energieoutputs positive absolute Effekte auf das Klima haben. Zur Beurteilung des Klimaeffektes ist es folglich sinnvoll, sowohl die Veränderungen in den absoluten Emissionen als auch in der THG-Intensität der Produktion zu betrachten (vgl. Kapitel 2.8).

Tabelle 6. Prozentuale Veränderungen der THG-Emissionen (Vergleich B1 zu B3 und B1 zu B3_{korrr} in CO₂eq), des Energieoutputs (Vergleich B1 zu B3 in GJ/Jahr) und der THG-Intensität (Vergleich B1 zu B3 in CO₂eq /GJ*Jahr) der einzelnen Betriebe zwischen dem Jahr 2015 und dem Jahr 2021.

Betrieb	THG-Emissionen	THG-Emissionen _{korrr}	Energieoutput	THG-Emissionen/Energie
Ackerland	-47%	-47%	20%	-55%
Ackerland	27%	27%	-1%	28%
Ackerland	97%	45%	26%	57%
Ackerland	0%	0%	-4%	4%
Ackerland	3%	3%	73%	-40%
Ackerland	-12%	-15%	-23%	15%
Gemüsebau	-47%	-46%	31%	-59%
Gemüsebau	12%	-5%	-11%	26%
Milchvieh	-1%	0%	55%	-36%
Milchvieh	9%	-4%	-10%	21%
Milchvieh	7%	-13%	11%	-3%
Milchvieh	25%	7%	57%	-21%
Milchvieh	-10%	-13%	42%	-37%
Milchvieh	-4%	-1%	32%	-27%
Milchvieh	-7%	-2%	-13%	7%
Milchvieh	-34%	-14%	-14%	-23%
Milchvieh	24%	-1%	-25%	65%
Milchvieh	2%	1%	18%	-13%
Mutterkuh	1%	11%	-29%	42%
Rindermast	-3%	-7%	5%	-7%
Rindermast	-1%	-13%	29%	-23%

4.3 Reduktion der Treibhausgase auf Betriebszweigebeine

Alle Betriebe des Vereins AgroCO₂ncept haben zusätzlich zu ihrem Betriebsschwerpunkt weitere Betriebszweige. Die Aufteilung der Emissionen auf die einzelnen Betriebszweige ermöglicht einen direkten Vergleich der Emissionen und THG-Intensität der Betriebe, der auf Betriebsebene auf Grund der unterschiedlichen Strukturen nur schwer möglich ist. Nachfolgend werden Resultate für die Betriebszweige Ackerbau (17 Betriebe), Milchvieh (10 Betriebe) und Rindermast/Mutterkuhhaltung (6 Betriebe) gezeigt. Die weiteren Betriebszweige (z.B. Gemüsebau, Erwerbsobstbau, Weinbau) werden auf Grund einer geringen Anzahl an Vergleichsmöglichkeiten an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt.

Grösste THG-Einsparungen im Bereich Ackerbau

Tabelle 7 zeigt einen Überblick über die Veränderung der Emissionen in den drei Betriebszweigen:

- Die höchsten Emissionen fielen im Betriebszweig Milchvieh an, gefolgt von der Rindermast/Mutterkuhhaltung. Im Betriebszweig Ackerbau fielen rund zehn Mal tiefere Emissionen an als in der Milchproduktion.

- Die THG-Emissionen pro produzierter Energieeinheit waren im Ackerbau am geringsten und in der Rindvieh-/Mutterkuhhaltung am grössten.
- Im Ackerbau konnte eine THG-Reduktion von 4% erzielt werden. Korrigiert um Wachstumseffekte wurden die THG-Emissionen um 18% reduziert. In der Milchviehhaltung nahmen die Emissionen im Median mit 10%, respektive 1% bei einer Korrektur um Wachstumseffekte, leicht zu. Im Betriebszweig Rindermast/Mutterkuh blieben die Emissionen fast konstant, doch korrigiert um Wachstumseffekte zeigt sich eine Erhöhung um 9%.
- Intensitätssteigerungen (THG-Ausstoss pro Energieoutput) konnten in den Betriebszweigen Milchvieh (12%) und Ackerbau (13%) erzielt werden. In der Rindvieh-/Mutterkuhhaltung resultierte ein Anstieg der Emissionen pro Energie hauptsächlich aufgrund eines Betriebs, dessen THG-Intensität sich verschlechterte.

Tabelle 7. Übersicht über die Mediane der Netto-Emissionen und der THG-Intensität pro Betriebszweig.

Betriebszweig	Netto-Emissionen (t CO ₂ eq/Jahr)			THG-Intensität (t CO ₂ eq/GJ Jahr)	
	B1	B3	B3 _{korr}	B1	B3
Ackerbau	28	27	23	0.015	0.013
Milchvieh	352	388	354	0.244	0.214
Rindermast/ Mutterkuh	156	153	170	0.466	0.497

4.3.1 Betriebszweig Ackerbau

9 Betriebe mit Reduktionen, 6 davon um mehr als 10%. 3 Betriebe mit über 30% Zusatzemissionen

18 der Betriebe betreiben Ackerbau auf durchschnittlich 17 ha pro Betrieb. Absolut wurden auf den Ackerflächen im Jahr 2021 22 t CO₂eq mehr ausgestossen als im Jahr 2015. Unter Berücksichtigung des Flächenwachstum allerdings konnten gesamthaft 65 t CO₂eq eingespart werden. Die Veränderungen in den THG-Emissionen zwischen den Betrieben variierten viel stärker als in den anderen Betriebszweigen (Abbildung 12 und Abbildung 13):

Korrigiert um Wachstumseffekte: 12 Betriebe mit Reduktionen, 9 davon über 10%. 3 Betriebe mit über 30% Zusatzemissionen

- Insgesamt konnten 9 Betriebe ihre Emissionen im Ackerbau senken, 6 davon um mehr als 10%, 3 davon zwischen 0% und 10%. Demgegenüber stehen 9 Betriebe, deren Emissionen zwischen 4% und 86% anstiegen.
- Korrigiert um Wachstumseffekte konnten 12 Betriebe ihre Emissionen im Ackerbau senken, 9 davon um mehr als 10%, 3 davon zwischen 0% und 10%. Demgegenüber stehen 6 Betriebe, deren Emissionen unter Berücksichtigung der Wachstumsprozesse zwischen 1% und 52% anstiegen.

Auf Grund der generell tieferen Emissionen im Betriebszweig Ackerbau können kleine Veränderungen in den absoluten Emissionen zu grossen prozentualen Veränderungen führen (z.B. bei einem Betrieb mit 35% Zusatzemissionen beträgt der absolute Anstieg 5 t CO₂eq).

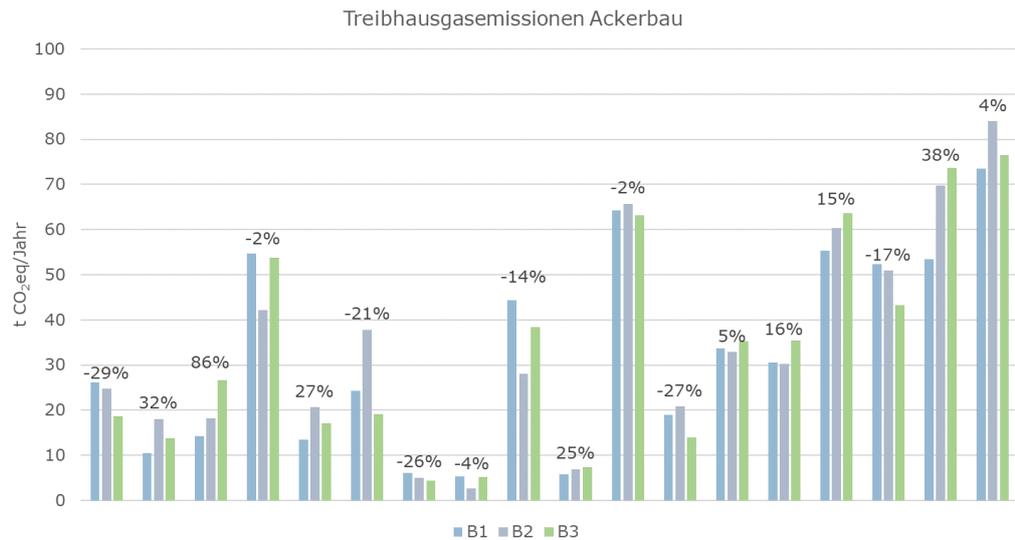


Abbildung 12. Veränderung der THG-Emissionen der Betriebe im Betriebszweig Ackerbau zum Basisjahr 2015. B2 = 2. Bilanzierung (2018), B3 = 3. Bilanzierung (2021).

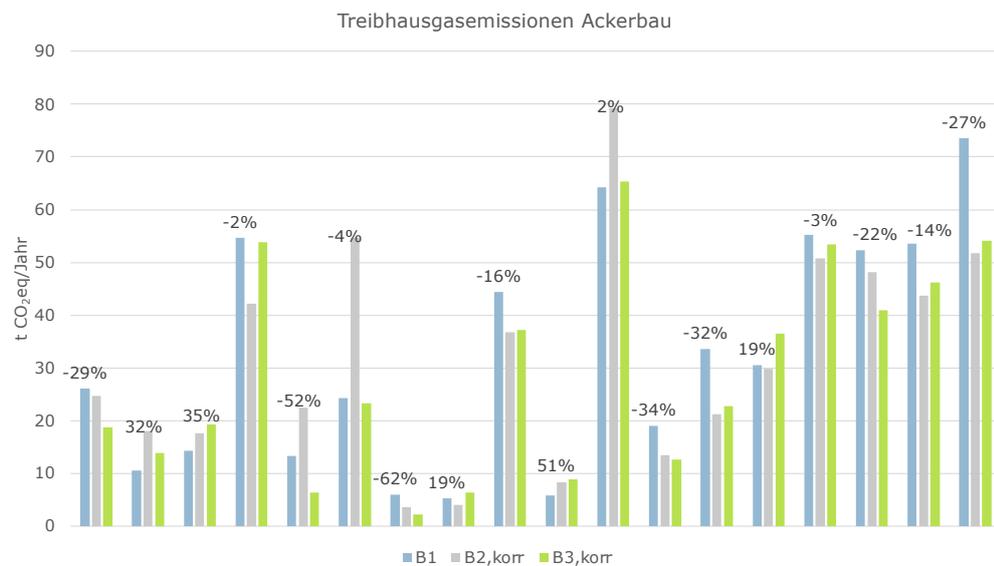


Abbildung 13. Veränderung der korrigierten THG-Emissionen der Betriebe im Betriebszweig Ackerbau zum Basisjahr 2015. B2_{korr} = 2. Bilanzierung korrigiert um Wachstumseffekte (2018), B3_{korr} = 3. Bilanzierung korrigiert für Wachstumseffekte (2021).

Wichtige Massnahmen: Bodenbedeckung, Düngermanagement

Durch das Zusammenspiel mehrerer Massnahmen konnten bei einigen Betrieben gute Einsparungen im Ackerbau erzielt werden. So konnten z.B. durch eine Kombination der Massnahmen Sicherstellung der Bodenbedeckung und Optimierung des Düngereinsatzes auf einigen Betrieben die direkten und indirekten Emissionen der Böden gesenkt und die CO₂-Speicherung erhöht werden. Aufgrund fehlender wissenschaftlicher Grundlagen wird die Wirkung der Massnahmen Humusaufbau durch Kompost, Bewirtschaftung der Ernterückstände und Einbringen von Pflanzenkohle (noch) nicht im ACCT abgebildet (vgl. Kapitel 2.3). Kapitel 6.2 zeigt, dass diese Annahme für die relativ kurze Projektlaufzeit gerechtfertigt ist.

Anstieg Mineraldüngereinsatz und Emissionen aus Böden verursachen Zusatzemissionen

Die einzelbetrieblichen Bilanzen zeigen die primären Gründe für die prozentual stark gestiegenen Emissionen im Ackerbau. Alle Betriebe mit zusätzlichen Emissionen bei den korrigierten Werten wiesen einen höheren Mineraldüngereinsatz im Jahr 2021 als im Jahr 2015 auf und begründeten dies mit den erschwerten klimatischen Bedingungen (vgl. Kapitel 3.3.3). Ebenfalls stiegen in der Folge bei der Mehrzahl dieser Betriebe die direkten Emissionen aus den Böden an. Insbesondere in Jahren mit trockeneren oder nasserem Sommern als der langjährige Durchschnitt kann ein verstärkter Mineraldüngereinsatz die indirekten Emissionen aus den Böden erhöhen.

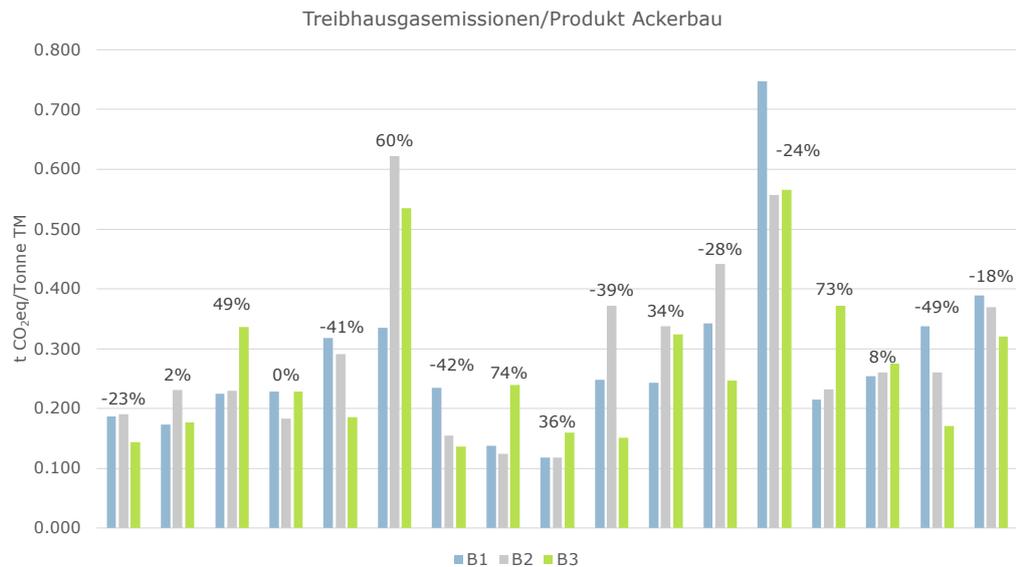


Abbildung 14. Veränderung der THG-Intensität der Betriebe im Betriebszweig Ackerbau. B1 = 1. Bilanzierung (2015), B2 = 2. Bilanzierung (2018), B3 = 3. Bilanzierung (2021).

7 Betriebe mit über 20% besserer THG-Effizienz

Abbildung 14 zeigt die Veränderungen der THG-Intensität der Betriebe im Betriebszweig Ackerbau:

- Die THG-Emissionen pro Tonne Trockenmaterial lagen bei vielen Betrieben um 0.2 t CO₂eq/Jahr.
- Bei 5 Betrieben war die THG-Intensität und die Emissionen pro Produkt deutlich höher. Diese Unterschiede können auf unterschiedlichen Kulturen zurückzuführen sein.
- 8 Betriebe konnten ihre THG-Intensität gegenüber 2015 verbessern, 7 davon um über 20%.
- Demgegenüber stehen 8 Betriebe, deren THG-Intensität der Produktion zum Teil stark zunahm. Dies ist hauptsächlich auf den nassen Sommer im Jahr 2021 und die damit verbundenen Ernteauffälle zurückzuführen. Bei zwei Betrieben blieb die TGH-Intensität nahezu konstant.
- Mit der Ausnahme von vier Betrieben korreliert in diesem Betriebszweig der Anstieg der THG-Intensität mit dem Anstieg der THG-Emissionen. Bei einem Betrieb stiegen die Emissionen, aber der Ertrag konnte markant gesteigert werden. Die anderen

drei Betriebe konnten die THG-Emissionen zwar senken, gleichzeitig nahm aber auch die Produktivität ab.

4.3.2 Betriebszweig Milchproduktion

5 Betriebe mit Reduktionen bis 38%. 5 Betriebe mit zusätzlichen Emissionen bis 36%

Korrigiert um Wachstumseffekte: 6 Betriebe mit Reduktionen bis 13%. 4 Betriebe mit zusätzlichen Emissionen bis 9%

10 der analysierten Betriebe produzieren Milch mit durchschnittlich 68 GVE/Betrieb. Im Vergleich zum Jahr 2015 wurden 2021 insgesamt 63 CO₂eq mehr ausgestossen. Wird das Herdenwachstum berücksichtigt konnten allerdings 104 t CO₂eq eingespart werden. Die Resultate zeigen, dass es im Bereich der Milchviehhaltung im Vergleich zum Ackerbau schwieriger ist, in relativ kurzer Zeit substanzielle THG-Reduktionen zu erzielen

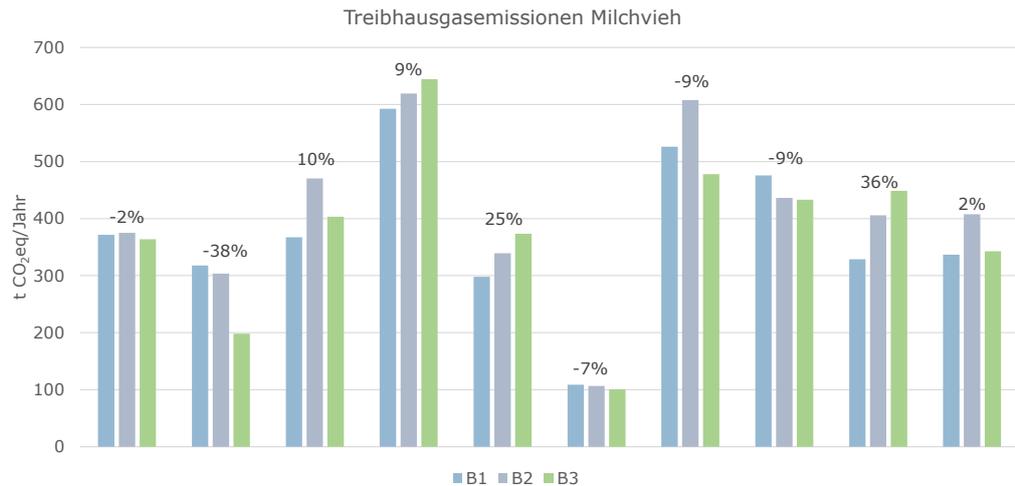


Abbildung 15 und Abbildung 16):

- Insgesamt konnten 5 Betriebe ihre Emissionen reduzieren, maximal um 38%. Bei den restlichen 5 Betrieben stiegen die Emissionen leicht an, maximal um 36%.
- Korrigiert um Wachstumseffekte konnten 6 Betriebe ihre Emissionen reduzieren, maximal um 13%. Bei den restlichen 4 Betrieben stiegen die Emissionen um maximal 9% .
- Die unterschiedliche Höhe der absoluten Emissionen ist primär durch die Anzahl GVE zu erklären.

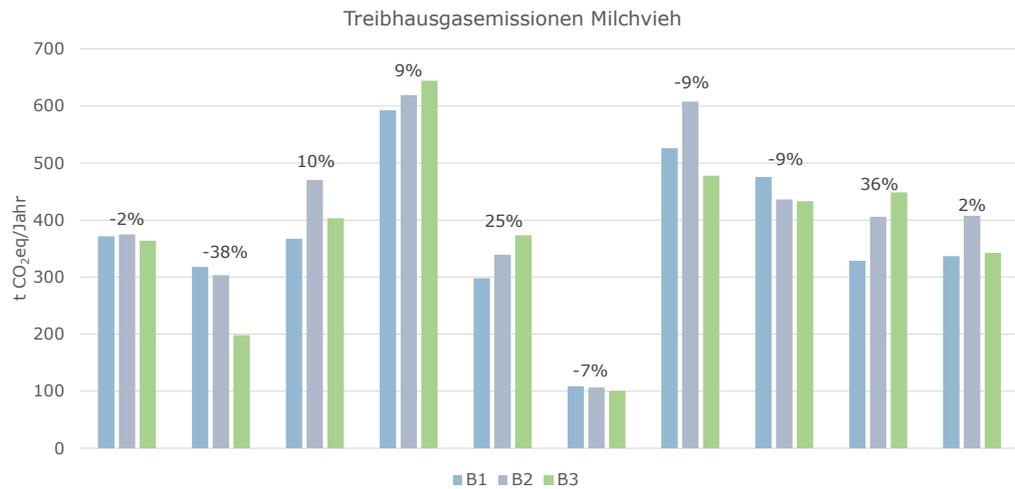


Abbildung 15. Veränderung der THG-Emissionen der Betriebe im Betriebszweig Milchproduktion im Vergleich zum Basisjahr 2015. B2 = 2. Bilanzierung (2018), B3 = 3. Bilanzierung (2021).

Futterzukauf einer der Hauptgründe für erhöhte Emissionen

Die einzelbetrieblichen Bilanzen zeigen, dass der primäre Grund für die zusätzlichen Emissionen der Betriebe der Zukauf und Einsatz von zusätzlichen Futtermitteln war. Bei starker Trockenheit wie im Jahr 2018 sinkt der Futterertrag. In sehr nassen Jahren wie 2021 hingegen, sinkt die Futterqualität (Heu, Gras, Silage, Mais, etc.), was mit Zukäufen oder einer Reduktion der Tierzahl kompensiert werden kann. Je nach Betriebsorganisation, sowie den aktuellen Preisen für Milch, Schlachtung, Nutztiere und Futter, macht das eine oder andere mehr Sinn. Kurzfristig wurden aber meist Futtermittel aus dem Ausland zugekauft.

Fütterungsplanung und Hofdüngermanagement als erfolgreiche, kurzfristig greifende Massnahmen

Aus den einzelbetrieblichen Bilanzen wird zudem ersichtlich, dass die Fütterungsplanung und damit verbunden eine Reduktion des Futtermittelzukaufs, die zentrale, auf die 6-jährige Umsetzungsperiode greifende Massnahme im Bereich der Milchproduktion war. Ausserdem setzten die Betriebe mit Reduktionserfolgen tendenziell mehr Massnahmen im Bereich des Hofdüngermanagements um. Weitere Massnahmen, insbesondere auch das Herdenmanagement, sind mit einer längeren Umsetzungsdauer verbunden.

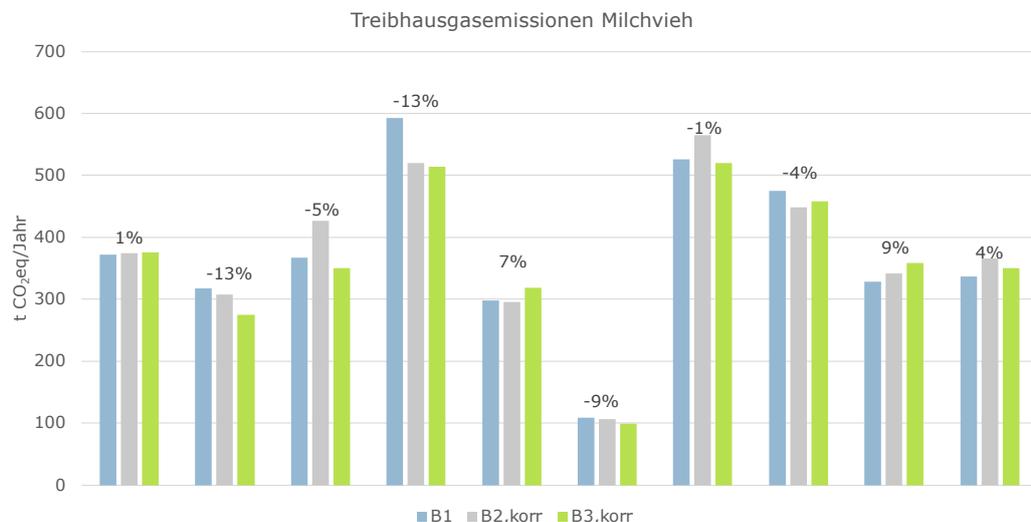


Abbildung 16. Veränderung der korrigierten THG-Emissionen der Betriebe im Betriebszweig Milchproduktion im Vergleich zum Basisjahr 2015. $B2_{korrr} = 2$. Bilanzierung korrigiert um Wachstumseffekte (2018), $B3_{korrr} = 3$. Bilanzierung korrigiert um Wachstumseffekte (2021).

9 Betriebe mit Effizienzsteigerungen zwischen 1% und 16%

Abbildung 17 zeigt die Veränderungen in der THG-Intensität der Betriebe im Betriebszweig Milchproduktion:

- Die THG-Emissionen pro 1000 Liter Milch lagen bei vielen Betrieben um 0.8 tCO₂eq/Jahr. Nicht berücksichtigt ist allerdings in dieser Berechnung, dass in der Milchproduktion auch das Koppelprodukt Fleisch anfällt. Die Emissionen im Betriebszweig wurden vollumfänglich der Milch verbucht. Aus heutiger Perspektive ist klar, dass die Allokation der Emissionen auf die zwei Produkte wichtig ist, insbesondere, wenn man die Klimabelastung der Produkte vergleichen möchte (z.B. Köke et al. 2021). Das Projekt AgroCO₂ncept verfolgte aber seit Beginn nicht das Ziel, klimatische Fussabdrücke von Produkten zu ermitteln oder vergleichen, sondern die Reduktionserfolge innerhalb eines Betriebes zu messen (vgl. Kapitel 2.1).
- 9 Betriebe konnten ihre THG-Intensität gegenüber 2015 um zwischen 1% und 16% verbessern. Ein Betrieb verschlechterte sich um 6%. Die Betriebe mit der grössten Verbesserung in der THG-Intensität hatten zwar im Jahr 2021 höhere absolute THG-Emissionen im Vergleich zum Basisjahr, konnten die produzierte Milchmenge aber signifikant steigern.

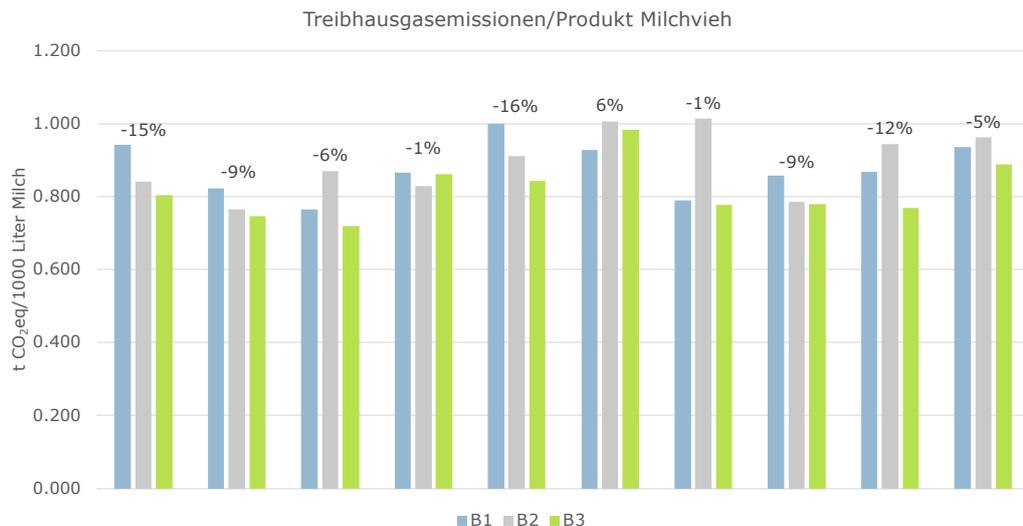


Abbildung 17. Veränderung der THG-Intensität der Betriebe im Betriebszweig Milchproduktion. $B1 = 1$. Bilanzierung (2015), $B2 = 2$. Bilanzierung (2018), $B3 = 3$. Bilanzierung (2021).

4.3.3 Betriebszweig Rindermast/Mutterkuhhaltung

5 Betriebe mit Reduktionen bis 12%. Ein Betrieb mit um 2% erhöhten Emissionen.

6 der analysierten Betriebe produzieren Fleisch mit rund 30 GVE/Betrieb, wobei ein Betrieb mit 125.96 GVE deutlich grösser ist. 4 der Betriebe betreiben Rindermast und 2 betreiben Mutterkuhhaltung. Die absoluten Emissionen konnten in diesem Betriebszweig zwischen 2015 und 2021 um 39 t CO₂eq gesenkt werden, korrigiert für das Wachstum der Herden sogar um 61 t CO₂eq. Abbildung 18 und Abbildung 19 zeigen die unterschiedlichen Reduktionserfolge der Betriebe:

Korrigiert um Wachstumseffekte:

3 Betriebe mit Reduktionen bis 12%. 3 Betriebe mit maximal 19% erhöhten Emissionen

- Insgesamt konnten 5 Betriebe ihre THG-Emissionen zwischen 2 und 12% reduzieren. Ein Betrieb emittierte 2021 2% mehr THG-Emissionen als 2015.
- Unter Berücksichtigung der Wachstumsprozesse konnten 3 Betriebe ihre THG-Emissionen zwischen 8 und 12% reduzieren. Die anderen 3 Betriebe emittierten 2021 mehr THG als 2015, mit einer Erhöhung zwischen 4 und 19%.
- Die unterschiedliche Höhe der absoluten Emissionen wird primär durch die Anzahl GVE erklärt.

Die zusätzlichen Emissionen der Betriebe sind nicht so eindeutig auf wenige Faktoren zurückzuführen wie bei den anderen Betriebszweigen. So nahmen beim ersten Betrieb die Emissionen aufgrund der Fermentation und des Hofdüngermanagements zu, beim zweiten Betrieb stiegen die Emissionen aufgrund des Dieserverbrauchs und beim dritten Betrieb nahm die Kohlenstoffspeicherung ab.

Fütterungsplanung und Optimierungen im Stall- und Hofdüngermanagement als erfolgreiche Massnahmen

Die einzelbetrieblichen Bilanzen zeigen, dass die Reduktionserfolge der 3 Betriebe in diesem Betriebszweig auf einer Abnahme der Emissionen in der Fermentation, dem Stallmanagement und dem reduzierten Zukauf an Dünger und Futtermitteln basieren. Dazu setzen die Betriebsleitenden auf eine Kombination von Fütterungsplanung und diversen Massnahmen im Bereich der Verbesserung des Hofdüngermanagements (z.B. Flüssigmistsysteme, Güllelager im Boden, Belüftung der Gülle).

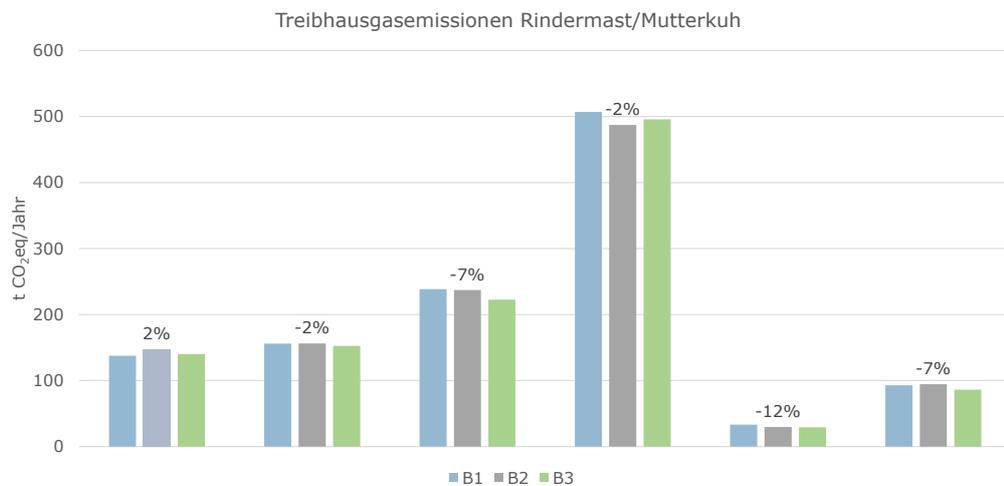


Abbildung 18. Veränderung der THG-Emissionen der Betriebe im Betriebszweig Fleischproduktion im Vergleich zum Basisjahr 2015. B2 = 2. Bilanzierung (2018), B3 = 3. Bilanzierung (2021).

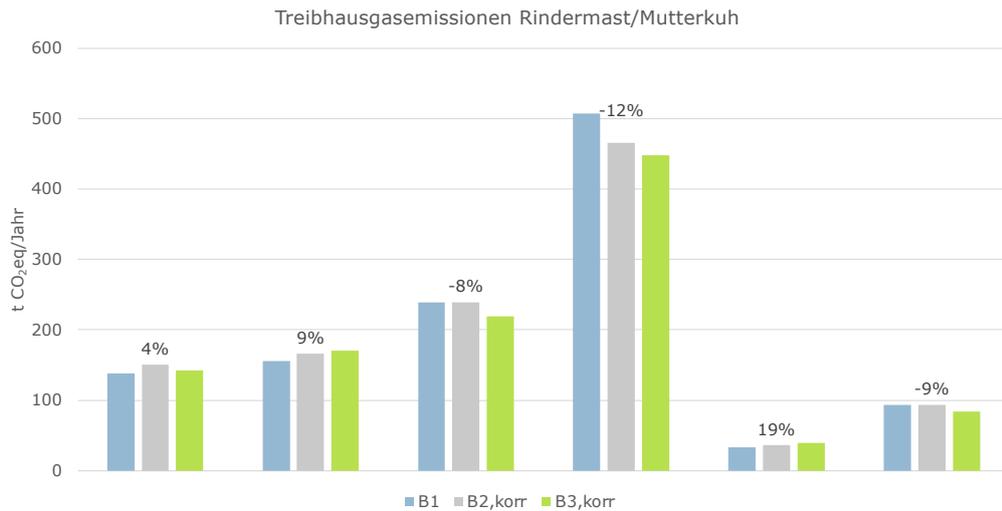


Abbildung 19. Veränderung der korrigierten THG-Emissionen der Betriebe im Betriebszweig Fleischproduktion im Vergleich zum Basisjahr 2015. $B2_{korr} = 2$. Bilanzierung korrigiert um Wachstumseffekte (2018), $B3_{korr} = 3$. Bilanzierung korrigiert um Wachstumseffekte (2021).

5 von 6 Betrieben mit Verbesserungen in der THG-Effizienz zwischen 5%

Abbildung 20 zeigt die Veränderungen in der THG-Intensität der Betriebe im Betriebszweig Rindermast/Mutterkuhhaltung:

- Die THG-Intensität der Produktion unterscheidet sich stark zwischen den einzelnen Betrieben. 2 Betriebe wiesen relativ geringe Emissionen von (unter) 0.34 t CO₂eq/100kg Lebendgewicht auf. 2 Betriebe wiesen fast doppelt so hohe Emissionen im Bereich von 0.5 - 0.7 t CO₂eq/100 kg Lebendgewicht auf. Zwei weitere Betriebe wiesen eine noch ungünstigere THG-Intensität von knapp 0.8 - 0.9 t CO₂eq/100 kg Lebendgewicht auf.
- 5 der 6 Betriebe konnten ihre THG-Intensität gegenüber 2015 zwischen 5% und 11% verbessern. Bei einem Betrieb verschlechterte sich die THG-Intensität um 16% trotz geringerer effektiver THG-Emissionen, da die Fleischproduktion signifikant gesunken war.

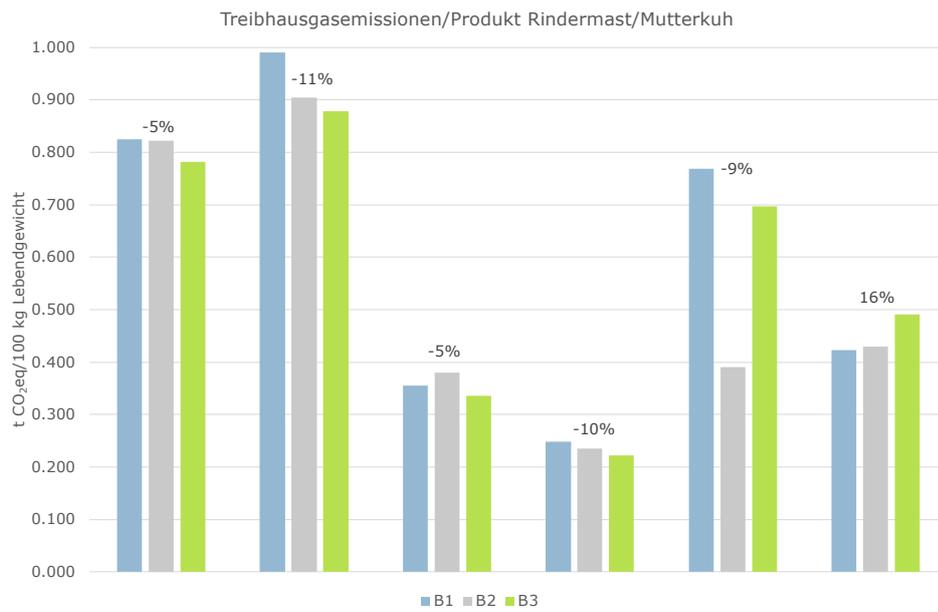


Abbildung 20. Veränderung der THG-Intensität der Betriebe im Betriebszweig Rindermast/Mutterkuh. B1 = 1. Bilanzierung (2015), B2 = 2. Bilanzierung (2018), B3 = 3. Bilanzierung (2021).

4.4 Massnahmenumsetzung

Meistimplementierte Massnahmen im Pflanzenbau

Im Projekt AgroCO₂ncept konnten die Betriebsleitenden aus dem gesamten Massnahmenkatalog diejenigen Massnahmen auswählen, welche explizit zu ihrem Betriebskonzept und ihrer individuellen Ausgangslage passen.

Abbildung 21 zeigt, dass alle Massnahmen ausser die Massnahme F1 (Biogasanlage) von mindestens einem Betrieb umgesetzt wurden. Da fast alle Betriebe als Haupt- oder Nebenerwerbszweig Ackerbau betreiben, wurden generell am meisten Massnahmen im Pflanzenbau (G, H, I- Massnahmen) implementiert. In Tabelle 14 im Anhang 9.2 ist zudem die Massnahmenumsetzung pro Betrieb über die ganze Projektzeit zusammengefasst.

Vom BLW geförderte Massnahmen häufiger umgesetzt

Gemessen an der auf Grund der Betriebsstrukturen maximal möglichen Beteiligung (vgl. Tabelle 11) wird eine Massnahme von durchschnittlich 37% der Vereinsmitglieder umgesetzt. Die im Ressourcenprojekt unterstützten Massnahmen werden mit 48% häufiger umgesetzt. Die Betriebe, die seit 2012 im Projekt dabei sind, setzen dabei nicht mehr Massnahmen um als jene, die ab 2016 dazu gestossen sind.

In Beratung thematisierte Massnahmen werden angegangen

Massnahmen, die die Kohlenstoffspeicherung im Boden fördern, sind sehr beliebt. So zählen die Sicherstellung der Bodenbedeckung, die Bewirtschaftung von Ernterückständen und die Einbringung von Pflanzenkohle zu den meistumgesetzten Massnahmen. Ausserdem zeigt die gesamtheitliche CO₂-Beratung Wirkung (vgl. Kapitel 5.3): Massnahmen mit grossem Reduktionspotenzial, die in den Gesprächen mit den Betriebsleitenden ausführlich diskutiert wurden (z.B. Herdenmanagement, Düngereinsatz) werden von vielen Betrieben angegangen. Auch Massnahmen im Energiebereich, welche sehr einfach umgesetzt werden können, werden von vielen Betrieben implementiert (z.B. Wartung von Maschinen oder generelle Energiesparmassnahmen, vgl. auch Kapitel 5.1.2).

Für die Umsetzung der Massnahme B1 (Herdenmanagement), an welcher 9 Betrieben teilnahmen, wurden im Gegensatz zu den übrigen Massnahmen zusammen mit den Beratern vom Strickhof individuelle Ziele für die Lebensleistung, das Erstkalbealter und die Laktationszahl pro Betrieb für die Jahre 2018 und 2021 vereinbart. Nach der ersten Kontrolle der Zielerreichung im Jahr 2018 wurden die Ziele für das Jahr 2021 nochmals geringfügig angepasst (siehe Tabelle 8). Zusätzlich zum Ziel der Lebensleistung durfte der Kraftfutterverbrauch im Vergleich zu 2015 nicht angestiegen sein. Tabelle 9 führt die Zielerreichung der Massnahme B1 auf. Obwohl die Ziele wenig ambitioniert waren, um signifikante Änderungen im Herdenmanagement herbeizuführen und grosse Einsparungen an THG zu erzielen, konnten dennoch jeweils nur ein Betrieb alle drei Ziele erreichen. Insgesamt nahm die Anzahl erreichter Ziele zwischen dem Jahr 2018 und 2021 nochmals ab. Die Betriebsleiter waren also trotz hohen Bonuszahlungen von bis zu 6000 CHF (vgl. auch Kapitel 4.6) nicht bereit, im Herdenmanagement relevante Änderungen vorzunehmen. Ein Grund dafür könnten die Marktbedingungen mit hohen Fleischpreisen während der Projektdauer sein, welche entgegengesetzte Anreize zu hohen Laktationszahlen und Lebensleistungen setzten (vgl. Kapitel 5.1.1).

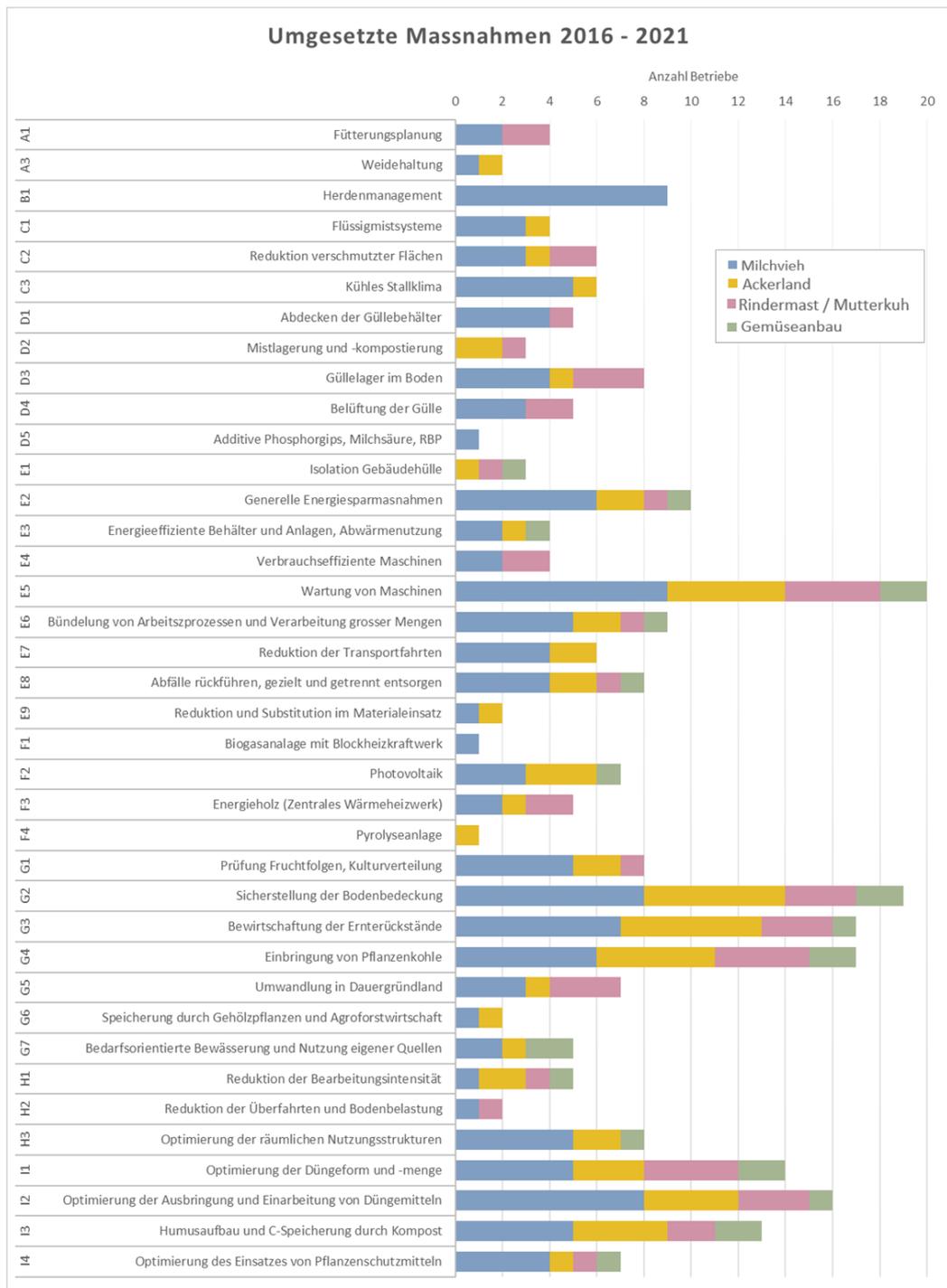


Abbildung 21. Auf den Betrieben zwischen 2016 und 2021 umgesetzte Massnahmen. Im Rahmen des Ressourcenprojektes finanzierte Massnahmen sind A1, B1, E4, E5, G2, G3, G4, G5, G7, H2, I1 und I3.

Table 8. Ausgangslage und Ziele der Massnahme B1 (Herdenmanagement)

Ausgangslage 2015				Ziele 2018			Ziele 2021		
Betrieb	Lebensleistung	Erstkalbealter	Laktationszahl	Lebensleistung	Erstkalbealter	Laktationszahl	Lebensleistung	Erstkalbealter	Laktationszahl
2	23'804	27	1.9	25'000	26	2.2	25'000	25	2.5
6	29'900	27	3.04	30'000	26	3.05	32'000	25	3.06
13	22'194	27.2	2.3	24'000	26.5	2.6	28'000	25	3
15	27'813	28	3.04	29'000	27	3.06	30'000	25	3.2
17	26'376	26.4	2.6	28'000	26	2.8	30'000	25	3
18	23'006	28	2.9	25'000	26	3.2	28'000	25	3.5
22	38'799	29	4.7	38'000	27	4.5	40'000	25	4.8
23	29'629	27	3.02	30'000	26	3.03	32'000	25	3.5
24	21'816	31.3	3.3	23'000	30	3.5	27'000	28	4

Table 9. Zielerreichung der Massnahme B1 (Herdenmanagement)

Betrieb	2018					2021				
	Lebensleistung	Lebensleistung / Kraftfutterbedingung erfüllt	Erstkalbealter	Laktationszahl	Anzahl Ziele erfüllt	Lebensleistung	Lebensleistung / Kraftfutterbedingung erfüllt	Erstkalbealter	Laktationszahl	Anzahl Ziele erfüllt
2	20427	Nein	27.5	2.37	1	29'773	Nein	23.9	2.9	2
6	24117	Nein	27.9	2.41	0	29558	Nein	27.5	2.91	0
13	22'183	Nein	26.5	2.74	2	25'410	Nein	25.2	2.5	0
15	24'495	Nein	26.6	3.15	2	30694	Nein	26.8	3.24	1
17	20'733	Nein	26	2.4	1	25'422	Nein	25.3	2.5	0
18	25'637	Ja	27.9	3	2	28'599	Ja	26.4	3.2	1
22	44'539	Ja	27.3	5.16	2	42'274	Nein	26.1	4.9	1
23	31'388	Nein	24.4	3.26	2	39'554	Ja	24.1	3.7	3
24	26'209	Ja	29	4	3	31'544	Ja	29	3.7	1

4.5 Kontrolle der Massnahmenumsetzung

Kontrolle anhand von Kontrollhandbuch und Checkliste

Für die Kontrolle der Massnahmenumsetzung wurden ein Kontrollhandbuch und eine Checkliste ausgearbeitet. Im Kontrollhandbuch ist für jede vom Ressourcenprojekt unterstützte Massnahme aufgeführt, wie die Umsetzung zu belegen ist. Alle Massnahmen wurden so definiert, dass die Kontrollierbarkeit gegeben war. Die Checkliste wurde an alle Betriebe verschickt. Das Kontrollhandbuch und die Checklisten sind im Anhang 9.3 aufgeführt.

Jährliche Anmeldung der Massnahmen durch Betriebsleiter, Kontrolle der Umsetzung durch bio.inspecta und Agrocontrol

Im Herbst jedes Projektjahres wurde den teilnehmenden Betrieben ein Formular zugeschickt, um die umgesetzten Massnahmen anzumelden. Für die Massnahmen A1 (Fütterungsplanung), B1 (Herdenmanagement) und E4 (verbrauchseffiziente Maschinen) wurde zusätzlich zur Anmeldung gemäss dem Kontrollhandbuch eine Dokumentation zur Umsetzung gefordert und von den Beratern vom Strickhof geprüft.

Die Massnahmenumsetzung aller anderen Massnahmen wurde auf den teilnehmenden Betrieben mindestens einmal während der Projektdauer durch bio.inspecta und Agrocontrol kontrolliert. Dafür wurden die Kontrolleure entsprechend geschult. Die Checkliste wurde auch an alle Betriebe verschickt. Das Kontrollhandbuch und die Checklisten sind im Anhang 9.3 aufgeführt.

Mit einer Ausnahme wurden nachweislich alle Massnahmen wie angemeldet umgesetzt

Mit einer Ausnahme haben die kontrollierten Betriebe nachweislich alle Massnahmen umgesetzt, für die sie im Rahmen des Ressourcenprojektes Gelder bezogen haben. Die Vergütung für die eine Massnahme, die nicht durchgeführt wurde, wurde dem betreffenden Betrieb im darauffolgenden Jahr abgezogen.

4.6 Kosten der Massnahmenumsetzung

Die effektiven totalen Kosten der 12 vom Ressourcenprojekt geförderten Massnahmen blieben mit 643'722 CHF gut 40'000 CHF unter den budgetierten Kosten (Tabelle 10, Anhang 9.2 und Anhang 9.5).

Massnahmen für Humusaufbau überstiegen budgetierte Kosten

Mit knapp 70% der Gesamtkosten fiel der höchste Anteil für Massnahmen im Pflanzenbau an. Massnahmen wie G2 (Sicherstellung der Bodenbedeckung), G3 (Bewirtschaftung der Ernterückstände) sowie I3 (Humusaufbau durch Kompost) wurden von den meisten Betrieben umgesetzt. Die Beliebtheit dieser Massnahmen wurde bei der Budgetierung stark unterschätzt. Somit überstiegen die effektiven Kosten die budgetierten Kosten um einen Faktor 4 bis 14.

Einzig die Massnahmen I1 (Optimierung der Düngeform- und Menge) sowie H2 (Reduktion der Überfahrten) wurden deutlich weniger häufig umgesetzt als budgetiert. Für die Optimierung der Düngung ist dies zum Teil auf das komplexe Tool zurückzuführen, welches die Betriebsleitenden nur mit Hilfe der Beratenden anwenden konnten (vgl. Kapitel 6.3). Für die Umsetzung der Massnahme I1 wurden Förderbeiträge von maximal 700 CHF pro Betrieb und Jahr geleistet. Dieser Beitrag war ein zu kleiner Anreiz,

um die Massnahme umzusetzen. Für die Reduktion der Überfahrten war die komplexe Umsetzung und Dokumentation ein Grund dafür, dass diese Massnahme kaum umgesetzt wurde.

Zielerreichung für Bonuszahlungen für Herdenmanagement schwierig

Gut 25% der Kosten machten Massnahmen in der Tierhaltung aus. Für die beiden Massnahmen A1 (THG-arme Futterbereitstellung) und B1 (Herdenmanagement) wurden die höchsten Beiträge pro Betrieb gesprochen, wobei der Höchstbetrag pro Massnahme und Betrieb auf 6'000 CHF pro Jahr begrenzt war.

Die Ausgaben für die THG-arme Futterbereitstellung entsprachen ziemlich genau dem Budget. Jeweils zwei Betriebe erhielten den Höchstbetrag in den Jahren 2019, 2020 und 2021. Davor wurden für diese Massnahmen keine Förderbeiträge ausgezahlt, da die genaue Umsetzung erst im Jahr 2018 festgelegt wurde.

Die Massnahme B1 ist mit hohem Aufwand verbunden und wurde dafür mit hohen Zahlungen für den Umstellungsaufwand sowie zwei Mal während der Projektdauer mit Bonuszahlungen bei Zielerreichung belohnt. Die effektiven Kosten blieben trotzdem weit unter Budget, da sich gezeigt hat, dass die Zielerreichung in kurzer Zeit schwierig ist. Zudem setzten die Marktbedingungen mit hohen Fleischpreisen während der Projektdauer entgegengesetzte Anreize zu hohen Laktationszahlen und Lebensleistungen (vgl. Kapitel 4.4 und 5.1.1). Wie aus Tabelle 9 hervorgeht, wurde der Höchstbetrag im Jahr 2018 an sechs Betriebe, im Jahr 2021 an zwei Betriebe ausbezahlt.

Unterschiedliche Umsetzung von Massnahmen im Energiebereich

Von den Massnahmen im Energiebereich war die Massnahme E5 (regelmässige Wartung von Maschinen) beliebt und die Kosten lagen nahe bei den budgetierten Kosten. Hingegen wurden kaum neue verbrauchseffiziente Maschinen (E4) bezogen, da der Prozess für die Umsetzung zu komplex war: Die Anforderungen waren so eng gesetzt, dass kaum eine neu erworbene Maschine die Anforderungen erfüllte. Insgesamt machten diese Kosten nur 5% der Gesamtausgaben aus.

Tabelle 10. Vergleich der budgetierten mit den effektiven totalen Kosten pro Massnahme, welche vom Ressourcenprojekt gefördert wurde.

					Budget	Total pro Massnahme	Differenz zu Budget
Massnahmekosten	Einheit	Beitrag 2018	Beitrag Budget	Budgetiert Betriebe x Menge pro Jahr	Total	Total	
A1: THG-arme Futterbereitstellung	t; Reduktion Kraft-/Mischfutters	250.-	200.-	12	68'760.-	68'976.-	-216.-
	ha; Ersatz des Soja-Anteils im Kraft-/Mischfutters durch auf dem eigenen Betrieb oder einem Betrieb im AgroCO2ncept angebautes Protein	400.-	80.-	12			
	ja/nein; Spez. Buchführung	40.-	450.-	3 x 2ha			
	Anzahl Futtermittelanalysen Labor	100.-	900.-	3 x 2ha			
B1: Züchtung und Herdenführung	ja/nein; Konzepterarbeitung und Zielvereinbarung (einmalig)	4'500.-	2'000.-	5	170'200.-	98'400.-	71'800.-
	Bonus pro Ziel, alle 3 Jahre	3'000.-					
	ja/nein; Aufwandsentschädigung	1'280.-	40.-	5x88h			
	ja/nein; Zusätzliche Direktbegleitung durch Strickhof	1'280.-	40.-	5x88h			
E4: Verbrauchseffiziente Maschinen	Anzahl Geräte (max. 2 pro Betrieb)	2'000.-	2'000.-	2 x 2	48'000.-	11'613.-	36'387.-
E5: Regelmässige Wartung von Maschinen	ja/nein; Werkstattgutschrift	200.-	200.-	23	27'600.-	23'200.-	4'400.-
G2: Sicherstellung der Bodenbedeckung	ha; Zwischenbegrünung bei Kulturpausen von mehr als 8 Wochen - nicht obligatorisch nach DZV	300.-	300.-	3 x 2ha	10'800.-	156'261.-	-145'461.-
	ha; Gründüngung nach Frühjahrskulturen vor dem 1.10. (bei Ernte nach dem 31.8. - nicht obligatorisch nach DZV)	300.-	300.-				
	ha; Untersaat	300.-	300.-				
G3: Bewirtschaftung der Ernterückstände	ha; Getreide- und Rapsstroh	100.-	100.-	3 x 2ha	3'600.-	31'932.-	-28'332.-
G4: Einbringung von Pflanzenkohle	t; Anschaffung PK (max. 1 t/ha)	1'050.-	1'050.-	23	158'700.-	121'722.-	36'978.-
	ha; max.1 t/ha*Betrieb	100.-	100.-	23			
G5: Umwandlung in Dauergrünland	ha (max. 2 ha)	300.-	300.-	5 x 2ha	18'000.-	22'269.-	-4'269.-
G7: Optimale Bewässerungstechnik	ja/nein; Anschaffung Tensiometer	2'000.-	2'000.-	2 x 3 Beriebe	12'000.-	8'118.-	3'883.-
H2: Reduktion der Überfahrten und Bodenbelastung	Anzahl Bewirtschaftungseinheiten zur Anwendung Terranimo (max. 3)	30.-	30.-	5 x 10	36'000.-	7'107.-	28'893.-
	ja/nein: Bonus ab 10% Dieselreduktion	300.-	300.-	5			
I1: Optimierung der Düngeform und -menge	ha; schlagbezogene Düngeplanung (max. 10 Schläge)	20.-	20.-	30 x 10	118'500.-	23'205.-	95'295.-
	ha; Reduktion der N-Düngermenge auf 90% (max. 10 Schläge)	50.-	50.-	25 x 10			
	ja/nein; Je einmalige Hofdüngeranalyse für Sommer und Wintergülle	625.-	625.-	12			
I3: Humusaufbau u. C-Speicherung Kompost	t; Kompost (max. 20 t/ha*Jahr und 3 ha/Betrieb)	20.-	20.-	2 x 20 t	14'400.-	71'119.-	-56'719.-
					686'560.-	643'922.-	42'638.-

4.7 Beibehaltung der Wirkung

Erfolgreiche Massnahmen nachhaltig verankert

Nach dem Abschluss des Ressourcenprojektes AgroCO₂ncept sollen die Projektziele nachhaltig im landwirtschaftlichen Alltag verankert sein, so dass die Wirkungen der im Projekt getroffenen Neuerungen auch weiterhin beibehalten werden können. Der Dialog mit den Landwirt/innen und Ergebnisse aus der Begleitforschung (vgl. Kapitel 6.1) zeigen, dass kleine Reduktionserfolge und die Diskussion untereinander anspornen, weitere Massnahmen zu implementieren und zusätzliche Reduktionspotenziale auf den Betrieben zu identifizieren. Basierend auf Rückmeldungen der Betriebsleitenden kann davon ausgegangen werden, dass erfolgreich umgesetzte Massnahmen auch nach Ende der Projektzeit beibehalten werden (vgl. Kapitel 5.1.3). Das Projekt wird mit einer letzten Bilanzierung für das Betriebsjahr 2023 im Jahr 2024 abgeschlossen und damit ein Fazit gezogen, welche Massnahmen auch ohne direkte Vergütungen beibehalten worden sind. Zugleich zeigen sich mit der Abschlussbilanzierung allenfalls auch Wirkungen von mittelfristigen Massnahmen wie der Umstellung des Herdenmanagements besser.

Die meisten Massnahmen werden nach Projektende als selbsttragend beurteilt

Die meisten vom Ressourcenprojekt unterstützten Massnahmen werden nach Projektende basierend auf ihren Erfahrungen der letzten sechs Jahre als grundsätzlich selbsttragend beurteilt.

In der Tierhaltung konnten durch die Massnahme A1 (THG-arme Futterbereitstellung) z.B. durch die Reduktion des Kraftfuttereinsatzes oder Austausch von Fütterungskomponenten Kosten eingespart werden, ohne signifikante Leistungseinbussen. Auch die Umsetzung der Massnahme B1 (Herdenmanagement) kann längerfristig wirtschaftliche Vorteile haben, wenn z.B. durch die Zucht die Tiere robuster werden und weniger Aufzucht benötigt wird.

Im Pflanzenbau sind Massnahmen G2 (Sicherstellung der Bodenbedeckung) und I3 (Humusaufbau durch Kompost) längerfristig selbsttragend, da sie die Qualität des Bodens verbessern und somit z.B. der Einsatz von Mineraldünger reduziert werden kann. Auch die Massnahme G3 (Bewirtschaftung der Ernterückstände) wird als selbsttragend betrachtet, da diese, unabhängig von Förderbeiträgen, nur von Betrieben durchgeführt wird, welche kein Stroh benötigen. Durch die Umsetzung der Massnahme I1 (Optimierung der Düngeform- und Menge) wird weniger und effizienter gedüngt, was wiederum zu Kosteneinsparungen führt. Mit G7 (optimaler Bewässerungstechnik) kann bei intensiven Kulturen eine höhere Wertschöpfung erzielt werden. Schliesslich sollten auch durch die Umsetzung von H2 (Reduktion der Überfahrten) Kosten aufgrund des geringeren Dieserverbrauchs eingespart werden können.

Der Einsatz von Pflanzenkohle und die Umwandlung in Dauergrünland wird nicht selbsttragend sein.

Nicht selbsttragend sein wird die G4 (Einsatz von Pflanzenkohle), da diese zu teuer ist im Vergleich zum Nutzen für die Betriebe. Ebenfalls als kaum selbsttragend wird die Massnahme G5 (Umwandlung in Dauergrünland) angesehen, da dadurch weniger Ertrag entsteht.

Im Energiebereich wird die regelmässige Wartung weitergeführt

Von den Massnahmen im Energiebereich ist die Massnahme E5 (regelmässige Wartung von Maschinen) insofern selbsttragend, dass die regelmässige Wartung unabhängig von Förderbeiträgen durchgeführt wird. Die Anschaffung von neuen verbrauchseffizienten Maschinen wird für Betriebe immer eine grosse Investition sein, wobei die Verbrauchseffizienz auch in Zukunft nicht nur der entscheidende Faktor sein wird.

5 Lernziele

5.1 Potenzial von Massnahmen

Reduktionspotenzial, Wirtschaftlichkeit, Erfolg, klimatische Bedingungen, etc. beeinflussen Umsetzung

Die Umsetzung von Massnahmen wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst, die sich häufig dynamisch verhalten. So sind die Wirkung einer Massnahme (das Reduktionspotenzial im Hinblick auf Energie und Treibhausgase) und die Wirtschaftlichkeit wesentliche Faktoren, die in die Überlegungen der Betriebsleitenden einfließen. Weitere relevante Aspekte sind klimatische Rahmenbedingungen, die die Betriebsabläufe und Erträge beeinflussen, das vorhandene Wissen, positive und negative Erfahrungen von Kollegen/innen in der Umsetzung einer Massnahme sowie strategische Überlegungen zur Weiterentwicklung des Einzelbetriebs.

Potenzial von Massnahmen betriebspezifisch

Je nach Betrieb werden andere Faktoren stärker gewichtet, so dass eine allgemeingültige Bewertung des Potenzials verschiedener Massnahmen schwierig ist. Grundsätzlich gilt, dass die Bewertung des Umsetzungspotenzials auf betrieblicher Ebene gemeinsam mit dem/der Betriebsleiter/in die vielversprechendste Vorgehensweise ist. Im Wissen um die Wichtigkeit des individuellen Umsetzungspotenzials werden in den folgenden Kapiteln dennoch ausgewählte Massnahmen hinsichtlich verschiedener Erfolgsfaktoren eingeordnet.

5.1.1 Reduktionspotenzial von Massnahmen

Wirkung von einzelnen Massnahmen nicht allgemeingültig und isolierbar

Die Erfahrungen im Projekt haben gezeigt, dass sich mit den wiederholten Bilanzierungen ein allgemein gültiges und isoliertes Reduktionspotenzial von Massnahmen nicht quantifizieren lässt. Einerseits variiert die Wirkung von einer Massnahme je nach Struktur, Grösse, Arrondierung und Höhenlage des Betriebs und ist entsprechend immer betriebspezifisch. Andererseits verändern sich von Jahr zu Jahr die klimatischen, ökonomischen und allenfalls politischen Rahmenbedingungen sowie andere Aktivitäten im Betrieb mit Einfluss auf das Bilanzierungsergebnis. Zum Beispiel werden in einem Bilanzierungsjahr aufgrund von Krankheiten mehr Tiere zugekauft, eine andere Kultur wird in der Fruchtfolge angebaut oder eine Maschine aufgegeben. Die Effekte solcher Veränderungen auf die Treibhausgasbilanz überlagern die Wirkung einer spezifischen Massnahme und die Wirkungen lassen sich meist nicht vollständig isolieren.

Simulation der Wirkung hängt von Annahmen ab

Eine weitere Möglichkeit ist, die Wirkung von Massnahmen mit dem ACCT zu modellieren. Auch hier ergeben sich allerdings Schwierigkeiten: Die modellierte Wirkung hängt ebenfalls von den Betriebsstrukturen ab. Ausserdem werden in der Modellierung einzelne, nur für eine Massnahme relevante Parameter verändert und die Rahmenbedingungen meist konstant gehalten (vgl. Kapitel 2.3). Dies widerspiegelt nicht die Realität. Auch weitere Annahmen (vgl. weiter unten) fließen in die

Simulationen ein und haben einen teilweise beachtlichen Einfluss auf die Resultate der Bilanzierung.

Folglich sind beide Herangehensweisen, der Vergleich von wiederholten Bilanzierungen auf einem Betrieb wie auch die Simulation von Massnahmen, eingeschränkt, das Reduktionspotenzial von Massnahmen zu quantifizieren. Eine qualitative Diskussion der Wirkung von Massnahmen in den Bereichen Pflanzenbau, Energie und Tierhaltung folgt. Aus den oben genannten Gründen lassen sich ausserdem die Ergebnisse der Simulation nur teilweise mit der tatsächlich erreichten Wirkung vergleichen. Am Ende dieses Unterkapitels werden Erkenntnisse aus solchen Vergleichen auf Betriebsebene geteilt.

Massnahmen im Pflanzenbau

Optimierung der Düngung als Massnahme mit grössten Reduktionserfolg im Pflanzenbau

Im AgroCO₂ncept konnten die grössten Reduktionserfolge im Pflanzenbau durch die Optimierung der Düngeform und -menge, primär durch eine Reduktion des Einsatzes an mineralischen Dünger, erreicht werden (vgl. Kapitel 4.3.1). Diese Einsparungen erfolgten z.B. durch Anpassungen der Kulturen oder den Anbau von Zwischenfrüchten. Die Reduktion von Mineraldünger spart nicht nur Emissionen im Zusammenhang mit der Herstellung und dem Transport von Mineraldünger, sie führt auch zu geringeren Emissionen der Böden. Eine schlagbezogene Düngungsplanung kann die Menge an eingesetztem Dünger theoretisch weiter optimieren. Die Resultate der Begleitforschung zeigen allerdings, dass die Wirkung dieser Massnahme betriebsspezifisch ist (vgl. Kapitel 6.3). Ausserdem muss mit einer schlagbezogenen Düngung auch eine Reduktion der Düngemenge einhergehen, damit sich die THG-Bilanz eines Betriebes verbessert. Die Art der Massnahmenumsetzung ist folglich entscheidend, ob THG auf dem Betrieb eingespart werden können.

Die verschiedenen Massnahmen zum Humusaufbau und damit zu einer Erhöhung der C-Speicherleistung haben ebenfalls zu den verbesserten THG-Bilanzen beigetragen. Gegenwärtig lässt sich allerdings nur ein Teil der humusaufbauenden Massnahmen, wie zum Beispiel die Sicherstellung der Bodenbedeckung oder die Direktsaat im ACCT abbilden. Andere Massnahmen wie der Humusaufbau durch Kompost, eine Bewirtschaftung der Ernterückstände oder die Einbringung der Pflanzenkohle sind in den Bilanzierungen nicht erfassbar (vgl. Kapitel 2.3). Insgesamt ist die Wirkung der Massnahmen zur C-Sequestrierung in der Landwirtschaft allerdings noch umstritten und/oder unzureichend erforscht. Unter anderem werden folgende drei Punkte kritisch diskutiert:

Wirkung von Massnahmen zur C-Sequestrierung noch ungenügend erforscht/ umstritten

- Die Kohlenstoffbindung in Böden ist reversibel. Kurzfristige Verluste sind jederzeit möglich und können insbesondere bei Bewirtschaftungsveränderungen hoch ausfallen. Neue Forschungsergebnisse zeigen allerdings, dass auch vorübergehende Anreicherungen einen positiven Effekt auf das Klima haben (Leifeld und Keel, 2022). Der Grossteil des organischen Kohlenstoffes im Boden wird innerhalb von 20 bis 30 Jahren wieder umgesetzt. Nur im Zeitraum von Jahrzehnten und Jahrhunderten kann sich längerfristig stabile organische Bodensubstanz anreichern.

- Bei kontinuierlicher Anreicherung von Kohlenstoff im Boden tritt ein Sättigungseffekt ein und ein neues Gleichgewicht zwischen atmosphärischem und Boden-Kohlenstoff wird etabliert.
- Die Quantifizierung der Kohlenstoffanreicherung im Boden ist komplex, da die Kohlenstoffgehalte von Böden kleinräumlich sehr heterogen sind, im Zeithorizont von wenigen Jahren im Promillebereich nachgewiesen werden müssen und mit erheblichem analytischem Aufwand verbunden sind (vgl. Kapitel 6.2).

Energiemassnahmen

Beitrag von Energieeinsparungen stark von abhängig von Emissionsprofil

Auf vielen Betrieben im Projekt konnte während der Projektdauer der Energieverbrauch gesenkt werden. Zu den häufig umgesetzten Massnahmen zählen generelle Energie-sparsmassnahmen, die bessere Wartung von Maschinen und die Reduktion der Transportfahrten (vgl. Tabelle 11). Wie bei den Massnahmen im Pflanzenbau spielt auch hier die Art der Massnahmenumsetzung eine Rolle: Die Wartung von Maschinen beispielsweise führt insbesondere dann zu Emissionsreduktionen, wenn sie nicht nur für die neusten und effizientesten Geräte angewendet wird. Wie stark eine Senkung des Energieverbrauchs die THG-Bilanz verbessert, hängt insbesondere von den weiteren Emissionsquellen auf einem Betrieb ab. Bei tierhaltenden Betrieben machen die Emissionen aus der verbrauchten Energie nur einen kleinen Anteil der Gesamtemissionen aus und Energieeinsparungen wirken sich nicht substanziell auf die Bilanz aus. Auf Betrieben mit nur Pflanzenbau (oder bei einer separaten Betrachtung des Betriebszweiges Ackerbau) können Energiemassnahmen ein wichtiger Faktor für die Reduktion von THG-Emissionen sein, insbesondere dann, wenn sie sinnvoll miteinander kombiniert werden.

Massnahmen in der Tierhaltung

Umstellung in der Futtermittelzusammensetzung kann kurzfristig Emissionen reduzieren

Das Ressourcenprojekt hat gezeigt, dass eine klimafreundliche Umstellung der Futtermittelbereitstellung die zentrale kurzfristige Massnahme in der Tierhaltung zur Reduktion der Emissionen war. Durch eine Reduktion des zugekauften Kraftfutters und Substitution mit anderen Komponenten konnten bis zu 13% der Emissionen in den tier-spezifischen Betriebszweigen eingespart werden, da mit der Produktion und dem Transport von Importfutter hohe THG-Emissionen verbunden sind (vgl. Kapitel 4.3.2, 4.3.3). Ein Teil der Substitution von Importfutter wurde allerdings durch die Produktion von betriebseigenem Futter auf Ackerflächen erreicht. In einer umfassenden Betrachtungsweise und im Kontext von dem gegenwärtig diskutierten «Feed-no-Food»-Prämisse dürfte die Nutzung von Ackerflächen für Tierfuttermittel kritisch zu betrachten sein. Diskutiert und vergleicht man die Wirkungen dieser Massnahme auf die THG-Emissionen aber auch auf den Betrieb insgesamt (z.B. auf die Leistungen der Tiere), ist es zentral, dass die Rahmenbedingungen für die Umsetzung der Massnahme klar definiert sind (vgl. Kapitel 5.1.5).

Züchtung und Herdenführung wirken an prozentual grösster Emissionsquelle in der Tierhaltung

Die Emissionen aus der enterischen Fermentation können je nach Betrieb zwischen 60% und 80% der Emissionen in den Betriebszweigen mit Tierhaltung ausmachen. Die Reduktion dieser Emissionen ist mit Massnahmen schwieriger zu erreichen. Mögliche

Ansatzpunkte, die auch im AgroCO₂ncept verfolgt wurden und werden, sind die Züchtung und Herdenführung. In der Züchtung werden langlebige, robuste Tiere angestrebt, die eine hohe Futterkonvertierungseffizienz haben. In der Herdenführung wird versucht, die Anzahl der «unproduktiven» Tiere möglichst gering zu halten, z.B. durch ein frühes Erstkalbealter. Mit jeder weiteren Laktation nehmen die Effekte auf die Umwelt ab, da die Emissionen während der unproduktiven Aufzuchtphase auf eine grössere Produktionsmenge verteilt werden können. Diese Massnahmen erfordern jedoch eine relativ lange Umsetzungsdauer und haben bisher im Projekt nur geringfügig ihre Wirkung entfalten können. Es können zudem immer wieder Rückschläge erfolgen, z.B. durch Krankheiten.

Biogasanlage mit Potenzial im Hofdüngermanagement

Änderungen im Hofdüngermanagement sind oft mit kostenintensiven Bauten oder Anpassungen von Anlagen verbunden und wurden deshalb nur bedingt umgesetzt (vgl. Kapitel 5.1.2, 5.1.3). Modellierungen der Bodensee-Stiftung haben ergeben, dass im Projekt die Massnahme Vergärung von Hofdünger in einer Biogasanlage das grösste Reduktionspotenzial im Bereich des Hofdüngermanagements aufweist. Viele Tierhaltungsbetriebe hätten ihre Emissionen stärker senken können, wenn ihnen eine Biogasanlage zur Verfügung gestanden wäre. Generell wichtig ist auch, dass eine Reduktion an THG-Verlusten in der Hofdüngerkaskade zu einem höheren N-Gehalt im ausgebrachten Hofdünger führen. Um die Reduktionswirkung zu erzielen, müssen die Landwirte/innen folglich am Ende auch weniger Dünger ausbringen.

Vergleich Wirkung Simulation und Bilanzierung

Auf Ebene eines einzelnen Betriebes kann das theoretisch berechnete Reduktionspotenzial eines Massnahmenbündels mit den tatsächlich erreichten und bilanzierten Reduktionen verglichen und mit den Betriebsleitenden diskutiert werden. Im Ressourcenprojekt wurde für Betriebe mit geringen Reduktionserfolgen nach der zweiten Bilanzierung ein entsprechender Vergleich erstellt und in einem Beratungsgespräch thematisiert (insgesamt 13 Betriebe). Anhang 9.6 zeigt die basierend auf der Zielvereinbarung simulierten und tatsächlich erzielten Einsparungen von zwei Betrieben und diskutiert betriebsspezifische Zusammenhänge und Einflussfaktoren auf die Bilanzierungsergebnisse. Insgesamt liefern die Vergleiche folgende Erkenntnisse:

Diskrepanz zu modellierter Wirkung aufgrund anderer Umsetzung, anderen Zeithorizonten, Zielkonflikten, klimatischen und Ertragsbedingungen

- Nicht alle Betriebe konnten die in der Modellierung kalkulierte Emissionseinsparung erzielen. Dies lag beispielsweise daran, dass die Massnahmen nicht wie berechnet umgesetzt wurden oder andere Faktoren die Wirkung überlagerten. Teilweise konnten die Betriebe allerdings auch mehr THG-Emissionen reduzieren als angenommen. Insbesondere im Bereich der Fütterung erzielten die tierhaltenden Betriebe teilweise grössere Einsparungen als erwartet.
- Der Horizont der Modellierung deckt sich nicht per se mit dem relativ kurzen Bilanzierungsintervall. Dies zeigt sich für Massnahmen, deren Umsetzung länger dauert, wie z.B. Züchtung und Herdenführung. Die modellierten Ziele im Bereich der Laktationszahl und des Erstkalbealters wurden bisher grösstenteils nicht erreicht.

- Zielkonflikte mit anderen, auf dem Betrieb wichtigen Faktoren haben die Umsetzung gewisser Massnahmen verhindert. Dies betrifft insbesondere ökonomische Aspekte wie z.B. der Fleischpreis, welcher Auswirkungen auf Massnahmen im Bereich Züchtung und Herdenführung hatte (vgl. Kapitel 5.1.3).
- Die Erträge der verschiedenen Kulturen haben einen grossen Einfluss auf die Bilanzierungsergebnisse, insbesondere auf die Emissionen pro Produkt und die Menge an zugekauften Dünger- und Futtermitteln. Dies gilt gleichermassen für Kulturen, die direkt in die menschliche Ernährung fliessen, als auch für Grundfutter und Ackerkulturen für Tiere. Die Erträge unterscheiden sich in der Realität zwischen den Jahren und damit auch in den verschiedenen Bilanzierungen, in der Modellierung werden sie als konstant angenommen (vgl. Kapitel 2.3 und 5.2).
- Klimatische Besonderheiten haben kurzfristige Reaktionen der Betriebe ausgelöst, die den ursprünglichen, klimafreundlichen Massnahmenplänen teilweise widersprachen. Unter anderem hat die Hitze und Trockenheit im Jahr 2018 zu verminderter Grundfutterqualität, geringem Auflaufen der Zwischenfrüchte und erhöhtem Düngbedarf geführt. Im Gegensatz dazu steht das nasse Jahr 2021, in dem hohe Grundfüttererträge erzielt werden konnten, die Qualität des Raufutters jedoch unter dem Durchschnitt lag (vgl. Kapitel 3.3.3,4.3).

5.1.2 Akzeptanz von Massnahmen

Finanzielle Unterstützung, Reduktionserfolg und freie Massnahmenwahl als Motivation

Grundsätzlich ist ein einzelbetrieblicher Ansatz, in welchem jeder Betrieb seine Massnahmenbündel selbst wählen kann, hilfreich, um die Akzeptanz der umgesetzten Massnahmen zu erhöhen. In den Beratungsgesprächen wurde klar, dass Massnahmen, die ins Betriebskonzept und die Betriebsstrategie passen, von den Betriebsleitenden besser aufgenommen und reflektiert wurden. Die Betriebsleiter/innen haben ausserdem wiederholt betont, dass sie dieses Vorgehen einem top-down Ansatz, in welchem bestimmt wird, welche Massnahmen sie umsetzen müssen, vorziehen. Die Beliebtheit der einzelnen Massnahmen im Projekt zeigt sich unter anderem an der Häufigkeit ihrer Umsetzung (Tabelle 11). Insgesamt werden vom BLW unterstützte Massnahmen aus dem Massnahmenkatalog häufiger umgesetzt. Gleichermassen werden Massnahmen, die mit den Berater/innen diskutiert wurden öfter umgesetzt. Ausserdem spornt der eigene Reduktionserfolg und Erfolge von Kolleginnen und Kollegen an, sich weiterhin oder neu mit der Umsetzung einer Massnahme zu beschäftigen (vgl. Kapitel 6.1.3). Zum Beispiel haben sich durch den Einsatz von Pflanzenkohle auf einzelnen Tierhaltungsbetrieben die Gesundheit und Vitalität der Tiere verbessert, so dass sich im Laufe des Projektes mehr Betriebe zu ihrem Einsatz entschieden haben.

Einfache, kostengünstige Massnahmen mit zeitnahen, sichtbaren Erfolgen im Pflanzenbau gut akzeptiert

Pflanzenbau

Insgesamt häufig umgesetzt werden Massnahmen im Ackerbau. Über 70% der Betriebe stellen die Bodenbedeckung sicher, bewirtschaften Ernterückstände, bringen Pflanzenkohle ein und versuchen, Düngemenge und -ausbringung zu optimieren. Diese Massnahmen können relativ schnell umgesetzt werden und Erfolge sind zeitnah mess-

und spürbar. Ausserdem können sie ohne grössere Investitionen implementiert werden oder teilweise sogar Kosten einsparen (z.B. im Bereich des Düngermanagements). Zunehmend ist auch der Gedanke des Humusaufbaus bei den Betriebsleiter/innen spürbar, welcher sie offen für Massnahmen im Pflanzenbau macht.

Kosteneinsparungen im Energiebereich erhöhen Akzeptanz

Energie

Auch Massnahmen im Energiebereich sind grösstenteils gut akzeptiert, da einerseits Energieeinsparungen oft zu Kosteneinsparungen führen. Andererseits wird das Thema Klimaschutz im Energiebereich bereits länger gesellschaftlich diskutiert und angegangen, so dass die entsprechenden Massnahmen auch bei den Betrieben im Bewusstsein sind. Gewisse Massnahmen wurden allerdings zwischen 2016 und 2021 nur auf wenigen Betrieben umgesetzt, da sie nur unter bestimmten Voraussetzungen Sinn machen, obwohl sie weitgehend akzeptiert sind: Zum Beispiel wird die Isolation der Gebäudehülle bei anstehenden Gebäudesanierungen generell optimiert oder bei Neuanschaffungen von Maschinen wird auf deren Verbrauchseffizienz geachtet.

Herdenmanagement wird angegangen, aber durch kurzfristige Anreize inkonsequent verfolgt

Tierhaltung

Im Bereich der Tierhaltung engagiert sich über die Hälfte der Betriebe im Bereich der Züchtung und des Herdenmanagements. Dabei werden je nach Betrieb unterschiedliche Ziele verfolgt, z.B. eine Erhöhung der Lebenstageleistung, ein früheres Erstkalbealter, eine Erhöhung der Laktationszahl oder die Züchtung auf gesunde, robuste und langlebige Tiere mit hoher Futterkonvertierungseffizienz. Die Ziele im Herdenmanagement waren innerhalb der kurzen Umsetzungszeit schwierig zu erreichen und wurden zudem auf vielen Betrieben vom Markt und den hohen Fleischpreisen durchkreuzt (vgl. Kapitel 5.1.1, 5.1.3).

Anspruchsvolle Umstellungen erfordern hohe Motivation

Umstellungen im Hofdüngermanagement sind anspruchsvoll und oft mit Investitionen verbunden. Sie erfordern dadurch eine hohe Motivation der Betriebe. Das grosse Emissionsreduktionspotential der Vergärung von Hofdünger in einer Biogasanlage wurde im Projekt kaum genutzt. In der näheren Umgebung vom Flaachtal existiert keine Biogasanlage und die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zum Bau und Betrieb einer eigenen Biogasanlage waren während der Projektdauer nicht gegeben. Auch das überbetriebliche Management von Hofdünger (z.B. Abgabe von Hofdünger von Tierhaltungsbetrieben an Ackerbaubetriebe) scheiterte am Interesse der Landwirt/innen und am tiefen bzw. fehlenden Wert, welcher dem Hofdünger zugeschrieben wird (vgl. Kapitel 5.1.3).

Zielkonflikte und Vorschriften erschweren Akzeptanz

Im Bereich der THG-armen Fütterung ist die tiefe Akzeptanz im Projekt einerseits auf Frustrationen durch die langwierigen Diskussionen hinsichtlich der Ausgestaltung der THG-armen Futterbereitstellung zurückzuführen. Andererseits bestehen Zielkonflikte zu der Nahrungsmittelproduktion für Menschen. Die Massnahme ist entsprechend im Kontext von agrarpolitischen Diskussionen zur Standortangepasstheit und «Feed-no-Food» umstritten (vgl. Kapitel 5.1.1). Für Betriebe, welche diese Massnahme umgesetzt haben, brauchte es zudem einen beträchtlichen Initialaufwand. Bis die Leistung

wieder konstant und die Schlachtqualität hoch war, mussten sich die Betriebe Wissen aneignen, ausprobieren und optimieren. Einschränkend in der Umsetzung wirken ausserdem Vorschriften von Labels oder Produkterichtlinien. So schränken Fleischlabels die Fütterungsalternativen ein, da zu einem bestimmten Zeitpunkt bereits ein hohes Schlachtgewicht benötigt wird, und dies nur mit Kraftfuttereinsatz erreicht werden kann.

5.1.3 Wirtschaftlichkeit von Massnahmen

Wirtschaftlichkeit entscheidend für Umsetzung von Massnahmen

Das Ressourcenprojekt hat gezeigt, dass die Wirtschaftlichkeit von Massnahmen eines der ausschlaggebenden Argumente für die Wahl und Ausführung einer Massnahme für die Betriebe im Verein ist. Grundsätzlich sind kostengünstige Massnahmen besser akzeptiert, bzw. werden häufiger umgesetzt (vgl. Kapitel 5.1.2). Ausserdem werden Klimaschutzmassnahmen nicht konsequent verfolgt, wenn sie durch die Marktbedingungen die Wirtschaftlichkeit des Betriebs insgesamt verringern würden (vgl. Kapitel 5.1.1, 5.1.2). Um profitable Unternehmen zu führen, ist es für die Landwirt/innen entsprechend entscheidend, Informationen über die Umsetzungskosten verschiedener Massnahmen zu haben. Solche Informationen können auch helfen, potenzielle Vorbehalte gegenüber Massnahmen abzubauen und den Betrieben aufzuzeigen, wo sich Win-Win-Situationen ergeben könnten (vgl. Kapitel 6.1.3, Abschnitt zu Herdenmanagement).

Die im AgroCO₂ncept umgesetzten Massnahmen lassen sich grob in zwei Kategorien einteilen: Managementmassnahmen, die keine zusätzliche Infrastruktur erfordern sowie Massnahmen, die Investitionen erfordern. Im Projekt AgroCO₂ncept wurde ein Fragebogen entwickelt, um die Wirtschaftlichkeit (Kosten und Einnahmen) einer Reihe von Klimaschutzmassnahmen in der Landwirtschaft zu erfassen. Dieser wurde auf einzelnen Betrieben angewandt (Huber und Giuliani, 2020). Anhang 9.7 zeigt exemplarisch die Kostenaufstellung für vier ausgewählte Massnahmen. Um Klimamassnahmen für die Umsetzung noch attraktiver zu machen, wäre eine systematische Untersuchung der Kosteneinsparungen auf mehreren Betrieben sinnvoll.

Managementmassnahmen

Managementmassnahmen ohne Investitionen oft kostenneutral, Projektbeiträge hilfreich als Startfonds

Die Erhebung hat gezeigt, dass die analysierten Managementmassnahmen im Projekt annähernd kostenneutral sind, und dass der jährliche finanzielle Nutzen durch Finanzierungsmechanismen oder Produktverkäufe die Betriebs- und Personalkosten deckt. Nach Projektende werden die Zahlungen von AgroCO₂ncept auslaufen und die Kosten für die Massnahmenumsetzung auf den Betrieben in Zukunft theoretisch ansteigen. Mehrere Betriebe erklärten allerdings, dass die Startfonds aus dem Projekt geholfen hätten, einige kleinere Massnahmen zu initiieren. Diese Managementmassnahmen würden nun fortgesetzt, obwohl keine finanzielle Unterstützung mehr zur Verfügung stehe. Dafür wurden verschiedene Gründe genannt:

- Die Betriebe gehen davon aus, dass sich nach einigen Jahren konsequenter Umsetzung einer Massnahme gewisse Kosteneinsparungen ergeben könnten. Beispielsweise erwarten die Betriebe im Bereich des Herdenmanagements, dass die

finanziellen Vorteile im Laufe der Jahre mit einer besseren Tiergesundheit und höheren Laktationsraten zunehmen werden.

- Die Betriebe haben zudem die Erfahrung gemacht, dass die zusätzliche Arbeit für die Umsetzung einer Klimamassnahme in bestehende Arbeitsprozesse integriert werden kann. Nach der Etablierung einer angepassten Routine können die zusätzliche Arbeitsbelastung und die damit verbundenen Kosten sinken.
- Schliesslich erlebten die Betriebsleitenden auch die positiven Nebeneffekte der Klimaschutzmassnahmen auf ihren Betrieben (z.B. Bodenschutz, Resilienz) und sind daher eher gewillt, die Massnahmen beizubehalten. Dies gilt beispielsweise für die Massnahme Zwischenfrüchte, den Einsatz von Kompost oder den Betrieb des Tensiometers.

Wirtschaftlichkeit dank Unterstützung und Opportunitätserlösen

Die innerhalb der relativ kurzen Umsetzungsdauer wirtschaftlichste Massnahme im Ressourcenprojekt war eine klimafreundliche Futterzusammensetzung. Die Gewinne für die Betriebe resultierten einerseits aus vergleichsweise hohen Unterstützungsbeiträgen von AgroCO₂nccept, andererseits aus Opportunitätserlösen. Die Landwirt/innen haben kostspielige Fütterungskomponenten (z.B. Sojaschrot) mit regionalem Futter (z.B. Rapsschrot, Maisschrot, Malztreber) ersetzt und konnten so Kosten einsparen. Auch ohne die finanzielle Unterstützung durch das Projekt kann die Massnahme auf den Betrieben noch gewinnbringend umgesetzt werden. Die Opportunitätserlöse sind wichtige Kosteneinsparungen, die auch von anderen Betrieben erwähnt werden.

Massnahmen, die Investitionen erfordern

Massnahmen mit Investitionen erfordern Kapitalstock, Liquidität und geeignete Rahmenbedingungen

Massnahmen, die mit Investitionen verbunden sind (z.B. Stallbauten oder Umbauten im Bereich Hofdüngermanagement, Photovoltaikanlagen, Biogasanlagen), erfordern einen Kapitalstock und Liquidität der Landwirt/innen. Diese Faktoren sind möglicherweise nicht gegeben, insbesondere, wenn der/die Landwirt/in jung ist und erst kürzlich den Betrieb übernommen hat. Tatsächlich haben jüngere Vereinslandwirte/innen in persönlichen Gesprächen wiederholt erklärt, dass ihre derzeitige Liquidität für die Umsetzung bestimmter Massnahmen nicht ausreicht. Zudem können sie das Risiko grösserer Investitionen nicht eingehen, während sie eine junge Familie haben. Investitionen in Maschinen oder Anlagen sind gleichzeitig Teil einer strategischen Gesamtentscheidung eines Betriebs. Investitionen werden also oft in einem breiteren Kontext als nur dem Klimaschutz getätigt.

Ebenfalls wichtig sind die Rahmenbedingungen für grössere Investitionen. Beispielsweise ist unter den gegenwärtigen Bedingungen (2016 bis 2022) die Einspeisung der Gülle in bestehende Biogasanlagen oder der Bau einer neuen Biogasanlage für die Betriebe wirtschaftlich nicht attraktiv. Generell fehlen Anreizsysteme oder Fördermechanismen für Massnahmen, die dem Hofdünger den nötigen Wert zuweisen und seinen klimafreundlichen Einsatz unterstützen (vgl. Kapitel 5.1.2).

Innovative Fördermodelle und höhere Marktpreise ermöglichen Investitionen

Die Amortisationszeit von Massnahmen, welche grössere Investitionen verlangen, hängt von zwei Hauptfaktoren ab: Einerseits kann eine einmalige finanzielle Starthilfe

die Investition des Betriebs verringern. Andererseits bestimmen Menge und Preis der erzeugten Produkte, wie hoch die jährlichen Gewinne sind. Um zusätzliches Geld für Investitionen zu akquirieren, sind Stiftungen und private Investoren eine interessante Alternative zu staatlichen Finanzhilfen oder Direktzahlungen. Höhere Marktpreise für klimafreundliche Produkte und damit eine grössere Verantwortung seitens der Konsument/innen würden die finanziellen Gewinne der Betriebe steigern und bestimmte Massnahmen rentabler machen. Allerdings zeigen Verbrauchertrends, dass nur eine Minorität der Verbraucher/innen bereit ist, eine Prämie für Produkte mit geringeren Auswirkungen auf die Kohlenstoffemissionen zu zahlen. Staatliche finanzielle Anreize, Direktzahlungen oder Finanzierungen über Stiftungen sind weiterhin erforderlich, um klimafreundliche Produktionssysteme und Wertschöpfungsketten zu fördern (OECD, 2019).

Kosten für den Betrieb abhängig von Betriebsstruktur, Umsetzungsart, ökologischen, politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen

Insgesamt hat sich gezeigt, dass die Kosten von Massnahmen für den Betrieb von betrieblichen Faktoren, wie auch von ökologischen, politischen und gesellschaftlichen Bedingungen abhängen:

- Ein Betrieb, der bereits in hohem Mass kostenoptimiert ist, kann durch die Umsetzung von Massnahmen weniger Geld sparen als Betriebe mit höheren "Basiskosten".
- Die spezifische Umsetzung der Massnahme beeinflusst die Betriebskosten und Opportunitätserlöse. Folglich erfordert die Angabe zu den Kosten einer Massnahme spezifische Informationen darüber, wie sie effektiv auf dem Betrieb umgesetzt wird.
- Gerade für neue, noch wenig erprobte Massnahmen (im Klimaschutz) fällt neben der direkten Arbeitszeit für die Umsetzung erheblicher Arbeitsaufwand für die Weiterbildung, Beratung und/oder Planung an. Diese Zeitaufwände können eine Barriere für die Betriebsleiter/innen darstellen und müssen in Kostenberechnungen einfließen.
- Einen grossen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat der Markt. Er steuert über die Preise die Umsetzung von Massnahmen stark, insbesondere für en gros-Produkte.
- Umweltbedingungen beeinflussen die Wirtschaftlichkeit von Massnahmen in mehrfacher Hinsicht: Sie erhöhen oder verringern die Menge an Material oder Arbeit, die zur Umsetzung einer Massnahme benötigt wird. Zudem beeinflussen Umweltbedingungen die Menge des Produkts, das erzeugt werden kann und sie können sogar die Realisierung einer Massnahme behindern. Beispielsweise beeinflussen Wetterbedingungen die von einer Photovoltaikanlage erzeugte Strommenge, oder die Menge an verfügbarem Futtermittel.
- Politische Rahmenbedingungen und die gesellschaftliche Haltung zum Klimaschutz bestimmen, wie umfangreich finanzielle Unterstützung Landwirt/innen für klimafreundliche Massnahmen zukommt.

5.1.4 Resilienz von Massnahmen

Klimaschwankungen erfordern Resilienz der Betriebe

Die Landwirtschaft ist nicht nur Mitverursacherin des Klimawandels, sondern selbst stark davon betroffen. Immer häufiger auftretende Wetterextreme wie langanhaltende

Hitzeperioden, Starkniederschläge oder Spätfröste stellen die Landwirtschaft vor zusätzliche Herausforderungen. Hinzu kommen neue Schädlinge, welche sich infolge des Klimawandels etablieren. Die drei Bilanzierungsrunden haben gezeigt, dass die Klimaschwankungen in den letzten Jahren die Pläne der Betriebe immer wieder durchkreuzt haben und sie kurzfristig auf eine weniger klimafreundliche Praxis zurückgreifen mussten (vgl. Kapitel 4.3, 5.1.1). Folglich ist es wichtig, betriebsspezifische Strategien und Massnahmenbündel zu entwickeln, die den Betrieben helfen, den negativen Folgen des Klimawandels entgegenzuwirken und das Risiko von Ertragsausfällen zu senken. In Anhang 9.8 werden die Klimaanpassungsmassnahmen und Erfahrungen von zwei Betrieben aufgezeigt.

Förderung der Bodenfruchtbarkeit und des Humusaufbaus sichern das Kapital Boden

Zu den Massnahmen, die die Resilienz gegenüber dem Klimawandel erhöhen, zählen insbesondere Massnahmen, die die Bodenfruchtbarkeit und den Humusaufbau fördern. Gesunde Böden sind nicht nur resistenter gegenüber Wetterextremen, da sie mehr Wasser und Sauerstoff speichern, sondern auch gegenüber Schädlingen. Zu den Massnahmen mit positivem Effekt auf die Böden zählen die Sicherstellung der Bodenbedeckung, die Bewirtschaftung von Ernterückständen, das Einbringen von Pflanzenkohle, die Anpassung der Fruchtfolgen sowie die Sortenwahl. Auch die Reduktion der Überfahrten und eine Reduktion der Bodenbearbeitungsintensität tragen zu weniger verdichteten Böden und damit zur Bodengesundheit bei.

Unabhängigkeit von ausländischen Märkten und Rohstoffen

Neben der Resilienz gegenüber dem Klimawandel gilt es auch, die Resilienz der Betriebe gegenüber politischen, gesellschaftlichen oder wirtschaftlichen Veränderungen zu stärken. Zu den Massnahmen, die die Unabhängigkeit der Betriebe von ausländischen Importen und Märkten erhöhen, zählen die THG-arme Futterbereitstellung, die Optimierung der Düngeform und -menge und alle Massnahmen, die fossile Treibstoffe einsparen.

Kommunikation positiver Nebeneffekte wichtig

Insgesamt hat sich gezeigt, dass es zentral ist, den Betrieben diese positiven Nebeneffekte aufzuzeigen und zu kommunizieren. Sie sind wichtige Argumente für die Umsetzung von klimafreundlichen Massnahmen (vgl. Kapitel 5.1.3).

5.1.5 Synthese

Wirkung einzelner Massnahmen kann nicht isoliert nachgewiesen werden

Die Umsetzung und Akzeptanz von Klimaschutzmassnahmen im Projekt und schlussendlich auch ausserhalb des Projektes hängt von verschiedenen Faktoren ab. Im Ressourcenprojekt waren die wichtigsten vier Faktoren: (1) Die Wirtschaftlichkeit einer Massnahme, (2) ihre Integration ins Betriebskonzept und die Betriebsstrategie, (3) die praktische Umsetzbarkeit und dabei involvierte Zielkonflikte, und (4) individuelle Eigenschaften und Präferenzen der Betriebsleiter/innen sowie der Wissensaustausch untereinander. Die Erfahrungen im Projekt haben gezeigt, dass die THG-Bilanzierungen von drei Stichjahren nicht geeignet sind, um das genaue Reduktionspotenzial einzelner Massnahmen zu quantifizieren (vgl. Kapitel 5.1.1 und 5.2). Dabei ist zu betonen, dass ein fehlender quantitativer Nachweis nicht bedeutet, dass die Massnahmen nicht wirken und weiterverfolgt werden sollten. Ausserdem konnten viele qualitative Erkenntnisse im Hinblick auf die Massnahmen gewonnen werden, die in Tabelle 11

zusammengefasst sind. Diese Charakterisierung der Massnahmen ist nicht abschliessend und basiert auf den Erfahrungen im Projekt.

Nutzung von Synergien bei Massnahmen mit kleiner Wirkung

Als grundsätzlich erfolgreich im Hinblick auf eine THG-Reduktion erwies sich die Kombination von Massnahmen und die Nutzung von Synergien zwischen Massnahmen. Dies galt insbesondere für Massnahmen, die eine kleine Wirkung erzielen (z.B. Energiemasnahmen) und relativ einfach und kostengünstig implementiert werden können.

Integration in Abläufe, Reduktion von Kosten und Arbeit, sichtbare, schnelle Wirkung und Zusatznutzen als Erfolgsfaktoren

Auf Ebene der einzelnen Massnahmen konnten im AgroCO₂ncept verschiedene Erfolgsfaktoren identifiziert werden, die die Umsetzung einer Massnahme begünstigen:

- Integration von Massnahmen in bestehende Betriebsabläufe möglich
- Reduktion der Arbeitsbelastung und/oder der betrieblichen Kosten aufgrund der Massnahmenumsetzung
- Vorhandensein von privaten oder öffentlichen Finanzierungsmechanismen (für Massnahmen, die mit Investitionen verbunden sind)
- Kurze Umsetzungsdauer sowie schnell eintretende, sichtbare Wirkung
- Positive Nebeneffekte und Steigerung der betrieblichen Resilienz durch die Massnahmenumsetzung

Einige Massnahmen gewinnbringend oder selbsttragend

Für die Betriebe im Projekt insbesondere wichtig war, dass die Massnahmen mittelfristig kostendeckend oder gewinnbringend umgesetzt werden können. Auf einigen Betrieben konnten durch Reduktionen im Futtermittel- und Düngemittelzukauf sowie durch Massnahmen im Energiebereich unmittelbar Kosten eingespart werden. Gemäss Angaben der Betriebsleiter/innen waren diese Opportunitätserlöse auf einzelnen Betrieben höher als die im Rahmen des Projektes erfolgten Zahlungen für die Massnahmenumsetzung. Bei anderen Massnahmen (z.B. Bewirtschaftung der Ernterückstände, Sicherstellung der Bodenbedeckung) dauerte die Integration in die Betriebsprozesse ein paar Jahre und die Betriebe konnten in dieser Zeit von der Projektfinanzierung profitieren. Mittlerweile haben viele Betriebe ihre Arbeitsabläufe so umgestellt, dass die Massnahmen nach Projektende selbsttragend weiterlaufen können (vgl. Kapitel 5.1.3).

Fehlende Fördermechanismen, regulatorische und marktwirtschaftliche Rahmenbedingungen und agrarpolitische Trends als Barrieren

Gleichzeitig bestanden im Projekt auch verschiedene Barrieren, welche die Umsetzung der Massnahmen behinderten. Gerade die besonders wirkungsvollen Massnahmen sind oft mit Zielkonflikten verbunden oder besonders anspruchsvoll in der Umsetzung:

- Fehlende Wirtschaftlichkeit, Anreizsysteme und Fördermechanismen, insbesondere im Bereich Hofdüngermanagement
- Konflikte mit menschlicher Nahrungsmittelproduktion
- Falsche ökonomische Anreize durch den Markt, Nachfrage der Konsument/innen
- Vorschriften von Labels oder Produkterichtlinien

Die Resultate der Bilanzierungen zeigen, dass diese Barrieren angegangen werden müssen, wenn die THG-Emissionen weiter gesenkt werden sollen. Insbesondere wichtig sind Hindernisse, welche die Umsetzung von Massnahmen in der Tierhaltung

Fördersysteme für Massnahmen in der Tierhaltung und Dialog über gesellschaftliche Kosten nötig

beeinträchtigen. Wird der Viehbestand nicht verringert, müssen substanzielle Veränderungen im Futter-, Herden- und Hofdüngermanagement implementiert werden, um Reduktionen zu erreichen. Aufgrund der anspruchsvollen Umsetzung und der teilweise beträchtlichen Zusatzkosten von Massnahmen in den Bereichen Futter-, Herden- und Hofdüngermanagement sind sinnvolle Fördersysteme, der Aufbau von Know-How bei den Betrieben und in der Beratung, sowie eine Diskussion über (gesellschaftliche) Kosten und Beiträge der Öffentlichkeit an den Klimaschutz in der Landwirtschaft nötig (vgl. Kapitel 7.3).

Fehlende überbetriebliche, regionale Lösungsansätze und praktische Tools

Für gewisse wirkungsvolle Massnahmen sind unzureichend organisatorische Lösungsansätze und praktische Tools vorhanden. So benötigen die Verbesserung des Abfallmanagements oder die Optimierung der räumlichen Nutzungsstrukturen überbetriebliche, regionale Lösungsansätze. Mit Meliorationen steht für Landumlegungen ein raumplanerisches Instrument zur Verfügung. Die Akzeptanz dieser Massnahme unter den Betriebsleitenden ist allerdings gering und das Verfahren oft langwierig und kompliziert. Insgesamt hat sich gezeigt, dass die Betriebe zurückhaltend sind, wenn es um überbetriebliches Zusammenarbeiten geht. Auch ein praktisches Planungstool, das die Betriebe in der Düngungsplanung unterstützt und es ihnen ohne externe Hilfe ermöglicht, eine schlagbezogene, klimafreundliche Düngung zu planen, fehlt nach wie vor. Diese Problematik wurde im Rahmen der Begleitforschung zum Thema Dünger angegangen (Kapitel 6.3).

Strukturelle Massnahmen für weitere Reduktionserfolge

Schlussendlich deuten die Resultate der Bilanzierungen darauf hin, dass eine massgebliche Reduktion der absoluten THG-Emissionen unter den gegebenen Projektgrundsätzen (vgl. Kapitel 2.1) nur schwer zu erreichen ist (vgl. Kapitel 6.1.3). Insbesondere das für die meisten Betriebsleiter/innen wichtige Ziel, das gegenwärtige Produktionsportfolio zu erhalten und die von den Konsument/innen nachgefragten landwirtschaftlichen Güter weiterhin zu produzieren, hat dazu geführt, dass kaum strukturelle Veränderungen umgesetzt wurden. Angesichts der relativ kleinen Emissionsreduktion stellt sich die Frage, ob die im Projekt vorwiegend umgesetzten technischen und organisatorischen Massnahmen hinreichend sind, um den Klimaschutz in der Landwirtschaft voranzutreiben. Die Resultate legen nahe, dass – begleitet von Veränderungen in den Konsummustern – tieferegreifende, strukturelle Massnahmen nötig sind, um die THG weiter zu reduzieren. Die Bilanzierungsergebnisse von Betrieb Nr. 4, die aus Gründen mangelnder Vergleichbarkeit aus den Analysen ausgeklammert wurden (vgl. Kapitel 3.1), zeigen exemplarisch die Wirkung einer solchen strukturellen Veränderung. Aus persönlichen Gründen hat der Betriebsleiter von Mutterkuhhaltung (24 GVE) auf reinen Ackerbau umgestellt und praktisch den gesamten Tierbestand aufgegeben (0.1 GVE). Dadurch haben sich die Emissionen des Betriebs zwischen 2015 und 2018 von 99 t CO₂eq auf 41 t CO₂eq reduziert. Gleichzeitig ist die Menge an produzierter verdaulicher Energie von 1827 auf 2456 GJ angestiegen (Tabelle 13, Anhang 9.1). In einer Region wie dem Flaachtal könnten also eine Reduktion der Tierzahlen auf standortangepasste Tierbestände oder eine Veränderung der Kulturen diskutiert werden. Um solche Massnahmen längerfristig ins Auge zu fassen, bedarf es allerdings nicht nur einer Operationalisierung verschiedener Konzepte, wie beispielsweise «standortangepasste

Landwirtschaft» oder «Feed no Food», sondern eine sehr sensible Kommunikationsstrategie sowie den Einbezug von Landwirt/innen in alle Prozesse. Nur durch die aktive Mitarbeit der direkt Betroffenen wird klar, mit welchen Hindernissen und Problematiken die Operationalisierung und Umsetzung von solchen Konzepten verbunden ist und wie diese Hürden allenfalls überwunden werden könnten.

Tabelle 11. Charakterisierung der Massnahmen im AgroCO₂ncept. Die Beschreibungen sind nicht abschliessend und basieren auf den Erfahrungen im Projekt. Im Rahmen des Ressourcenprojektes finanzierte Massnahmen sind gelb unterlegt. Die Beteiligung der Betriebe ist gemessen an der Anzahl Betriebe, für welche eine entsprechende Massnahme überhaupt möglich wäre.

Bereich		Tierhaltung		
Modul		A: Fütterung		B: Herdenmanagement
Nr.		A1	A3	B1
Massnahme		Klimafreundliche Futterbereitstellung	Weidehaltung	Züchtung und angepasste Herdenführung
Ziel		Verwenden der klimafreundlichsten Futterzusammensetzung von Kraft- und Raufutter	Futteranteil von Kraftfutter verringern, Weideanteil in der Fütterung erhöhen	Durch züchterische Massnahmen und Rassenwahl die THG-Emissionen pro Kilogramm Fleisch/Milch minimieren
Wirkung	CO ₂		x	x
	N ₂ O	x		x
	CH ₄	x	x	x
	Energie	x	x	x
	Ressourcen	x	x	x
Wirkung		Reduktion von Energie in der Futtermittelherstellung und -transport sowie Einfluss auf die Methanemissionen und Stickstoffüberschüsse im Harn	Einsparung von Energie bei der Futtermittelproduktion und -transport und der Hofdüngerausbringung	Reduktion der THG-Emissionen durch Züchtung von langlebigen, robusten Tieren mit hoher Futterkonvertierungseffizienz; Herdenführung mit frühem Erstkalbealter, um Emissionen während der unproduktiven Aufzuchtphase auf grössere Produktionsmenge zu verteilen
Umsetzungsart		Beratung & Planung	Beratung & Planung	Beratung & Planung
Umsetzung		Prüfen, welche Futterkombinationen für den Betrieb am klimafreundlichsten sind	Einen grösseren Anteil Weidehaltung in die Futterpläne einbauen	Analysieren der Einsparmöglichkeiten an THG durch Massnahmen in der Zucht und Herdenführung auf betrieblicher Ebene
Umsetzungsdauer		5 Jahre	1 Jahr	5-10 Jahre
Beteiligung Betriebe		36%	20%	64%
Zielkonflikte, Hemmnisse bei der Umsetzung		Dauert, bis Leistung und Futter austariert; einschränkende Vorschriften von Labels; klimaunfreundlich; Zielkonflikt mit menschlicher Nahrungsmittelproduktion	Begrenzt durch vorhandenes Weideland, Überweidung schadet dem Humusaufbau	Anspruchsvolle Umstellungen; z.T. Zielkonflikte mit Tiergesundheit und Leistungen; Rückschläge durch Krankheiten; Marktanreize verhindern konsequente Umsetzung
Kosten, Mehreinkommen		Kosteneinsparungen durch Reduktion von Futtermittelzukaufen möglich; Kosten für Planung, Beratung, Know-How-Aufbau	Kosteneinsparungen durch Reduktion Zukäufe und Dieserverbrauch	Kosten für Planung, Beratung, Know-How-Aufbau; längerfristige Einsparungen möglich (z.B. Veterinärkosten)
Modellierbarkeit (in ACCT)		Komplex, falls Substitution durch Eigenanbau, ansonsten gut modellierbar	Modellierbar	Schwierig modellierbar, verbunden mit vielen Annahmen

Bereich		Tierhaltung		
Modul		C: Stallmanagement		
Nr.		C1	C2	C3
Massnahme		Flüssigmistsysteme	Reduktion verschmutzter Flächen	Kühles Stallklima
Ziel		Vermindern von Lachgasemissionen durch Flüssigmistsysteme (Schieber- oder Spaltensysteme)	Vermindern von Lachgasemissionen durch die Begrenzung von verschmutzten Flächen	Vermindern der THG-Bildung aus Hofdüngern im Stall
Wirkung	CO ₂			
	N ₂ O	x	x	x
	CH ₄			x
	Energie			
	Ressourcen			
Wirkung		Reduktion der Lachgasfreisetzung durch Verminderung der Nitrifikations- und Denitrifikationsprozesse im Mist, Humusaufbau durch Verwendung von Mistdünger	Verminderung der Ammoniakbildung und der Nitrifikations- und Denitrifikationsprozesse im Mist zur Reduktion der Lachgasfreisetzung	Verlangsamung von mikrobiellen Prozessen, die zur Lachgas- und Methanproduktion führen
Umsetzungsart		Technische Massnahme	Betriebsführung & Bewirtschaftung	Technische Massnahme
Umsetzung		Sinnvoller Einbau von Flüssigmistsystemen in die gesamte Wirkungskette von Lagerung, Ausbringung und Bodenkreislauf	Flexible Anpassung der Laufflächen an die effektiven Tierzahlen	Installieren von passiven Kühlsystemen (Durchlüftung, Schattenspenden, Isolierung)
Umsetzungsdauer		1-5 Jahre	1 Jahr	1 Jahr
Beteiligung Betriebe		29%	43%	43%
Zielkonflikte, Hemmnisse bei der Umsetzung		Änderung von Anlagen kostenintensiv, Wirkung umstritten gemäss IPCC	Begrenzt durch bestehende Infrastruktur	Keine Zielkonflikte bekannt
Kosten, Mehreinkommen		Grössere Investitionen nötig	Zusätzliche Arbeitsaufwände möglich	Investitionen in Kühlsysteme erforderlich
Modellierbarkeit (in ACCT)		Modellierbar	Nicht modellierbar	Nicht modellierbar

Bereich		Tierhaltung		
Modul		D: Hofdüngermanagement		
Nr.		D1	D2	D3
Massnahme		Abdecken Güllebehälter	Mistlagerung und -kompostierung	Güllelager im Boden
Ziel		Vermindern von THG durch Abdeckung von Güllebehältern oder durch geschlossene Behälter	Verwenden von geeigneten Kompostverfahren für Mist zur Emissionsreduktion und Förderung der Bodenqualität	Vermindern von Methan- und Lachgasbildung in der gekühlten Gülle
Wirkung	CO ₂		x	
	N ₂ O	x		x
	CH ₄	x	x	
	Energie		x	
	Ressourcen		x	
Wirkung		Reduktion der Ausgasung von Lachgas und Methan im gedeckten Güllebehälter	Verminderung der Methan- und Lachgasbildung im Mist sowie Förderung des Humusaufbaus, Reduktion der Fahrten durch Schrumpfung des Materials	Verlangsamung mikrobieller, methanerzeugender Prozesse durch die Lagerung der Gülle im Boden und deren Kühlung auf unter 10°C
Umsetzungsart		Technische Massnahme	Betriebsführung & Bewirtschaftung	Technische Massnahme
Umsetzung		Aufstellen eines Investitions- und Subventionsplans im Einzelfall	Bestimmung und Umsetzung des geeigneten Verfahrens zusammen mit der Betriebsberatung	Aufstellen eines Investitions- und Subventionsplans im Einzelfall
Umsetzungsdauer		1-5 Jahre	1-5 Jahre	1-5 Jahre
Beteiligung Betriebe		29%	14%	50%
Zielkonflikte, Hemmnisse bei der Umsetzung		Änderung von Anlagen kostenintensiv; ab 2030 ist Abdeckung Pflicht	Anspruchsvoll, arbeitsintensiv; Akzeptanz kann durch Humusbilanz erhöht werden	Änderung von Anlagen kostenintensiv
Kosten, Mehreinkommen		Grössere Investitionen nötig; Investitionshilfen können beantragt werden	Zusätzliche Arbeitsaufwände und allenfalls Maschinen; Kosteneinsparungen durch weniger Dieselverbrauch	Grössere Investitionen nötig
Modellierbarkeit (in ACCT)		Modellierbar	Modellierbar	Modellierbar

Bereich		Tierhaltung	
Modul		D: Hofdüngermanagement	
Nr.		D4	D5
Massnahme		Belüftung der Gülle	Additive Phosphorgips, Milchsäure, PRP
Ziel		Vermindern der THG-Emissionen durch geeignete Belüftungsmassnahmen der Gülle (z.B. wöchentliches Rühren)	Verminderung direkter Methanemissionen aus dem Hofdünger
Wirkung	CO ₂		
	N ₂ O	x	
	CH ₄	x	x
	Energie		
	Ressourcen		
Wirkung		Reduktion der Lachgas- und Methanbildung in der belüfteten Gülle	Senkung des pH-Wertes im Hofdünger durch Additive und damit Reduktion der Methanemissionen
Umsetzungsart		Betriebsführung & Bewirtschaftung	Betriebsführung & Bewirtschaftung
Umsetzung		Anpassung des täglichen Betriebsmanagements	Anpassung des täglichen Betriebsmanagements
Umsetzungsdauer		1-5 Jahre	1-5 Jahre
Beteiligung Betriebe		29%	14%
Zielkonflikte, Hemmnisse bei der Umsetzung		Arbeitsintensiv	Wissenschaftlich umstritten; Einträge von Substanzen in Böden
Kosten, Mehreinkommen		Zusätzliche Arbeitsaufwände	Kosten für Additive
Modellierbarkeit (in ACCT)		Modellierbar	Nicht modellierbar

Bereich		Energie		
Modul		E: Energie- und Ressourceneffizienz		
Nr.		E1	E2	E3
Massnahme		Isolation Gebäudehülle	Generelle Energiesparmassnahmen	Energieeffiziente Behälter und Anlagen, Abwärmenutzung
Ziel		Optimierung von Gebäudeheizung/ -kühlung zur Reduktion des Energieverbrauches	Reduktion des Energieverbrauchs durch energieeffizienten Geräteeinsatz	Reduktion des Energieverbrauchs durch den Einsatz von effizienten und bezüglich Wärmerückgewinnung optimierter Anlagen (Wasserboiler, Milchkühlung, Mahlwerke usw.)
Wirkung	CO ₂	x	x	x
	N ₂ O			
	CH ₄			
	Energie	x	x	x
	Ressourcen	x	x	x
Wirkung		Verminderung der Heiz- und Kühlleistung durch Abdichtungsmassnahmen und damit des Energieverbrauches und der THG-Emissionen	Verminderung des Energieverbrauches und der THG-Emissionen	Verminderung des Energieverbrauches und der THG-Emissionen
Umsetzungsart		Technische Massnahme	Beratung & Planung	Technische Massnahme
Umsetzung		Bei Bedarf muss im Einzelfall ein Investitions- und Subventionsplan erarbeitet werden	Durchführung einer Fachberatung und Detailplanung auf dem Betrieb	Alle Produktionssysteme und deren Elemente werden überprüft und gegebenenfalls optimiert oder ersetzt
Umsetzungsdauer		1-5 Jahre	1 Jahr	1-5 Jahre
Beteiligung Betriebe		10%	43%	14%
Zielkonflikte, Hemmnisse bei der Umsetzung		Investitionsintensiv; bei anstehenden Gebäudesanierungen sinnvoll	Keine Zielkonflikte bekannt	Investitionsintensiv; bei anstehenden Gebäudesanierungen sinnvoll
Kosten, Mehreinkommen		Grössere Investitionen nötig; Kosteneinsparungen durch geringeren Energieverbrauch	Kosteneinsparungen durch geringeren Energieverbrauch	Grössere Investitionen nötig; Kosteneinsparungen durch geringeren Energieverbrauch
Modellierbarkeit (in ACCT)		Indirekt modellierbar über Annahmen zur Energieeinsparung	Indirekt modellierbar über Annahmen zur Energieeinsparung	Indirekt modellierbar über Annahmen zur Energieeinsparung

Bereich		Energie		
Modul		E: Energie- und Ressourceneffizienz		
Nr.		E4	E5	E6
Massnahme		Verbrauchseffiziente Maschinen	Wartung von Maschinen	Bündelung von Arbeitsprozessen und Verarbeitung grosser Mengen
Ziel		Reduktion des Treibstoffverbrauches durch den Einsatz von verbrauchs-effizienten Maschinen und Fahrzeugen	Reduktion des Treibstoffverbrauches durch regelmässige Wartung von Maschinen	Erhöhung der Effizienz durch die Verarbeitung grosser Mengen bzw. grossflächigem Anbau (z.B. durch überbetriebliche Kooperation)
Wirkung	CO ₂	x	x	x
	N ₂ O			
	CH ₄			
	Energie			x
	Ressourcen	x	x	x
Wirkung		Verminderung des Energieverbrauches und der THG-Emissionen	Verminderung des Energieverbrauches und der THG-Emissionen	Optimierung des Treibstoff- und Energieverbrauches, Verminderung der THG-Emissionen
Umsetzungsart		Technische Massnahme	Organisatorisch & Betriebsübergreifend	Organisatorisch & Betriebsübergreifend
Umsetzung		Um Treibstoff zu sparen, werden Maschinen und Fahrzeuge auf ihre Verbrauchseffizienz überprüft und optimiert	Die Maschinen / Anlagen werden regelmässig gewartet und optimal eingestellt	Die Betriebe prüfen die Verarbeitung grösserer Mengen sowie die Möglichkeiten für weitere überbetriebliche Kooperationen
Umsetzungsdauer		5-10 Jahre	1 Jahr	1-5 Jahre
Beteiligung Betriebe		19%	95%	33%
Zielkonflikte, Hemmnisse bei der Umsetzung		Investitionsintensiv; bei anstehenden Neuan-schaffungen sinnvoll	Keine Zielkonflikte bekannt	Überbetriebliche Zusammenarbeit oft kompliziert
Kosten, Mehreinkommen		Grössere Investitionen nötig; Kosteneinsparungen durch geringeren Energieverbrauch	Kosteneinsparungen durch geringeren Energieverbrauch; geringer zusätzlicher Arbeitsaufwand	Kosteneinsparungen durch geringeren Energieverbrauch
Modellierbarkeit (in ACCT)		Indirekt modellierbar über Annahmen zur Energieeinsparung	Indirekt modellierbar über Annahmen zur Energieeinsparung	Indirekt modellierbar über Annahmen zur Energieeinsparung

Bereich		Energie		
Modul		E: Energie- und Ressourceneffizienz		
Nr.		E7	E8	E9
Massnahme		Reduktion Transportfahrten	Abfälle rückführen, gezielt und getrennt entsorgen	Reduktion und Substitution im Materialeinsatz
Ziel		Reduktion von Transportfahrten, indem grössere Mengen (Ernte, Abfall, Futtermittel usw.) pro Fahrt befördert werden	Recycling, um den Energieeinsatz bei der Herstellung von Produkten zu reduzieren	Ressourcen effizienter einsetzen, mehrfach verwenden und durch regenerative Ressourcen ersetzen
Wirkung	CO ₂	x		x
	N ₂ O			
	CH ₄			
	Energie	x	x	x
	Ressourcen	x	x	x
Wirkung		Optimierung des Treibstoff- und Energieverbrauchs sowie der Ressourceneffizienz	Reduktion der grauen Energie für die Produktherstellung	Reduktion der grauen Energie für die Produktherstellung
Umsetzungsart		Organisatorisch & Betriebsübergreifend	Organisatorisch & Betriebsübergreifend	Technische Massnahme
Umsetzung		Die Transportlogistik wird v.a. durch überbetriebliche Kooperationen optimiert	Die zentrale Sammlung von Abfälle - v.a. Silofolien - wird geprüft und organisiert	Mit fachlicher Unterstützung wird der Materialverbrauch optimiert
Umsetzungsdauer		1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr
Beteiligung Betriebe		24%	33%	5%
Zielkonflikte, Hemmnisse bei der Umsetzung		Überbetriebliche Zusammenarbeit oft kompliziert	Überbetriebliche Zusammenarbeit oft kompliziert; benötigt regionale Lösungsansätze und Infrastrukturen	Überbetriebliche Zusammenarbeit oft kompliziert
Kosten, Mehreinkommen		Kosteneinsparungen durch geringeren Energieverbrauch		
Modellierbarkeit (in ACCT)		Indirekt modellierbar über Annahmen zur Energieeinsparung	Nicht modellierbar	Für gewisse Materialien über Annahmen modellierbar

Bereich		Energie			
Modul		F: Energieerzeugung			
Nr.		F1	F2	F3	F4
Massnahme		Biogasanlage mit Blockheizkraftwerk	Photovoltaik	Energieholz (Zentrales Wärmehetzwerk)	Pyrolyseanlage
Ziel		Mit der Erzeugung von Wärme und Strom sowie durch die energetische Nutzung des Hofdüngers Brennstoffverbrauch und Emissionen reduzieren	Mit der Stromerzeugung durch Photovoltaik den Verbrauch fossiler Rohstoffe und entsprechend die THG-Emissionen senken	Mit der Erzeugung von Wärme und Strom aus Holz als erneuerbarer Energie den Verbrauch fossiler Rohstoffe und die THG-Emissionen senken	Verbesserung des Brennwertes von Holzschnitzeln bei geringen THG-Emissionen sowie Herstellung von Pflanzenkohle als C-Senke
Wirkung	CO ₂	x	x	x	x
	N ₂ O				
	CH ₄	x			
	Energie	x	x	x	x
	Ressourcen				
Wirkung		Durch die Produktion erneuerbarer Energie aus Biomasse können grössere Mengen CO ₂ - und CH ₄ eingespart werden	Produktion erneuerbarer Energie für den Eigenverbrauch und weitere Abnehmer/innen und Reduktion der CO ₂ -Emissionen	Ersatz von fossilen Brennstoffen durch Brennholz aus der eigenen Waldbewirtschaftung	Ersatz von fossilen Brennstoffen, und Voraussetzung, Herstellung von Pflanzenkohle für eine langfristige Bindung von C im Boden
Umsetzungsart		Neuanschaffung & Neubau	Neuanschaffung & Neubau	Neuanschaffung & Neubau	Neuanschaffung & Neubau
Umsetzung		Die Anlagen-Kombination, Organisation, Machbarkeit und Rentabilität muss regionspezifisch abgeklärt werden	Durchführung einer Potenzialerhebung und allenfalls Suche nach Abnehmern/innen	Prüfung, ob und wie regionales Holz verstärkt zur Strom- u. Wärmeerzeugung genutzt werden kann und welche technischen Anlagen sich dazu eignen	Die Anlagen-Kombination, Organisation, Machbarkeit und Rentabilität muss für standortspezifisch abgeklärt werden
Umsetzungsdauer		5-10 Jahre	1-5 Jahre	5-10 Jahre	5-10 Jahre
Beteiligung Betriebe		0%	24%	24%	5%
Zielkonflikte, Hemmnisse bei der Umsetzung		Anspruchsvoll; kostenintensiv, kein Investitionsanreiz, fehlende Fördersysteme; Handhabung der Gärgülle; Transportwege	Für Eigenverbrauch rentabel; benötigt Fördersystem	Technisch anspruchsvoll; benötigt genügend Ölheizungen im Radius, die ersetzt werden können	Technisch anspruchsvoll; benötigt Rohstoffe (z.B. Hackschnitzel) und Produkteabnehmer
Kosten, Mehreinkommen		Grössere Investitionen nötig; Wirtschaftlichkeit zur Zeit nicht gegeben	Grössere Investitionen nötig; Kosteneinsparungen durch geringeren Energieverbrauch	Grössere Investitionen nötig; Kosteneinsparungen durch geringeren Energieverbrauch	Grössere Investitionen; Unterhaltskosten, Rohstoffe; Einnahmen durch Produktverkauf
Modellierbarkeit (in ACCT)		Modellierbar	Modellierbar (bei Fremdverbraucher/innen nicht in Bilanz gerechnet)	Modellierbar	Nicht modellierbar

Bereich		Pflanzenbau			
Modul		G: Optimierung der Anbausysteme			
Nr.		G1	G2	G3	G4
Massnahme		Prüfung Fruchtfolgen, Kulturverteilung	Sicherstellung der Bodenbedeckung	Bewirtschaftung der Ernterückstände	Einbringung von Pflanzenkohle
Ziel		Massnahmen zur Sortenwahl, Bodenbedeckung, Bodenbearbeitung usw. spezifisch für das Anbausystem entwickeln und umsetzen	Durch den Anbau von Zwischen- und Untersaaten und Winterbegrünungen die Bestandesdichte und die Dauer der Bodenbedeckung auf den Ackerflächen erhöhen	Erhaltung bzw. Erhöhung der organischen Bodensubstanz durch das gezielte Belassen und Einarbeiten der Ernterückstände auf den Ackerflächen	Mit Pflanzenkohle in grösseren Mengen einen stabilen Kohlenstoffvorrat in den Ackerböden einbringen und dauerhaft der Atmosphäre entziehen
Wirkung	CO ₂	x	x	x	x
	N ₂ O	x	x	x	
	CH ₄				
	Energie	x			
	Ressourcen	x	x	x	x
Wirkung		C-Speicherung durch Humusaufbau, Reduktion von Lachgas durch weniger Dünger, Treibstoffeinsparung usw.	C-Speicherung durch Humusaufbau, Reduktion von Lachgas durch weniger Dünger, bessere Bodenstruktur usw.	C-Speicherung durch Humusaufbau, Reduktion Lachgas durch weniger Dünger, bessere Bodenstruktur usw.	C-Speicherung durch den Kohleeintrag, bessere Nährstoffverfügbarkeit, usw.
Umsetzungsart		Beratung & Planung	Betriebsführung & Bewirtschaftung	Betriebsführung & Bewirtschaftung	Betriebsführung & Bewirtschaftung
Umsetzung		Durchführung einer Fachberatung und Detailplanung auf dem Betrieb	Einbau von Zwischen- und Untersaaten auf Basis der Gesamtschau von Fruchtfolge und Anbausystem	Normalerweise geerntete Ernterückstände belassen, Basis bildet eine Abschätzung der Strohmenge mit Hilfe von Humusbilanzen	Feinkörniges Granulat aus Pflanzenkohle wird z.B. der Gülle beigegeben und mit dieser ausgebracht
Umsetzungsdauer		5-10 Jahre	1 Jahr	1 Jahr	1-5 Jahre
Beteiligung Betriebe		37%	100%	89%	89%
Zielkonflikte, Hemmnisse bei der Umsetzung		Anspruchsvoll, teilweise mit grösseren Umstellungen verbunden	Keine Zielkonflikte bekannt	Keine Zielkonflikte bekannt	Wirkung wissenschaftlich umstritten; teuer; Kaskadennutzung über Tier sinnvoll
Kosten, Mehreinkommen		Kosteneinsparungen durch Reduktion Dünger, PSM und Diesel; Ausgaben für Beratung und Planung	Kosten Saatgut; Erhöhung Arbeitsaufwand und Dieserverbrauch; kann Risiko von Ertragsschäden und damit Einkommensausfällen mindern; Zwischenfrüchte können Einnahmen generieren	Andere Arbeitsschritte, aber insgesamt meist kostenneutral	Pflanzenkohle teuer
Modellierbarkeit (in ACCT)		Modellierbar, aber sehr komplex und zeitaufwändig	Modellierbar	Nicht modellierbar	Nicht modellierbar

Bereich		Pflanzenbau		
Modul		G: Optimierung der Anbausysteme		
Nr.		G5	G6	G7
Massnahme		Umwandlung in Dauergrünland	Speicherung durch Gehölzpflanzen und Agroforstwirtschaft	Bedarfsorientierte Bewässerung und Nutzung eigener Quellen
Ziel		Durch die Umwandlung bisheriger Ackerflächen in Dauergrünland den Humusaufbau und damit die CO ₂ -Speicherung fördern	Kombinierter Anbau von Baumreihen (z.B. Wertholz oder Obstbäume) sowie dazwischen liegende Feldfrüchte (standortspezifisch)	Prüfung und Optimierung von Anlagen (Berechnungsdichte, Förderhöhe, Druckverluste usw.) und deren Steuerung durch den Einsatz von Tensiometern (oder Modellen)
Wirkung	CO ₂	x	x	
	N ₂ O			(x)
	CH ₄			
	Energie			x
	Ressourcen			
Wirkung		C-Speicherung durch Humusaufbau sowie bessere Bodenstruktur, Wasserspeicherung und Pufferung	C-Speicherung durch Holzzuwachs, Erosionsschutz	Mit optimaler Ausrichtung am Pflanzenbedarf und Witterungsverlauf kann Energie gespart, Humusabbau und Bodenerosion verringert sowie die CO ₂ -Speicherung stabilisiert werden
Umsetzungsart		Betriebsführung & Bewirtschaftung	Betriebsführung & Bewirtschaftung	Technische Massnahme
Umsetzung		Integration in das Betriebskonzept	Erstellen einer Potenzial- und Systemanalyse	Einsatz von Tensiometern oder Modellen zur bodenfeuchteabhängigen Steuerung
Umsetzungsdauer		1-5 Jahre	5-10 Jahre	1 Jahr
Beteiligung Betriebe		37%	11%	26%
Zielkonflikte, Hemmnisse bei der Umsetzung		Passt oft nicht ins Betriebskonzept; Zielkonflikt zu menschlicher Ernährungsproduktion	Anspruchsvoll; Ertragseinbußen im Ackerland; kosten-, arbeits-, und Know-How intensiv	Keine Zielkonflikte bekannt
Kosten, Mehreinkommen		Kosteneinsparungen durch Reduktion Dünger, PSM und Diesel; Ausgaben für Beratung und Planung	Kosten für Beratung und Wissensaufbau; grössere Investitionen nötig; steigender Betriebs- und Personalaufwand; höhere DZ (je nach System); mehr Produkte; längerfristig rentabel (je nach System, auf Acker und Weide)	Kosten für Tensiometer; Beratungskosten; Kosteneinsparungen durch geringeren Wasser- und Energieverbrauch
Modellierbarkeit (in ACCT)		Modellierbar	Modellierbar	Modellierbar

Bereich		Pflanzenbau		
Modul		H: Reduktion der Bodenbearbeitung		
Nr.		H1	H2	H3
Massnahme		Reduktion der Bearbeitungsintensität	Reduktion der Überfahrten und Bodenbelastung	Optimierung der räumlichen Nutzungsstrukturen
Ziel		Durch die Verringerung der Bodenbearbeitung den Humusaufbau und die CO ₂ -Speicherung auf den Feldern stärken	Maximalen Kontaktflächen- druck bei Fahrzeugen einhalten, minimale Fahrtenzahl erreichen	Verbesserung der betriebsübergreifenden Raumstrukturen z.B. durch Melioration, Pachtlandarrondierung und Nutzungstausch sowie Verbesserung der innerbetrieblichen Bewirtschaftungsstrukturen
Wirkung	CO ₂	x	x	x
	N ₂ O		x	
	CH ₄			
	Energie	x	x	x
	Ressourcen	x	x	x
Wirkung		Wird der Boden nicht mehr gewendet, kann der Humusgehalt erhöht und CO ₂ gespeichert werden	Durch die verringerten Überfahrten und Radlasten kann Energie eingespart und Bodenverdichtung bzw. Denitrifikation durch Sauerstoffmangel vermieden werden	Auf optimal geformten und genutzten Flächen wird die Bearbeitung vereinfacht, die zurückgelegten Strecken reduziert und damit der Aufwand und Energieverbrauch minimiert
Umsetzungsart		Betriebsführung & Bewirtschaftung	Betriebsführung & Bewirtschaftung	Organisatorisch & Betriebübergreifend
Umsetzung		Vor allem mit pflugloser Bodenbearbeitung (z.B. Direktsaat) den Boden nicht mehr wenden, sondern konservieren	Abstimmung von Anbausystem (Fahrtenzahl) und Maschinenpark (Radlasten)	Potenzialanalyse anhand der Parzellen- und Bewirtschaftungspläne
Umsetzungsdauer		1 Jahr	1 Jahr	5-10 Jahre
Beteiligung Betriebe		16%	11%	32%
Zielkonflikte, Hemmnisse bei der Umsetzung		Unkrautregulierung schwieriger, Investitionen in neue Maschinen erforderlich; arbeitsintensiv	Keine Zielkonflikte bekannt	Anspruchsvoll; Überbetriebliche Zusammenarbeit oft kompliziert
Kosten, Mehreinkommen		Kosteneinsparungen durch Reduktion Dieserverbrauch, Investitionsintensiv bei neuen Maschinen	Kosteneinsparungen durch Reduktion Dieserverbrauch; geringerer Arbeitsaufwand	Kosteneinsparungen durch Reduktion Dieserverbrauch; geringerer Arbeitsaufwand; Kosten für Beratung und Planung
Modellierbarkeit (in ACCT)		Modellierbar über Annahmen zur Reduktion des Dieserverbrauchs	Modellierbar über Annahmen zur Reduktion des Dieserverbrauchs	Modellierbar über Annahmen zur Reduktion des Dieserverbrauchs

Bereich		Pflanzenbau			
Modul		I: Optimierung von Pflanzenernährung und -schutz			
Nr.		I1	I2	I3	I4
Massnahme		Optimierung der Düngeform und -menge	Optimierung der Ausbringung und Einarbeitung von Düngemitteln	Humusaufbau und C-Speicherung durch Kompost	Optimierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln
Ziel		Nährstoffgaben optimal an den Pflanzenbedarf anpassen, Düngemittel- und Maschineneinsatz verringern	Das Verteilen von Dünger optimieren, damit der hofeigene Dünger aus Gülle, Mist und Kompost seinen vollen Wert in der Pflanzenernährung entfalten kann	Mit Kompost den Humus auf den Äckern stabilisieren und aufbauen, Einsatz von Mineraldüngern verringern	Reduktion von Pflanzenschutzmitteln mittels Prognosesystemen, höherer Effizienz bei der Ausbringung, Förderung von Nützlingen
Wirkung	CO ₂	x	x	x	x
	N ₂ O	x	x		
	CH ₄				
	Energie	x	x		
	Ressourcen	x	x	x	x
Wirkung		Verringerung der Auswaschung und Verflüchtigung von Ammoniak und Lachgasbildung, Einsparung von Emissionen in der Herstellung und Transport Mineraldünger; Reduktion der Emissionen des Maschineneinsatzes	Mit Hilfe technischer Anpassungen bei der Ausbringung werden v.a. Stickstoff-Verluste, aber auch der Energieverbrauch, vermindert	Im Humus wird Kohlenstoff direkt auf den Feldern gespeichert; Einsparung von Emissionen in der Herstellung und Transport Mineraldünger	Einsparung von Emissionen in der Herstellung und Transport PSM
Umsetzungsart		Beratung & Planung	Technische Massnahme	Betriebsführung & Bewirtschaftung	Beratung & Planung
Umsetzung		Schlagbezogene Düngelplanung und N _{min} -Bestimmung	Ausbringung z.B. mit Schleppschläuchen, Präzisionsstreuern, Verschlauchung, Gülledrill, Cultan-Düngung oder Precision-Farming	Herstellung und Ausbringung eigenen Komposts nach Auswahl geeigneter (ev. betriebsübergreifenden) Kompostsysteme	Technische Anpassungen und Installation von Prognosesystemen auf dem Betrieb
Umsetzungsdauer		1-5 Jahre	1-5 Jahre	10 Jahre	1 Jahr
Beteiligung Betriebe		74%	79%	68%	30%
Zielkonflikte, Hemmnisse bei der Umsetzung		Anspruchsvoll; klimaanfällig; geeignetes Planungstool nicht vorhanden	Benötigt Maschinen und Know-How, braucht Anpassung des gesamten Düngesystems (auch ausgebrachte Menge)	Wirkung wissenschaftlich umstritten, zeitintensiv	Keine Zielkonflikte bekannt, im Weinbau allenfalls zu grosser Schädlingsdruck
Kosten, Mehreinkommen		Kosteneinsparungen durch Reduktion Dünger und Diesel; Kosten für Beratung	Investitionen in/Kosten für Maschinen, je nach Technik Kosten für Beratung und Know-How Aufbau	Kosten für Know-How Aufbau, Investitionen in Kompostsystem; erhöhter Arbeitsaufwand	Kosteneinsparungen durch weniger Produkte und Reduktion Dieselverbrauch
Modellierbarkeit (in ACCT)		Teilweise modellierbar (Reduktion Dünger, Treibstoff)	Teilweise modellierbar (z.B. Schleppschlauch)	Nicht modellierbar	Modellierbar

5.2 Potenzial von Bilanzierungen

Erweiterung des Systemverständnisses der Betriebsleitenden

Bilanzierungen der THG-Emissionen von Betrieben bringen verschiedene Mehrwerte: Energie- und THG-Bilanzierungen ermöglichen den Betriebsleitenden einen erweiterten und neuen Blick auf die betrieblichen Abläufe. Insbesondere eröffnen sie ein Verständnis für die THG-Intensität sowie für die Klimawirksamkeit eines Betriebes und machen diese greifbar. Ausserdem können die Bilanzierungen unerkannte Einsparpotenziale aufdecken und aufzeigen, wo die grössten Hebel vorhanden sind. So kann zum Beispiel die Annahme vieler Landwirte/innen widerlegt werden, dass der Stromverbrauch einen substantziellen Anteil der THG-Emissionen verursacht. Nur wer die eigene Klimabilanz kennt und ein genaues Bild davon hat, in welchen Bereichen welche Emissionen anfallen, kann wirksam gegensteuern. Die Erfahrung der Bodensee-Stiftung zeigt, dass Landwirt/innen, die motiviert sind, ihren Betrieb bilanzieren zu lassen, einen ersten Schritt in Richtung mehr Klimaschutz gehen und in der Regel offen für weitere Schritte und Massnahmen sind. Im AgroCO₂ncept lässt sich allerdings nicht nachweisen, dass die Betriebe, die seit 2011 im Projekt sind, mehr Massnahmen umsetzen oder grössere Reduktionserfolge erzielt haben als Betriebe, die später dazu gestossen sind (vgl. Kapitel 4.2). Im Zuge des Projektes liess sich allerdings ein wachsendes Bewusstsein der Betriebe für ihre Klimawirkung und für klimaschonende Managementsysteme feststellen. Dieses Bewusstsein äusserte sich sowohl positiv, z.B. im Ansporn, weitere Einsparungen auf dem Betrieb zu tätigen, oder die Umsetzung einer Biogasanlage in der Region abzuklären und zu diskutieren, wie auch negativ, z.B. in einer wachsenden Frustration über die Komplexität der Zusammenhänge.

Förderung des Austausches

Bilanzierungen fördern den Austausch zwischen Beratenden und Landwirt/innen sowie unter Landwirt/innen. In den Beratungsrunden profitieren nicht nur die Landwirt/innen von dem Wissen der Beratenden, auch die Beratenden lernen immer wieder neue Aspekte von Betriebsabläufen kennen. Bilanzierungen von einzelnen Betriebszweigen ermöglichen ausserdem den Vergleich von Betrieben mit unterschiedlicher Gesamtstruktur. So können die Betriebsleitenden ihre Bilanzen in spezifischen Produktionssystemen vergleichen, diskutieren und voneinander lernen.

Wirkungsabschätzung von Massnahmen bedingt möglich, bleibt betriebsspezifisch

Bilanzierungen können bedingt auch dazu dienen, um die Wirkung von Massnahmenbündeln im Einzelbetrieb zu beurteilen. Einerseits erlauben sie es, die theoretische Wirksamkeit von Einzelmassnahmen zu modellieren. Dabei werden allerdings immer Annahmen getroffen: Insbesondere werden die Rahmenbedingungen dabei in der Regel konstant gehalten (vgl. Kapitel 2.3, 5.1.1), was nicht der Realität entspricht (vgl. Kapitel 3.3.3). Um die Aussagekraft der Simulationen zu erhöhen, könnte man vermehrt auch mit Szenarien bezüglich der sich ändernden Rahmenbedingungen arbeiten. Andererseits zeigen über mehrere Jahre hinweg durchgeführte Bilanzierungen die synergetischen Wirkungen verschiedener Veränderungen auf dem Betrieb und können auch klimabedingte Einflüsse deutlich machen. Dies erfordert allerdings eine sorgfältige Interpretation der Bilanzierungsergebnisse im Austausch mit den

Betriebsleitenden. Ansonsten ist es schwierig, den Einfluss der Bewirtschaftung vom Einfluss der klimatischen Schwankungen und anderen externen Faktoren abzugrenzen. Ausserdem lässt sich die Wirkung von Massnahmen, die noch unerforscht sind, im ACCT nicht abbilden (z.B. Pflanzenkohle, Humusaufbau). Gleiches gilt für bestimmte klimaschonende Praktiken, wie z.B. Permakultur. Schlussendlich kann die Wirksamkeit immer nur für eine bestimmte Betriebsstruktur aufgezeigt werden und nicht verallgemeinernd als Grundlage für eine Massnahmenbewertung beigezogen werden.

Nicht repräsentative Stichjahre

Eine grundsätzliche Problematik von CO₂-Bilanzierungen zeigt sich auch im AgroCO₂ncept. Die Wahl von Stichjahren zum Vergleich der Emissionen kann zu Resultaten führen, die – insbesondere gemäss dem Gefühl der Betriebsleitenden – die hinsichtlich der Emissionen verbesserten Betriebsabläufe und -strukturen nicht richtig repräsentieren. Das Klima kann sich stark auf die Bewirtschaftung und die Erträge auswirken, so dass in Jahren mit günstiger Witterung die effektiven, für die gegenwärtige Betriebsstruktur anfallenden Emissionen allenfalls unterschätzt und in Jahren mit ungünstigem Klima überschätzt werden. Im Zuge des Klimawandels ist mit vermehrten Wetterextremen zu rechnen, welche die Klimabilanzen massiv mitbestimmen (vgl. Kapitel 3.3.3, 4.3). In der Praxis zeigt sich, dass Wetterextreme Landwirt/innen zu klimaschädlichem Management zwingen, indem beispielsweise mehr mineralische Düngemittel ausgebracht werden, um die negativen Effekte des Wetters auf die Erträge zu puffern. Hier bedarf es weiterhin einer intensiven Sensibilisierung der Landwirt/innen für ihr Handeln dessen Folgen. Eine Berechnung mit Mittelwerten aus verschiedenen Bilanzierungsjahren wäre allerdings keine Alternative, da die kausalen Zusammenhänge verwischt und die Interpretation von Werten erschwert würde. Ausserdem wäre der zeitliche Aufwand für die Erfassung der Daten nicht vertretbar.

Kein CO₂-Fussabdruck, aber eine Annäherung

Die Beschränkung auf Stichjahre, aber auch die Unsicherheiten bezüglich verschiedener Parameter im ACCT-Tool und die laufende Anpassung von wissenschaftlichen Grundlagen wie der Treibhauswirksamkeit von THG durch das IPCC, führen dazu, dass die Resultate der Bilanzierungen nicht als CO₂-Fussabdruck der Landwirtschaft, eines Betriebes oder eines Produktes (z.B. von 1 Liter Milch) betrachtet werden sollten. Bestenfalls ermöglichen die Bilanzen, die ökologischen Vorteile der Produktionssysteme im Vergleich zu der früheren Praxis und anderen Angeboten und Produkten greifbar zu machen. So können sie in einen Wettbewerbsvorteil verwandelt und zur Vermarktung genutzt werden. Dies gilt primär für den Direktverkauf.

Bilanzierungen bedürfen Beratung und sind zeitintensiv

Die Resultate von Bilanzierungen, insbesondere wenn sie mit komplexen Tools wie ACCT erstellt wurden, sind für Landwirte/innen oft nicht nachvollziehbar und können ohne Beratungen nicht interpretiert oder genutzt werden. Bilanzierungen ohne anschliessende Beratung, Erklärung der Wirkungszusammenhänge sowie Ableitung und Diskussion der Massnahmen machen entsprechend wenig Sinn (vgl. Kapitel 6.1). Dieser Aspekt muss in der Zeit- und Kostenschätzung von THG-Bilanzierungen im Rahmen eines Projektes oder im Rahmen allfälliger agrarpolitischer Überlegungen berücksichtigt werden. Die Erstbilanzierung benötigt für die/den Bilanzierenden und den/die Betriebsleitenden rund eine Stunde Zeitaufwand für die Vorbereitung und circa drei Stunden Aufwand für die Erhebung. Für die Nachbereitung, Massnahmenmodellierung und

Aufteilung der Emissionen auf die Betriebszweige sind weiterhin etwa zwei Stunden Aufwand seitens der/s Bilanzierenden nötig. Für die gemeinsame Diskussion der Resultate sollten zwischen einer und drei Stunden Zeit einberechnet werden. Die weiteren Bilanzierungen eines Betriebs sind – abgesehen von grossen Betriebsumstellungen – etwas schneller zu bewerkstelligen, da viele relevante Daten bereits erfasst sind und nur noch angepasst werden müssen. Trotz dieses reduzierten Zeitaufwandes hat sich gezeigt, dass die Motivation der Betriebe für wiederholte Bilanzierungen stark sinkt. Dies mag einerseits an den ausbleibenden Reduktionserfolgen liegen. Andererseits hat es möglicherweise damit zu tun, dass die Limitationen des Instruments erkannt wurden und der Erkenntnisgewinn für die Betriebe mit einer erneuten Bilanzierung bescheiden ist.

Standardisierung der Datenerhebung

Im AgroCO₂ncept zeigten sich im Laufe der drei bis vier Bilanzierungen vermehrt Inkonsistenzen bei den Daten. Diese Inkonsistenzen betrafen verschiedene Angaben im Tool, oftmals die Zusammensetzung der Tierbestände. Sie mussten in teilweise intensiver Arbeit ausgemerzt werden. Die Datenaufnahme basierte ausschliesslich auf Gesprächen und Angaben der Betriebsleitenden. Es wird empfohlen, in Zukunft auf ein stärker standardisiertes Vorgehen zurückzugreifen. Das Vorgehen sollte, wenn möglich, an erhobene Daten und vorhandene Datenquellen angeknüpft werden. Dieses Vorgehen erleichtert Vergleiche auf Betriebszweigebene und erhöht die Aussagekraft und Verlässlichkeit der Bilanzierungen.

Kein Instrument für Fördersysteme

Bei der Anwendung von Bilanzierungen müssen stets die Möglichkeiten und Limiten des Bilanzierungstools im Auge behalten werden. Insgesamt haben die Erfahrungen im AgroCO₂ncept gezeigt, dass Bilanzierungen (mit ACCT) sich sehr gut für eine Standortbestimmung hinsichtlich der THG-Emissionen auf einem Betrieb eignen und den Betriebsleitenden ermöglichen, die «Klimabrille» aufzusetzen. Die Befähigung der Landwirt/innen ist eine zentrale Grundlage, um längerfristig den Klimaschutz in der Praxis zu verankern. Aufgrund der Limitationen wird aber davon abgeraten, Bilanzierungen mit daran angeknüpften Fördermassnahmen als Instrument zu erwägen (vgl. Kapitel 7.3).

5.3 Wirkung von Beratungen

Klimaschutzberatung deckt Lücke in landwirtschaftlicher Ausbildung

Das Ressourcenprojekt hat gezeigt, dass Landwirt/innen in der Regel ein unzureichendes Wissen über die Klimawirkung ihres Betriebs und über Klimaschutzmassnahmen haben, da diese Themen in den landwirtschaftlichen Ausbildungen noch ungenügend enthalten sind. Die Klimaschutzberatung kann hier einen wichtigen neuen Impuls setzen. Die Beratung bietet den Landwirt/innen einen neuen Blick auf ihren Betrieb und ermöglicht es ihnen, zukünftige Entscheidungen unter Berücksichtigung des neu erlangten Wissens zu treffen. Im Projekt waren die Beratenden wichtige Ansprechpersonen für die Betriebe. Die in den Beratungsgesprächen diskutierten Massnahmen wurden häufiger umgesetzt als andere (vgl. Kapitel 5.1.2, 6.1).

Wiederholte, offene und individuelle Beratungen

Aus den Erfahrungen im Projekt lassen sich gewisse Voraussetzungen ableiten, die zum Erfolg von Klimaschutzberatungen beitragen:

- Nach Möglichkeit sollten Beratungen wiederholt erfolgen. Gerade Klimaschutzmassnahmen mit tiefgreifenden strukturellen Veränderungen auf dem Betrieb werden nicht sofort umgesetzt. Das Schaffen der nötigen Voraussetzungen sowie ein teilweise nötiger Bewusstseinswandel brauchen eventuell einige Jahre.
- Die Beratungen sollten vor allem zu Beginn offen erfolgen, also unabhängig davon, ob und in welcher Höhe einzelne Massnahmen gefördert werden. Gerade am Anfang soll der/die Landwirt/in die Möglichkeit erhalten, seine Klimawirkung als solche zu begreifen.
- Individuelle betriebliche Abläufe sollten in einer Beratung und der dazugehörigen Auswahl und Ausgestaltung von Klimaschutzmassnahmen berücksichtigt werden.
- Basieren die Beratungen auf Bilanzierungsergebnissen, sollten die Limitierungen des Bilanzierungstools offen thematisiert werden. Die Erarbeitung einer Klimastrategie auf dem Einzelbetrieb sollte auch das Wissen, die Erfahrungen und Abklärungen der Betriebsleitenden miteinbeziehen.

Aufbau von Wissen in landwirtschaftlichen Beratungsstellen nötig, Integration der Klimaschutzberatung

Sinnvoll wäre, wenn sich Betriebe ein bis zwei Mal jährlich für ein paar Stunden mit einem Klimaberater austauschen könnten. Ideal wäre eine Beratung zu Beginn eines Jahres, um Massnahmen zu planen, sowie nach Abschluss eines Betriebsjahres, um Fazit zu ziehen und allfällige Änderungen in den Massnahmen zu besprechen. Um den personellen Aufwand und die Kosten für eine entsprechende Beratung möglichst klein zu halten, wäre es wichtig, die landwirtschaftlichen Beratungsstellen und beratenden Personen dahingehend mit dem nötigen Wissen auszustatten (vgl. Kapitel 6.1.4). Dieses Vorgehen kann auch verhindern, dass einzelne Betriebe von unterschiedlichen Beratern widersprüchliche Informationen erhalten. Vielmehr könnten die Berater eine transparente und umfassende Beurteilung des Betriebes gewährleisten, die verschiedene Trade-offs, Zielkonflikte und Win-Win-Situationen aus unterschiedlichen Perspektiven aufzeigt. Auch wenn dieser Know-How-Aufbau Zeit benötigt, sollte das Ziel sein, dass der Klimaschutz Teil der generellen landwirtschaftlichen Beratung wird (vgl. Kapitel 7.4.2).

Eigeninitiative der Landwirt/innen wichtig

Die landwirtschaftliche Beratung zur Umsetzung der Klimaschutzmassnahmen ist auf die Eigeninitiative und Motivation der Landwirt/innen angewiesen. Die landwirtschaftlichen Berater im Projekt betonten, dass ihre Beratung nur dann Wirkung entfalten kann, wenn die Landwirt/innen von einer Massnahme überzeugt sind, sie mitdenken und Ideen zur Optimierung beitragen. Dies gilt aktuell umso mehr, weil THG-Emissionen und Klimaschutz (noch) keine Fachthemen der landwirtschaftlichen Beratung sind.

Erfahrungsaustausch wichtig

Neben den Beratungen ist auch der Erfahrungsaustausch zwischen den Landwirt/innen sehr wichtig (vgl. Kapitel 6.1). In themenspezifischen Workshops können Klimaberatung, Fachberatung und der Austausch untereinander kombiniert werden. Dabei sollten Probleme in der Umsetzung ebenso thematisiert werden wie innovative Lösungsansätze und überbetriebliche Strategien.

6 Begleitforschung

6.1 Sozio-ökonomische Determinanten des Klimaschutzes

Autor/innen: Cordelia Kreft, Robert Huber, Robert Finger, ETH Zürich

6.1.1 Einleitung und Ziele

Entscheidungsverhalten von Betrieben verstehen

Im Rahmen des Dissertationsprojekts von Cordelia Kreft in der Gruppe für Agrarökonomie und -politik an der ETH Zürich untersuchen wir die sozio-ökonomischen Determinanten des Klimaschutzes in der Schweizer Landwirtschaft. Dabei liegt der Schwerpunkt auf Einstellungen, Präferenzen und sozialen Netzwerken von Landwirt/innen und den daraus resultierenden Entscheidungsprozessen in Bezug auf landwirtschaftlichen Klimaschutz. Die folgenden vier Forschungsfragen stehen im Fokus der Dissertation:

- Wie beeinflussen individuelle Eigenschaften von Landwirt/innen die Entscheidung zur Umsetzung von Klimaschutzmassnahmen auf dem Betrieb?
- Wie werden Landwirt/innen in ihren Klimaschutz-Entscheidungen durch Wissensaustausch im persönlichen sozialen Netzwerk geprägt?
- Wie gross ist der Einfluss von sozialen Netzwerken hinsichtlich der eingesparten Menge an THG und entsprechenden Vermeidungskosten?
- Wie können soziale Netzwerke die Kosteneffizienz von ergebnis- und massnahmenorientierten Subventionssystemen beeinflussen?

Mit unserer Forschung möchten wir dazu beitragen, das Entscheidungsverhalten von Landwirt/innen besser zu verstehen und so die Effizienz von agrarpolitischen Massnahmen sowie der Beratung zu erhöhen. Die gewonnenen Erkenntnisse können dabei helfen, die nationalen Klimaziele des Bundes auch im agrarpolitischen Kontext erfolgreich und effizient umzusetzen. Die Datenbasis für unsere Forschung konzentriert sich auf eine regionale Fallstudie rund um das Ressourcenprojekt AgroCO₂ncept Flaachtal und die umliegende Region des Zürcher Weinlands.

6.1.2 Methodik

AGIS Datenbank, Online-Umfrage, Interviews

Unsere Forschung basiert auf drei Datenquellen, welche sowohl in separate Analysen als auch in ein übergreifendes Modell einfliessen. Aus der AGIS Datenbank wurden Informationen zu Betriebsgrösse, Alter der Betriebsleiterin/des Betriebsleiters und Betriebstyp entnommen. Zur Erhebung der aktuellen Umsetzung von Klimaschutzmassnahmen sowie individuellen Einstellungen zu Klimawandel und Klimaschutz, persönlichen Präferenzen und Risikoeinstellungen wurde im Frühjahr 2019 eine umfassende Online-Umfrage an die 389 Landwirt/innen in den Gemeinden des Zürcher Weinlands geschickt. Der Fragebogen beinhaltete folgende Themen: Wahrnehmung klimatischer Veränderungen und erwartete Folgen des Klimawandels, derzeitige Umsetzung von (13

ausgewählten) Klimaschutzmassnahmen auf dem Betrieb, Einschätzungen zur Wirksamkeit der Massnahmen sowie zur Selbstwirksamkeit, eigene Werte und Vorlieben in Bezug auf Landwirtschaft, Innovationsbereitschaft, Einkommen und Zufriedenheit, soziale Kontakte und sozialer Vergleich sowie Risikoeinstellungen. Um detaillierte Daten zu den sozialen Netzwerken der Landwirte und Landwirtinnen zu erheben, wurden im Herbst 2019 persönliche Interviews mit 50 Landwirtinnen und Landwirten geführt, welche zuvor an der Umfrage teilgenommen hatten. Die Interviews wurden mithilfe einer eigens für soziale Netzwerkanalyse entwickelten Tablet-Software geführt.

Regressionsanalyse, soziale Netzwerkanalyse, agentenbasiertes Modell

Im ersten Schritt wurde mittels einer ökonomischen Regressionsanalyse untersucht, welche Faktoren die Umsetzung von Klimaschutzmassnahmen auf dem Betrieb beeinflussen. Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurde eine soziale Netzwerkanalyse mithilfe eines autokorrelierten Modells durchgeführt. Die dritte und vierte Forschungsfrage wurde mithilfe des agentenbasierten Modells FARMIND (Huber et al., 2022) beantwortet. Für die Modellierungen wurden die Daten von 49 Milch-, Mutterkuh- und Bullenmastbetrieben aus unserem Sample sowie vier der insgesamt 13 Klimaschutzmassnahmen ausgewertet (Ersatz von importiertem Kraftfutter durch Leguminosen, Erhöhung der Anzahl Laktationen pro Milchkuh, Einsatz des Schleppschlauchs zur Düngerausbringung und Futtermittelzusätze zur Reduktion des Methan-ausstosses von Wiederkäuern).

6.1.3 Resultate

Hohe Selbstwirksamkeit und Kontrollüberzeugung führt zu mehr Klimaschutz

Insgesamt beantworteten 105 Produzent/innen alle Fragen des Fragebogens. Alle der Betriebe im Projekt AgroCO₂nccept nahmen an der Befragung teil. Die meisten der 105 Teilnehmenden nahmen in den letzten 10 Jahren eine Veränderung der klimatischen Verhältnisse wahr. So erlebt der Grossteil beispielsweise eine deutliche Zunahme von Trockenheit und Hitzeperioden. Die Mehrheit erwartet ausserdem negative bis sehr negative Folgen des Klimawandels, sowohl für die gesamte Landwirtschaft der Schweiz als auch für den eigenen Betrieb (vgl. Auswertung der Umfrage im Zwischenbericht). Die Ergebnisse der ersten Studie zeigen, dass auf dem Grossteil der teilnehmenden Betriebe bereits mehrere Klimaschutzmassnahmen umgesetzt werden. Es zeigt sich, dass insbesondere die Landwirt/innen mit hoher Selbstwirksamkeit und Kontrollüberzeugung mehr Klimaschutz betreiben. Hohe Selbstwirksamkeit bedeutet, dass sie daran glauben, einen effektiven Beitrag gegen den Klimawandel leisten zu können. Hohe Kontrollüberzeugung bedeutet die Ansicht, dass ihre Entscheidungen einen Einfluss haben. Diese Überzeugungen etwa durch Bildung und gezielte Beratung zu stärken, kann also helfen, noch mehr Landwirt/innen zur aktiven Reduktion von Treibhausgasen zu bewegen (Kreft et al., 2021a; Kreft et al., 2021b).

Austausch und Wissen in sozialen Netzwerken erhöht Umsetzungswahrscheinlichkeit von Massnahmen

Für die zweite Studie wurden Interviewdaten von 50 Landwirtinnen und Landwirten genutzt. Die Studie kommt zum Schluss, dass Landwirt/innen auf dem eigenen Betrieb mehr Massnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen umsetzen, wenn sie sich regelmässig mit anderen zum Thema Klimaschutz austauschen. Dabei scheint besonders das Wissen der sozialen Kontakte von Bedeutung zu sein. Weniger wichtig ist hingegen, ob im sozialen Netzwerk bereits aktiv Massnahmen umgesetzt werden. Dies deutet

darauf hin, dass landwirtschaftlicher Klimaschutz für viele Landwirt/innen eher Neuland ist und somit der Wissensgewinn im Vordergrund steht. Des Weiteren lässt sich ein Spillover-Effekt des Projekts AgroCO₂ncept Flaachtal auf die nicht-teilnehmenden Landwirt/innen in der Region beobachten: Enge soziale Verbindungen zu Projektmitgliedern wirken positiv auf die Umsetzung von Klimaschutzmassnahmen auf dem eigenen Betrieb (Kreft et al., 2023a; Kreft et al., 2023b).

Wissensverbreitung in sozialen Netzwerken erhöht Effizienz der Direktzahlungen

Die dritte Studie innerhalb des Forschungsprojekts zeigt darüber hinaus auf, dass soziale Netzwerke auch einen messbaren Einfluss auf die Effektivität von Direktzahlungen für landwirtschaftlichen Klimaschutz haben können. Bei einer Zahlung von 120 Franken (CHF) pro Tonne eingesparter CO₂-Äquivalente reduzieren die Landwirt/innen deutlich mehr (+ 42%), wenn Wissensaustausch im Netzwerk stattfindet. Um ohne Netzwerke auf dasselbe Reduktionsniveau zu kommen, müssten 380 CHF mehr gezahlt werden. Somit erhöht sich auch die Effizienz der Direktzahlung durch die Wissensverbreitung innerhalb sozialer Netzwerke. Gleichzeitig ergeben die Simulationen, dass die Kosten für Klimaschutz in der Landwirtschaft relativ stark variieren – sowohl zwischen den einzelnen Massnahmen als auch zwischen den Betrieben (Kreft et al., 2023c).

Reduktionspotenzial unter Berücksichtigung von ökonomischen und sozialen Faktoren beschränkt

Im Rahmen der vierten Studie wurde die Kosteneffizienz von massnahmen- und ergebnisorientierten Zahlungen für landwirtschaftlichen Klimaschutz verglichen. Die Analyse zeigt, dass Zahlungen für die Umsetzung bestimmter Klimaschutzmassnahmen in bestimmten Fällen zu weniger Gesamtausgaben für den Staat führen, dafür aber zu höheren und ungewisseren Grenzkosten auf Betriebsebene. Die Studie zeigt zudem, dass das gesamte Potential der zu erzielenden Treibhausgasreduktionen auf den analysierten Milch- und Rindviehbetrieben relativ limitiert ist. Unter der Annahme konstanter Milch- und Fleischproduktion liegt das rein technische Potenzial der berücksichtigten Massnahmen bei 14% Reduktion im Vergleich zum Status quo. Das effektiv erreichbare Reduktionsniveau liegt sogar nur bei 3-12% Reduktion, wenn ökonomische, individuelle und soziale Faktoren berücksichtigt werden (Kreft et al., 2022b).

Anpassung des Herdenmanagements reduziert Emissionen und Kosten

Eine der in den genannten Studien intensiver untersuchten Massnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen ist die Erhöhung der Anzahl Laktationen und somit die Verlängerung der Lebensdauer von Kühen. Diese Anpassung des Herdenmanagements reduziert die Gesamtanzahl Tiere auf dem Betrieb (weniger Zukauf von Jungkühen) und damit die Gesamtemissionen des Betriebs sowie die Emissionen pro Kilogramm produzierter Milch. Unsere Ergebnisse zeigen, dass damit in vielen Fällen gleichzeitig auch Kosten eingespart werden (win-win Massnahme). Aufgrund verschiedener Faktoren wie persönlicher Präferenzen und Veränderungsresistenz setzen dennoch nicht alle Landwirte diese Massnahme um. Um effiziente Anreize zu schaffen, bietet sich in einem solchen Fall eine massnahmenorientierte Zahlung eher an als eine ergebnisorientierte Politik (vgl. oben).

6.1.4 Diskussion

Stärkung des Austausches, Wissens und Selbstbild der Betriebe im Klimaschutz, u.a. durch lokale Initiativen wie AgroCO₂ncept

Die Ergebnisse unserer Forschung zeigen, dass verschiedene verhaltensökonomische Faktoren die erfolgreiche Umsetzung von landwirtschaftlichem Klimaschutz beeinflussen. Einerseits spielen die Selbstwirksamkeit und Kontrollüberzeugung der

Landwirt/innen eine wichtige Rolle. Andererseits sind soziale Netzwerke und der Austausch von Klimaschutzrelevantem Wissen zwischen Landwirt/innen entscheidend für die Verbreitung von Massnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen aus der Landwirtschaft. Lokale Projekte wie AgroCO₂ncept Flaachtal können sich zudem positiv auf das Klimaschutzverhalten von Landwirt/innen in der gesamten Region auswirken. So ermöglicht Wissensaustausch innerhalb sozialer Netzwerke eine erhöhte Effektivität und Effizienz von entsprechenden Politikmassnahmen. Zur Förderung von landwirtschaftlichem Klimaschutz sollten agrarpolitische Entscheidungsträger daher neben finanziellen Anreizen auch das Selbstbild der Landwirt/innen als zentrale Akteure im Klimaschutz stärken und den Wissensaustausch zwischen Landwirt/innen unterstützen. Mögliche Instrumente sind gezielte Workshops und Weiterbildungsangebote sowie spezifische und auf die einzelnen Betriebe angepasste Beratungsleistungen. Ausserdem sollte das Thema Klimaschutz regulärer Bestandteil der landwirtschaftlichen Ausbildungen werden. Die Unterstützung von lokalen Initiativen wie dem AgroCO₂ncept Flaachtal erscheint besonders effizient, da hier sowohl Wissen generiert als auch Kanäle für dessen Verbreitung durch soziale Netzwerke geschaffen werden. Gleichzeitig ist bei gleichbleibender Produktion das effektive Potenzial einer betriebsökonomisch sinnvollen Reduktion von Treibhausgasen in der Landwirtschaft, insbesondere in der Tierhaltung, begrenzt.

6.1.5 Ausblick

Wirkung von betriebsübergreifenden Politikinstrumenten, Kosten und Nutzen einzelner Massnahmen

Aufgrund des lokalen Fallstudien-Ansatzes basieren unsere Analysen auf einer relativ kleinen Stichprobe, was die Generalisierbarkeit der Ergebnisse einschränkt. Dazu braucht es weitere Studien, welche die verhaltensökonomischen Determinanten des landwirtschaftlichen Klimaschutzes in anderen Regionen und wenn möglich mit grösseren Stichproben untersuchen. Neben massnahmen- und ergebnisorientierten Anreizen auf Betriebsebene wäre es zudem wichtig, die Wirkung weiterer, auch betriebsübergreifender Politikinstrumente wie etwa eine Emissionssteuer, die Einbindung der Landwirtschaft in obligatorische Emissionshandelssysteme oder die Förderung kollektiver Emissionsreduktion zu untersuchen. Um Kosten und Nutzen einzelner Massnahmen besser vergleichen zu können, wäre es ausserdem hilfreich, eine Grenzkostenkurve aller für die Schweizer Landwirtschaft relevanten Klimaschutzmassnahmen zu erstellen.

6.2 Humusaufbau und C-Speicherung

Autor: Jens Leifeld, Agroscope

6.2.1 Einleitung und Ziele

Nachweisbarkeit von C_{org}, Standortabhängigkeit der Zugabe von Pflanzenkohle

Durch die Zugabe von Pflanzenkohle, ein bei hoher Temperatur durch Pyrolyse von Holz oder Pflanzenresten entstehendes Material mit hohem Kohlenstoffgehalt und hoher Stabilität, kann der C_{org}-Gehalt von Böden dauerhaft erhöht werden. Pflanzenkohle wird in der Schweizer Landwirtschaft bereits von einigen Betrieben eingesetzt und auch

hier produziert. Sie unterliegt für die landwirtschaftliche Anwendung einer Qualitätsnorm.

Pflanzenkohle im Boden ist daher eine Kohlenstoffsенke, die auch eine Inwertsetzung über CO₂-Zertifikate erfahren kann. Damit stellt sich die Frage, ob ihre Anwendung im Boden analytisch nachgewiesen werden kann, eine mögliche Senke also verifizierbar ist. In diesem Teilprojekt stehen folgende Fragen im Vordergrund:

- Wie genau kann die Kohlenstoffmenge in Praxisfeldern mit dem gewählten Verfahren bestimmt werden?
- Was ist die statistische Streuung der Zielgrösse (C_{org}-Menge) mit einer Massnahme unter Feldbedingungen? Welche Unterschiede können damit nachgewiesen werden und reicht das, um die Wirkungen einer Massnahme überprüfen bzw. bestätigen zu können?
- Ist die Wirkung der Massnahme abhängig vom Standort?

6.2.2 Methodik

Vergleich von Bewirtschaftung mit und ohne Zugabe von Pflanzenkohle

Für das Projekt konnten fünf Betriebe, nachfolgend als A – E gekennzeichnet, innerhalb des Projektes AgroCO₂nccept gewonnen werden. Auf jedem Betrieb wurde ein grosser Schlag ausgewählt, der sich in einer Fruchtfolge befindet. Die Schläge wurden jeweils hälftig geteilt. Auf der einen Hälfte wurde die normale Bewirtschaftung durchgeführt, auf der anderen zusätzlich eine Menge von ca. 1 t Pflanzenkohle (PK) pro Jahr ausgebracht. Die PK hatte im Durchschnitt einen C-Gehalt von 78 % sowie ein H/C-Verhältnis von 0.24 und ein O/C-Verhältnis von 0.08. Jedes der zehn Teilfelder wurde in den Jahren 2017, 2019, und 2022 an je 20 Punkten beprobt. Dazu wurden, zusammen mit der Firma bodenproben.ch., volumetrische Kernproben mit einem Durchmesser von 4 cm bis zu einer Tiefe von 60 cm gestochen und bereits im Feld in drei Segmente (0-20, 20-40, und 40-60 cm) unterteilt. Insgesamt ergaben sich daraus je Beprobungstermin für alle fünf Betriebe 600 zu analysierende Bodenproben. Die Einstichpunkte wurden mit einem hochaufgelösten GPS eingemessen. Die drei aufeinander folgenden Beprobungen wurden jeweils innerhalb eines Quadratmeters genommen und statistisch als Wiederholungsproben gewertet. Signifikante Änderungen ergeben sich, wenn die Verteilung der Differenzen in den Vorräten signifikant unterschiedlich zu Null ist.

Im Labor wurden die Bodenkerne bei 105 °C getrocknet und < 2 mm gesiebt. Steine > 2 mm wurden gewogen und ihr Volumen bei der Berechnung der Lagerungsdichte des Feinbodens < 2 mm mit einer angenommenen spezifischen Dichte von 2.65 g cm⁻³ berücksichtigt.

Das Material < 2 mm wurde fein gemahlen, in Zinnkapseln eingewogen, und im Exsikkator mit HCl bedampft, um etwaiges Karbonat aus den Proben zu entfernen. Danach wurde der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt der Proben mittels Elementaranalyse gemessen. Je Bodenprobe wurde eine Doppelbestimmung durchgeführt. Der Kohlenstoffgehalt ist im Folgenden als C_{org} ausgedrückt.

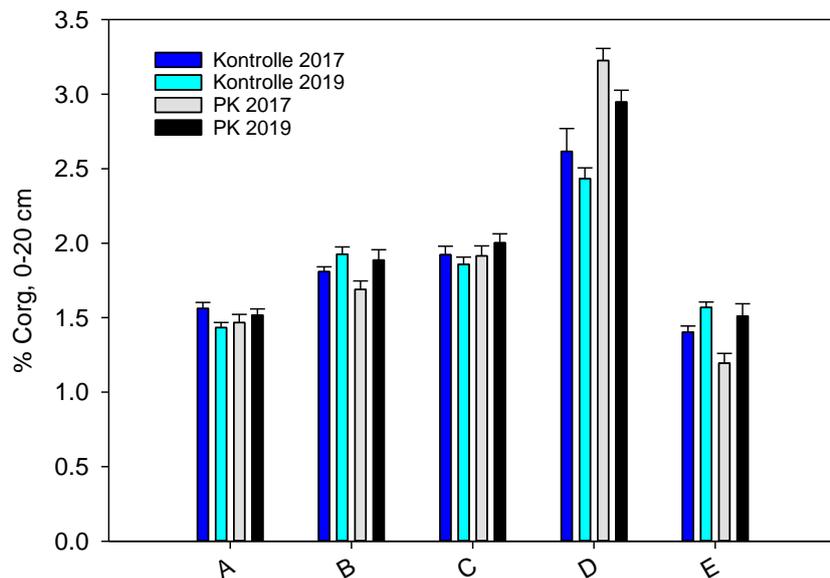


Abbildung 23. C_{org}-Gehalte der Oberböden 0-20 cm der fünf beteiligten Betriebe der ersten beiden Probenahmen. PK = Pflanzkohle.

Geringe Unterschiede in C_{org}-vorräten zwischen Jahren und Verfahren

Die C_{org}-Vorräte in der äquivalenten Bodenmasse auf Basis der 0 – 60 cm-tiefen Probenahme lagen im Bereich von 7 – 11 kg C/m². Wie aus Abbildung 24 ersichtlich wird, unterscheiden sich die Vorräte zwischen den Jahren und den beiden Verfahren je Standort nur geringfügig.

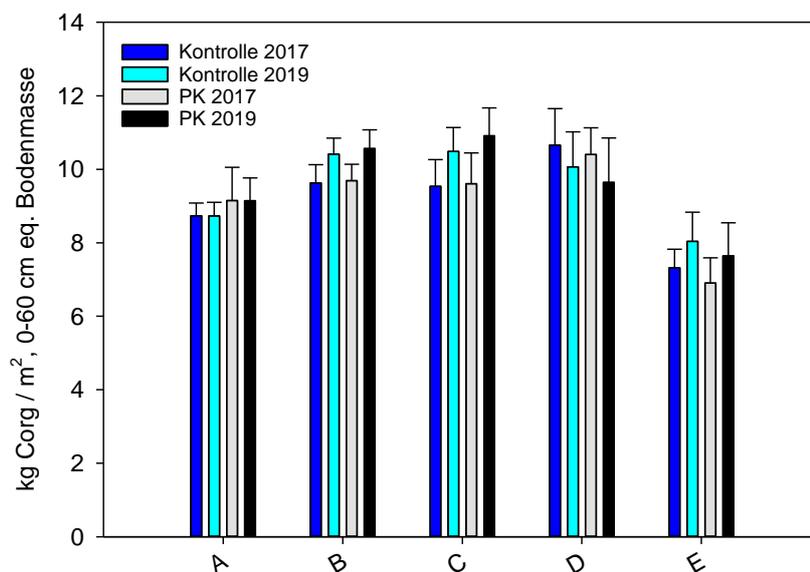


Abbildung 24. C_{org}-Vorräte in den Jahren 2017 und 2019. Die Fehlerbalken zeigen das 95%-Konfidenzintervall an. Die durchschnittlichen Konfidenzintervalle der C_{org}-Vorräte der fünf Betriebe sind (±) 0.56, 0.47, 0.74, 0.97 und 0.72 kg m⁻². Dies entspricht relativen Konfidenzintervallen von (±) 6.2, 4.7, 7.3, 9.6, und 9.7 %. PK = Pflanzkohle.

Standort mehr Einfluss auf Veränderung C_{org} als Verfahren

Aus der Variabilität der Differenzen der C_{org} -Vorräte zwischen der Erst- und der Zweitbeprobung kann berechnet werden, wie gross die minimale Differenz im Vorrat sein muss, um mit 20 Wiederholungen je Teilschlag statistisch nachweisbar zu sein. Dies ist in Abbildung 25 visualisiert. Signifikante Unterschiede zwischen der Erst- und der Zweitbeprobung liegen dort vor, wo der Fehlerbalken die Nulllinie nicht überschneidet. Es ist ersichtlich, dass die Veränderungen weniger abhängig vom Verfahren, als vom Standort sind.

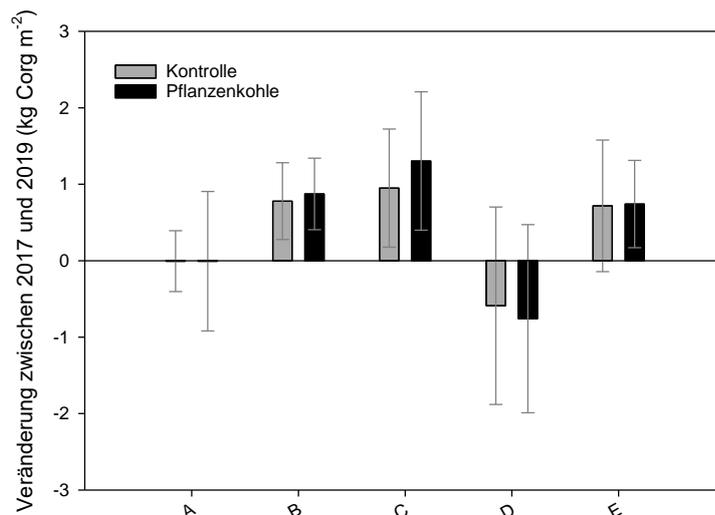


Abbildung 25. Veränderungen der C_{org} -Vorräte (äquivalente Bodenmasse bezogen auf 0 – 60 cm Bodentiefe) zwischen Erst- und Zweitbeprobung.

Gemessener Unterschied auf 3 Betrieben oberhalb Nachweisgrenze

Die Berechnungsmethodik ermöglicht auch zu sagen, wie gross eine Veränderung im C_{org} -Vorrat mindestens sein muss, um statistisch als signifikant zu gelten. Diese Grösse ist, zusammen mit der tatsächlich aufgetretenen Veränderung, in Tabelle 10 aufgeführt.

Tabelle 12. Gemessene Unterschiede in den C_{org} -Vorräten (äquivalente Bodenmasse, basierend auf 0 – 60 cm Beprobungstiefe, kg m⁻²) und Mindeständerung für einen statistisch signifikanten Effekt (jeweils für das Verfahren Pflanzkohle).

Betrieb	A	B	C	D	E
Gemessener Unterschied 2017-2019	0.01	0.87	1.30	0.76	0.72
Nachweisgrenze	0.85	0.44	0.85	1.15	0.53

6.2.4 Diskussion

Nachweisbarkeit von Pflanzkohle standortabhängig und erst nach ca. 7-14 Jahren

Veränderungen im C_{org} -Vorrat von Böden sind längerfristige Trends und kurzfristige Änderungen werden vor allem durch die Fruchtfolge und die organische Düngung sowie die Witterung hervorgerufen. Die Ergebnisse der ersten beiden Beprobungen zeigen statistisch signifikante Änderungen der C_{org} -Vorräte auf drei von fünf Betrieben. Nur in einem Betrieb unterscheidet sich das Verfahren mit PK vom Kontrollverfahren. Die statistische Auswertung zeigt, dass bei anderweitig konstantem C_{org} -Vorrat wiederholte PK-Anwendungen in der Höhe von ca. 0.8 t Kohlenstoff (entspricht ca. 1 t PK) pro

Hektare und Jahr (=0.08 kg/m²) erst nach ca. 7 – 14 Jahren nachweisbar sind. Die Spannweite ist standortbedingt.

Mit Bezug auf die drei oben aufgeführten Forschungsfragen kann auf Basis der ersten beiden Beprobungen festgehalten werden, dass die Genauigkeit der Bestimmung der C_{org}-Vorräte mit 20 Wiederholungsmessungen im Feld bei durchschnittlich 0.69 kg C_{org}/m² oder 7.5% des Vorrates liegt. Der nachweisbare Unterschied ist standortabhängig und liegt bei 0.53 – 1.15 kg C_{org}/m².

6.2.5 Ausblick

Auswertung der 3. Beprobung zur Analyse von Trends

Die Auswertung der 3. Beprobung, welche im Januar 2022 stattgefunden hat, findet derzeit statt. Die 600 Bodenproben sind bereits getrocknet, gewogen und gemahlen. Die Ergebnisse werden Anfang 2023 vorliegen und auf dieselbe Art ausgewertet wie diejenigen der Erst- und Zweitbeprobung. Mit dann drei Zeitpunkten kann untersucht werden, ob sich in den Parzellen signifikante Trends eingestellt haben.

6.3 Optimierung der Stickstoffdüngung

Projektbeteiligte:

Cecil Ringger, Martin Stüssi, Frank Liebisch (Agroscope)

Hansruedi Oberholzer, Walter Richner (ehem. Agroscope)

Andreas Rüegg, Daniel Widmer (Strickhof)

6.3.1 Einleitung und Ziele

Standortangepasste Düngung zur Reduktion der N-Überschüsse relevant

Die Reduktion der Stickstoff(N)-Überschüsse aus der Landwirtschaft sind ein Fokus-thema der Schweizer Agrarpolitik (BLW, 2022). Denn N, der nicht in landwirtschaftlichen Produkten landet, kann in die Umwelt gelangen und negative Folgen für Klima, die Trinkwasserqualität und Biodiversität haben (BLW, 2020). Eine standortangepasste, parzellengenaue Düngung hat das Potential N-Überschüsse zu reduzieren (Argento, 2021). In den nationalen Düngerichtlinien der Schweiz (GRUD; Sinaj und Richner, 2017) finden sich verschiedene Methoden der standortangepassten N-Düngebemessung. Eine davon ist die Methode der korrigierten N-Norm (korrNorm). In der Praxis wird die korrNorm bisher jedoch kaum angewendet, vermutlich auch, weil keine Software auf dem Markt die schnelle und nutzerfreundliche Berechnung erlaubt. Zudem wurde die Methode bisher erst mittels Kleinparzellenversuchen evaluiert. In der Praxis wurde das N-Einsparpotenzial bisher nicht quantifiziert - d.h. ob mit der korrNorm auf Betriebsebene gegenüber der tatsächlichen Düngepraxis und der fixen Düngenorm der GRUD N eingespart werden kann.

Anwendung und Potenzial der korrNorm überprüfen

Eine der 39 Massnahmen aus dem Massnahmenkatalog des AgroCO₂ncepts hat zum Ziel, das Potenzial der korrNorm zu evaluieren, was wissenschaftlich von Agroscope begleitet wurde. Ziel der Begleitforschung war es:

- Ein Excel-Tool zu entwickeln, das die Berechnung der korrNorm weitgehend automatisiert;

- Das N- und THG-Einsparpotenzial der Methode zu überprüfen;
- Potenzielle Limitationen für den Erfolg der Methode zu ermitteln und daraus Verbesserungsmöglichkeiten abzuleiten.

6.3.2 Methodik

Die korrNorm ist ein additives Modell, das die fixe N-Düngenorm aus den GRUD dem Standort anpasst. Über 7 Faktoren wird eine mögliche Abweichung der Boden-, Klima- und Anbaubedingungen von der Standardsituation (bei der die Norm gedüngt wird) berücksichtigt. Neben einer Ertragskorrektur (fErtrag) wird der aus der organischen Substanz mineralisierte N (fOSB) inklusive der Effekte der Bodenbearbeitung auf die Mineralisierung (fHacken) berücksichtigt, sowie der Effekt der Vorkultur (fVK), die Nachwirkung organischer Dünger (fNOD) und potentielle Auswaschungsverluste über Winter (fRegen). Ein Faktor, der die Wachstumsbedingungen im Frühling (fFr) integriert, wird im Tool aber nicht angewendet, da er nicht ausreichend verifiziert wurde. Details zur Methode finden sich in Sinaj und Richner (2017).

Die Arbeit der Begleitforschung im Projekt umfasste die folgenden drei Schritte:

(1) Excel-Tool Entwicklung und Workshop

Das Excel-Tool wurde von Agroscope in Zusammenarbeit mit dem Strickhof entwickelt. Der Prototyp wurde den Landwirt/innen in einem Workshop Ende 2018 vorgestellt. Seither wurde das Tool kontinuierlich weiterentwickelt.

(2) Datenerhebung und Plausibilisierung

Bei der Dateneingabe ins Tool wurden die Landwirt/innen vom Strickhof und Agroscope unterstützt. Der Strickhof hat die Düngepläne in Zusammenarbeit mit Agroscope gesammelt und plausibilisiert.

(3) Datenauswertung und Kommunikation

(i) Zwischenbericht und Zoom-Workshop (2020)

Die Düngepläne der ersten Projekthälfte (2018/9) wurden 2020 von Agroscope ausgewertet. Der Zwischenbericht wurde mit den Projektpartnern geteilt und mit den Landwirt/innen in einem Zoom-Meeting diskutiert. Der Zwischenbericht hat unter anderem gezeigt, dass die Projektziele aufgrund begrenzter Ressourcen für die Datenerhebung angepasst werden müssen (oben sind die angepassten Ziele genannt).

(ii) Endbericht & Projekttreffen in Flaach (2022)

Die Düngepläne der gesamten Projektzeit (2018-2021) wurden im Februar 2022 von Agroscope ausgewertet und am Projekttreffen in Flaach vorgestellt und diskutiert. Der vorliegende Bericht fasst die Auswertung zusammen. Ausgewertet wurden 3 Parameter: 1) Das reale N-Einsparpotential (korrNorm – realisierte Düngung), um abzuschätzen welchen Effekt eine Anwendung der korrNorm in der Praxis zur Folge hätte. 2) Das TGH-Einsparpotential, um einzuordnen, wie stark sich eine Umstellung der Düngung auf die gesamtbetriebliche THG-Bilanz auswirkt (Modellrechnung basierend auf Bretscher et al. (2020), Leip et al. (2010) & dem AgriClimateChange-Tool von Solagro). 3)

**Entwicklung
Excel-Tool, Da-
tenerhebung
und -berech-
nung, Reflexion
in Workshop**

Das theoretische N-Einsparpotential (korrNorm – Norm), um zu evaluieren, ob eine Standortanpassung mit einer N-Einsparung oder Mehrdüngung einhergeht.

6.3.3 Resultate und Diskussion

Agronomisches und ökologisches Potenzial

Relevanz für das Ressourcenprojekt

Viele Betriebe düngen bereits jetzt weniger als korrNorm

(i) Massnahme mit Potenzial, aber kein Allheilmittel für eine verbesserte Klimabilanz

Das Interesse an der Massnahme war relativ hoch - fast 50% der Betriebe haben einen Düngeplan ausgefüllt. Die Auswertung der Düngepläne hat jedoch gezeigt, dass viele der Betriebe bereits heute weniger Düngen als die korrNorm. Eine Umstellung der Düng Praxis auf die korrNorm würde für diese Betriebe zu einer erhöhten N-Düngung führen (bis max. +3'963 kg N/Betrieb, +57 kgN/ha, resp. +52%), was die gesamtbetriebliche THG-Bilanz bis zu 20% verschlechtern könnte. Für einige Betriebe scheint das Modell jedoch das Potenzial zu haben, N-Dünger einzusparen (bis max. -3439 kg N/Betrieb, -75 kgN/ha bzw. -75%), was die Klimabilanz bis zu -7% verbessern könnte.

Eignung der Massnahme in Beratung vorgängig evaluieren

ii) Betriebsspezifische Massnahmensets als Erfolgsfaktor

Die Tatsache, dass die Methode je nach Betrieb beziehungsweise aktueller Düng Praxis die Klimabilanz verbessern oder verschlechtern kann, bestätigt das Potenzial des für das Ressourcenprojekt gewählten Ansatzes: Statt auf ein Standardset an Massnahmen zu setzen, wurde für jeden der 24 Betriebe ein betriebsspezifisches Massnahmenset zusammengestellt (vgl. Kapitel 2.1). Bei gewissen Massnahmen, wie der korrNorm, empfiehlt sich, die Eignung anhand von Betriebsdaten vor der Implementierung im Rahmen einer Beratung zu evaluieren, um einen negativen Effekt auf die THG-Bilanz zu verhindern.

Relevanz für den Agrarvöllzug

Fehlende Standortanpassung führt zu Überschätzung des N-Bedarfes

i) Überschätzt die Suisse-Bilanz den Pflanzenbedarf?

In der Suisse-Bilanz wird die Standortanpassung bei der Berechnung des Nährstoffbedarfs der Kulturen nicht bzw. kaum berücksichtigt. Für die meisten Kulturen wird mit der Düngnorm gerechnet – bei wenigen (Wintergetreide, -raps) ist eine Ertragskorrektur zugelassen. Bodenvorräte, der Effekt der Vorkultur, die Nachwirkung organischer Dünger oder potenzielle Auswaschungsverluste durch starke Niederschläge werden nicht berücksichtigt.

Die Auswertung der Düngpläne hat jedoch gezeigt, dass die korrNorm auf Betriebs Ebene gegenüber der Düngnorm in allen 4 Jahren zu N-Einsparungen führt. Dies bestätigt die Resultate von Maltas et al. (2015), die das Modell der korrNorm evaluiert haben, allerdings anhand von Daten aus 65 Kleinparzellenversuchen. In der vorliegenden Arbeit war das theoretische N-Einsparpotential – je nach Standortfaktoren und Betriebsgrösse – bis zu 1'518 kg N/Betrieb, bzw. -35 kg/ha und -48%. Die Suisse-Bilanz schätzt den Stickstoffbedarf aufgrund der fehlenden Standortanpassung somit wesentlich höher ein.

Aktuelle Limitationen der Methode

Limitation 1: Datensatz erlaubt keine abschliessende Bewertung der Methode

Für eine fundierte agronomische und ökologische Evaluation der korrNorm wäre es unter anderem notwendig, den Effekt der Methode auf Ernteprodukte (Ertrag und Qualität) sowie Bodenparameter (v.a. potenzielle Änderungen in der org. Substanz) zu analysieren. Aufgrund der begrenzten finanziellen Ressourcen war eine Erhebung dieser Daten im Projekt nicht vorgesehen/möglich.

Limitation 2: Datenbeschaffung ist zeitaufwändig

Der Zeitaufwand für die Datenbeschaffung wurde oft als Herausforderung genannt. Insbesondere die Rekonstruktion vollständiger Fruchtfolgen (v.a. die notwendigen Angaben zur Zwischenkultur) und von Düngeinformationen (v.a. bei abgetauschten Flächen) war schwierig, da die Aufzeichnungen im Feldkalender heute nicht genug detailliert sind. Bei zeitnaher und vollständiger Dokumentation der Bewirtschaftung in einem Feldkalender sollte dies in Zukunft aber kein Problem darstellen.

Limitation 3: Tool ist ein Prototyp

Das Tool ist heute erst halbautomatisch. Gewisse Daten können aus dem Vorjahr importiert werden. Vieles muss aber noch manuell eingegeben werden, was zeitaufwändig und fehleranfällig ist.

Limitation 4: Konzept der korrNorm ist unvollständig, die Tool-Flexibilität begrenzt

Einige Aspekte müssen zur Zeit ausserhalb des Tools berechnet und protokolliert werden. Einerseits weil das Konzept der korrNorm in den GRUD unvollständig ist (z.B. keine Überlegungen zur zeitlichen Aufteilung der Korrektur oder zur Humusbewirtschaftung). Andererseits aufgrund der begrenzten Flexibilität des Tools (z.B. können keine Massnahmen für eine erhöhte N-Effizienz (Vermeiden von Winterbrachen, Einsatz von Inhibitoren, Produktformulierung) eingetragen oder in den GRUD definierte Sonderregeln, die im Tool fehlen, ergänzt werden (z.B. kein N-Dünger bei jungen Reben). Die Zusatzdokumentation ist ein administrativer Mehraufwand. Das zusätzlich benötigte agronomische Knowhow bedingt, dass das Tool in eine Düngeberatung integriert wird.

Limitation 5: Methodische Differenz zur Suisse-Bilanz

Bei der Suisse-Bilanz werden bei der Berechnung der anfallenden Nährstoffe aus der Tierhaltung potenzielle N-Verluste entlang der N-Kaskade subtrahiert. Im Tool wird bei organischen Düngern bei der Deckung des Pflanzenbedarfs mit N_{verf} gerechnet – potenzielle Abzüge (im Stall, bei der Lagerung, bei der Ausbringung) werden jedoch nicht berücksichtigt. Bei der Berechnung des Pflanzenbedarfs wird in der Suisse-Bilanz hingegen keine Standortanpassung gemacht. Der N Gehalt im Hofdünger wird in der Suisse-Bilanz somit tiefer, der Pflanzenbedarf höher geschätzt.

Limitation 6: Umstellung der Düngung wird als komplex wahrgenommen

Die Auswertung der Düngepläne zeigt u.a. auch die Problematik des Nährstoffgleichgewichts auf den Betrieben (N:P:K:Mg). Knackpunkt ist die Tatsache, dass das

Nährstoffverhältnis in organischen Düngern vom Pflanzenbedarf abweicht. Das Tool kann die Nährstoffungleichgewichte sichtbar machen und erlaubt damit eine angepasste Düngung. Eine Umstellung der Düngung wird jedoch als finanzielle und logistische Herausforderung wahrgenommen, für die längerfristig mit allen Stakeholdern Lösungsansätze erarbeitet werden müsste.

Limitation 7: Die Düngebemessungsmethoden der Praxis sind eine Black-Box

Seit 80 Jahren gibt die Bundesforschungsanstalt Düngerichtlinien heraus. Welche Düngebemessungsmethoden in der Praxis tatsächlich angewendet werden, ist jedoch kaum dokumentiert. In Projektskizzen wird gerne die Suisse-Bilanz als status-quo bezeichnet. In der Ausbildung der Lernenden wird die korrNorm gelehrt. Die Auswertung der Düngepläne zeigt jedoch, dass die Betriebe nach anderen Überlegungen düngen. Für eine zielorientierte Forschung könnte es vorteilhaft sein, zu evaluieren, welche Methoden tatsächlich angewendet werden.

6.3.4 Fazit und Ausblick

Die drei Ziele der wissenschaftlichen Begleitforschung wurden grösstenteils erreicht:

- Ein Excel-Tool für die Berechnung des Düngebedarfs nach der korrNorm wurde fertiggestellt, erfolgreich eingesetzt und im Verlauf des Projekts weiterentwickelt.
- Der agronomische und ökologische Nutzen der Methode wurde anhand der Betriebsdaten über 4 Jahre (2018 – 2021) evaluiert– kann aber aufgrund fehlender Daten nicht abschliessend bewertet werden. Die Auswertung der Düngepläne hat den für das Projekt gewählten Ansatz bestätigt: Soll die Klimabilanz der Schweizer Landwirtschaft als Ganzes verbessert werden, bewährt es sich, betriebsspezifische Massnahmensets zusammenzustellen anstatt auf fixe Massnahmenpakete zu setzen. Denn abhängig von der aktuellen Düngepraxis kann die korrNorm die Klimabilanz der Betriebe verbessern oder aber verschlechtern. Gegenüber der Norm hat die Standortanpassung jedoch auf allen Betrieben über alle 4 Jahre zu N-Einsparungen geführt, was darauf hinweist, dass die Suisse-Bilanz den tatsächlichen Bedarf überschätzt.
- Neben dem Potenzial der Methode hat die Auswertung der Düngepläne auch aktuelle Limitationen der Methode sowie Verbesserungsmöglichkeiten bzw. Forschungsbedarf gezeigt.

Erweiterung und Automatisierung des Tools, Evaluation der effektiven Düngepraxis

Für zukünftige Projekte konnte folgender Forschungsbedarf abgeleitet werden:

- Bewertung abschliessen: Effekt der korrNorm auf Ernteprodukte (Ertrag, Qualität) und Bodenparameter evaluieren und die vorliegenden Resultate anhand eines grösseren Datensatzes (z.B. AUI-Betriebe) verifizieren.
- Methode aktualisieren: Z.B. neue organische Dünger auf Nachwirkung klassifizieren.
- Methodische Diskrepanzen zur Suisse-Bilanz: Evaluieren, ob eine Vernachlässigung der N-Verluste (Stall- und Lagerverluste) entlang der N-Kaskade gerechtfertigt ist.

- Blackbox Düngepraxis: Für eine zielorientierte Forschung evaluieren, welche Düngebemessungsmethoden in der Praxis tatsächlich angewendet werden.
- Exceltool Prototyp erweitern: i) Automatisierung vorantreiben via Verknüpfung mit Dateninput und ergänzenden Tools (z.B. Humusbilanzrechner), um die Nutzerfreundlichkeit zu erhöhen, sowie den Zeitaufwand und die Fehleranfälligkeit zu reduzieren. ii) Flexibilität des Tools erhöhen, um den administrativen Aufwand (zusätzliche Dokumentation ausserhalb des Tools) zu reduzieren und eine fachgerechte und effiziente Düngung sicher zu stellen. Konzeptionelle Lücken der Methode klären und bei Bedarf ins Tool integrieren. iii) Integration der Düngeplanung (korrNorm) in verbreitete Softwarelösungen diskutieren bzw. das Tool für Softwarehersteller verfügbar machen.

7 Schlussfolgerungen

7.1 Projektfazit

Was lief gut? Was nicht?

Anfänglich hohe Motivation für das Thema «Klima in der Landwirtschaft»

Vom Anfang an war im Projekt eine sehr hohe Motivation spürbar und die Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten erwies sich als sehr fruchtbar:

- Zur Zeit der Projektkonzipierung (2014-2015) wurde das Thema Klimaschutz in der Landwirtschaft von allen Beteiligten als sehr wichtig anerkannt. Dies führte zu einer guten Ausgangslage mit hoher Motivation.
- Von Anfang an und während der gesamten Projektdauer bestand eine gute Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteur/innen (beteiligte Betriebsleiter/innen, Forschungsgruppen und Mitarbeiter/innen der Büros). Dies ermöglichte eine konstruktive und zielgerichtete Arbeit.

Regulation über Wirkungsziele schwierig, höhere Honorierung der Erkenntnisziele

Der komplexe Projektaufbau und insbesondere der Versuch, das Projekt streng über die Wirkungsziele zu regulieren, haben die Motivation zum Teil gebrochen:

- Die hohe Motivation und die gute Zusammenarbeit sind notwendige Grundvoraussetzungen für die Bearbeitung eines Projektes mit einem sehr komplexen Aufbau, mit vielen Partnern, ineinandergreifenden Fragestellungen und Zielen. Während der ganzen Projektdauer musste die Projektleitung viel Aufwand betreiben, um den Überblick zu behalten, die Schnittstellen zu koordinieren und die Motivation der Beteiligten zu erhalten.
- Der Versuch, die Massnahmenumsetzung und THG-Reduktion über die Wirkungsziele zu regulieren, ist zum Teil gescheitert.
- Einerseits waren die Projektziele und Indikatoren zu Beginn des Projektes nicht klar definiert und die Zielerreichung wurde von den verschiedenen Beteiligten unterschiedlich ausgelegt (vgl. unten und Kapitel 2.8)
- Ausserdem hat die hohe Regulierungsdichte erstens die Motivation der Betriebe zum Teil gebrochen und zweitens zu einer unerwünschten starken Ausrichtung ausschliesslich auf die monetär unterstützten Aktivitäten und zur Vernachlässigung der angestrebten integralen Zielsetzung (gesamte Betriebsoptimierung unter Minimierung der THG-Emissionen) geführt.
- Zu oft wurden nur die Betriebe nur hinsichtlich des Wirkungsziels beurteilt. Erkenntnisziele sollten in dieser Projektart vom Bund besser honoriert werden.

Zentral wäre gewesen, das Projekt mit allen Projektbeteiligten laufend weiterentwickeln zu können:

Der gemeinsame Lernprozess ist zentral

- Betriebe, welche in der Projektentwicklung dabei waren, hatten ein besseres Verständnis der Massnahmen, weil sie selbst am Prozess der Massnahmendefinition beteiligt wurden.
- Aus verschiedenen Gründen (Konzept der Ressourcenprojekte, welches nur beschränkte Mittel für Schulungen und für deren Koordination zulässt, Pandemie-Einschränkungen) konnte zu wenig in einen gemeinsamen Lernprozess investiert werden.
- Das Projekt hätte davon profitiert, wenn mehr Ressourcen für den gemeinsamen Aufbau von Know-How in verschiedenen Formaten (Schulungen, Arbeitskreise, etc...) reserviert worden wären.

Weshalb wurden die Ziele erreicht/nicht erreicht?

Wirkungsziele

Komplexe Zieldefinition, Emissionen und Produktion gekoppelt

Eine gute «theoretische» Zieldefinition ist nicht zwingend auch «praxistauglich»:

- Die Fokussierung auf die Senkung der THG-Emissionen ist nur vermeintlich eine klare und einfach verständliche Zielsetzung. Landwirtschaftsbetriebe sind keine starren Gebilde: Sie verändern sich über die Zeit, weshalb eine Messung der Senkungsleistung immer im Verhältnis zu den Veränderungen betrachtet werden muss (vgl. Kapitel 2.8).
- Bei den beteiligten Betrieben schwang immer der Effizienzgedanke mit (weniger THG-Emissionen bei gleichbleibendem Produktionsvolumen bzw. mehr Produktionsvolumen bei gleichbleibenden THG-Emissionen). Mit der Erfassung der Änderung der THG-Emissionen ist entsprechend auch die Bewertung der veränderten Produktionsleistung verknüpft (vgl. Tabelle 6).
- Ziele können unterschiedlich verstanden werden und je nach Betrachtungsweise ist die Zielerreichung anders (vgl. Kapitel 4.3). Im AgroCO₂ncept konnten allerdings durch die offene Zieldefinition viele Erkenntnisse gewonnen werden. Eine zu einschränkende Definition von einem Zielindikator ex ante hätte wichtige Diskussionen und den Erkenntnisgewinn verhindert.
- Das Projekt hat gezeigt, dass die Umsetzung von Klimaschutzmassnahmen ein mittelfristiger Prozess ist. Insbesondere in der Tierhaltung und/oder wenn grössere strukturelle Umstellungen stattfinden und Investitionen getätigt werden müssen, treten Erfolge erst nach einigen Jahren auf (vgl. Kapitel 5.1.1). Die Projektdauer und Evaluation der Zielerreichung nach 5 Jahren erfolgt aus dieser Perspektive sehr zeitnah, bzw. ist das Reduktionsziel von -20% (insbesondere für Tierbetriebe) in der kurzen Zeit zu ambitioniert gewählt.

Fokussierung auf Einzelmassnahmen ist nicht zielführend, Betrieb als Einheit betrachten

Die Fokussierung auf Einzelmassnahmen zur Senkung der THG-Emissionen in der Landwirtschaft ist nicht zielführend:

- Reduktionen des THG-Ausstosses in einzelnen Aktivitäten oder einzelnen Betriebszweigen werden – wenn sie nicht ins gesamte Betriebskonzept eingebettet sind –

leicht, wenn auch ungewollt, durch andere Aktivitäten oder in anderen Betriebszweige zunichte gemacht.

- Die finanzielle Unterstützung von wenigen ausgewählten Massnahmen kann falsche Anreize setzen: Schliesslich werden nur noch diese Massnahmen umgesetzt oder beraten, auch wenn sie nicht notwendigerweise die effizientesten zur Zielerreichung sind. Eine Möglichkeit wäre, die Prämien mit der Zielerreichung zu verknüpfen, ohne dass es eine Rolle spielt, mit welchen Massnahmen das Ziel erreicht wird. Dies erfordert allerdings eine robuste Methodik zur Messung der Zielerreichung, was andere, gewichtige Herausforderungen mit sich zieht (vgl. unten, Kapitel 5.2, 7.3).
- Schlussendlich konnten diejenigen Betriebe, die wirklich THG einsparen wollten (die «Klimabrille» aufgesetzt haben), dies auch schaffen. Andere Betriebe haben zwar Massnahmen umgesetzt, aber Einsparungen waren eher zufällig und konnten von den Betriebsleiter/innen oft nicht genau erklärt werden.
 - Die Notwendigkeit, einen Betrieb als «Einheit» zu betrachten, stand von Anfang an klar im Zentrum der Projektkonzeption. Diese Notwendigkeit hat sich im Projektverlauf immer wieder bestätigt: Eine grössere Wirkung kann nur dann erzielt werden, wenn möglichst viele, ineinandergreifende und koordinierte Massnahmen zur Umsetzung kommen.

Problem der Messmethodik

Die Erstellung eines Emissionsprofils eines Betriebs gelingt mit dem gewählten Bilanzierungstool ACCT ziemlich gut. Ebenfalls lässt sich mit dem gewählten Bilanzierungstool eine Änderung der THG-Bilanz nach gesamtbetrieblichen, koordinierten und wohl überlegten Anpassungen unter gewissen Einschränkungen vorhersagen (vgl. Kapitel 2.3, 5.2). Viel schwieriger erweist sich die genaue Messung von jährlichen Variationen des THG-Ausstosses.

- Der im Projekt gewählte Ansatz, die Zielerreichung über Bilanzierungen zu messen, wird retrospektiv als nicht hinreichend erachtet. Die Bilanzierungen weisen einige zentrale Limitationen auf, die erschweren, robuste Aussagen zu den kurzfristigen Reduktionserfolgen der Betriebe zu machen (vgl. Kapitel 2.3, 5.2).
- Der Einfluss von Witterungsbedingungen wurde unterschätzt. Trockenheit, Nässe und Ernteverluste durch Hagel können beispielsweise zu ungeplanten Massnahmen oder Einbussen führen, die THG-Einsparungen wieder zunichte machen (vgl. Kapitel 5.1.1).
- Eine praktikable Methode zur genauen und robusten Messung der jährlichen Variationen der THG-Emissionen eines Betriebes (einheitlich betrachtet, als Summe der vielen Aktivitäten, welche die Betriebsführung verlangen) ist Stand des Wissens heute nicht vorhanden.

Lernziele

Misserfolge als Teil des Erkenntnisgewinns

Die Lernziele wurden insgesamt erreicht, auch wenn dies nicht von allen Projektbeteiligten so wahrgenommen wurde:

- Auch «Misserfolge» sind wichtige Erkenntnisse. Die Misserfolge gilt es entsprechend einzuordnen und zu kommunizieren.
- Aufgrund der vorhandenen Tools (ACCT, gesamtbetriebliche Bilanzierungen) und der Komplexität der Prozesse auf den Betrieben konnten Reduktionserfolge nicht immer auf einzelne Massnahmen runtergebrochen werden – eine Erwartung, die von einigen Projektbeteiligten vorhanden war.
- Insgesamt hat das Projekt AgroCO₂ncept die Grundlage für den Know-how-Aufbau in Bezug Klimaschutz in der Landwirtschaft gelegt. Das erarbeitete Systemwissen konnte bereits an vielen Tagungen und informellen Austauschen vorgetragen und weitergegeben werden.

Beurteilung der Nachhaltigkeit der umgesetzten technischen, organisatorischen oder strukturellen Neuerungen?

AgroCO₂ncept hat neue Wege für die Landwirtschaft skizziert

Die allgemeine Stossrichtung, welche durch das Projekt AgroCO₂ncept skizziert wurde - auch wenn noch nicht in allen Bereichen bis in letzter Konsequenz umgesetzt - wird sich im nächsten Jahrzehnt durchsetzen:

- Motivierte Betriebe, welche die Klimabrille aufgesetzt haben, werden weiterhin Klimaschutz betreiben.
- Diese Betriebe können davon profitieren, dass eine klimaschonende Landwirtschaft resilienter ist (z.B. in Bezug auf Trockenheit), sowie mittelfristig Einsparungen und insgesamt grössere Gewinnmargen ermöglicht (vgl. Kapitel 5.1.3, 5.1.4).
- Aus dem Erkenntnisschatz vom AgroCO₂ncept werden zurzeit mehrere (Nachahme- und Nachfolge-) Projekte konzipiert, welche die umrissene Stossrichtung dieses Pionierprojektes weiterführen werden (z.B. Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden).

Was hat die Trägerschaft im Projekt gelernt? Was sind ihre Empfehlungen?

Flexibilität in den Rahmenbedingungen, Mitwirkung und Motivation der Pilotbetriebe

Flexibilität und Mitwirkung sind zwei zentrale Projektelemente:

- Flexibilität in Budget und Zeitplan hilft, Anpassungen möglich zu machen. Gleiches gilt für die Indikatoren der Zielerreichung oder gewählte Methoden und Instrumente. Innovation kann gehemmt werden, wenn Vorgaben zu starr sind.
- Wirkungsziele sollten nach Möglichkeit in verschiedenen Bereichen definieren und Erfolge besser honoriert werden.
- Massnahmen sollten so definiert/gefördert werden, dass die Umsetzung nicht durch komplexe Dokumentationsvorgaben weiter erschwert wird.
- Die Mitwirkung der Betriebe in der Gestaltung des Projektes ist in verschiedener Hinsicht (Verständnis, Mitdenken, Problemlösungsorientierung, Schwarmintelligenz) zentral und wichtig. Die Motivation der Betriebe ist ein zentraler Erfolgsfaktor.

Im Laufe des Projektes müssen die Betriebe immer wieder bestärkt und befähigt werden.

Austausch und Peer-to-Peer-Beratung

Am schnellsten lernen die Betriebsleitenden von Berufskolleg/innen:

- Regelmässiger Austausch zwischen Bauern, z.B. in Form von Arbeitskreisen, ist sehr wichtig für den Erfolg.
- Repetitive Bilanzierungen und Beratungen brauchen Zeit und können hemmend für motivierte Betriebsleiter/in wirken, weil Geduld gefragt ist. Sie leisten aber einen wichtigen Beitrag zum Einstieg ins Thema.
- Die Interaktion zwischen den Betrieben, die sich aktiv mit dem Thema befassen und Massnahmen umsetzen, aber auch mit Betrieben, welche sich aus persönlichen oder strukturellen Gründen vorerst nicht beteiligen (können), ist als Hebel für die langfristige Etablierung einer ressourcen- und klimaschonenden landwirtschaftlichen Produktion zentral.

Interne und externe Kommunikationsstrategie

Eine interne und externe Kommunikationsstrategie soll zwingend Projektbestandteil sein:

- Projektintern müssen die Erwartungen der Betriebe hinsichtlich schnell messbarer Erfolge relativiert und gemanagt werden. Ausbleibende Erfolge und eine (zu) hohe Erwartungshaltung bei den Betrieben und anderen Projektbeteiligten lösen Frustrationen aus.
- Mithilfe von einer zielpublikumsgerechten Kommunikationsstrategie sollten die Konsument/innen und die Öffentlichkeit abgeholt werden und über die Anstrengungen in der Landwirtschaft informiert werden.
- Ein positives mediales Feedback ist für den Erfolg wichtig (dies wurde bereits erkannt – die Kommunikation wird neu als Teil der Ressourcenprojekte anerkannt und unterstützt).

7.2 Umsetzung von klimaschonender Landwirtschaft

Klimaperspektive fordert Landwirtschaft

Die Umsetzung von klimaschonender Landwirtschaft auf Schweizer Betrieben ist nicht trivial und das Ressourcenprojekt AgroCO₂ncept hat gezeigt, dass es keine allgemeingültige Lösung zur Reduktion der THG für alle Betriebe gibt. Im Spannungsfeld der herkömmlichen drei Dimensionen der Nachhaltigkeit bringt die «Klimaperspektive» eine neue grosse Herausforderung für die Betriebsleiter/innen mit sich. Auch ohne die Klimaperspektive ist das Erreichen eines Gleichgewichts zwischen der Wahrung der natürlichen Ressourcen, der Marktabhängigkeit und der Achtung sozialer Aspekte sehr anspruchsvoll. Die Klimaperspektive zwingt die Landwirtschaft, wieder nach neuen Gleichgewichten zu suchen. Die folgenden Empfehlungen sind an Landwirt/innen gerichtet, die sich auf ihren Betrieben im Klimaschutz engagieren möchten.

Motivation

Die Reduktion von THG auf dem Betrieb erfordert eine grosse Motivation und Bereitschaft, sich mit der komplexen Thematik auseinanderzusetzen. Betriebsleiter/innen

müssen gewillt sein, die «Klimabrille» aufzusetzen und ihren Betrieb aus einer neuen und allenfalls auch unerwarteten oder unangenehmen Perspektive zu beleuchten.

Gesamtbetrieblicher Ansatz

Es reicht nicht, eine einzelne Massnahme in Angriff zu nehmen. Vielmehr ist ein gesamtbetrieblicher Ansatz erfolgreich, in welchem Massnahmen sinnvoll kombiniert und Synergien genutzt werden. Dies gilt insbesondere für Massnahmen, die eine kleine Wirkung erzielen und relativ einfach und kostengünstig implementiert werden können. Dabei sollten die Massnahmen gut in die Betriebsstrategie passen. Einige Massnahmen erfordern einen Initialaufwand, um sie sinnvoll in die Betriebsabläufe zu integrieren. Um eine substanzielle Reduktion der THG zu erreichen, müssen auch anspruchsvolle, zeit- und kostenintensive und gegebenenfalls strukturelle Massnahmen angegangen werden (vgl. Kapitel 5.1.5).

Klimaeinfluss auf Emissionen gross, Kontinuität in Bemühungen erforderlich

Die klimatischen Bedingungen haben einen grossen Einfluss auf die jährlichen THG-Emissionen und die Umsetzung einzelner Massnahmen auf dem Betrieb (vgl. Kapitel 4.3, 5.1.1). Trockenperioden wie im Jahr 2018 können dazu führen, dass einzelne Massnahmen attraktiver werden (z.B. kühles Stallklima, bedarfsorientierte Bewässerung, Bewirtschaftung der Ernterückstände), oder aber, dass aufgrund einer angespannten Situation die Umsetzung von Reduktionsmassnahmen in den Hintergrund tritt. Schliesslich können Wetterbedingungen Aktionen erfordern, die im Widerspruch zu geplanten Klimaschutzmassnahmen stehen. Beispielsweise sind kurzfristige Anpassungen im Zeitpunkt, der Menge und Art des Düngers oft nötig, um Erträge zu sichern und die Wirtschaftlichkeit des Betriebes zu erhalten. Oder es müssen aufgrund von tiefen Futtererträgen Futtermittel zugekauft werden, damit die Herde gehalten werden kann – trotz dem Vorhaben, die Fütterung insgesamt klimafreundlicher zu gestalten. Entsprechend erfordert Klimaschutz in der Landwirtschaft Kontinuität trotz Rückschlägen.

Austausch und Netzwerk

Schlussendlich ist ein Austausch mit anderen Betrieben und der Aufbau eines Netzwerkes zielführend. In einem solchen Netzwerk kann nicht nur offen über Erfolge und Misserfolge diskutiert werden, sondern auch Wissen geteilt und eine gemeinsame Motivation aufgebaut werden. Dadurch steigt die Überzeugung, einen effektiven Beitrag gegen den Klimawandel leisten zu können, was sich wiederum positiv auf den Klimaschutz auswirkt (vgl. Kapitel 6.1.3).

7.3 Förderung von klimaschonenden Produktionssystemen

Wirkungsbasierte Förderung technisch schwierig

Im Kontext der politischen Unterstützung von klimaschonenden Produktionssystemen wird immer wieder eine wirkungsbasierte Förderung diskutiert. Das Ressourcenprojekt AgroCO₂cept hat aufgezeigt, dass sich ein solcher Ansatz technisch als schwierig erweisen dürfte, da sich Bilanzierungen nicht als zuverlässiges Messinstrument für die Reduktion von THG eignen (vgl. Kapitel 5.2).

Verschiedene Förderansätze kombinieren

Gleichzeitig hat das Projekt gezeigt, dass eine betriebsspezifische Kombination von Massnahmen zielführend ist (vgl. Kapitel 5.1.5). Das heisst, dass je nach Betriebsstruktur, Lage des Betriebs oder Produktionssystem andere Massnahmen effizient sind.

Entsprechend herausfordernd gestaltet sich ein Fördersystem für klimaschonende Produktionssysteme. Die Erfahrungen im Projekt legen nahe, dass eine Kombination von verschiedenen Förderansätzen zielführend sein könnte:

- **Einzelmassnahmenförderung** für bestimmte Massnahmen, z.B. Sicherstellung der Bodenbedeckung, Humusaufbau mit Kompost, Pflanzenkohle für Hofdüngeraufbereitung. Allenfalls könnte die Förderung auch zeitlich beschränkt auf ein paar wenige Jahre sein. Das Projekt hat gezeigt, dass Betriebsleitende bereit sind, Klimaschutzmassnahmen mit positiven ökonomischen (z.B. Ertragssicherheit) und ökologischen (z.B. Bodenschutz) Nebeneffekten auch ohne finanzielle Unterstützung weiterzuführen (vgl. Kapitel 5.1.3).
- **Anschubfinanzierung** für Strukturmassnahmen, z.B. Stallbauten/Umbauten in Bezug auf Hofdüngermanagement, Biogasanlage, Umstellungen von Hofdüngersystemen.
- **Aufbau von marktwirtschaftlichen Entschädigungssystemen.** Das Projekt hat aufgezeigt, dass Marktanreize enorm wichtig sind und Produktionssysteme und -ausrichtungen steuern (z.B. Herdenmanagement, vgl. Kapitel 5.1).

Anreiz-/Entschädigungssystem vs. Marktentzündung

Insgesamt zeigt sich, dass eine Diskussion über (gesellschaftliche) Kosten, öffentliche Nachhaltigkeitsbeiträge und Marktentzündung für klimaschonende Landwirtschaft nötig ist. Dabei gilt es zu klären, inwieweit die Entwicklung dem Markt überlassen wird und für welche Produkte und Leistungen einer klimaschonenden Landwirtschaft ein Anreiz- und/oder Entschädigungssystem aufgebaut und finanziert werden soll. Die Relevanz des Marktes für die Entscheidungen der Betriebsleiter/innen zeigt auch, dass in der Zukunft das Konsumverhalten für grossflächige Veränderungen entscheidend sein wird.

7.4 Handlungsbedarf

7.4.1 Konkrete Handlungsfelder für den Bund und Kanton Zürich

Konkrete Handlungsfelder: Energieproduktion, Humusaufbau und Hofdüngermanagement, Herdenmanagement, THG-Bilanzierungen

Basierend auf der Wirksamkeit und Akzeptanz von Massnahmen, sowie den aktuellen gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen, werden dem Bund und dem Kanton Zürich vier konkrete Handlungsfelder vorgeschlagen:

- **Energieproduktion in der Landwirtschaft** (Biogasanlagen, PV und evtl. Pyrolyseanlagen): Seit Oktober hat der Bund bereits seine Unterstützung für PV und Biogasanlagen in Form von Einmalvergütungen, Investitionsbeiträgen oder Betriebskostenbeiträgen erweitert. Zusätzlich könnten entsprechende Projekte mit Beratung, Unterstützung bei der Grundlagenarbeit und im Prozessmanagement unterstützt werden.
- **Humusaufbau und Hofdüngermanagement** (Bodenfruchtbarkeit, Trockenheitsresistenz, Humusaufbau): Sowohl die Gesellschaft als auch grössere Firmen fordern vermehrt, dass die Landwirtschaft ihr Potenzial zum Humusaufbau besser ausschöpft. Entsprechende Massnahmen sind Know-how-intensiv (z.B. regenerative

Landwirtschaft), teilweise mit Investitionen verbunden (z.B. Umstellungen im Hofdüngermanagement) und/oder erfordern überbetriebliche Zusammenarbeit und Arbeitsteilung (z.B. Kompostierung). Bund und Kanton können den Know-how-Aufbau unterstützen, den Rahmen für die Konzeption von überbetrieblichen Konzepten schaffen und notwendige Investitionen fördern.

- **Herdenmanagement** (Langlebigkeit, Zweinutzungsrasen, Milchleistung): Im Kontext von aktuell diskutierten Konzepten wie «Feed no Food» und strengeren Anforderungen in der Tierhaltung sollten neue Zuchtprinzipien diskutiert und entwickelt werden. Zum Beispiel vermindern eine Erhöhung der Anzahl Laktationen und eine Milch-Fleisch-Koppelproduktion die THG-Belastung von Milch und Fleisch. Eine Zahlung für die Erhöhung der Lebensdauer von Kühen ist im Rahmen der AP 22+ bereits vorgesehen. Im Auftrag von Kanton und Bund könnten Forschungsinstitutionen wie die ETHZ, AgroVet oder Agroscope in enger Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft neue Stossrichtungen für Zuchtprinzipien erforschen und umsetzen. Zusätzlich könnte eine Plattform geschaffen werden, welche die neuen Bedürfnisse der Landwirtschaft und Gesellschaft wissenschaftlich erfasst und möglichst schnell in neue Zuchtstrategien übersetzt.
- **Bilanzierung von THG-Emissionen auf Betriebsebene** (THG-Bilanzierung mit ACCT): THG-Bilanzierungen eignen sich gut, um den Betriebsleiter/innen Basiswissen zu den THG-Emissionen auf ihren Betrieben zu vermitteln, einen neuen Blick auf Betriebsabläufe zu eröffnen und verdeckte Reduktionspotenziale zu ermitteln. Gegenwärtig sind THG-Bilanzierungen allerdings relativ kostenintensiv. Durch Standardisierung der Datenerhebung und Verknüpfung mit bestehenden Tools können Kosten gesenkt und gleichzeitig die Vergleichbarkeit zwischen Betrieben erhöht werden. Der Bund und der Kanton Zürich könnten THG-Bilanzierungen für interessierte Betriebe kofinanzieren sowie die Weiterentwicklung eines standardisierten Tools unterstützen.

7.4.2 Handlungsbedarf für Forschung, Bildung, Kommunikation und Vermarktung

Flankierend zu den agrarpolitischen Fördermöglichkeiten leitet sich aus den Erfahrungen im Projekt auch Handlungsbedarf in der Forschung, Bildung, Kommunikation und Vermarktung ab.

Netzwerke und Austausch stärken

Um die Effizienz und Effektivität von Direktzahlungen und die Umsetzung von Klimaschutzmassnahmen zu erhöhen, ist es zentral, die Motivation der Landwirt/innen zu erhöhen, den Austausch zu fördern und Netzwerke zu stärken (vgl. Kapitel 6.1.3). Geeignete Massnahmen dafür umfassen zum Beispiel die Durchführung von spezifischen Workshops oder Arbeitskreise zu spezifischen Themen im Klimaschutz.

Weiterentwicklung Aus-/Weiterbildung und Beratung

Die Akzeptanz von Klimaschutzmassnahmen erfordert Zeit, Auseinandersetzung mit dem Thema und Wissen. Entsprechend ist es zentral, dass die nötigen Inhalte in der Aus- und Weiterbildung sowie Beratung vermittelt werden. Der Know-How-Aufbau in den Institutionen erfordert Zeit, sollte aber zeitnah initiiert werden, so dass der Klimaschutz Teil der generellen landwirtschaftlichen Beratung wird (vgl. Kapitel 5.3).

Forschungsbedarf im Bereich Hofdüngermanagement und Humusaufbau

Noch immer sind viele Prozesse und Massnahmen in der Landwirtschaft hinsichtlich ihrer Klimawirkung unzureichend verstanden. Insbesondere besteht Forschungsbedarf im Bereich von Hofdüngersystemen und ihrem Einfluss auf THG-Emissionen sowie dem Humusaufbau und humusfördernden Massnahmen.

Unterstützung von regionalen Lösungsansätzen und Weiterentwicklung von Tools

Für die Unterstützung von einigen wirkungsvollen Massnahmen sind unzureichend organisatorische Lösungsansätze und praktische Tools vorhanden. So benötigen die Optimierung der räumlichen Nutzungsstrukturen oder ein regionales Hofdüngermanagement überbetriebliche, regionale Lösungsansätze. In der Düngeplanung, aber auch für die Entwicklung einer gesamtbetrieblichen (Klimaschutz-)Strategie wäre die Automatisierung und Verknüpfung von bestehenden Tools (z.B. Humusbilanzrechner, Düngetools, Klimabilanz, etc.) ein grosser Vorteil. Dies würde den Betrieben einerseits Zeit bei der Datenerfassung ersparen und andererseits, sofern ein benutzerfreundliches Tool gestaltet wird, die Komplexität und Doppelspurigkeit reduzieren, die durch die verschiedenen bestehenden Tools entsteht (vgl. Kapitel 6.3.3).

Sensibilisierung von Konsument/innen

Ein weiteres zentrales Handlungsfeld ist der Wissenstransfer und die Sensibilisierung der Konsument/innen. Ein Verständnis der Prozesse und Quellen von THG in der Landwirtschaft und das Erleben von klimafreundlicher Landwirtschaft können zu einem bewussteren Konsum und einer Veränderung der Konsummuster beitragen. Der Absatz von klimafreundlichen Lebensmitteln kann – insbesondere in der Direktvermarktung - durch gute Vermarktungsstrategien unterstützt werden. Im Bereich der En-gros-Produkte könnten allenfalls Richtlinien zur Handelskonformität von Lebensmitteln angepasst werden, und so die Toleranz für umweltschonend produzierte, nicht perfekte Lebensmittel gefördert werden.

8 Literaturverzeichnis

- Argento, F. 2021. Combined digital and standard methods to optimize nitrogen (N) management and reduce N surplus in winter wheat (*T. aestivum*) production. ETH Zürich.
- BAFU 2022. Kenngrößen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Schweiz 1990 – 2020. Aktualisiert im April 2022
- BLW 2020. Stickstoff in der Landwirtschaft [Online]. Verfügbar unter: <https://2020.agrarbericht.ch/de/umwelt/stickstoff/stickstoff-in-der-landwirtschaft> [Zugriff 06.12.2021].
- BLW 2022. Verordnungspaket Parlamentarische Initiative 19.475 «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren» [Online]. Verfügbar unter: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/politik/agrarpolitik/parlamentarischeinitiative.html>
- Bretscher, D., Wüst, C., Amman, C., Schenker, S., Egli, S. & Bock, M. 2020. Agriculture. In: Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990 - 2018: National Inventory Report, CRF-tables. Submission of April 2020 under the UN Framework Convention on Climate Change and under the Kypoto Protocol. Federal Office for the Environment, Bern.
- Huber, R., Xiong, H., Keller, K., and Finger, R. 2022. Bridging behavioural factors and standard bio-economic modelling in an agent-based modelling framework. *Journal of Agricultural Economics* 73, 35-63.
- Huber, S. und Giuliani, G. 2020. Evaluating the economic viability of climate measures in agriculture. Report for AgriCircle.
- Köke, T., Ineichen, S., Grenz, J. und Reidy B. 2021. KLIR: Modell zur Berechnung von Treibhausgasemissionen auf Milchviehbetrieben. *Agrarforschung Schweiz*, 12, 64-72.
- Kreft, C., Huber, R., Wuepper, D., and Finger, R. 2021a. The role of non-cognitive skills in farmers' adoption of climate change mitigation measures. *Ecological Economics* 189, 107169.
- Kreft, C., Huber, R., Wuepper, D., und Finger, R. 2021b. Landwirtschaftlicher Klimaschutz braucht Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten [Online]. Verfügbar unter: <https://agrarpolitik-blog.com/2021/09/14/landwirtschaftlicher-klimaschutz-braucht-vertrauen-in-die-eigenen-faehigkeiten/>
- Kreft, C., Angst, M., Huber, R., and Finger, R. 2023a. Farmers' social networks and regional spillover effects in agricultural climate change mitigation. *Climatic Change*, 176, 8.

- Kreft, C., Huber, R., Schäfer, D., and Finger, R. 2022b. Quantifying the impact of farmers' social networks on the effectiveness of climate change mitigation policies in agriculture. [Submitted].
- Kreft, C., Angst, M., Huber, R., and Finger, R. 2023b. Soziale Netzwerke und landwirtschaftlicher Klimaschutz [Online]. Verfügbar unter: <https://agrarpolitik-blog.com/2023/01/31/sozialer-netzwerke-und-landwirtschaftlicher-klimaschutz/>
- Kreft, C., Finger, R., and Huber, R. 2023c. Action- vs. results-based policy designs for agricultural climate change mitigation. [Submitted].
- Leifeld, J. & Keel, S.G. 2022. Quantifying negative radiative forcing of non-permanent and permanent soil carbon sinks. *Geoderma* 423, 115971.
- Leip, A., Weiss, F., Wassenaar, T., Perez, I., Fellmann, T., Loudjani, P., Tubiello, F., Grandgirard, D., Monni, S. & Biala, K. 2010. Evaluation of the livestock sector's contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS).
- Maltas, A., Charles, R., Pellet, D., Depuis, B., Levy, L., Baux, A., Jeangros, B. & Sinaj, S. 2015. Evaluation zweier Methoden für eine optimale Stickstoffdüngung im Ackerbau. *Agrar Forschung Schweiz*, 6, 84-93
- OECD, 2019. The role of consumers and corporations in tackling climate change. Report of the Conference on Corporate Responsibility, Paris, France.
- Sinaj, S. & Richner, W. 2017. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz. *Agrarforschung Schweiz*, Spezialpublikation.

9 Anhang

9.1 Kennzahlen der Bilanzierungen pro Betrieb

Tabelle 13. Kennzahlen der Bilanzierungen pro Betrieb. Für die Betriebe Nr. 4 und Nr. 7 fehlen jeweils die Daten eines Bilanzierungsjahres.

2015						2018						2021					
Be- triebs nr.	Flä- che (ha)	Tiere (GVE)	Produk- tion (GJ/Jahr)	Emissio- nen (tCO ₂ eq/ Jahr)	THG-Intensi- tät der Pro- duktion (tCO ₂ eq/GJ* Jahr)	Flä- che (ha)	Tiere (GVE)	Produk- tion (GJ/Jahr)	Emissio- nen (tCO ₂ eq/ Jahr)	Emissio- nen kor- rigiert (tCO ₂ eq/ Jahr)	THG-Intensi- tät der Pro- duktion (tCO ₂ eq/GJ* Jahr)	Flä- che (ha)	Tiere (GVE)	Produk- tion (GJ/Jahr)	Emissio- nen (tCO ₂ eq/ Jahr)	Emissio- nen kor- rigiert (tCO ₂ eq/ Jahr)	THG-Intensi- tät der Pro- duktion (tCO ₂ eq/GJ* Jahr)
1	29.9	29.9	2951	189	0.06	31.1	28.0	2721	190	195	0.07	31.2	26.9	2110	192	210	0.09
2	30.4	61.5	2151	390	0.18	30.4	61.7	2890	401	402	0.14	43.6	59.4	3332	387	388	0.12
3	38.6	0.0	3311	14	0.00	39.3	0.0	3253	11	11	0.00	39.3	0.0	3973	7	7	0.00
4	31.0	24.0	1827	99	0.05	31.0	0.1	2456	41		0.02						
6	49.9	65.5	3095	392	0.13	49.4	72.5	3098	511	484	0.16	49.4	73.4	2786	426	377	0.15
7	7.8	1.8	102	141	1.39							7.8	1.0	109	72	131	0.66
8	11.7	0.1	1327	11	0.01	11.7	0.1	1528	18	18	0.01	11.4	0.2	1316	13	13	0.01
9	49.4	29.2	5386	297	0.06	48.9	29.6	5389	302	294	0.06	45.7	30.4	5639	290	277	0.05
10	12.7	0.0	1571	14	0.01	13.0	0.0	1861	18	17	0.01	17.2	0.0	1973	28	21	0.01
11	44.1	114.4	6161	602	0.10	65.1	119.1	8193	595	537	0.07	65.1	126.0	7960	597	523	0.07
12	38.6	0.0	4984	62	0.01	38.6	0.0	4853	50	50	0.01	38.6	0.0	4768	62	62	0.01
13	39.9	70.1	4681	639	0.14	40.6	83.9	4571	649	559	0.14	45.8	86.1	5177	685	553	0.13
14	21.6	11.4	746	50	0.07	28.3	9.7	1274	50	49	0.04	35.0	9.0	1290	52	51	0.04
15	32.0	52.9	1549	307	0.20	30.0	63.0	1769	349	306	0.20	29.6	64.0	2436	383	329	0.16
16	45.8	35.7	3695	258	0.07	46.7	35.7	4416	257	253	0.06	46.1	36.4	5246	232	225	0.04
17	56.1	87.5	4697	581	0.12	58.4	96.3	5434	684	615	0.13	64.5	80.6	6197	558	573	0.09
18	62.5	86.7	6761	542	0.08	65.2	82.9	5443	508	534	0.09	67.2	79.6	5869	503	530	0.09
19	21.7	0.0	962	74	0.08	21.7	0.0	919	61	61	0.07	22.5	0.0	1260	40	40	0.03
20	77.2	39.5	4013	319	0.08	77.2	39.0	3637	356	352	0.10	95.0	39.0	3573	357	304	0.10
22	20.0	53.8	2969	340	0.11	27.0	52.1	3008	343	326	0.11	30.1	37.5	2555	226	292	0.09
23	30.0	54.2	3110	363	0.12	31.4	63.3	2099	441	442	0.21	37.4	64.9	2339	450	361	0.19
24	48.4	67.1	2315	377	0.16	48.4	75.5	2791	447	394	0.16	56.8	65.9	2737	385	380	0.14
25	21.6	15.2	1349	55	0.04	21.6	14.4	1162	51	47	0.04	21.8	11.6	1040	49	47	0.05

9.2 Massnahmenumsetzung pro Betrieb

Tabelle 14. Massnahmenumsetzung pro Betrieb über die ganze Projektzeit

Massnahme	Einheit	Umsetzung 16-21 pro Betrieb																									Total 16-21	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
A1: THG-arme Futterbereitstellung	t; Reduktion Kraft-/Mischfutters	8.6	6				23					65		101		21			38				14	1.1			277.5	
	ha; Ersatz des Soja-Anteils im Kraft-/Mischfutters durch auf dem eigenen Betrieb oder einem Betrieb im AgroCO2ncept angebautes Protein,																											
	ja/nein; Spez. Buchführung	0.1					2					23															24.6	
	Anzahl Futtermittelanalysen Labor	2	4								8		8		6					6				6			32.0	
B1: Züchtung und Herdenführung	ja/nein; Aufwandsentschädigung	2	6				2			8		7		2		12			8				2				49.0	
	ja/nein; Zusätzliche Direktbegleitung durch Strickhof	20	6				36							35		57		40	47				49	45			335.0	
	ja/nein; Konzepterarbeitung und Zielvereinbarung (einmalig)																										0.0	
	Bonus pro Ziel und Jahr	1	2				2							2		2		2	2				2	2			17.0	
E4: Verbrauchseffiziente Maschinen	Anzahl Geräte (max. 2 pro Betrieb)																										20.0	
E5: Regelmässige Wartung von Maschinen	ja/nein; Werkstattgutschrift																										7.0	
	ja/nein; Werkstattdokumentation	6	6	6	6		6		6	6	6	6		4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	4	116.0
G2: Sicherstellung der Bodenbedeckung	ha; Zwischenbegrünung bei Kulturpausen von mehr als 8 Wochen - nicht obligatorisch nach DZV	31	2	4.9	8.9		2.5		1.3	69	17				8.1	6.6		4	10	32	40		2.9	18			257.7	
	ha; Gründung nach Frühjahrskulturen vor dem 1.10. (bei Ernte nach dem 31.8. - nicht obligatorisch nach DZV)																											
	ha; Untersaat		2	19	13						36			14	6.4	3.6	7.5	5.7	25	5	9.9	16					6.7	170.3
G3: Bewirtschaftung der Ernterückstände	ha; Getreide- und Rapsstroh																										92.9	
G4: Einbringung von Pflanzenkohle	ha; Getreide- und Rapsstroh	18		66	9.4		14		6.7	33	18		40	13	24		9.9	19	2.4		4.9		7.9	18	15		319.3	
	t; Anschaffung PK (max. 1 t/ha)	5	6	6	6		6		6	6	6	5	6	6	3	6	6	6		6	6		6		4		107.0	
G5: Umwandlung in Dauergrünland	ha; max.1 t/ha*Betrieb	5	6	6	6		6		6	6	6	5	6	6	3	6	6	6		6	6		6		4		107.0	
	ha (max. 2 ha)		7.4		12		4.4			6	2.7	16		15		1.5					3.9		5.5				74.23	
G7: Optimale Bewässerungstechnik	ja/nein; Anschaffung Tensiometer																		2	1	1	1					5.0	
H2: Reduktion der Überfahrten und Bodenbelastung	Anzahl Bewirtschaftungseinheiten zur Anwendung Terranimo (max. 3)										107						110										216.9	
	ja/nein; Bonus ab 10% Dieselreduktion										2																2.0	
I1: Optimierung der Düngeform und -menge	ha; schlagbezogene Düngeplanung (max. 10 Schläge)	40	40	40	30		20		20	50	10	10	10		30	50		50	50	40	50			30		20	590.0	
	ha; Reduktion der N-Düngermenge auf 90% (max. 10 Schläge)										40				30						20	40					190.0	
	ja/nein; Je einmalige Hofdüngeranalyse für Sommer und Wintergülle	2					2			2				6		4			2								18.0	
I3: Humusaufbau u. C-Speicherung Kompost	t; Kompost (max. 20 t/ha*Jahr und 3 ha/Betrieb)		360	360	34					300	142		300	40	311		360				360	300		114	360	120	94	3556.0

9.3 Kontrollhandbuch und Checkliste

Kontrollhandbuch AgroCO₂ncept
Version 1.0 15.04.2019
1 ALLGEMEIN 1.1 Grundlagen Grundsätzlich basiert das Kontrollhandbuch auf: - der Direktzahlungs-Verordnung DZV vom 23. Oktober 2013, Stand 1. Januar 2019 - Verfügung des Kanton Zürich vom 05.04.2016, AgroCO ₂ ncept Flaachtal - Finanzhilfevertrag des BLW vom 25.02.2016, AgroCO ₂ ncept Flaachtal
1.2 Zweck des Handbuchs Damit die Kontrollen möglichst gleichartig erfolgen, wurde das vorliegende Handbuch erarbeitet. Es macht dort Ergänzungen und Präzisierungen, wo diese für die Kontrolle nötig sind. Das Handbuch wird anhand von Kontrollerfahrungen sowie neuen Rahmenbedingungen laufend aktualisiert.
1.2.1 Anforderungen an den Kontrolleur / die Kontrolleurin Ein Kontrolleur / eine Kontrolleurin nimmt eine verantwortungsvolle Funktion wahr. Innert kurzer Zeit wird auf dem Betrieb überprüft und entschieden, ob dieser die Anforderungen und weitere Auflagen erfüllt oder nicht. Er oder sie wird deshalb dazu aufgefordert, die Kontrolle objektiv und auf allen Betrieben nach derselben Messlatte vorzunehmen. Die Betriebsdaten, wie auch der Ausgang der Betriebskontrolle sind absolut vertraulich zu behandeln.
1.2.2 Verfahrensfragen Der Kontrolleur stellt die Sachverhalte fest. Die Kontrollorganisation stellt basierend darauf einen Antrag betreffend Beitragsberechtigung an die Vollzugsstelle. Der Kontrolleur/-Kontrolleurin händigt ein Doppel des Kontrollberichts dem Betriebsleiter/der Betriebsleiterin nach der Kontrolle aus. Das Original des Kontrollberichts legt er zu den Unterlagen. Alternativ wird dem Betriebsleiter / der Betriebsleiterin mündlich das Kontrollresultat mitgeteilt und die Vollzugs- oder Kontrollstelle stellt die Inspektionsbescheinigung dem Betriebsleiter bzw. der Betriebsleiterin zu. Ist der Bewirtschafter oder die Bewirtschafterin mit der Beurteilung nicht einverstanden, so kann er oder sie innerhalb von drei Werktagen nach der Kontrolle bei der zuständigen Rekursstelle schriftlich eine Zweitbeurteilung beantragen. (Bei E-Mail Zustellung der Inspektionsbescheinigung; plus fünf Tage Kulanz) Die Rekursstelle setzt sich aus Vertretern der Projektleitung inkl. dem Vertreter des BLW und dem Vertreter des Kantons zusammen. Die zuständige Rekursstelle legt die Einzelheiten betreffend Zweitbeurteilung fest. Adresse: Projektleitung AgroCO ₂ ncept, Dr. Gianluca Giuliani, Sonneggstrasse 30, 8006 Zürich

Massnahme Nachweis/ Text KHB		Kontrollpunkt lang
A1: THG- arme Futterbereit- stellung	Folgende Informationen müssen vorhanden sein: - Ausgefüllte Datenblätter zu den Fütterungs- und Leistungsdaten. Grundlage bildet EDV_Fütterungsplanung FUPLAN von agridea mit Angaben zu: Futtermittel (Eigenproduktion, Zu- und Abgänge), Nähr- und Mineralstoffgehalte in der Trockensubstanz / in der Ration und Generelle Tierdaten (Rasse, Gewicht, Laktationen und weitere Leistungsdaten) - Ergebnisse und Abrechnungen der Futteranalytik aus dem Labor: Trockenmasse, Wassergehalt, Rohfett, -protein, -fasern etc.	A1.1) Erfüllt wenn: Die ursprüngliche Kraftfuttermenge, Basis ist das Wirtschaftsjahr 2015 (ACCT2016) wurde bei gleichem Tierbestand um die deklarierten Tonnen, mindestens aber um 5% reduziert. (Hilfsmittel; GMF Berechnung, Buchhaltungszahlen) Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen
		A1.3) Erfüllt wenn: Mind. 20% der verfütterten Sojaproteine, Basis ist das Wirtschaftsjahr 2015 (ACCT2016), wurden durch Proteinpflanzen aus dem Anbau innerhalb des Agroconcept ersetzt. Die Proteinpflanzen werden auf dem eigenen Betrieb oder einem Betrieb im AgroCO2ncept angebaut ($t \cdot 20\% / 3 = \text{mind. ha}$) Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen
		A1.3) Erfüllt wenn: Es ist eine detaillierte Buchführung über den Kraftfuttereinsatz vorhanden. Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen
		A1.4) Erfüllt, wenn: Die Anzahl der deklarierten Futtermittelanalysen aus dem Labor sind vorhanden. Die Kosten dafür können belegt werden. Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen
B1: Züchtung und Herdenführung	Folgende Informationen müssen vorhanden sein: - Lebensleistung, Erstkalbealter und Laktationszahl durch die Dokumentation der Kenndaten pro Tier (in Anlehnung an Herdebücher, z.B. auf Basis der Tierzuchtverordnung, TZV) - Menge Kraftfutter/kg Milch durch die lückenlose Dokumentation der zugekauften Futtermittel (Art, Menge und Herkunft; entsprechend dem amtl. Kontrollen in der Primärproduktion unter Aufsicht des BVET)	B1.1) Erfüllt, wenn: Massnahmen sind in einer betrieblichen Zielvereinbarung festgehalten. Der Betrieb wird durch eine Fachberatung begleitet. Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen
		B1.2) Erfüllt, wenn: In den Folgejahren sind die Angaben aufgrund der Dokumentation der definierten Zielgrössen / Kennwerte (Lebensleistung, EKA, Laktationen, gr KF/ lt Milch, Harnstoffgehalt) überprüfbar Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen
E4: Verbrauchs- effiziente Maschinen	Nach dem Kauf: Kopie der ordentlichen Rechnung (ausgestellt auf den vollständigen Firmen- / Betriebsnamen) beim Verein AgroCO2ncept einreichen	E4.1) Erfüllt, wenn: Die Unterlagen für die Berechnung des Beitrages (Exceltabelle erstellt durch AgroCO2ncept), insbesondere der Beleg für die Anschaffung der subventionierten Maschinen muss vorhanden sein (max. 2 Maschinen pro Betrieb). Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen

Massnahme Nachweis/ Text KHB		Kontrollpunkt lang
E5: Regelmässige Wartung von Maschinen	Jährliche Wartung durch eine Fachwerkstatt oder durch den Landwirt mit entsprechender Zusatzausbildung anhand des Serviceheftes oder des Wartungsnachweises für die definierten Geräte müssen vorhanden sein: - Die Erstattung der Gutschrift erfolgt jeweils für das laufende Jahr (Voraussetzung: Wartungsnachweise werden für mindestens 2 aufeinanderfolgende Betriebsjahre eingereicht)	E5.1) Erfüllt wenn: Die jährliche Wartung wird durch eine Fachwerkstatt oder durch den Landwirt mit entsprechender Zusatzausbildung ausgeführt. Dies kann anhand des Serviceheftes oder des Wartungsnachweises für die definierten Geräte belegt werden. (Voraussetzung: Wartungsnachweise sind für mindestens zwei aufeinanderfolgende Betriebsjahre vorhanden). Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen
G2: Sicherstellung der Bodenbe- deckung	<ul style="list-style-type: none"> Die Kontrolle erfolgt mit Hilfe des Feldkalenders durch eine jährliche Selbstdeklaration (= ÖLN-Fruchtfolgerapport) In der Selbstdeklaration muss jeweils der Standort (Schlag-/ Parzellenummer), der Umfang der Massnahme (in ha) und die Kulturfolge (Hauptkultur, Unter- und Zwischensaat) angegeben werden. 	G2.1) Erfüllt wenn: Auf der deklarierten Fläche wurde eine Zwischenbegrünung bei Kulturpausen von mehr als 8 Wochen angesät (nur auf nicht obligatorischen Flächen nach DZV). Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen
		G2.2) Erfüllt wenn: Auf der deklarierten Fläche wurde nach Frühjahrskulturen eine Gründüngung vor dem 01.10. bei Ernte nach dem 31.8. angesät. Bei Ernte nach dem 01.10 ist eine Ansaat auch nach dem 01.10 noch zulässig. Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen.
		G2.3) Erfüllt wenn: Die deklarierte Fläche mit Untersaat ist korrekt. Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen
G3: Bewirt- schaftung der Ernterück- stände	<ul style="list-style-type: none"> Die Kontrolle erfolgt mit Hilfe des Feldkalenders durch eine jährliche Selbstdeklaration (= ÖLN-Fruchtfolgerapport) In der Selbstdeklaration muss jeweils der Standort (Schlag-/ Parzellenummer), der Umfang der Massnahme (in ha) und die Kulturfolge (Hauptkultur, Unter- und Zwischensaat) angegeben werden. 	G3.1) Erfüllt wenn: Deklarierte Fläche mit eingearbeitetem Getreide- und Rapsstroh ist korrekt. Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen
G4: Einbringung von Pflanzkohle	Die Standorte werden durch wiederholte Humusbilanzierungen und umfassende Feldkontrollen mit Hilfe Bodenanalysen überprüft	G4.1) Erfüllt wenn: Deklarierte Menge Pflanzkohle wurde im Stall oder auf dem Feld (max. 1 t/ha) eingesetzt. Ausgewählte Parzellen werden durch umfassende Feldkontrollen mit Hilfe von Bodenanalysen überprüft. Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen
G5: Umwan- dung in Dauergrünland	In der Selbstdeklaration (=ÖLN-Fruchtfolgerapport) müssen jeweils der Standort (Schlag-/Parzellenummer) und der Umfang der Massnahme (in ha) angegeben werden	G5.1) Erfüllt wenn: Die deklarierte Fläche mit Umwandlung von oAF in KW und überführen in Dauergrünland ist korrekt und wurde nicht wieder umgebrochen. Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen Nicht kontrolliert: Muss begründet werden

Massnahme Nachweis/ Text KHB		Kontrollpunkt lang
G7: Optimale Bewässerungs-technik	<ul style="list-style-type: none"> Vom Betriebsleiter wird in der Zielvereinbarung die Führung und Abgabe eines Bewässerungsjournals verlangt, in dem die Bewässerungsmenge, -dauer und -art pro Gabe sowie die jeweiligen Messwerte der Tensiometer (Saugspannungen) aufzuführen sind 	<p>G7.1) Erfüllt wenn: Das Gerät und die Quittung der Anschaffung des Tensiometers, sowie ein Bewässerungsprotokoll sind vorhanden. Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen Nicht kontrolliert: Muss begründet werden</p>
H2.1: Reduktion der Überfahrten und Bodenbelastung	<p>Folgende Informationen müssen vorhanden sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dokumentation aller Fahrten mittels Fahrtenbuch und Feldkalender inkl. der vorgängigen Abschätzung der Befahrbarkeit anhand der Messwerte der Bodenmessstelle Rafz und den Entscheidungsdiagrammen pro Gerätekombination (einmalig mittels Terranimo erstellt) → Als Nachweis der Anwendung des Online-Tools wird das Resultat pro Überfahrt als PDF oder Ausdruck mit Datumsangabe der muss vorhanden sein: - Stichprobenartige Überprüfung der eingesetzten Fahrzeuge und Radlasten mittels Terranimo müssen vorhanden sein: (weitere Grundlage: Kontrollhandbuch des Förderprogramms Boden; BFO 2013, 	<p>H2.1) Erfüllt, wenn: Pro Fahrt bzw. Bewirtschaftungsmassnahme ist ein PDF Dokument aus Terranimo vorhanden (max. 10 Fahrten auf max. 3 Flächen) Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen</p>
H2.2: Dieselreduktion	<ul style="list-style-type: none"> - Reduktion des jährlichen Dieselverbrauchs gegenüber dem Bezugsjahr (= Jahr der Erstbilanzierung) anhand der Bezugsquittungen 	<p>H2.2) Erfüllt, wenn: Reduktion des Dieselverbrauchs kann gegenüber dem Basisjahr 2015 belegt werden. Kaufbelege für Diesel und Schätzung des Inhalts des lokalen Tanks. Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen</p>
I1: Optimierung der Düngeform und -menge	<p>Die schlagbezogene Düngeplanung wird zusammen mit der pflanzenbaulichen Fachberatung jährlich vorgenommen. Folgende Mindestangaben müssen vorhanden sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Selbstdeklaration mit folgenden Angaben → der Schlag (Schlag-/Parzellennummer und die Schlaggrösse (in ha) → die Kulturfolge (Vor- und Hauptkultur, unter- und Zwischensaat) → die zu-/Abschläge aus dem Vorjahr und geplante Nährstoffnachlieferungen → die angelieferten/ausgebrachten Mengen → Erträge - Mit Hilfe der Unterlagen aus der Suisse-Bilanz wird zudem die Reduktion der N-Düngergaben auf 90% des Gesamtwertes dokumentiert 	<p>I1.1) Erfüllt, wenn: Auf dem Betrieb (für alle Flächen) ist eine schlagbezogene Düngeplanung vorhanden (Beitragsberechtigt sind max. 10 Schläge) Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen</p> <p>I1.2) Erfüllt, wenn: Gemäss abgeschlossener Suisse Bilanz wird max. 90% des Nverf.Bedarfs eingesetzt. Es muss eine sachliche Begründung für die Reduktion vorhanden sein, ohne dass Ertragseinbussen verursacht werden. Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen</p> <p>I1.3) Erfüllt, wenn: Für die beantragten Beiträge an Hofdüngeranalysen muss ein Beleg vorhanden sein. Nicht kontrolliert: Muss begründet werden Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen</p>

Massnahme Nachweis/ Text KHB		Kontrollpunkt lang
I3: Humusaufbau u. C- Speicherung Kompost	<ul style="list-style-type: none"> • Die verwendete Menge Kompost wird anhand eines Kompost-Journals und die Substitution von Mineraldünger anhand der Düngerbilanz bestimmt → Beide Dokumente müssen vorhanden sein: • Mittels Kompost-Journal werden folgende Angaben dokumentiert: <ul style="list-style-type: none"> - Standort (Schlag-/Parzellenummer, Fläche in ha) - Datum der Ausbringung - Menge (in t) - Bilanz (Jahresmengen, Zukäufe und Abfahren) 	<p>I3.1) Erfüllt, wenn: Deklarierte Menge Kompost wurde eingesetzt und die Vorgaben zum korrekten Einsatz wurden eingehalten (max. 20 t/ha*Jahr und 3 ha/Betrieb)</p> <p>Nicht kontrolliert: Muss begründet werden</p> <p>Nicht anwendbar: Keine Beiträge für diese Massnahme bezogen</p>

KTID		Betrieb	
Kontrollbericht AgroCO₂ncept Flaachtal			
			Status*
A1	A1.1) Die ursprüngliche Kraftfuttermenge wurde um die deklarierten Tonnen, mindestens aber um 5% reduziert		
	A1.2) Die Sojaproteine wurden um die deklarierten Tonnen, mindestens aber um 20% der verfütterten Menge durch Proteinpflanzen aus dem Anbau innerhalb des Agroconcept ersetzt		
	A1.3) Buchführung Kraftfuttereinsatz ist vorhanden		
	A1.4) Die Anzahl der deklarierten Futtermittelanalysen sind inkl. Belege vorhanden		
B1	B1.1) Massnahmen sind in einer betrieblichen Zielvereinbarung festgehalten. Der Betrieb wird durch eine Fachberatung begleitet		
	B1.2) In den Folgejahren sind die definierten Zielgrössen / Kennwerte (Leistungsleistung, EKA, Laktationen, gr KF/ lt Milch, Harnstoffgehalt) aufgrund der Dokumentation überprüfbar		
E4	E4.1) Die Berechnung der Beiträge durch Agroconcept und eine Kopie der Rechnung für max. 2 Maschinen pro Betrieb sind vorhanden		
E5	E5.1) Der Wartungsnachweis über zwei Jahre ist vorhanden		
G2	G2.1) Auf der deklarierten Fläche wurde eine Zwischenbegrünung bei Kulturpausen von mehr als 8 Wochen angesät (nur auf nicht obligatorischen Flächen nach DZV)		
	G2.2) Auf der deklarierten Fläche wurde nach Frühjahrskulturen eine Gründüngung vor dem 01.10. bei Ernte nach dem 31.8. angesät		
	G2.3) Deklarierte Fläche mit Untersaat ist korrekt		
G3	G3.1) Deklarierte Fläche mit eingearbeitetem Getreide- und Rapsstroh ist korrekt		
G4	G4.1) Deklarierte Menge Pflanzenkohle wurde im Stall oder auf dem Feld (max. 1 t/ha) eingesetzt		
G5	G5.1) Die deklarierte Fläche mit Umwandlung von oAF in KW und Überführen in Dauergrünland ist korrekt		
G7	G7.1) Der Tensiometer, die Quittung dazu und ein Bewässerungsprotokoll sind vorhanden		
H2	H2.1) Pro Fahrt/ Bewirtschaftungsmassnahme ist ein PDF Dokument aus Terranimo vorhanden (max. 10 Fahrten auf max. 3 Flächen)		
	H2.2) Reduktion des Dieserverbrauchs kann gegenüber dem Basisjahr 2015 belegt werden. Kaufbelege für Diesel und Schätzung des Inhalts des lokalen Tanks		
I1	I1.1) Auf dem Betrieb (für alle Flächen) ist eine schlagbezogene Düngplanung vorhanden (Beitragsberechtigt sind max. 10 Schläge)		
	I1.2) Gemäss abgeschlossener Suisse Bilanz wird bei gleichen Erträgen, max. 90% des Nverf. Bedarfs eingesetzt		
	I1.3) Für die beantragten Beiträge an Hofdüngeranalysen muss ein Beleg vorhanden sein		
I3	I3.1) Deklarierte Menge Kompost wurde eingesetzt. Die Vorgaben zum korrekten Einsatz wurden eingehalten		
*Status: ✓ erfüllt, 0 nicht erfüllt, – nicht kontrolliert, I nicht anwendbar			
Bemerkungen:			
Rechtsmittel: Ist der Bewirtschafter oder die Bewirtschafterin mit der Beurteilung nicht einverstanden, so kann er oder sie innerhalb von drei Werktagen nach der Kontrolle bei der zuständigen Rekursstelle schriftlich eine Zweitbeurteilung beantragen. Die Rekursstelle legt die Einzelheiten betreffend Zweitbeurteilung fest.			
Adresse: Projektleitung AgroCO ₂ ncept, Dr. Gianluca Giuliani, Sonneggstrasse 30, 8006 Zürich			
	Datum	Unterschrift	
Landwirt			Kontrollstelle
Kontrollleur			Vollzugsstelle

9.4 Kosten des Gesamtprojektes

Tabelle 15: Übersicht über das Projektbudget und die Ausgaben zwischen 2016 und 2021. Das Projekt läuft noch bis Mitte 2024 weiter.

Jahr	Kategorie	Gemäss Vertrag							Total	Ausgaben							Übertrag Vorjahr	Ein- gegangene Zahlungen	Differenz (summiert)			
		PL	PA	WB	MA	BE	UK	WM		Kategorie	PL	PA	WB	MA	BE	UK				WM	Total	
		Projekt- leitung	Projekt- administration	Wissenschaftl. Begleitung	Massnahmen	Beratung	Umsetzungs- kontrolle	Wirkungs- monitoring		Projekt- leitung	Projekt- administration	Wissenschaftl. Begleitung	Massnahmen	Beratung	Umsetzungs- kontrolle	Wirkungs- monitoring						
		80%	50%	80%	80%	50%	80%	80%		Ansatz	80%	50%	80%	80%	50%	80%						
Jahr 1	Kosten	97'920.-	20'400.-	90'000.-	137'610.-	76'740.-	24'420.-	104'600.-	551'690.-	Ausgaben	99'920.-	20'555.-	0.-	56'084.- ¹⁾	16'400.-	1'480.-	60'303.-	254'742.-				
	Beitrag BLW	78'336.-	10'200.-	72'000.-	110'088.-	38'370.-	19'536.-	83'680.-	412'210.-	Beitrag BLW	79'936.-	10'278.-	0.-	44'867.-	8'200.-	1'184.-	48'242.-	192'707.-		256'269.-	63'562.-	
	Beitrag RF	19'584.-	10'200.-	18'000.-	27'522.-	38'370.-	4'884.-	20'920.-	139'480.-	Beitrag RF	19'984.-	10'278.-	0.-	11'217.-	8'200.-	296.-	12'061.-	62'035.-		77'850.-	15'815.-	
Jahr 2	Kosten	30'600.-	15'300.-	40'000.-	108'510.-	8'640.-	10'890.-	0.-	213'940.-	Ausgaben	30'600.-	15'300.-	25'000.-	94'618.- ²⁾	3'300.-	3'300.-	26'401.-	218'896.-				
	Beitrag BLW	24'480.-	7'650.-	32'000.-	86'808.-	4'320.-	8'712.-	0.-	163'970.-	Beitrag BLW	24'480.-	7'650.-	20'000.-	75'694.-	11'838.-	2'640.-	21'121.-	163'423.-		63'562.-	18'423.-	-81'438.-
	Beitrag RF	6'120.-	7'650.-	8'000.-	21'702.-	4'320.-	2'178.-	0.-	49'970.-	Beitrag RF	6'120.-	7'650.-	5'000.-	18'924.-	11'838.-	660.-	5'280.-	55'472.-		15'815.-	43'879.-	4'222.-
Jahr 3	Kosten	63'648.-	15'300.-	60'000.-	111'710.-	30'240.-	10'890.-	78'000.-	369'788.-	Ausgaben	61'109.-	16'164.-	85'730.-	100'191.- ³⁾	18'075.-	3'300.-	18'650.-	303'219.-				
	Beitrag BLW	50'918.-	7'650.-	48'000.-	89'368.-	15'120.-	8'712.-	62'400.-	282'168.-	Beitrag BLW	48'887.-	8'082.-	68'584.-	80'153.-	9'038.-	2'640.-	14'920.-	232'304.-		-81'438.-	307'742.-	-6'000.-
	Beitrag RF	12'730.-	7'650.-	12'000.-	22'342.-	15'120.-	2'178.-	15'600.-	87'620.-	Beitrag RF	12'222.-	8'082.-	17'146.-	20'038.-	9'038.-	3'730.-	70'916.-		4'222.-	76'064.-	9'370.-	
Jahr 4	Kosten	24'480.-	15'300.-	10'000.-	108'510.-	8'640.-	10'890.-	0.-	177'820.-	Ausgaben	53'105.-	12'639.-	56'198.-	147'038.-	22'080.-	22'636.-	50'655.-	364'351.-				
	Beitrag BLW	19'584.-	7'650.-	8'000.-	86'808.-	4'320.-	8'712.-	0.-	135'074.-	Beitrag BLW	42'484.-	6'320.-	44'958.-	117'631.-	11'040.-	18'109.-	40'524.-	281'065.-		-6'000.-	309'398.-	22'332.-
	Beitrag RF	4'896.-	7'650.-	2'000.-	21'702.-	4'320.-	2'178.-	0.-	42'746.-	Beitrag RF	10'621.-	6'320.-	11'240.-	29'408.-	11'040.-	4'527.-	10'131.-	83'286.-		9'370.-	82'855.-	8'939.-
Jahr 5	Kosten	24'480.-	15'300.-	20'000.-	108'510.-	8'640.-	10'890.-	0.-	187'820.-	Ausgaben	22'112.-	14'186.-	80'000.-	117'804.-	21'718.-	21'094.-	27'413.-	304'328.-				
	Beitrag BLW	19'584.-	7'650.-	16'000.-	86'808.-	4'320.-	8'712.-	0.-	143'074.-	Beitrag BLW	17'690.-	7'093.-	64'000.-	94'243.-	10'859.-	16'875.-	21'931.-	232'691.-		22'332.-	195'222.-	-15'137.-
	Beitrag RF	4'896.-	7'650.-	4'000.-	21'702.-	4'320.-	2'178.-	0.-	44'746.-	Beitrag RF	4'422.-	7'093.-	16'000.-	23'561.-	10'859.-	4'219.-	5'483.-	71'637.-		8'939.-	59'147.-	-3'550.-
Jahr 6	Kosten	73'440.-	15'300.-	60'000.-	111'710.-	8'640.-	15'510.-	90'000.-	374'600.-	Ausgaben	14'712.-	12'967.-	33'072.-	127'987.-	37'294.-	17'784.-	20'687.-	264'502.-				
	Beitrag BLW	58'752.-	7'650.-	48'000.-	89'368.-	4'320.-	12'408.-	72'000.-	292'498.-	Beitrag BLW	11'769.-	6'483.-	26'458.-	102'390.-	18'647.-	14'227.-	16'549.-	196'523.-		-15'137.-	246'014.-	34'354.-
	Beitrag RF	14'688.-	7'650.-	12'000.-	22'342.-	4'320.-	3'102.-	18'000.-	82'102.-	Beitrag RF	2'942.-	6'483.-	6'614.-	25'597.-	18'647.-	3'557.-	4'137.-	67'979.-		-3'550.-	82'869.-	11'340.-
Schluss- evaluatio- n (Jahr 8)	Kosten	0.-	0.-	0.-	0.-	0.-	0.-	78'000.-	78'000.-	Ausgaben												
	Beitrag BLW	0.-	0.-	0.-	0.-	0.-	0.-	62'400.-	62'400.-	Beitrag BLW												
	Beitrag RF	0.-	0.-	0.-	0.-	0.-	0.-	15'600.-	15'600.-	Beitrag RF												
Total	Kosten	314'568.-	96'900.-	280'000.-	686'560.-	141'540.-	83'490.-	350'600.-	1'953'658.-	Kosten	314'568.-	96'900.-	280'000.-	686'560.-	141'540.-	83'490.-	350'600.-	1'953'658.-				
	Beitrag BLW	251'654.-	48'450.-	224'000.-	549'248.-	70'770.-	66'792.-	280'480.-	1'491'394.-	Beitrag BLW	225'246.-	45'906.-	224'000.-	514'978.-	69'621.-	55'675.-	163'288.-	1'298'714.-				
	Beitrag RF	62'914.-	48'450.-	56'000.-	137'312.-	70'770.-	16'698.-	70'120.-	462'264.-	Beitrag RF	56'312.-	45'906.-	56'000.-	128'745.-	69'621.-	13'919.-	40'822.-	411'324.-				
	Total Ausgaben	281'558.-	91'811.-	280'000.-	643'722.-	139'244.-	69'594.-	204'110.-	1'710'038.-	Total Ausgaben	281'558.-	91'811.-	280'000.-	643'722.-	139'244.-	69'594.-	204'110.-	1'710'038.-				
	Restbetrag	33'010.-	5'089.-	0.-	42'838.-	2'296.-	13'896.-	146'490.-	243'620.-	Restbetrag	33'010.-	5'089.-	0.-	42'838.-	2'296.-	13'896.-	146'490.-	243'620.-				

Bemerkungen:

1) Gemäss Umsetzungskontrolle hätte im Jahr 2016 für Massnahmen 57 114CHF ausbezahlt werden müssen. Die Differenz von 1'030CHF wird den Bauern im Jahr 2017 ausbezahlt. Demzufolge werden im Jahr 2017 93'587.50CHF (Massnahmen 2017) und 1'030CHF (Nachzahlung Massnahmen 2016), also 94'617.50CHF ausbezahlt.

2) Ausgleich von 1)

3) Die Ausgaben der Massnahmen setzten sich zusammen aus 84'264.60 CHF (Kto 6003) und 15'926.30 CHF (Kto 7018) gemäss Finanzbuchhaltung

2016-2021	PL	PA	WB	MA	BE	UK	WM	Total
Budget	314'568.-	96'900.-	280'000.-	686'560.-	141'540.-	83'490.-	272'600.-	1'875'658.-
Ausgaben	281'558.-	91'811.-	280'000.-	643'722.-	139'244.-	69'594.-	204'110.-	1'710'038.-
Differenz	33'010.-	5'089.-	0.-	42'838.-	2'296.-	13'896.-	68'490.-	165'620.-
Ausgaben (%)	90%	95%	100%	94%	98%	83%	75%	91%

9.5 Kosten der Massnahmenumsetzung

Tabelle 16: Übersicht über die Kosten der Massnahmenumsetzung, aufgeteilt auf die 12 im Ressourcenprojekt geförderten Massnahmen.

Massnahmekosten	Einheit	Betrag 2016	Beitrag Budget	Budgetierter Betriebe	Gemess. Vertrag								2016		2017		2018		2019		2020		2021		Total	
					Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7	Total	Menge	Kosten	Menge	Kosten	Menge	Kosten	Menge	Kosten	Menge	Kosten	Menge	Kosten	Menge	Kosten
A1: THG-arme Futterbereitstellung	t: Reduktion Kraft-Mischfutters	250.-	200.-	12	2.400.-	2.400.-	2.400.-	2.400.-	2.400.-	2.400.-	14.400.-	0,00	0,-	0,00	0,-	0,00	0,-	75,40	18.850,-	132,00	33.000,-	70,10	17.525,-	277,5		
	ha: Ersatz des Soja-Anteils im Kraft-Mischfutters durch auf dem eigenen Betrieb oder einem Betrieb im AgroCO2concept angebautes Protein	400.-	80.-	12	960.-	960.-	960.-	960.-	960.-	960.-	5.760.-	0,00	0,-	0,00	0,-	0,00	0,-	7,50	3.000,-	9,57	3.827,-	7,50	3.000,-	24,6		
	Jahrein: Spez. Buchführung	40.-	450.-	3 x 2ha	2.700.-	2.700.-	2.700.-	2.700.-	2.700.-	2.700.-	16.200.-	0,00	0,-	0,00	0,-	4,00	160,-	8,00	320,-	8,00	320,-	12,00	480,-	32,0		
	Anzahl Futtermittelanalysen Labor	100.-	900.-	3 x 2ha	5.400.-	5.400.-	5.400.-	5.400.-	5.400.-	5.400.-	32.400.-	0,00	0,-	0,00	0,-	10,00	785,-	13,00	1.224,-	14,00	1.341,-	12,00	955,-	48,0		
	Summe																	945,-	20.249,-	30.443,-	17.340,-	0,0	68.976,-			
B1: Züchtung und Herdenführung	Jahrein: Konzepterstellung und Zielvereinbarung (einmalig)	4.500.-	2.000.-	5	22.500.-	22.500.-	22.500.-	22.500.-	22.500.-	22.500.-	135.000.-	0,00	0,-	9,00	22.500,-	0,00	0,-	8,00	20.000,-	0	0,-	0	0,-	17,0		
	Bonus pro Ziel und Jahr																	12,00	36.000,-			9	24.000,-	20,0		
	Jahrein: Aufwandserschädigung	1.280.-	40.-	5x88	6.400.-	1.600.-	3.200.-	1.600.-	1.600.-	3.200.-	17.600.-	0,00	0,-	95,00	3.800,-	68,00	2.720,-	58,00	2.330,-	56,00	2.240,-	58,00	2.300,-	335,0		
	Jahrein: Zusätzliche Direktbegleitung durch Strickhof	1.280.-	40.-	5x88	6.400.-	1.600.-	3.200.-	1.600.-	1.600.-	3.200.-	17.600.-	0,00	0,-	0,00	0,-	0,00	0,-								0,0	
Summe														26.300,-		2.720,-		44.220,-		2.240,-		22.920,-		98.400,-		
E4: Verbrauchseffiziente Maschinen	Anzahl Geräte (max. 2 pro Betrieb)	2.000.-	2.000.-	2 x 2	8.000.-	8.000.-	8.000.-	8.000.-	8.000.-	8.000.-	48.000.-	0,00	0,-	0,00	0,-	6,00	10.113,-	0	0,-	1,00	1.500,-	0,00	0,-	7,0	11.613,-	
E5: Regelmässige Wartung von Maschinen	Jahrein: Werkstattgutschrift	200.-	200.-	23	4.600.-	4.600.-	4.600.-	4.600.-	4.600.-	4.600.-	27.600.-	19,00	3.800,-	18,00	3.600,-	19,00	3.800,-	20	4.000,-	20,00	4.000,-	20,00	4.000,-	116,0	23.200,-	
G2: Sicherstellung der Bodenbedeckung	ha: Zwischenbegrünung bei Kulturpausen von mehr als 8 Wochen - nicht obligatorisch nach DZV	300.-	300.-	3 x 2ha	1.800.-	1.800.-	1.800.-	1.800.-	1.800.-	1.800.-	10.800.-	38,62	11.596,-	37,88	11.367,-	54,68	16.404,-	37,20	11.160,-	32,12	9.636,-	57,17	17.151,-	257,7	77.304,-	
	ha: Untersaat	300.-	300.-									16,84	5.052,-	15,40	4.620,-	28,43	8.529,-	34,88	10.458,-	35,88	10.764,-	38,87	11.661,-	170,3	51.084,-	
	ha: Getreide- und Rapsstroh	100.-	100.-	3 x 2ha	600.-	600.-	600.-	600.-	600.-	3.600.-	51,79	5.179,-	39,27	3.927,-	55,25	5.525,-	60,34	6.034,-	56,83	5.683,-	55,84	5.584,-	319,3	31.932,-		
G3: Bewirtschaftung der Ernterückstände	ha: Getreide- und Rapsstroh	100.-	100.-	3 x 2ha	600.-	600.-	600.-	600.-	600.-	3.600.-	15,00	15.750,-	17,00	17.850,-	18,00	18.900,-	19,00	19.578,-	19,00	19.634,-	19,00	19.634,-	107,0	108.772,-		
G4: Einbringung von Pflanzenkohle	t: Anschaffung PK (max. 1 t/ha)	1.050.-	1.050.-	23	20.700.-	20.700.-	20.700.-	20.700.-	20.700.-	20.700.-	124.200.-	15,00	3.750,-	17,00	1.700,-	18,00	1.800,-	19,00	1.900,-	19,00	1.900,-	19,00	1.900,-	107,0	12.950,-	
	ha: max. 1 t/ha/Betrieb	100.-	100.-	23	5.750.-	5.750.-	5.750.-	5.750.-	5.750.-	5.750.-	34.500.-	7,20	2.160,-	11,29	3.387,-	11,29	3.387,-	15,34	4.602,-	14,78	4.434,-	14,33	4.299,-	74,2	22.259,-	
G5: Umwandlung in Dauergrünland	ha (max. 2 ha)	300.-	300.-	5 x 2ha	3.000.-	3.000.-	3.000.-	3.000.-	3.000.-	3.000.-	18.000.-	0,00	0,-	2,00	2.118,-	3,00	6.000,-	0,00	0,-	0,00	0,-	0,00	0,-	5,0	8.118,-	
G7: Optimale Bewässerungstechnik	Anzahl Bewirtschaftungseinheiten zur Anwendung Terranimo (max. 3)	30.-	30.-	5 x 10	4.500.-	4.500.-	4.500.-	4.500.-	4.500.-	4.500.-	27.000.-	0,00	0,-	21,00	630,-	46,00	1.380,-	51,00	1.530,-	51,00	1.530,-	47,90	1.437,-	216,9	6.507,-	
	Jahrein: Bonus ab 10% Dieselreduktion	300.-	300.-	5	1.500.-	1.500.-	1.500.-	1.500.-	1.500.-	1.500.-	9.000.-	0,00	0,-	0,00	0,-	0,00	0,-	0,00	0,-	1,00	300,-	1,00	300,-	2,0	600,-	
H1: Optimierung der Düngemenge	ha: schlagbezogene Düngemenge (max. 10 Schläge)	20.-	20.-	30 x 10	6.000.-	6.000.-	6.000.-	6.000.-	6.000.-	6.000.-	36.000.-	0,00	0,-	70,00	1.400,-	160,00	3.200,-	150,00	3.000,-	110,00	2.200,-	100,00	2.000,-	590,0	11.800,-	
	ha: Reduktion der N-Düngermenge auf 90% (max. 10 Schläge)	50.-	50.-	25 x 10	12.500.-	12.500.-	12.500.-	12.500.-	12.500.-	12.500.-	75.000.-	0,00	0,-	10,00	500,-	30,00	1.500,-	50,00	2.500,-	50,00	2.500,-	50,00	2.500,-	190,0	9.500,-	
	Jahrein: Je einmalige Hddüngeranalyse für Sommer und Winterzelle	625.-	625.-	12	7.500.-	0,-	0,-	0,-	0,-	0,-	7.500.-	0,00	0,-	0,00	0,-	6,00	505,-	8,00	939,-	0,00	0,-	4,00	462,-	18,0	1.905,-	
B3: Humusaufbau u. C-Speicherung Kompost	t: Kompost (max. 20 t/ha/Jahr und 3 ha/Betrieb)	20.-	20.-	2 x 20	2.400.-	2.400.-	2.400.-	2.400.-	2.400.-	2.400.-	14.400.-	405,30	8.106,-	668,00	13.360,-	620,00	12.400,-	592,65	11.853,-	680,00	13.800,-	580,00	11.600,-	3556,0	71.119,-	
Total Budget/Kosten					137.610,-	108.510,-	111.710,-	108.510,-	108.510,-	111.710,-	688.560,-	57.114,-	93.588,-	100.191,-	147.038,-	117.804,-	128.187,-	643.922,-								
Total Ausgaben												57.114,-	93.588,-	100.191,-	147.038,-	117.804,-	127.987,-	643.722,-								

Tabella 17: Auflistung aller Bemerkungen zu den Kosten der Massnahmenumsetzung.

Bemerkungen	
a) 2016	Der Beitrag wurde bereits im ersten Jahr ausbezahlt, obwohl im Gesuch steht: "Die Erstattung der Gutschrift erfolgt jeweils für das vorhergehende Jahr, wenn die Wartungsnachweise für 2 aufeinanderfolgende Betriebsjahre eingereicht werden".
b) 2016	Gemäss Gesuch hätte für die Pflanzkohle nur 900 CHF/Tonne erstattet werden dürfen. Aufgrund des hohen Marktpreises wurde den Bauern im 2016 jedoch 1050 CHF/Tonne Biokohle ausbezahlt, um die Bezugskosten zu decken. Es ist geplant im Jahr 2016/2017 die Marktpreispreise für Biokohle zu erstatten. Im Jahr 2018 soll diese Massnahme mit dem BLW analysiert und ggf. durch ein Änderungsgesuch angepasst werden. Vom Verein aus wird garantiert, dass die Gesamtkosten für Massnahmen durch die Anpassung nicht überschritten werden.
c) 2017	Nach den Zahlen wären 2 Sets à maximal 2000 CHF pro Betrieb möglich. Bezahlt wird aber der effektive Preis der Anlagen bis maximal 2000 CHF. Hier kann man also nicht einfach mit Einheiten rechnen, sondern mit den effektiv angefallenen Kosten, im Jahr 2017 auf einem Betrieb 117.50 CHF und auf dem 2. Betrieb 2000 CHF weil die Anlage mehr als 2000 CHF gekostet hat.
d) 2018/ 2019 / 2020	Die Futtermittelanalysen werden nach effektivem Aufwand vergütet. Die maximale Vergütung pro Analyse ist 100 CHF
e) 2018 / 2020	Vergütet werden 20% der Preisdifferenz für eine Maschine mit höherer Effizienz, bereinigt und bezogen auf die Grösse der bisherigen Maschine. Falls dieser Betrag den Maximalbetrag von 2000 CHF übersteigt, werden 2000 CHF ausbezahlt.
f) 2018	Die effektiven Kosten für Pflanzkohle 2018 waren 15'926 CHF. Die Pflanzkohle wurde direkt vom Verein gekauft und den Bauern zur Verfügung gestellt.
g) 2018/ 2019/ 2021	Die Hofdüngeranalysen werden nach effektivem Aufwand vergütet. Die maximale Vergütung pro Analyse ist 625 CHF
h) 2019/ 2020/ 2021	Die Summe der Beiträge für die Massnahme A1 wurde für jeden Betrieb begrenzt auf 6000 CHF
i) 2019/ 2021	Die Summe der Beiträge für die Massnahme B1 wurde für jeden Betrieb begrenzt auf 6000 CHF
j) 2019	Die effektiven Kosten für Pflanzkohle 2019 waren 19'578CHF. Die Pflanzkohle wurde direkt vom Verein gekauft und den Bauern zur Verfügung gestellt.
k) 2020	Die effektiven Kosten für Pflanzkohle 2019 waren 19'834 CHF. Die Pflanzkohle wurde direkt vom Verein gekauft und den Bauern zur Verfügung gestellt.
l) 2021	Die Auszahlungen für die Massnahmen A1 und B1 konnten erst im Jahr 2022 ausgezahlt werden, als die Resultate der Bilanzierungen vorlagen.
m) 2021	Die effektiven Kosten für Pflanzkohle 2019 waren 19'834 CHF. Die Pflanzkohle wurde direkt vom Verein gekauft und den Bauern zur Verfügung gestellt.
n) 2021	Die Kosten für die Massnahmen 2021 sind 200 CHF höher als die Ausgaben für Massnahmen 2021, da einem Betriebsleiter 200 CHF weniger ausgezahlt wurden zur Kompensation einer Massnahme I1, welche vergütet aber nicht umgesetzt wurde. Aus dem gleichen Grund sind die Ausgaben für die Massnahmen 200 CHF tiefer als die angegebenen Kosten

9.6 Wirkung von Massnahmen auf zwei Beispielbetrieben

Beispielbetrieb 1

Der Betrieb bewirtschaftet im Jahr 2021 67.2 ha LN, davon 23.3 ha Ackerfläche. Der Rest der Fläche ist Weideland für die knapp 80 GVE Milchkühe (Tabelle 18). Auf der Ackerfläche werden Futterkulturen zum Eigenverbrauch, primär Silagemais, Luzerne und Rotklee, sowie Weizen, Kartoffeln, Gerste, Zuckerrüben und Kartoffeln zum Verkauf angebaut.

Die Netto-Emissionen des Betriebs wurden zwischen 2015 und 2021 um 37 tCO₂eq/Jahr, d.h. um 7% reduziert. Die Kohlenstoffspeicherung auf dem Betrieb ist gegenüber 2015 um 4t CO₂eq/Jahr gesunken, da das Dauergrünland mit zunehmendem Alter weniger Kohlenstoff speichert. Entsprechend grösser waren die effektiven Einsparungen auf dem Betrieb. Die Emissionen pro produzierter Milchmenge sind in den 6 Jahren zwischen der ersten und dritten Bilanzierung um 8% gesunken. Im Ackerbau sind die Emissionen 2021 im Vergleich zu 2015 höher. Gegenüber der Zweitbilanzierung im 2018 konnte die THG-Intensität der Produktion allerdings wieder verbessert werden. Die Verbesserung der THG-Intensität in den letzten drei Jahren liegt vor allem im geringeren Wasserverbrauch, einer Stromreduktion und etwas weniger Düngemittel als 2018. Ausserdem fielen die Erträge höher aus, was die Intensität ebenfalls reduzierte.

Tabelle 18. Kennzahlen der Produktion und Treibhausgasemissionen des Beispielbetriebes 1.

Kennzahl	Einheit	2015	2018	2021	Veränderung 2015 - 2021
LN	ha	62.5	65.2	67.2	+ 8%
Tiere	GVE	86.7	83.0	79.6	- 7%
Produktion gesamt	GJ/Jahr	6761	4416	5537	- 18%
Netto-Emissionen	t CO ₂ eq/Jahr	541	508	503	- 7%
Brutto-Emissionen	t CO ₂ eq/Jahr	565	529	522	- 8%
Kohlenstoffspeicherung	t CO ₂ eq/Jahr	23	21	19	- 17%
THG-Emissionen/Produkt Milch	t CO ₂ eq/1000 Liter Milch*Jahr	0.85	0.78	0.78	- 8%
THG-Emissionen/Produkt Ackerbau	t CO ₂ eq/t TM*Jahr	0.24	0.38	0.32	+ 33%

Der Betrieb hat folgende fünf in der Zielvereinbarung festgehaltenen und im Rahmen des Ressourcenprojektes unterstützten Massnahmen umgesetzt:

- THG-arme Futterbereitstellung
- Züchtung und Herdenführung
- Regelmässige Wartung von Maschinen
- Bodenbedeckung/Zwischenfrüchte
- Optimierung der Düngeform und -menge

Zusätzlich wurden die folgenden zehn nicht finanziell abgegoltenen Massnahmen umgesetzt:

- Kühleres Stallklima
- Generelle Energiesparmassnahmen
- Energieeffiziente Behälter und Anlagen
- Bündelung von Arbeitsprozessen
- Prüfung Fruchtfolgen und Kulturverteilung, Bewirtschaftung der Ernterückstände
- Bedarfsorientierte Bewässerung
- Optimierung der räumlichen Nutzungsstrukturen
- Optimierung der Ausbringung und Einarbeitung von Düngemitteln
- Optimierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln

Für die im Ressourcenprojekt unterstützten Massnahmen wurden basierend auf der Zielvereinbarung im ACCT mögliche Einsparungen simuliert. Diese werden in Tabelle 19 den bilanzierten Emissionen, die im ACCT einer bestimmten Massnahme zugeordnet werden können, gegenübergestellt.

Tabelle 19. Vergleich der bilanzierten Emissionen, die im ACCT einer bestimmten Massnahme zugeordnet werden können, mit den basierend auf der Zielvereinbarung modellierten Emissionen.

Massnahmen	Emissionen in tCO ₂ eq				Modellierung
	Bilanz 2015	Bilanz 2018	Bilanz 2021	Zu-/Abnahme	
A1: THG-arme Futtermittelbereitstellung	93	58	66	-35/-27	-24
B1: Züchtung und Herdenführung	42	39	43	-3/+1	-14
E5: Regelmässige Wartung von Maschinen	30	35	35	+5/+5	0
G2: Bodenbedeckung/Zwischenfrüchte (C-Speicherung)	6.2	4.9	7.6	-1.3/+1.4	3
I1: Optimierung der Düngemenge	31	35	33	+4/+2	-1

Die Emissionen aus der Fütterung konnten mehr als in der Modellierung angenommen reduziert werden, insbesondere im Jahr 2018. Die Modellierung zeigte den Weg auf, um durch Futterumstellung eine THG-Reduzierung zu erreichen. Die Umsetzung bzw. der Einsatz einzelner Futterkomponenten erfolgte im Detail etwas anders als kalkuliert. Die THG-Einsparungen resultieren durch eine Reduktion des Sojas aus Übersee, das mit auf Hof produzierten Futterkomponenten (Maiskleber, Rapsextraktionsschrot) ersetzt wurde. Im Jahr 2021 war die Qualität des Grundfutters unterdurchschnittlich, wodurch sich die Milchleistung der Kühe verschlechterte. Um die Leistung wieder herzustellen, wurde – in Absprache mit dem landwirtschaftlichen Berater des Strickhofes – mehr Mischfutter verfüttert.

In der Modellierung des Einsparpotenzials im Bereich der Züchtung und Herdenführung wurde von einer Reduktion des Erstkalbealters von 28 auf 25 Monate und einer Erhöhung der Laktationszahl von 2.9 auf 3.5 ausgegangen. Durch ein entsprechendes Management könnten bei gleicher Anzahl an adulten Milchkühen nur noch 20 anstatt 24 Jungtiere pro Jahr gehalten und gemäss Modell 14 tCO₂eq eingespart werden. Sowohl das Erstkalbealter (gegenwärtig bei 26 Monaten) als auch die Laktationszahl (gegenwärtig bei 3) konnten auf dem Hof geringfügig verbessert werden. Allerdings zeigten diese Verbesserungen in der relativ kurzen Zeit nicht die modellierten Effekte. Insbesondere besteht ein Zielkonflikt mit steigenden Gesundheitskosten aufgrund schlechter Zellzahlen und den Fleischpreisen. Die sehr hohen Fleischpreise in den letzten Jahren haben dazu geführt, dass es wirtschaftlich viel attraktiver ist, Jungtiere zu schlachten und verkaufen als sie zur Remonte der Herde weiter aufzuziehen.

Der Maschinenpark auf dem Hof wurde auch schon vor Start des Projektes gut gewartet. Deswegen wurde bereits in der Modellierung nicht von einer weiteren Dieseleinsparung durch die Massnahme ausgegangen. Der Dieselverbrauch hat sich seit 2015 aufgrund eines erhöhten Aufwandes im Management der Silage um rund 18% erhöht.

Die Kohlenstoffspeicherung durch Bodenbedeckung und Zwischenfrüchte sank im Jahr 2018 im Vergleich zu 2015, weil das angesäte Zwischenfutter durch die Trockenheit kaum aufgelaufen ist. Im Jahr 2021 konnte die Speicherleistung im Vergleich zum Referenzjahr gesteigert werden, allerdings nicht so stark wie in der Modellierung simuliert. Die in der Modellierung 2018 berechnete Speicherung von 3t C aufgrund von 8 ha Zwischenfruchtanbau nach Kartoffeln wurden in der Praxis anders umgesetzt. Die tatsächliche Speicherung durch einen ausgedehnteren Zwischenfruchtanbau (2.5 ha mehr) im Vergleich zum Referenzjahr wurde lediglich um 1.5t C gesteigert. Des Weiteren liegt im Jahr 2021 die C-Speicherung des Dauergrünlandes niedriger als im Referenzjahr aufgrund des fortgeschrittenen Alters der Flächen.

Der Betrieb wendete bereits vor dem Projekt eine schlagbezogene Düngungsplanung an und führte Hofdüngeranalysen durch. Entsprechend wurde nur ein geringes Einsparpotenzial durch die Massnahme I1 modelliert. Das Einsparpotenzial resultiert durch eine Reduktion des Mineraldüngerzukaufes und der mit dessen Produktion verbundenen Emissionen, sowie den Bodenemissionen durch den Düngereinsatz. Die Emissionen durch den Einsatz von synthetischen Düngern auf dem Betrieb ist gegenüber 2015 leicht gestiegen. Trotz schlagebezogener Düngungsplanung musste der Betrieb kurzfristig auf klimatische Extreme reagieren und etwas mehr Dünger als im Referenzjahr einsetzen.

Insgesamt zeigt sich, dass gut die Hälfte der eingesparten Emissionen auf dem Betrieb durch die von Ressourcenprojekt unterstützte Massnahme A1 erreicht werden konnte. Ebenfalls zeigte die Massnahme G2 die angestrebte Wirkung. Die wiederholte Bilanzierung zeigt aber, dass die erzielten Einsparungen stark von den klimatischen Bedingungen eines Jahres abhängen und nicht notwendigerweise jedes Jahr erzielt werden können. Die weiteren Reduktionserfolge ergeben sich durch die Kombination verschiedener anderer Massnahmen. Insbesondere verbessert hat sich auf dem Betrieb seit 2015

der Stromverbrauch. Für die Zukunft sind deutliche Einsparungen im Dieserverbrauch durch verändertes Management zu erwarten.

Beispielbetrieb 2

Der Betrieb bewirtschaftet im Jahr 2021 29.6 ha LN, davon 3.9 ha Ackerfläche und 0.7 ha für die Kirschproduktion. Der Rest der Fläche ist Weideland für die 64 GVE Milchkühe (Tabelle 20). Auf der Ackerfläche werden Futterkulturen zum Eigenverbrauch, primär Silagemais, sowie Weizen, Gerste und Zuckerrüben zum Verkauf kultiviert.

Die Netto-Emissionen des Betriebs stiegen zwischen 2015 und 2021 um 77 tCO₂eq/Jahr, d.h. um 25%, primär durch einen erhöhten Einsatz von Kraftfutter und Düngemittel. Der gesteigerte Einsatz dieser Produktionsmittel resultierte allerdings in einer erheblichen Zunahme an produzierten landwirtschaftlichen Gütern, so dass die Treibhausgasintensität der Produktion substanziell gestiegen ist: Die Emissionen pro produzierter Milchmenge sind seit der ersten Bilanzierung um 16% gesunken. Im Ackerbau sind die Emissionen 2021 im Vergleich zu 2015 sogar um 40% gesunken. Ein wesentlicher Faktor für diese Änderung ist eine andere Kulturführung: Der Anbau und Verkauf von Erbsen im Jahr 2018 wurde durch den Anbau von Zuckerrüben im 2021 ersetzt.

Tabelle 20. Kennzahlen der Produktion und Treibhausgasemissionen des Beispielbetriebes 2.

Kennzahl	Einheit	2015	2018	2021	Veränderung 2015 - 2021
LN	ha	32	30	30	- 6%
Tiere	GVE	53	63	64	+ 21%
Produktion gesamt	GJ/Jahr	1550	1608	2436	+ 57%
Netto-Emissionen	t CO ₂ eq/Jahr	307	351	384	+ 25%
Brutto-Emissionen	t CO ₂ eq/Jahr	318	360	394	+ 24%
Kohlenstoffspeicherung	t CO ₂ eq/Jahr	11	9	10	- 9%
THG-Emissionen/Produkt Milch	t CO ₂ eq/1000 Liter Milch*Jahr	1.00	0.91	0.84	- 16%
THG-Emissionen/Produkt Ackerbau	t CO ₂ eq/t TM*Jahr	0.25	0.37	0.15	- 40%

Der Betrieb hat folgende sechs in der Zielvereinbarung festgehaltenen und im Rahmen des Ressourcenprojektes unterstützten Massnahmen umgesetzt:

- Züchtung und Herdenführung
- Verbrauchseffiziente Maschinen
- Regelmässige Wartung von Maschinen
- Sicherstellung der Bodenbedeckung
- Einsatz von Pflanzenkohle

Reduktion der Überfahrten und Bodenbelastung und Optimierung der Düngeform und -menge.

Zusätzlich wurden folgende acht nicht finanziell abgegoltenen Massnahmen umgesetzt:

- Flüssigmistsysteme
- Generelle Energieeinsparmassnahmen
- Bündelung von Arbeitsprozessen
- Reduktion der Transportfahrten
- Abfallmanagement
- Reduktion der Bearbeitungsintensität
- Optimierung der räumlichen Nutzungsstrukturen
- Optimierung der Ausbringung und Einarbeitung von Düngemitteln

Für die im Ressourcenprojekt unterstützten und im ACCT abbildbaren Massnahmen wurden basierend auf der Zielvereinbarung im ACCT mögliche Einsparungen simuliert. Diese werden in Tabelle 21 den bilanzierten Emissionen, die im ACCT einer bestimmten Massnahme zugeordnet werden können, gegenübergestellt.

Tabelle 21. Vergleich der bilanzierten Emissionen, die im ACCT einer bestimmten Massnahme zugeordnet werden können, mit den basierend auf der Zielvereinbarung modellierten Emissionen.

Massnahmen	Emissionen in tCO ₂ eq				Modellierung
	Bilanz 2015	Bilanz 2018	Bilanz 2021	Zu-/Abnahme	
B1: Züchtung und Herdenführung	49.3	43.5	20.7	-5.8/-28.6	-3
E4: Verbrauchseffiziente Maschinen	13.9	17.6	15.3	+3.7/+1.4	-1
G2: Bodenbedeckung/Zwischenfrüchte (C-Speicherung)	10.6	8.4	9.5	-2.2/-1.1	0.36
I1: Optimierung der Düngemenge	14.0	8.0	15.1	-6/+1.1	-1.4

Die Emissionen im Bereich der Züchtung und Herdenführung konnten durch die Verbesserung des Managements deutlich mehr als angenommen reduziert werden. In der Modellierung wurde von einer Reduktion des Erstkalbealters von 28 auf 25 Monate und einer Erhöhung der Laktationszahl von 3.04 auf 3.09 ausgegangen. Durch ein entsprechendes Management könnten bei gleicher Anzahl an adulten Milchkühen ein Jungtier weniger pro Jahr gehalten und gemäss Modell 3 tCO₂eq eingespart werden. Effektiv wurde die Anzahl der Milchkühe erhöht und gleichzeitig die Anzahl der Aufzuchttiere deutlich verringert. Die in den vergangenen Jahren erhöhte Anzahl an Jungtieren war der Aufstockung der Milchkühe geschuldet. Da dieser Prozess nun abgeschlossen ist, sind wieder Aufzuchttiere auf dem Betrieb. Der Umstellungsprozess wurde begleitet von einer Steigerung der Laktationszahl und einer Senkung des Erstkalbealters. In 2021 weist der Betrieb sehr niedrige Aufzuchtemissionen aus. Es ist davon auszugehen, dass diese wieder leicht ansteigen, da die Werte unter den berechneten Kalkulationen liegen.

Im Jahr 2015 wurde vom Betriebsleiter ein neuer, verbrauchseffizienter Traktor gekauft. Mit der Annahme eines um 10% reduzierten Gesamtverbrauches an Diesel (-430 Liter) könnten gemäss ACCT 1 tCO₂eq eingespart werden. Der Dieselverbrauch auf dem Hof hat sich allerdings seit der Startbilanzierung nicht reduziert, sondern fiel in den Folgebilanzierungen leicht höher aus. Dies dürfte daran liegen, dass die Zuckerrübe eine dieselintensive Kultur ist.

Die Kohlenstoffspeicherung durch Bodenbedeckung und Zwischenfrüchte sank im Jahr 2021 und 2018 im Vergleich zu 2015, weil in der Fruchtfolge auf weniger Flächen Zwischenfrüchte angebaut wurden (2015: 5 ha, 2018: 1.2 ha, 2021: 3.1ha). In der Modellierung wurde mit einer Sicherstellung der Bodenbedeckung durch Zwischenfrüchte auf zusätzlichen 0.7 ha ausgegangen.

Der Betrieb wendete bereits vor dem Projekt eine schlagbezogene Düngungsplanung an. Entsprechend wurde nur ein geringes Einsparpotenzial durch die Massnahme I1 modelliert. Die Emissionen durch den Einsatz von synthetischen Düngern konnten im Jahr 2018 relativ stark reduziert werden. Im Jahr 2021 hingegen wurde mehr Mineraldünger zugekauft und die Emissionen fielen entsprechend höher aus.

Insgesamt zeigt sich, dass ein grosser Teil der eingesparten Emissionen auf dem Betrieb durch die von Ressourcenprojekt unterstützte Massnahme B1 erreicht werden konnte. Ähnlich wie für den ersten Beispielbetrieb zeigt die wiederholte Bilanzierung, dass die Emissionen in vielen Bereichen zwischen den Jahren schwanken und von den klimatischen Bedingungen der Bilanzierungsjahre abhängen. Dem Betrieb ist es gelungen, die Produktion überproportional zum Ressourceneinsatz zu steigern.

9.7 Kosten und Einnahmen ausgewählter Massnahmen

Tabelle 22 zeigt exemplarisch die Kostenaufstellung für vier ausgewählte Massnahmen. Für jede Massnahme wurden Investitionen (Material, Maschinen, Arbeitsaufwand), laufende Kosten (Arbeitsaufwand, Personalaufwand, Maschinenkosten, Gebäudekosten, Verbrauchsmaterial, Energieaufwand, Transportaufwand, Versicherungen und Verwaltungsaufwand, Faktoraufwand Boden), sowie Finanzierungsmodelle (private Finanzierung, Stiftungen, staatliche Modelle, zusätzliche Direktzahlungen, Einnahmen durch Produkte, Opportunitätserlöse) ermittelt. Nicht berücksichtigt wurden Kosten und Arbeitsaufwände für Weiterbildungen und Beratungen, die gegebenenfalls nötig sind, um für die Betriebsleiter/innen das für die Umsetzung nötige Know-How zu erwerben. Dies sollte in zukünftigen Erhebungen zwingend berücksichtigt werden.

Tabelle 22. Kosten und Einnahmen ausgewählter Massnahmen. Die zweite Spalte zeigt einmalige Investitionen (in CHF) und die dritte Spalte laufende Kosten (in CHF/Jahr). In den Betriebskosten enthalten sind Personalaufwände und Betriebsaufwände. Netto-Kosten sind rot, Netto-Gewinne grün markiert.

Massnahme	Klimafreundliche Fütterungszusammensetzung		
Beschreibung	Verbesserung der Fütterungsmenge und -zusammensetzung: Sojaschrot wird durch Maisgluten und Rapssamenschrot ersetzt		
Kosten/Einnahmen	CHF	CHF/Jahr	Bemerkungen
Investitionen			
Betriebskosten		1'500	Fütterungsanalyse, Interpretation von Milchproben, Beratung
Einmalige Finanzhilfen			
Jährliche Einnahmen		13'000	Jährliche Zahlungen von 4'000 CHF von AgroCO ₂ ncept (bis 2021); jährlicher Opportunitätsgewinn von 9'000 CHF (Kostensparnis bei Kraftfutter)
Gesamtkosten		-11'500	-7'500 ohne Projektzahlungen
Massnahme	Sicherstellung der Bodenbedeckung		
Beschreibung	Zwischenfrüchte, Untersaaten		
Kosten/Einnahmen	CHF	CHF/Jahr	Bemerkungen
Investitionen			
Betriebskosten		750	Kosten für Saatgut
Einmalige Finanzhilfen			
Jährliche Einnahmen		750	Zahlungen von AgroCO ₂ ncept (bis 2021)
Gesamtkosten		0	750 ohne Projektzahlungen
Massnahme	Photovoltaikanlage		
Beschreibung	Photovoltaikanlage 29 kWh auf Stalldach für den Eigenbedarf		
Kosten/Einnahmen	CHF	CHF/Jahr	Bemerkungen
Investitionen	58'300		Photovoltaikanlage

Betriebskosten		500	Reinigung, Kontrolle
Einmalige Finanzhilfen	15'700		Staatliche Finanzhilfe (KEV)
Jährliche Einnahmen		3'350	Jährliche Einsparungen durch eigene Stromproduktion
Gesamtkosten	42'600	-2'850	Amortisation der Anlage: 15 Jahre
Massnahme	Herdenmanagement		
Beschreibung	Verwendung spezifischer Spermien zur Verbesserung der Rinderge-sundheit und zur Erhöhung der Laktationszahl		
Kosten/Einnahmen	CHF	CHF/Jahr	Bemerkungen
Investitionen			
Betriebskosten		320	Planungsarbeiten
Einmalige Finanzhilfen			
Jährliche Einnahmen		320	Zahlungen von AgroCO ₂ ncept (bis 2021); längerfristige finanzielle Gewinne aufgrund niedrigerer Veterinärkosten erwartet
Gesamtkosten		0	320 ohne Projektzahlungen, erwarteter längerfristiger Nutzen

9.8 Strategien für mehr Resilienz auf zwei Beispielbetrieben

Beispielbetrieb 1

Der erste Beispielbetrieb bewirtschaftet 42 ha landwirtschaftliche Nutzfläche, davon 33 ha Ackerkulturen, und hält 75 Milchkühe und 50 Jungtiere. Im ehemaligen Rhein-Schwemmgebiet gelegen, weist er sehr fruchtbare, aber schnell austrocknende, erosionsanfällige Böden auf. Entsprechend ist ein Grossteil des Ackerlands mit einem Rollo-mat-Bewässerungssystem ausgerüstet. Im sehr trockenen Jahr 2018 mussten die Flächen, insbesondere die Kartoffeln und Futterflächen für die Tiere, drei Monate durch-bewässert werden. Um die Verdunstung und den Wasserverbrauch zu minimieren, be-wässert der Betrieb nur nachts, was häufiges Aufstehen, Umstellen der Anlagen und zusätzlichen Stromverbrauch mit sich zieht. Um möglichst bedarfsgerecht zu bewäs-sern, arbeitet der Betrieb bei den Kartoffeln mit Bodensonden, welche die Restfeuch-tigkeit messen. Zusammen mit dem entwicklungsbedingten Wasserbedarf lässt sich daraus der ideale Zeitpunkt und die benötigte Menge der Bewässerung ermitteln. Als weitere Anpassungsmassnahme wird auf Flächen, die nicht bewässert werden können, Luzerne als Viehfutter angebaut. Die tiefwurzeln-de Pflanze kann Wasser in tieferen Bodenschichten anzapfen und als Leguminose braucht sie keinen Stickstoffdünger. Neu arbeitet der Betrieb auch mit Sorghumhirse als Futterpflanze, ein aus Afrika stammendes Grasgewächs mit hoher Trockenheitstoleranz. Möglichst auf allen Kulturen wird rund eine Tonne Pflanzenkohle pro Hektare ausgebracht. Diese speichert Wasser und Nährstoffe, macht sie bei Bedarf wieder pflanzenverfügbar und trägt zur Humusbildung bei. Um die Erosion zu vermeiden und den Humusaufbau zu fördern, wird der Boden

im Winter mit Gründüngung geschützt. Zusätzlich wird zum Schutz des Bodens statt Einzeldünger Volldünger eingesetzt, so dass die Anzahl Fahrten auf den Feldern reduziert wird.

Diese Anpassungsmassnahmen widerspiegeln sich teilweise auch in einer verbesserten Treibhausgasbilanz. Durch die Bewässerung haben sich der Strom- und Wasserverbrauch und damit verbundene Emissionen zwar erhöht, allerdings haben die vielen ackerbaulichen Massnahmen auch die Erträge gesteigert. So konnte der Betrieb die Emissionen pro Tonne Trockensubstanz zwischen 2015 und 2021 um 8% reduzieren. Die Gründüngung und der Ausbau des Zwischenfruchtanbaus erhöhen zudem die Kohlenstoffspeicherung auf dem Betrieb im Modell um 9t CO₂eq, bzw. um fast 40% im Vergleich zu 2015. Diese Abschätzungen sind allerdings mit relativ grossen Unsicherheiten behaftet (vgl. Kapitel 2.3, 5.1.1).

Beispielbetrieb 2

Der zweite Beispielbetrieb bewirtschaftet 33 Hektaren Land und hält zwölf Aufzuchtrinder, zwei Ammenkühe und sechs Bioweidebeef-Rinder. Zur Reduktion der Emissionen in der Tierhaltung werden verschiedene Massnahmen kombiniert. Alle drei bis vier Tage wird Pflanzenkohle unter das Futter gemischt (ca. 40 Gramm pro Tier). Dadurch wird laut Aussage des Betriebsleiters die Rauffutterverwertung und Gesundheit der Tiere verbessert. Ausserdem durchläuft die Pflanzenkohle den Verdauungsvorgang der Kuh und wird nährstoffgeladen wieder ausgeschieden. Kombiniert mit der Einstreu und der Gülle ergibt sich ein guter Dünger. Das Ammonium bleibt gebunden und es gibt geringere Nitratverluste. Auf Kraftfutter wird in der Fütterung verzichtet. Meist sind die Tiere auf der Weide, ansonsten werden Raufutter und Ernteabfälle verfüttert. Entsprechend ist der Tierbestand standortangepasst und das Zukaufen von Futter entfällt. Auch im trockenen und heissen Jahr 2018 mussten keine zusätzlichen Futtermittel gekauft werden.

Insgesamt steigern diese Massnahmen nicht nur die Resilienz des Betriebes in klimatischen Ausnahmejahren, sondern senken auch die Emissionen und Kosten. Der bereits zuvor vorhandene geringe Zukauf von synthetischem Dünger und entsprechende Emissionen konnte zwischen 2015 und 2021 um weitere 18% reduziert werden. Auch die indirekten und direkten Emissionen der Böden haben sich durch die Massnahmen um 46% reduziert.