

Ressourcenprojekt «Einzelbetriebliche Stickstoff-Effizienz steigern und N-Verlustrisiko reduzieren» Kanton Zürich

Schlussbericht



Zürich, Lindau und Brugg, 30. September 2024

Titelseite: Am Ressourcenprojekt beteiligte Betriebsleitende (Bilder Agrofutura AG)

Autorinnen und Autoren

Franziska Akert, HAFL

Serge Braun, Strickhof

Beat Reidy, HAFL

Annelies Uebersax, Agrofutura (Ansprechperson für BLW)

Daniel Widmer, Strickhof

Katharina Zeller-Dorn, HAFL

Tel. A. Uebersax: 056 500 10 81

Projektleiter, Ansprechperson für das BLW

Andreas Rüsch, ab 1.2. 2023 Thomas Rilko

Strickhof

8315 Lindau

Thomas.rilko@strickhof.ch

058 105 99 51

Vertreter/-innen der Projektträgerschaft:

Beat Furrer, ALN; Andreas Buri, ZBV; Samuel Gerber, AWEL; Martina Rösch, AWEL; Martin Haab, ZBV

Dank

Ein grosser Dank geht an die am Projekt beteiligten Landwirtinnen und Landwirte für die aktive Mitarbeit und die Lieferung umfangreicher Daten.

Ein herzlicher Dank auch an die Mitarbeitenden der HAFL ausserhalb des Projektteams für die wertvolle Unterstützung bei der Bearbeitung und Interpretation der Daten.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	6
1. Zusammenstellung der erfolgten Arbeiten 2023.....	7
2. Umsetzung der technischen, organisatorischen oder strukturellen Neuerungen	7
3. Umgesetzte Massnahmen im Bereich Beratung	8
4. Umgesetzte Massnahmen im Bereich Information und Kommunikation	9
5. Ergebnisse der Umsetzungskontrolle im letzten Projektjahr.....	10
6. Wirkungsmonitoring und wissenschaftliche Begleitung.....	10
6.1 Material und Methoden	10
6.2 Resultate und Schlussfolgerungen.....	14
7. Kosten und Beiträge.....	43
8. Beurteilung des Standes der Umsetzung und der Zielerreichung	43
8.1 Erreichung der quantitativen Wirkungsziele.....	43
8.2 Erreichen der Lernziele	44
9. Fazit über das ganze Projekt.....	45
9.1 Was lief gut	45
9.2 Was lief weniger gut	45
9.3 Weshalb wurden die Ziele erreicht	46
9.4 Empfehlungen zuhanden des Bundesamtes für die Landwirtschaft (BLW)	46
10. Bildergalerie	48
11. Literaturverzeichnis	49
12. Anhang	51
Anhang 1: Gründe, welche Betriebe an der Teilnahme am Projekt hinderten	51
Anhang 2: Methodik der Hoftorbilanz.....	51
Anhang 3: Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung	52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellungen der Input- und Outputkategorien für die Basis und Massnahmenjahre nach Betriebstypen.	16
Abbildung 2: Veränderung des mittleren N-Saldos (kg N/ha DF) je Betrieb (n=19) für die Basis- und Massnahmenjahre, hellblau=Milchvieh Grasland, violett=Milchvieh Ackerbau und orange=Veredelungsbetriebe.	18
Abbildung 3: Entwicklung der N-Effizienz je Betriebstyp (Mittelwert der Basisjahre 2015-2017, Massnahmenjahre 2019-2023 einzeln). Die Veredelungsbetriebe haben erst ab 2020 Massnahmen umgesetzt.	18
Abbildung 4: Entwicklung des N-Saldo je Betriebstyp (Mittelwert der Basisjahre 2015-2017, Massnahmenjahre 2019-2023 einzeln). Die Veredelungsbetriebe haben erst ab 2020 vollständig Massnahmen umgesetzt.	18
Abbildung 5: Dargestellt ist das Verhältnis des jährlichen N-Saldos (kg N/ha DF) zum N-Output (kg N/ha DF) für die 19 Betriebe im Mittel der Basisjahre (2015-2017) und im Mittel der Massnahmenjahre (2019-2022), hellblau = Milchvieh Grasland, violett = Milchvieh Ackerbau und orange = Veredelungsbetriebe.	19
Abbildung 6: Zielwerte (= gelb markierter Bereich) nach Quemada et al. (2020) für die Betriebe mit Milchvieh (Ackerbau und Grasland gemischt). Die grau gefüllten Kreise stellen jeweils den Mittelwert eines Betriebs für die Basisjahre dar und die hellblau gefüllten Kreise stellen den Mittelwert eines Betriebs für die Massnahmenjahre dar.	20
Abbildung 7: Zielwerte (= gelb markierter Bereich) nach Quemada et al. (2020) für die Veredelungsbetriebe. Die grau gefüllten Kreise repräsentieren den Mittelwert eines Betriebs für die Basisjahre, während die hellblau gefüllten Kreise den Mittelwert eines Betriebs für die Massnahmenjahre darstellen.	21
Abbildung 8: N-Saldo (kg N/ha LN) aus der Hoftorbilanz und mit Agrammon berechnete NH ₃ -Emissionen (kg N/ha LN) für die Jahre 2017 (Basisjahr) und 2023 (Massnahmenjahr)	26
Abbildung 9: Zusammenhang zwischen N-Input durch Kraftfutter und N-Saldo für die 11 Milchviehbetriebe nach Typ und Umsetzung von Massnahmen (grau = Basis und hellblau = Massnahmenjahre).	27
Abbildung 10: Zusammenhang zwischen N-Input durch Mineraldünger zu N-Saldo für alle 19 Betriebe nach Typ und Umsetzung von Massnahmen (grau = Basis und hellblau = Massnahmenjahre).	28
Abbildung 11: Dargestellt sind nach Betriebstyp die Mittelwerte des Milchharnstoffs, des Milchfett- und des Milcheiweissgehalts in grau für die Basis- und in hellblau für die Massnahmenjahre.	29
Abbildung 12: Mittlere Milchharnstoffwerte über alle Projektbetriebe (dunkelgrau gepunktete Linie) und Betriebe der Plattform «Benchmark Milchharnstoff» des Kantons Zürich (hellgrau, durchgezogene Linie) für die Jahre 2019, 2020 und 2021.	30
Abbildung 13: Darstellung der Jahresmilchmenge in kg ECM (energiekorrigierter Milch) und eingesetzten Kraftfuttermenge in kg Frischsubstanz pro Kuh und Jahr (grau = Mittelwert der Basisjahre, blau = Mittelwert der Massnahmenjahre).	30
Abbildung 14: Darstellung der Jahresmilchmenge in kg ECM (energiekorrigierter Milch) und des verfütterten Rohproteins in kg RP pro Kuh und Jahr (grau = Mittelwert der Basisjahre, blau = Mittelwert der Massnahmenjahre).	31
Abbildung 15: Getreideerträge in dt/ha FS über alle Jahre. 2015-2017 sind Basisjahre (grau), 2019 bis 2023 sind Massnahmenjahre (hellblau).	32
Abbildung 16: Mit dem Agrammon-Modell berechneter Stickstoff (N) der Betriebe, der für die Düngung eingesetzt werden kann. In der Berechnung inbegriffen sind Hofdüngerzu- und wegführen.	34
Abbildung 17: Zusammenhang zwischen dem Deckungsgrad der Suisse-Bilanz (%) und dem N-Saldo der Hoftorbilanzen (kg N/ha LN). Dargestellt sind die Mittelwerte pro Betrieb für die Basis- und Massnahmenjahre. Die orange Linie zeigt den Deckungsgrad der Suisse-Bilanz von 100 % an, der ab 2024 eingehalten werden muss.	38
Abbildung 18: Prozentualer Anteil an Ja-Antworten der 19 Betriebsleitenden auf die Frage nach den Stärken der Hoftorbilanz und Suisse-Bilanz.	39

Abbildung 19 : Prozentualer Anteil an Ja-Antworten der 19 Betriebsleitenden auf die Frage nach den Schwächen der Hoftorbilanz und Suisse-Bilanz	39
Abbildung 20 : Prozentualer Anteil der Antworten von 19 Betriebsleitenden auf die Frage: «Für welche Nährstoffbilanz als politisches Vollzugsinstrument der Direktzahlungsverordnung, würdest du dich entscheiden?».....	40
Abbildung 21 : Prozentualer Anteil der Antworten von 19 Betriebsleitenden auf die Frage: «Hilft dir die Bilanzierung die Ziele des Absenkpfeils zu erreichen?»	41
Abbildung 22: Prozentualer Anteil der Antworten von 19 Betriebsleitenden auf die Frage: «Wie beurteilst du die Höhe der Projektbeiträge?»	42
Abbildung 23: Prozentualer Anteil der Antworten von 19 Betriebsleitenden auf die Frage: «Wie stehen die Beiträge im Verhältnis zu den eventuell entstandenen Mehrkosten/Ertragseinbussen auf deinem Betrieb?» ..	42
Abbildung 24: Prozentualer Anteil der Antworten von 19 Betriebsleitenden auf die Frage: «Hat sich durch die Teilnahme am N-Effizienzprojekt deine Betriebsstrategie oder persönliche Einstellung verändert?»	42

Zusammenfassung

Um die im Bereich Stickstoff (N) definierten Umweltziele für die schweizerische Landwirtschaft erreichen zu können, müssten die N-Emissionen um ein Drittel gegenüber den Jahren 2014-2016 sinken. Mit dem Absenkpfad Nährstoffe soll eine Reduktion der Stickstoffverluste um -15 % bis im Jahr 2030 als Zwischenziel erfolgen. Die Suisse-Bilanz wird seit Längerem in ihrer Wirkung bezüglich der Reduktion von N-Überschüssen hinterfragt. Eine erste bereits beschlossene Massnahme im Rahmen der parlamentarischen Initiative 19.475 besteht deshalb in der Streichung des Fehler- bzw. Toleranzbereichs (10 %) der Suisse Bilanz.

Im Ressourcenprojekt «Einzelbetriebliche Stickstoff-Effizienz steigern und N-Verlustrisiko reduzieren» wurde ein Ansatz auf Einzelbetriebsebene gewählt, um die Wirksamkeit von Massnahmen zur Steigerung der N-Effizienz und zur Reduktion von N-Überschüssen über einen Zeitraum von sechs Jahren zu prüfen. Zudem sollte die Methode der Hoftorbilanz, die in den europäischen Nachbarländern eingesetzt wird, auf schweizerischen Betrieben angewendet werden.

Insgesamt nahmen 19 Betriebe der drei Betriebstypen «Milchvieh Grasland» (6 Betriebe), «Milchvieh Ackerbau» (5 Betriebe) und «Veredelung» (8 Betriebe) am Projekt teil. Die Hoftorbilanz wurde jährlich während der Massnahmenumsetzung (2018-2023) berechnet, die Ergebnisse wurden mit dem Mittelwert der vorgängig berechneten Basisjahre (2015-2017) verglichen. Als gewichtige N-Zufuhren wurden Kraftfutter respektive Schweine-/Geflügelfutter und Mineraldünger erkannt. Auf dieser Grundlage konnten die für die Betriebe passenden Massnahmen ausgewählt werden. Alle tierhaltenden Betriebe optimierten die Fütterung, um die Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln zu reduzieren. Auf den Ackerbaubetrieben wurden die Düngungspläne, mit dem Ziel eines effizienteren N-Einsatzes, überarbeitet. Zur Optimierung des N-Einsatzes wurden zudem regelmässig Hofdünger-, Grundfutter-, Ernteprodukt- und Nmin-Analysen durchgeführt.

Unterschiedliche Ausrichtungen der überwiegend gemischten Betriebe sowie Jahreseinflüsse wie die Witterung führten zu einer starken Datenstreuung.

Während der N-Output tendenziell bei allen Betriebstypen auf vergleichbarem Niveau blieb, konnte der N-Input bei den «Milchvieh Grasland» Betrieben signifikant verringert werden ($p = 0.002$), bei den beiden anderen Betriebstypen gab es keine signifikanten Unterschiede ($p > 0.05$). Das im Projekt definierte Ziel der N-Effizienzsteigerung (+5 % «Milchvieh Grasland», +10 % übrige Betriebe) erreichten sieben der 19 Betriebe. Die Betriebe der Gruppen «Milchvieh Grasland» und «Veredelung» steigerten ihre N-Effizienz signifikant im Mittel von 39 auf 50 % ($p < 0.001$) respektive von 66 auf 72 % ($p = 0.001$). Das Ziel der N-Überschussreduktion (N-Saldo: -5 % «Milchvieh Grasland», -10 % übrige Betriebe) erreichten 17 der 19 Betriebe. Der N-Saldo wurde auf den Betrieben «Milchvieh Grasland» im Durchschnitt von 156 auf 101 kg N/ha DF ($p < 0.001$) reduziert und auf den Betrieben «Veredelung» von 144 auf 114 kg N/ha DF ($p < 0.001$). Bei den Betrieben «Milchvieh Ackerbau» gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Basis- und Massnahmenjahren.

Die Resultate zeigen, dass eine verbesserte N-Nutzung auf den Landwirtschaftsbetrieben möglich ist. Optimierungen in den Bereichen Fütterung und Düngung und die damit verbundene tiefere N-Zufuhr erwiesen sich als wirksame Massnahmen zur Reduktion der N-Überschüsse. Mit der Methode «Hoftorbilanz» kann die Nährstoffsituation auf den Betrieben realistisch abgebildet werden, der N-Saldo stellt dazu eine aussagekräftige Grösse zur Beurteilung der potenziellen N-Verluste dar.

1. Zusammenstellung der erfolgten Arbeiten 2023

Wissenstransfer / Kommunikation Fütterung

2023 fand am Strickhof ein Anlass zu digitalen Düngungstechniken wie z.B. Ertragskartierungen oder GPS-Einsatz statt.

2023 wurden alle Betriebe besucht und im Hinblick auf Antworten auf die Lernfragen interviewt.

Auf der Basis der Buchhaltungen von sieben Betrieben wurden Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit von Massnahmen zur Steigerung der N-Effizienz gemacht.

Im März 2024 fand am Strickhof ein Workshop zum Thema Fütterung statt. 15 der 19 Betriebsleitenden nahmen gemeinsam mit ausgewählten Gästen teil. Fachpersonen der HAFL haben neueste Ergebnisse und Erkenntnisse zur Fütterung von Milchvieh (Stefan Probst), Schweinen (Peter Spring) und Geflügel (Jan Kocher) präsentiert und diese mit den Teilnehmenden diskutiert. Insbesondere das Potenzial sowie die Möglichkeiten und Grenzen pansengeschützter Aminosäuren stiessen bei den Teilnehmenden auf Interesse und lösten Fragen aus (s. Kapitel 4).

Demoanlass emissionsarme Gülleausbringung

Im August 2023 führten verschiedene Lohnunternehmen in Niederwil ZH auf einem Projektbetrieb Geräte zur emissionsarmen Gülleausbringung vor: Güllegrubber, Schleppschuhgeräte, Gülledrill (s. Kapitel 4). Der Anlass war gut besucht.

Entwicklung Benchmark N gemeinsam mit der Plattform Nährstoffe des Schweizer Bauernverbands

Die Projektleitung wurde von der Plattform Nährstoffe des Schweizer Bauernverbands (SBV) kontaktiert. Sowohl die wissenschaftliche Begleitung des Ressourcenprojekts N-Effizienz als auch der SVB möchten einen Benchmark N entwickeln, um den Betrieben ein Instrument zur Verbesserung der N-Ausnutzung aus den Hofdüngern, zur Optimierung des N-Einsatzes und zur Reduktion des Mineraldüngereinsatzes zur Verfügung zu stellen und damit einen Beitrag zum Absenkpfad Nährstoffe zu ermöglichen. Es wurde beschlossen, in den letzten beiden Projektjahren 2024 und 2025 mit der Entwicklung der Methodik zur Berechnung des Benchmarks N mit der Plattform Nährstoffe des SBV zu kooperieren. Die Programmierung eines Benchmarks ist nicht Gegenstand der Arbeiten im Rahmen des Ressourcenprojekts.

Beratung

Die Projektbetriebe wurden auch 2023 (wie während der gesamten Projektzeit) durch den Strickhof nach Bedarf beraten.

2. Umsetzung der technischen, organisatorischen oder strukturellen Neuerungen

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die umgesetzten Massnahmen und die Beteiligung der Betriebe. Planungsmaßnahmen (Fütterungsplanung, Planung der Hofdüngergaben, Düngungsplanung) sind die Basis für ein gutes Verständnis der Nährstoffsituation eines Betriebes und für die Beratungsgespräche. Basierend auf den Planungen wurden betriebsspezifische Optimierungsmöglichkeiten eruiert und Massnahmen zur besseren N-Nutzung abgeleitet. Die meisten Betriebe haben von der Möglichkeit, Hofdüngermanalysen Gebrauch gemacht. Dies entweder mit Analysen durch ein Labor (Ibu) oder mit dem Quantofix-Schnelltest. Die Milchviehbetriebe liessen auch ihre Raufutterqualität untersuchen (von einem durch die HAFL vermittelten Labor).

Tabelle 1: Massnahmenbereiche, Massnahmen und Anzahl Betriebe, welche die Massnahme während der Projektdauer umgesetzt haben

Bereich	Neuerung	Betriebe
Fütterung Milchvieh und Futterbau optimieren	Fütterungsplanung / Reduktion von N aus betriebsfremden Futtermitteln (anderes Kraftfutter, weniger Kraftfutter)	19
	Anbau trockenheitstoleranter Luzerne für stabile Futtererträge	1
	Optimierung Futterbau (andere Mischungen, Übersaaten)	3
N-Wirkung Hofdünger verbessern	Planung Hofdüngergaben	19
	Hofdüngereanalysen	17
	Kotband häufiger entmisten	1
	Optimierung von Haltung und Management der Nutztiere	3
	Gülleseparierung	2
	Einsatz Schleppschuhgeräte	1
	Reduktion Hofdüngierzufuhr	1
	Gülleseparierung	2
	Einsatz Nitrifikationshemmer	5
	Vergärung der Hofdünger in einer Biogasanlage	2
N-Wirkung Mineraldünger erhöhen	Einsatz Parallelfahrssysteme / Section Control	2
	Düngungsplanung/Reduktion Mineraldüngierzufuhr	11
	Nmin-Analysen	5
Pflanzenbauliche Massnahmen	Einsaaten	1
	Optimierung der Fruchtfolge	3
Innovative Massnahmen	Pouletmist in eine Biogasanlage bringen und Gärgülle zurücknehmen für bessere N-Verfügbarkeit im Hofdünger.	1

3. Umgesetzte Massnahmen im Bereich Beratung

Demoanlass emissionsarme Gülleausbringung

Der Anlass fand am 6. Juli 2023 auf einem Projektbetrieb in Niederwil ZH statt. Es nahmen 30 Personen teil. Folgende Ausbringverfahren wurden von verschiedenen Lohnunternehmen durchgeführt:

- Gülledrill (Jörg Schönholzer)
- Schleppschuh (Haffa Maschinenbetrieb)
- Gülle eingrubbern (Peter Briner AG)
- Gülle einarbeiten mit Federzinkenegge (Eigenbau, Häckselkette Wittwer AG)

Das Programm wurde zusammen mit dem Verband Schweizer Lohnunternehmer erarbeitet. Das Festlegen eines definitiven Termins bei der Planung entpuppte sich als Herausforderung (Zeitpunkt Ernte und Wetter noch nicht bekannt). Nach einer Vorankündigung per E-Mail wurde auf Anraten von Lohnunternehmer Schweiz das Datum des Anlasses kurzfristig via SMS-Nachricht verschickt. Dieses Vorgehen wurde von den Teilnehmenden gut aufgenommen.

Es wurde ein kurzes Video mit Impressionen zum Anlass gedreht. Der Link zum Video wurde an alle N-Effizienz-Betriebe sowie Projektinvolvierte versendet und im Zürcher Bauer (Nr. 30/31 vom 04.08.23) erschien ein Hinweis zum Anlass inklusive QR-Code zum Video.

Das Video ist auf dem [Agrofutura Youtube-Kanal](#) öffentlich zugänglich und erzielte vom 10.07. bis 13.12.23 **2118 Klicks**.

Einzelberatungen

Je nach Bedarf hat der Strickhof Düngungspläne aktualisiert und Massnahmen diskutiert und auf die betrieblichen Situationen angepasst. Ein Betrieb, der ein Neubau des Schweinstalls mit Ammoniakreduktionsmassnahmen vorsieht (Kot-Harn-Trennung bei Schweinen mit biologischer Güllestabilisierung) wurde fachlich im Baubewilligungsprozess begleitet.

4. Umgesetzte Massnahmen im Bereich Information und Kommunikation

Workshop Fütterung

Stefan Probst, Dozent für Tierernährung an der HAFL, zeigte auf, dass eine hohe N-Effizienz über den gesamten Betrieb am effektivsten gelingt, wenn gar nicht erst unnötig viel N in den landwirtschaftlichen Kreislauf gebracht wird. Bei der Milchkuh lässt sich dies besonders gut via Milchwahstoffwert messen. Der Milchwahstoffwert korreliert mit der Proteinfütterung. Rund ein Drittel des verfütterten Proteins wird unverdaut ausgeschieden, ein Drittel wird in Form von Harnstoff ausgeschieden und ein Drittel ist in der Milch enthalten. Hohe Milchwahstoffwerte bedeuten, dass viel überschüssiger N vorhanden ist. Dieser wird mit dem Harn ausgeschieden und geht zu einem grossen Teil in Form von Ammoniak verloren. Hohe Harnstoffwerte sind negativ für die Fruchtbarkeit, tiefe Werte dagegen schaden dem Tier nicht. Basierend auf diesen Grundlagen ging Stefan Probst spezifisch auf den Einsatz pansen geschützter Aminosäuren ein. Die gezielte Zugabe von Lysin und Methionin können die Ammoniakverluste um 7 % reduzieren und die Milchwahstoffwerte deutlich reduzieren. Dies ohne signifikante Reduktion der Milchleistung.

Peter Spring, Dozent für Schweine- und Geflügelfütterung an der HAFL, zeigt auf, dass die N-Effizienz in der Schweinehaltung grösser ist als bei Milchkuhen, sofern möglichst alle Teile des Tieres als Lebensmittel verwertet werden. Im Bereich der Ausmastphase sieht Spring noch Potential. In diesem Mastabschnitt wird am meisten Futter eingesetzt. Meist werden bereits jetzt vier synthetisch hergestellte Aminosäuren zugegeben. Weitere Aminosäuren werden die Fütterung ergänzen, wodurch der Rohproteingehalt im Futter noch weiter reduziert werden kann.

Jan Kocher, Geflügelspezialist vom Aviforum, betonte, dass bei Geflügel nährstoffreduzierte Futtermittel an der Tagesordnung sind. Aktuelle Versuche zeigen bei Legehennen ab der 40. bis 50. Alterswoche Potential zur weiteren Reduktion des Futter-Rohproteingehaltes auf 12 %. Dafür muss das Futter mit weiteren Aminosäuren ergänzt werden.

In der anschliessend rege geführten Gruppendiskussion standen die Aminosäuren im Fokus. Die Verfügbarkeit von Aminosäuren ist nicht konstant gewährleistet, da diese vor allem in Asien hergestellt werden und es zu Lieferkettenunterbrüchen kommen kann, wie die Zeit der Coronapandemie zeigte. Zudem schwanken die Preise stark, je nachdem, wie hoch die Nachfrage im asiatischen Raum ist. Entsprechend ist die Optimierung der Fütterung auf der Basis von Aminosäuren aktuell nicht immer wirtschaftlich. Zudem wiesen die Experten darauf hin, dass die Tiergesundheit einer der wichtigsten Faktoren sei. Gesunde Tiere seien grundsätzlich wirtschaftlicher.

Ein Betriebsleiter hat seine Fütterungsstrategie bei Projektbeginn radikal umgestellt: Er verzichtet auf die bisherige Zufuhr von Raps- und Sojaschrot für die Milchviehfütterung. Eine Kraftfuttermischung, bestehend aus Getreide und Ackerbohnen, wird auf dem Betrieb produziert. Der Betrieb senkte den durchschnittlichen jährlichen Milchwahstoffwert von 32 auf unter 20 mg/dl Milch. Die Milchleistung sank um rund 15 %, Fett- und Eiweissgehalt blieben unverändert. Der Betrieb steigerte die gesamtbetriebliche N-Effizienz um rund 150 % und reduzierte die N-Überschüsse, und damit das Stickstoff-Verlustrisiko, um 60 bis 70 kg pro ha düngbare Fläche. Die Projektbeiträge und die wesentlich tieferen Tierarztkosten konnten den Ertragsausfall aber mehr als kompensieren. Neben der Fütterungsmassnahme setzte der Betriebsleiter eine Massnahme in der Düngungsplanung um, indem er in den Massnahmenjahren ca. 60 % weniger N aus Mineraldünger als in den Basisjahren verwendete.

Betriebsporträts von Praktiker für Praktiker

Im Jahr 2023 wurden drei Betriebsporträts inklusive Videos erstellt:

- Porträt 1: Milchvieh-Grünlandbetrieb, Marco Zollinger, Urdorf
- Porträt 2: Milchvieh-Ackerbaubetrieb, Michael Frey Zwillikon
- Porträt 3: Legehennen-Ackerbaubetrieb, Marc Peter, Wiesendangen

Die drei Praktiker erzählen, mit welchen Massnahmen sie N-Effizienz bei sich auf den Betrieben steigerten. Dabei thematisieren sie, was gut, was allenfalls weniger gut läuft, und wo sie noch Steigerungspotenzial sehen.

Die Porträts inklusive Videos sind prominent auf [Agripedia](#) → Praxisbeispiele aufgeschaltet. Die Videos wurden in Zusammenarbeit mit dem Zürcher Bauernverband (Film, Schnitt) produziert. Ausserdem sind die Videos auch auf dem [YouTube-Kanal der Agrofutura](#) öffentlich zugänglich

- Die Videos erzielten folgende Klickzahlen (bis 13.12.2023):
- Porträt 1 (Veröffentlichung 15.09.23): Agripedia 184, YouTube Agrofutura 587
- Porträt 2 (Veröffentlichung 01.11.23): Agripedia 282, YouTube Agrofutura 3195
- Porträt 3 (Veröffentlichung 17.11.23): Agripedia 73, YouTube Agrofutura 218
- Die Agripedia-Seiten mit den Porträts wurden insgesamt 237-mal aufgerufen.

Ende November wurde in Zusammenarbeit mit AGRIDEA, dem Zürcher Bauernverband und dem Strickhof eine Social-Media-Kampagne lanciert, in der mit kurzen Video-Statements auf die drei Porträts aufmerksam gemacht wurde. Ausserdem wurde im [E-Agil](#) (Bulletin der Beratung im ländlichen Raum, AGRIDEA) auf die Videos aufmerksam gemacht.

Im April 2024 erschien ein Artikel zum Fütterungsworkshop im Zürcher Bauer.

5. Ergebnisse der Umsetzungskontrolle im letzten Projektjahr

Im Verlauf der gesamten Projektdauer wurde die Umsetzung der Massnahmen auf jedem Betrieb zweimal von Agrocontrol kontrolliert. Diese Kontrollen wurden 2022 abgeschlossen, 2023 fanden keine mehr statt.

Im Rahmen der Hoftorbilanzrechnungen holte die HAFL jedes Jahr umfangreiche Daten bei den Betrieben ein und übte so auch eine gewisse Überprüfungsfunktion aus. Alle Betriebe haben jedes Jahr die benötigten Daten vollumfänglich geliefert.

6. Wirkungsmonitoring und wissenschaftliche Begleitung

6.1 Material und Methoden

Betriebe und Massnahmen

Das Projekt wurde mit insgesamt 19 Betrieben durchgeführt. Die Auswahl der Betriebe erfolgte anhand der im Projektantrag definierten Auswahlkriterien. Die Mindestgrösse von Projektbetrieben wurde auf 25 ha LN festgelegt. Bio-Betriebe wurden von der Teilnahme ausgeschlossen. Anschliessend erfolgte die Einteilung aller Zürcher Betriebe nach der Betriebstypologie der Zentralen Auswertung 2015 (Hoop & Schmid, 2016). Alle Betriebe der drei relevanten Betriebstypen wurden per E-Mail angeschrieben, die Betriebe konnten sich bei Interesse für die Teilnahme melden. Da zu wenige Meldungen eingingen, wurden Betriebe aktiv telefonisch rekrutiert. Schliesslich konnten sechs Betriebe des Typs «Milchvieh Grasland» (max. 25% OA an LN, über 75% der GVE sind Rindvieh-GVE), fünf Betriebe des Typs «Milchvieh Ackerbau» (mind. 40% OA an LN, über 75% der GVE sind Rindvieh-GVE) und acht Betriebe des Typs «Veredelung» (über 50% der GVE sind Schweine- oder Geflügel-GVE) rekrutiert werden. Die einzelnen Betriebstypen unterschieden sich in Bezug auf die Flächennutzung und den Tierbesatz (Tabelle 2).

Tabelle 2: Mittelwerte verschiedener Betriebskennzahlen für die Basis- und Massnahmenjahre nach Betriebstyp

Kennzahl	Betriebstyp Milchvieh Ackerbau (n=5)		Milchvieh Grasland (n=6)		Veredelung (n=8)	
	Basis	Massnahme	Basis	Massnahme	Basis	Massnahme
LN (ha)	45	48	48	53	31	34
DF (ha)	40	42	42	45	28	29
Offene Ackerfläche (ha)	19	21	6	7	17	16
GVE gesamt	59	63	66	69	88	91
GVE Rinder	59	63	61	64	43	42
GVE Schweine Geflügel	0	0	28	30	72	74
GVE pro ha LN	1.4	1.5	1.5	1.4	2.8	2.8
Jahresmilchleistung (kg ECM)*	8'823	8'849	7'865	8'230	6'819	6'915
Kraftfutter (kg pro Kuh und Jahr)	1'273	1'317	1'142	1'027	843	899

*In der Berechnung der durchschnittlichen Milchleistung sind drei Betriebe ohne Zugehörigkeit zu einem Zuchtverband nicht berücksichtigt.

Das Projekt startete 2018 mit der einzelbetrieblichen Berechnung der jährlichen Hoftorbilanzen für die Basisjahre 2015 bis 2017. Das Mittel dieser drei Basisjahre diente als Referenzwert für die zu vergleichenden Parameter. Die jährlichen Hoftorbilanzen der Jahre 2019 bis 2023 werden als Hoftorbilanzen der Massnahmenjahre bezeichnet. Sieben Betriebe starteten 2019 mit der Massnahmenumsetzung, 12 Betriebe im Jahr 2020. Bei einem Betrieb (Betrieb 19) mussten aufgrund der Datenverfügbarkeit die Jahre 2017 bis 2019 als Basisjahre gewertet werden. Die auf den Betrieben umgesetzten Massnahmen konnten von den Betriebsleitenden in Zusammenarbeit mit dem Beratungsteam aus einer Zusammenstellung von insgesamt 18 vorgängig definierten Massnahmen individuell zusammengestellt werden. Die vollständige Auflistung der Massnahmen ist im Anhang (Tabelle A 1) aufgeführt. Die Auswahl der Massnahmen hatte zum Ziel, die betriebliche N-Effizienz zu verbessern und den jährlichen N-Überschuss auf Ebene Betrieb zu reduzieren. Die Massnahmen lassen sich den Bereichen «Fütterung», «N-Wirkung der Hofdünger verbessern», «N-Wirkung der Mineraldünger erhöhen», «Pflanzenbauliche Massnahmen» und «Innovative Massnahmen» zuordnen. Alle Betriebe wählten die Massnahme 1b «Reduktion oder Verzicht von N aus betriebsfremden Futtermitteln» sowie die Massnahme 2c «Planung der Hofdünger-Ausbringung» aus. Die konkreten Inhalte der Massnahmen, sowie der in der Hoftorbilanz berechneten Zielgrössen (N-Effizienz und N-Saldo), wurden mit jedem Betrieb schriftlich vereinbart. Die von den einzelnen Betrieben umgesetzten Massnahmen sowie ihre Entwicklung von N-Effizienz (%) und N-Saldo (kg N/ha DF) sind im Anhang (Tabelle A3) ersichtlich.

Für die Betriebstypen wurden zu Projektbeginn unterschiedliche Ziele im Bereich der N-Effizienzsteigerung und der N-Saldoreduktion gesetzt: Das Projektziel bestand in der N-Effizienz-Steigerung der Betriebe des Typs «Milchvieh Grasland» um 5 % und der Betriebe des Typs «Milchvieh Ackerbau» und «Veredelung» mit den gewählten Massnahmen um 10 %. Ebenso sollte der N-Saldo in kg N je Hektare düngbare Fläche (kg / ha DF) gegenüber dem Mittel der Basisjahre um 5 % für die «Milchvieh Grasland» respektive um 10 % für die «Milchvieh Ackerbau» und «Veredelungsbetriebe» gesenkt werden.

Methode Hoftorbilanz, Datenbasis und Zielwertdefinition

Für alle Betriebe wurde eine jährliche N-Bilanz auf Basis einer Hoftorbilanz berechnet. Diese Nährstoffbilanzierungsmethode mit dem Betrieb als Systemgrenze bildet, ähnlich wie die OSPAR-Methode auf gesamtschweizerischer Ebene (Spiess & Liebisch, 2020), die Nährstoffzuflüsse und -abflüsse auf dem Betrieb ab. Die Methode ist als Instrument zur Quantifizierung von betrieblichen Nährstoffüberschüssen eine international anerkannte Methodik (Oenema et al., 2003).

Als N-Input werden die Nährstoffimporte via Futtermittel, Düngemittel (Mineral-, Hof-, Recycling- und organische Handelsdünger), Einstreu, Saatgut, atmosphärische N-Deposition und biologische N-Fixierung berücksichtigt. Der N-Output umfasst die N-Exporte in Form von Milch, Eier, Tieren, Hofdünger, Ackerpro-

dukten und Raufutter. Die Differenz der N-Inputs und -Outputs wird als N-Saldo bezeichnet und ist eine wichtige Kenngrösse zur Abschätzung des Umweltrisikos ausgehend vom betrachteten Nährstoff. Die N-Effizienz wird aus dem Verhältnis von Output zu Input berechnet (s. Anhang 2).

Die Datenerhebung im RP N-Effizienz profitierte indirekt von der bereits vorhandenen Suisse-Bilanz der Betriebe. Daraus konnten Zahlen zu Flächen, Erträgen, Hofdüngerzu- und -wegfahren, Grundfutterzu- und -wegfahren entnommen werden. Die Daten für die Suisse-Bilanz stammen grösstenteils von den Betriebsleitenden, die zur Berechnung der Bilanz das Erhebungsdatenblatt ausfüllten. Bei den Veredelungsbetrieben konnte zudem auf die vorhandenen Import-/Exportbilanz (IMPEX) zurückgegriffen werden. Ein direkter Datenbezug für die Hoftorbilanz erfolgte von der Tierverkehrsdatenbank (TVD), der Treuhandstelle Milch (TSM) und den Zuchtverbänden (ZVB). Zudem liessen sich einige Betriebsleitende von ihren Futtermühlen einen Auszug ihrer bezogenen Futtermittel erstellen. Die restlichen Daten basieren auf den Angaben der Betriebsleitenden (effektiver Mineraldüngereinsatz pro Kultur, Output Eier) oder auf Standardwerten. Beim Saatgutinput sowie beim Leguminosenanteil im Wiesenbestand wurde mit Standardwerten gerechnet. Für den Leguminosenanteil waren dies 10 % für Naturwiesen, 15 % für Weiden und 20 % für intensive Kunstwiesen (Heinz et al., 2013; Stutz et al., 1999). Die Berechnung des N-Inputs durch die Leguminosen erfolgte nach Boller et al., 2003, mit der Annahme von 3 kg N pro dt Leguminosen Trockensubstanzertrag. Die Angaben zur atmosphärischen N-Deposition stammen vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) und beziehen sich auf die entsprechende Gemeinde der Betriebe (Rihm, 2020).

Tabelle 4 im Anhang 3 fasst die Datenbezüge und Herkunft der N-Gehalte zusammen.

Die Datenerhebung für die Basisjahre (2015-2017) erfolgte auf Grundlage eines Interviews durch einen erstmaligen Betriebsbesuch in den Jahren 2018 und 2019. Danach schickten die Betriebsleitenden ihre Daten zum jeweiligen Jahresbeginn per E-Mail oder Post an die BFH-HAFL.

Probennahme und Analysen

Die Betriebsleitenden hatten jedes Jahr zwischen Oktober und Januar zwei- bis dreimal die Möglichkeit ihre *Grundfutterproben* zur Rationsoptimierung an die BFH-HAFL zu schicken. Dort wurden die Proben getrocknet und gemahlen und an das Labor «Dairy One» in den USA geschickt. Die Ergebnisse der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)-Analysen wurden wiederum an der BFH-HAFL nach der Berechnungsweise des Grünen Buchs (Arrigo, 2017) aufbereitet und anschliessend an die Betriebe und an die Strickhof-Berater weitergeleitet.

Eine *Hofdüngerprobe* wurde im Frühling vor der ersten Hofdüngerausbringung, und eine weitere Probe im Laufe des Jahres analysiert. Die Strickhof-Berater informierten die Projektbetriebe vorab darüber, wie die Proben korrekt entnommen werden. Das Labor für Boden- und Umweltanalytik in Thun untersuchte die Proben und stellte die Ergebnisse per E-Mail den Betrieben und der BFH-HAFL zu. Zudem sollte die Gülleprobe zeitgleich mit dem «Quantofix-N-Volumeter», einem Gerät zur Schnellbestimmung des löslichen N in der Gülle, untersucht werden. Das dafür benötigte Reaktionsmittel führt dazu, dass Ammoniumstickstoff (NH_4) zu gasförmigem Luftstickstoff (N_2) oxidiert und damit eine Wassermenge aus dem Gerätesockel in den Messzylinder verschiebt. Der NH_4 -Gehalt der beprobten Gülle lässt sich nach wenigen Minuten an der Skala ablesen (Terraflor GmbH, 2024). Die Strickhof-Berater demonstrierten an einem Workshop die Handhabung des Geräts. Daraufhin wurden vier Geräte mit Reaktionsmittel verteilt, die untereinander in Regionalgruppen weitergegeben werden konnten.

Ernteproduktanalysen für Getreide und Raps wurden in den Jahren 2018, 2019, 2020, 2021 und 2023 durchgeführt. Dazu beprobten die Betriebsleitenden möglichst parzellengenau, aus mehreren Einzelproben wurde die Mischprobe einer Parzelle eingeschickt. Die Analysen wurden vom Labor für Boden- und Umweltanalytik in Thun durchgeführt. Die Ergebnisse wurden direkt per E-Mail an die Betriebe und an die BFH-HAFL geschickt.

Die Betriebsleitenden hatten die Möglichkeit, im Rahmen des Projekts zudem *Nmin-Analysen* durchführen zu lassen. Mit der Analyse kann der pflanzenverfügbare mineralische Stickstoff in Form von Nitrat- oder Ammoniumstickstoff im Boden bestimmt werden (Richner & Sinaj, 2017). Das Angebot wurde von vier Betrieben in den Jahren 2020-2023 auf jeweils drei bis fünf Parzellen in Anspruch genommen. Die Beprobung erfolgte jeweils im Februar vor der ersten Düngergabe durch bodenproben.ch. Beprobte wurde maschinell in drei verschiedenen Tiefen (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) an 8 bis 16 Einstichen pro Parzelle. Die Einstich-

punkte wurden mit dem GPS erfasst. Das Bodenlabor Arenenberg analysierte die Proben und verschickte die Ergebnisse mit der enthaltenen Düngeempfehlung.

Im Frühling 2023 wurde auf vier Betrieben der «Nitratcheck» zur parzellengenauen N-Düngung ab der Schossergabe durchgeführt (Grossrieder et al., 2022). Es wurden zehn Getreideparzellen durch die Strickhof-Beratung beprobt, indem an 30 Punkten Halme abgeschnitten und der Pflanzensaft ausgepresst wurde. Der Reflektometer «Nitrachek 404» bestimmte den Nitratgehalt im Pflanzensaft. Die Düngeempfehlung erfolgte in Anlehnung an die Empfehlungen der Landesanstalt Sachsen (Ernst et al., 2003).

Umfrage bei den Betriebsleitenden

Im Rahmen eines Betriebsbesuchs durch die wissenschaftliche Begleitung (BFH-HAFL) und den Strickhof-Beratern im Winter 2022/23 wurde eine Befragung der Betriebsleitenden durchgeführt. Mit der Befragung sollten die Einschätzungen und Meinungen der Betriebsleitenden zu den Nährstoffbilanzierungsmethoden Hoftorbilanz und Suisse-Bilanz, zur Massnahmenumsetzung, zu den Projektbeiträgen und zur Akzeptanz der Massnahmen aufgenommen werden. Der Fragebogen wurde zusammen mit Dr. Sandra Contzen, Dozentin für Agrarsoziologie an der BFH-HAFL entwickelt und beinhaltete Fragen, die mit ja/nein oder anhand einer Likert-Skala beantwortet werden konnten (siehe Tabelle A 2 im Anhang). Zusätzlich wurden die Anmerkungen oder Begründungen der Betriebsleitenden notiert, was hilfreich für eine Ergebnisinterpretation sein kann. Ausserdem wurde über die betriebsindividuellen Ergebnisse anhand verschiedener Auswertungen der bisherigen Projektjahre vor Ort mit den Betriebsleitenden diskutiert.

Modellierung der N-Emissionen mit Agrammon

Um die NH_3 -Emissionen der Betriebe abschätzen zu können, wurden für die Jahre 2017 und 2023 die notwendigen Daten mit dem Agrammon-Fragebogen erhoben. Anschliessend erfolgte die Berechnung der NH_3 -Emissionen durch das Simulationsmodell «Agrammon» (Kupper et al., 2010) respektive über das Software R-Package «Agrammon» (Häni, 2022).

Bei der Berechnung der N-Ausscheidung der Milchkühe wurde die jeweilige Rasse und der durchschnittliche jährliche Milchharnstoffwert auf Betriebsebene berücksichtigt (Burren et al., 2024). Zudem wurden importierte und exportierte Hofdünger in die Berechnung miteinbezogen, um deren zusätzliche und wegfallende Emissionen auf Betriebsebene zu erfassen (Ghione et al., 2023).

Datenmanagement und statistische Auswertung

Für die Datenverwaltung und die Berechnung der Hoftor- und Feldbilanzen wurde eine Microsoft Access-Datenbank entwickelt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden mit dem Package ggplot2 visualisiert. Die Ergebnisse der Hoftorbilanzierungen sowie die Ergebnisse der Ackerbauerträge wurden mit den Packages «lmer», «glmmTMB» und «emmeans» der Statistiksoftware R (R Core Team, 2022) ausgewertet. Für die Auswertung der Resultate der Hoftorbilanzierungen über alle Betriebstypen und speziell für die Milchviehbetriebe wurde eine Varianzanalyse mittels gemischtem «Random-Intercept-Modell» gewählt. Im Modell wird der Betriebstyp (Grasland, Ackerbau, Veredelung), die Klassifizierung als Basis- oder Massnahmenjahre und deren Interaktion als fixe Faktoren berücksichtigt. Der Betrieb wurde als «Random»-Faktor einbezogen, um die wiederholte Messung am gleichen Betrieb zu berücksichtigen. Die Mittelwerte wurden über definierte Kontraste mit der Tukey-Methode auf signifikante Unterschiede ($P < 0.05$) getestet. Im Falle von Datensätzen mit vielen Nullen wurden «zero-inflated» Modelle nach Zuur et al. (2009) angewandt wie beispielsweise beim Input von Hofdünger. Aufgrund der unterschiedlichen Ertragsniveaus der verschiedenen Ackerkulturen, wurden die Erträge vor der Modellierung mittels gemischtem «Random-Intercept-Modell» standardisiert. Die Standardisierung (Division des Ertrags durch die Standardabweichung des Kulturen-Mittelwerts und Subtraktion des Kulturen-Mittelwerts) erfolgte ebenfalls in R.

6.2 Resultate und Schlussfolgerungen

6.2.1 Lernziel 1 Hoftorbilanzen, N-Saldi, N-Effizienzen

Im Mittel der Massnahmenjahre konnte der N-Saldo bei den Betriebstypen Grasland und Veredelung statistisch signifikant verringert und die N-Effizienz statistisch signifikant gesteigert werden (Tabelle 3 sowie Abbildung 3 und Abbildung 4). Die Projektziele wurden allerdings nicht vollständig erreicht: Sieben der 19 Betriebe konnten die N-Effizienz im Mittel der Massnahmenjahre gemäss den Zielvorgaben steigern, fünf Betriebe gehörten zum Typ «Milchvieh Grasland», ein Betrieb zum Typ «Veredelung» und ein Betrieb zum Typ «Milchvieh Ackerbau». Die restlichen Betriebe konnten die Zielvorgaben nicht erreichen. Ein Betrieb vom Typ «Milchvieh Ackerbau» (Betrieb 8) verringerte seine N-Effizienz sogar (-7.8 %), die anderen Betriebe steigerten die N-Effizienz um durchschnittlich +4.7 %. Die Annahme, dass Betriebe des Typs «Milchvieh Grasland» grundsätzlich ein geringeres Potential für die Steigerung der N-Effizienz haben, konnte nicht bestätigt werden. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass es sich bei den meisten Betrieben nicht um spezialisierte Betriebe handelt, sondern um gemischte Betriebe mit unterschiedlichen betrieblichen Schwerpunkten.

In Abbildung 1 sind die N-Inputs verschiedenen Kategorien zugeteilt. Analog anderer Studien wie beispielsweise Akert et al., 2020, sind die N-Inputs via Kraftfutter bei den Milchviehbetrieben oder Schweine-/Hühnerfutter bei den Veredelungsbetrieben wichtige Nährstoff-Inputs. Neben den Futtermitteln macht auch die Zufuhr an Mineraldünger einen grossen Anteil an den Inputs aus. Inputgrössen, die eine wichtige Rolle spielten, die aber von den Betriebsleitenden weniger stark beeinflusst werden können, sind die beiden Inputgrössen der atmosphärischen N-Deposition und der biologischen N₂-Fixierung über die Leguminosen. Diese Grössen blieben während dem Projekt relativ konstant.

Tabelle 3 : Zusammenfassung der N-Inputs, N-Outputs, des N-Saldos und der N-Effizienz nach Betriebstypen im Mittel der Basis- und Massnahmenjahre. Die Ergebnisse basieren auf den Hoftorbilanzen von 19 Betrieben während drei Basisjahren und vier Massnahmenjahren.

Betriebstyp Jahre	Milchvieh Ackerbau (n=5)					Milchvieh Grasland (n=6)					Veredelung (n=8)				
	Basis		Massnahme			Basis		Massnahme			Basis		Massnahme		
	MW	SD	MW	SD	p-Wert	MW	SD	MW	SD	p-Wert	MW	SD	MW	SD	p-Wert
N-Input total (kg N/ha DF)	258.1		254.3		0.365	266.3		251.2		0.002	522.2		497.7		0.061
N-Zufuhr total (kg N/ha DF)	206.2		201.9		0.411	205.7		190.7		0.003	483.5		454.7		0.043
Tiere IN (kg N/ha DF)	6.9	4.8	5.4	3.7		18.4	14.9	14.7	12.4		21.6	20.7	19.2	20.0	
Mineraldünger IN (kg N/ha DF)	69.0	29.3	59.1	26.1		37.6	20.0	18.4	11.8		75.1	44.8	56.4	35.9	
Hofdünger IN (kg N/ha DF)	24.3	22.8	29.9	26.0		14.9	20.9	18.4	21.8		3.8	7.4	13.4	20.1	
Ackerbau IN (kg N/ha DF)	1.1	0.5	1.1	0.5		0.3	0.3	0.4	0.4		1.4	1.0	1.3	0.9	
Schweine-/Hühnerfutter (kg N/ha DF)	0.9	0.4	1.4	0.6		20.6	18.9	22.6	16.9		334.8	225.5	310.7	228.1	
Aufzuchtfutter IN (kg N/ha DF)	3.0	2.0	2.5	1.8		1.9	1.4	3.0	2.1		2.1	1.5	3.3	1.8	
Grund-/Saftfutter IN (kg N/ha DF)	23.8	15.8	19.9	14.8		31.3	23.4	36.1	38.9		6.1	13.6	6.5	6.3	
Kraftfutter IN (kg N/ha DF)	77.3	42.4	82.6	42.8		80.7	83.1	77.1	57.9		38.6	22.4	43.7	34.8	
BNF* (kg N/ha DF)	28.4	4.4	28.7	3.9		35.9	13.4	35.3	12.9		14.7	13.6	18.1	12.1	
Deposition (kg N/ha DF)	23.5	4.4	23.7	4.2		24.7	1.9	25.2	2.3		24.0	3.9	24.9	3.8	
N-Output total (kg N/ha DF)	127.2		137.2		0.647	98.2		108.2		0.466	502.5		501.2		0.172
Milch OUT (kg N/ha DF)	59.5	21.1	61.8	19.7		56.2	34.4	56.8	40.7		38.5	19.5	38.6	20.0	
Eier OUT (kg N/ha DF)	0.4	0.2	0.3	0.1		0.2	0.1	0.7	0.3		157.4	53.3	150.3	49.2	
Tiere OUT (kg N/ha DF)	11.4	4.7	10.6	4.2		27.5	18.3	23.7	14.1		143.6	132.5	144.4	150.7	
Hofdünger OUT (kg N/ha DF)	2.1	2.6	13.9	23.0		9.2	10.5	17.6	17.3		67.3	66.4	77.5	62.0	
Ackerbau OUT (kg N/ha DF)	39.8	17.1	42.3	18.5		3.9	6.7	5.9	9.4		62.6	54.6	57.1	52.1	
Raufutter OUT (kg N/ha DF)	14.1	16.0	8.2	8.1		1.3	2.5	3.6	6.9		33.2	28.2	33.4	35.9	
N-Saldo (kg N/ha DF)	131		115		0.074	156		101		<.001	144		114		<.001
N-Effizienz (%)	50		53		0.132	39		50		<.001	66		72		0.001

*BNF= Biologische N-Fixierung, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, p-Wert (<0.05 = statistisch signifikanter Unterschied) des Kontrasts Basis- vs. Massnahmenjahre

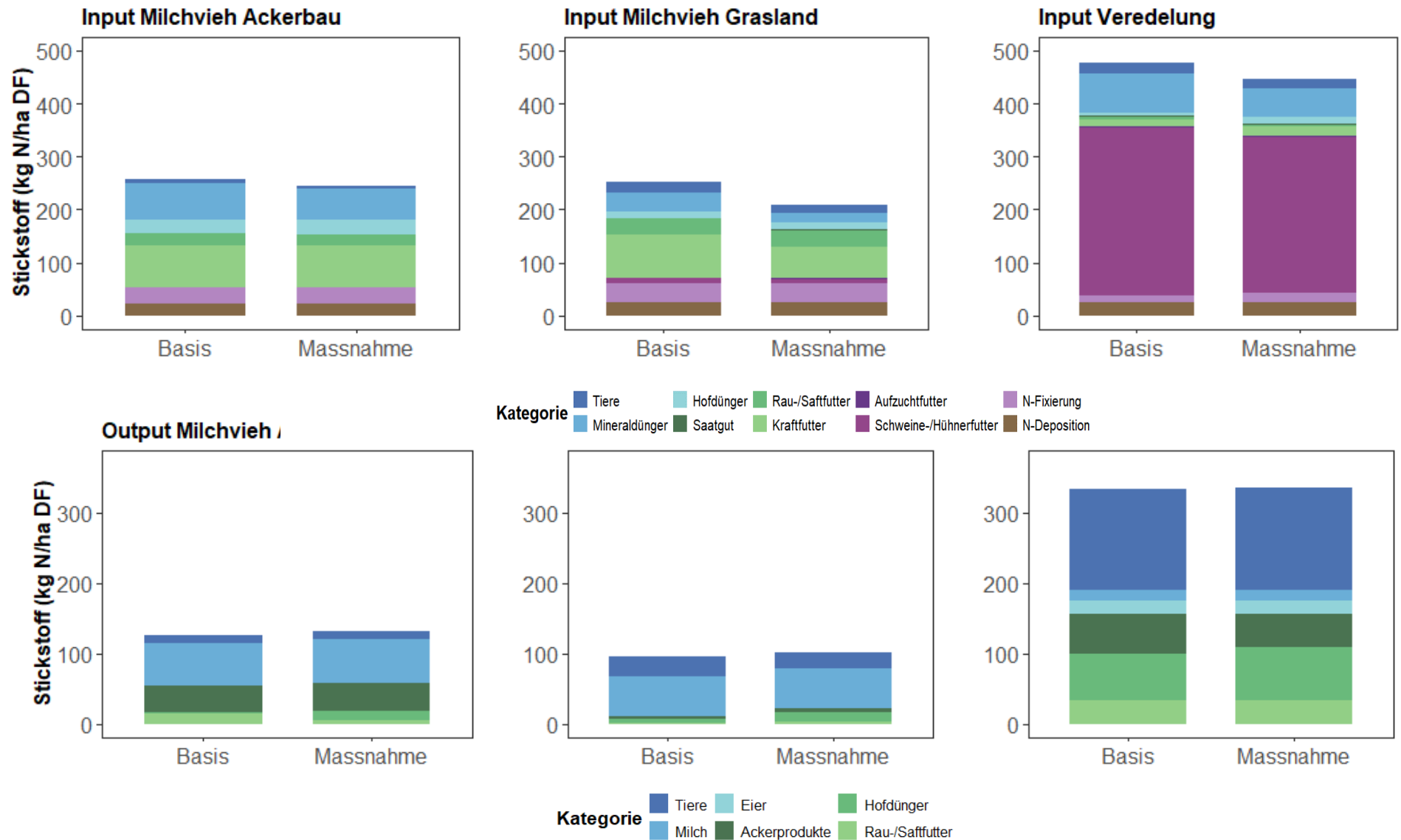


Abbildung 1 : Darstellungen der Input- und Outputkategorien für die Basis und Massnahmenjahre nach Betriebstypen.

Im Unterschied zu den N-Effizienz-Zielen erreichte die Mehrheit der Betriebe (n=17) das Ziel der Saldoreduktion. Je ein Betrieb des Typs «Milchvieh Ackerbau» und «Veredelung» erreichten die Ziele nicht. Die Betriebe des Typs Milchvieh Grasland erreichten im Mittel die grösste N-Saldo-Reduktion, sowie die grösste Steigerung der N-Effizienz. Dies ist vor allem auf zwei Betriebe (1 und 5) zurückzuführen, die sich in dieser Beziehung stark verbesserten. Die übrigen drei Betriebe dieses Typs konnten sich zwar auch entsprechend den Zielen verbessern, aber nicht im gleichen Ausmass wie Betrieb 1 und 5 (siehe Abbildung 2). Alle Betriebe haben eine Reduktion des N-Saldos erreicht, bis auf Betrieb 8, der mit einem sehr tiefen N-Saldo von 69 kg N/ha DF und einer bereits sehr guten N-Effizienz von 63 % als Basis gestartet hatte. Dieses Beispiel zeigt, dass es wichtig ist, das Startniveau bei der Setzung der Ziele mit in Betracht zu ziehen.

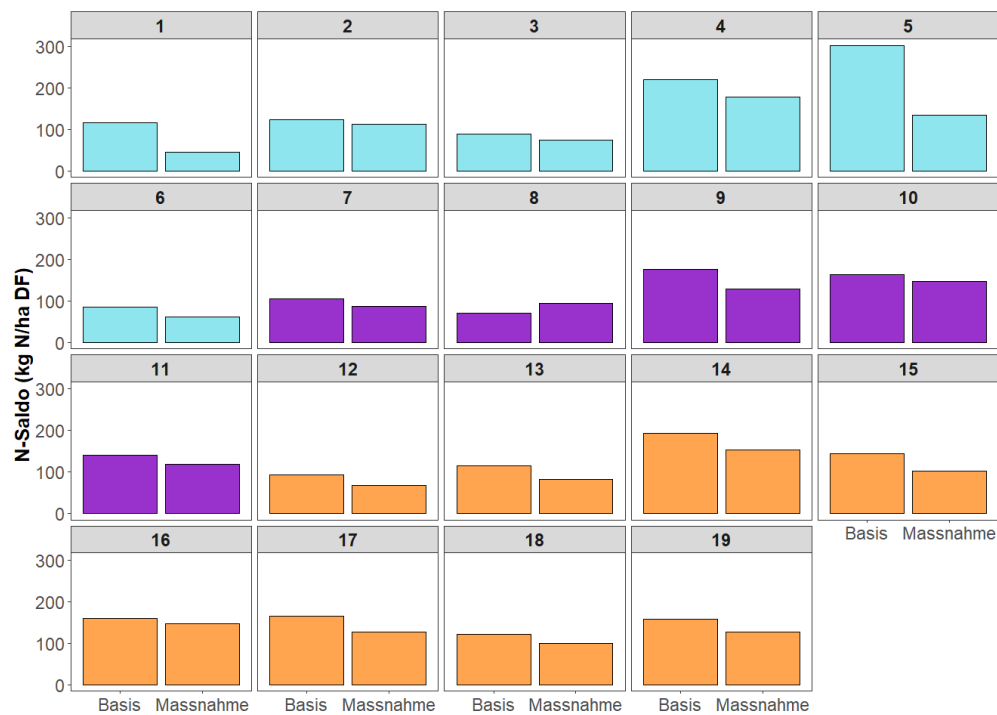


Abbildung 2 : Veränderung des mittleren N-Saldos (kg N/ha DF) je Betrieb (n=19) für die Basis- und Massnahmenjahre, hellblau=Milchvieh Grasland, violett=Milchvieh Ackerbau und orange=Veredelungsbetriebe.

Die Betriebe wiesen grosse Schwankungen der Kennzahlen für N-Saldo und N-Effizienz zwischen den einzelnen Jahren der Massnahmenumsetzung auf (Abbildung 3 und Abbildung 4). Beispielsweise stellte das Jahr 2021, mit teilweise extremen Witterungsverhältnissen die Betriebe vor grosse Herausforderungen. Einige Betriebe hatten hohe Ertragsausfälle und mussten zum Teil mehr Futter zuführen als in «normalen» Jahren. Dies wirkte sich stark auf die Kennzahlen der Hoftorbilanz aus.

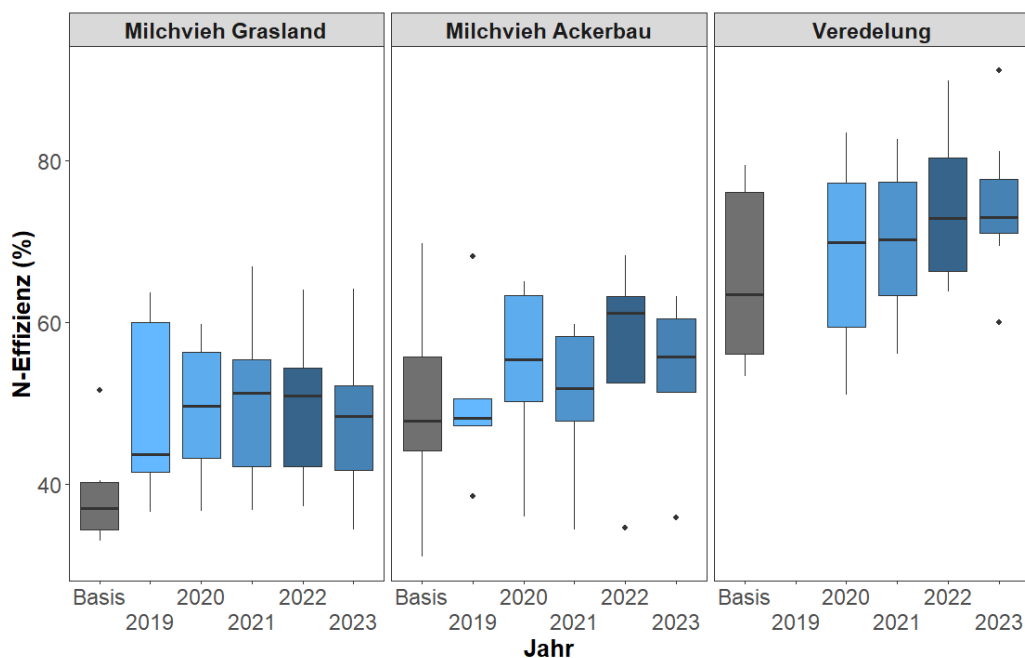


Abbildung 3 : Entwicklung der N-Effizienz je Betriebstyp (Mittelwert der Basisjahre 2015-2017, Massnahmenjahre 2019-2023 einzeln). Die Veredelungsbetriebe haben erst ab 2020 Massnahmen umgesetzt.

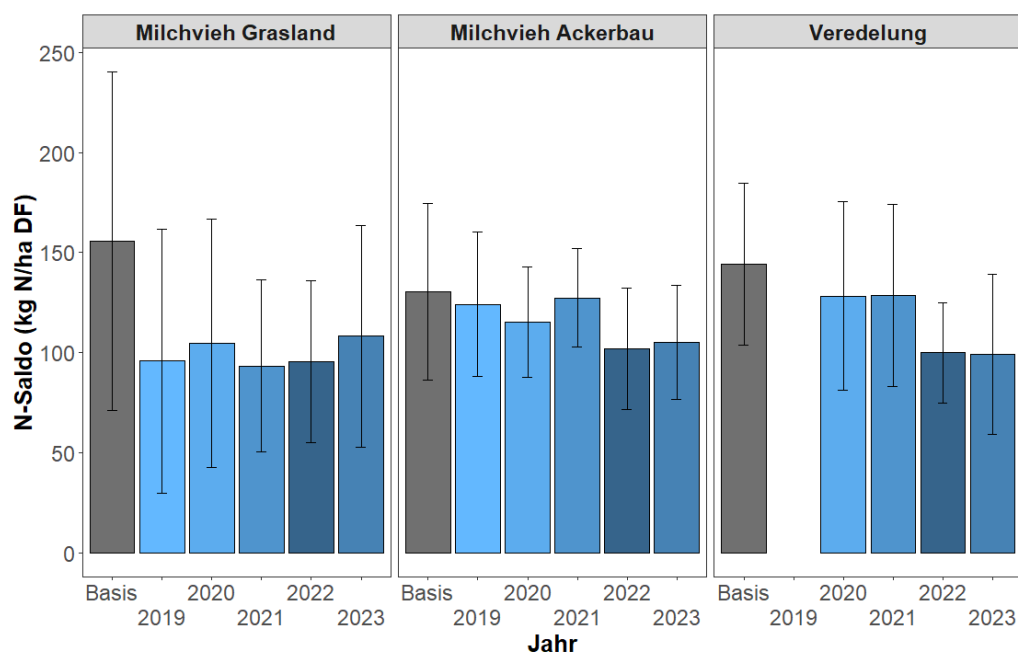


Abbildung 4 : Entwicklung des N-Saldos je Betriebstyp (Mittelwert der Basisjahre 2015-2017, Massnahmenjahre 2019-2023 einzeln). Die Veredelungsbetriebe haben erst ab 2020 vollständig Massnahmen umgesetzt.

Um den N-Saldo zu reduzieren haben die Betriebe unterschiedliche Strategien umgesetzt. Bei Betrieb 17 und in geringerem Masse auch bei Betrieb 5 wurde beispielsweise der N-Überschuss reduziert und gleichzeitig der N-Output pro ha DF erhöht. Betrieb 19 hingegen hat den N-Saldo und den N-Output reduziert (vgl. Abbildung 5). Einige Betriebe (Nr. 4, 14, 3, und 6) haben den N-Saldo ohne grosse Veränderungen des N-Outputs reduziert.

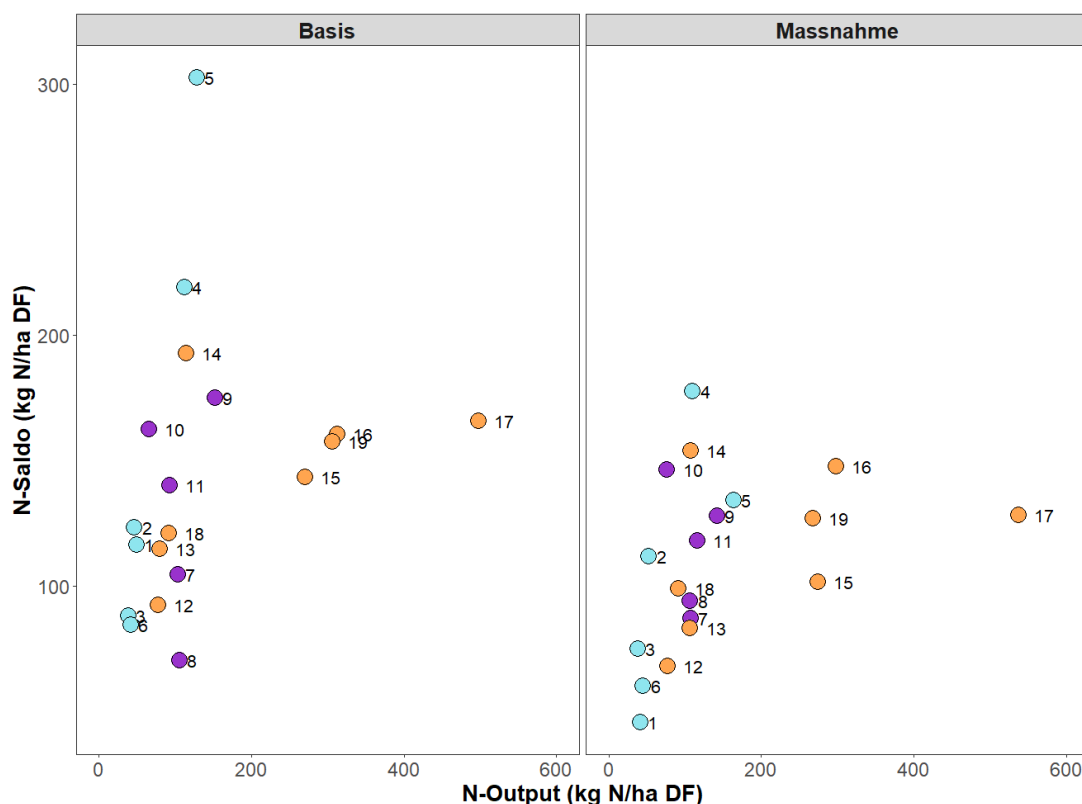


Abbildung 5: Dargestellt ist das Verhältnis des jährlichen N-Saldos (kg N/ha DF) zum N-Output (kg N/ha DF) für die 19 Betriebe im Mittel der Basisjahre (2015-2017) und im Mittel der Massnahmenjahre (2019-2022), hellblau = Milchvieh Grasland, violett = Milchvieh Ackerbau und orange = Veredelungsbetriebe.

Zielwerte für Kenngrössen der Hoftorbilanz

In Bezug auf die Kenngrössen der Hoftorbilanz stellt sich die Frage nach möglichen Zielwerten und Vergleichsmöglichkeiten unter den Betrieben. Um diese festlegen zu können, muss das Ziel sowie die Messmethodik definiert werden. Ein Zielwert für N steht meist im Zusammenhang mit dem ökologischen Kriterium die N-Verluste resp. das N-Verlustrisiko in die Umwelt zu reduzieren. In dieser Studie wurde daher der von Quemada et al. (2020) vorgeschlagene Zielwert-Ansatz gewählt. Dieser Ansatz vergleicht N-Nutzungen aus Hof-, Recycling- und Mineraldüngern verschiedener Betriebe und bildet die Basis zur Herleitung betriebspezifischer Optimierungsmöglichkeiten. Dieser basiert in der Studie auf einer Messgrösse für die Produktivität (kg N in Ernteprodukten / ha DF), dem N-Output (kg N pro ha DF) und auf dem Umweltrisiko, gemessen am N-Saldo (kg N pro ha DF) sowie der N-Effizienz (kg N-Output/kg N-input). In Abbildung 6 ist der Zielbereich für die 11 Milchviehbetriebe nach Quemada et al. (2020) dargestellt. Dabei resultierte eine Mindestproduktivität von 85 kg N/ha DF, berechnet als das erste Quartil vom N-Output der Hoftorbilanz. Das heisst 75 % der Betriebe liegen über diesem Wert, 25 % darunter. Der Median des N-Saldos der Milchviehbetriebe lag bei 115 kg N/ha DF. Mit der N-Effizienz kann für verschiedene Betriebstypen, Standorte, Klimazonen und Bodentypen der Zielbereich weiter eingegrenzt werden. Dazu wird mit dem 3. Quartil die obere und mit dem 1. Quartil der N-Effizienz die untere Grenze des Zielbereichs eingegrenzt. Eine zu hohe Nährstoffeffizienz kann je nach Nährstoff oder Standort unerwünscht sein, da eine Nährstoffeffizienz von über 100 % zu einem Abbau von Nährstoffen im Boden führt. Dies könnte bezüglich N allenfalls bei bestimmten Bodentypen vorkommen, ist ansonsten aber eher unwahrscheinlich.

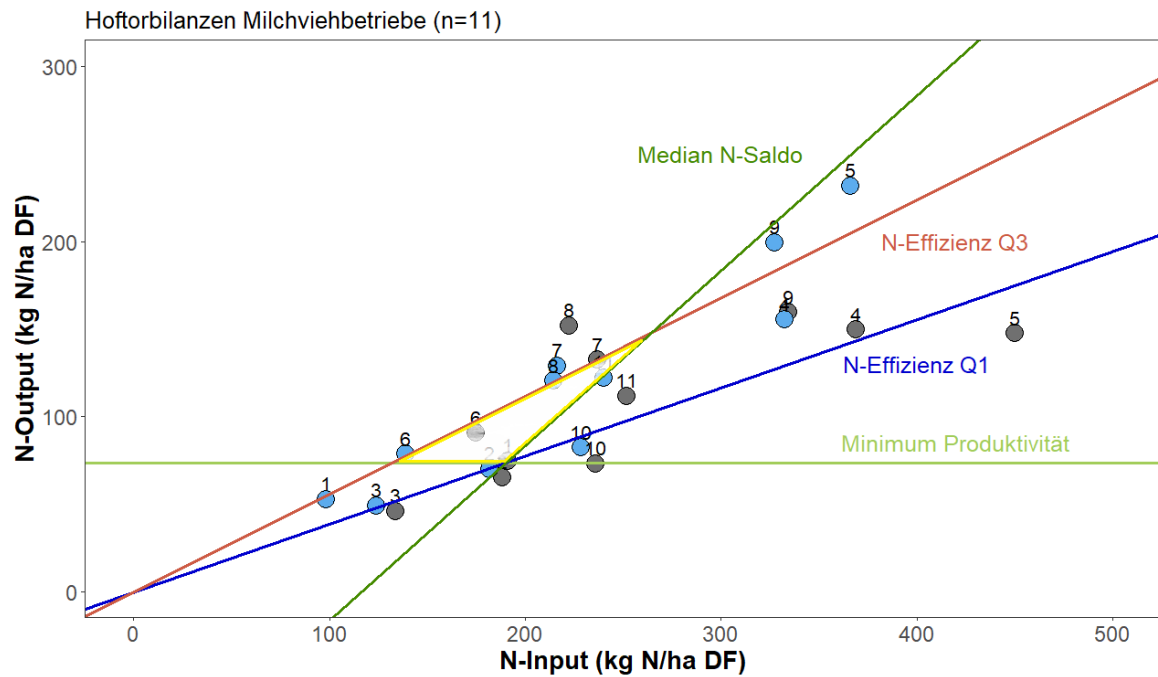


Abbildung 6 : Zielwerte (= gelb markierter Bereich) nach Quemada et al. (2020) für die Betriebe mit Milchvieh (Ackerbau und Grasland gemischt). Die grau gefüllten Kreise stellen jeweils den Mittelwert eines Betriebs für die Basisjahre dar und die hellblau gefüllten Kreise stellen den Mittelwert eines Betriebs für die Massnahmenjahre dar.

In Abbildung 7 ist der Zielbereich für die Veredelungsbetriebe analog den Milchviehbetrieben dargestellt. Als Vergleichswert (Benchmark) der Projektbetriebe resultierte eine minimale Produktivität (= N-Output) von 111 kg N pro ha DF und ein Mittelwert (eigentlich Median) von 144 kg N/ha DF N-Saldo.

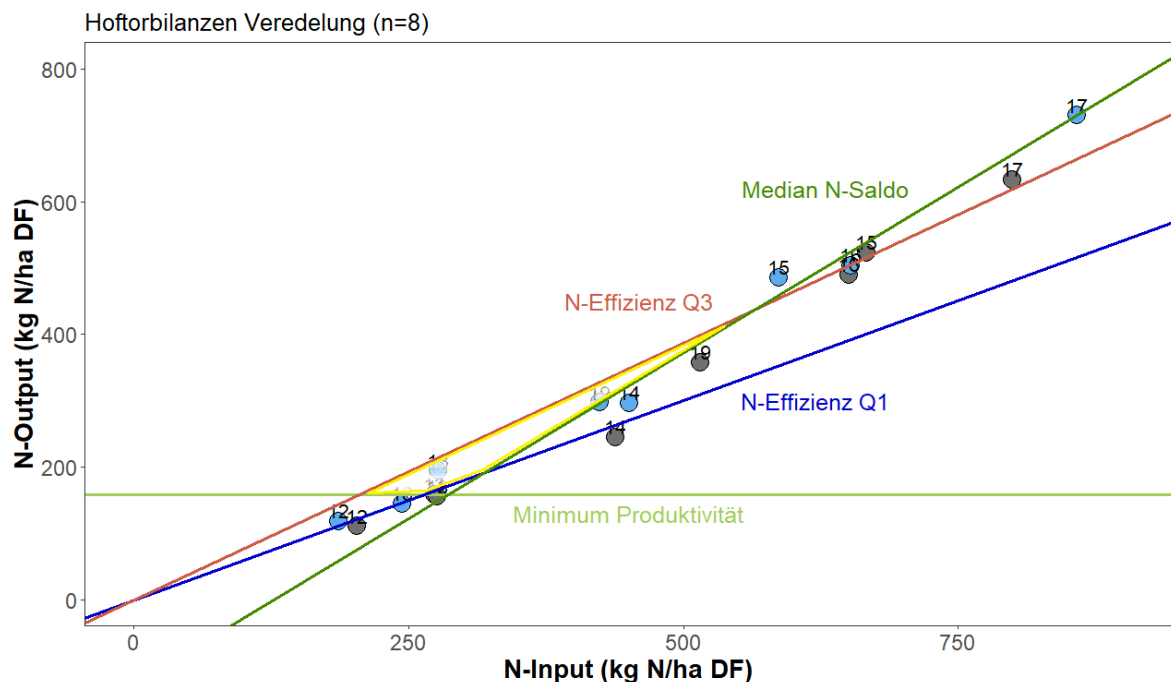


Abbildung 7 : Zielwerte (= gelb markierter Bereich) nach Quemada et al. (2020) für die Veredelungsbetriebe. Die grau gefüllten Kreise repräsentieren den Mittelwert eines Betriebs für die Basisjahre, während die hellblau gefüllten Kreise den Mittelwert eines Betriebs für die Massnahmenjahre darstellen.

Je mehr Betriebe mit ähnlichen Bedingungen (z. B. Betriebstyp, Klima, Boden) als Datenbasis dienen, umso repräsentativer wird der Zielbereich für die Betriebe. Die geringe Anzahl Betriebe des Projekts ist nicht ausreichend, um einen sinnvollen Zielbereich zu definieren. Die Berechnungen dienen lediglich als Beispiele für die Anwendung einer möglichen Vergleichswert (Benchmark)-Methode in der Praxis.

Schlussfolgerungen Lernziel 1 Hoftorbilanzen

Die N-Saldoreduktionsziele wurden von der Mehrheit der Betriebe (17 von 19) erreicht und zeigt damit das vorhandene Potential bei der Reduktion der N-Überschüsse auf. Der N-Input (N-Aufwand, N-Eintrag in den Betrieb) konnte bei allen Betriebstypen gesenkt werden, während der N-Output (N-Ertrag, N in den Produkten, die den Betrieb verlassen) im Durchschnitt auf einem ähnlichen Niveau blieb oder sogar gesteigert werden konnte. Schwieriger war es für die Betriebe die N-Effizienz entsprechend den gesetzten Zielen zu steigern. Das Ziel von 10 % Effizienzsteigerung muss (gemessen an den 19 Betrieben) als zu hoch angesetzt betrachtet werden. Im Mittel wurde eine Steigerung der N-Effizienz um 5.9 % erreicht. Daraus kann abgeleitet werden, dass wohl 5 % N-Effizienz-Steigerung mit wenig grundsätzlichen Veränderungen auf dem Betrieb erreicht werden können, weitere Effizienz-Steigerungen meist aber wohl eine betriebliche Strategieänderung erfordern. Die Streuungen zwischen den Betrieben ist auch darauf zurückzuführen, dass es sich bei den Projektbetrieben um gemischte Betriebe gehandelt hat, was die Effizienz des Betriebs stark mitbestimmt. Das stellt auch die nach Betriebstyp unterschiedliche Zielwertdefinition des Projekts in Frage und erschwert die Zuordnung zu einer Vergleichswert (Benchmark)-Gruppe. Die Benchmark-Methode nach Quemada et al. (2020) stellt einen vielversprechenden Ansatz zur Zielwertdefinition dar. Neben den Schwankungen zwischen den Betrieben sind auch die Jahreseffekte durch teilweise extreme Wetterereignisse sichtbar. Bei der Beurteilung der Zielerreichung muss das Ausgangsniveau in den Basisjahren berücksichtigt werden.

6.2.2 Lernziel 2: Stärken und Schwächen der Massnahmen

Akzeptanz der Massnahmen

Die Akzeptanz der Massnahmen wurde mittels einer standardisierten Befragung der Betriebsleitenden untersucht. Im Folgenden wird lediglich auf die Massnahmen eingegangen, die von mehr als zwei Betrieben umgesetzt wurden. Eine Beurteilung der Akzeptanz der Massnahmen erlaubt die Frage, ob die Betriebsleitenden die Massnahmen nach Projektende weiter umsetzen werden. Bei der Mehrheit der Massnahmen wird dies mit «Ja» bzw. «Eher Ja» beantwortet. Zum Teil nicht weitergeführt werden die Massnahmen «Hofdüngerplanung» (21 %), «Fruchtfolgeoptimierung» (17 %) und «Güllezusätze» (40 %) (Tabelle 4). Die Hofdüngerplanung, im Speziellen die Probenahmen für die Gülleanalysen, wurden bei einzelnen Betriebsleitenden als zeitaufwendig, zugleich der Nutzen der Ergebnisse als zu gering wahrgenommen. Bei den Güllezusätzen (Piadin) brachten die Betriebsleitenden an, dass die Wirkung nicht unbedingt sichtbar oder nachvollziehbar ist, gleichzeitig verursachen die Zusätze Kosten. Über 80 % der Betriebsleitenden möchten die Massnahmen «Fütterung» und «Fruchtfolgeoptimierung» nach Projektende weiter umsetzen. Verglichen mit den Stärken sind das die Massnahmen, die laut den Betriebsleitenden am wenigsten Ertrags-/Leistungsverluste aufweisen. «Fütterung» und «Düngungsplanung» zeigen zudem die höchste Zustimmung hinsichtlich ökonomischer Vorteile (Tabelle 5). Die «Düngungsplanung» möchten 73 % der Betriebsleitenden weiter umsetzen, 27 % sagten dazu «Eher ja».

Tabelle 4: Prozentuale Anteile der Antworten der Betriebsleitenden auf die Frage: «Wirst du die Massnahmen nach Projektende weiter umsetzen?»

Massnahme (Anzahl Betriebe, die sie umsetzten)	Ja %	Eher ja %	Eher nein %	Nein %
Fütterung (n=19)	84	11	0	0
Hofdüngerplanung (n=19)	37	32	11	21
Düngungsplanung (n=11)	73	27	0	0
Fruchtfolgeoptimierung (n=6)	83	0	0	17
Güllezusätze (n=5)	0	60	0	40
Nutztiermanagement (n=3)	67	33	0	0

Tabelle 5 : Prozentuale Anteile der « Ja »-Antworten der Betriebsleitenden auf die Frage: »Was sind die Stärken bzw. Schwächen deiner umgesetzten Massnahmen?»

Massnahme (Anzahl Betriebe, die sie umsetzten)	Stärken				Schwächen	
	Geringe/Keine /Ertrags-/Leistungsverluste %	Ökonomische Vorteile %	Positive Auswirkung auf andere Bereiche %	Hohe Ertrags-/Leistungsverluste %	Ökonomische Nachteile %	Negative Auswirkung auf andere Bereiche %
Fütterung (n=19)	74	79	47	5	5	16
Hofdüngerplanung (n=19)	53	58	37	0	16	0
Düngungsplanung (n=11)	64	82	36	9	18	0
Fruchtfolgeoptimierung (n=6)	67	33	50	0	0	33
Güllezusätze (n=5)	60	20	40	0	60	0
Nutztiermanagement (n=3)	100	33	33	0	33	33

Die Betriebsleitenden wurden ausserdem gefragt, ob es aus ihrer Sicht andere Massnahmen bräuchte. Mit «Ja» beantworteten dies 47 % und nannten folgende Bereiche: «Gülleansäuerung», «mehr Massnahmen für Graslandbetriebe», «Gründüngung», «Saatbettvorbereitung», «Massnahmen im Bereich Schweinefütterung», «Abdeckung Güllesilo», «Einsatz von Flüssigdünger bei extremer Trockenheit», «Kotbandbelüftung bei Legehennen», «Mais hacken», «Schleppschlauch». «Mehr Güllelagerkapazität» wurde von vier Betriebsleitenden genannt.

Bedeutung der Beratung

Die Unterstützung durch die Strickhof-Beratung zu Beginn der Massnahmenumsetzung empfanden die Betriebsleitenden für die Massnahmen «Fütterung», «Hofdüngerplanung», «Düngungsplanung», «Güllezusätze», «Nutztiermanagement» und «Fruchtfolgeoptimierung» mehrheitlich als «wichtig» oder sogar «sehr wichtig» (Tabelle 6).

Tabelle 6 : Prozentuale Anteile der Antworten auf die Frage: «Wie wichtig war für dich die Beratung beim Start der Massnahmenumsetzung?»

Massnahme (Anzahl Betriebe, die sie umsetzten)	Sehr wichtig %	Wichtig %	Wenig wichtig %	Nicht wichtig %	Kann ich nicht sagen %
Fütterung (n=19)	26	53	11	11	0
Hofdüngerplanung (n=19)	5	63	16	16	0
Düngungsplanung (n=11)	18	73	9	0	0
Fruchtfolgeoptimierung (n=6)	33	33	17	0	0
Güllezusätze (n=5)	20	60	0	20	0
Nutztiermanagement (n=3)	0	67	0	33	0

Tabelle 7 zeigt die jeweiligen Themengebiete der Beratungstätigkeit durch Strickhof und durch wissenschaftliche Begleitung der BFH-HAFL vor und zu Beginn der Massnahmenumsetzung.

Tabelle 7 : Beratungstätigkeit und -form

Massnahme (Anzahl Betriebe, die sie umsetzten)	Beratungstätigkeit	Beratungsform
Fütterung (n=19)	Berechnung Fütterungspläne	Vor Ort, telefonisch
Hofdüngerplanung (n=19)	Anleitung Probennahme, Anleitung Quantofix, Ergebnisinterpretation, Planung Hofdüngerausbringung	Vor Ort, telefonisch
Düngungsplanung (n=11)	Berechnung Düngungsplan	Vor Ort, telefonisch
Fruchtfolgeoptimierung (n=6)	Fruchtfolgeplanung	Vor Ort, Telefonisch
Güllezusätze (n=5)	Vorab über Zielvereinbarung	-
Nutztiermanagement (n=3)	Erarbeitung Managementkonzept	Vor Ort

Während der Massnahmenumsetzung konnten sich die Betriebsleitenden bei der Strickhof-Beratung oder an der HAFL melden, wenn Beratungsbedarf entstand. Kleinere Anpassungen ergaben sich beispielsweise je nach Fruchtfolge oder Futterqualität. Grössere Anpassungen der Massnahmen mussten durch die Projektleitung genehmigt werden. So zum Beispiel bei einem Milchviehbetrieb, der laut Massnahme 1b kein Rapsschrot mehr füttern sollte. Für den Betriebsleiter gaben die Kühe im Winter ohne das Rapsschrot zu wenig Milch und er beantragte die Massnahmenanpassung, damit wieder Rapsschrot gefüttert werden konnte. Dem wurde von der Projektleitung zugestimmt. Zum Teil nutzen die Betriebsleitenden die Beratung von Dritten.

Analytik

Im Rahmen des Projekts wurden in Zusammenarbeit mit den Betriebsleitenden verschiedene Analysen von In- und Output Grössen durchgeführt, um betriebsspezifische Daten zum N-Gehalt von den eingesetzten Grundfuttermitteln, den ausgebrachten Hofdüngermitteln und den Ernteprodukten zu erhalten.

Bewertung der Analysen aus Sicht der Betriebsleitenden

Im Rahmen der Befragung der Betriebsleitenden gaben 79 % der Befragten an, dass die Grundfutteranalysen «sehr hilfreich» bis «hilfreich» waren. Bei den Hofdüngeranalysen war die Einschätzung gemischt, 47 % beurteilten die Hofdüngeranalysen als «hilfreich», je 21 % jeweils «sehr hilfreich», aber auch «nicht hilfreich». Und 50 % der Betriebsleitenden fanden die Ernteproduktanalysen «nicht hilfreich» (Tabelle 8).

Tabelle 8 : Bewertung der Analysen aus Sicht der Betriebsleitenden

Art der Analysen	Sehr hilfreich %	Hilfreich %	Wenig hilfreich %	Nicht hilfreich %
Grundfutteranalysen (n=14)	36	43	14	7
Hofdüngeranalysen (n=19)	21	47	11	21
Ernteproduktanalysen (n=14)	14	14	21	50

Ernteproduktanalysen

Während fünf Jahren (2018-2021, 2023) wurden Ernteprodukte wie Getreide und Raps von den Betriebsleitenden nach einer von HAFL und Strickhof entwickelten Anleitung beprobt. Das Jahr 2018 kann als Referenzjahr vor dem Massnahmenstart gesehen werden. Ziel der Analysen war es, zu prüfen, ob die gemessenen N-Gehalte mit den Tabellenwerten aus den GRUD 2017 (Richner & Sinaj, 2017) übereinstimmen. Darüber hinaus konnte die Entwicklung der Rohproteingehalte im Laufe der Massnahmenjahre nachvollzogen werden. Die Hälfte der befragten Betriebsleitenden bewerteten die Ernteproduktanalysen als «nicht hilfreich». Es hat sich gezeigt, dass die Zürcher Projektbetriebe etwas höhere Rohproteingehalte im Vergleich zu den GRUD-Werten aufweisen (Tabelle A 6). Die Werte beim Getreide aus dem Jahr 2023 sind niedriger als die Ausgangswerte im Jahr 2018 (Abbildung A 1). Für den Brotweizen lagen am meisten Proben vor (n=53). Im Vergleich zu den Laboranalysen von Swiss Granum für die Region 6 (Basler Rheintal und Ostschweiz) waren die Proteingehalte im

Brotweizen der Projektbetriebe im Mittel leicht höher (Swiss Granum, 2024). Gleiches gilt für den Vergleich mit den Werten der ganzen Schweiz (Tabelle 9).

Da sich nicht alle Betriebe an den Probennahmen über alle Jahre beteiligt haben, können die Ergebnisse nicht eindeutig einer durch die Massnahmen veränderten Düngung zugeschrieben werden. Dazu kommt, dass die Sortenwahl und der Standort einen grossen Einfluss auf die Proteingehalte der Ernteprodukte haben können (Grossrieder et al., 2022).

Tabelle 9 : Proteingehalte (%) der Brotweizenproben im N-Effizienzprojekt (RP N-Effizienz) im Vergleich mit Analysen von Swiss Granum. Region 6 = Basler Rheintal und Ostschweiz.

	Jahr	Proteingehalte %		
		RP N-Effizienz	Region 6	Schweiz
Brotweizen-Mittelwert alle Sorten	2023	12.0	10.0	9.8
	2021	12.5	11.5	11.0
	2020	11.8	12.6	12.1
	2019	13.6	12.9	12.6
	2018	12.7	13.2	12.7

Grundfutteranalysen

Für die Mehrheit der Milchviehhaltenden waren die Grundfutteranalysen «hilfreich» bis «sehr hilfreich». Zur bedarfsgerechten Fütterung ist das Wissen um die Grundfutterqualität entscheidend. Auf deren Basis kann die Ergänzungsfütterung mit Kraftfuttermitteln angepasst werden. Die Ergebnisse der Analysen finden sich im Anhang (Abbildung A 3 und Abbildung A 4). Witterungsbedingt gab es starke Schwankungen in der Grundfutterqualität zwischen den Jahren. Besonders schlecht fiel der erste Schnitt im Jahr 2023 aus, was die Betriebsleitenden teilweise veranlasste mehr Futter zuzukaufen.

Hofdüngeranalysen

Im Rahmen der Massnahme «Planung der Hofdünger-Ausbringung» wurde von den Betriebsleitenden jeweils eine Hofdüngerprobe vor der ersten Ausbringung im Frühling und eine weitere Probe im Verlauf des Jahres entnommen und zur Analyse ins Labor geschickt. Insgesamt wurden 130 Hofdüngerproben analysiert. In den Tabelle 10Tabelle 11 sind die Ergebnisse der Hofdüngerkategorien zusammengefasst, von denen mehr als eine Probe analysiert wurde. Die Ergebnisse der Gülle- und Rindermistanalysen waren mit den Tabellenwerten von Richner und Sinaj 2017 vergleichbar. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt die Versuchsstation «Nährstoffflüsse» im Kanton Luzern. Die dort untersuchten N- und P-Gehalte der Rindergülle zeigten eine sehr gute Übereinstimmung mit den Düngennormen der GRUD (Steinsberger, 2024). Die N_{ges} -Gehalte der Legehennen- und Pouletmistproben der N-Effizienzprojektbetriebe zeigten grössere Abweichungen von -4kg N_{ges} /t Legehennenmist und -7kg N_{ges} /t Pouletmist im Vergleich zu den GRUD-Referenzwerten. Bei der Berechnung der Suisse-Bilanz und der Hoftorbilanz mit diesen Standardwerten wird der N-Anfall aus der Geflügelhaltung sowie die N-Wegfuhr wohl eher überschätzt. Die Akzeptanz und die Motivation für die Hofdüngeranalysen waren bei den Betriebsleitenden sehr verschieden. So stellte sich die Probennahme für einzelne Betriebe als zu aufwändig heraus.

Tabelle 10 : Ergebnisse der Gülleanalysen der Betriebe im N-Effizienzprojekt. Die Referenzwerte stammen aus den GRUD (Richner & Sinaj, 2017). SD = Standardabweichung

Hofdüngerart	Anzahl n	TS-Gehalt (%)	SD	N_{ges} (kg/m ³)	SD	P_2O_5 (kg/m ³)	SD
Rindergülle	66	4.12	2.0	2.06	0.6	0.80	0.3
GRUD Rindergülle		4.50		1.95		0.85	
Schweinegülle	12	4.93	2.4	3.04	1.4	1.45	0.7
GRUD Schweinegülle		2.50		3.25		1.60	
Rindergülle separiert	10	3.77	0.9	2.20	0.5	0.82	0.2

Tabelle 11 : Ergebnisse der Mist- und Feststoffanalysen der Betriebe im N-Effizienzprojekt. Die Referenzwerte stammen aus den GRUD (Richner & Sinaj, 2017). SD = Standardabweichung

Hofdüngerart	Anzahl n	TS-Gehalt (%)	SD	N _{ges} (kg/t)	SD	P ₂ O ₅ (kg/t)	SD
Legehennenmist	3	50.9	23.2	22.0	13.2	17.2	8.1
<i>GRUD Hennenmist</i>		<i>50.0</i>		<i>26.0</i>		<i>30.0</i>	
Pouletmist	9	74.3	11.4	25.9	5.3	11.8	3.0
<i>GRUD Pouletmist</i>		<i>65.0</i>		<i>32.0</i>		<i>17.0</i>	
Rindermist	11	19.3	5.7	4.7	1.8	2.4	1.5
<i>GRUD Rindermist Stapelmist</i>		<i>19.0</i>		<i>4.5</i>		<i>3.0</i>	
Separierte Feststoffe	6	34.3	16.4	7.9	5.0	4.2	2.6

N_{min}-Analysen und Nitratcheck

Die Ergebnisse der N_{min}-Analysen und des Nitratchecks sind im Anhang ersichtlich (Abbildung A 2, Tabelle A 7). Die hohen Schwankungen der N_{min}-Gehalte zwischen den Parzellen und Jahren verdeutlichen die Notwendigkeit und das Potential einer standortangepassten Düngung. Grossrieder et al. (2022) untersuchten verschiedene Methoden der standortangepassten Düngung beim Weizenanbau. Sie kommen zum Ergebnis, dass die Methoden zu einer höheren N-Effizienz durch einen höheren Körnerertrag pro kg ausgebrachtem Mineraldünger beitragen. Ohne signifikante Ertragsreduktion konnten bis zu 31 % N gegenüber der Norm-Düngung eingespart werden. Die Anwendung des Nitratchecks, insbesondere das Auspressen des Pflanzensafts stellte sich als eher kompliziert heraus und somit ist die Eignung des Tests für die Praxis fraglich.

Die Kosten für die N_{min}-Analysen belaufen sich auf rund 250 Franken pro Parzelle. Obwohl das Projekt die Kosten übernahm, nahmen nur fünf Betriebe das Angebot der N_{min}-Analysen in Anspruch. Nicht alle Betriebe hielten sich an die empfohlenen Düngegaben der N_{min}-Analysen.

Berechnete Ammoniak-Stickstoffemissionen

Die gasförmigen Verluste spielen eine wichtige Rolle im Zusammenhang mit N-Verlusten. Mit der Methode der Hoftorbilanz werden die N-Input- und N-Outputgrössen auf Betriebsebene berechnet. Der N-Saldo stellt dementsprechend den N-Überschuss auf Betriebsebene dar. Dieser Überschuss stellt das potenzielle Umweltrisiko dar, da der überschüssige Stickstoff, entweder im Boden gespeichert oder aber auch in Form von Verlusten in die Umwelt gelangen kann (Oenema et al., 2003). Im Zusammenhang mit Stickstoff spielen insbesondere die gasförmigen Verluste in Form von Ammoniak (NH₃) oder Lachgas (N₂O) sowie die Auswaschung von Nitrat (NO₃⁻) eine wichtige Rolle.

Die gasförmigen N-Emissionen auf den Projektbetrieben wurden mit dem Modell Agrammon von Kupper et al. (2010) für das Basisjahr 2017 und das Massnahmenjahr 2023 im Rahmen einer Semesterarbeit an der HAFL berechnet (Ramp, 2024). Wie erwartet und in Tabelle A 8 im Anhang ersichtlich, machten die NH₃-Emissionen den höchsten Anteil an den gesamten gasförmigen N-Emissionen aus. Die N-Emissionen wurden im Laufe des Projekts reduziert. Zudem korreliert der N-Saldo aus der Hoftorbilanz signifikant mit den NH₃-Emissionen ($r = 0.57$, $P = 0.0003$) (Abbildung 8). Das zeigt, dass der N-Saldo eine aussagekräftige Grösse zur Beurteilung der N-Verluste auf landwirtschaftlichen Betrieben sein kann.

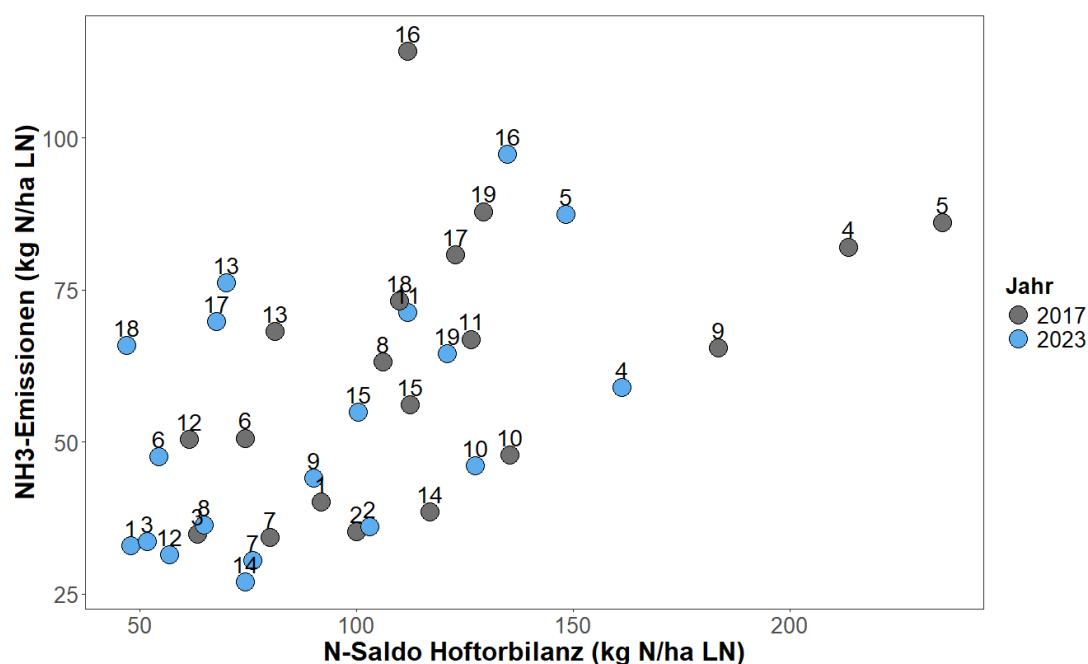


Abbildung 8: N-Saldo (kg N/ha LN) aus der Hoftorbilanz und mit Agrammon berechnete NH₃-Emissionen (kg N/ha LN) für die Jahre 2017 (Basisjahr) und 2023 (Massnahmenjahr)

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss beachtet werden, dass für die Agrammon-Berechnungen nur einzelne Jahre der Basis- und Massnahmenjahre berücksichtigt werden konnten. Dazu kommt, dass es sich um eine Modellierung handelt und manche Betriebsfaktoren eventuell zu wenig genau erfasst werden konnten.

Generell stimmen die Daten gut mit den Ergebnissen vergleichbarer Projekte überein (Ghione et al., 2023). Die meisten Betriebe verringerten ihre N-Emissionen im Laufe des Projekts. Bezogen auf die Massnahmenwirkung konnte ein schwacher Zusammenhang zwischen dem N-Input durch die Fütterung und den NH₃-Emissionen festgestellt werden. In einem Versuch am Agroscope konnte der Zusammenhang zwischen dem RP-Gehalt von Milchviehrationen und den NH₃-Emissionen ebenfalls unter Praxisbedingungen nachgewiesen werden (Schrade et al., 2023).

Schlussfolgerungen Lernziel 2 Stärken und Schwächen der Massnahmen

Die von den meisten Betrieben gewählten zwei Massnahmenbereiche «Fütterung» und «Düngungsplanung» wurden mehrheitlich positiv hinsichtlich ihrer ökonomischen Vorteile bewertet. Zugleich hielten sich mögliche Ertragsausfälle auch aus Sicht der Betriebsleitenden in einem vertretbaren Rahmen. Dass die Mehrheit der Betriebe diese Massnahmen auch nach dem Projektende weiter umsetzen möchte, spricht für eine hohe Akzeptanz.

Die meisten Betriebsleitenden konnten ihr Projektziel hinsichtlich der N-Saldoreduktion mithilfe der gewählten Massnahmen erreichen. Allerdings sind die Unterschiede in der Umsetzung auf Betriebsebene sehr hoch. Dadurch kann nicht vollends aufgeklärt werden, welche Massnahme konkret zu welcher Wirkung geführt hat. Dazu kommt, dass auf jedem Betrieb mehrere Massnahmen umgesetzt wurden und die Kombination der einzelnen Massnahmen nochmals unterschiedlich beurteilt werden müsste. Von einzelnen Massnahmen wie z. B. Nachsaaten wird die Wirkung erst im Laufe weiterer Jahre sichtbar werden.

Für die Massnahmenwirkung sprechen die niedrigeren NH₃-Emissionen im Jahr 2023 im Vergleich zu 2017, die mit dem Agrammonmodell berechnet wurden. Die Analysen von Grundfutter, Hofdünger und Nmin im Boden können eine wichtige Hilfestellung bei einem optimierten N-Einsatz sein. Die Unterstützung durch das Strickhof-Beratungsteam zum Start der Massnahmen war für die meisten Betriebe wichtig und die Betriebsleitenden schätzten insbesondere diese unabhängige Beratung.

6.2.3 Lernziel 3: Möglichkeiten und Grenzen von N-Effizienz und N-Saldo Optimierungen ohne Ertrags- einbussen auf dem Einzelbetrieb

Hauptmassnahmen «Fütterung» und «Düngung» auf Milchviehbetrieben

Alle Milchviehbetriebe im Projekt (Typ Ackerbau und Grasland) wählten je eine Massnahme aus dem Bereich «Fütterung» und «Düngung». Bei den Massnahmen ging es einerseits darum den Input sorgfältig zu planen, zu reduzieren und möglichst effizient einzusetzen. Deshalb wurde überprüft, ob sich die Inputs zwischen den Basis- und Massnahmenjahren veränderten. In Bezug auf die N-Effizienz zeigte sich nur für die «Milchvieh Grasland» Betriebe eine signifikante Steigerung der N-Effizienz von 42.5 % in den Basisjahren auf 52.1 % in den Massnahmenjahren (signifikante Interaktion Typ x Jahr, $P < 0.0001$). Der N-Saldo konnte zwar im Mittel über alle Milchviehbetriebe (Ackerbau und Grasland) in den Massnahmenjahren reduziert werden ($P = 0.050$), allerdings zeigte auch hier eine stärkere Reduktion bei den «Milchvieh Grasland»-Betrieben gegenüber den «Milchvieh Ackerbau»-Betrieben (signifikante Interaktion Typ x Jahr, $P = 0.018$). Die Betriebe «Milchvieh Ackerbau» konnten den N-Saldo von durchschnittlich 131 kg N pro ha und Jahr auf 115 kg N pro ha und Jahr ($P = 0.196$, nicht signifikant) senken, während die «Milchvieh Grasland»-Betriebe den N-Saldo von durchschnittlich 143 kg N pro ha und Jahr auf 102 kg N pro ha und Jahr ($P < 0.0001$) reduzierten.

Der mittlere N-Input durch Mineraldünger war bei den «Milchvieh Grasland» Betrieben um 39.5 kg N pro ha und Jahr tiefer als bei den «Milchvieh Ackerbau»-Betrieben ($P = 0.010$). Die Ackerbaubetriebe reduzierten den N-Input über Mineraldünger um 10.0 kg pro ha und Jahr und die graslandbetonten Milchviehbetriebe reduzierten den N-Input über Mineraldünger um 16 kg N pro ha und Jahr. Beim N-Input über Hofdünger zeigten sich keine Unterschiede, weder zwischen den Betriebstypen, noch zwischen den Basis- und Massnahmenjahren. Der mittlere N-Input über Kraftfutter wurde auf den Milchvieh Grasland Betrieben in den Massnahmenjahren um 15.06 kg N pro ha und Jahr reduziert ($P = 0.003$), während er bei den «Milchvieh Ackerbau»-Betrieben um 1.32 kg N pro ha und Jahr sogar leicht anstieg ($P = 0.993$).

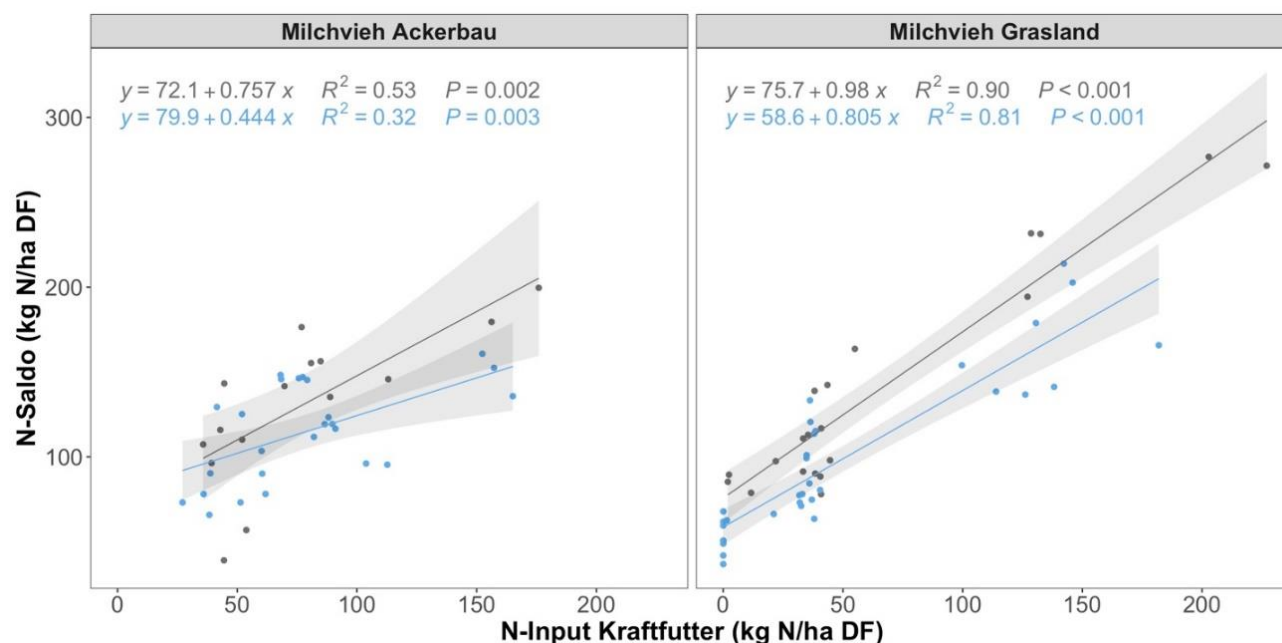


Abbildung 9 : Zusammenhang zwischen N-Input durch Kraftfutter und N-Saldo für die 11 Milchviehbetriebe nach Typ und Umsetzung von Massnahmen (grau = Basis und hellblau = Massnahmenjahre).

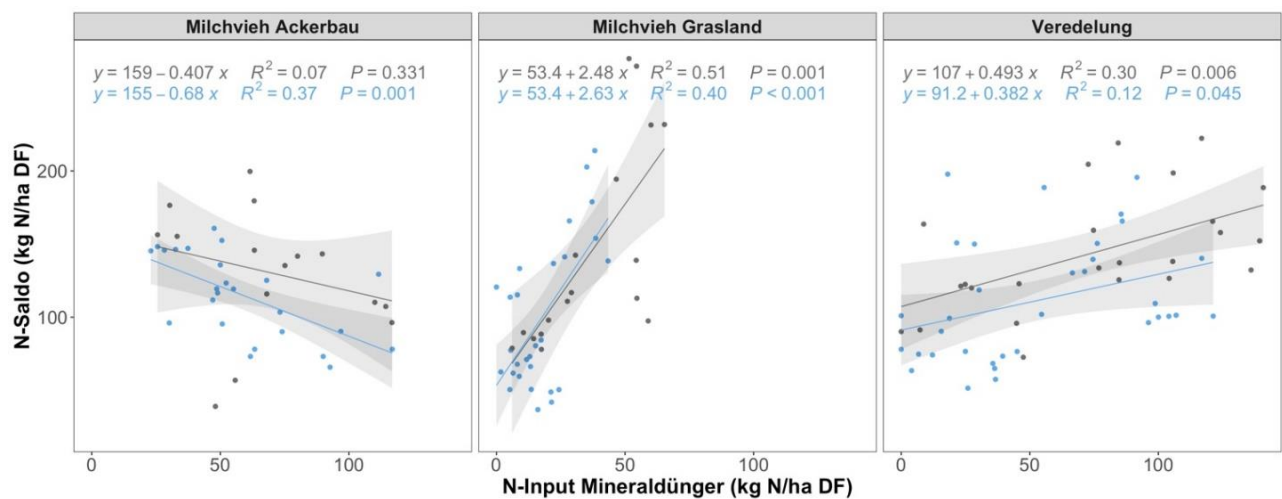


Abbildung 10 : Zusammenhang zwischen N-Input durch Mineraldünger zu N-Saldo für alle 19 Betriebe nach Typ und Umsetzung von Massnahmen (grau = Basis und hellblau = Massnahmenjahre).

Die linearen Regressionen für den N-Input via Kraftfutter zeigen insbesondere bei den Milchvieh Graslandbetrieben eine hohe Korrelation. Der Zusammenhang zwischen N-Saldo und N-Input via Mineraldünger ist nur schwach und von der Tendenz gegenläufig bei den verschiedenen Betriebstypen. Dies konnte bereits in anderen Studien festgestellt werden (Akert et al., 2020; Ghione et al., 2023). Die Betriebe des Typs «Milchvieh Grasland» haben den N-Input aus betriebsfremden Futtermitteln stärker reduziert als die Betriebe des Typs «Milchvieh Ackerbau». Analysen der monatlichen Milchharnstoffwerte zeigen ein übereinstimmendes Bild. Auch hier sind die Milchharnstoffwerte der «Milchvieh Grasland»-Betriebe auf einem deutlich tieferen Niveau während den Massnahmenjahren als im Mittel der Basisjahre (Abbildung 10). Zudem liegt der mittlere Milchharnstoffwert der Basisjahre der «Milchvieh Grasland»-Betriebe auf einem höheren Niveau als der mittlere Milchharnstoffwert der «Milchvieh Ackerbau» Betriebe. Dies weist auf einen grösseren Rohproteinüberschuss auf Ebene Tier bei den Graslandbetrieben hin, weshalb hier ein grösseres Potential für eine Reduktion des N-Überschusses auf Ebene Tier und damit auch auf Ebene Hoftor resultieren kann.

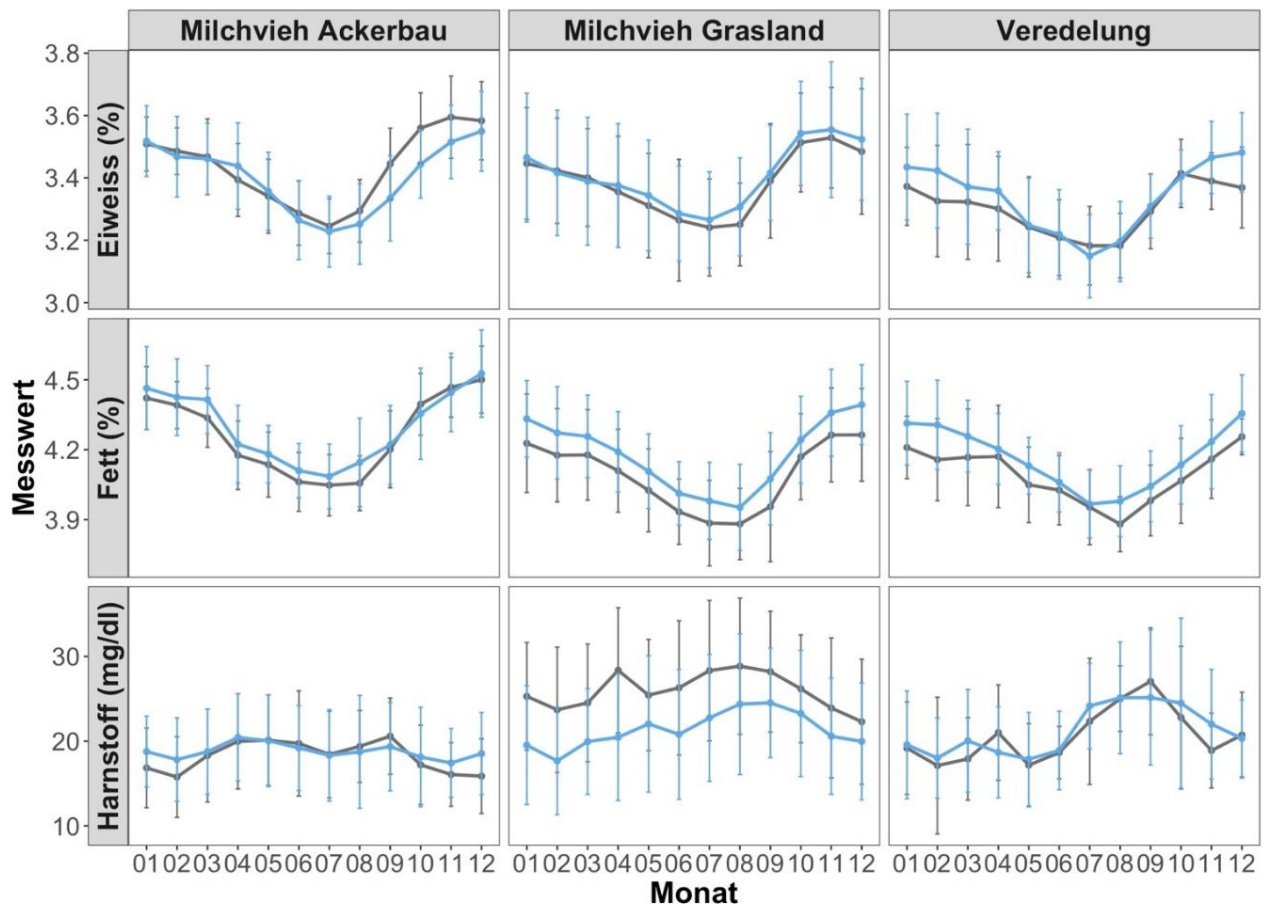


Abbildung 11 : Dargestellt sind nach Betriebstyp die Mittelwerte des Milchharnstoffs, des MilCHFett- und des Milcheiweissgehalts in grau für die Basis- und in hellblau für die Massnahmenjahre.

Im Rahmen einer Semesterarbeit an der BFH-HAFL (Helfenstein, 2022) wurde untersucht, wie sich die mittleren MilChharnstoffwerte über alle Betriebstypen im Projekt während den Massnahmenjahren 2019, 2022 und 2021 entwickelt haben im Vergleich zu den monatlichen Mittelwerten der neun Regionen des Kanton Zürichs der Plattform «Benchmark MilChharnstoffwert». Es zeigte sich, dass die Projektbetriebe durchschnittlich unter dem Mittel der regionalen Benchmarks lagen und dass sich bei beiden Betriebsgruppen eine Tendenz zu einem niedrigeren MilChharnstoffwert abzeichnet (siehe Abbildung 12). Nichtsdestotrotz zeigt sich für die Projektbetriebe des Typs «MilChvieh Grasland» ein deutlich tieferes mittleres Harnstoff-Niveau (Abbildung 11).

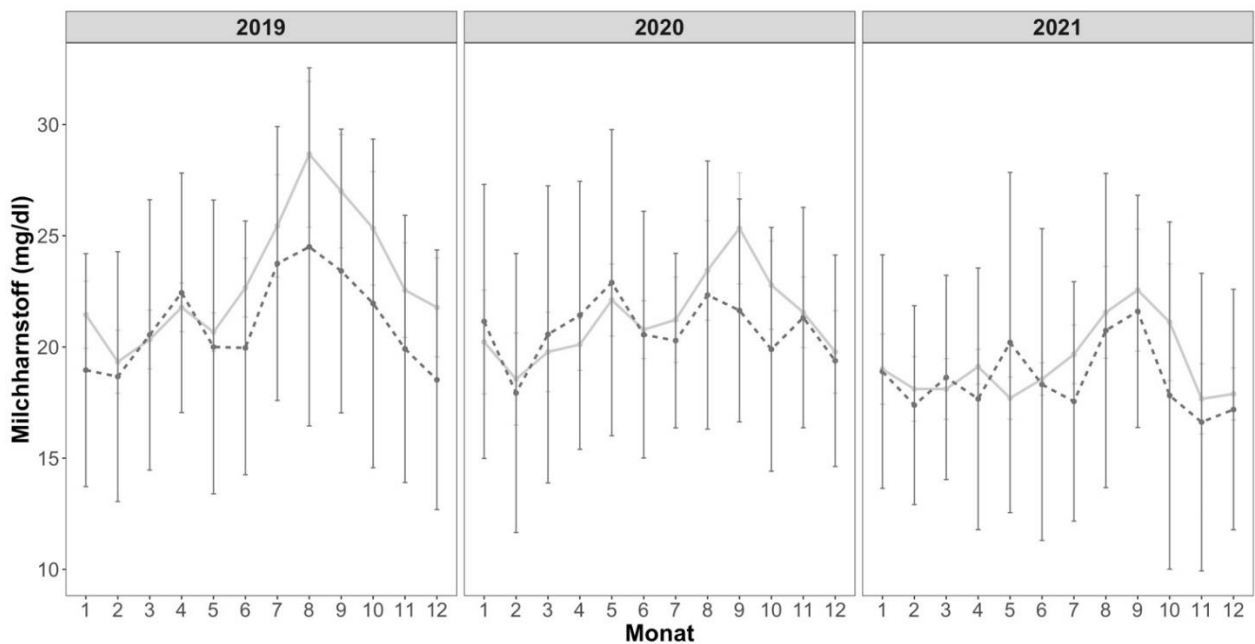


Abbildung 12 : Mittlere Milchharnstoffwerte über alle Projektbetriebe (dunkelgrau gepunktete Linie) und Betriebe der Plattform «Benchmark Milchharnstoff» des Kantons Zürich (hellgrau, durchgezogene Linie) für die Jahre 2019, 2020 und 2021.

Die mittlere Milchleistung gemessen in ECM je Kuh und Jahr sowie die mittlere eingesetzte Kraftfuttermenge je Kuh und Jahr gingen während der Projektdauer nicht zurück (Abbildung 20 im Anhang). Allerdings wurde der mittlere Rohproteingehalt der Kraftfutter von 28.3 % (± 7.13 SD) Rohprotein in den Basisjahren auf 25.0 % (± 7.51 SD) Rohprotein während den Massnahmenjahren gesenkt.

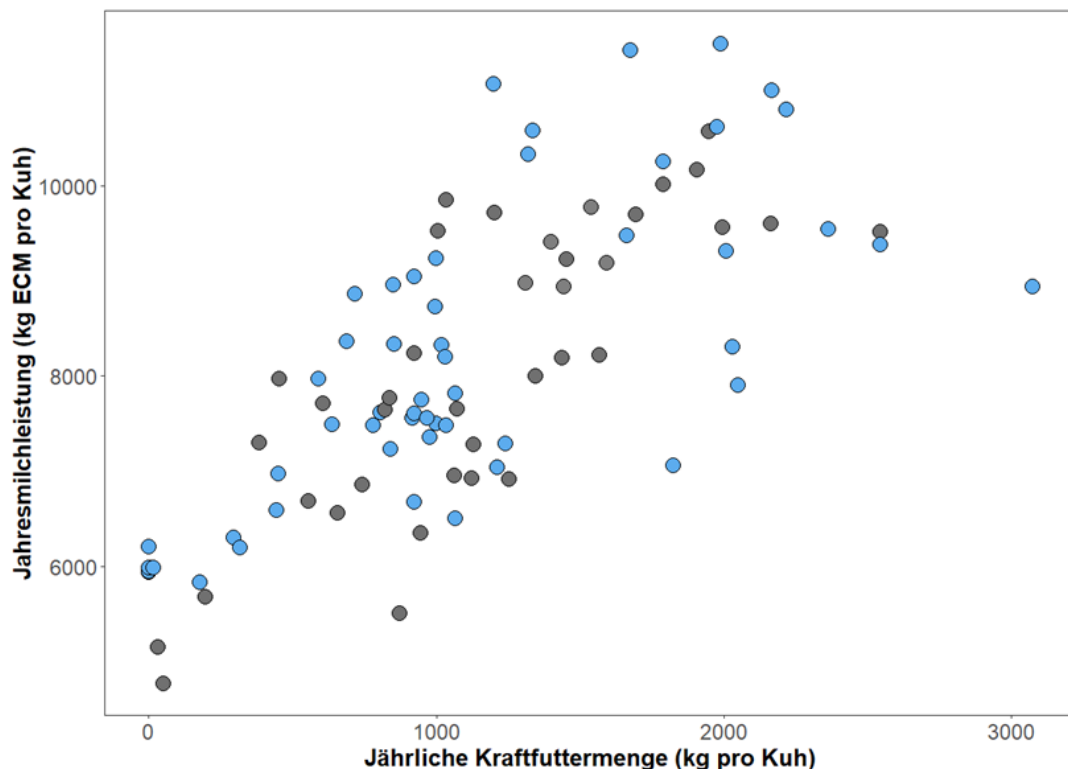


Abbildung 13 : Darstellung der Jahresmilchmenge in kg ECM (energiekorrigierter Milch) und eingesetzten Kraftfuttermenge in kg Frischsubstanz pro Kuh und Jahr (grau = Mittelwert der Basisjahre, blau = Mittelwert der Massnahmenjahre).

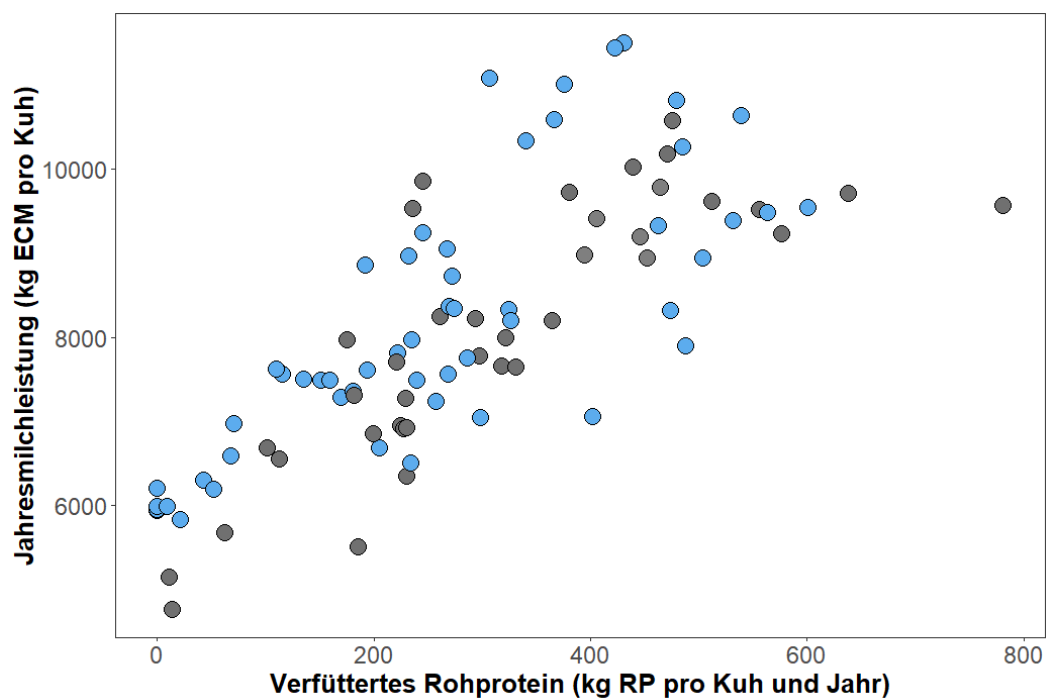


Abbildung 14 : Darstellung der Jahresmilchmenge in kg ECM (energiekorrigierter Milch) und des verfütterten Rohproteins in kg RP pro Kuh und Jahr (grau = Mittelwert der Basisjahre, blau = Mittelwert der Massnahmenjahre).

Massnahme «Fütterung» auf Veredelungsbetrieben

Bei den Veredelungsbetrieben haben sechs der acht Betriebe eine Massnahme im Bereich Fütterung umgesetzt. Diese beinhaltete bei allen Betrieben die Reduktion des N-Inputs, meist durch eine Reduktion des RP-Gehalts im Futter.

Die Fütterungsmassnahmen zur Reduktion des N-Saldos oder der Steigerung der N-Effizienz können als «Begin-of-Pipe»-Massnahmen bezeichnet werden. Stickstoff, der nicht durch die Fütterung ins System gelangt, kann auch nicht verloren gehen (Sajeev et al., 2018; Spring, 2024). Daher sind sie hinsichtlich der Emissionsreduktion besonders vielversprechend. Dazu kommt, dass die Anpassung des RP-Gehalts relativ einfach umgesetzt werden kann und in der Regel keine baulichen Massnahmen erforderlich sind (Schrade et al., 2024).

Es stellt sich daher die Frage wie hoch das Potential in der Fütterung ist, auf wieviel Rohprotein im Kraftfutter bei Rindern, aber auch bei der Schweine- und Geflügelfütterung verzichtet werden, ohne die Leistung oder gar das Tierwohl zu beeinträchtigen. Die Rohprotein (RP)-Gehalte im Mischfutter von Schweinen haben sich über die Jahre deutlich verringert, was bereits zu einer Effizienzsteigerung geführt hat (von Wyl et al., 2023). Dennoch besteht gemäss Spring (2024) immer noch ein grosses Potential bei der RP-Einsparung, insbesondere bei der Umsetzung der Phasenfütterung der Mastschweine, sowie der Galtsauenfütterung. Dies kann auch anhand von Beispielen einzelner Projektbetriebe bestätigt werden. Zwei Betriebsleitende mit Mastschweinehaltung haben im Laufe des Projekts das Fütterungssystem stark verändert. Das Fütterungssystem wurde unabhängig von den gewählten Massnahmen umgesetzt und kann dadurch in diesen Auswertungen nicht direkt beurteilt werden. Die Ergebnisse der Hoftorbilanzen der beiden kommenden Jahren werden voraussichtlich mehr Aufschluss zur Wirkung geben können.

Das Beispiel des Legehennenbetriebs im Projekt hat gezeigt, dass auch in der Legehennenhaltung noch ein Verbesserungspotential hinsichtlich des eingesetzten Futterproteins möglich ist. Der Betriebsleiter konnte den RP-Gehalt im Futter um 10 % verringern und betonte bei einer Veranstaltung, dass die Tierkonstitution bei der Einstellung mit ausschlaggebend für die Umsetzung einer RP-reduzierten Fütterung ist.

Ackerbauerträge und Mineraldüngereinsatz

Die Erträge im Getreideanbau zeigten grosse Schwankungen zwischen den Jahren, diese sind in Abbildung 15 ersichtlich. Das Jahr 2021 war witterungsbedingt ein besonders schwieriges Jahr, neben hohen Niederschlä-

gen im Frühsommer gab es im Juni extreme Hagelereignisse, die hohe Ernteaufälle zur Folge hatten. Einen Überblick über die jährlichen Wetterdaten an der Station Lindau geben Abbildung A 8 und Abbildung A 9 im Anhang.

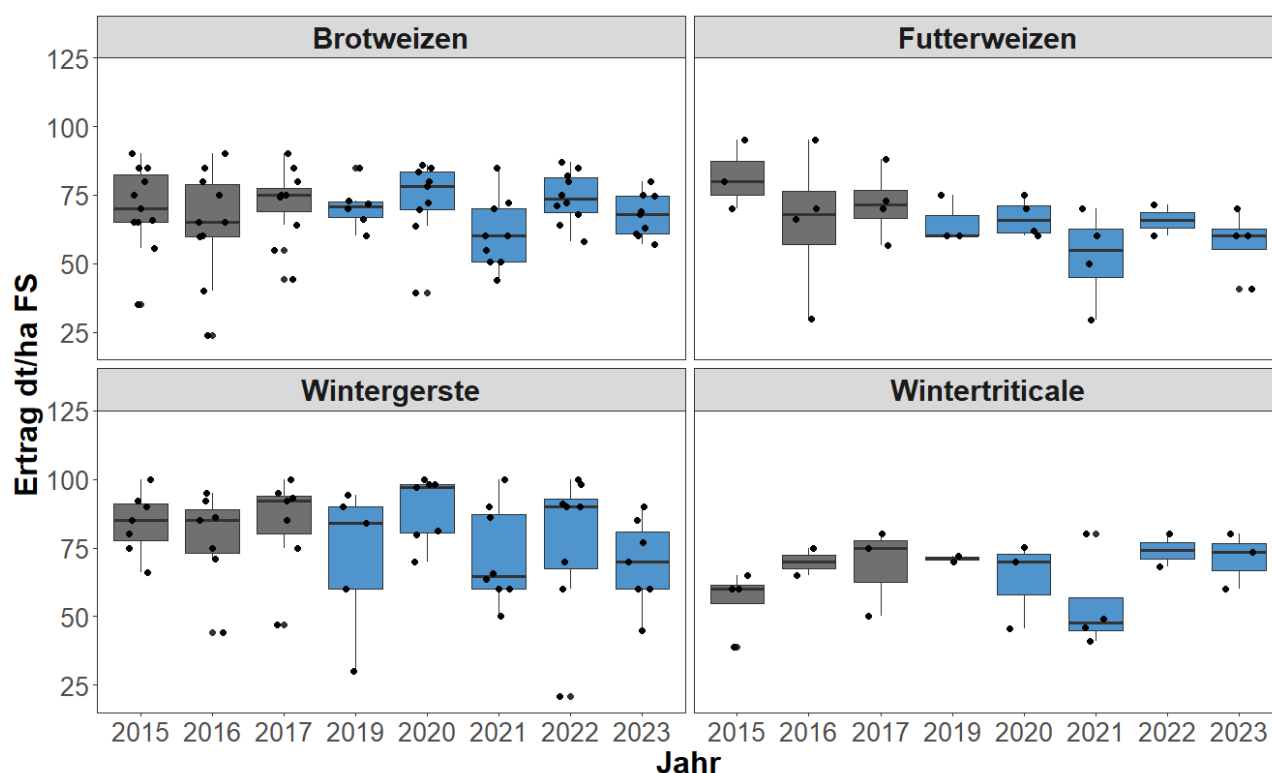


Abbildung 15 : Getreideerträge in dt/ha FS über alle Jahre. 2015-2017 sind Basisjahre (grau), 2019 bis 2023 sind Massnahmenjahre (hellblau).

Die Ackerbauerträge in den Massnahmenjahren waren tiefer bei Futterweizen und Winterraps (Tabelle 12; $P < 0.05$). In den Massnahmenjahren wurden höhere Zuckerrübenenerträge erzielt, während die Erträge bei Brotweizen, Wintergerste, Wintertriticale und Kartoffeln im Durchschnitt keine Veränderung zeigten ($P > 0.05$).

Tabelle 12 : Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der Ackerbauerträge in den Basis- und Massnahmenjahren, p-Wert (<0.05 = statistisch signifikanter Unterschied)

Kultur	Ernteertrag Basis (dt FS/ha)				Ernteertrag Massnahme (dt FS/ha)			Veränderung in %	P-Wert
	Anzahl (n)	MW	SD		Anzahl (n)	MW	SD		
Brotweizen	32	69	16		43	69	12	0.4	0.775
Futterweizen	11	72	19		19	56	19	-22.8	0.009
Wintergerste	21	82	15		36	75	22	-9.2	0.098
Winterraps	19	37	8		29	31	11	-16.1	0.007
Wintertriticale	10	59	19		14	65	14	10.6	0.255
Zuckerrüben	17	848	105		23	933	130	10.0	0.010
Kartoffel	9	411	97		14	425	96	3.5	0.597
Körnermais	19	112	19		15	107	21	-4.0	0.261

Dem gegenüber wurde der aus Mineraldüngern ausgebrachte Stickstoff im Durchschnitt über alle Kulturen um -14.5 % reduziert (Tabelle 13).

Tabelle 13 : Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) des eingesetzten Stickstoffs (N) aus Mineraldüngern in den Basis- und Massnahmenjahren

Kultur	Mineraldünger Basis (kg N/ha)			Mineraldünger Massnahme (kg N/ha)		Veränderung in %
	MW	SD		MW	SD	
Brotweizen	119.1	33.3		101.5	34.4	-14.8
Futterweizen	113.7	27.1		79.6	25.4	-30.0
Silomais	106.2	38.9		86.8	30.3	-18.3
Wintergerste	111.2	30.7		82.5	35.7	-25.8
Winterraps	138.1	30.6		107.0	38.1	-22.5
Wintertriticale	102.1	20.9		74.1	26.7	-27.5
Zuckerrüben	61.0	24.7		44.8	25.0	-26.6
Kartoffel	129.2	13.8		144.5	16.2	11.8
Körnermais	87.4	30.9		107.7	37.8	23.3

Wurde im Ackerbau die N-Gabe aus Mineraldüngern reduziert, so stellt sich die Frage, ob stattdessen mehr Hofdünger im Ackerbau eingesetzt wurden. Mit dem Modell Agrammon kann der vorhandene Stickstoff auf Betriebsebene, der zur Düngung eingesetzt werden kann, berechnet werden. Die Agrammon-Modellierung wurde für die Jahre 2017 (Basis) und 2023 (Massnahme) durchgeführt (Abbildung 16). Mitberücksichtigt bzw. verrechnet sind auch Hofdüngerzu- und Hofdüngerwegfahren. Die Hofdüngerzu- und -wegfahren erklären auch die teilweise grossen Unterschiede zwischen den beiden Jahren, wie bei Betrieben 8 und 9. Betrieb 17 führte in den Massnahmenjahren Pouletmist in eine Biogasanlage und nahm die Gärgülle zurück. Dadurch wurde Mineraldünger eingespart und der Anteil an Hofdünger erhöht. Im Mittel über alle Betriebe betrachtet, wurde zwischen den beiden Jahren 2017 und 2023 32% weniger Mineraldünger eingesetzt. Der Anteil Hofdünger-N am gesamten auf dem Betrieb vorhanden N veränderte sich zwischen 2017 und 2023 im Durchschnitt um -2.6 %.

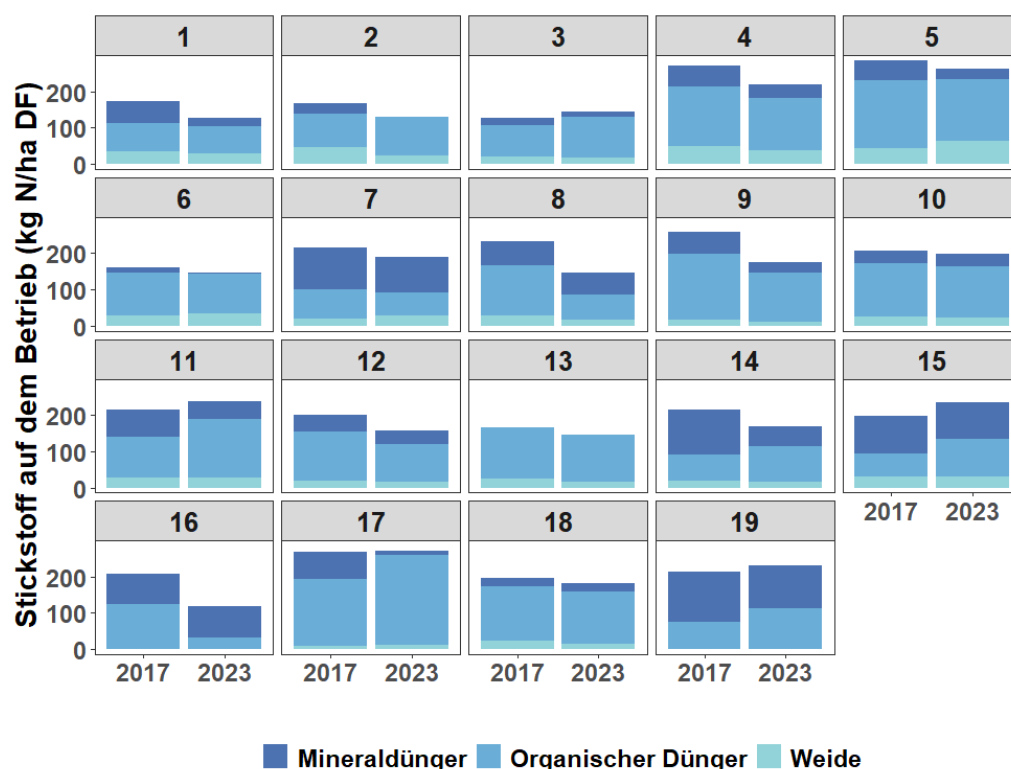


Abbildung 16 : Mit dem Agrammon-Modell berechneter Stickstoff (N) der Betriebe, der für die Düngung eingesetzt werden kann. In der Berechnung inbegriffen sind Hofdüngerzu- und wegführen.

Wirtschaftlichkeit der Massnahmen

Die verfügbaren Daten erlaubten keine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einzelner Massnahmen. Auf der Basis der Input- und Outputdaten von Futtermitteln, Saatgut, Dünger, Tieren und Flächen (Erträge) sowie von gesamtbetrieblichen Buchhaltungsdaten (Direktkosten, Maschinenkosten, Investitionen, Deckungsbeiträgen Tiere und Pflanzenbau) von sieben Betrieben konnten einige grobe Wirtschaftlichkeitsüberlegungen zu den Projektjahren 2019-2021 gegenüber den Basisjahren angestellt werden.

Erkenntnisse bezüglich finanzieller Erträge und Kosten

- **Finanzielle Erträge:** Sechs von sieben untersuchten Betrieben erreichten während der Projektzeit eine Ertragssteigerung bzw. eine Steigerung des Deckungsbeitrags im Bereich Tiere. Aufgrund der vorhandenen Daten kann nicht festgestellt werden, ob diese Steigerung wegen des Projekts stattfand. Gemäss qualitativer Einschätzung der Betriebsleitenden wirkte sich das Projekt positiv auf die Tierhaltung aus.
- **Direktkosten Kraftfutter:** Bei fünf von sieben Betrieben waren die Gesamtkosten wie auch die Kosten pro kg Futter höher, obwohl die Kraftfuttermengen tiefer waren. Zur Optimierung der Rationen bezüglich N wurden teurere Futter eingesetzt. Die Reduktion der Kraftfuttermengen konnten die höheren Preise vermutlich nicht kompensieren.
 - ➔ **Fazit Kraftfutter:** Geringere Kraftfuttermengen können höher Kosten für spezifischere Futtermittel mit besser verdaulichem Eiweiss eher nicht kompensieren
- **Direktkosten Mineraldünger:** Die Mineraldüngermengen wurden auf sechs von sieben Betrieben reduziert.
 - ♦ Der siebte Betrieb setzte mehr Mineraldünger ein und hat ausser der Massnahme «Düngungsplanung» keine weiteren Massnahmen mit Wirkung auf den Mineraldüngereinsatz umgesetzt.
 - ♦ Zwei Betriebe haben Harnstoff durch teureren Ammonsalpeter ersetzt. Ammonsalpeter ist weniger anfällig für Ammoniak-Verluste als Harnstoff. Die Mehrkosten des Ammonsalpeters konnten durch die geringeren Mengen nicht kompensiert werden.
 - ♦ Vier Betriebe setzten tiefere Mengen ein und hatten auch geringere Kosten.
 - ➔ **Fazit Mineraldünger:** Die Optimierung der eingesetzten Mineraldünger kann einen positiven finanziellen Effekt haben. Ein Potenzial ist v. a. dann vorhanden, wenn die Menge an mineralischen N-Düngern reduziert werden kann.

- *Direktkosten Saatgut*: Hier zeigte sich ein sehr durchmisches Bild. In der Tendenz waren die Saatgutkosten auf den untersuchten Betrieben eher steigend aufgrund pflanzenbaulicher Massnahmen wie vermehrtem Anbau von Zwischenfutter, Gründungen oder Übersaaten.
→ *Fazit Saatgutkosten*: Insbesondere in den ersten Jahren nach einer Umstellung ist mit höheren Saatgutkosten zu rechnen
- *Maschinenkosten und Investitionen*: Für verlässliche Aussagen waren zu wenig detaillierte Daten vorhanden. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass aufgrund der umgesetzten Massnahmen die variablen Maschinenkosten gestiegen sind.
→ *Fazit Maschinenkosten und Investitionen*: Betriebe mit Investitionen in neue Technologien zur N-Effizienzsteigerung (z. B. Schleppschuhgeräte) haben deutlich höhere Kosten als Betriebe ohne Investitionen.
- *Arbeitskosten*: Für verlässliche Aussagen waren zu wenig detaillierte Daten vorhanden. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass aufgrund der umgesetzten Massnahmen (inkl. Probenahmen, Beratungs- und Planungsaufwand) die Arbeitskosten gestiegen sind.
→ *Fazit Arbeitskosten*: Die Entwicklung und Umsetzung von Strategien zur N-Effizienzsteigerung führen eher zu einer Arbeitskostenerhöhung oder zu teuren Investitionen. Vor allem für Betriebe, welche bei der Arbeit und/oder bei den Finanzen limitiert sind, braucht es alternative Strategien zur N-Effizienzsteigerung, welche nicht mit zusätzlichen Arbeitskosten oder Investitionen verbunden sind.

Erkenntnisse bezüglich Erträge

- Unter Berücksichtigung der Projektbeiträge entwickelten sich die gesamtbetrieblichen Deckungsbeiträge (DB) meistens positiv.
- Drei Betriebe konnten die durch das Projekt verursachten Mehrkosten vollumfänglich mit höheren DB kompensieren, zwei Betriebe nur knapp. Die drei Betriebe mit guten Ergebnissen hätten ohne Deckelung der Beiträge nochmals deutlich mehr Abgeltungen erreichen können. Bei allen anderen Betrieben wurde das Maximum von 15'000.- Franken Abgeltungen durch das Projekt nicht erreicht.
- Bei einem Betrieb entwickelte sich die DB eher negativ, wobei diese Entwicklung vermutlich nicht auf das Projekt zurückzuführen ist.
- Ein Betrieb weist eine andere, mit den verfügbaren Daten und Methoden nicht abbildbare Ertragsstruktur auf.

Schlussfolgerungen Möglichkeiten und Grenzen von N-Effizienz und N-Saldo Optimierungen

Auf den Milchviehbetrieben blieb die Milchleistung, trotz einem durchschnittlich geringeren Rohproteingehalt im Kraftfutter, stabil. Die statistischen Zusammenhänge zwischen dem Kraftfutter-Input und dem N-Saldo weisen auf eine direkte Wirkung der Fütterungsmassnahme hin. Ebenso konnten die Rohproteingehalte in der Fütterung auf den Veredelungsbetrieben reduziert werden.

Die Beurteilung der Erträge wird immer wieder durch extreme Wetterereignisse, wie beispielsweise im Jahr 2021, überlagert. Die langjährige Beobachtung im N-Effizienzprojekt erlaubt trotzdem Aussagen hinsichtlich der Ertragsentwicklung. Die in den Massnahmenjahren umgesetzte Mineraldüngerreduktion, bei in etwa gleichbleibenden Erträgen auf den Ackerbaubetrieben, zeigt das vorhandene Potential hinsichtlich einer Einsparung der N-Düngung im Ackerbau auf. Dieses Potential könnte durch eine standortangepasste Düngung genutzt werden.

Die Kosten für teurere, aber bezüglich der N-Effizienz bessere Kraftfutter, können wahrscheinlich nicht kompensiert werden. Dagegen können sich spezifische Mineraldünger auszahlen. Betriebe mit Investitionen in verlustmindernde Technologien haben deutlich höhere Kosten, die nicht kompensiert werden können. Die Saatgutkosten bei einem N-effizienten Pflanzenbau steigen eher aufgrund der Ansaat von Gründungen und Zwischenfrüchten. Eine N-effiziente Bewirtschaftung führt eher zu höheren Arbeitskosten.

6.2.4 Lernziel 4: Stärken und Schwächen einer Hoftorbilanz im Vergleich zu einer Suisse-Bilanz

Ein Auslöser für das Ressourcenprojekt N-Effizienz ist die Tatsache, dass die Schweizerische Landwirtschaft beim Erreichen der Agrarumweltziele für N ins Stocken geraten ist (BLW, 2020). Dadurch ist es berechtigt, die bisherige Methode der Nährstoffbilanzierung zu hinterfragen, weiterzuentwickeln und auch andere Methoden wie die Hoftorbilanz auf ihre Eignung als Vollzugsinstrument zu prüfen (Bosshard et al., 2012). Im Folgenden

werden die beiden Nährstoffbilanzierungsmethoden «Suisse-Bilanz» und «Hoftorbilanz» hinsichtlich der Datenqualität, des Zeitaufwands und der Aussagekraft verglichen.

Datenqualität

Die Tabellen A 2 und A 3 im Anhang geben jeweils für die Hoftorbilanz und die Suisse-Bilanz einen Überblick über die Datenherkunft, die Datenqualität, die Relevanz der Parameter auf die Bilanzierung und den Selbstdeklarationsgrad.

Zeitaufwand für die Datenerhebung und Berechnung der Bilanzen

Tabelle 14 zeigt den Zeitaufwand für die Datenbereitstellung, Datenerhebung und Bilanzberechnung beider Methoden. Zu Beginn des Projekts war der Zeitaufwand sowohl auf Seiten der Betriebsleitenden als auch für die wissenschaftliche Begleitung an der BFH-HAFL etwas höher. Er konnte jedoch über die Projektjahre reduziert werden, z. B. durch die direkten Datenbezüge von Milcherträgen und Tierbewegungen. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich beide Bilanzierungen im Zeitaufwand kaum unterscheiden.

Tabelle 14 : Zeitaufwand je Betrieb für die Berechnung der Hoftorbilanz (HB) und Suisse-Bilanz (SB)

Prozess	Hoftorbilanz (HB)	Suisse-Bilanz (SB)	Aufwand für	Quelle
Datenbereitstellung	3 Betriebe: > 5 h 10 Betriebe: 2 bis 5 h 6 Betriebe: < 2 h	2 Betriebe: > 5 h 10 Betriebe: 2 bis 5 h 7 Betriebe: < 2 h	Betriebsleitende	Befragung der Betriebsleitenden 2022/23
Datenerhebung Mail- und Telefonkontakt, Datenablage und Sortierung, Datenplausibilisierung	0.5 h	0.5 h	HB: HAFL SB: Strickhof	HB: Angabe HAFL SB: Angabe Strickhof
Berechnung Bilanz	1-2 h	1-2 h	HB: HAFL SB: Strickhof	HB: Angabe HAFL SB: Angabe Strickhof

Methodik

Während die Methode Suisse-Bilanz als Anfalls-/Bedarfsbilanz die dem Betrieb zur Verfügung stehenden und die von den Pflanzen benötigten Nährstoffe gegenüberstellt, stellt die Methode der Hoftorbilanzierung eine Import-/Exportbilanz dar, welche die auf den Betrieb zu- und weggeführten Nährstoffe erfasst und bilanziert. Daraus lassen sich bei der Hoftorbilanz der Saldo aus der Differenz von Input und Output berechnen sowie die Effizienz als Verhältnis von Output zu Input.

Die Suisse-Bilanz beinhaltet umfassende Angaben der Betriebe und berechnet mithilfe von Standardwerten und Korrekturfaktoren die Gesamtbilanz, indem der berechnete Nährstoffbedarf der Kulturen vom geschätzten Nährstoffanfall aus der Tierhaltung abgezogen wird. Auch werden zu- und weggeführte Dünger berücksichtigt. Durch das Anrechnen von Verlusten (betriebsspezifischer Ausnutzungsgrad) wird aus dem N_{ges} -Anfall aus der Tierhaltung der pflanzenverfügbare N (N_{verf}) berechnet. Die Bilanz gilt als ausgeglichen, wenn die Menge an N_{verf} und P_2O_5 den Bedarf der Kulturen nicht übersteigt (AGRIDEA & Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 2018). Bisher wurde ein Fehlerbereich von 10 % toleriert, dieser fällt ab 2024 mit der Umsetzung der Pa. Iv. 19.475 (BLW 2022).

Während die Suisse-Bilanz mit pflanzenverfügbarem Stickstoff (N_{verf}) rechnet, erfasst die Hoftorbilanz den gesamten Stickstoff (N_{ges}). Dies erschwert den Vergleich der Ergebnisse beider Bilanzen.

Die Qualität der Ergebnisse beider Methoden ist massgeblich abhängig von den korrekten Angaben der Betriebsleitenden. Bosshard et al. 2012 sehen die Selbstdeklaration in der Suisse-Bilanz vorrangig bei der Zufuhr von Mineraldüngern, der Zu- und Wegfuhr von Grundfutter und beim Kraftfutterverzehr der Milchkühe kritisch.

Für die Berechnung der Hoftorbilanz im N-Effizienzprojekt war die Suisse-Bilanz eine wichtige Grundlage und Informationsquelle für verschiedene Betriebsdaten. Darüber hinaus wurden weitere Daten bei den Betriebsleitenden eingeholt. Die Methode der Hoftorbilanz ist an sich einfach, dennoch benötigte sie für die einzelnen Betriebe im Laufe der Jahre immer wieder neue Anpassungen. Dies führte teilweise zu Korrekturen der Ergeb-

nisse während der Projektlaufzeit. Es hat sich gezeigt, dass eine genaue Kenntnis über die Betriebsweise unabdingbar ist, um die Daten möglichst korrekt erfassen zu können. Dies erforderte einen intensiven Austausch mit den Betriebsleitenden. Zudem wurden alle Bilanzen vor der Beitragsauszahlung an die Betriebsleitenden zur Kontrolle geschickt.

Bei den Rindern konnten Tierbewegungen und Milchmengen sowie Milchinhaltsstoffe direkt von der Tierverskehrsdatenbank und der Treuhandstelle Milch bezogen werden. Schweine- und Geflügelbewegungen stammen überwiegend aus der IMPEX. Die N-Gehalte wurden jeweils den GRUD entnommen (Richner & Sinaj, 2017). Für die Rinder wurde der Gewichtsverlauf anhand der Lebensstage und Rasse geschätzt. Relativ genau konnten die Daten zu den zugekauften Kraftfuttermitteln erfasst werden. Hier lag bei den meisten Betrieben die Kaufstatistik des Futtermittelhandels vor. Die N-Gehalte wurden von den Futtermittel etiketten übernommen. Das Inventar wurde zur Vereinfachung nicht erfasst. Da die Hoftorbilanz über mehrere Jahre in Folge berechnet wurde und die Ergebnisse als Mittelwert der Massnahmenjahre betrachtet werden, gleicht sich der Effekt des Inventars wieder aus. Mineraldüngergaben wurden aus dem Feldkalender pro Kultur für das jeweilige Jahr erfasst. Hofdüngerbewegungen sowie deren N-Gehalte stammen überwiegend aus dem HODUFLU-Programm. Die Versuchsstation Nährstoffflüsse Luzern quantifiziert die gesamtbetrieblichen Nährstoffflüsse über zweieinhalb Jahre auf 26 Betrieben. Die Messungen der N- und P-Gehalte in Rindergülle zeigten eine gute Übereinstimmung mit den Düngernormen der GRUD (Steinsberger, 2024). Ebenso stimmten die gemessenen Futtermittelgehalte mit Standardwerten überein. Allerdings ist die Bestimmung der Grundfuttermenge sehr schwierig (Steinsberger, 2024). Die Mengen des zu- und weggeführten Grundfutters wurde im N-Effizienzprojekt grösstenteils aus der Suisse-Bilanz übernommen und damit von den Betriebsleitenden angegeben. Hier dürfte eine Ungenauigkeit bestehen, da die Gewichte z. B. von Silageballen oftmals nicht bekannt sind und nur geschätzt werden können. Die Angaben zu den weggeführten Ackererträgen konnten teilweise genau durch vorhandene Waagscheine erfasst werden, teilweise musste auf die Standarderträge aus der Suisse-Bilanz zurückgegriffen werden. Die während drei Jahren analysierten N-Gehalte der Ernteprodukte zeigten etwas höhere Werte als die verwendeten Tabellenwerte aus den GRUD (Richner & Sinaj, 2017) auf.

Die N-Deposition pro Hektare wurde für die jeweilige Gemeinde der Betriebe einer Tabelle von Rihm, 2020, entnommen. Die Werte der Betriebe schwanken zwischen 17 und 25 kg N/ha. Pro Betrieb wurde derselbe Wert über alle Jahre verwendet.

Unsicherheiten bei der Datenqualität gibt es ausserdem bezüglich der biologischen N-Fixierung (BNF). Die Berechnungsmethode nach Boller et al. 2003 benötigt dazu die Leguminosenanteile sowie die Erträge der Wiesenbestände. Da die Abschätzung der Leguminosenanteile im Bestand schwierig ist, wurden dafür Standardwerte festgelegt (Heinz et al., 2013; Stutz et al., 1999). Die Zahlen zu den Erträgen der Wiesen und Weiden stammen aus der Suisse-Bilanz und basieren ebenfalls auf Schätzungen. Ghione et al. 2023 stellen den Nutzen der BNF-Berechnung bei einer allfälligen zukünftigen Input-/Outputbilanz als Vollzugsinstrument in Frage. Der N-Input durch die BNF ist relativ gross, die Genauigkeit der Berechnung eher gering.

Die händische Eingabe der meisten Daten in die Access-Datenbank sowie das Berechnen der N-Gehalte der Eingabeparameter sind insgesamt fehleranfällig. Dem wurde versucht, durch das zusätzliche Kontrollieren und Plausibilisieren der Daten entgegenzuwirken. Durch die zukünftige Mitteilungspflicht für Pflanzenschutzmittel und Nährstoffe über digiFLUX könnten Daten für die Hoftorbilanz wie z. B. Futtermittel und Dünger, einfacher und möglicherweise auch korrekter erfasst werden (BLW, 2024).

Neben der Brutto-Hoftorbilanz, wie sie hier gerechnet wurde, gibt es auch die Möglichkeit der Netto-Bilanzierung (Ghione et al., 2023; Godinot et al., 2014; Quemada et al., 2020). Dabei werden Hoftor-Parameter, die als Input und Output erfasst werden entweder als Netto-Input oder Netto-Output gerechnet. So wirkt sich beispielsweise ein Hofdüngeroutput, als Netto-Input gerechnet, weniger stark auf die N-Effizienz aus. Der N-Saldo bleibt bei dieser Methode gleich. Da die Projektbetriebe oftmals den N-Output über Hofdünger erhöht haben, wäre die Netto-Bilanzierung eine geeignete Berechnungsmethode, um den N-Output über die tatsächlich erzeugten tierischen und pflanzlichen Produkte zu erfassen.

Ergebnisse der Suisse-Bilanz für die Basis- und Massnahmenjahre

Auch bei den Ergebnissen der Suisse-Bilanz war ein Effekt der Massnahmen sichtbar. Lagen während der Basisjahre noch sieben Betriebe über dem Deckungsgrad von 100 %, so waren es während der Massnahmenjahre noch vier Betriebe. Fünf Betriebe wiesen in den Massnahmenjahren einen durchschnittlichen Deckungsgrad unter 80 % aus. Besonders extreme Verläufe zeigten die Betriebe 17 (Veredelung), 1, 2 und 5 (Milchvieh

Grasland). Sechs Betriebe (3, 4, 7, 8, 10, 15) haben ihren Deckungsgrad in der Suisse-Bilanz im Laufe des Projekts erhöht (Abbildung 17).

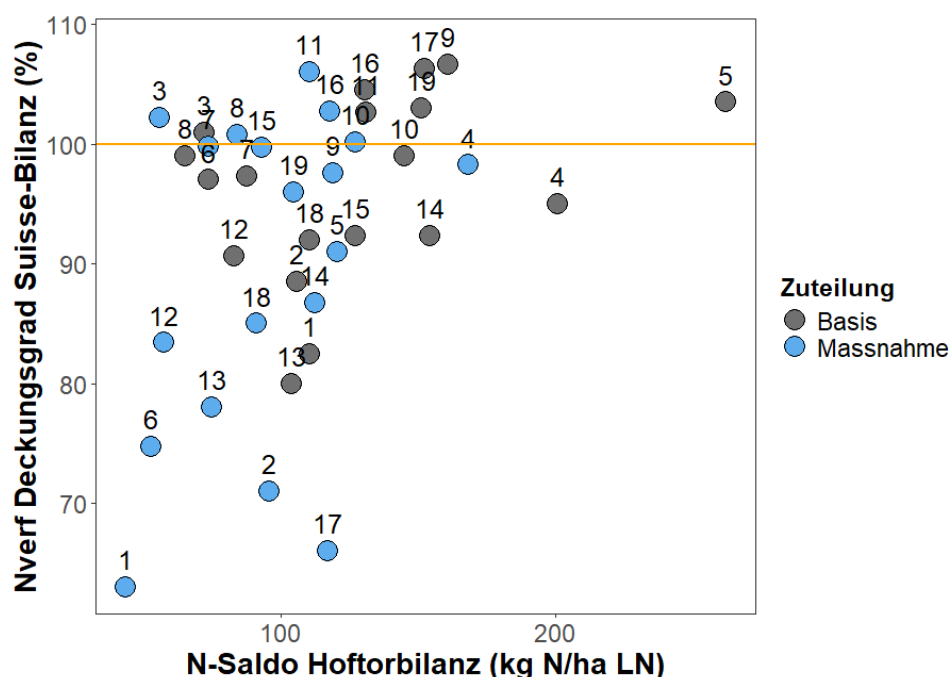


Abbildung 17 : Zusammenhang zwischen dem Deckungsgrad der Suisse-Bilanz (%) und dem N-Saldo der Hof-torbilanzen (kg N/ha LN). Dargestellt sind die Mittelwerte pro Betrieb für die Basis- und Massnahmenjahre. Die orange Linie zeigt den Deckungsgrad der Suisse-Bilanz von 100 % an, der ab 2024 eingehalten werden muss.

Im Mittel verringerten die Betriebstypen Milchvieh Grasland und Veredelung ihren N_{verf} -Deckungsgrad um 12.3% respektive 7.2% gegenüber den Basisjahren. Das Bilanzergebnis im Betriebstyp Milchvieh Ackerbau stieg um 0.3% an (Tabelle 15).

Tabelle 15: Bilanzergebnisse (Mittelwerte) für N_{verf} in % (N_{verf} -Deckungsgrad) der Suisse-Bilanzen von 2015 bis 2023 (n=135)

	Milchvieh Ackerbau (% N_{verf})	Milchvieh Grasland (% N_{verf})	Veredelung (% N_{verf})
Basis (2015- 2017)	101	95	94
Min	92	78	61
Max	109	109	109
Massnahme (2019-2023)	102	83	87
Min	88	61	53
Max	113	109	112

Beurteilung der Bilanzierungsmethoden durch die Betriebsleitenden

Im Rahmen von Betriebsbesuchen wurde eine Befragung der Betriebsleitenden durchgeführt. Unter anderem ging es darum, die Sicht der Betriebsleitenden auf die verschiedenen Bilanzierungsmethoden abzubilden. Zudem wurden sie zur Massnahmenumsetzung und den Projektbeiträgen befragt. Der Fragebogen ist im Anhang ersichtlich (Tabelle A 2).

Bei der Stärken-/Schwächen-Befragung schnitt die Hoftorbilanz in der Benennung der Stärken in fast allen Punkten besser ab. Bezüglich der praktischen Nährstoffplanung auf dem Betrieb, wird die Suisse-Bilanz als besseres Instrument erachtet (Abbildung 18).

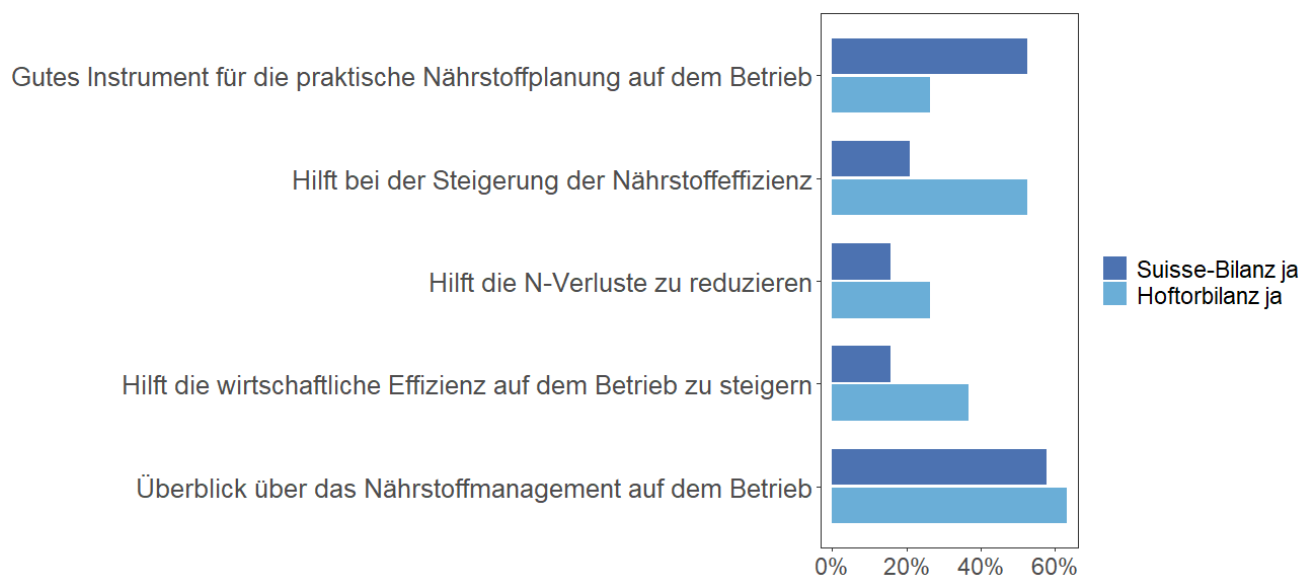


Abbildung 18 : Prozentualer Anteil an Ja-Antworten der 19 Betriebsleitenden auf die Frage nach den Stärken der Hoftorbilanz und Suisse-Bilanz

Zusätzlich nannten die Befragten die «Vergleichbarkeit über die Jahre», die «andere Sichtweise auf den Betrieb» und «man sieht klar, wo die Verluste entstehen, auch über die verschiedenen Jahre» als Stärken der Hoftorbilanz. Als weitere Stärken der Suisse-Bilanz wurde folgendes angegeben: «Guter Überblick über Bedarf und Verlust», «Düngung pro Kultur gut einsehbar», «Vergleichbarkeit zwischen Betrieben gegeben».

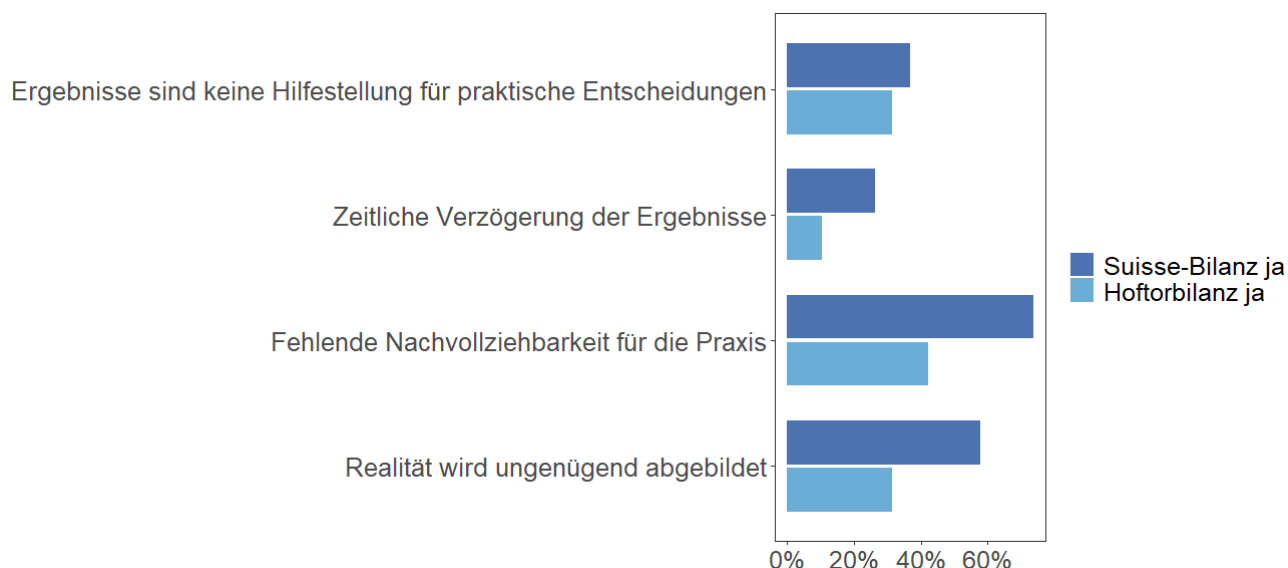


Abbildung 19 : Prozentualer Anteil an Ja-Antworten der 19 Betriebsleitenden auf die Frage nach den Schwächen der Hoftorbilanz und Suisse-Bilanz

Bei den Schwächen schnitt die Suisse-Bilanz in allen Punkten etwas schlechter ab; am deutlichsten bei der Nachvollziehbarkeit bzw. Verständlichkeit für die Praxis und der Abbildung der Realität (Abbildung 19). Als weitere Schwachpunkte der Suisse-Bilanz wurden genannt: «Kompliziert, man muss vorher Planbilanz rechnen, das heisst doppelt berechnen», «Undurchsichtig», «nur für den eigenen Betrieb ersichtlich, keine Ver-

gleichswerte», «Hilft nicht für Düngung». Für die Hoftorbilanz wurden folgende Schwachpunkte zusätzlich genannt: «Wettereinfluss», «Boden sollte berücksichtigt werden», «N-Flüsse innerhalb des Betriebs sind nicht sichtbar», «Vergleichbarkeit zwischen den Betrieben ist schwierig». Es handelt sich hier um Einzelnennungen. Die Frage, ob die Hoftorbilanz zur Nährstoffbilanzierung in der Landwirtschaft anwendbar ist, beantworteten 16 % der Betriebsleitenden mit «ja», 47 % mit «eher ja» und 37 % mit «eher nein». Wenn sich die Betriebsleitenden für eine Nährstoffbilanz als politisches Vollzugsinstrument der Direktzahlungsverordnung entscheiden müssten, würden zehn die Hoftorbilanz wählen, fünf die Suisse-Bilanz, eine*r «Keine von beiden» und drei machten dazu keine Angabe (Abbildung 20).

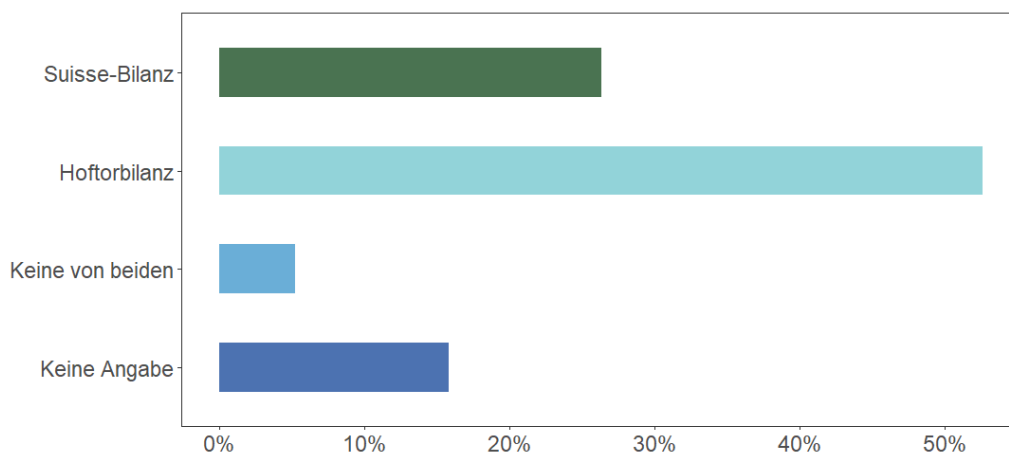


Abbildung 20 : Prozentualer Anteil der Antworten von 19 Betriebsleitenden auf die Frage: «Für welche Nährstoffbilanz als politisches Vollzugsinstrument der Direktzahlungsverordnung, würdest du dich entscheiden?»

Ausserdem wurde die Frage gestellt, ob die Bilanzen bei der Erreichung der Ziele des Absenkpades helfen (Abbildung 21). Die Antworten dazu sind durchmischt, tendenziell hilft aus Sicht der Betriebsleitenden die Hoftorbilanz eher die Ziele zu erreichen.

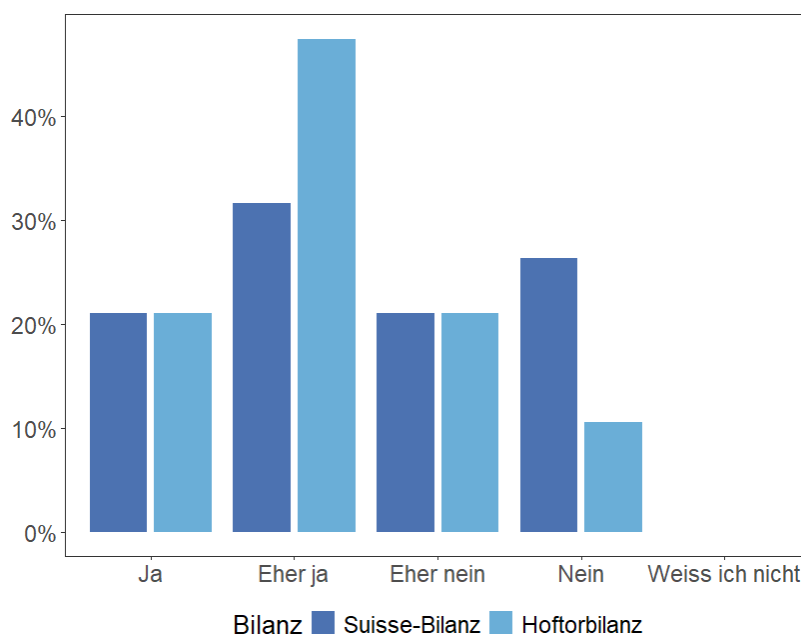


Abbildung 21 : Prozentualer Anteil der Antworten von 19 Betriebsleitenden auf die Frage: «Hilft dir die Bilanzierung die Ziele des Absenkpads zu erreichen?»

Schlussfolgerungen Methodenvergleich Suisse-Bilanz – Hoftorbilanz

Hinsichtlich ihrer Eigenschaften wie Datenbeschaffung, Datenqualität und Zeitaufwand der Berechnungen im Rahmen des N-Effizienzprojekts, können die beiden Bilanzierungsmethoden Suisse-Bilanz und Hoftorbilanz als vergleichbar eingestuft werden.

Der grösste Unterschied der Bilanzierungen ist die Berechnungsmethode und damit auch die Aussagekraft. Beide Methoden versuchen, einen gesamthaften Überblick über die Nährstoffsituation auf dem Betrieb zu geben. Mit der Berücksichtigung des Tierbestandes bzw. des Nährstoffanfalls und dem Nährstoffbedarf einzelner Kulturen gelingt dies der Suisse-Bilanz etwas detaillierter, jedoch auch unter zu Hilfenahme von Standardwerten. Die Umrechnung auf N_{verf} setzt N-Verluste auf den Betrieben voraus, die nicht unbedingt der Realität entsprechen. Das Ergebnis der Suisse-Bilanz steht für das Nährstoffmanagement auf Betriebsebene, zeigt aber nicht direkt auf, wo es noch Verbesserungspotential hinsichtlich der N-Verluste gibt (Richner et al., 2015). Die Hoftorbilanz bleibt in der Übersicht des Nährstoffmanagements mit den gesamtbetrieblichen Input-/Output-Parametern etwas allgemeiner. Sie hat den Anspruch möglichst effektive Parameter einzusetzen. Jedoch kommt die Hoftorbilanz im N-Effizienzprojekt ebenso wie die Suisse-Bilanz nicht gänzlich ohne Annahmen und Standardwerte aus. Bei beiden Methoden sind die Nährstoffvorräte im Boden unbekannt, bei der Hoftorbilanz sind zudem die innerbetrieblichen Nährstoffverteilungen nicht ersichtlich.

Auf den untersuchten Betrieben wird die Suisse-Bilanz mit ihren Vorteilen für die Nährstoffplanung gut akzeptiert und zugleich hinsichtlich der ungenügenden Genauigkeit kritisiert. Einige der Betriebsleitenden wären offen für die Hoftorbilanz als Vollzugsinstrument. Die Berechnungen zeigen aber, dass es auch bei der Hoftorbilanz Schwachstellen in der Methodik und noch Unklarheiten bei der Interpretation der Ergebnisse gibt.

Die Hoftorbilanzen waren immer erst im 3. Quartal des Folgejahrs verfügbar. Um Entwicklungen erkennen zu können, sind aufgrund des grossen Einflusses der Witterung die Ergebnisse von mindestens drei Jahren nötig. Als Planungsinstrument für die kurzfristige operative Tätigkeit von Betrieben ist die Hoftorbilanz deshalb ebenso wie die Suisse-Bilanz wenig geeignet. Ihr Nutzen für die strategische Planung der Betriebsführung erhöht sich mit zunehmender Anzahl an Jahren mit Ergebnissen.

6.2.5 Lernziel 5: Stärken und Schwächen eines wirkungsorientierten Abgeltungsmodells

Das Abgeltungsmodell funktioniert und wird von den Betrieben gut angenommen. Als sinnvoll erwies sich die Limitierung des Beitrags, da sonst einzelne Betriebe sehr hohe Beiträge erhalten würden. Einzelne Themenbereiche der Befragungen (siehe Lernziel 2) fliessen mit in diese Auswertungen ein.

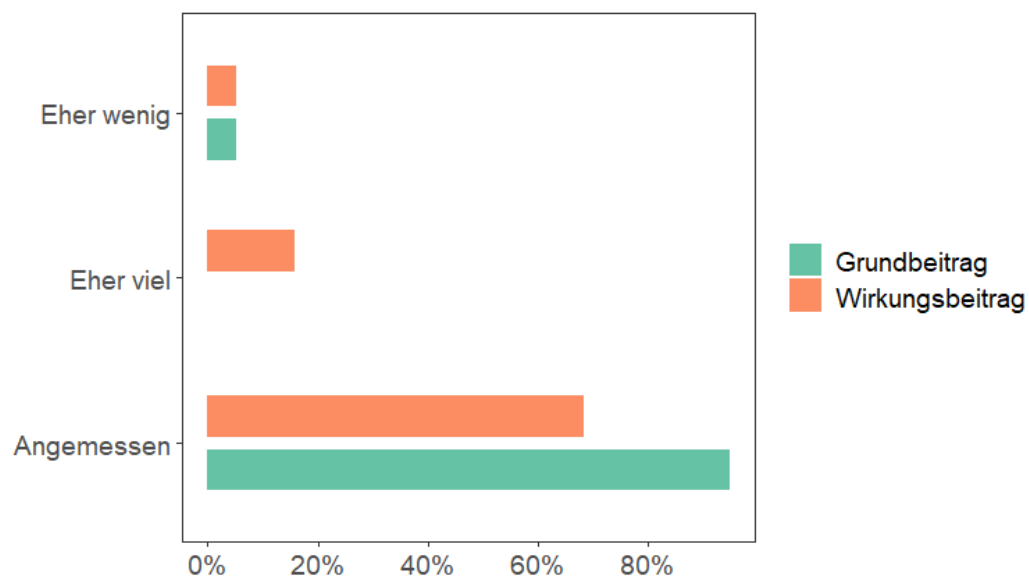


Abbildung 22: Prozentualer Anteil der Antworten von 19 Betriebsleitenden auf die Frage: «Wie beurteilst du die Höhe der Projektbeiträge?»

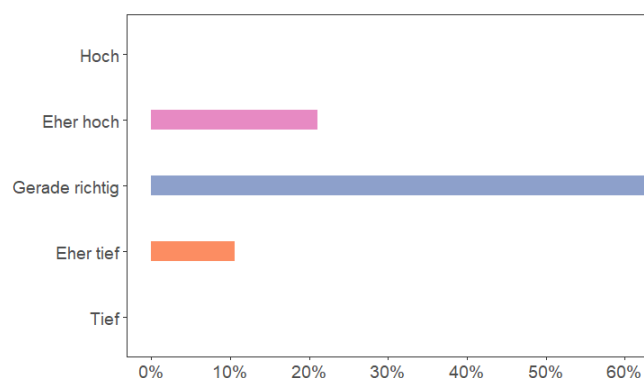


Abbildung 23: Prozentualer Anteil der Antworten von 19 Betriebsleitenden auf die Frage: «Wie stehen die Beiträge im Verhältnis zu den eventuell entstandenen Mehrkosten/Ertragseinbussen auf deinem Betrieb?»

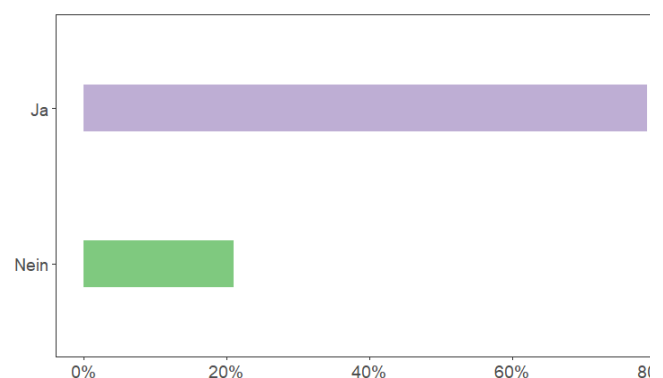


Abbildung 24: Prozentualer Anteil der Antworten von 19 Betriebsleitenden auf die Frage: «Hat sich durch die Teilnahme am N-Effizienzprojekt deine Betriebsstrategie oder persönliche Einstellung verändert?»

7. Kosten und Beiträge

2018 bis 2023 kostete das Projekt insgesamt 2.21 Mi Fr. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Kosten und deren Aufteilung auf die verschiedenen Bereiche.

Tabelle 16: Zusammenstellung der Projektkosten 2018 bis 2023

Legende: PL: Projektleitung; PA: Projektadministration; NE: Neuerungen; BE: Beratung; IK: Information & Kommunikation; UK: Umsetzungskontrolle; WM: Wirkungsmonitoring; WB: Wissenschaftliche Begleitung; BLW: Bundesamt für Landwirtschaft; RF: Restfinanzierung durch die Trägerschaft

Kategorie	Projektleitung	Projektadministration	Neuerungen	Beratung	Umsetzungskontrolle	Wirkungsmonitoring	Wissensch. Begleitung	Total
Anteil BLW	80%	50%	80%	50%	80%	80%	80%	
	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Kosten	257'442	129'582	1'007'175	224'336	7'604	475'292	199'186	2'300'616
Beitrag BLW	205'954	64'791	805'740	112'168	6'083	380'233	159'349	1'734'317
Beitrag Träger	51'488	64'791	201'435	112'168	1'521	95'058	39'837	566'299

8. Beurteilung des Standes der Umsetzung und der Zielerreichung

8.1 Erreichung der quantitativen Wirkungsziele

«Milchvieh Grasland»-Betriebe sollten ihre N-Effizienz um 5 % erhöhen (Wirkungsziel 1) und die N-Saldoüberschüsse um mind. 5 % reduzieren (Wirkungsziel 2). Die Ziele wurden nicht auf allen Betrieben und nicht vollständig erreicht. Gleiches gilt für die «Milchvieh Ackerbau»- und «Veredelungs»-Betriebe. Diese sollten die N-Effizienz um 10 % steigern und den N-Saldo um mindestens 10 % reduzieren.

Tabelle 17: Überblick über den Grad der Erreichung der quantitativen Wirkungsziele. Angegeben sind die Anzahl der Betriebe, verglichen wurden die Mittelwerte der Basisjahre mit den Mittelwerten aller Massnahmenjahre (2019-2023).

Erreichungsgrad der Wirkungsziele	Milchvieh Grasland	Milchvieh Ackerbau	Veredelung
WZ1 Steigerung gesamtbetriebliche N-Effizienz			
100 % erreicht	4	1	2
80-100 % erreicht	2	0	1
50-79 % nicht erreicht	0	2	2
< 50% erreicht	0	2	3
WZ2 Reduktion der N-Bilanzüberschüsse			
100 % erreicht	6	4	7
80-100 % erreicht	0	0	1
50-79% nicht erreicht	0	0	0
< 50 & erreicht	0	1	0

8.1.1 Faktoren, welche die Zielerreichung unterstützen

Basierend auf den Rückmeldungen der Betriebsleitenden in einem Interview sowie Beratungsgesprächen schätzt das Projektteam die folgenden Faktoren resp. betrieblichen Voraussetzungen als unterstützend ein:

Unterstützende Rahmenbedingungen seitens Projekt

- *Wahlmöglichkeit:* Die Betriebe konnten aus einer breiten Palette von Massnahmen wählen.

- *Freiwilligkeit*: Wirkt motivierend. Betriebe wollen selber entscheiden können, an welchen Programmen und Massnahmen sie teilnehmen.
- *Betriebsspezifität*: Das Massnahmenpaket konnte für jeden Betrieb spezifisch, passend zur Betriebsstrategie und -philosophie und auf die Bedürfnisse und Präferenzen der Betriebsleitenden, abgestimmt festgelegt werden.
- *Motivation*: Betriebsspezifische Massnahmen, Wahlmöglichkeiten und wirkungsorientierte Abgeltungen wirken motivierend und bestärkend auf die Betriebsleitenden.
- *Beratung, Begleitung*: Die Beratung durch den Strickhof sowie der Austausch auf Augenhöhe mit Forschenden sowie unter Berufskollegen wurde geschätzt und wirkte motivierend und inspirierend.

Unterstützende betriebliche Voraussetzungen

- Geringe N-Effizienz und hohe N-Überschüsse in den Basisjahren
- Mut und Motivation der Betriebsleitenden für eine betriebliche Veränderung, deren Wirkung zu Projektbeginn noch nicht vollständig absehbar war
- Vom Projekt unabhängig anstehende Veränderungen, die sich positiv auf die N-Bilanz auswirkten (z. B. Umstellung des Fütterungssystems auf einem Mastschweinebetrieb)

8.1.2 Faktoren, welche die Zielerreichung hemmten

Basierend auf den Rückmeldungen der Betriebsleitenden in einem Interview sowie Beratungsgesprächen schätzt das Projektteam die folgenden Faktoren resp. betrieblichen Voraussetzungen als hemmend ein:

- Vergleichsweise hohe N-Effizienz und niedriger N-Saldo bereits zu Projektbeginn
- Geringe Bereitschaft und Motivation der Betriebsleitenden, eine betriebliche Veränderung vorzunehmen
- Extreme Witterungsverhältnisse.

8.1.3 Beibehaltung der Wirkung nach Projektende

Folgende Faktoren begünstigen die Weiterführung der Massnahmen und die Beibehaltung der Wirkung nach Projektende:

- Die Betriebe sind vertraglich verpflichtet, auch 2024 und 2025 noch Daten zur Berechnung der Hoftorbilanz zu liefern. Das hält das Thema warm und im Bewusstsein.
- Die Betriebe gaben im Rahmen einer Befragung an, viele der Massnahmen auch weiterhin umzusetzen (s. Kapitel 6.2.2), weil sie deren Nutzen sehen.
- Der Abschlussanlass mit den Betriebsleitenden findet am 27. März 2025 statt. So wird der Kontakt mit den Betrieben und damit gegebenenfalls auch die Motivation der Betriebe für die Beibehaltung der Massnahmen aufrechterhalten.
- 80 % der Betriebe gaben im Rahmen einer Befragung an, dass sich ihre Betriebsstrategie oder ihre persönliche Einstellung durch das Projekt geändert hat. Die Sensibilität für die betrieblichen Nährstoffflüsse und das Bewusstsein für das Risiko von Nährstoffemissionen in die Umwelt sind gestiegen (s. Kap. 6.2.5).

8.2 Erreichen der Lernziele

Siehe Kapitel 6.2.1 bis 6.2.5.

9. Fazit über das ganze Projekt

9.1 Was lief gut

Motivierte und engagierte Betriebe

Die beteiligten Betriebsleitenden waren motiviert und engagiert. Sie haben zu einem lebendigen Austausch und zu interessanten Diskussionen beigetragen.

Wirkungsziele erreicht

Die Projekt-Wirkungsziele konnten im Mittel über alle Betriebe grösstenteils erreicht werden. Die Ergebnisse zeigen jedoch eine grosse Streuung zwischen den Betrieben sowie zwischen den Jahren. Die Mehrheit der Betriebe konnte die N-Überschüsse nach der Massnahmenumsetzung reduzieren. Die Optimierung der Düngung und Fütterung, verbunden mit der Reduktion der N-Zufuhr über Mineraldünger und Kraftfutter, erweist sich als wirksame Massnahme. Bei einzelnen Massnahmen (z. B. Optimierungen im Futterbau, Einsatz von Güllezusätzen) ist es fraglich, wie und wann sich deren Wirkung entfalten kann.

Wertvolle Erfahrungen Methodik Hoftorbilanz

Die Hoftorbilanzen konnten jedes Jahr für alle Betriebe gerechnet und fundierte Erfahrungen gewonnen werden. Die Ergebnisse bieten eine gute Grundlage zur Erarbeitung einer Methodik für den Vergleich von Betrieben untereinander (Benchmark N). Um die Produktivität besser abzubilden, sollte die Hoftorbilanz als Netto-Bilanz berechnet werden.

Wertvolle fachliche Erkenntnisse

Der N-Input konnte bei allen Betriebstypen im Durchschnitt reduziert werden, während der N-Output auf vergleichbarem Niveau blieb oder gesteigert werden konnte. Die Projektziele beim N-Saldo konnten gut erreicht werden, während die N-Effizienzziele zu hoch angesetzt waren. Um die N-Effizienz zu steigern, müssen tiefgreifendere Änderungen auf den Betrieben vorgenommen werden.

Der N-Saldo aus der Hoftorbilanz korreliert signifikant mit den NH₃-Emissionen und kann damit eine aussagekräftige Grösse zur Beurteilung der N-Verluste auf landwirtschaftlichen Betrieben sein. Zudem korreliert der N-Saldo stark mit dem Kraftfutter-Input auf Milchviehbetrieben.

Es ist zu überlegen, wie diese Erkenntnisse für die Weiterentwicklung des Direktzahlungssystems genutzt werden können.

Wirkungsbasierte Abgeltungen

Es gibt keine allgemeingültige erfolversprechende Massnahme für alle Betriebe respektive Betriebstypen. Verbesserungen konnten nur dank betriebsindividueller Ansätze erreicht werden. In solchen Situationen erweisen sich wirkungsbasierte Abgeltungen als zielführend.

9.2 Was lief weniger gut

Betriebsrekrutierung

Es konnten nur 19 Projektbetriebe rekrutiert werden, geplant waren 30 Betriebe. Die grössten Hinderungsgründe sind in Anhang 1 festgehalten.

Planung Wirtschaftlichkeitsüberlegungen

Die Methodik zur Überprüfung, ob die Abgeltungen die Mehrkosten decken, wurde nicht von Beginn weg mitgeplant. Es wurden nicht alle für eine fundierte Analyse nötigen Daten erhoben.

Personelle Kapazitäten und Wechsel

Die personellen Ressourcen am Strickhof waren knapp. Ein für das Projekt arbeitender Mitarbeiter verliess den Strickhof nach dem ersten Projektjahr. Andreas Rüsch verliess den Strickhof per Ende Januar 2023. Seinem Nachfolger, Thomas Rilko, bleibt nur wenig Zeit, um sich ins Projekt einzuarbeiten und einzudenken.

Auch in der wissenschaftlichen Begleitung wechselten die zuständigen Personen. Für die Betriebsleitenden war es etwas schwierig zu wissen, wer die Ansprechperson ist.

Aufwändige Datenbeschaffung und Datenmanagement

Im ersten Projektjahr konnten aufgrund der längeren Rekrutierungsdauer noch keine Hoftorbilanzen gerechnet werden. Die Datenerhebung, das Datenmanagement und die Auswertung der Daten waren aufwändiger als ursprünglich angenommen.

9.3 Weshalb wurden die Ziele erreicht

s. Kapitel 8.1.1 und 8.1.2

9.4 Empfehlungen zuhanden des Bundesamtes für die Landwirtschaft (BLW)

9.4.1 Beratung, fachliche Unterstützung

- Eine fachlich unabhängige betriebsindividuelle Beratung wurde von den Betrieben geschätzt und hat zur Zielerreichung wesentlich beigetragen.
- Die im Rahmen des Ressourcenprojekts durchgeführten Fachworkshops zu verschiedenen Themen wurden gut aufgenommen und gut besucht. Die Gelegenheit, sich unter BerufskollegInnen und mit Forschenden sowie anderen qualifizierten Fachpersonen auf Augenhöhe auszutauschen, wurde von allen Seiten gut aufgenommen und als gegenseitig fruchtbar erachtet. Die Austauschgelegenheiten haben zur Motivation für das Thema beigetragen.
- Das Thema N mit seinen vielen Stellschrauben und Eingriffsmöglichkeiten im Pflanzenbau, in der Tierhaltung und in der Betriebsführung ist besonders prädestiniert für individuelle und produktunabhängige Beratungen. Denn DIE grosse, eindeutige, für den Einzelbetrieb grosse Fortschritte bewirkende Massnahme, gibt es nicht. Die Steigerung der N-Effizienz und die Verringerung des N-Verlustrisikos ist immer ein für jeden Betrieb anderes Zusammenstellen von verschiedenen Massnahmen und Ansätzen.

Empfehlungen Beratung, fachliche Unterstützung

1. Produktunabhängige landwirtschaftliche Beratung im Bereich Fütterung und Düngung wie bisher generell unterstützen.
2. Gutschriften für freiwillige und produktunabhängige Düngungs- und Fütterungsberatungen einführen.
3. Projekte mit guten und innovativen Beratungsansätzen im Bereich N / Nährstoffe allgemein fördern.
4. Horizontalen Austausch unter Betriebsleitenden sowie vertikalen Austausch zwischen Produzierenden, Forschenden, Beratung und Behörden ermöglichen, fördern, finanziell und ideell unterstützen.

9.4.2 Betrieb zu Verbesserungen mit Kennzahlen und Vergleichswerten (Benchmarking) motivieren

Der Vergleich mit anderen ähnlichen Betrieben öffnet die Augen und animiert zu Überlegungen zur Verbesserung der eigenen Nährstoffsituation.

Empfehlung Vergleich von Betrieben untereinander: Benchmark N

5. Die Entwicklung eines Benchmarks N (gem. Kapitel 6.2.1), gemeinsam mit der Plattform Nährstoffe des SBV, im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Projekts (2024-2025) finanziell und ideell unterstützen.
Als Basis für den Benchmark N werden gemeinsam mit Praktikerinnen und Praktikern die wichtigsten 5-10 Managementgrössen für die wichtigsten Betriebstypen festgelegt (Bsp. Milchviehbetriebe: MHW, kg Kraftfutter pro kg Milch, Kenngrössen Tiergesundheit usw.)
6. Ein Instrument schaffen, das den N-Ausnutzgrad aus Hof-, Recycling- und Mineraldüngern betriebsindividuell gut abbildet.
7. Bestehende, bereits gute N-Ausnutzung sowie Verbesserungen der N-Ausnutzung finanziell honorieren.

Nutzung des N-Saldos im Direktzahlungssystem prüfen

Der N-Saldo aus der Hoftorbilanz korreliert signifikant mit den NH_3 -Emissionen ($r = 0.57$, $P = 0.0003$) (Abbildung 8, Kapitel 6.2.2).

Empfehlung zur Beurteilung des Risikos von N-Verlusten in die Umwelt

8. Der Einbezug des N-Saldos als geeignete und von den Betrieben gut akzeptierte Grösse zur Beurteilung des Risikos von N-Verlusten in die Umwelt in das Direktzahlungssystem sollte geprüft werden.

Wirkungsbasierte Abgeltungen

Die pauschalen N-Abzüge und die heutige Reduktion des N-Ausnutzgrades aufgrund der offenen Ackerfläche und der Vollmistproduktion sind nicht zielführend. Sie motivieren nicht zur Verbesserung der N-Ausnutzung und honorieren eine gute Ausnutzung nicht.

Wirkungsbasierte Abgeltungen sind für N sinnvoll,

- da nur ein Bündel an verschiedenen Massnahmen und betriebsindividuell Strategien zur Reduktion von Verlusten und der Erhöhung der Effizienz führen.
- da sie zu Verbesserungen motivieren und gute Niveaus honorieren.

Empfehlung wirkungsbasierte Abgeltung

9. Generell wirkungsabhängige Beiträge zur Reduktion der N-Überschüsse und zur Reduktion des N-Verlustrisikos in die Umwelt prüfen.
10. Einen Produktionssystembeitrag (PSB) für Betriebe mit hoher N-Ausnutzung und geringem N-Verlustrisiko im Rahmen eines freiwilligen Programms einführen.

10. Bildergalerie



Gut besuchter Demoanlass zu emissionsarmen Gülleausbringetechniken, Sommer 2023



Bei der Fütterung besteht bei allen Betriebstypen Potenzial zur Reduktion der N-Zufuhr



Section-Control und Schleppschuhverteiler für die präzisere resp. verlustärmere Düngung



Erfahrungsaustausch für den Erfahrungs- und Wissenstransfer und mit Input zur Methodik Güllemax

11. Literaturverzeichnis

- Agridea, & Bundesamt für Landwirtschaft (BLW). (2018). *Wegleitung Suisse-Bilanz*.
- Agroscope. (2024). *Agrometeo. Wetterdaten Lindau 2019-2023*. [Dataset].
<https://www.agrometeo.ch/de/meteorologie?stations=175>
- Akert, F. S., Dorn, K., Frey, H., Hofstetter, P., Berard, J., Kreuzer, M., & Reidy, B. (2020). Farm-gate nutrient balances of grassland-based milk production systems with full- or part-time grazing and fresh herbage indoor feeding at variable concentrate levels. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 117(3), 383–400.
<https://doi.org/10.1007/s10705-020-10072-y>
- BLW. (2020). *Agrarbericht 2020: Stickstoff in der Landwirtschaft*.
<https://2020.agrarbericht.ch/de/umwelt/stickstoff/stickstoff-in-der-landwirtschaft>
- BLW. (2024). *digiFLUX*. <https://digiflux.info/de/>
- Boller, B., Lüscher, A., & Zanetti, S. (2003). Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung in Klee-Gras-Beständen. *Schriftenreihe der FAL*, 45, 47–54.
- Bosshard, C., Spiess, E., & Richner, W. (2012). *Überprüfung der Methode Suisse-Bilanz: Schlussbericht*. Agroscope.
- Burren, A., Terranova, M., Kreuzer, M., Kupper, T., & Probst, S. (2024). *Differences Between Swiss Dairy Breeds in the Relationship between Milk Urea Nitrogen and Urine Nitrogen Excretion*. Annual Meeting of European Federation of Animal Science.
- Chmelíková, L., Schmid, H., Anke, S., & Hülsbergen, K.-J. (2021). Nitrogen-use efficiency of organic and conventional arable and dairy farming systems in Germany. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 119(3), 337–354. <https://doi.org/10.1007/s10705-021-10126-9>
- Ernst, H., Förster, F., Albert, E., & Mönicke, R. (2003). *Merkblatt zur Anwendung des Nitrat-Schnelltests bei Wintergetreide und zum Einsatz von stabilisierten N-Düngern—Publikationen—Sachsen.de*.
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/>
- Ghione, F., Hemkes, C., Janett, R., & Reidy, B. (2023). *BIOBN-On Farm—Projektabschlussbericht Berner Fachhochschule HAFL*.
- Godinot, O., Carof, M., Vertès, F., & Leterme, P. (2014). SyNE: An improved indicator to assess nitrogen efficiency of farming systems. *Agricultural Systems*, 127, 41–52.
- Grossrieder, J., Ringger, C., Argento, F., Grandgirard, R., Anken, T., & Liebisch, F. (2022). *Standortangepasste Stickstoffdüngung: Aktuelle Methoden und Erfahrungen*. <https://doi.org/10.34776/AFS13-103G>
- Häni, C. (2022). *R Package agrammon* [Software]. <https://github.com/ChHaeni/bLSmodelR>
- Heinz, S., Mayer, F., & Kuhn, G. (2013). Leguminosenanteile im bayerischen Grünland. *Tagungsband 57. Jahrestagung der AGGF*, 105–110.
- Helfenstein, S. E. (2022). *Zusammenhang zwischen Milchwahstoffwert und N-Effizienz auf Hofebene*. [Semesterarbeit HAFL].
- Hoop, D., & Schmid, D. (2016). *Betriebstypologie ZA2015 (BT-ZA2015)*. Agroscope Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH.
- Kupper, T., Bonjour, C., Zaucker, F., Achermann, B., & Menzi, H. (2010). Agrammon: An internet based model for the estimation of ammonia emissions. *14th RAMIRAN International Conference, Lisboa Portugal*, 334–337.
- MeteoSchweiz. (2022). *Klimanormwerte Zürich/Kloten. Normperiode 1961-1990*. [Dataset].
- Oenema, O., Kros, H., & Vries, W. (2003). Approaches and uncertainties in nutrient budgets: Implications for nutrient management and environmental policies. *European Journal of Agronomy*, 20(1–2), 3–16.
[https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(03\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00067-4)
- Quemada, M., Lassaletta, L., Jensen, L. S., Godinot, O., Brentrup, F., Buckley, C., Foray, S., Hvid, S. K., Oenema, J., Richards, K. G., & Oenema, O. (2020). Exploring nitrogen indicators of farm performance among farm types across several European case studies. *Agricultural Systems*, 177, 102689.
- R Core Team. (2022). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

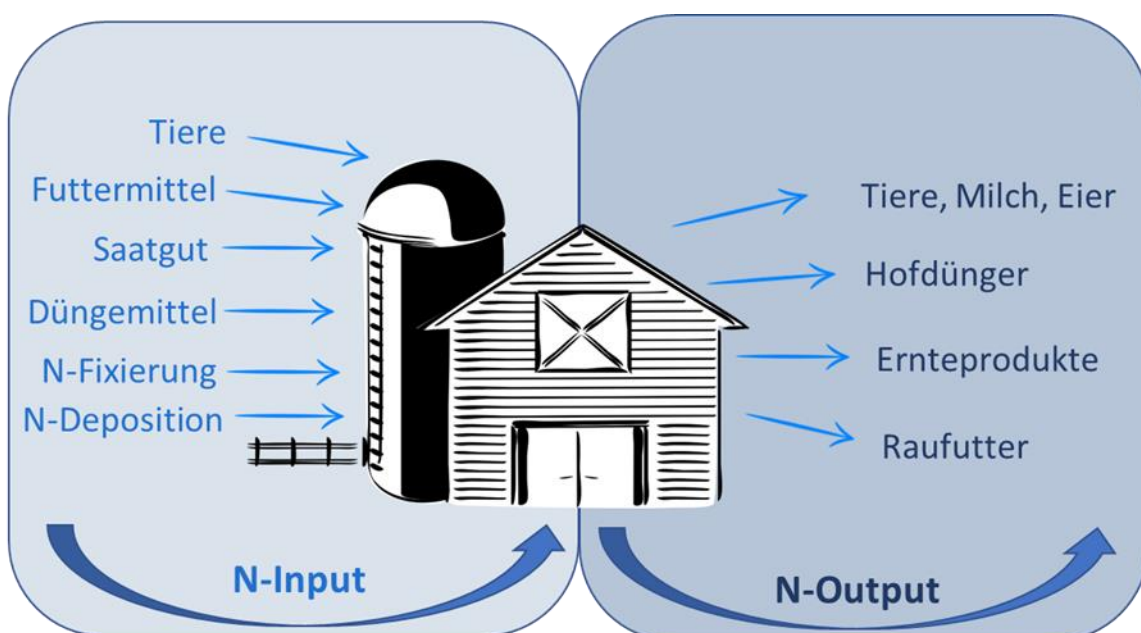
- Ramp, T. (2024). *Ressourcenprojekt N-Effizienz: Schätzung der gasförmigen Emissionen mit Agrammon* [Semesterarbeit HAFL].
- Richner, W., & Sinaj, S. (2017). *Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz: (GRUD 2017)*.
- Rihm, B. (2020). *Stickstoffdeposition 2015 auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (Meteotest)* [Dataset].
- Sajeev, E. P. M., Amon, B., Ammon, C., Zollitsch, W., & Winiwarter, W. (2018). *Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis*. 110, 161–175. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9893-3>
- Schrade, S., Zeyer, K., Mohn, J., & Zähler, M. (2023). Effect of diets with different crude protein levels on ammonia and greenhouse gas emissions from a naturally ventilated dairy housing. *Science of The Total Environment*, 896, 165027. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165027>
- Schrade, S., Zeyer, K., Mohn, J., & Zähler, M. (2024). *Milchviehhaltung: Welchen Effekt hat der Rohproteingehalt der Ration auf die Ammoniakemissionen?* Tagung Netzwerk Nutztiere, Zollikofen. <https://www.bfh.ch/de/aktuell/fachveranstaltungen/netzwerk-nutztiere/>
- Spring, P. (2024). *N-Reduktion in der Schweinemast*. Tagung Netzwerk Nutztiere 2024: Reduktion Stickstoff und Phosphor in der Nutztierhaltung: Aktuelles aus der Wissenschaft., Zollikofen. <https://www.bfh.ch/de/aktuell/fachveranstaltungen/netzwerk-nutztiere/>
- Spuhler, M., Graf, S., & Weyermann, I. (2023, Juli). *Stickstoffreduzierte Phasenfütterung bei Schweinen*.
- Steinsberger, T. (2024). *Stickstoff- und Phosphorbilanz—Welche Aussagekraft haben einzelbetriebliche Nährstoffmessungen?* Tagung Netzwerk Nutztiere 2024: Reduktion Stickstoff und Phosphor in der Nutztierhaltung: Aktuelles aus der Wissenschaft., Zollikofen. <https://www.bfh.ch/de/aktuell/fachveranstaltungen/netzwerk-nutztiere/>
- Stutz, C., Lehmann, J., Rosenberg, E., & Briner, H. (1999). Ertragreiche Kunstwiesen nachhaltig bewirtschaften. *Agrarforschung Schweiz*, 6, 129–132.
- Swiss Granum. (2024). *Qualitätserhebung der Weizenernte 2023. Resultate der Laboranalysen*. [Dataset]. chromeextension: [//efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.swissgranum.ch/fileadmin/user_upload/swiss-granum/dokumente/Erntequalitaet/Brotgetreide/Erntequalitaet23_Resultate_Laboranalysen.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.swissgranum.ch/fileadmin/user_upload/swiss-granum/dokumente/Erntequalitaet/Brotgetreide/Erntequalitaet23_Resultate_Laboranalysen.pdf)
- Terraflor GmbH. (2024). *N-Volumeter-Messgerät*. <https://www.terraflor.de/stickstoff-schnellbestimmung>
- Vogel, S. (2024). *Absenkepfad Nährstoffe: Rolle der Nutztierhaltung*. Tagung Netzwerk Nutztiere 2024: Reduktion Stickstoff und Phosphor in der Nutztierhaltung: Aktuelles aus der Wissenschaft., Zollikofen. <https://www.bfh.ch/de/aktuell/fachveranstaltungen/netzwerk-nutztiere/>
- von Wyl, H., Küng, T., Kupper, T., & Spring, P. (2023). *Rohproteingehalte in Schweinefutter: Bestandsaufnahme 2021*. 14, 116–121. <https://doi.org/10.34776/afs14-116>
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer.

12. Anhang

Anhang 1: Gründe, welche Betriebe an der Teilnahme am Projekt hinderten

- Viele Betriebe sind generell überlastet und scheuen sich vor weiteren zusätzlichen Aufgaben.
- Generelle Abneigung gegen zusätzliche Daten- und Büroarbeit.
- Das Thema N ist anspruchsvoll, hat aber auf vielen Betrieben keine Priorität. Andere Themen wie Milchproduktion / -markt, PSM, Betriebsstrukturen usw. sind wichtiger und haben Vorrang.
- Eine Steigerung der N-Effizienz tangiert eine Vielzahl von betrieblichen Abläufen. Die Auswirkung von Änderungen auf den Output ist mit zahlreichen Unsicherheiten bzw. umweltbedingten Randbedingungen verbunden.
- Generelle Skepsis der Zürcher Betriebe gegenüber Einmischung durch die Behörden und die Nährstoff-/Suisse-Bilanz-Thematik. Angst davor, dass sich Transparenz und Kooperation mittelfristig in Form restriktiverer Vorgaben negativ auf die Landwirtschaft auswirken.
- Mineralische N-Dünger sind günstig in der Anschaffung und auch in der Ausbringung. Daher hat ein gezielter Einsatz nicht oberste Priorität.
- Betriebe haben das Gefühl, sie seien bereits effizient unterwegs und können bzw. wollen nichts ändern. Interessierte Betriebsleiter haben bereits viel optimiert. Die Erfolgchancen einer weiteren Effizienzsteigerung sind bei diesen Betrieben beschränkt.
- Rekrutierungsanfragen während der Vegetationszeit sind ungünstig, es sollte nur im Winter angefragt werden.

Anhang 2: Methodik der Hoftorbilanz



N-Saldo (kg N/ha düngbare Fläche) = N-Input – N-Output

N-Effizienz (%) = N-Output/N-Input

Referenzwert: Dreijähriges Mittel 2015-2017

Anhang 3: Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung

Tabelle A 1: Massnahmenliste und gewählte Massnahmen

Fütterung und Haltung Nutztiere		Anzahl Betriebe
1a	Reduktion des durchschnittlichen jährlichen Milch-Harnstoffwertes auf unter 20 mg pro dl	
1b	Reduktion oder Verzicht auf die Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	19
1c	Optimierung der Haltung und des Managements von Nutztieren	3
2	N-Wirkung der Hofdünger verbessern	
2a	Stall	
	Abluftreinigung bei bestehenden und neuen zwangsentlüfteten Schweine- und Geflügelställen	
	Rascher Harnabfluss	
	Erhöhte Fressstände („Antritt“)	
	Kotbandtrocknung Geflügel	
2b	Hofdünger-Ausbringung	
	Einsatz Güllegrubber oder Gülle-Injektion	
	Einsatz Schleppschuhgeräte	
	Gülleverdünnung mind. 1:1.2	
	Mist sofort einarbeiten	
2c	Planung der Hofdünger-Ausbringung	
	Planung der Hofdüngergaben (Zeitpunkt, Mengen)	19
	Gülleanalysen bei Bedarf nach Absprache mit Experten	19
2d	Ausbringung / Zusätze	
	Nitrifikations- oder Ureasehemmer in Gülle einsetzen (z. B. Piadin)	5
2e	Gülleseparierung	1
2f	Weitere Innovative Massnahmen mit erwiesener Wirkung bezüglich N-Verlusten	
	- Gülleansäuerung bei der Lagerung - Gülleansäuerung bei der Ausbringung - Weitere innovative Massnahmen (Pouletmist in Biogasanlage, Gärgülle zurück)	1
3	N-Wirkung der Mineraldünger erhöhen	
	Präzisere Verteilung der Dünger, minimale Überlappungen:	
3a	Parallelfahrssysteme; manuell oder automatisch	1
3b	Section Control (automatische/manuelle Teilbreitenschaltung)	2
3c	Teilflächenspezifische Düngung unter Berücksichtigung des Pflanzen- und Bodenzustands.	
3d	Einsatz von N-stabilisierenden Düngemittel	
	Slow-Release-Dünger	
3e	N-Düngung nach N_{min} bei Mais, ZR, Kart., ev. bei Getreide und Raps, Rest maximal nach GRUD17	
	Düngen nach detaillierten Bodenanalysen (z.B. Basensättigung ...)	
	Düngungsplanung	11
	Keine Sicherheitsmargen	
	Wahl der Düngemittel (z.B. Ersatz Harnstoff)	1
	Dünger einhacken (z.B. Mais)	
	Reihendüngung	
	Splitting N-Gaben	
	N-Bedarfsanalysen wie: Schnelltests, Blattgrünbestimmung, N-Düngefenster, Blattmassebestimmung	
3f	Weitere innovative Massnahmen mit erwiesener Wirkung bezüglich N-Effizienz	
4	Pflanzenbauliche Massnahmen	
4a	Optimierungen der Fruchtfolge	6
	Keine Schwarzbrache	
	Neue Kulturen, Zwischen-, Gründüngungen, Über-, Untersaaten	
	Ersatz von Mineraldünger-N- durch Leguminosen, Mattenkee- und Luzernemischung ohne jegliche N-Zufuhr	
	Nach Kartoffeln: Zwischenfrüchte oder Grasmischung innerhalb 14 Tage nach Ernte	
	Kein Wintergetreide nach Kartoffeln	
	Mit Leguminosen-Zwischenkulturen N sammeln und im Frühjahr mit N_{min} berücksichtigen	
4b	Weitere innovative pflanzenbauliche Massnahmen mit erwiesener Wirkung bezüglich N-Effizienz	
	- Mischkulturen („Intercropping“) - Weitere innovative pflanzenbauliche Massnahmen	
5	Innovative Massnahmen (Kombinationen) Einzelfallweise	
5a	Güllestabilisierung (?)	1(?)

Tabelle A 2: Fragebogen der im Winter 2022/23 auf den Projektbetrieben durchgeführten Befragung

1 Hoftorbilanz

1	Was ist deine Motivation für die Projektteilnahme?				ja	nein
	Verringerung der N-Überschüsse in der Landwirtschaft					
	Vergleich mit anderen Betrieben hinsichtlich N-Effizienz					
	Mitwirken bei der Agrarpolitik					
	Betriebsoptimierung					
	Finanzielle Interessen					
	Anderes:					
2	Wie ordnest du deine Betriebsintensität ein?					
	Sehr hoch	hoch	mittel	tief	sehr tief	
3	Wie hoch ist dein Zeitaufwand für die Bereitstellung der Daten zur Hoftorbilanzierung?					
	Bis 2 Stunden	2 bis 5 Stunden	mehr als 5 Stunden			
4	Wieviel Zeit würdest du maximal für die Datenbereitstellung aufwenden?					
5	Was sind die Stärken der Hoftorbilanz aus deiner Sicht?				ja	nein
	Überblick über das Nährstoffmanagement auf dem Betrieb					
	Hilft die N-Verluste zu reduzieren					
	Gutes Instrument für die praktische Nährstoffplanung auf dem Betrieb					
	Hilft bei der Steigerung der Nährstoffeffizienz					
	Hilft die wirtschaftliche Effizienz auf dem Betrieb zu steigern					
	Anderes:					
6	Was sind die Schwächen der Hoftorbilanz aus deiner Sicht?				ja	nein
	Realität wird ungenügend abgebildet					
	Fehlende Nachvollziehbarkeit/Verständlichkeit für die Praxis					
	Zeitliche Verzögerung der Ergebnisse					
	Ergebnisse sind keine Hilfestellung für praktische Entscheidungen					
	Anderes:					

2 Suisse Bilanz

7	Wie hoch ist dein Zeitaufwand für die Bereitstellung der Daten zur Berechnung der Suisse Bilanz?				
	Bis 2 Stunden	2 bis 5 Stunden	mehr als 5 Stunden		
8	Wieviel Zeit würdest du maximal für die Datenbereitstellung aufwenden?				
9	Rechnest du deine Suisse Bilanz selbst?			ja	nein
10	Was sind die Stärken der Suisse Bilanz aus deiner Sicht?			ja	nein
	Überblick über das Nährstoffmanagement auf dem Betrieb				
	Hilft die N-Verluste zu reduzieren				
	Gutes Instrument für die praktische Nährstoffplanung auf dem Betrieb				
	Hilft bei der Steigerung der Nährstoffeffizienz				
	Hilft die wirtschaftliche Effizienz auf dem Betrieb zu steigern				
	Anderes:				
11	Was sind die Schwächen der Suisse Bilanz aus deiner Sicht?			ja	nein
	Realität wird ungenügend abgebildet				
	Fehlende Nachvollziehbarkeit/Verständlichkeit für die Praxis				
	Zeitliche Verzögerung der Ergebnisse				
	Ergebnisse sind keine Hilfestellung für praktische Entscheidungen				
	Anderes:				

1 Allgemeine Fragen zur Nährstoffbilanzierung

12	Ist die Hoftorbilanz zur Nährstoffbilanzierung in der Landwirtschaft anwendbar?				
	ja	eher ja	eher nein	nein	weiss ich nicht

13	Für welche Nährstoffbilanz als politisches Vollzugsinstrument der Direktzahlungsverordnung, würdest du dich entscheiden?				
	Suisse Bilanz	Hoftorbilanz	Keine von beiden		
14	In Bezug auf die Ziele des Absenkpfeils: Hilft dir die Suisse Bilanz die Ziele zu erreichen?				
	ja	eher ja	eher nein	nein	weiss ich nicht
15	In Bezug auf die Ziele des Absenkpfeils: Hilft dir die Hoftorbilanz die Ziele zu erreichen?				
	ja	eher ja	eher nein	nein	weiss ich nicht

4 Massnahmenumsetzung									
16	Warum hast du dich für diese Massnahmen entschieden?						ja	nein	
	Massnahme 1								
	Einfach umsetzbar								
	Passt zur Betriebsstrategie								
	Grosses Potential zur Reduktion von N Verlusten								
	Neben ökologischem auch ökonomisches Potential vorhanden								
	Keine oder geringe Folgen auf Ertragebene								
	Anderes:								
	Massnahme 2								
	Einfach umsetzbar								
	Passt zur Betriebsstrategie								
	Grosses Potential zur Reduktion von N Verlusten								
	Neben ökologischem auch ökonomisches Potential vorhanden								
	Keine oder geringe Folgen auf Ertragebene								
Anderes:									
Massnahme 3									
Einfach umsetzbar									
Passt zur Betriebsstrategie									
Grosses Potential zur Reduktion von N Verlusten									
Neben ökologischem auch ökonomisches Potential vorhanden									
Keine oder geringe Folgen auf Ertragebene									
Anderes:									
17	Wie setzt du die Massnahmen konkret um?								
	Massnahme 1								
	Massnahme 2								
Massnahme 3									
18	War es einfach sich an die Zielvereinbarungen zu halten?								
	Massnahme 1								
	ja	nein	Begründung						
	Massnahme 2								
	ja	nein	Begründung						
	Massnahme 3								
	ja	nein	Begründung						
	19	Hast du über die Zielvereinbarungen hinaus Anpassungen vorgenommen?							
		Massnahme 1							
nein		ja	Begründung						
Massnahme 2									
nein		ja	Begründung						
Massnahme 3									
nein		ja	Begründung						

20 Wie wichtig war für dich die Beratung beim Start der Massnahmenumsetzung?				
Massnahme 1				
Sehr wichtig	wichtig	wenig wichtig	nicht wichtig	kann ich nicht sagen
Massnahme 2				
Sehr wichtig	wichtig	wenig wichtig	nicht wichtig	kann ich nicht sagen
Massnahme 3				
Sehr wichtig	wichtig	wenig wichtig	nicht wichtig	kann ich nicht sagen
21 Wie beurteilst du die Wirkung der umgesetzten Massnahmen hinsichtlich Ertrag/Leistung?				
Massnahme 1				
positiv	eher positiv	eher negativ	negativ	keine Auswirkungen
Massnahme 2				
positiv	eher positiv	eher negativ	negativ	keine Auswirkungen
Massnahme 3				
positiv	eher positiv	eher negativ	negativ	keine Auswirkungen
22 Was sind die Stärken deiner umgesetzten Massnahmen?				
Massnahme 1		ja	nein	
Geringe/keine Ertrags-/Leistungsverluste				
Ökonomische Vorteile				
Positive Auswirkungen auf andere Bereiche				
Anderes:				
Massnahme 2		ja	nein	
Geringe/keine Ertrags-/Leistungsverluste				
Ökonomische Vorteile				
Positive Auswirkungen auf andere Bereiche				
Anderes:				
Massnahme 3		ja	nein	
Geringe/keine Ertrags-/Leistungsverluste				
Ökonomische Vorteile				
Positive Auswirkungen auf andere Bereiche				
Anderes:				
23 Was sind die Schwächen deiner umgesetzten Massnahmen?				
Massnahme 1		ja	nein	
Hohe Ertrags-/Leistungsverluste				
Ökonomische Nachteile				
Negative Auswirkungen auf andere Bereiche				
Anderes:				
Massnahme 2		ja	nein	
Hohe Ertrags-/Leistungsverluste				
Ökonomische Nachteile				
Negative Auswirkungen auf andere Bereiche				
Anderes:				
Massnahme 3		ja	nein	
Hohe Ertrags-/Leistungsverluste				
Ökonomische Nachteile				
Negative Auswirkungen auf andere Bereiche				
Anderes:				

24 Wie schätzt du das weitere Potential der Massnahmen hinsichtlich einer N-Effizienzsteigerung bzw. überschussreduktion noch ein?

Massnahme 1

Potential ausgeschöpft	Noch etwas Potential	Noch starkes Potential

Massnahme 2

Potential ausgeschöpft	Noch etwas Potential	Noch starkes Potential

Massnahme 3

Potential ausgeschöpft	Noch etwas Potential	Noch starkes Potential

25 Wirst du die Massnahmen nach Projektende weiter umsetzen?

Massnahme 1

ja	eher ja	eher nein	nein	Begründung

Massnahme 2

ja	eher ja	eher nein	nein	Begründung

Massnahme 3

ja	eher ja	eher nein	nein	Begründung

26 Wie hilfreich waren die Analysen für die Massnahmenumsetzung?

Grundfutteranalysen

Sehr hilfreich	hilfreich	wenig hilfreich	nicht hilfreich

Hofdüngeranalysen

Sehr hilfreich	hilfreich	wenig hilfreich	nicht hilfreich

Ernteproduktanalysen

Sehr hilfreich	hilfreich	wenig hilfreich	nicht hilfreich

27 Bräuchte es andere Massnahmen?

nein	ja	welche

5 Abgeltung													
28	Wie beurteilst du die Höhe der Projektbeiträge? Grundbeitrag (2500 Fr.) für die Datenbereitstellung eher wenig angemessen eher viel <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> Wirkungsbeitrag eher wenig angemessen eher viel <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												
29	Wie stehen die Beiträge im Verhältnis zu den evt. entstandenen Mehrkosten/Ertragseinbussen auf deinem Betrieb? hoch eher hoch gerade richtig eher tief viel tief <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												
6 Abschluss													
30	Hat sich durch die Teilnahme am N-Effizienzprojekt deine Betriebsstrategie oder deine persönliche Einstellung verändert? nein ja Begründung <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												

Tabelle A 3: Umgesetzte Massnahmen und Ergebnisse für N-Effizienz (%) und N-Saldo (kg N/ha DF) auf allen 19 Betrieben. Grün=Projektziel wurde erreicht, braun=Projektziel wurde nicht erreicht.

Betriebstyp	Betriebsnummer	N-Saldo Basis (kg N/ha DF)	N-Saldo Massnahme (kg N/ha DF)	N-Effizienz Basis (%)	N-Effizienz Massnahme (%)	Massnahmennummer	Massnahme	Umsetzung
Milchvieh Grasland	1	116	45	39	54	1b	Verzicht der Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	Es wird kein betriebsfremdes Kraftfutter mehr zugeführt.
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						3e	Wahl der Düngemittel	Ersatz Harnstoff
Milchvieh Grasland	2	123	112	35	39	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	Reduktion des N-Imports aus Kraftfuttermitteln
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						4a	Optimierung der Fruchtfolge	Es werden Übersaaten bei den Naturwiesen durchgeführt (mindestens 5 ha bis Ende 2020), es werden Naturwiesen umgebrochen und Kunstwiesen angebaut (dazwischen ev. 1 Jahr Getreide, mindestens 2 ha bis Ende 2020), Futterbauberatung wird durch Strickhof sichergestellt (insbesondere für Mischungswahl, Zeitpunkt, Bearbeitungsmassnahme).
Milchvieh Grasland	3	88	75	34	40	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	Reduktion des N-Imports aus Kraftfuttermitteln
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						2e	Gülleseparierung	Gülleseparator wird angeschafft, mind 70% der Gülle wird separiert, Aufzeichnung der Güllegaben
Milchvieh Grasland	4	219	178	41	47	4a	Optimierung der Fruchtfolge	Es werden Übersaaten bei den Naturwiesen durchgeführt (mindestens 5 ha bis Ende 2020), Futterbauberatung wird durch Strickhof sichergestellt (insbesondere für Mischungswahl, Zeitpunkt, Bearbeitungsmassnahme).
						1b	Reduktion der Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	Reduktion des N-Imports aus Kraftfuttermitteln
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
Milchvieh Grasland	5	303	134	33	63	3e	Düngungsplanung	Aufzeichnung der Düngung & Düngung gemäss Düngungsplan
						1b	Reduktion der Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	Reduktion des N-Imports aus Kraftfuttermitteln
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						2d	Güllezusätze	Bei Maissilage wird auf mindestens der Hälfte der angebauten Fläche Piadin eingesetzt.
						3e	Düngungsplanung	Düngung gemäss Düngungsplan, Aufzeichnung der effektiven Düngung

Betriebstyp	Betriebs- nummer	N-Saldo Basis (kg N/ha DF)	N-Saldo Mas- snahme (kg N/ha DF)	N-Effizienz Basis (%)	N-Effizienz Massnahme (%)	Massnahmen- nummer	Massnahme	Umsetzung
Milchvieh Grasland	6	85	60	52	56	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus be- triebsfremden Futtermitteln	Es wird kein Kraftfutter mehr zugeführt, anstelle wird auf dem Betrieb angebautes Getreide verfüt- tert.
						1c	Optimierung der Haltung und des Managements bei den Schweinen	Durch Muttersauen in der richtigen Kondition sollen die Ferkelabgänge reduziert und somit der Output von Ferkeln erhöht werden.
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						4a	Optimierung der Fruchtfolge	Die bisherige Fruchtfolge mit Mais und Kunstwiese wird um Getreide (Weizen oder Gerste) erweitert.
Milchvieh Ackerbau	7	105	87	56	60	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus be- triebsfremden Futtermitteln	Reduktion des N-Imports aus Kraftfuttermitteln
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						2d	Güllezusätze	Piadin zu Gülle in Mais (5l pro ha) und bei Wiesen (5l pro ha)
						3e	Düngungsplanung	Düngung gemäss Düngungsplanung 2019 und Auf- zeichnung
Milchvieh Ackerbau	8	71	94	70	57	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus be- triebsfremden Futtermitteln	Es wird kein Futterharnstoff mehr eingesetzt.
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						4a	Optimierung der Fruchtfolge	Futterbau: Kunstwiesen-Mischungswahl: an trocke- nen Standorten wird eine Kunstwiesenmischung mit Luzerne angebaut (z.B. UFA 323, UFA Queen Gold)
Milchvieh Ackerbau	9	175	128	48	61	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus be- triebsfremden Futtermitteln	Anpassung Kraftfuttermengen gemäss Fütterungs- plan
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						2d	Güllezusätze	Piadin zu Gülle in Mais (5l pro ha)
						3a	Parallelfahrssysteme	Anwendung auf gesamte Mineraldüngermengen
						3b	Section Control	Anwendung auf gesamte Mineraldüngermengen
						3e	Düngungsplanung	Düngung gemäss Düngungsplanung und Aufzeich- nung
Milchvieh Ackerbau	10	163	147	31	36	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus be- triebsfremden Futtermitteln	Reduktion des N-Imports aus Kraftfuttermitteln
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						2d	Güllezusätze	Piadin zu Gülle in Mais, Weizen, Triticale und Gerste und bei Wiesen
						3e	Düngungsplanung	Düngung gemäss Düngungsplan und Aufzeichnung
						4a	Optimierung der Fruchtfolge	Zwischen dem 1. und 2. Jahr Mais wird ein Zwi- schenfutter oder eine Gründüngung angebaut

Betriebstyp	Betriebsnummer	N-Saldo Basis (kg N/ha DF)	N-Saldo Massnahme (kg N/ha DF)	N-Effizienz Basis (%)	N-Effizienz Massnahme (%)	Massnahmennummer	Massnahme	Umsetzung
Milchvieh Ackerbau	11	140	118	44	51	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	Reduktion des N-Imports aus Kraftfuttermitteln
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						3e	Düngungsplanung	Düngung gemäss Düngungsplanung und Aufzeichnung
Veredelung	12	93	68	54	63	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	Reduktion des N-Imports aus Futtermitteln
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						3e	Düngungsplanung	Düngungsplan
Veredelung	13	115	83	59	70	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	Reduktion des N-Imports aus Kraftfuttermitteln
						1c	Optimierung der Haltung und des Managements der Schweine	Erhöhung des N-Exports durch mehr Ferkel
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
Veredelung	14	193	154	56	66	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	Frühere Futterumstellung bei Junghennen auf Futter mit tieferem RP-Gehalt
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						3e	Düngungsplanung	Düngungsplanung durch Beratung Strickhof
						4a	Optimierung der Fruchtfolge	Anbau der Ackerkulturen wird durch Strickhof begleitet.
Veredelung	15	143	102	79	83	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	Der RP-Gehalt des Legehennenfutters wird von 177 auf 168 g/kg angepasst.
						1c	Optimierung der Haltung und des Managements der Legehennen	Das Entmistungsintervall des Kotbandes wird von zweimal pro Woche auf täglich erhöht.
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						3b	Section Control	Wiegestreuer
Veredelung	16	161	148	75	77	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	Optimierung der Phasenfütterung
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngeranalysen
						3e	Düngungsplanung	Düngungsplan Strickhof
Veredelung	17	166	128	79	85	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus betriebsfremden Futtermitteln	Der RP-Gehalt des Pouletmastfutters wird reduziert.
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Gemäss Düngungsplan, Gülleanalysen
						2f	Innovative Massnahme	Teil des Pouletmists wird in Biogasanlage gebracht und als Gärgülle wieder zurückgenommen. Effizienterer Hofdüngereinsatz durch bessere N-Verfügbarkeit.
						3e	Düngungsplanung	Düngungsplan Strickhof

Betriebstyp	Betriebs- nummer	N-Saldo Basis (kg N/ha DF)	N-Saldo Mas- snahme (kg N/ha DF)	N-Effizienz Basis (%)	N-Effizienz Massnahme (%)	Massnahmen- nummer	Massnahme	Umsetzung
Veredelung	18	121	99	56	61	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus be- triebsfremden Futtermitteln	Reduktion des N-Imports aus Futtermitteln
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngereanalysen
						2d	Nitrifikationshemmer in Gülle einsetzen	Beim Mais wird auf mindestens 40% der Fläche Piadin eingesetzt (5l/ha).
Veredelung	19	158	127	68	70	1b	Reduktion der Zufuhr von N aus be- triebsfremden Futtermitteln	Proteingehalt des Ergänzungsfutters wird reduziert.
						2c	Planung der Hofdüngerausbringung	Hofdüngereanalysen
						3e	Düngungsplanung	Düngungsplan

Tabelle A 4: Datengrundlage für die Hoftorbilanzierung

Parameter	Datenherkunft	Relevanz	Datenqualität	Selbstdeklaration	N-Berechnung
Tiere					
Rinder	TVD (Eingabe BL)	mittel	mittel	mittel	Hochrechnung des LG anhand Modell, N-Gehalt aus GRUD
Geflügel	IMPEX, Angaben BL	mittel	mittel	mittel	N-Gehalt aus GRUD
Schweine	IMPEX, Abrechnungen	mittel	mittel	mittel	LG, SG vorhanden, Ausschlachtungsgrad nach AMA, N-Gehalt aus GRUD
Futtermittel					
Kraftfutter Milchvieh	Bezugsstatistik Futtermühlen	hoch	hoch	gering	RP-Gehalt anhand Futtermittletikette
	Angaben BL	hoch	mittel	hoch	RP-Gehalt anhand Futtermittletikette
Geflügelfutter	IMPEX, Angaben BL	hoch	hoch	mittel	RP-Gehalt IMPEX
Schweinefutter	IMPEX, Angaben BL	hoch	hoch	mittel	RP-Gehalt IMPEX
Grundfutter	Angaben BL	mittel	mittel	hoch	RP-Gehalt Suisse Feed Database
Saatgut	Standardwerte pro Kultur	gering	gering		N-Gehalte aus GRUD
Dünger					
Hofdünger	HODUFLU (Eingabe BL)	mittel	mittel	hoch	N-Gehalte gemäss HODUFLU
Mineraldünger	Feldkalender/Agroplus	hoch	hoch	mittel	Hochrechnung der effektiven Menge pro Kultur, N-Gehalte gemäss Dünger
N-Deposition	BAFU	mittel	mittel		Angaben BAFU (Rihm, 2020) auf Gemeindeebene
Biologische Fixierung	N-	hoch			Nach (Boller et al., 2003)
Flächen	Betriebsdaten, Suisse-Bilanz		hoch	gering	
Leguminosen-anteile	Standardwerte		gering		
Milch	TSM	hoch	hoch	gering	Gewichtete RP-Gehalte von TSM, N-Gehalt aus GRUD
	Eigenverbrauch, Angaben BL		gering	hoch	
Eier	Angaben BL	hoch	hoch	mittel	N-Gehalte aus GRUD
Ackerbaukulturen					
Erträge	Lieferscheine	hoch	hoch	gering	N-Gehalte aus GRUD
	Schätzungen Suisse-Bilanz		mittel	mittel	
Flächen	Betriebsdaten, Suisse-Bilanz	hoch	hoch	mittel	

AMA=Agrar Markt Austria, BAFU=Bundesamt für Umwelt, BL= Betriebsleitende, GRUD=Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (2017), HODUFLU=Internetprogramm zur einheitlichen Verwaltung von Hof- und Recyclingdüngerverschiebungen in der Landwirtschaft, IMPEX=Import-/Exportbilanz, LG=Lebendgewicht, SG=Schlachtgewicht, TSM=Treuhandstelle Milch, TVD=Tierverkehrsdatenbank

Tabelle A 5: Datengrundlage für die Suisse-Bilanz

Parameter	Datenherkunft	Relevanz	Datenqualität	Selbstdeklaration	Bemerkungen
Tiere					
Rinder	TVD (Eingabe BL)	hoch	mittel	mittel	
Geflügel	TVD (Eingabe BL)	hoch	mittel	mittel	
Schweine	TVD (Eingabe BL)	hoch	mittel	mittel	
Futtermittel					
Kraftfutter Milchvieh	Angaben BL	mittel	mittel	hoch	
Geflügelfutter	nicht erfasst				
Schweinefutter	nicht erfasst				
Grundfutter	Berechnet	hoch	mittel	mittel	
Saatgut					
	nicht erfasst				
Dünger					
Hofdünger	HODUFLU (Eingabe BL)	mittel	mittel	hoch	
Mineraldünger	Angaben BL	hoch	hoch	hoch	
N-Deposition					
	nicht erfasst				
Biologische N-Fixierung					
Flächen					
Leguminosenanteile					
Milch					
	Angaben BL	mittel	mittel	hoch	
Eier					
	nicht erfasst				
Ackerbaukulturen					
Erträge	Standardwerte	hoch	mittel	hoch	

Ergebnisse Analysen

Tabelle A 6: N-Gehalte Ernteproduktproben aus den Jahren 2018-2021 und 2023

Kultur	Analysen		GRUD 2017
	N (g/kg FS)	SD	N (g/kg FS)
Brotweizen (n=53)	24.8	3.4	20.2
Sommerhafer (n=9)	19.8	2.6	16.5
Wintertriticale (n=12)	20.8	3.6	16.0
Wintergerste (n=30)	21.8	4.1	14.8
Winterraps (n=20)	36.7	6.0	26.1

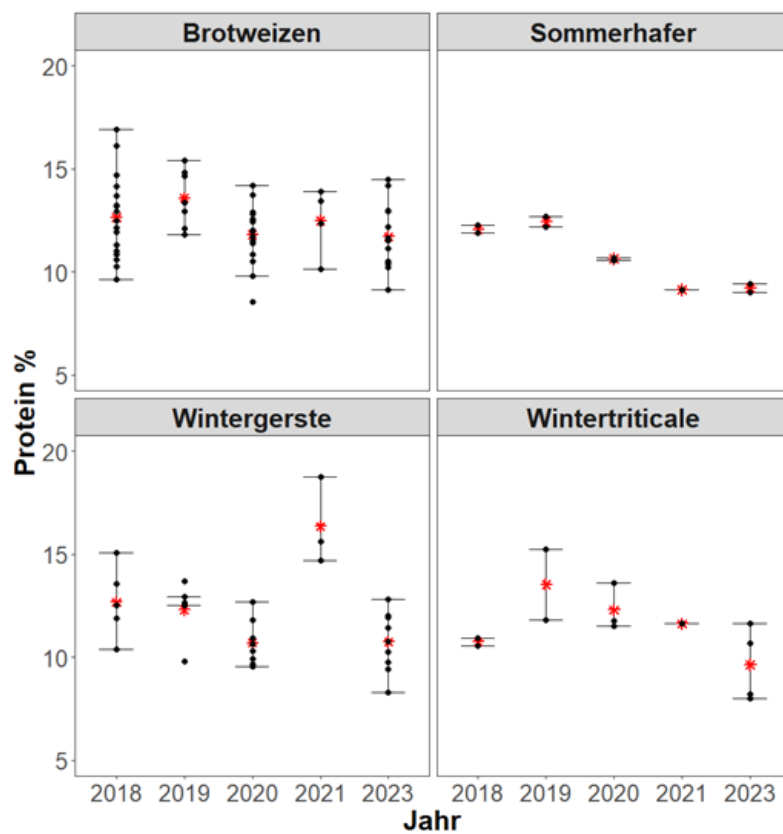


Abbildung A 1: Getreidequalität: Verlauf der Proteingehalte im Getreide für die Jahre 2018-2021 und 2023 (rot =Mittelwert)

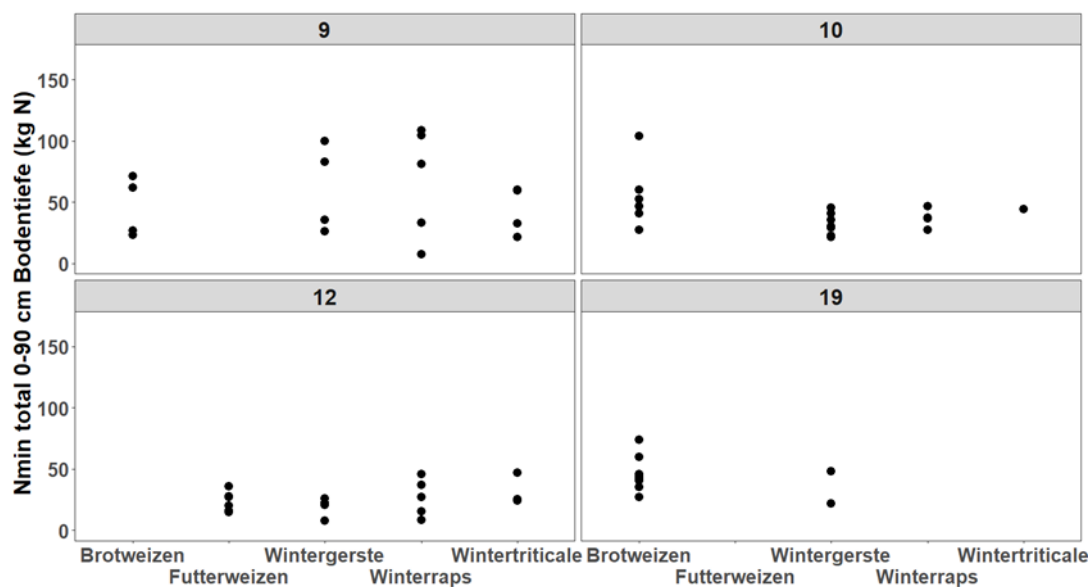


Abbildung A 2: Nmin total in 0-90 cm Bodentiefe auf vier Betrieben (9, 10, 12, 19). Ein Punkt entspricht einer Parzelle, beprobt wurde in den Jahren 2020-2023.

Tabelle A 7: Ergebnisse des Nitratchecks im Frühjahr 2023 auf vier Betrieben. Aus den Messungen des Nitratgehalts im Pflanzensaft wurde die Düngeempfehlung für die Schossergabe abgeleitet.

Betrieb	Jahr	Datum	Kultur	NO3 (mg/l)	Empfehlung N (kg/ha)
17	2023	14.04.2023	Winterweizen	500	20-40
17	2023	14.04.2023	Winterweizen	500	20-40
10	2023	14.04.2023	Winterweizen	79	30-50
9	2023	03.04.2023	Winterweizen	349	30-40
9	2023	03.04.2023	Winterweizen	446	30-40
9	2023	03.04.2023	Wintergerste	443	30-40
9	2023	03.04.2023	Wintertriticale	366	30-40
19	2023	04.04.2023	Winterweizen	500	20-30
19	2023	10.04.2023	Winterweizen	116	40-50
19	2023	10.04.2023	Wintergerste	186	40-50



Abbildung A 3: Energiegehalte (MJ NEL/kg TS) im Grundfutter in den Jahren 2018-2023. Die grauen Punkte stammen aus der Raufutter-Enquête (Region 8, < 600 müNN). In der Raufutter-Enquête wird nicht zwischen erstem und den folgenden Schnitten unterschieden.

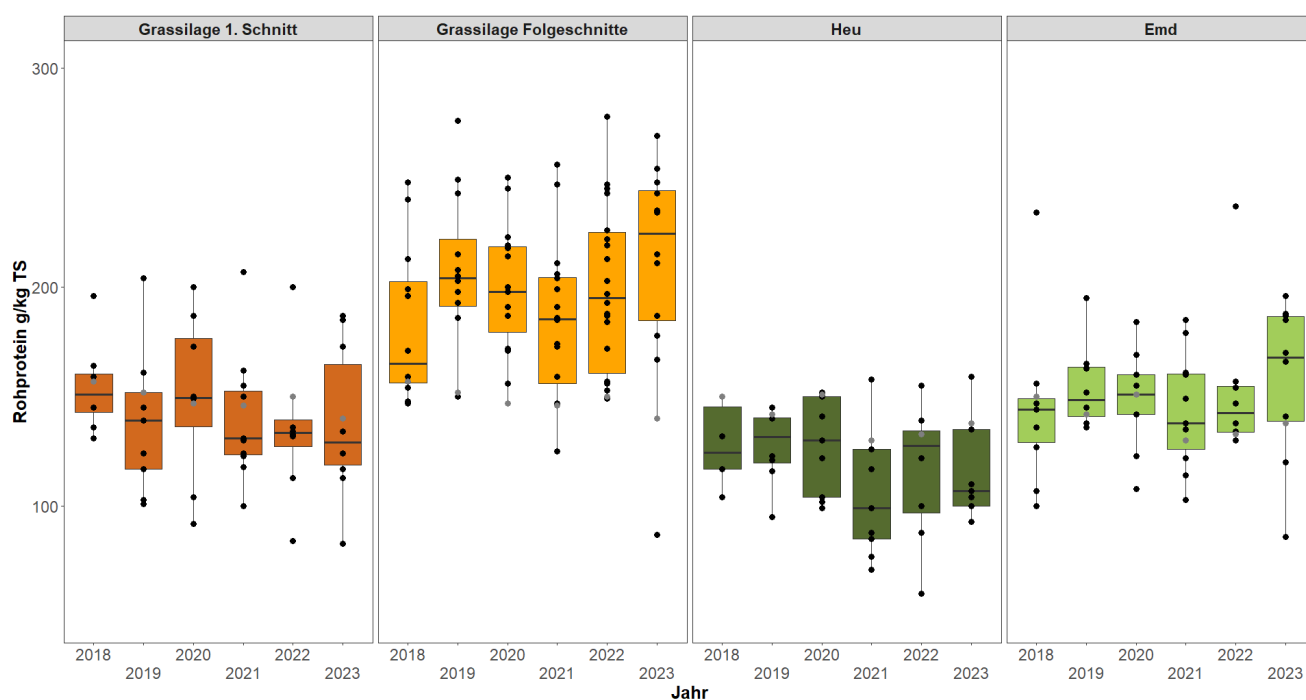


Abbildung A 4: Rohproteingehalte (g/kg TS) im Grundfutter in den Jahren 2018-2023. Die grauen Punkte stammen aus der Raufutter-Enquête (Region 8, < 600 müNN). In der Raufutter-Enquête wird nicht zwischen erstem und den folgenden Schnitten unterschieden.

Tabelle A 8: Mit dem Modell Agrammon berechnete gasförmige N-Emissionen (Mittelwerte und Standardabweichung in kg N/ha LN) der Projektbetriebe nach Betriebstyp für die Jahre 2017 (Basisjahr) und 2023 (Massnahmenjahr).

Betriebstyp	Milchvieh Ackerbau				Milchvieh Grasland				Veredelung			
	2017		2023		2017		2023		2017		2023	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
N₂ Stall und Lager	2.4	0.9	1.8	0.5	2.5	1.1	2.5	1.3	2.5	2.1	2.3	1.9
NO Weide	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
NO Stall und Lager	0.3	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.4	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1
NO Ausbringung_org	0.7	0.2	0.5	0.2	0.6	0.2	0.6	0.2	0.6	0.2	0.6	0.3
NO total	1.1	0.3	0.9	0.3	1.2	0.4	1.1	0.4	1.0	0.3	1.0	0.4
N ₂ O Weide	0.4	0.1	0.3	0.1	0.7	0.2	0.6	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2
N ₂ O Stall und Lager	0.3	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.4	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1
N ₂ O Ausbringung_org	1.2	0.4	0.9	0.4	1.1	0.4	1.0	0.3	1.0	0.4	1.1	0.6
N₂O total	1.9	0.5	1.5	0.4	2.1	0.6	2.0	0.7	1.7	0.5	1.7	0.7
NH ₃ Weide	0.9	0.2	0.7	0.3	1.5	0.5	1.4	0.8	2.7	3.8	2.6	3.8
NH ₃ Stall und Lager	27.3	10.9	22.2	5.8	33.4	16.2	31.4	14.0	46.3	22.9	42.4	21.9
NH ₃ Ausbringung_org	20.1	7.4	12.8	4.8	17.5	7.6	15.6	6.4	17.0	9.9	12.6	7.3
NH ₃ Ausbringung_min	4.3	2.9	3.5	2.4	2.4	1.8	1.1	1.3	4.6	4.2	4.4	4.6
NH₃ total	52.7	14.5	39.2	7.2	54.8	23.4	49.4	21.1	70.7	22.3	62.0	21.9



Abbildung A 5: NH₃-Emissionsquellen (kg N/ha) der 19 Projektbetriebe in den Jahren 2017 (Basisjahr) und 2023 (Massnahmenjahr)

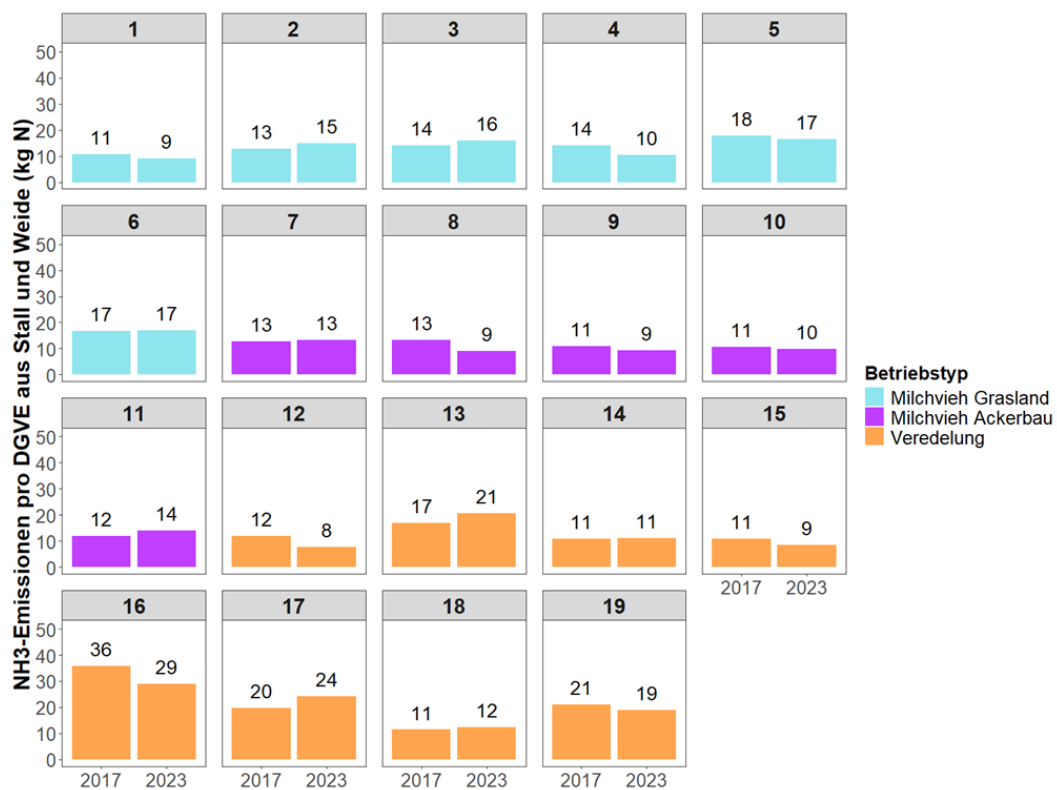


Abbildung A 6: NH₃-Emissionen (kg N/DGVE) aus dem Stall und auf der Weide der 19 Projektbetriebe in den Jahren 2017 (Basisjahr) und 2023 (Massnahmenjahr)

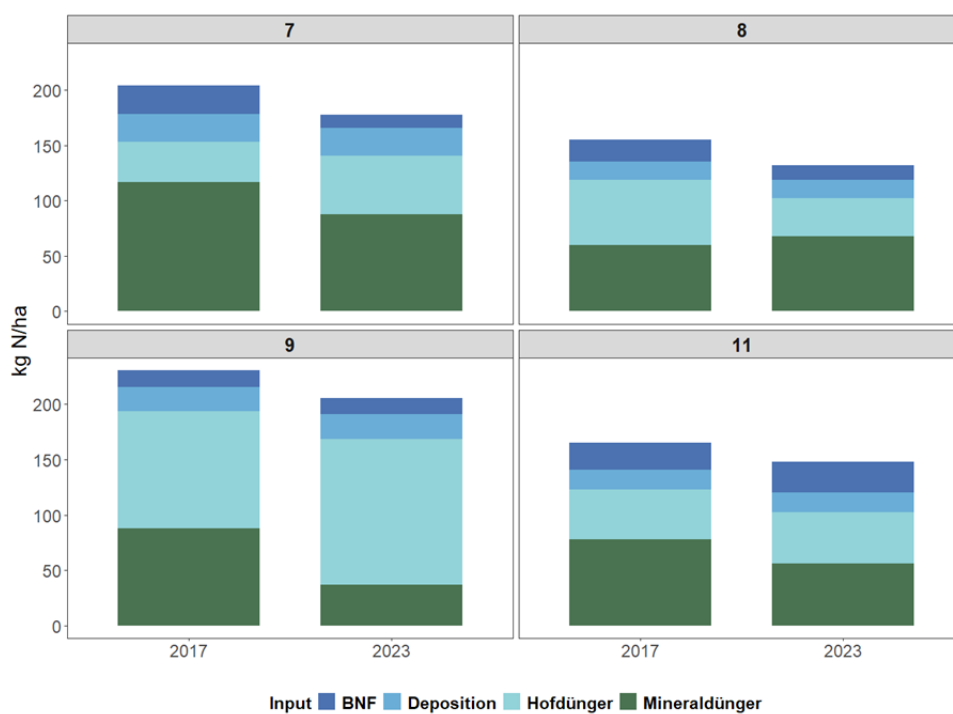


Abbildung A 7: N-Input im Ackerbau für vier «Milchvieh Ackerbau»-Betriebe (Betriebe 7-11). Aus den Agrammon-Fragebögen lässt sich ableiten welcher Anteil der Hofdünger im Ackerbau eingesetzt wird und durch die Agrammon-Berechnung sind die Stickstoffmengen bekannt

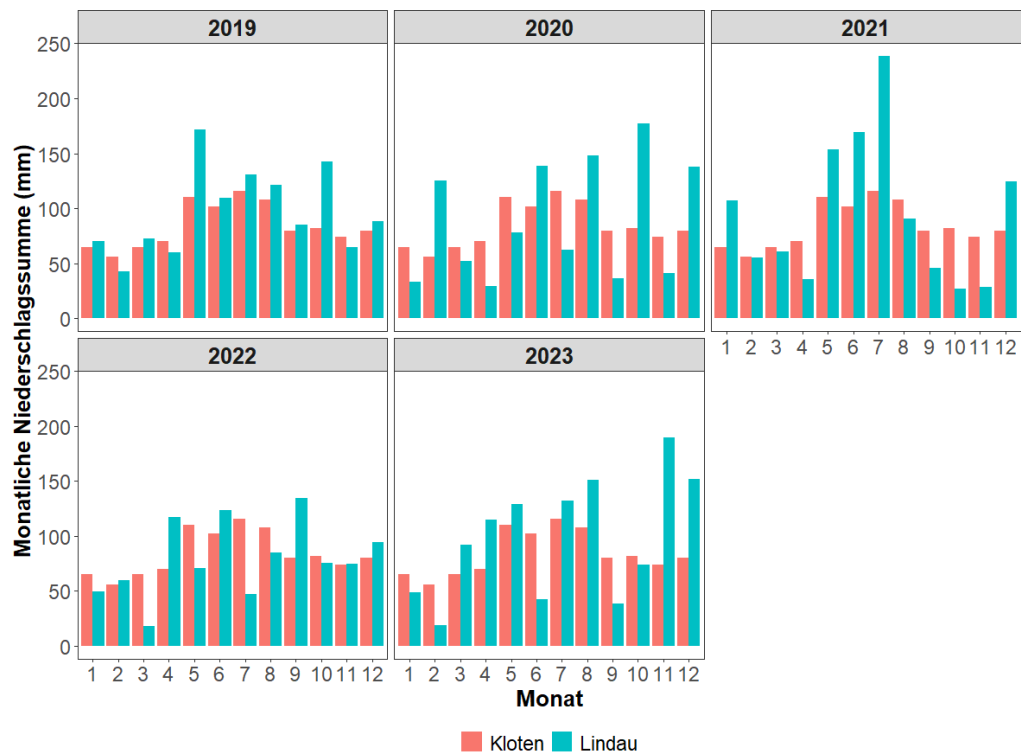


Abbildung A 8: Monatliche Niederschlagssumme (mm) an der Wetterstation in Lindau für die Jahre 2019 bis 2023 (Agroscope, 2024) und Referenzwerte der Station Zürich/Kloten 1991-2020 (Klimanormwerte MeteoroSchweiz, 2022)

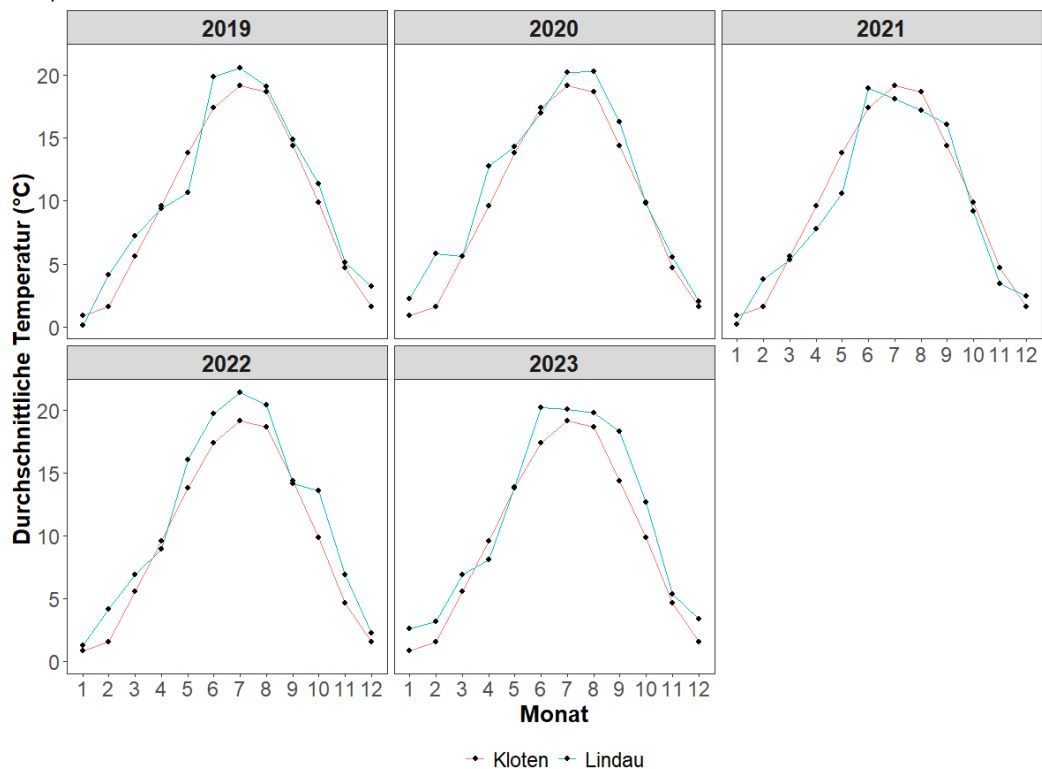


Abbildung A 9: Durchschnittliche Temperatur an der Wetterstation in Lindau für die Jahre 2019 bis 2023 (Agroscope, 2024) und Referenzwerte der Station Zürich/Kloten 1991-2020 (Klimanormwerte MeteoroSchweiz, 2022)

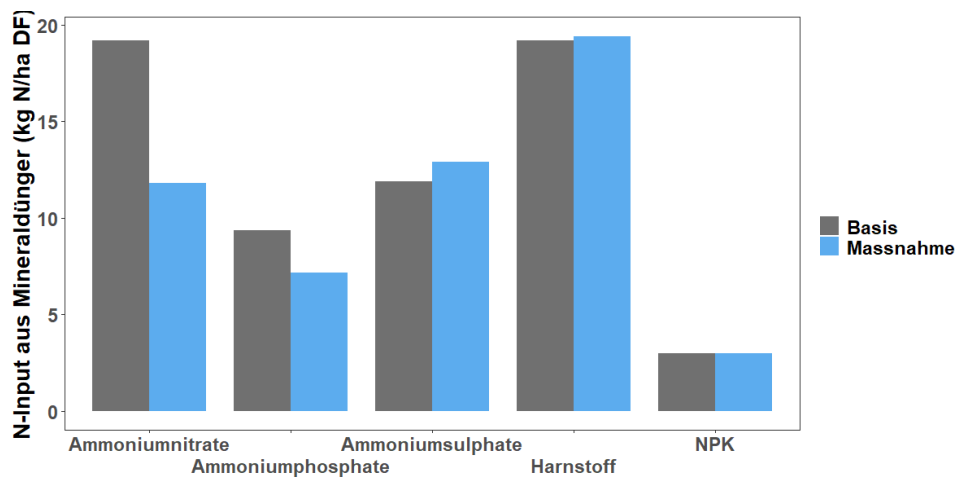


Abbildung A 10: Mittelwerte der eingesetzten Mineraldüngertypen in den Basis- und Massnahmenjahren

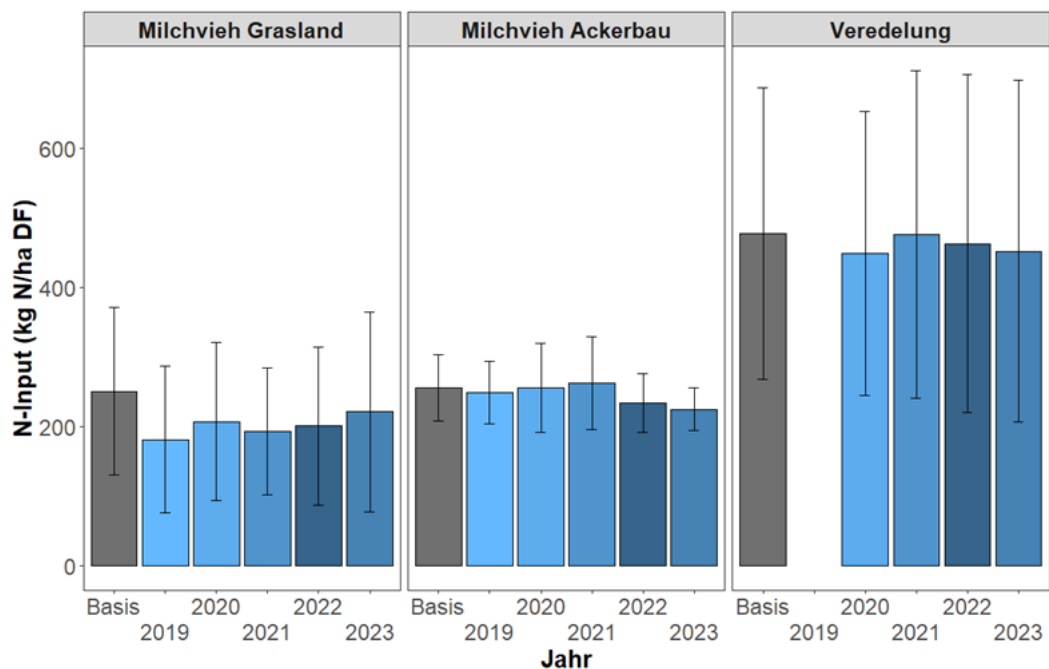


Abbildung A 11: Entwicklung des N-Inputs je Betriebstyp (Mittelwert der Basisjahre 2015-2017, Massnahmenjahre 2019-2023 einzeln). Die Veredelungsbetriebe haben erst ab 2020 vollständig Massnahmen umgesetzt.

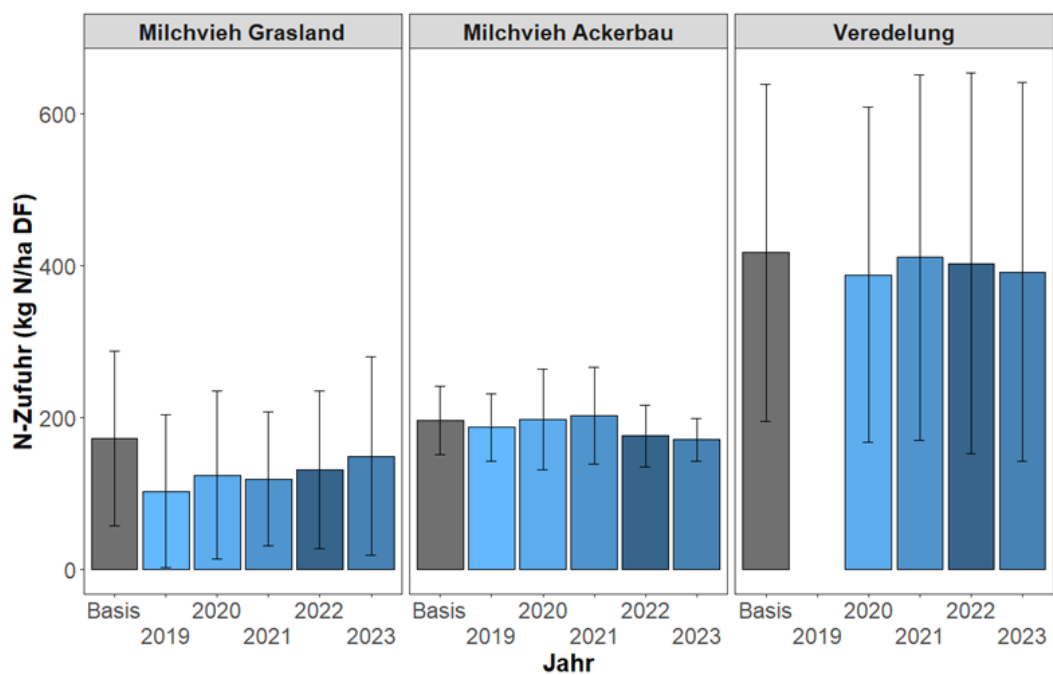


Abbildung A 12: Entwicklung der N-Zufuhr je Betriebstyp (Mittelwert der Basisjahre 2015-2017, Massnahmenjahre 2019-2023 einzeln). Die Veredelungsbetriebe haben erst ab 2020 vollständig Massnahmen umgesetzt.

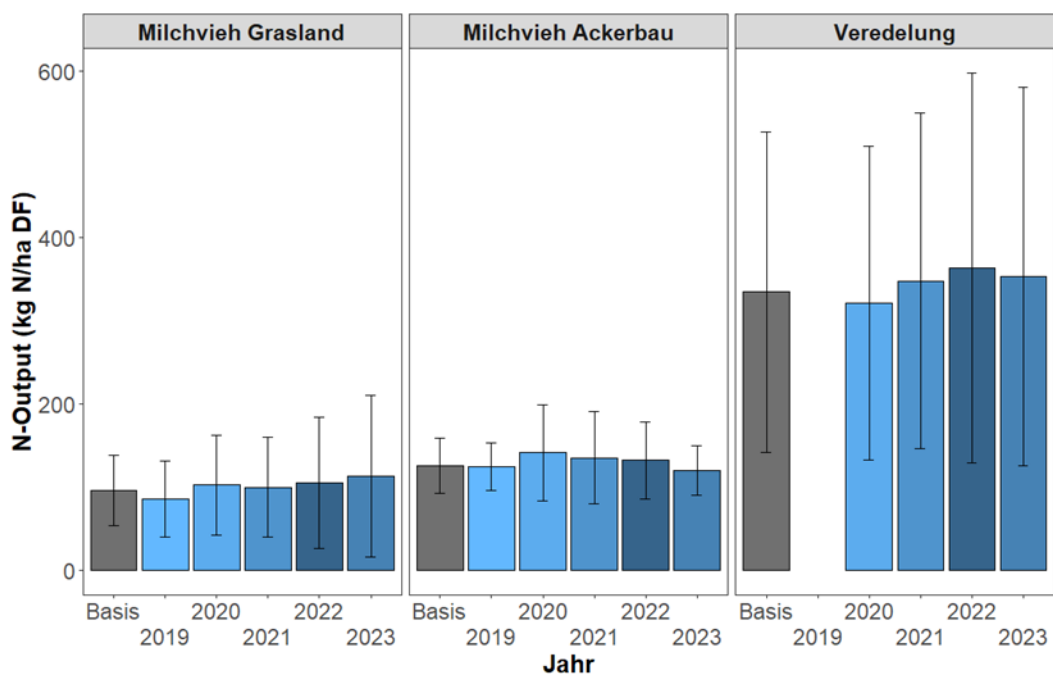


Abbildung A 13: Entwicklung des N-Output je Betriebstyp (Mittelwert der Basisjahre 2015-2017, Massnahmenjahre 2019-2023 einzeln). Die Veredelungsbetriebe haben erst ab 2020 vollständig Massnahmen umgesetzt.

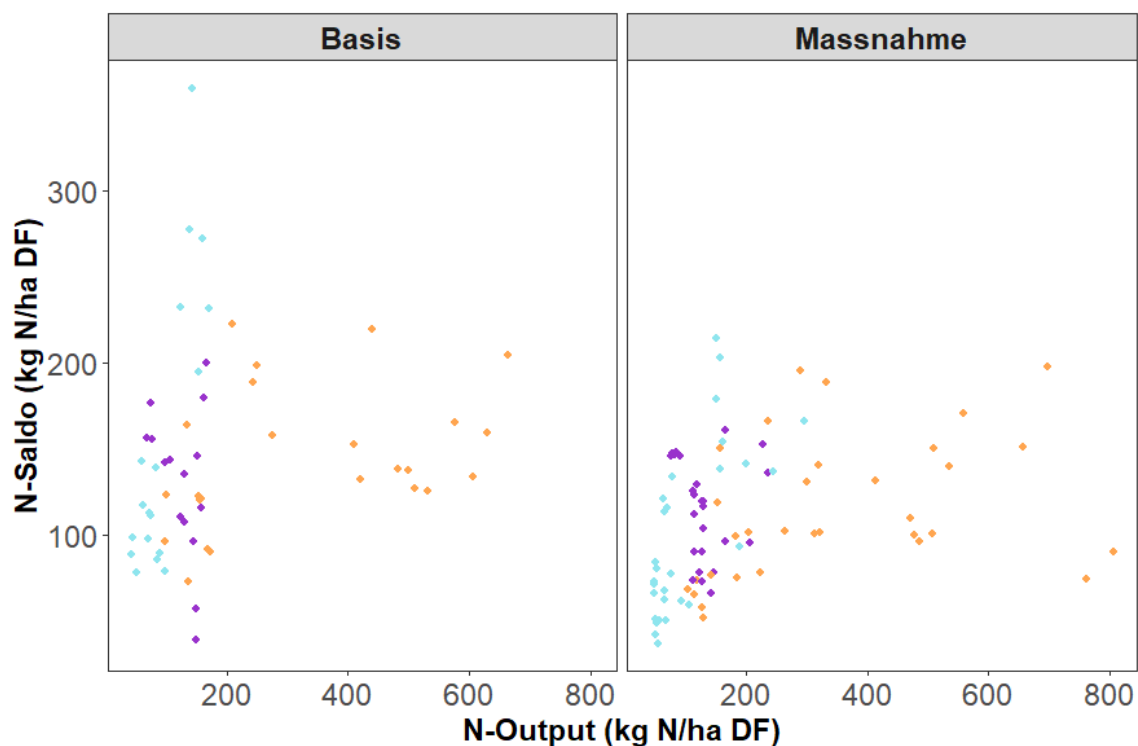


Abbildung A 14: Dargestellt ist das Verhältnis vom N-Saldo (kg N/ha DF) zum N-Output (kg N/ha DF) für die 19 Betriebe je Betriebstyp (hellblau=Milchvieh Grasland, violett= Milchvieh Ackerbau, orange=Veredelung), für die Basisjahre (links) und Massnahmenjahre (rechts)

Tabelle A 9: Entwicklung der N-Effizienz und des N-Saldos je Betriebstyp, zusammengefasst als Mittelwert über die Basis- und Massnahmenjahre der einzelnen Betriebe (Total n=19, Milchvieh Ackerbau n=5, Milchvieh Grasland n=6, Veredelung n=8).

Betriebs- typ	Mittel- wert	Effizienz (%)	Differenz N-Effizienz (%)	N-Saldo (kg N/ha DF)	Differenz N-Saldo (kg N/ha DF)	N- Output (kg N/ha DF)	N-Input (kg N/ha DF)
Milchvieh Ackerbau	Basis	50		131		126	256
	Massnahmen	53	+3%	115	-16	131	245
Milchvieh Grasland	Basis	39		156		96	251
	Massnahmen	50	+11%	101	-55	106	207
Veredelung	Basis	66		144		334	478
	Massnahmen	72	+6%	114	-31	346	460

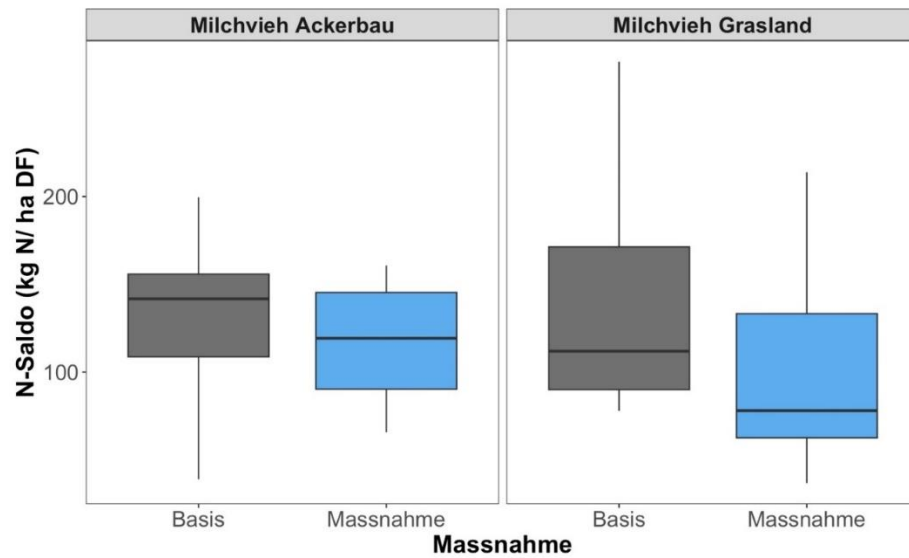


Abbildung A 15: Darstellung der mittleren N-Saldi für die 11 Milchviehbetriebe nach Typ und Umsetzung von Massnahmen (grau = Basis, blau = Massnahmenjahre)

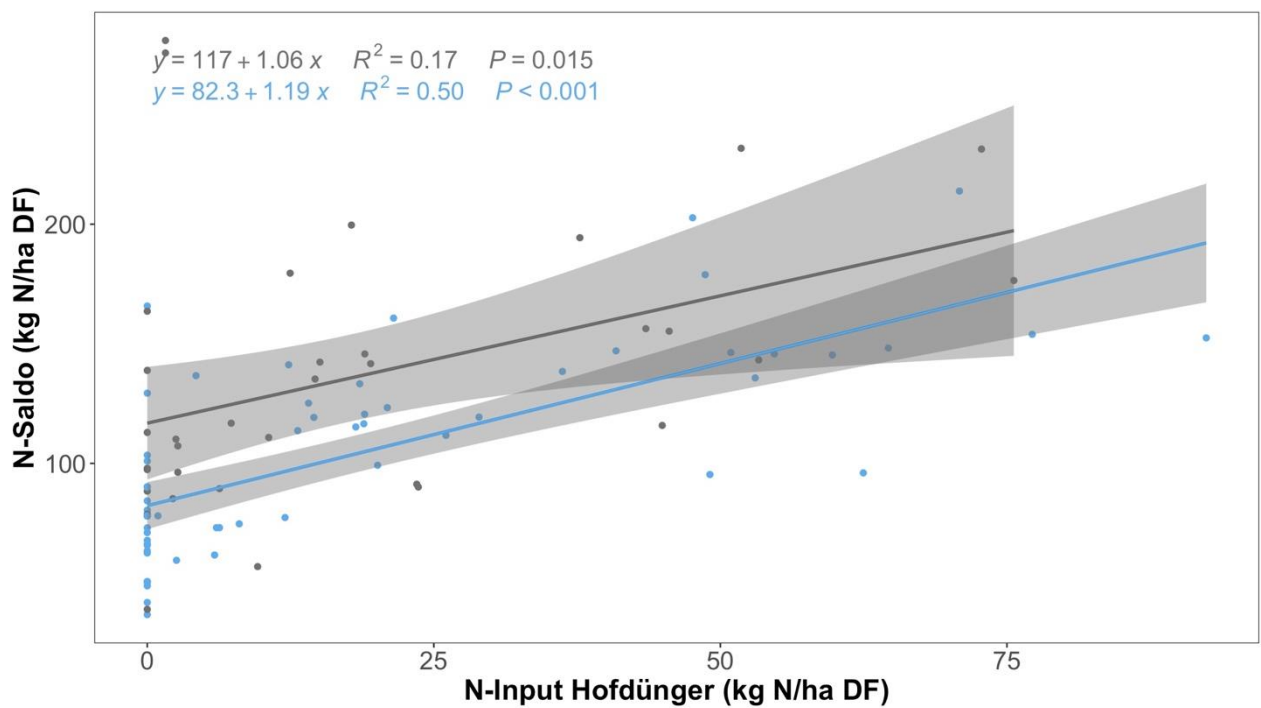


Abbildung A 16: Zusammenhang zwischen dem N-Saldo und dem N-Input durch Hofdünger (grau= Mittelwerte der Basisjahre, blau = Mittelwerte der Massnahmenjahre)

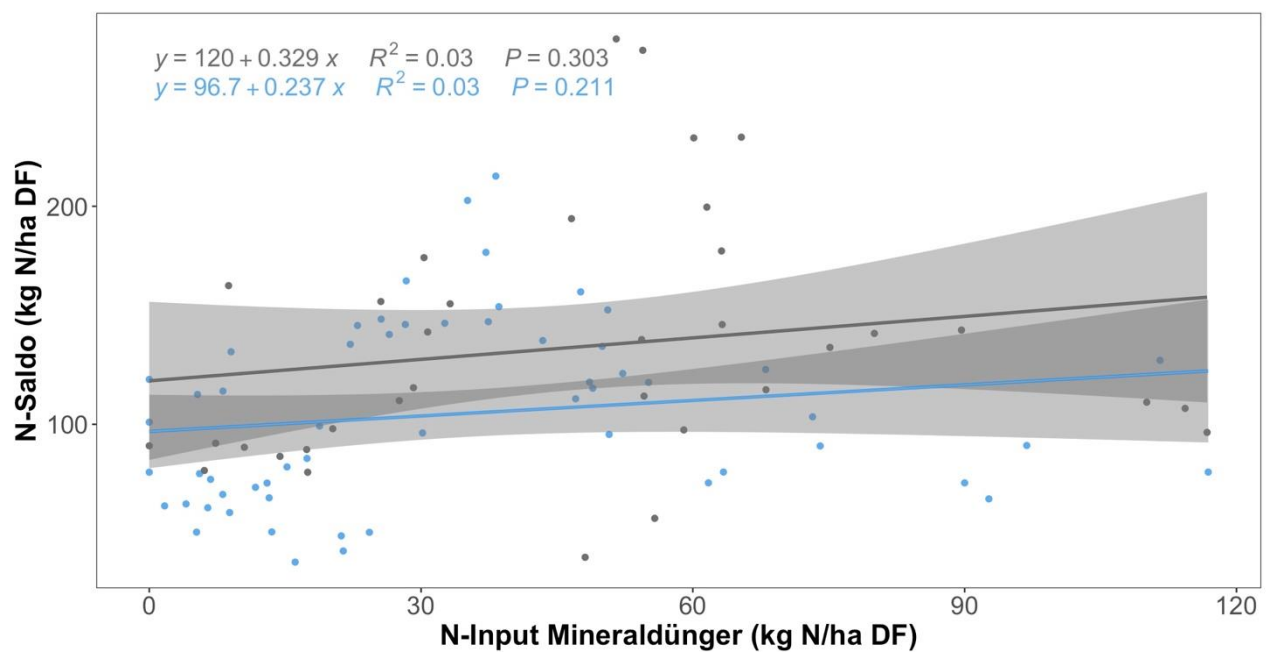


Abbildung A 17: Zusammenhang zwischen dem N-Saldo und dem N-Input durch Mineraldünger (grau= Mittelwerte der Basisjahre, blau = Mittelwerte der Massnahmenjahre)

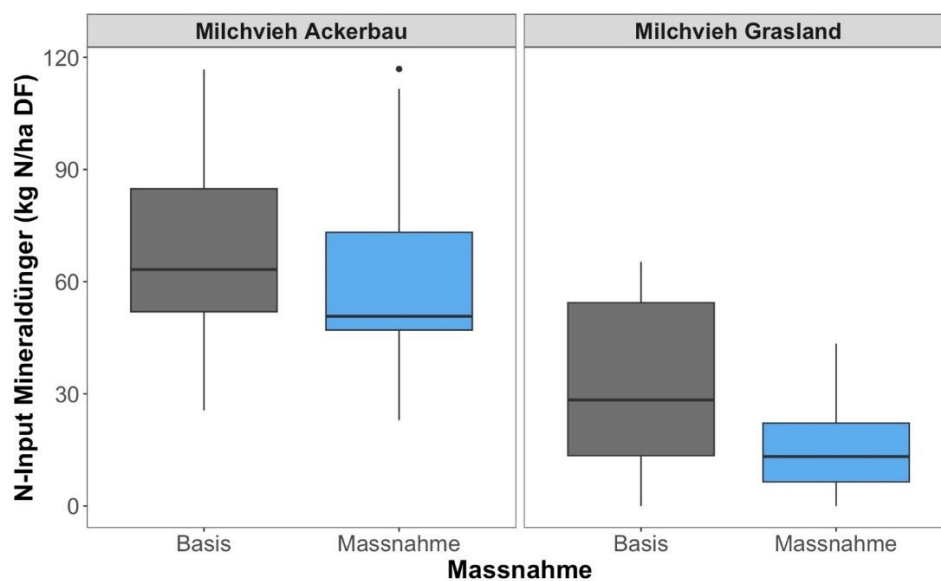


Abbildung A 18: Darstellung des mittleren N-Inputs über Mineraldünger für die 11 Milchviehbetriebe nach Typ und Umsetzung von Massnahmen (grau = Basis, blau = Massnahmenjahre)

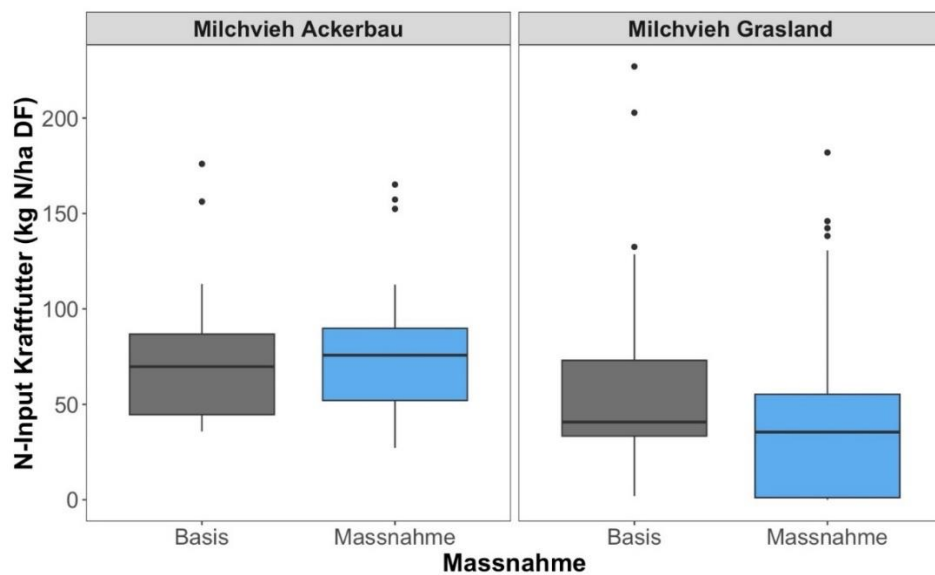


Abbildung A 19: Darstellung des mittleren N-Inputs über Kraftfutter für die 11 Milchviehbetriebe nach Typ und Umsetzung von Massnahmen (grau = Basis, blau = Massnahmenjahre)

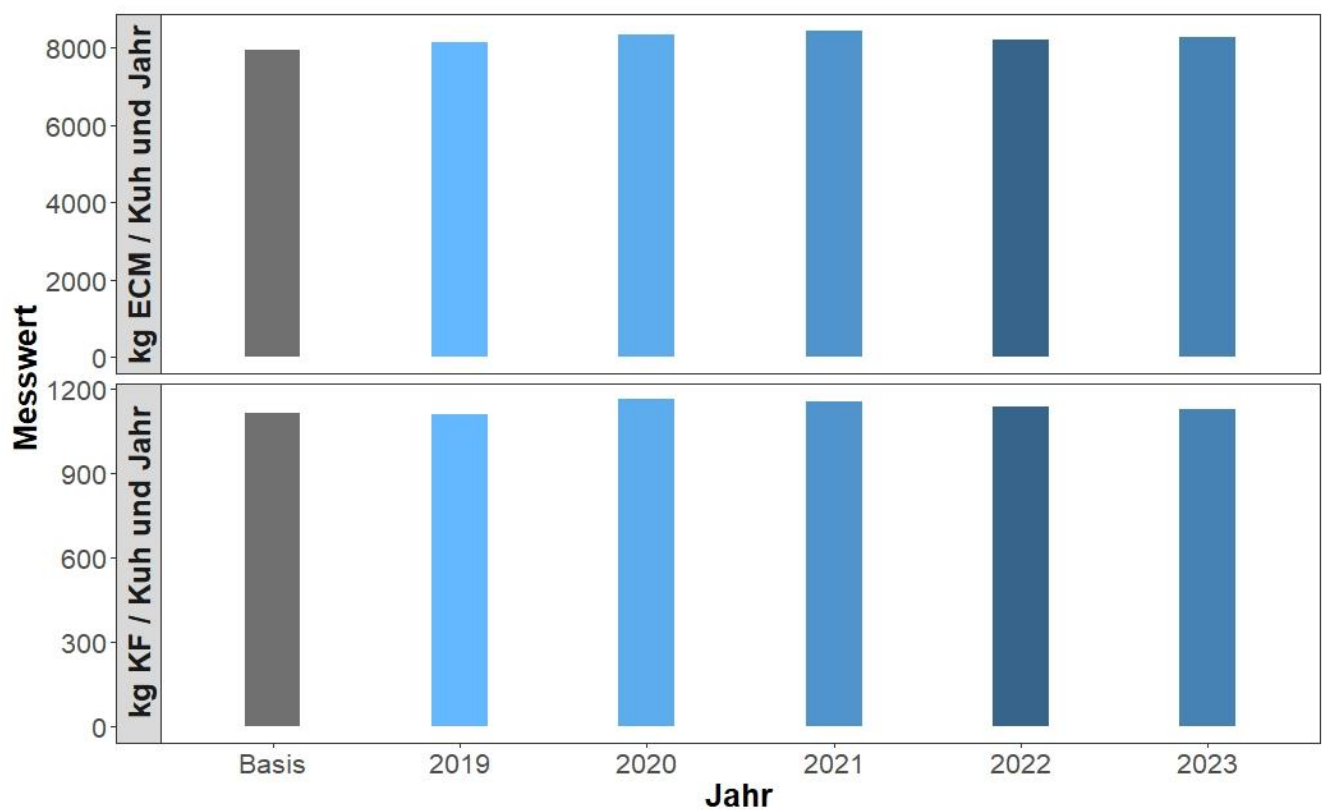


Abbildung A 20: Entwicklung der mittleren Milchleistung (energiekorrigierte Milch ECM) je Kuh und Jahr und der eingesetzten Kraftfuttermenge (KF) je Kuh und Jahr für die Basisjahre und die Massnahmenjahre (einzeln, in verschiedenen blau-Tönen).