



Teilevaluation «Nationale Suisse-Bilanz – Fokus Selbstdeklaration» mit ergänzenden Validierungsarbeiten für die Erträge Futterbau

Schlussbericht

Michael Sutter und Beat Reidy
25.05.2021

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Zielsetzung und Forschungsfragen des Projektes	5
2 Material und Methoden	6
2.1 Referenzjahre und verwendete Versionen der Suisse-Bilanz	6
2.2 Verwendete statistische Grössen und Angaben zur Produktionstechnik	6
2.2.1 Tierzahlen, Flächenangaben, Mineraldüngermengen und Raufutterimporte	6
2.2.2 Erträge im Futter- und Ackerbau	8
2.2.3 Differenzierte Berechnung der TS-Erträge und Flächenanteile für Wiesen und Weiden	8
2.2.4 Modellierung Nährstofftransfer Vergärungsprodukte basierend auf Daten HODUFLU	9
2.2.5 Definition Szenarien	10
3 Resultate und Diskussion	11
3.1 Entwicklung der Tierzahlen	11
3.2 Entwicklung des Bedarfs und des Anfalls an Stickstoff und Phosphor in den Referenzjahren	13
3.3 Bilanzsaldoüberschuss der einzelnen Referenzjahre	16
3.3.1 Validierung Nährstoffmengen Vergärung	18
3.3.2 Einordnung der berechneten Bilanzsaldoüberschüsse	19
3.4 Modellierung Erträge und Flächenanteile Graslandkategorien	20
3.5 Sensitivitätsanalysen	23
3.5.1 Szenarien	23
3.5.2 Bilanzsaldoüberschuss der einzelnen Szenarien	27
3.5.3 Interpretation der Resultate der Sensitivitätsanalysen	30
4 Schlussfolgerungen	30
5 Abbildungsverzeichnis	32
6 Tabellenverzeichnis	33
7 Literaturverzeichnis	34
8 Anhang	35

Zusammenfassung

Mit Hilfe der Suisse-Bilanz wird seit mehr als 20 Jahren sichergestellt, dass Landwirtschaftsbetriebe im Rahmen des ökologischen Leistungsnachweises eine ausgeglichene Nährstoffbilanz für Stickstoff und Phosphor haben. Trotz der mehrheitlichen Erfüllung der Nährstoffbilanz auf Stufe Einzelbetrieb, sind die Umweltziele in der Landwirtschaft (UZL) im Bereich Stickstoff und Phosphor nicht erreicht. Entsprechend steigt der politische Druck, die Verluste an Stickstoff und Phosphor im Rahmen eines Absenkpfadens zu reduzieren.

Vor diesem fachlichen und politischen Hintergrund soll das Projekt untersuchen, ob eine nationale Nährstoffbilanz aus gesamtsektoraler Sicht eingehalten wird und in welchem Ausmass die Bilanzsaldos für Stickstoff- und Phosphor allenfalls vom zulässigen Niveau abweichen. Basierend auf den Ergebnissen der nationalen Suisse-Bilanz soll das Projekt auch klären, welches Reduktionspotenzial realisiert werden könnte, wenn exakt jene Nährstoffmenge eingesetzt würde, die gemäss nationaler Suisse-Bilanz zulässig ist. Zudem soll geprüft werden, inwiefern sich der Spielraum bei selbstdeklarierten Grössen auf den Bilanzsaldo an Stickstoff und Phosphor auswirkt.

Um zu untersuchen, ob die Stickstoff- und Phosphorbilanzen auch gesamtschweizerisch, d. h. auf Basis einer nationalen Suisse-Bilanz eingehalten werden, wurden für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019 die Stickstoff- und Phosphor-Bilanzsaldoüberschüsse aus gesamtsektoraler Sicht berechnet. Dabei steht die Annahme im Vordergrund, dass bei einem grossmehrheitlich einzelbetrieblichen Erfüllen der Suisse-Bilanz, sich dies auch in einer aggregierten nationalen Bilanz abbilden lassen müsste. Datengrundlagen für die Erstellung der nationalen Suisse-Bilanz bilden im Wesentlichen die statistischen Erhebungen und Schätzungen (SES) des schweizerischen Bauernverbandes (Flächen, Grundfutterimporte, Mineraldüngermengen, Milchleistungen), die Grud 17 für die Erträge der Ackerkulturen und der Datensatz zur Schätzung der Ammoniakemissionen für die Tierzahlen. Ergänzend wurden Sensitivitätsanalysen mittels unterschiedlicher Szenarien durchgeführt, um den Einfluss selbstdeklarer Parameter (Milchleistung, Kraftfuttermenge, Grundfutterbilanz, Erträge Wiesen, Mineraldüngermenge, u. a. m.) auf die Nährstoffsaldos der Suisse-Bilanz besser abschätzen zu können. Aufgrund der Erkenntnis, dass die Flächenanteile und Erträge der verschiedenen Kategorien von Wiesen und Weiden (extensiv bis intensiv) einen grossen Einfluss auf die Bilanzsaldos haben, gleichzeitig dazu aber auf nationalem Niveau kaum belastbare Daten bestehen, wurde mit Hilfe des höhenstufenabhängigen Ertragsmodells der Grud 17 für sämtliche Graslandkategorien die TS-Erträge berechnet. Die Berechnungen basieren auf einzelbetrieblichen Angaben aus der AGIS-Datenbank.

Aufgrund des Rückgangs der landwirtschaftlichen Nutzfläche und der Extensivierung von Flächen, ging der Stickstoff- und Phosphorbedarf in den untersuchten Referenzjahren laufend zurück. Ebenfalls zurück ging die N- und P-Mineraldüngermenge. Im gleichen Zeitraum blieb der Anfall aus der Tierhaltung konstant und die Nährstoffzufuhr aus Vergärungsprodukten stieg laufend. Als Konsequenz veränderte sich der Bilanzsaldo für Stickstoff für die Referenzjahre kaum und verharrt zwischen 114 % und 118 % des Bedarfs. Der Bilanzsaldo für Phosphor wies von 2002 zu 2010 einen deutlichen Rückgang von 108 % auf 100 % des Bedarfs aus, wobei der Saldo anschliessend wieder leicht anstieg, jedoch nicht mehr auf das Niveau von 2002. Basierend auf den vorliegenden Berechnungen überschreitet somit die nationale Suisse-Bilanz beim Stickstoff in allen Referenzjahren den maximalen Fehlerbereich von 110 %.

Die mit Hilfe des höhenstufenabhängigen Ertragsmodells der Grud 17 und der AGIS Daten modellierte Summe der TS-Erträge der Wiesen und Weiden fällt rund 26 % höher aus, als in der Suisse-Bilanz als Bedarf für die Raufutterverzehrer ausgewiesen wird. Die Gründe für diese Diskrepanz sind unklar. Sie dürften aber im Spannungsfeld der in der Suisse-Bilanz vorgegebenen TS-Verzehrwerte, im Fehlerbereich des Ertragsmodells sowie in den Feld-, Konservierungs-, Lager- und Krippenverlusten zu suchen sein.

Auf Basis von Sensitivitätsanalysen konnte für das Referenzjahr 2015 aufgezeigt werden, dass der Fehlerbereich der Grundfutterbilanz (0-5 %) und die Krippen- und Lagerverlust (0-5 %) den grössten Einfluss auf die Bilanzsaldos haben. Eine Verdoppelung dieser zwei Parameterwerte von 2.5 % auf 5 % führt zu rund 4 % tieferen N- und P-Saldos. Mit einer Veränderung des Bilanzsaldos von 2-4 % auf die Stickstoff- bzw. Phosphorbilanz wirken sich die Zuordnung der Graslandflächen zu den unterschiedlichen Intensitätskategorien und die unterstellten TS-Erträge in den einzelnen Grasland- bzw. Intensitätskate-

gorien aus. Deutlich kleiner ist der Einfluss einer Erhöhung der Milchleistung um 7.5 % oder einer Reduktion der deklarierten Kraftfuttermenge um 10 %. Beide Szenarien führen zu einem Rückgang des Bilanzsaldos von je rund 1 %. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wies nur das Szenario *Basis tiefe Erträge ext. Wiesen, ML + 7.5 % & KF -10 %* einen Stickstoffbilanzsaldo auf, der innerhalb des tolerierten Fehlerbereiches (d.h. <110 %) lag.

1 Zielsetzung und Forschungsfragen des Projektes

Die Suisse-Bilanz dient dem Nachweis eines ausgeglichenen Stickstoffs (N) und Phosphors (P)-Haushalts unter Berücksichtigung von unvollständiger Wirkung und unvermeidbaren Verlusten auf Landwirtschaftsbetrieben. Sie wurde im Rahmen des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) eingeführt und seit beinahe 20 Jahren weiterentwickelt. Trotz mehrheitlich einzelbetrieblich erfüllten Suisse-Bilanzen sind die Umweltziele in der Landwirtschaft (UZL) im Nährstoffbereich (N und P) nicht erreicht.

Daraus ergibt sich die fachliche Relevanz der Thematik. Zudem nimmt der Druck von politischer Seite zu, bestehende Langfrist-Emissionsreduktionsziele in verbindliche Etappenziele herunterzubrechen und wirksame Massnahmen vorzuschlagen, die zu einer Realisierung der Absenkpfade für Stickstoff und Phosphor führen.

Um zu untersuchen, ob die Stickstoff- und Phosphorbilanzen gesamtschweizerisch eingehalten werden, wurde im ersten Teil des Projektes auf Basis einer nationalen Suisse-Bilanz für vier Referenzjahre die Stickstoff- und Phosphor Bilanzsaldoüberschüsse aus gesamtsektoraler Sicht berechnet. Dabei steht die Annahme im Vordergrund, dass bei einem grossmehrheitlich einzelbetrieblichen Erfüllen der Suisse-Bilanz, sich dies auch in einer aggregierten nationalen Bilanz abbilden lassen müsste. Für die Modellierung der nationalen Suisse-Bilanz wurde der Nährstoffanfall und -bedarf für die Schweizer Tierbestände und Flächen/Kulturen aggregiert bilanziert und mit weiteren statistischen Grössen und Angaben zur Produktionstechnik und zum Nährstoffeinsatz ergänzt.

In einem zweiten Teil wurde auf Basis verschiedener Sensitivitätsszenarien untersucht, welchen Einfluss zentrale selbstdeklarierte Parameter der Suisse-Bilanz auf die Bilanzsaldoüberschüsse der nationalen Suisse-Bilanz haben. Anhand dieser Szenarien wurde untersucht, welchen Einfluss die einzelnen selbst-deklarierten Parameter auf die N- und P-Saldos haben.

In dieser Arbeit werden folgende Fragestellungen beantwortet:

1. Wie sieht eine nationale Nährstoffbilanz aus aggregierter beziehungsweise gesamtsektoraler Sicht aus?
2. Wie stark weicht der Nährstoffanfall/ -einsatz von Stickstoff und Phosphor vom pflanzenbaulichen Bedarf ab?
3. Liegt der nationale Bilanzsaldo über dem gesetzlich vorgeschriebenen Toleranzbereich von 110 % für die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor bzw. wird die Suisse-Bilanz aus gesamtsektoraler Sicht eingehalten?
4. Falls der Nährstoffanfall über den erlaubten 110 % liegt, wie gross wäre das mengenmässige Reduktionspotenzial beim Stickstoff- und Phosphoreinsatz, wenn der effektive Nährstoffbedarf exakt der erlaubten Nährstoffmenge (=110 % des Nährstoffbedarfs) entsprechen würde?
5. Wie gross wäre der Nährstoffeinsatz und mengenmässige Reduktionspotenzial beim Stickstoff- und Phosphoreinsatz, wenn der effektive Nährstoffeinsatz exakt 100 % des Nährstoffbedarfs betragen würde?
6. Welche Parameter der Suisse-Bilanz sind für die Reduktion allfälliger Nährstoffüberschüsse zentral? Wie wichtig (qualitativ) sind in diesem Zusammenhang die drei zentralen selbstdeklarierten Grössen «Raufuttererträge», «Kraftfuttereinsatz» und «Mineraldüngereinsatz»?

2 Material und Methoden

2.1 Referenzjahre und verwendete Versionen der Suisse-Bilanz

Die nationale Suisse-Bilanz wurde für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019 berechnet. In diesem Zeitrahmen wurde die Suisse-Bilanz laufend weiterentwickelt, wobei es jeweils sowohl Anpassungen in der Methodik der Suisse-Bilanz selbst gab, aber auch in Bezug auf die verwendeten Richtwerte zum Nährstoffanfall und -bedarf (Grudaf 01 (Forschungsanstalt Agroscope Changings-Wädenswil ACW und Agroscope Reckenholz-Tänikon ART 2001); Grudaf 09 (Forschungsanstalt Agroscope Changings-Wädenswil ACW und Agroscope Reckenholz-Tänikon ART 2009); Grud 17 (Agroscope 2017)). Im Sinne einer einheitlichen Methodik wurden die Berechnungen für jedes Referenzjahr zuerst einheitlich basierend auf der dazumal aktuell gültigen Wegleitung Suisse-Bilanz Auflage 1.15 und Grud 17 erstellt. Um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit mit der Praxis sicherzustellen, wurde zusätzlich für die Jahre 2010 und 2002 eine nationale Suisse-Bilanz mit der damals gültigen Version der Suisse-Bilanz bzw. den zugrunde liegenden Richtwerten für den Nährstoffanfall und -bedarf berechnet (Tabelle 1). Es zeigte sich aber, dass sich die Resultate nicht wesentlich von den Berechnungen mit der Wegleitung Suisse-Bilanz Auflage 1.15 und Grud 17 unterscheiden. Im vorliegenden Bericht wird deshalb nicht weiter auf diesen Vergleich eingegangen und es sind sämtliche Berechnungen mit der Wegleitung Suisse-Bilanz Auflage 1.15 und Grud 17 durchgeführt worden.

Tabelle 1 : Übersicht zu den für die Berechnungen verwendeten Versionen der Suisse-Bilanz bzw. der Wegleitung zur Berechnung der nationalen Suisse-Bilanz und der zugrunde liegenden Version der Grudaf bzw. Grud.

Wegleitung Suisse-Bilanz	Grundlagen zur Düngung	2002	2010	2015	2019
1.3	Grudaf 01	x			
1.9	Grudaf 09		x		
1.15	Grud 17	x	x	x	x

2.2 Verwendete statistische Grössen und Angaben zur Produktionstechnik

2.2.1 Tierzahlen, Flächenangaben, Mineraldüngermengen und Raufutterimporte

Ein wesentlicher Teil der Datengrundlage für die Berechnung der nationalen Suisse-Bilanzen stammt von den statistischen Erhebungen und Schätzungen (SES) des schweizerischen Bauernverbandes (Agristat 2002, 2010, 2015, 2018). Die SES erscheinen jährlich, weshalb für jedes Referenzjahr die jeweils gültigen Angaben aus den SES berücksichtigt werden konnten. Um jährliche Schwankungen im Import und den Lagerbeständen von Mineraldüngern auszugleichen, wurde für die Mineraldünger ein Dreijahresdurchschnitt, basierend auf dem Vorjahr, dem Referenzjahr und dem folgenden Jahr verwendet. Die ausgewiesenen Mineraldüngermengen wurden gemäss Kupper et al. (2018) um vier Prozent reduziert, da davon ausgegangen werden kann, dass diese Mengen ausserhalb der Landwirtschaft eingesetzt werden. Folgende Daten wurden aus den SES verwendet:

- Flächenangaben für den Pflanzenbau
- Importe Grundfuttermittel (Dürrfutter) und Stroh
- Mineraldüngermengen
- Durchschnittliche Milchleistung pro Kuh und Jahr

Für das Jahr 2019 lagen zum Zeitpunkt der Auswertungen noch nicht alle Daten der SES vor, weshalb für die Berechnung von 2019 auch auf Daten aus 2018 zurückgegriffen werden musste. Die Datengrundlage für das Referenzjahr 2019 setzt sich wie folgt zusammen:

- Flächenangaben für den Pflanzenbau: 2019
- Zufuhren Grundfutter und Stroh: 2018
- Mineraldüngermengen: Mittelwert aus 2017, 2018, 2019
- Mengen Vergärungsprodukte aus dem 2018

Die verwendeten Erträge der Ackerkulturen entsprechen den Standarderträgen der Grud 17 (Agroscope 2017). Die in der SES deklarierten Erträge der Ackerkulturen werden berechnet, indem das verwendbare Produkt z. B. Kartoffeln durch die Anbaufläche dividiert wird. Da der Standardertrag¹ der Grud 17 bei gewissen Ackerkulturen deutlich höher ist als das in den SES publizierte «verwendbare Produkt», fallen die Erträge² in der SES teilweise deutlich tiefer als die Standarderträge gemäss Grud 17 aus. Aus diesem Grund wurde bei den Ackerkulturen mit den Standarderträgen der Grud 17 gerechnet.

Die Flächenangaben zu den extensiven Wiesen und Weiden und wenig intensiven Wiesen aus den SES wurden durch die Angaben aus der AGIS-Datenbank verfeinert. So war es möglich, die in der SES ausgewiesenen extensiven Wiesen, welche ebenfalls die wenig intensiven Wiesen beinhalten, auf die drei Kategorien extensive Wiesen, extensive Weiden und wenig intensive Wiesen aufzuschlüsseln.

Die Tierzahlen sowie die Aufteilung auf einzelne Unterkategorien (z. B. Jungvieh bis 160-tägig) in der Kategorie Rindvieh wurden gemäss den Angaben von Kupper et al. (2018) gemacht. Dabei handelt es sich um die Zahlen von SES, jedoch bei den Mastschweinen und Mastpoulets sind die Zahlen um die Leerzeit korrigiert. Die Daten des SES basieren auf einem Referenztag. Bei Tierkategorien, welche im Rein-Raus-Verfahren gehalten werden, kann es deshalb vorkommen, dass am Referenztag die Tierplätze nicht belegt sind. Somit würden mit den Zahlen des SES nur Tierplätze berücksichtigt, welche am Referenztag belegt sind. Die Suisse-Bilanz berücksichtigt die Leerzeiten im Rahmen der Ausscheidungswerte. Entsprechen müssen alle Tierplätze, ob am Referenztag belegt oder nicht, berücksichtigt werden. Deshalb liegen die korrigierten Zahlen zwischen ca. 6 bis 16 % höher als die in der SES publizierten Zahlen und entsprechen somit aber den Zahlen, welche für die Abschätzung der Ammoniakemissionen verwendet werden. Ebenfalls basieren die Anzahl Weidetage und -stunden, sowie der Anteil an Tieren mit Zugang zum Laufhof und die Anzahl Tage, welche die Tiere den Zugang zum Laufhof haben, auf Kupper et al. (2018). In der Geflügel- und Schweinehaltung sind im Zeitraum 2002 bis 2019 deutliche Fortschritte in der Tiergenetik und der Formulierung der Futterrationen gemacht worden. Als Folge davon haben sich die Ausscheidungen im Untersuchungszeitraum verändert. Die Veränderung der Stickstoffausscheidungen infolge der Fütterung basieren auf Kupper et al. (2018) bzw. für die Phosphorauscheidungen auf einer im Rahmen des Projektes durchgeführten Branchenbefragung. Für die Jahre 2015 und 2019 wurde der Anteil NPr gefütterte Schweine basierend auf der Teilnahme beim Ressourcenprojekt NPr vom BLW definiert (Peter 2020, persönliche Mitteilung). Für die Jahre 2002 und 2010 ist der Anteil NPr-Futter in der Ration der Schweine aufgrund der Arbeit von Bracher und Spring (2011) geschätzt.

Der NPr-Futteranteil bei den Legehennen wurde aufgrund einer Branchenbefragung (Emmenegger 2020, persönliche Mitteilung) geschätzt und für die Jahre 2002, 2010, 2015 und 2019 mangels besserer Zahlen konstant gehalten.

Die Zahlen zu den gesömmerten Normalstössen pro Tierkategorien basieren auf den für das Referenzjahr relevanten Agrarberichten (Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) 2003, 2011, 2016, 2019) und wurden in den Berechnungen entsprechend berücksichtigt.

Die Mengen und Nährstoffgehalte für Kompost, welcher in der Landwirtschaft eingesetzt wurde, basieren auf den Zahlen von Mayer et al. (2016). Ebenfalls basieren die Mengen, die Gehalte und die Fraktionen (Anteil fest und flüssig) an Hofdüngern und Co-Substraten, die in einer Biogasanlage vergärt werden auf Mayer et al. (2016). Die Nährstoffgehalte der zurückgeführten Vergärungsprodukte basiert auf der Grud 17 (Agroscope 2017).

Die verfütterte Kraftfuttermenge der Milchkühe wurde für das Jahr 2015 und 2019 basierend auf Ineichen et al. (2016) bei 735 kg Frischsubstanz (FS) pro Kuh und Jahr festgelegt. Für das Jahr 2002 wurde die Menge von 450 kg FS pro Kuh und Jahr basierend auf Reidy et al. (2005) festgelegt, während für 2010 die Werte von 2002 und 2015 interpoliert wurden.

Die Unterteilung in Intensitätsstufen bei den Naturwiesen sowie die Abschätzung der Felderträge im Futterbau basieren auf Reidy et al. (2005). Im Rahmen der Berechnungen wurde ebenfalls die Zufuhr

¹ Standarderträge gemäss Grud 17: Referenzertrag gemäss Grud – Düngung von Ackerkulturen S. 8, Tabelle 9 (Sinaj et al. (2017).

² Erträge gemäss SES: Die Erträge publiziert in den statistischen Erhebungen und Schätzungen (SES) berechnen sich wie folgt: Verwendbare Produktion dividiert durch die Anbaufläche (Agristat 2015).

von Saftfuttern wie Zuckerrübenschnitzel, Biertreber und Ähnliches berücksichtigt. Dazu wurde, basierend auf der Rationszusammensetzung von Ineichen et al. (2016), 2.4 % des Grundfutterbedarfs der Milchkühe als Zufuhr von Saftfuttern eingesetzt.

2.2.2 Erträge im Futter- und Ackerbau

Anders als bei den meisten Ackerkulturen wird in der Suisse-Bilanz der Nährstoffbedarf im Futterbau direkt über die deklarierte Trockensubstanz (TS) -Erträge berechnet. Die Festlegung der Erträge der einzelnen Wiesenkategorien ist deshalb eine Grösse, die den Gesamtnährstoffbedarf wesentlich beeinflussen kann. Während die TS-Erträge für sämtliche Kategorien der nicht-intensiven Wiesen und Weiden individuell deklariert werden können, werden die Felderträge der intensiven Wiesen in Abhängigkeit der Grundfutterbilanz und der Festlegung der Erträge der anderen futterbaulichen Flächen (z. B. Silomais) automatisch berechnet (Differenzberechnung). Im Szenario «Basis» sind die Flächenanteile der mittelintensiven und intensiven Wiesen sowie die TS-Erträge der extensiven Wiesen und Weiden und der wenig bzw. mittelintensiven Wiesen geschätzt worden. Die Erträge für die Acker- und Graslandkategorien des Basisszenarios «Basis» wurden für die Berechnung der einzelnen Referenzjahre nicht verändert und bilden auch die Grundlage für die Szenarien. In der Tabelle 2 sind die den Berechnungen zugrunde liegenden Felderträge der wichtigsten Acker- und Graslandkategorien aufgeführt. Bei den Ackerkulturen handelt es sich um die Standarderträge gemäss Grud 17 (Agroscope 2017). Der Nährstoffbedarf der Spezialkulturen wurde ebenfalls basierend auf den Bedarfsnormen Grud 17 in den Bilanzen berücksichtigt.

Tabelle 2 : Für die Berechnung der Suisse-Bilanz der Referenzjahre und das Referenzszenario verwendete Felderträge der wichtigsten Acker- und Graslandkategorien.

Kultur	Feldertrag [dt TS ha ⁻¹]
Extensive Weiden, Waldweiden	20
Extensive Wiesen	25
Wenig intensive Wiesen und Weiden, 1-3 Nutzungen	40
Mittelintensive Wiesen und Weiden, 1-5 Nutzungen	60
Intensive Wiesen und Weiden, 2-6 Nutzungen	94
Ganzpflanzenmais, Silomais	185
Winterweizen	60
Futterweizen	75
Wintergerste	60
Winterraps für Speiseöl	35
Kartoffeln, (Speise- u. Industrie-)	450
Zuckerrüben	900
Körnermais	100

2.2.3 Differenzierte Berechnung der TS-Erträge und Flächenanteile für Wiesen und Weiden

Für die Modellierung der Erträge standen die einzelbetrieblichen AGIS-Daten von allen Graslandparzellen für die Jahre 2002, 2010, 2015 und 2019 mit Angaben zur Grösse, sowie zur Zonenzugehörigkeit zur Verfügung. Weiter war ersichtlich zu welchem Betrieb die Parzelle gehört. Von den Betrieben waren folgende Parameter bekannt:

- Höhe über Meer Betriebszentrum
- Koordinaten Betriebszentrum
- Gemeindezugehörigkeit

Im Rahmen der Plausibilisierung wurden Datensätze, bei welchen die Betriebe über 2'000 Meter über Meer (m ü. M.) lagen, korrigiert. Für die Modellierung der Erträge ist die Höhe ein zentraler Parameter (Abbildung 1). Damit für die Datensätze von Betrieben über 2'000 m ü. M. für die Modellierung ebenfalls berücksichtigt werden konnten, wurden die Werte > 2'000 m ü. M. durch die mittlere Höhe der entsprechenden Zone ersetzt.

Die Berechnung der Erträge wurde nach dem in der Grud 17 publizierten höhenstufenabhängigen Modell von Huguenin-Elie et al. (2017) umgesetzt (Abbildung 1). Dieses Modell erlaubt es durchschnittliche

Jahreserträge (dt TS ha⁻¹) in Abhängigkeit der Nutzungsart, Bewirtschaftungsintensität und Höhenlage zu berechnen. Die Erträge in Höhenlagen <500 m ü. M. wurden auf ein Minimum von 500 m ü. M. fixiert. Die Zuteilung der Bewirtschaftungsintensität wurde aufgrund der Graslandkategorien erstellt. Wobei bei den Graslandkategorien Kunstwiesen, Weiden und übrige Dauerwiesen eine intensive Bewirtschaftungsintensität zugrunde gelegt wurde. Da gemäss Huguenin-Elie et al. (2017) eine intensive Bewirtschaftung oberhalb von 1'100 m ü. M. selten möglich ist, wurde die Bewirtschaftungsintensität bei Flächen oberhalb von 1'100 m ü. M. und ab der Bergzone 1 von intensiv auf mittelintensiv reduziert.

Tabelle 1a Beziehung zwischen Höhenlage (m ü. M.) und potenziellem durchschnittlichem Ertrag (dt TS/ha) nach Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität. Der angegebene Mittelwert ist mit einer relativ grossen Unsicherheit verbunden. Unterhalb von 500 m ü. M. entspricht die Schätzung des Ertrags demjenigen für die Höhe von 500 m ü. M.	
Nutzungsart und Bewirtschaftungsintensität	Durchschnittlicher Jahresertrag (dt TS/ha) ¹
Wiese	
intensiv	159 – 0,058 x Höhe ü. M.
mittel intensiv	121 – 0,046 x Höhe ü. M.
wenig intensiv	80 – 0,032 x Höhe ü. M.
extensiv	38 – 0,015 x Höhe ü. M.
Weide	
intensiv	133 – 0,046 x Höhe ü. M.
mittel intensiv	101 – 0,038 x Höhe ü. M.
wenig intensiv	65 – 0,026 x Höhe ü. M.
extensiv	30 – 0,012 x Höhe ü. M.

¹ Der Ertrag entspricht der Menge des geernteten oder durch Weidetiere verzehrten Futters; die Feldverluste sind berücksichtigt, nicht aber die Lagerungsverluste (im Silo, am Heustock).

Abbildung 1 : Verwendete Regressionen für das Modellieren der Futterbauerträge in Abhängigkeit der Nutzungsart, Bewirtschaftungsintensität und Höhenlage. (Quelle: Huguenin-Elie et al. (2017))

2.2.4 Modellierung Nährstofftransfer Vergärungsprodukte basierend auf Daten HODUFLU

Um die Datenqualität der Angaben über den Nährstofftransfer von Hofdüngern und Vergärungsprodukten basierend auf Mayer et al. (2016) zu überprüfen, sind vom BLW die HODUFLU-Daten der Jahre 2014 bis 2020 zur Verfügung gestellt worden. Damit die HODUFLU-Daten in die Suisse-Bilanz integriert werden konnten, musste der Stofffluss Hofdünger von Landwirtschaftsbetrieb zu Biogasanlage und Biogasanlage zu Landwirtschaftsbetrieb bekannt sein. Der Datensatz beinhaltet keine Informationen zur Art des Abnehmers (Landwirtschaftsbetrieb oder Biogasanlage). Der Datensatz wurde deshalb durch Mitarbeiter des BLW mit der Information *Ist Biogasanlage Abnehmer* und *Ist Biogasanlage Abgeber* ergänzt. Der Datensatz beinhaltet weiter die Information über den Zeitpunkt einer Lieferung, die Düngerart (Gülle, Mist, Recyclingdünger), das Volumen und der Gehalt (Nges und P₂O₅) der Lieferung.

2.2.5 Definition Szenarien

Die nationalen Suisse-Bilanzen für die Referenzjahre wurden alle basierend auf dem Szenario «Basis», welches in den Kapiteln 2.2.1 bis 2.2.4 detailliert beschrieben ist, berechnet. Um Aussagen zum Einfluss zentraler Bilanzparameter auf die Bilanzsaldos zu machen, wurde basierend auf dem Szenario «Basis» für das Referenzjahr 2015 verschiedene weitere Sensitivitätsszenarien abgebildet.

Bei den Sensitivitätsszenarien wurden die wichtigsten, selbstdeklarierten Suisse-Bilanz Parameter verändert, um ihren Einfluss auf den Bilanzsaldo sichtbar zu machen. Dazu gehören: «Fehlerbereich Grundfutterbilanz und Lager- & Krippenverluste», «Kraftfuttermenge der Milchkühe» und «Milchleistung der Milchkühe» (Tabelle 3). Im Szenario *Basis Fehlerber. GF-Bilanz 5 %* wurde der Fehlerbereich der Grundfutterbilanz und die Lager- und Krippenverluste von 10 % auf 5 % reduziert. Im Szenario *Basis hohe Erträge ext. Wiesen* sind die Erträge der extensiven und wenig intensiven Wiesen und Weiden auf den nach Grud 17 maximal möglichen Standardertrag erhöht worden. Im Gegensatz dazu sind im Szenario *Basis tiefe Erträge ext. Wiesen* die Erträge der extensiven, wenig intensiven und der mittelintensiven Wiesen und Weiden auf den minimalen Standardertrag reduziert worden. Das Szenario *Basis KF - 10 %* simuliert eine um 10 % tiefere Kraftfuttermenge bei den Milchkühen, bei gleichbleibender Milchmenge, wobei im Szenario *Basis ML + 7.5 %* die Milchmenge um 7.5 % erhöht wurde bei gleicher Kraftfuttermenge. Im Szenario *Basis tiefe Erträge ext. Wiesen & ML + 7.5 % & KF - 10 %* sind die drei obigen Einzel-Szenarien kombiniert worden. Das Szenario «*Basis Ertragsmodell Grud % angepasst für Suisse-Bilanz*» baut auf dem Szenario «Basis» auf wobei hier zusätzlich die modellierten Erträge und Flächenanteile für die Wiesen und Weiden aus dem Ertragsmodell berücksichtigt worden sind. Damit das Grundfutterangebot dem Bedarf gemäss Suisse-Bilanz entspricht, sind alle Erträge der Wiesen und Weiden um 26 % reduziert worden (siehe 3.4).

Tabelle 3 : Definition der berechneten Szenarien im Rahmen der Sensitivitätsanalyse.

Szenario	Verzehrs- korrektur Saftfutter & ad libitum	Fehlerbereich Grundfutterbilanz und Lager- & Krippenverluste	Kraftfutter- menge Milchkühe	Milchleis- tung	Grundlage Erträge Ackerkultu- ren	Felderträge ext. Wiesen [dt TS ha ⁻¹]
Basis	Ja	10 %	100 %	100 %	Grud17	25
Basis Fehlerber. GF- Bilanz 5 %	Ja	5 %	100 %	100 %	Grud17	25
Basis hohe Erträge ext. Wiesen	Ja	10 %	100 %	100 %	Grud17	30
Basis KF -10 %	Ja	10 %	90 %	100 %	Grud17	25
Basis ML +7.5 %	Ja	10 %	100 %	107.5 %	Grud17	25
Basis tiefe Erträge ext. Wiesen	Ja	10 %	100 %	100 %	Grud17	10
Basis tiefe Erträge ext. Wiesen & ML + 7.5 % & KF -10 %	Ja	10 %	90 %	107.5 %	Grud17	10
Basis Ertragsmodell Grud % angepasst für Suisse-Bilanz	Ja	10 %	100 %	100 %	Grud17	20

3 Resultate und Diskussion

3.1 Entwicklung der Tierzahlen

Von 2002 bis 2019 nahm die Zahl der Milchkühe stetig ab, sodass im Jahr 2019 rund 16 % weniger Milchkühe vorhanden waren als 2002 (Tabelle 4, Abbildung 2). Im Gegensatz dazu wurden im Jahr 2019 mehr als doppelt so viele Mutterkühe gehalten als 2002. Nach einem Höchststand im Referenzjahr 2010 nahmen die Schweinebestände in den Jahren 2015 und 2019 laufend ab, während der Geflügelbestand deutlich zugenommen hat. Dabei hat sich der Bestand an Mastpoulets vom Jahr 2002 zum Jahr 2019 mehr als verdoppelt. Im gleichen Zeitraum hat der Lege- und Zuchthennenbestand um rund 60 % zugelegt.

Tabelle 4 : Entwicklung der Bestände der in Bezug auf die Nährstoffausscheidungen relevantesten Tierkategorien in den Jahre 2002, 2010, 2015 und 2019.

Tierkategorie	Einheit	2002	2010	2015	2019
Milchkühe	Stück	657'924	589'024	583'277	554'588
Mutterkühe	Stück	58'103	111'291	117'895	128'270
Mastschweine	Platz	942'725	949'625	886'108	801'021
Galtsauen	Platz	108'582	106'070	93'348	82'767
Lege- und Zuchthennen	100 Pl.	21'541	24'381	28'219	34'857
Mastpoulets	100 Pl.	43'300	71'838	86'138	95'029

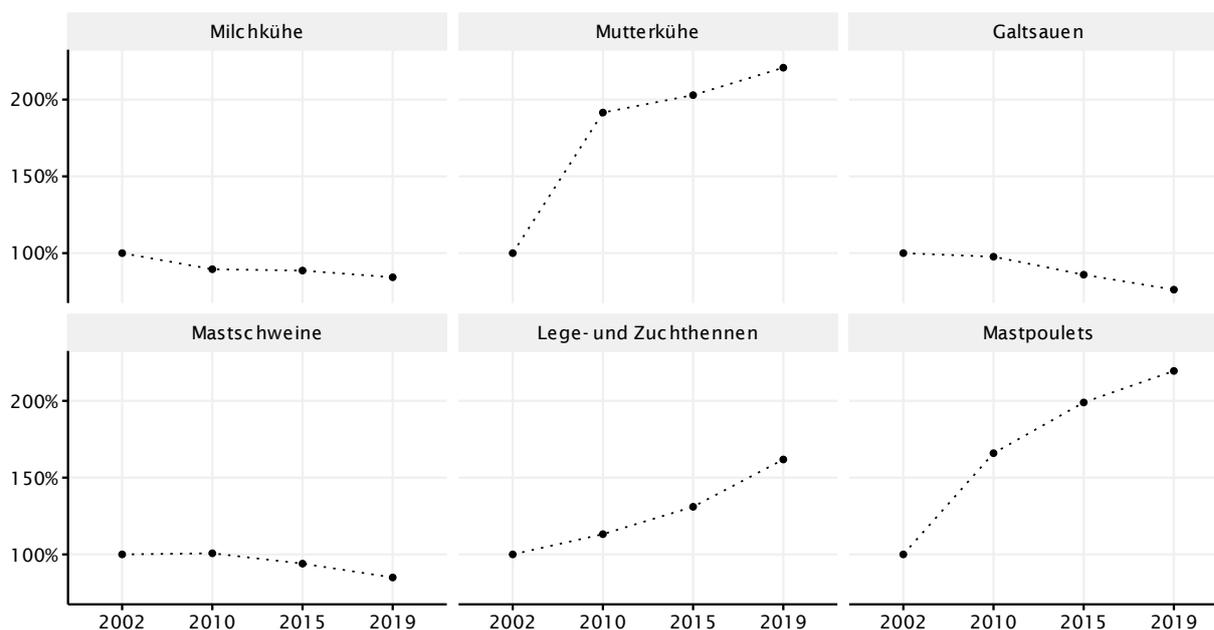


Abbildung 2 : Relative Entwicklung der in Bezug auf die Nährstoffausscheidungen relevantesten Tierkategorien in den Jahren 2002, 2010, 2015 und 2019 (2002 = 100 %).

Die Zahl der gesömmerten Milchkühe nahm vom 2002 bis 2010 um rund 15 % ab (Abbildung 3), während ab 2010 die Anzahl relativ konstant blieb. Der Anteil Mutterkühe an den an gesömmerten GVE stieg kontinuierlich an. Gesömmerte Tiere werden in der Suisse-Bilanz nicht berücksichtigt (sie gelten für den Talbetrieb als abwesend), weshalb sich die Anzahl gesömmelter Tiere direkt auf den Nährstoffanfall in der Suisse-Bilanz auswirkt.

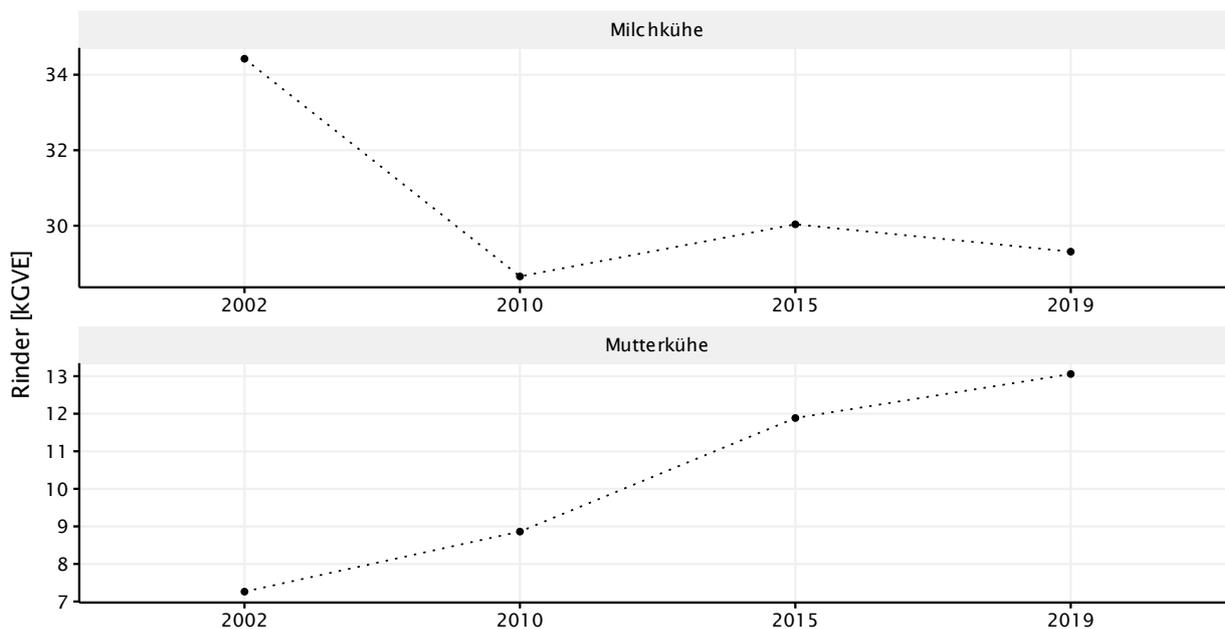


Abbildung 3 : Entwicklung der Anzahl gesömmerte Milchkühe und Mutterkühe in tausend GVE (kgVE) für die Jahre 2002, 2010, 2015 und 2019.

Durch den Rückgang des Milchviehbestandes, welcher nur teilweise durch die grösseren Mutterkuhbestände kompensiert werden konnte, sank in den Referenzjahren der Netto-Grundfutterbedarf nach einem Maximum im 2010 (Tabelle 5). Werden zum Netto-Grundfutterbedarf die Lagerungs- und Krippenverluste (0-5 %) und der Fehlerbereich der Grundfutterbilanz (0-5 %) dazu addiert, ergibt sich die Grundfuttermenge, welche auf der futterbaulich genutzten Nutzfläche produziert werden muss. Für die Referenzjahre wurde sowohl bei den Lagerungs- und Krippenverlusten als auch beim Fehlerbereich mit je 5 % gerechnet.

Die Importe von Raufutter erhöhten sich vom Referenzjahr 2002 bis 2019 um mehr als das Vierfache (Tabelle 5). Betrug der Anteil der Raufutterimport am Netto-Grundfutterbedarf 2002 noch weniger als 1 % lag dieser Wert 2019 bei 4.6 %.

Tabelle 5 : Entwicklung der Raufutterimporte, der Menge an Milchkühe verfüttertes Saftfutter und des Netto-Grundfutterbedarfs für die Jahre 2002, 2010, 2015 und 2019, sowie die relative Veränderung von 2002 zu 2019.

	2002 [kt TS]	2010 [kt TS]	2015 [kt TS]	2019 [kt TS]	Veränderung 2002 zu 2019 [%]
Raufutterimporte	502	1'324	1'423	2'328	464
Saftfutter (Kartoffeln, Rüben, Biertreber)	836	789	768	730	87
Total Netto-Grundfutterbedarf	54'208	54'729	52'557	50'414	93
Jungvieh	11'436	10'801	9'837	9'493	83
Mutterkühe	2'542	5'121	5'300	5'761	227
Milchkühe	34'843	32'887	32'018	30'400	87
übrige Raufutterverzehrer	5'387	5'920	5'401	4'760	88

3.2 Entwicklung des Bedarfs und des Anfalls an Stickstoff und Phosphor in den Referenzjahren

Aufgrund des Rückgangs der landwirtschaftlichen Nutzfläche, des sinkenden Bedarfes an Grundfutter für die Wiederkäuer und der Zunahme der extensiven Wiesen, sank der berechnete Nährstoffbedarf im Pflanzenbau im betrachteten Zeitraum. Während der Anfall in der Tierhaltung von 2002 zu 2010 leicht anstieg, sank der Anfall kontinuierlich in den weiteren Referenzjahren. Von 2002 zum Jahr 2010 und 2015 sank weiter die Nährstoffzufuhr durch übrige Dünger (Klärschlamm, Kompost, Stroh zum Einstreuen) und Mineraldünger (Abbildung 4). Ab 2010 bestand die Kategorie «übrige Dünger», aufgrund des Verbotes des Klärschlammeinsatzes, nur noch aus Kompost und Stroh für die Einstreu, während im 2002 die Kategorie auch noch Klärschlamm beinhaltete. Die Zufuhr an Stickstoff über Vergärungsprodukte verzehnfachte sich vom Referenzjahr 2002 bis 2019 (Abbildung 4, Abbildung 5).

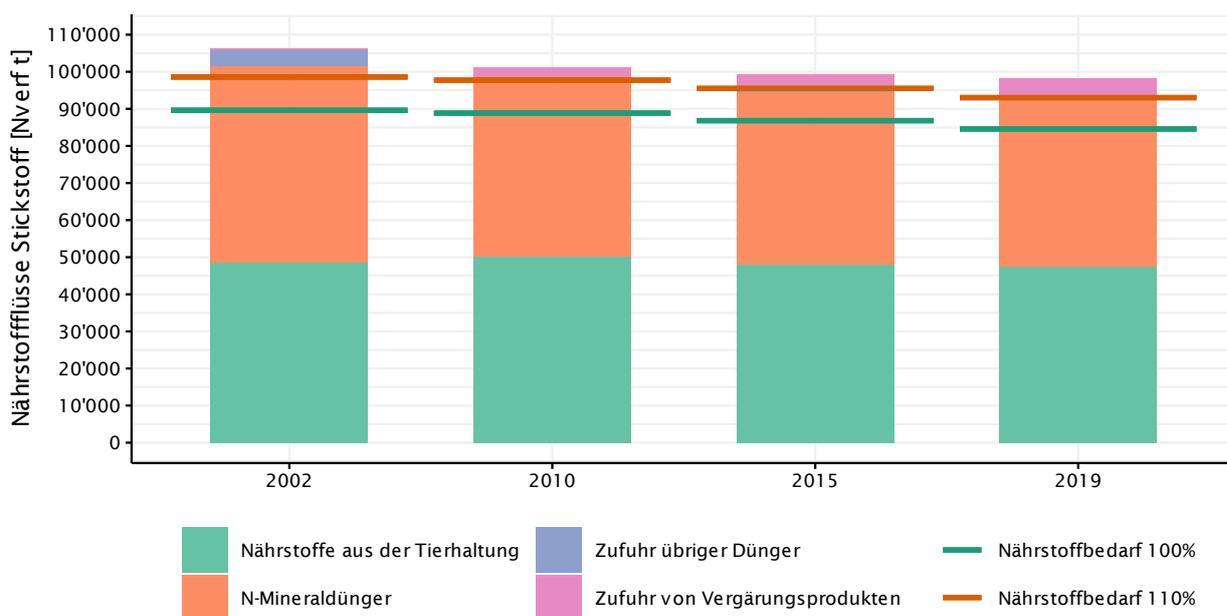


Abbildung 4 : Entwicklung des Stickstoffbedarf, des Stickstoffanfalls sowie der Zufuhr durch übrige Dünger und Vergärungsprodukten für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019. Der Stickstoffausnutzungsgrad Hofdünger lag bei rund 54 %.

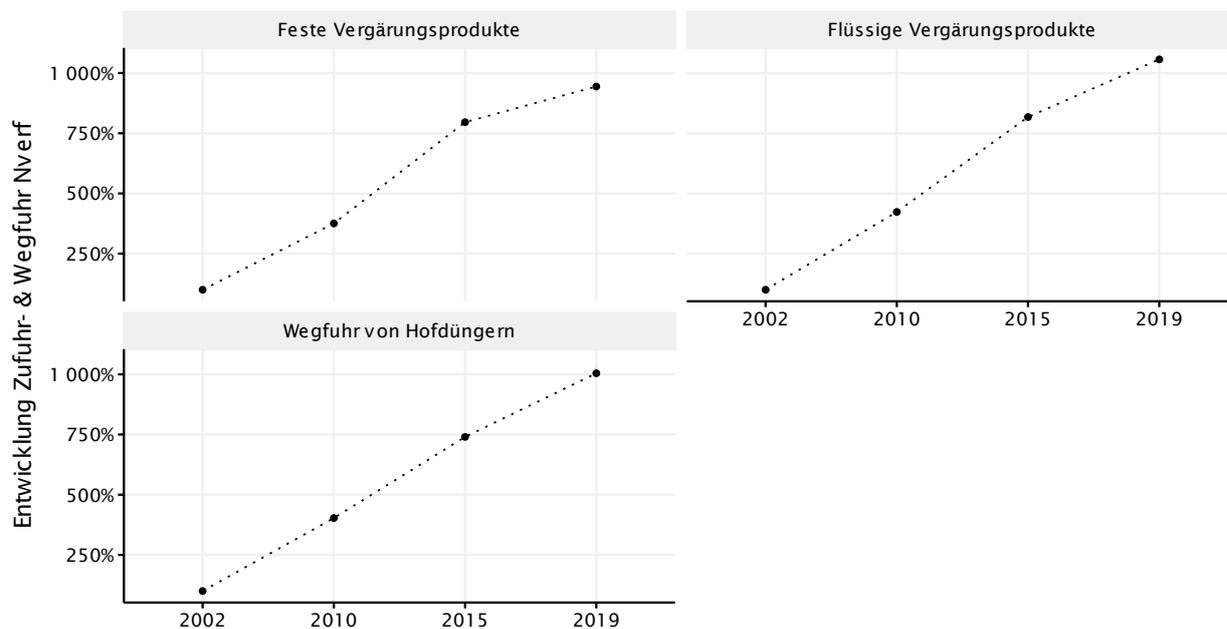


Abbildung 5 : Relative Entwicklung der Stickstoffzufuhr durch feste und flüssige Vergärungsprodukte und der Stickstoffwegfuhr von Hofdüngern in eine Biogasanlage für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019 (2002 = 100 %).

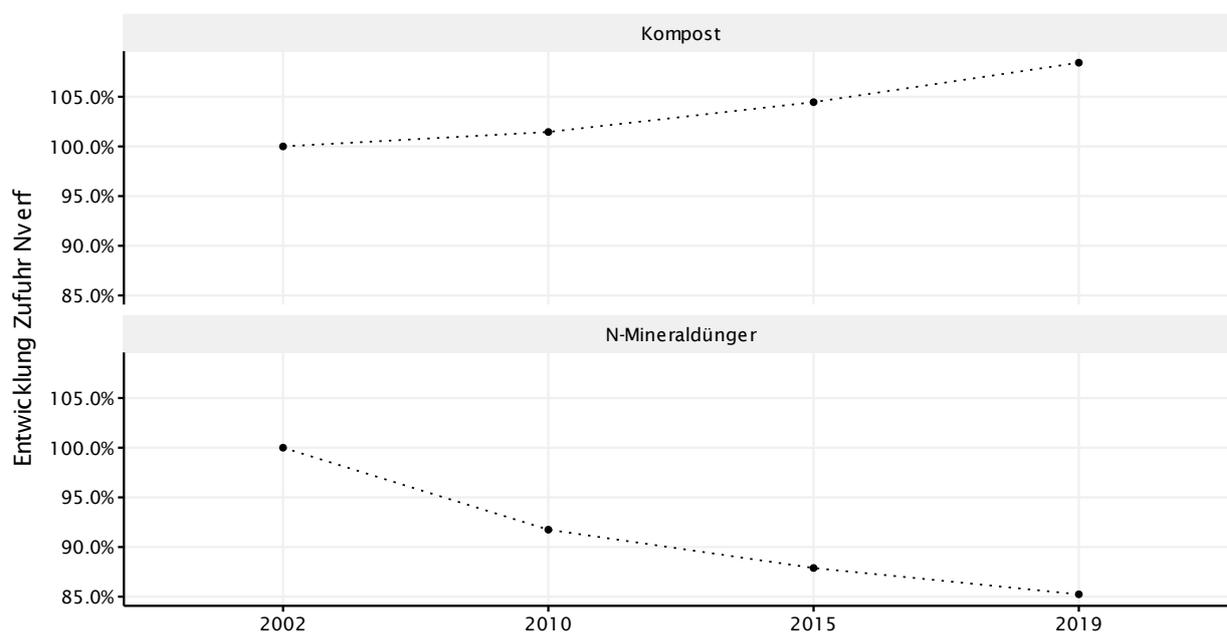


Abbildung 6 : Entwicklung der Stickstoffzufuhr durch Kompost und Mineraldünger (Nges = Nverf) für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019.

Unter anderem durch den Wegfall des Klärschlammes als Düngemittel ab dem Referenzjahr 2010 sank die Phosphorzufuhr durch übrige Dünger und Mineraldünger vom Jahr 2002 zu 2010 deutlich und blieb anschliessend auf rund 10 kt P_2O_5 konstant (Abbildung 7). Analog zum Stickstoff stieg auch die Phosphorzufuhr über die Vergärungsprodukte um rund das Zehnfache zwischen dem Referenzjahr 2002 zu 2019 (Abbildung 8). Aufgrund der steigenden Anzahl Flächen, welche extensiv oder wenig intensiv bewirtschaftet werden, stieg der innerbetriebliche Nährstofftransfer durch das Futter von ungedüngten

Wiesen vom Referenzjahr 2002 zu den übrigen Jahren laufend an. Es handelt sich jedoch dabei, im Vergleich zu den übrigen Nährstoffflüssen, um verhältnismässig kleine Mengen.

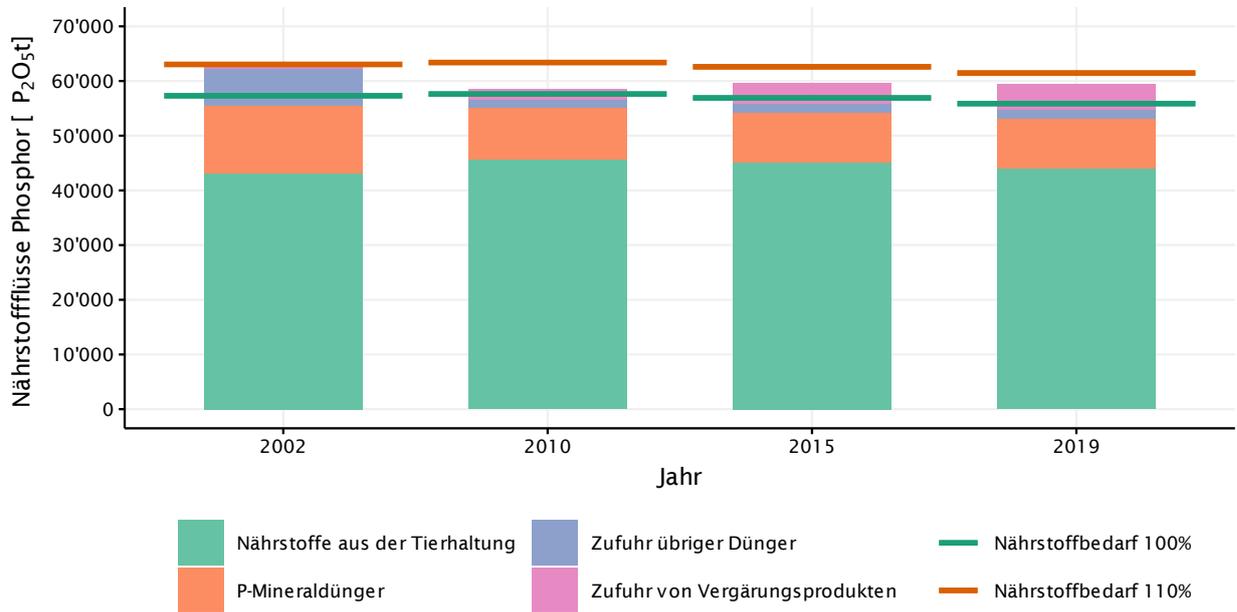


Abbildung 7 : Entwicklung des Phosphorbedarfs, des Phosphoranfalls sowie der Zufuhr durch übrige Dünger und Vergärungsprodukte für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019.

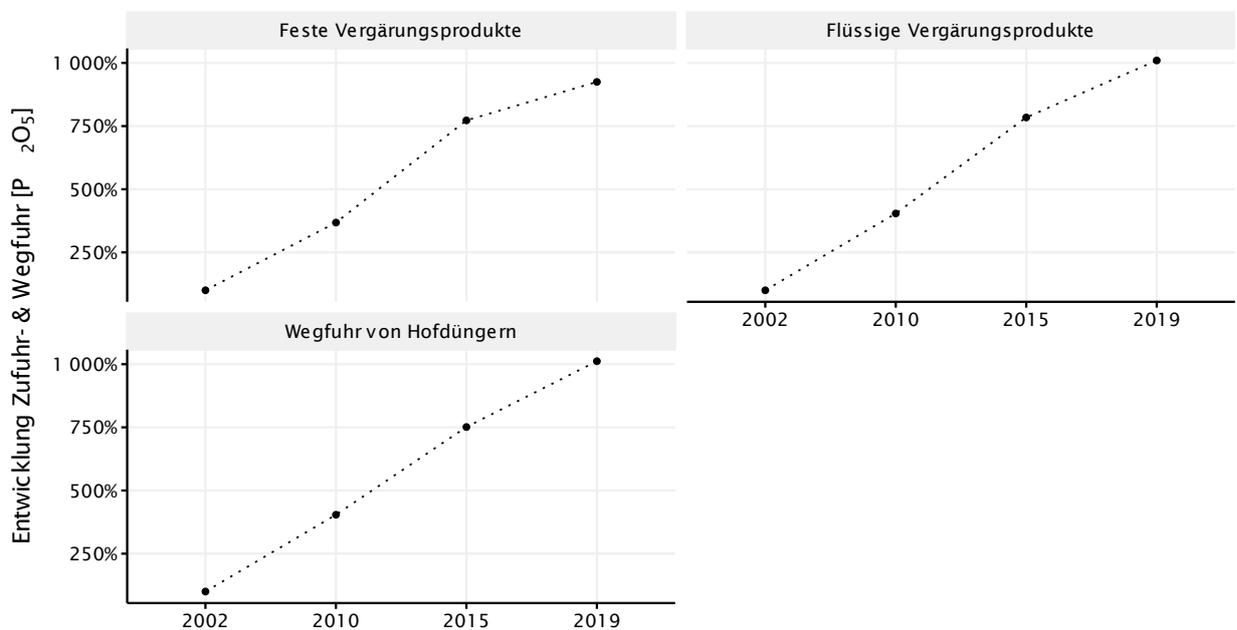


Abbildung 8 : Entwicklung der Phosphorzufuhr durch feste und flüssige Vergärungsprodukte und der Phosphorwegfuhr durch Hofdüngern in eine Biogasanlage für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019.

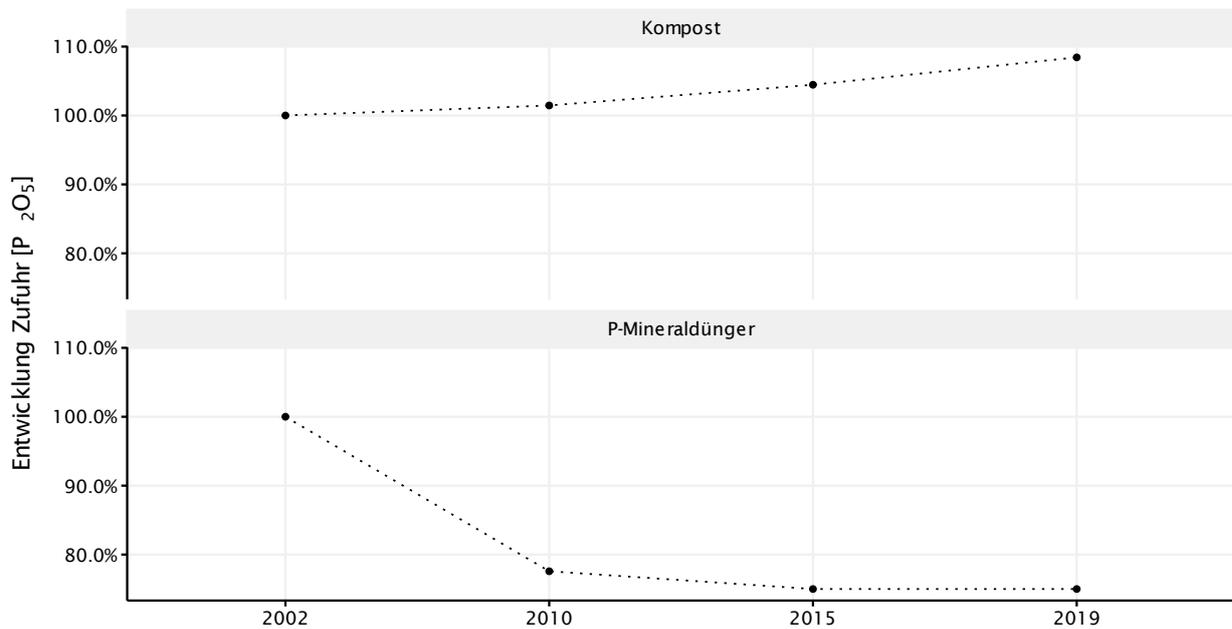


Abbildung 9 : Entwicklung der Phosphorzufuhr durch Kompost und Mineraldünger für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019.

3.3 Bilanzsaldoüberschuss der einzelnen Referenzjahre

Basierend auf den zugrunde liegenden Berechnungen belief sich der Bilanzsaldoüberschuss (Menge an Nverf bzw. P_2O_5 in Prozent des Bedarfs des Pflanzenbaus) der einzelnen Referenzjahre für Stickstoff zwischen 114 % und 118 % (Abbildung 10). Er übersteigt damit der für Einzelbetriebe maximal tolerierbare Fehlerbereich der Suisse-Bilanz von 110 % deutlich. Nach einem leichten Rückgang von 2002 zu 2010 stieg der berechnete Bilanzsaldoüberschuss im 2015 bzw. 2019 wieder leicht an.

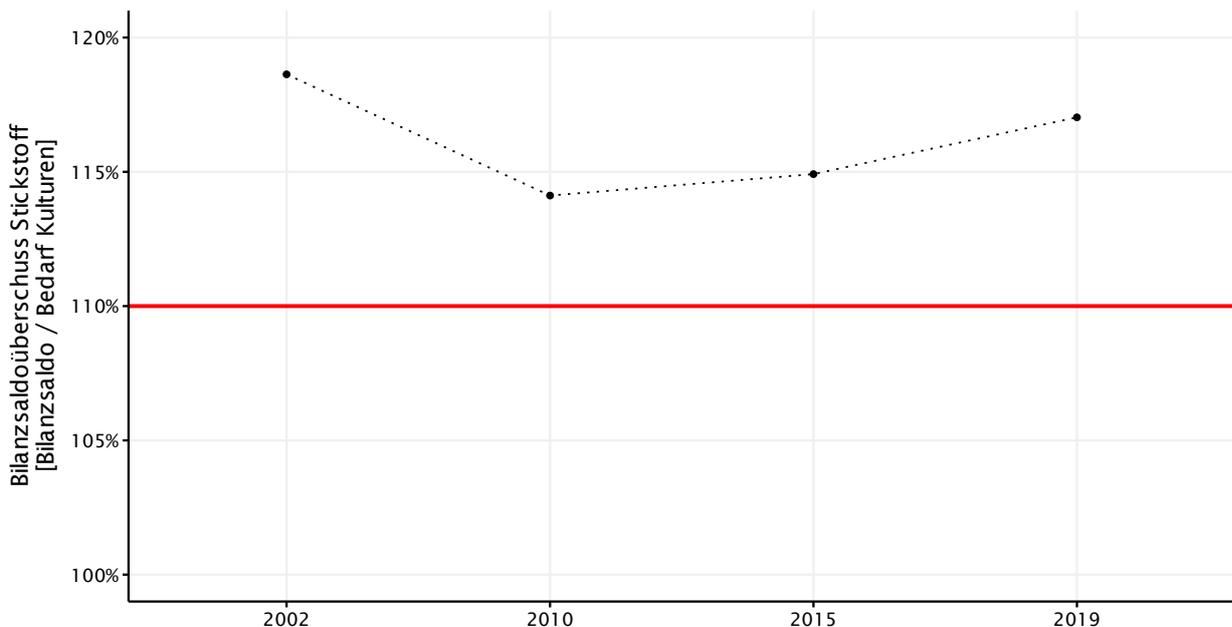


Abbildung 10 : Entwicklung des Bilanzsaldoüberschuss von Stickstoff (Nverf in Prozent des Bedarfs des Pflanzenbaus) basierend auf den Berechnungen der nationalen Suisse-Bilanz für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019.

Tabelle 6 : Entwicklung der Stickstoffflüsse (Nverf t) für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015, 2019.

	Einheit	2002	2010	2015	2019
Nährstoffbedarf der Kulturen		89'204	87'172	83'744	80'390
Nährstoffzufuhr total		105'823	99'478	96'234	94'079
<i>Nährstoffe aus der Tierhaltung</i>	[t Nverf]	48'560	50'151	47'889	47'346
<i>Zufuhr Mineraldünger und übriger Dünger</i>		57'143	48'759	47'055	45'304
<i>Zufuhr aus Biogasanlagen</i>		120	568	1'290	1'429
N-Saldo absolut		16'619	12'305	12'490	13'689
N-Saldo	[%]	119	114	115	117

Für Phosphor fällt der Bilanzsaldoüberschuss insgesamt geringer aus als für Stickstoff. In den Referenzjahren lag der Überschuss im Bereich des tolerierten Fehlerbereiches von 110 % (Abbildung 11).

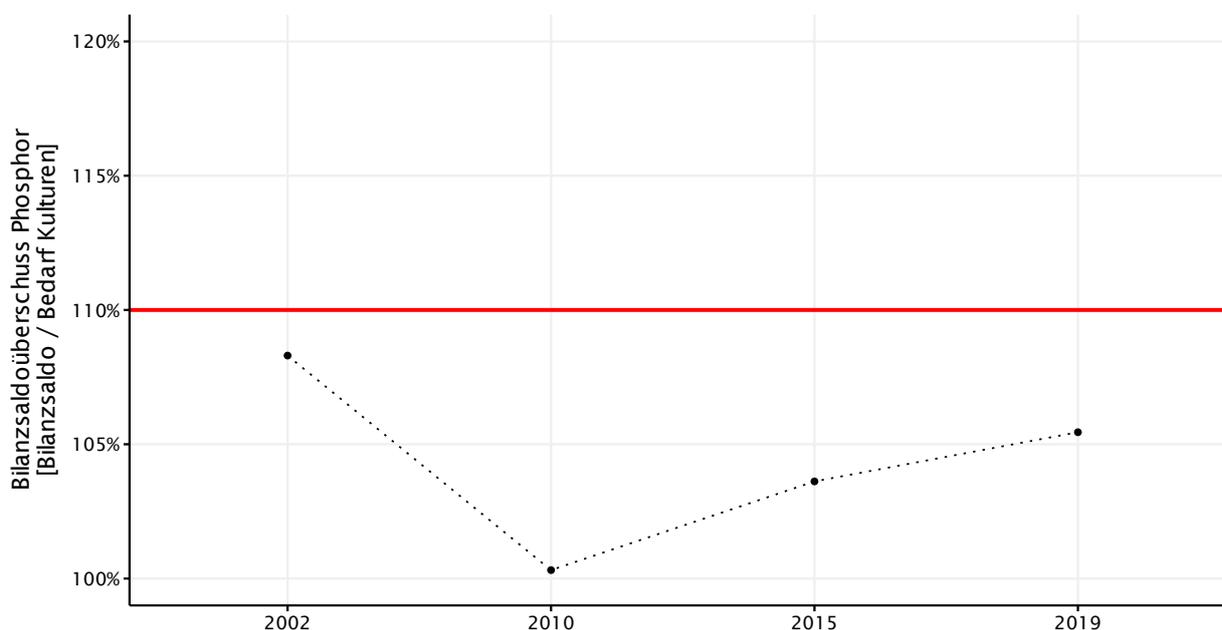


Abbildung 11 : Entwicklung des Bilanzsaldoüberschuss von P_2O_5 (P_2O_5 in Prozent des Bedarfs des Pflanzenbaus) basierend auf den Berechnungen der nationalen Suisse-Bilanz für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019.

Tabelle 7 : Entwicklung der Phosphorstoffflüsse (P₂O₅ t) für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015, 2019.

	Einheit	2002	2010	2015	2019
Nährstoffbedarf der Kulturen		56'351	55'335	53'015	50'871
Nährstoffzufuhr total		61'572	56'139	55'747	54'492
<i>Nährstoffe aus der Tierhaltung</i>		43'074	45'540	45'042	43'837
<i>Zufuhr Mineraldünger und übriger Dünger</i>	[t P ₂ O ₅]	18'433	10'382	10'073	10'115
<i>Zufuhr aus Biogasanlage</i>		65	217	631	539
<i>Nährstofftransfer für Futter von ungedüngten Wiesen</i>		543	631	814	849
Phosphor-Saldo absolut		4'678	173	1'917	2'772
Phosphor-Saldo	[%]	109	101	105	107

3.3.1 Validierung Nährstoffmengen Vergärung

Bei der Gegenüberstellung der zu- bzw. weggeführten Nährstoffmengen von Biogasanlagen für das Jahr 2015 gemäss den HODUFLU-Daten und Mayer et. al 2016 zeigt sich, dass die absoluten Mengen sehr stark abweichen (Tabelle 8; Tabelle 9). Die Abweichungen sind sowohl auf der Seite der Wegfuhr von Hofdüngern, als auch bei der Zufuhr von Vergärungsprodukten ausgeprägt. Da sich die Abweichungen aufseiten der Zufuhr und der Wegfuhr in etwa die Waage halten, ist der Einfluss auf die Bilanzsaldos in der Suisse-Bilanz sehr gering (<1 %). Auf Basis der HODUFLU-Daten fällt der Stickstoffsaldo für das Jahr 2015 0.5 % und der Phosphorsaldo um 0.1 % tiefer aus als mit den Daten von Mayer et al. 2016. Da die HODUFLU-Daten erst ab dem Jahre 2014 zur Verfügung stehen, wurde für die Berechnung der Referenzjahre und die Szenarien die Daten von Mayer et al 2016 verwendet.

Tabelle 8 : Gegenüberstellung von Stickstoff- und Phosphormengen, die mit Hofdüngern in eine Biogasanlage exportiert wurden basierend auf Mayer et al 2016 und den HODUFLU-Daten für das Jahr 2015.

Düngerform	HODUFLU Nges [t]	Mayer et al. 2016 Nges [t]	Differenz [%]	HODUFLU P ₂ O ₅ [t]	Mayer et al. 2016 P ₂ O ₅ [t]	Differenz [%]
Gülle	591	3'303	559	268	1'507	563
Mist	655	2'403	367	439	1'575	359

Tabelle 9 : Gegenüberstellung von Stickstoff- und Phosphormengen, die als Gärreste an Betriebe geliefert wurden basierend auf Mayer et al 2016 und den HODUFLU-Daten für das Jahr 2015.

Düngerform	HODUFLU Nges [t]	Mayer et al. 2016 Nges [t]	Differenz [%]	HODUFLU P ₂ O ₅ [t]	Mayer et al. 2016 P ₂ O ₅ [t]	Differenz [%]
Gülle	563	4'607	818	233	1'956	840
Mist	69	533	777	43	335	775
Recyclingdünger	2'541	2'779	109	1'124	1'380	123

3.3.2 Einordnung der berechneten Bilanzsaldoüberschüsse

Mit einer Berücksichtigung der oben erwähnten Parameter dürften sich die Bilanzsaldoüberschüsse für Stickstoff der einzelnen Jahre teilweise deutlich über dem vorgegebenen Fehlerbereich der Suisse-Bilanz von 110 % bewegen, während sie für Phosphor nicht überschritten werden. Dies steht im Widerspruch zur Annahme, dass im Rahmen des ÖLN die Vorgaben der Suisse-Bilanz in der Praxis bzw. auf Stufe Einzelbetrieb grossmehrheitlich eingehalten werden, da ansonsten Direktzahlungskürzungen erfolgen. Unter der Annahme, dass eine gesamtschweizerische Suisse-Bilanz methodisch ein korrektes Abbilden der Summe der einzelbetrieblichen Bilanzen erlaubt, können für diese Diskrepanz grundsätzlich zwei unterschiedliche Einflüsse verantwortlich sein:

- (1) Zentrale selbstdeklarierte Grössen werden in der Praxis ungenügend präzise deklariert, und/oder
- (2) Einzelne (selbstdeklarierte) Parameter der Suisse-Bilanz können in der Praxis so verändert werden, dass ein möglichst hoher Nährstoffbedarf geltend gemacht werden kann und damit ein Einhalten des Fehlerbereichs erreicht wird.

Bei den selbstdeklarierten Grössen dürfte die Zufuhr an Nährstoffen von quantitativ eher schwierig zu erfassenden bzw. kontrollierenden Parametern im Vordergrund stehen (z. B. Mineraldünger, evtl. auch Hofdünger). Im Bereich Grundfutterbilanz sind dies im Wesentlichen die deklarierten/eingesetzten TS - Erträge der nicht intensiven Wiesen und Weiden, welche wiederum die Erträge der intensiven Wiesen und Weiden beeinflussen. Zusätzliche relevante Grössen sind auch weitere, den Verzehr beeinflussende Faktoren wie z. B. die deklarierte/eingesetzte Kraftfuttermenge oder die Milchleistung.

Da die Suisse-Bilanz aufgrund der Bilanzierungsmethodik verschiedene Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Parametern aufweist, kann der Einfluss der einzelnen Faktoren nicht isoliert untersucht werden, sondern muss über Szenarien abgebildet werden. Um den Einfluss der aufgeführten Faktoren auf den Bilanzsaldoüberschuss der berechneten nationalen Suisse-Bilanz zu untersuchen, wurden deshalb in einem zweiten Teil der Studie auf Basis des Referenzjahres 2015 verschiedene Sensitivitätsanalysen durchgeführt, indem jedes der im Kapitel 2.2.5 deklarierten Szenarien (Tabelle 3) berechnet wurde. Dieses Vorgehen ermöglichte es, den Einflussbereich selbstdeklariert Parameter auf die Bilanzsaldos für N und P₂O₅ zu quantifizieren.

3.4 Modellierung Erträge und Flächenanteile Graslandkategorien

Bis anhin standen nur vereinfachte Schätzungen zu national aggregierten TS - Erträgen im Futterbau in Abhängigkeit der Höhenstufe und der Bewirtschaftungsintensität zur Verfügung (Reidy et al. 2005). Mit dem seit 2017 zur Verfügung stehenden höhenstufenabhängigen Ertragsmodell der Grud 17 (Huguenin-Elie et al. 2017), sowie den zur Verfügung gestellten einzelbetrieblichen AGIS-Daten konnten die TS - Erträge differenziert berechnet werden (Tabelle 10). Aufgrund der verwendeten Restriktion (siehe 2.2.3 Differenzierte Berechnung der TS-Erträge und Flächenanteile für Wiesen und Weiden), fällt rund 20 % der Kunstwiesenfläche in die Intensitätsstufe «mittelintensiv». Bei der Kategorie übrige Dauerwiesen entfallen über 60 % der Flächen auf eine mittelintensive Bewirtschaftung und somit knapp 40 % auf eine intensive. Ähnlich ist die Verteilung der Intensitätsklassen für Weiden. Rund 60 % der Fläche fällt in die Intensitätsstufe mittelintensiv bzw. intensiv (40 %).

Tabelle 10 : Mittlere modellierte Jahreserträge differenziert nach Bewirtschaftungsintensität und Nutzungsart für das Jahr 2015 und Vergleich mit Flächendaten gemäss statistischen Erhebung und Schätzung (SES) (Agristat 2015). In den SES werden die Wiesen und Weiden nicht differenziert dargestellt, weshalb nur aggregierte Zahlen zur Verfügung stehen.

Bewirtschaftungsintensität	Nutzungsart	Ø Jahresertrag [dt TS ha ⁻¹]	Fläche AGIS [kha]	Fläche SES [kha]
intensiv	Weide	106	35.82	k.A.
intensiv	Wiese	124	244.38	286.10
mittelintensiv	Weide	59	59.07	k.A.
mittelintensiv	Wiese	80	245.53	311.67
wenig intensiv	Weide	43	0.21	k.A.
wenig intensiv	Wiese	52	19.65	19.38
extensiv	Weide	20	39.83	39.88
extensiv	Wiese	25	89.95	81.40
Total			734.44	738.43

Im Mittel über die gesamte Schweiz wurde mit dem Modell ein Jahresertrag für intensive Wiesen/Weiden von 124 bzw. 106 dt TS ha⁻¹ und für mittelintensive Wiese/Weiden von 80 bzw. 59 dt TS ha⁻¹ berechnet (Tabelle 10). Mit 52 resp. 43 dt TS ha⁻¹ wurden die Jahreserträge der wenig intensiven Wiesen und Weiden auf nationaler Ebene berechnet, während für extensive Wiesen und Weiden die mittleren Jahreserträge bei 25 resp. 20 dt TS ha⁻¹ lagen. Die im AGIS deklarierten Wiesenflächen fallen rund 4'000 ha geringer aus, als die in den SES (Agristat 2015) publizierten Angaben (Tabelle 10). Die Gründe für die Unterschiede sind nicht bekannt.

Tabelle 11 : Zugewiesene Bewirtschaftungsintensität der flächenmässig wichtigsten Graslandkategorien (Gesamtfläche > 1'000 ha) differenziert nach Zone für das Jahr 2015. Da nur Graslandkategorien mit einer Fläche > 1'000 ha berücksichtigt wurden, weicht die Totale Fläche von der

Tabelle 10 ab.

Graslandkategorie > 1'000 ha	Intensität	TZ [ha]	HZ [ha]	BZ 1 [ha]	BZ 2 [ha]	BZ 3 [ha]	BZ 4 [ha]	Total [ha]
Extensiv genutzte Weiden	extensiv	5'238	3'125	4'495	9'181	8'804	8'985	39'828
Extensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden)	extensiv	37'296	11'695	5'997	8'128	7'642	10'566	81'324
Kunstwiesen (ohne Weiden)	intensiv	74'674	27'333	-	-	-	-	102'007
Kunstwiesen (ohne Weiden)	mittel intensiv	-	-	15'266	5'873	-	-	21'139
Übrige Dauerwiesen (ohne Weiden)	intensiv	89'469	52'901	-	-	-	-	142'370
Übrige Dauerwiesen (ohne Weiden)	mittel intensiv	-	-	65'027	89'321	47'359	19'858	221'565
Waldweiden (ohne bewaldete Fläche)	extensiv	-	-	-	2'205	-	-	2'205
Waldweiden (ohne bewaldete Fläche) BFF	extensiv	-	-	-	3'160	-	-	3'160
Weiden (Heimweiden, übrige Weiden ohne Sömmerungsweiden)	intensiv	22'539	13'282	-	-	-	-	35'821
Weiden (Heimweiden, übrige Weiden ohne Sömmerungsweiden)	mittel intensiv	-	-	15'427	26'403	11'641	5'584	59'055
Wenig intensiv gen. Wiesen (ohne Weiden)	wenig intensiv	2'064	1'830	1'494	3'380	3'301	7'266	19'335
Total		231'280	110'166	107'706	147'651	78'747	52'259	727'809

Ein Vergleich der mit dem Ertragsmodell berechneten Erträgen und durch die Autoren verwendeten resp. geschätzten Erträgen, ergibt teilweise deutliche Abweichungen (Tabelle 12). Mit Ausnahme der Erträge für die extensiven Wiesen und Weiden, fallen die Erträge modelliert mit dem Ertragsmodell von Huguenin-Elie et al. (2017) fast einen Drittel höher aus.

Tabelle 12 : Gegenüberstellung der Jahreserträge Futterbau zwischen den geschätzten Erträgen, welche in der Suisse-Bilanz erfasst wurden und den mit Hilfe des Ertragsmodells geschätzten Jahreserträgen für das Jahr 2015.

Bewirtschaftungsintensität	Jahresertrag modelliert Ertragsmodell [dt TS ha ⁻¹]	Jahresertrag Suisse-Bilanz 2015 [dt TS ha ⁻¹]	Differenz [%]
intensiv	122	94	129
mittelintensiv	76	60	127
wenig intensiv	52	40	130
extensiv	23	23	102

Basierend auf den modellierten Erträgen und den Flächen gemäss AGIS Datensatz ergibt sich somit ein modellierter TS - Anfall vom Grasland in der Höhe von 6'190 kt. Die SES 2015 weisen in der Futtermittelbilanz (Agristat 2015) mit einem Gesamtbedarf von 5'920 kt TS leicht tiefere Werte (-4 %) aus, als mit den modellierten Erträgen nach dem Modell von Huguenin-Elie et al. (2017).

Der modellierte TS - Anfall vom Grasland in der Höhe von 6'190 kt für das Jahr 2015 liegt rund 26 % höher als der von der Suisse-Bilanz berechnete TS - Grundfutterbedarf der Tiere bzw. dem entsprechenden Grundfutteranfall auf dem Grasland. Unterstellt man die Verzehrnormen der Suisse-Bilanz, ist es unmöglich, dass der statistisch effektive Raufutterverzehrerbestand den um 26 % höheren Grundfutteranfall verzehren kann. Es wird deshalb vermutet, dass das Zusammenspiel von drei möglichen Ursachen die Differenz erklären: zu hohe Schätzung der Wiesenerträge durch das Ertragsmodell, zu tiefe Verzehrswerte in der Suisse-Bilanz sowie in der Realität höher auftretende Feld-, Lager- und Fütterungsverluste. Es kann argumentiert werden, dass allfällige höhere Feld-, Lager- und Fütterungsverluste aus Sicht Suisse-Bilanz keine Rolle spielen: Denn die Nährstoffe dieser Verluste bleiben auf dem Betrieb und sind somit zugleich Nährstofflieferant / Hofdünger. Somit sollten diese Verluste keinen zusätzlichen Nährstoffbedarf gemäss Suisse-Bilanz generieren.

Die Differenzen zwischen dem Grundfutterbedarf nach Suisse-Bilanz und nach Ertragsmodell-Huguenin bzw. nach SES haben keinen direkten Einfluss auf die Resultate in den Kapiteln 3.3 und 3.5. Dies deshalb, weil die Methodik der Suisse-Bilanz bzw. die Einhaltung der Grundfutterbilanz mit der automatisierten Berechnung der Erträge für intensive Wiesen und Weiden auch in der Realität die Grundlage für die Berechnung der Bilanzen auf den Betrieben bildet.

Falls allerdings die Erträge der Wiesen und Weiden in der Praxis auf den Betrieben tatsächlich höher ausfallen sollten als sie in der Suisse-Bilanz aufgrund des Verzehrs abgebildet werden können, dürfte dies betroffene Betriebe vor eine Herausforderung stellen. Da die Erträge der intensiven Wiesen und Weiden in der Suisse-Bilanz über den Saldo der Grundfutterbilanz berechnet werden («Vorgabe der ausgeglichenen Grundfutterbilanz»), wird ein allfälliger Raufutterüberschuss automatisch über tiefere (automatisch berechnete) TS-Erträge der intensiven Wiesen und Weiden kompensiert. Der so rechnerisch entstehende geringere Nährstoffbedarf kann allenfalls zu einem Überschreiten des Fehlerbereichs der N- und P₂O₅ Saldos führen. Inwiefern diese Zusammenhänge für die Überschreitung des Fehlerbereichs für die berechneten Referenzjahre (mit-)verantwortlich sind, kann nicht abschliessend geklärt werden. Die Resultate des Szenarios *Basis tiefe Erträge extensive Wiesen ML + 7.5 % & KF -10 %* (Kapitel 3.5) mit dem damit verbundenen 3 % höheren Grundfutterbedarf weist aber darauf hin, dass der Grundfutterbilanz bzw. der Erträge der Graslandkategorien aufgrund des direkten ertragsabhängigen Nährstoffbedarfs eine zentrale Rolle zukommt.

3.5 Sensitivitätsanalysen

3.5.1 Szenarien

Als Basis für die Sensitivitätsanalysen wurde das Referenzjahr 2015 (Szenario «Basis») verwendet, da im Unterschied zu 2019 für dieses Jahr alle statistischen Angaben zur Verfügung standen. Die Szenarien wurden so gewählt, dass zentrale, den Nährstoffbedarf/-anfall beeinflussende Parameter der Suisse-Bilanz gezielt verändert wurden. Dabei galt das Prinzip, dass sich die Optimierung in einem gemäss Wegleitung Suisse-Bilanz tolerierbaren Bereich befindet. Namentlich wurden dabei folgende Parameter verändert:

- Halbierung des Fehlerbereichs der Grundfutterbilanz und der Krippenverluste
- Reduktion der Kraftfuttermenge für Milchkühe um 10 %
- Erhöhung der Milchleistung um 7.5 %
- Sehr tiefe Erträge für extensive Wiesen & Weiden und wenig intensiven Wiesen
- Sehr hohe Erträge für extensive Wiesen & Weiden und wenig intensiven Wiesen

Das Szenario Reduktion der Kraftfuttermenge für Milchkühe um 10 % (*Basis KF - 10 %*) wird als plausibel betrachtet, da in der Suisse-Bilanz die Kraftfuttermenge (dt FS) nur sehr pauschal erfasst werden muss. Es sind keine Angaben zur Zusammensetzung / zum Gehalt des Kraftfutters notwendig. In der Folge hat ein Betrieb z. B. die Möglichkeit ein bestehendes Kraftfutter mit einem höher konzentrierteren Kraftfutter zu ersetzen. Dadurch reduziert sich die Menge an Kraftfutter in der Suisse-Bilanz ohne, dass dies Auswirkungen auf die Milchleistung haben sollte.

Das Szenario Erhöhung der Milchleistung um 7.5 % (*Basis ML + 7.5 %*) basiert auf der durchschnittlichen Milchleistung, welche der Zuchtverband Swissherdbook publiziert. Gemäss Swissherdbook (Swissherdbook 2015) lag die durchschnittliche Milchleistung pro Kuh und Jahr über alle Rassen betrachtet bei 7'519 kg und somit rund 7.5 % höher als in der SES. Die durchschnittliche Milchleistung basiert auf über 171'000 Milchkühen. Der Zuchtverband Swissherdbook ist der grösste in der Schweiz und führt unter anderem das Herdenbuch der Rassen Simmental, Montbéliarde, Swiss Fleckvieh und Red Holstein.

Die gewählten Parameter trugen alle dazu bei, dass entweder indirekt durch eine Erhöhung des Grundfutterverzehrs und einen damit verbundenen gestiegenen Bedarf an Grundfutter, oder direkt durch eine gezielte Erhöhung der Erträge der intensiven Wiesen der Nährstoffbedarf erhöht wird.

Im Gegensatz zu den meisten Ackerkulturen, wird in der Suisse-Bilanz der Stickstoffbedarf des Graslands nicht pro Hektare festgelegt, sondern ist direkt ertragsabhängig. Dies hat zur Folge, dass sich Ertragsveränderungen direkt auf den Nährstoffbedarf auswirken. Hinzu kommt, dass sich der Nährstoffbedarf zwischen den unterschiedlichen Graslandkategorien unterscheidet. So weisen in der Suisse-Bilanz die intensiven Wiesen und Weiden einen Bedarf von 1.2 kg N dt⁻¹ TS auf. Bei den mittelintensiven Wiesen und Weiden liegt dieser Wert bei 0.95 kg N dt⁻¹ TS deutlich tiefer. Allein durch den Wechsel der Graslandkategorien von mittelintensiv zu intensiv, besteht somit in der Suisse-Bilanz die Möglichkeit den Stickstoffbedarf des Graslandes um 20 % zu steigern. Da sich der Standardertrag der mittelintensiven und intensiven Wiesen und Weiden in der Suisse-Bilanz überschneidet (Standardertrag: mittelintensive Wiese: 40-100 dt TS ha⁻¹; intensiv Wiese: 60-135 dt TS ha⁻¹), liegt die Zuweisung einer Graslandfläche zur Bewirtschaftungsintensität meist im Ermessen der Person, welche die Suisse-Bilanz rechnet. Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Phosphor: Hier ist der Bedarfsunterschied pro dt TS zwischen mittelintensiv und intensiv bei rund 15 %. Mit anderen Worten: Mit einer Einteilung von mittel-intensiven Wiesen in die Kategorie intensive Wiesen und/oder einer Reduktion der TS-Erträge von extensiven Wiesen kann der Futteranfall auf mittel-intensiv und intensiven Wiesen erhöht und damit der Nährstoffbedarf der Pflanzen ebenfalls erhöht werden. Dies wiederum lässt die Bilanzsaldos sinken.

Eine Veränderung des Verzehrs der Wiederkäuer beeinflussenden Bilanzparametern wirkt sich auf den Bedarf an Grundfutter aus (Abbildung 12). Eine Reduktion der deklarierten Kraftfuttermenge der Milchkühe um 10 % steigert den Brutto-Grundfutterbedarf um rund 1 %. Demgegenüber ist der Einfluss einer um 7.5 % höheren Milchleistung mit 2.3 % höherem Brutto-Grundfutterbedarf deutlich stärker als dieser des Kraftfutters.

Wie im Kapitel 3.4 beschrieben übersteigt der mit dem Ertragsmodell berechnete Grundfutteranfall den Bedarf gemäss Suisse-Bilanz um 26 %. Um trotz dieser Diskrepanz die berechneten Ertrags- und Flächenverhältnisse der Wiesen und Weiden in der Suisse-Bilanz für die Szenarienberechnung abbilden zu können, wurden die berechneten Erträge jeweils pro Graslandkategorie um 26 % reduziert, um den Anfall an Grundfutter mit dem Verzehr an Grundfutter in Übereinstimmung zu bringen (Abbildung 13). Durch die Reduktion der Erträge entspricht der Grundfutteranfall der Wiesen und Weiden genau dem

des Bedarfs der Suisse-Bilanz (Abbildung 12). Für die übrigen Szenarien wurden die Erträge und Flächenanteile der Wiesen und Weiden gemäss dem Szenario «Basis» verwendet.

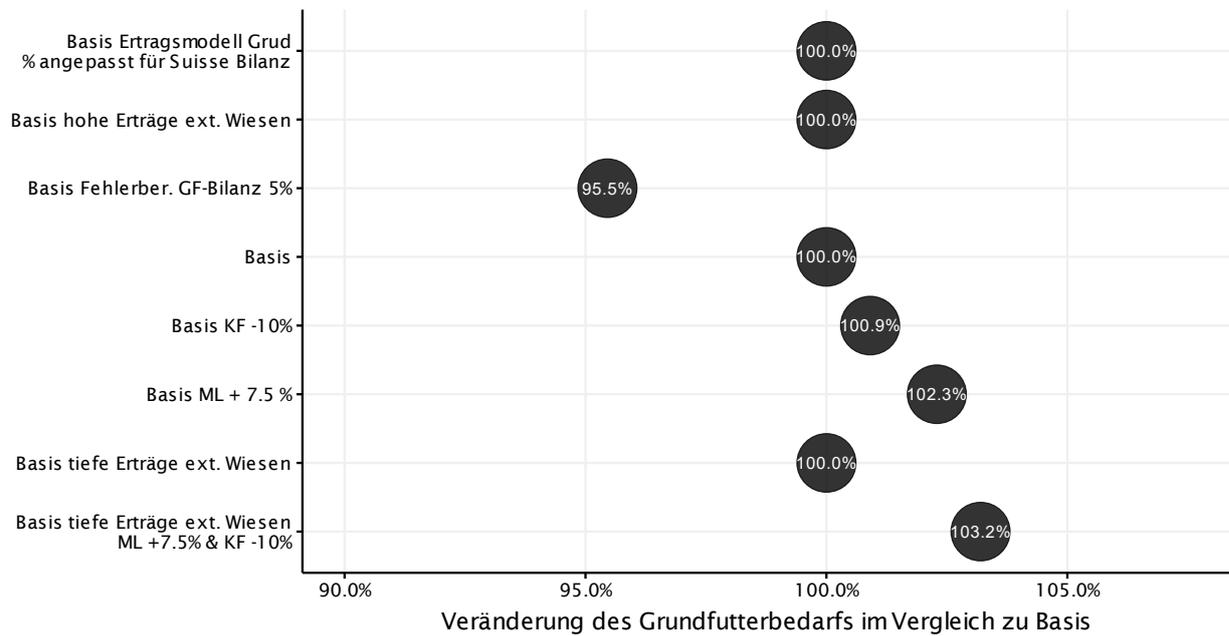


Abbildung 12 : Veränderung des Netto-Grundfutterbedarfs in den unterschiedlichen Szenarien (Basis entspricht 100%).

Aufgrund der oben erwähnten Zusammenhänge führt der höhere Grundfutterbedarf zu einer Erhöhung der Erträge der intensiven Wiesen und Weiden (Differenzberechnung Suisse-Bilanz).

In der Abbildung 13 sind die Erträge der Wiesen und Weiden der untersuchten Szenarien abgebildet, sowie die mit dem Ertragsmodell modellierten Erträge (*Ertragsmodell Grud*) als auch das Szenario *Basis Ertragsmodell Grud % angepasst für Suisse-Bilanz*. In diesem Szenario wurden die Erträge der Wiesen und Weiden wie erwähnt um 26 % reduziert, damit der Grundfutteranfall dem -bedarf gemäss Suisse-Bilanz entspricht. Durch den erhöhten Verzehr im Szenario *Basis tiefe Erträge ext. Wiesen, ML + 7.5 % & KF -10 %* und den festgelegten tiefen Erträgen der extensiven, wenig intensiven und mittelinintensiven Wiesen & Weiden resultieren in diesem Szenario mit knapp 130 dt TS ha⁻¹ die höchsten Erträge der intensiven Wiesen.

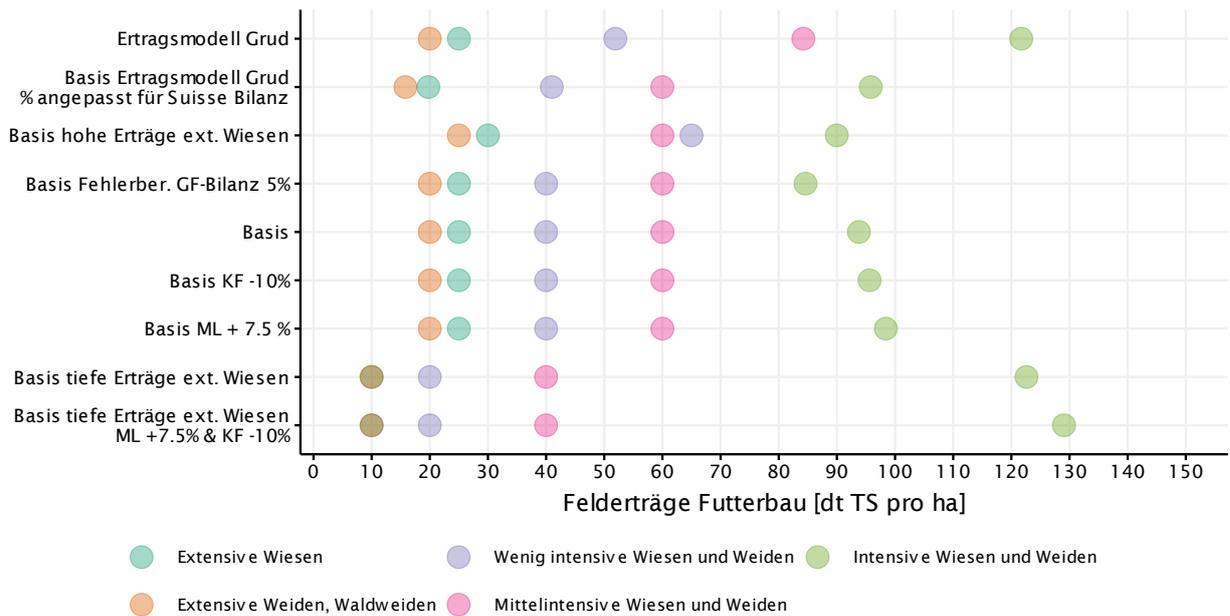


Abbildung 13 : TS-Erträge der Wiesen und Weiden der untersuchten Szenarien. Die Erträge der extensiven Weiden, Waldweiden und Wiesen sind in den untersten beiden Szenarien gleich gross, weshalb sich die Punkte überlagern.

Die Veränderung des Grundfutterbedarfs wirkt sich direkt auf den höheren Nährstoffbedarf der Kulturen aus (Abbildung 14, orange Punkte). Durch die Veränderung der Verzehrsmengen bei den Milchkühen, der Veränderung der Milchleistung und der Kraftfuttermenge ändert sich auch der Nährstoffanfall aus der Tierhaltung leicht (Abbildung 15 & Abbildung 14, grüne Punkte). Zwischen dem Szenario *Basis* und dem Szenario *Basis tiefe Erträge ext. Wiesen ML +7.5 % & KF-10 %* steigert sich der Nährstoffbedarf der Kulturen um rund 7 % und in der Folge steigt die mögliche Nährstoffzufuhr ohne Berücksichtigung des Fehlerbereichs (braune Punkte) um gut 12 %.

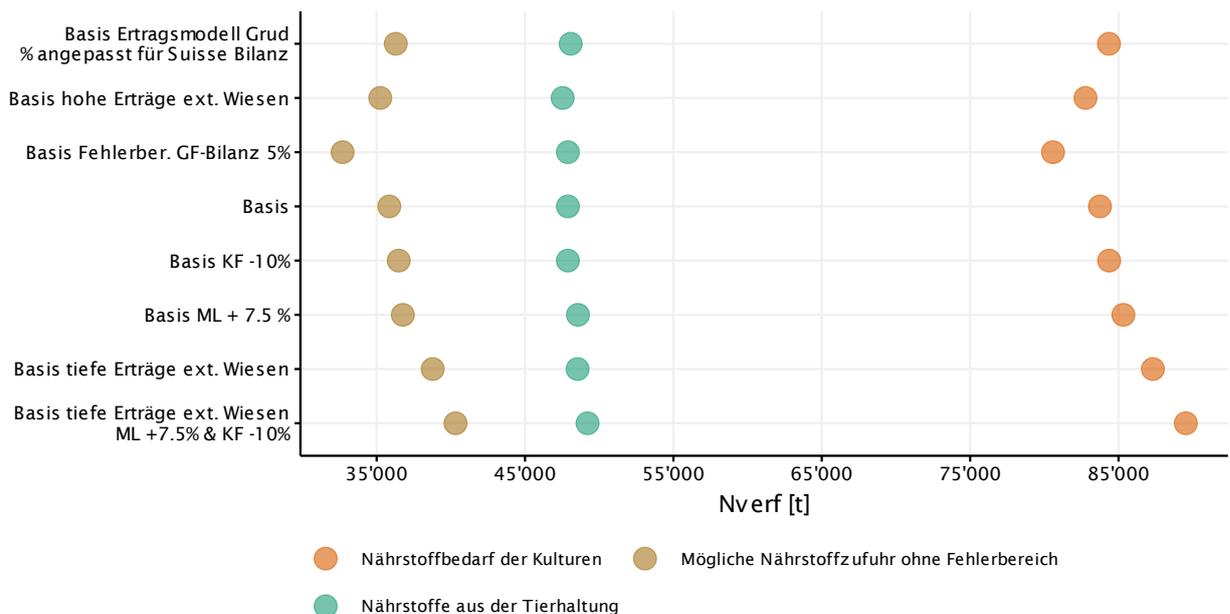


Abbildung 14 : Entwicklung der Stickstoffflüsse der Suisse-Bilanz in Abhängigkeit der im Rahmen der Sensitivitätsanalyse berechneten Szenarien.

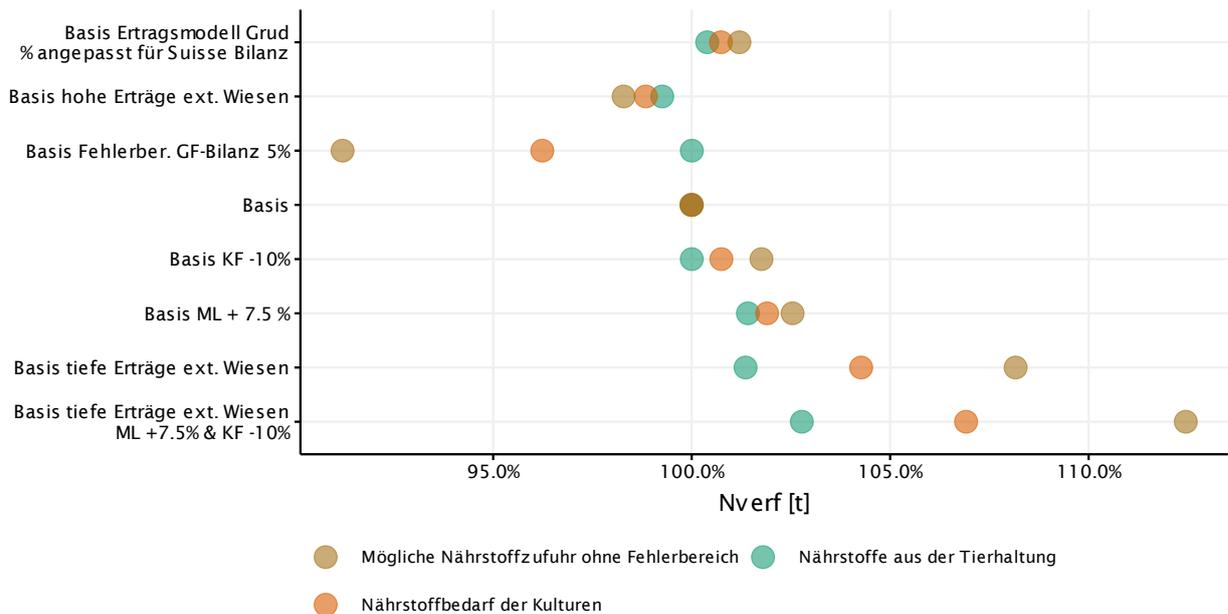


Abbildung 15 : Relative Veränderung der Stickstoffflüsse der berechneten Szenarien. Das Szenario Basis entspricht 100 %, weshalb sich hier die Punkte alle überlagern.

Analog zu den Resultaten beim Stickstoff steigt auch beim Phosphor der Bedarf der Kulturen durch die höheren Erträge im Futterbau in den meisten Szenarien (Abbildung 16, orange Punkte). Prozentual am meisten Veränderung erfährt der Stofffluss aus dem Nährstofftransfer für Futter von ungedüngten Wiesen (Abbildung 17, gelbe Punkte). In Abhängigkeit des Szenarios steigt der Werte um 20 % oder reduziert sich auf rund 40 %. Aufgrund der geringen absoluten Mengen verursacht die starke prozentuale Veränderung, nur kleine Verschiebungen in der Phosphorbilanz.

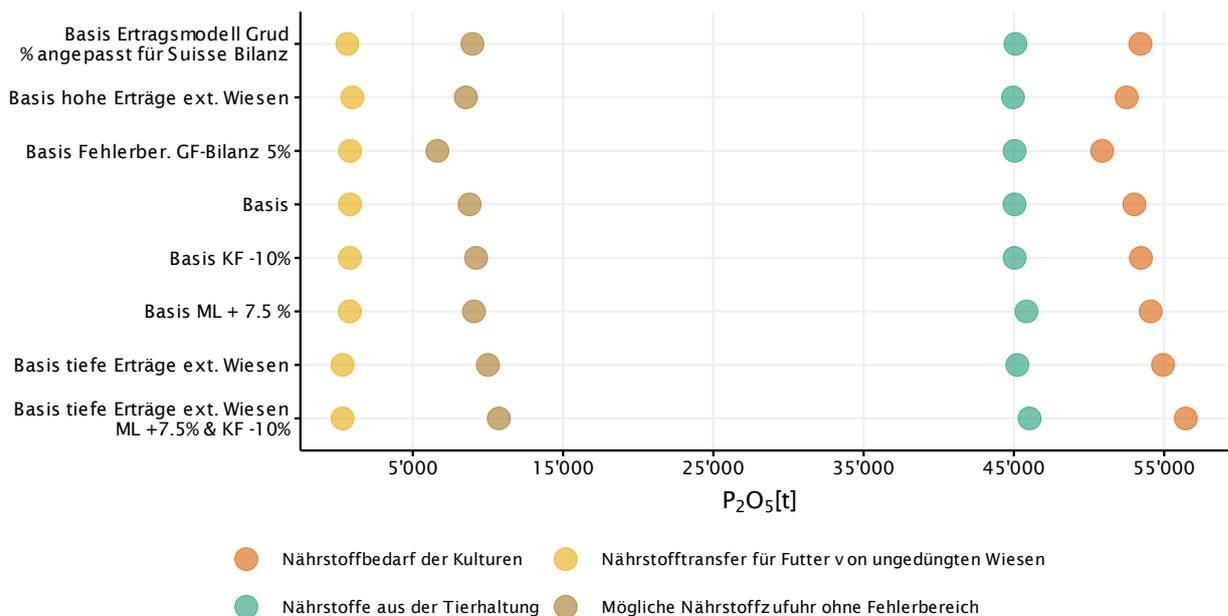


Abbildung 16 : Entwicklung der Phosphorflüsse der Suisse-Bilanz in Abhängigkeit der im Rahmen der Sensitivitätsanalyse berechneten Szenarien.

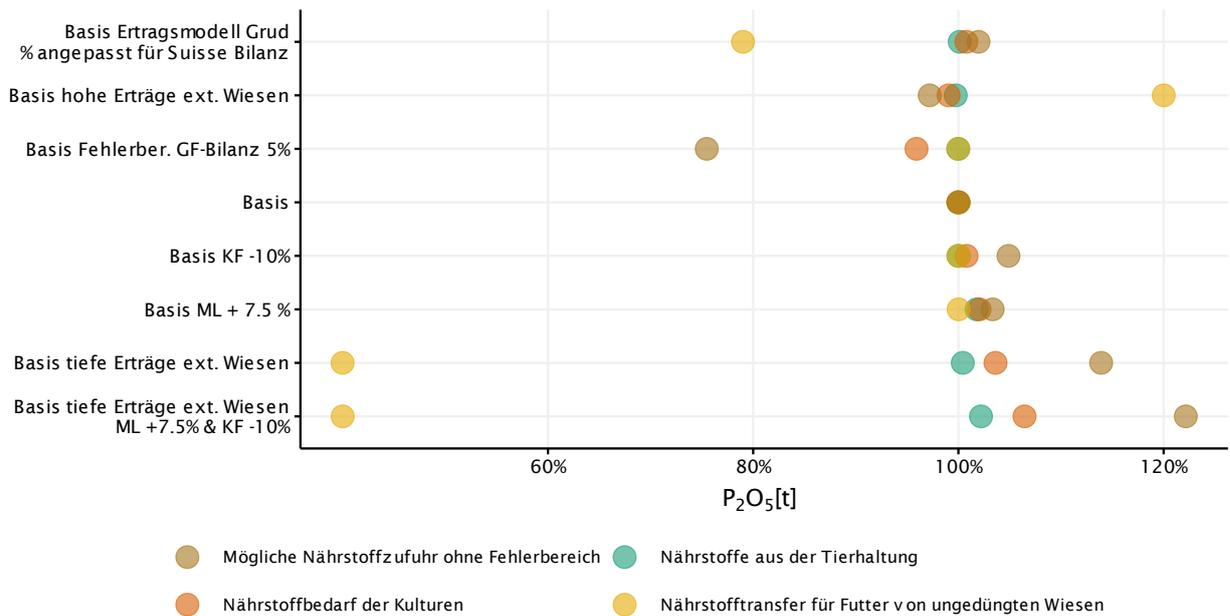


Abbildung 17 : Relative Veränderung der Phosphorflüsse in Abhängigkeit der berechneten Szenarien. Das Szenario Basis entspricht 100 %, weshalb sich die Punkte hier überlagern.

3.5.2 Bilanzsaldoüberschuss der einzelnen Szenarien

Die einzelnen Szenarien wirken sich unterschiedlich stark auf die Bilanzsaldoüberschüsse an Stickstoff und Phosphor aus. Je nach Szenario werden auf gleicher Datengrundlage Stickstoff Bilanzsaldoüberschüsse von 9.0 % bis 18.5 % erzielt (Abbildung 18). Für Phosphor beläuft sich der Bereich von -0.1 % und 8.0 % (Abbildung 19).

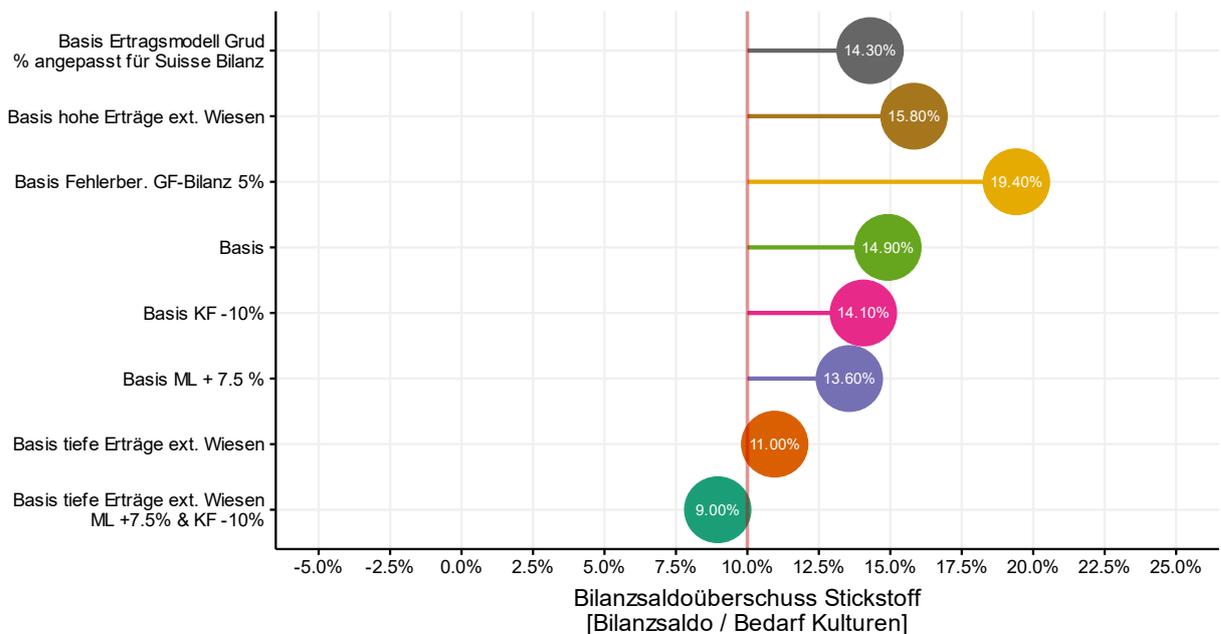


Abbildung 18 : Bilanzsaldoüberschüsse für Stickstoff für die verschiedenen Szenarien der Sensitivitätsanalyse.

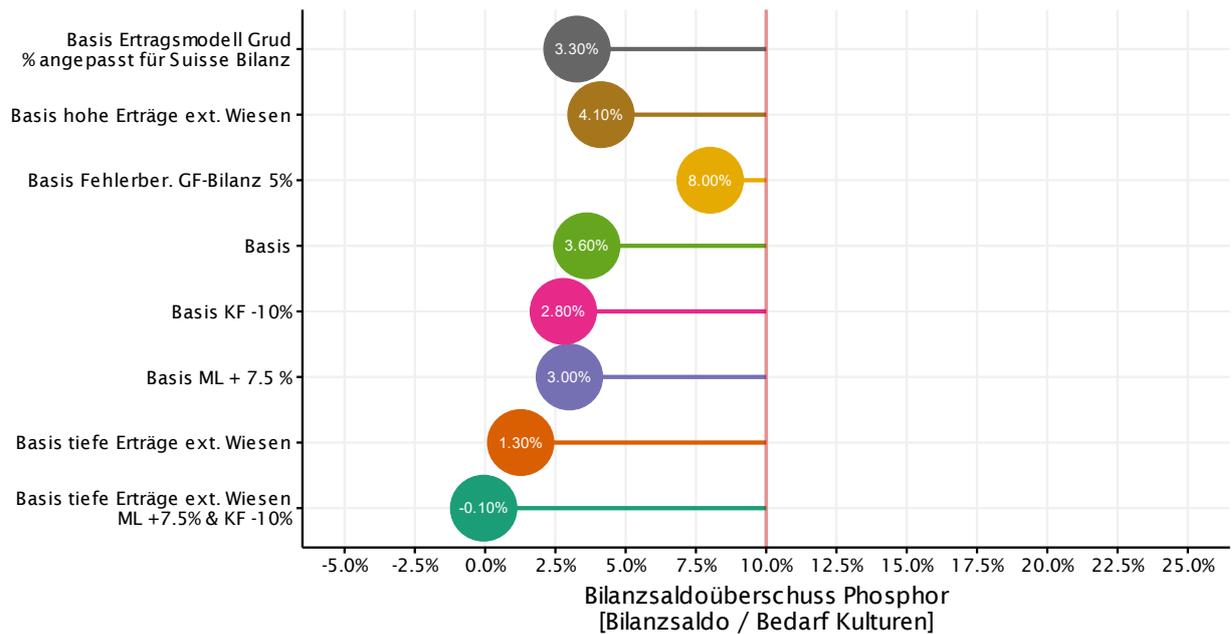


Abbildung 19 : Bilanzsaldoüberschüsse für Phosphor für die verschiedenen Szenarien der Sensitivitätsanalyse für das Referenzjahr 2015.

Um eine Deckung des Nährstoffbedarfes im Pflanzenbau von max. 110 % zu erzielen müsste im Szenario «Basis» der Nährstoffanfall um 4'116 t Nverf (bzw. 4.5 %) reduziert werden (Abbildung 20). Um eine 100 % Nährstoffbedarfsdeckung im Pflanzenbau zu erreichen, wäre ebenfalls am Beispiel des Szenarios «Basis» eine Reduktion des Anfalls von 12'490 t Nverf notwendig (Abbildung 21). Die Basisgrößen der Bilanz für die unterschiedlichen Szenarien sind in der Tabelle 1 im Anhang aufgeführt.

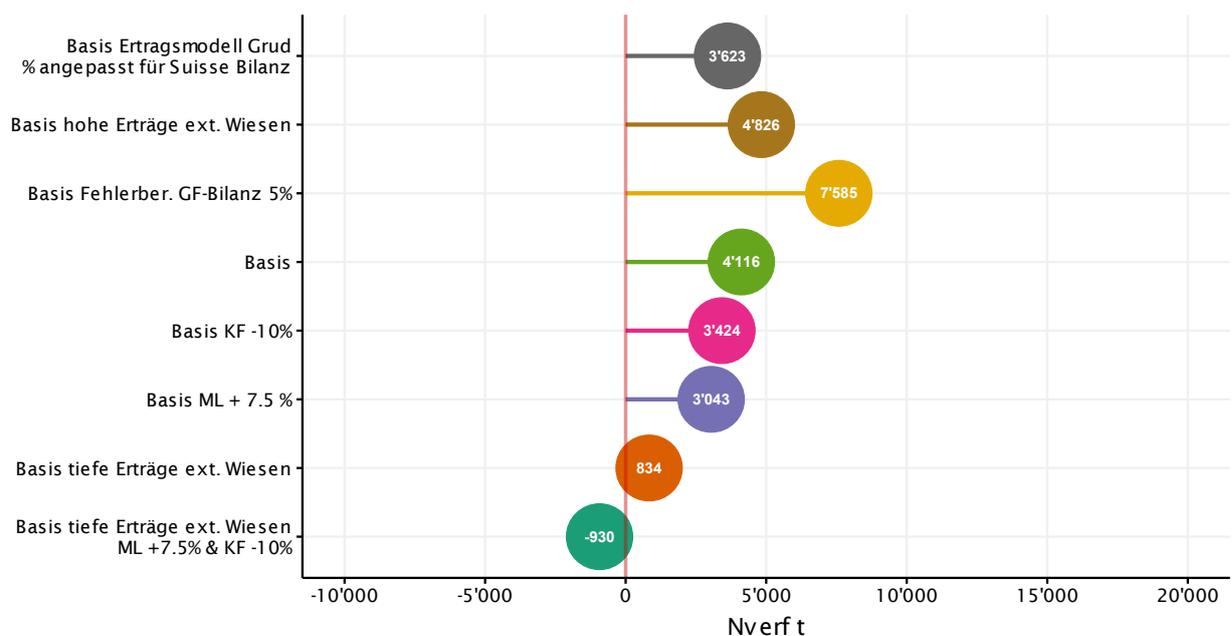


Abbildung 20 : Notwendige Reduktion des Nährstoffanfalles im Bereich Stickstoff, um eine 110 % Deckung des Nährstoffbedarfes Pflanzenbau zu erzielen.

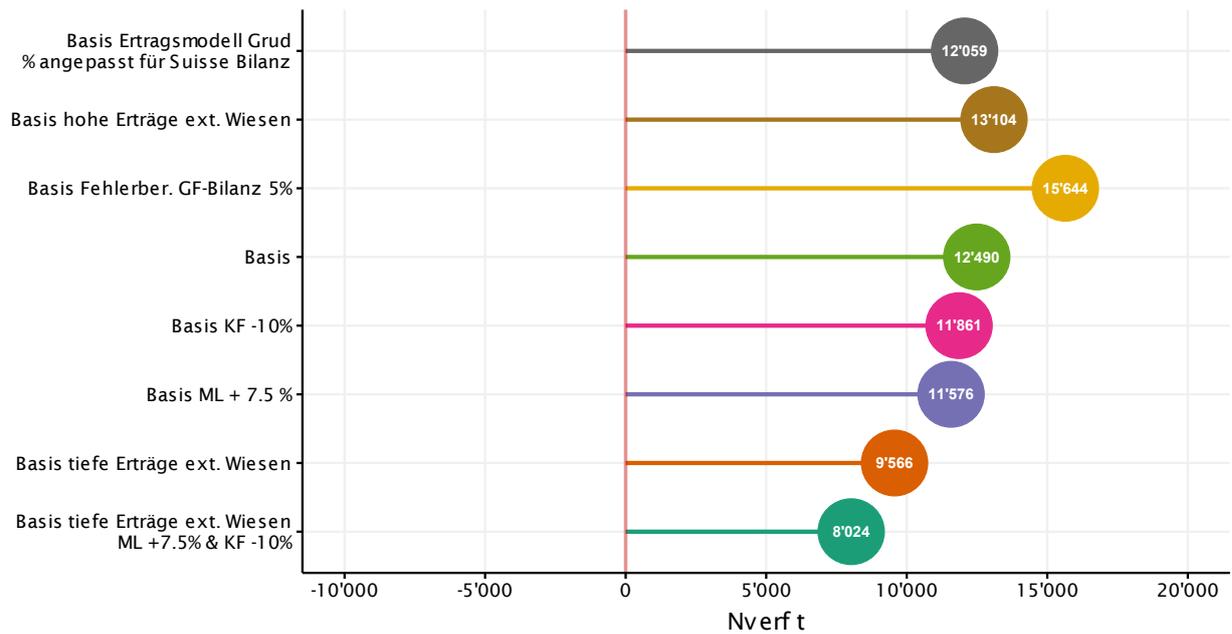


Abbildung 21 : Notwendige Reduktion des Nährstoffanfalles im Bereich Stickstoff, um eine 100 % Deckung des Nährstoffbedarfs Pflanzenbau zu erzielen.

Der Nährstoffanfall von Phosphor müsste im Szenario «Basis» um 1'917 t P₂O₅ reduziert werden, um eine allfällige Zielsetzung von 100 % Nährstoffbedarfsdeckung im Pflanzenbau zu erreichen (Abbildung 22).

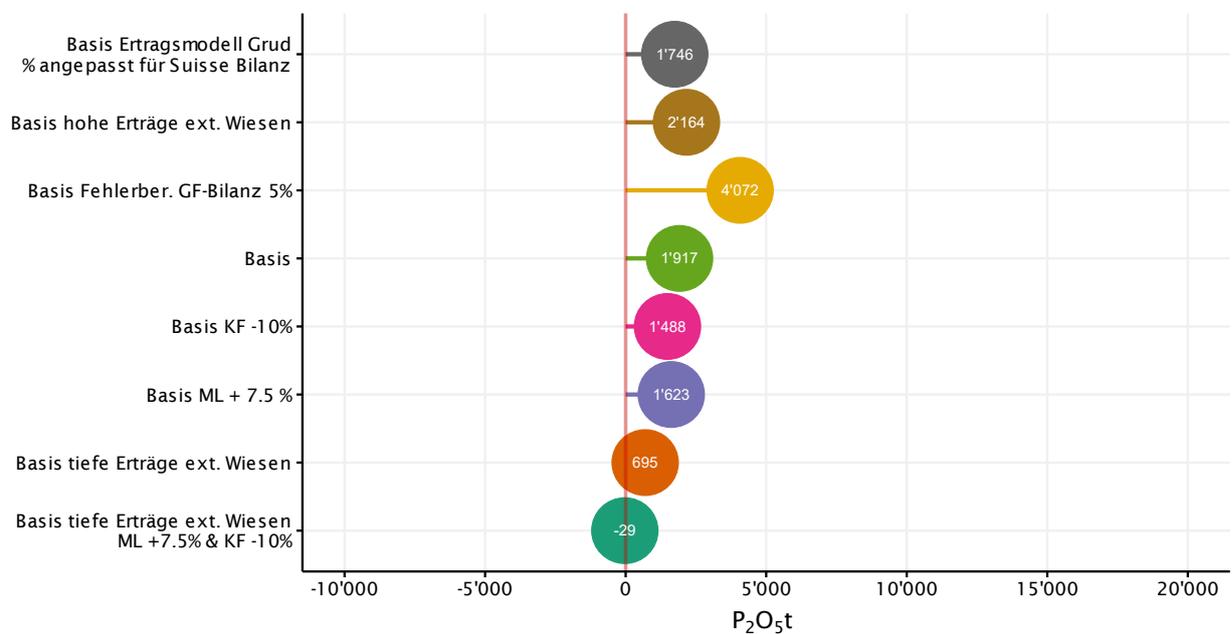


Abbildung 22 : Notwendige Reduktion des Nährstoffanfalles im Bereich Phosphor, um eine 100 % Deckung des Nährstoffbedarfs Pflanzenbau zu erzielen.

3.5.3 Interpretation der Resultate der Sensitivitätsanalysen

Die Sensitivitätsanalysen zeigen, dass die Erhöhung der Verluste und des Fehlerbereiches in der Grundfutterbilanz von 5 % auf 10 % den grössten Effekt auf den Bilanzsaldoüberschuss für Stickstoff und Phosphor haben (Szenario *Basis Fehlerber GF-Bilanz 5 %*). Beide Saldos sinken bei einer Maximierung des Fehlerbereichs um rund 4.0 %. Eine Verschiebung der Raufuttererträge hin zugunsten der intensiven Wiesen (Szenario *Basis tiefe Erträge ext. Wiesen*) hat eine Reduktion von 3.9 % des Stickstoffbilanzsaldo zur Folge. Für Phosphor ist dieser Effekt mit einer Reduktion von 2.3 % etwas weniger ausgeprägt. Dies zeigt, dass der Zuweisung der Flächen der Wiesen und Weiden auf die verschiedenen Graslandkategorien (extensiv bis intensiv) sowie der Deklaration deren Erträge, in der Suisse-Bilanz eine wichtige Bedeutung zukommt. Dies begründet sich vor allem auf dem unterschiedlichen Nährstoffbedarf der einzelnen Wiesenkategorien sowie der direkten Abhängigkeit des Nährstoffbedarfs vom Ertrag. Auch wenn die Erträge der intensiven Wiesen und Weiden nicht direkt deklariert werden können, sondern automatisch über die Grundfutterbilanz berechnet werden, kann durch eine Deklaration von tiefen TS - Erträgen der nicht intensiven Flächenkategorien - ohne Veränderung der Grundfuttermenge - der Nährstoffbedarf gesteigert werden.

Mit einer Reduktion des Stickstoffsaldos von 1.3 % resp. 0.9 % deutlich kleiner ist der Effekt der Szenarien höhere Milchleistung (Szenario *Basis ML 7.5 %*) und tiefere Kraftfuttermengen (Szenario *Basis KF-10 %*). Ähnlich sehen die Resultate dieser beiden Szenarien für den Phosphor aus.

Die Deklaration der Erträge der extensiven und wenig intensiven Wiesen und Weiden und die damit zusammenhängenden Erträge der intensiven Wiesen und Weiden haben einen wesentlichen Einfluss auf die Bilanzsaldos. Gleichzeitig weisen die Berechnungen der nationalen Suisse-Bilanz in diesem Bereich die schwächste Datengrundlage auf. So schätzt der SBV den Grundfutterbedarf rund 20 % höher ein, als der in der nationalen Suisse-Bilanz berechnet Grundfutterbedarf (Agristat 2015). Die Gründe für diese Differenz konnten im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden.

4 Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Berechnungen zeigen, dass für Stickstoff auf Basis einer nationalen Suisse-Bilanz der zulässige Fehlerbereich in den berechneten Referenzjahren sowie für die deutliche Mehrzahl der Szenarien überschritten wird. Unter Berücksichtigung des Fehlerbereichs beliefen sich in den einzelnen Referenzjahren 2002, 2010, 2015 und 2019 die Stickstoffüberschüsse auf 119 %, 114 %, 115 % bzw. 117 %.

Der Fehlerbereich wurde nur in einem Szenario nicht überschritten, in welchem der Spielraum im Rahmen der Selbstdeklaration (tiefe Erträge extensive Wiesen, tiefe Deklaration Kraftfutter und hohe Milchleistung) optimiert wurde.

Da der Fehlerbereich in Bezug auf den Nährstoffbedarf optimistischsten Szenario nur knapp eingehalten wurde und davon ausgegangen werden kann, dass die im Szenario angewendeten Optimierungsmassnahmen kaum allesamt in der Praxis breit angewendet werden, muss davon ausgegangen werden, dass auch in der Praxis eine relevante Anzahl der Betriebe den Fehlerbereich der Suisse-Bilanz ausnutzt bzw. teilweise überschreitet. Wenn davon ausgegangen wird, dass auf einer relevanten Anzahl von Betrieben³ die Suisse-Bilanz eine deutliche Unterversorgung an Stickstoff und Phosphor aufweist, dürfte dieser Ausreizung des Fehlerbereichs bzw. dessen Überschreitung, gar noch eine stärkere Bedeutung zukommen.

Im Unterschied zu Stickstoff wurde für Phosphor keine Überschreitung des Fehlerbereichs in der nationalen Suisse-Bilanz festgestellt. Dies ist erstaunlich, da auf tierintensiven Betrieben in der Praxis häufig Phosphor als in der Suisse-Bilanz limitierender Nährstoff bekannt ist. Offensichtlich gleichen sich regionale Überschüsse in einer aggregierten nationalen Suisse-Bilanz aus.

Die Frage nach den relevanten selbstdeklarierten Parametern zur Reduktion allfälliger Nährstoffüberschüsse, wurde mit Hilfe der Berechnung von Szenarien untersucht. Es zeigte sich, dass der Fehlerbereich der Grundfutterbilanz (frei wählbar zwischen 0-5 %) und die Lager- und Krippenverluste (frei wählbar zwischen 0-5 %) den grössten Effekt auf den Bilanzsaldo haben. Eine Reduktion der beiden Parameter von je 5 % auf 2.5 % erhöhte den Bilanzsaldoüberschuss beim Stickstoff um 4.5 % und beim Phosphor

³ Gemäss Agrarumweltmonitoring weisen mehr als die Hälfte aller ZA-AUI-Betriebe einen Nährstoffsaldo von weniger als 100 % auf (Quelle: Agrarumweltmonitoring (Agroscope))

um 4.4 %. Um 3.1 % kann der Stickstoffsaldo reduziert werden, wenn für die extensiven Wiesen die tiefest möglichen Erträge deklariert werden, wobei der Einfluss der Parameter Milchleistung und Kraftfuttermenge deutlich unter diesem der beiden erstgenannten liegt. Die Resultate der Szenarien zeigen deutlich auf, dass bei der Berechnung der Suisse-Bilanz in Bezug auf die selbstdeklarierten Grössen ein erheblicher Spielraum zur Reduktion der Nährstoffsaldo besteht, ohne dass dabei die Vollzugsvorgaben verletzt werden müssen.

Der Einfluss der deklarierten Mineraldüngermengen ist zentral, da sich diese 1 zu 1 auf die Bilanzen auswirken. Das Gleiche gilt für die Zu- und Wegfuhren von Hofdüngern und Vergärungsprodukten. Auch wenn für Letztere die Qualität der Selbstdeklaration durch das Instrument HODUFLU sichergestellt sein sollte, dürfte in der Praxis auch hier Spielraum bestehen (z. B. nicht berücksichtigte Lagerbestände Ende Jahr). Im Rahmen dieser Arbeit können keine Aussagen über die Qualität und den Einfluss einer weiteren wichtigen selbstdeklarierten Grösse, nämlich den zu- und weggeführten Mengen an Grundfutter gemacht werden (mit Ausnahme der Importe & Saftfutter). Gerade bei zwischenbetrieblichen Grundfutterverschiebungen dürfte aber das korrekte Festlegen der TS - Menge nicht trivial sein. Erstens wird in vielen Fällen die Futtermenge wohl kaum gewogen, sondern nach Stück oder Volumen gehandelt (Siloballen, Fuder ab Feld) und zweitens ist wohl in den wenigsten Fällen der genaue TS - Gehalt bekannt. Dieser kann insbesondere bei Silagen variieren. Aufgrund fehlender Grundlagen kann in dieser Studie aber keine Aussage über diese wohl auch relevante, selbstdeklarierte Grösse gemacht werden.

Als zentrale Grösse für die Berechnung der Suisse-Bilanz hat sich die Zuweisung der Fläche der Wiesen und Weiden zu den verschiedenen Graslandkategorien sowie die Deklaration deren Erträge erwiesen. Erstaunlicherweise fiel die auf Basis des Grud-Modells und den AGIS-Daten berechnete TS-Menge höher aus, als gemäss der nationalen Suisse-Bilanz bzw. deren Grundfutterbilanz für die Raufutterverzehrer benötigt wird. Die Gründe für die Abweichung sind unklar, sie dürften wohl im Spannungsfeld der TS-Verzehrwerte der Suisse-Bilanz, des Fehlerbereichs des Ertragsmodells sowie in Feld-, Konservierungs-, Lager- und Krippenverlusten zu suchen sein. Die Rahmenbedingungen für die Berechnung der Suisse-Bilanz sind klar definiert, weshalb die berechnete höher ausfallende Summe der Erträge der Wiesen und Weiden keinen unmittelbaren Einfluss auf die Interpretation der Resultate hat. In der Praxis müssen die Landwirte/-innen ihre Bilanz ebenfalls mit den Normwerten der Suisse-Bilanz rechnen und mit diesen Vorgaben einen Nährstoffsaldo von unter 110 % erreichen.

Obwohl mit der Grundfutterbilanz in der Suisse-Bilanz ein Plausibilisierungs- bzw. Kontrollmechanismus zur Überprüfung der TS-Erträge vorhanden ist, besteht hier in der Praxis beachtliches Optimierungspotenzial in Bezug auf die Bilanzsaldo. Reine Ackerbaubetriebe dürften aufgrund des geringeren Flächenanteils an Wiesen und Weiden und weniger Raufutterverzehrer deutlich weniger Möglichkeiten haben den Spielraum der Selbstdeklaration auszuschöpfen.

5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 : Verwendete Regressionen für das Modellieren der Futterbauerträge in Abhängigkeit der Nutzungsart, Bewirtschaftungsintensität und Höhenlage. (Quelle: Huguenin-Elie et al. (2017))	9
Abbildung 2 : Relative Entwicklung der in Bezug auf die Nährstoffausscheidungen relevantesten Tierkategorien in den Jahren 2002, 2010, 2015 und 2019 (2002 = 100 %).	11
Abbildung 3 : Entwicklung der Anzahl gesömmerte Milchkühe und Mutterkühe in tausend GVE (kGVE) für die Jahre 2002, 2010, 2015 und 2019.	12
Abbildung 4 : Entwicklung des Stickstoffbedarf, des Stickstoffanfalls sowie der Zufuhr durch übrige Dünger und Vergärungsprodukten für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019. Der Stickstoffausnutzungsgrad Hofdünger lag bei rund 54 %.	13
Abbildung 5 : Relative Entwicklung der Stickstoffzufuhr durch feste und flüssige Vergärungsprodukte und der Stickstoffwegfuhr von Hofdüngern in eine Biogasanlage für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019 (2002 = 100 %).	14
Abbildung 6 : Entwicklung der Stickstoffzufuhr durch Kompost und Mineraldünger (Nges = Nverf) für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019.	14
Abbildung 7 : Entwicklung des Phosphorbedarfs, des Phosphoranfalls sowie der Zufuhr durch übrige Dünger und Vergärungsprodukte für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019.	15
Abbildung 8 : Entwicklung der Phosphorzufuhr durch feste und flüssige Vergärungsprodukte und der Phosphorwegfuhr durch Hofdüngern in eine Biogasanlage für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019.	15
Abbildung 9 : Entwicklung der Phosphorzufuhr durch Kompost und Mineraldünger für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019.	16
Abbildung 10 : Entwicklung des Bilanzsaldoüberschuss von Stickstoff (Nverf in Prozent des Bedarfs des Pflanzenbaus) basierend auf den Berechnungen der nationalen Suisse-Bilanz für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019.	16
Abbildung 11 : Entwicklung des Bilanzsaldoüberschuss von P ₂ O ₅ (P ₂ O ₅ in Prozent des Bedarfs des Pflanzenbaus) basierend auf den Berechnungen der nationalen Suisse-Bilanz für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015 und 2019.	17
Abbildung 12 : Veränderung des Netto-Grundfutterbedarfs in den unterschiedlichen Szenarien (<i>Basis</i> entspricht 100%).	24
Abbildung 13 : TS-Erträge der Wiesen und Weiden der untersuchten Szenarien. Die Erträge der extensiven Weiden, Waldweiden und Wiesen sind in den untersten beiden Szenarien gleich gross, weshalb sich die Punkte überlagern.	25
Abbildung 14 : Entwicklung der Stickstoffflüsse der Suisse-Bilanz in Abhängigkeit der im Rahmen der Sensitivitätsanalyse berechneten Szenarien.	25
Abbildung 15 : Relative Veränderung der Stickstoffflüsse der berechneten Szenarien. Das Szenario Basis entspricht 100 %, weshalb sich hier die Punkte alle überlagern.	26
Abbildung 16 : Entwicklung der Phosphorflüsse der Suisse-Bilanz in Abhängigkeit der im Rahmen der Sensitivitätsanalyse berechneten Szenarien.	26
Abbildung 17 : Relative Veränderung der Phosphorflüsse in Abhängigkeit der berechneten Szenarien. Das Szenario Basis entspricht 100 %, weshalb sich die Punkte hier überlagern.	27
Abbildung 18 : Bilanzsaldoüberschüsse für Stickstoff für die verschiedenen Szenarien der Sensitivitätsanalyse.	27
Abbildung 19 : Bilanzsaldoüberschüsse für Phosphor für die verschiedenen Szenarien der Sensitivitätsanalyse für das Referenzjahr 2015.	28
Abbildung 20 : Notwendige Reduktion des Nährstoffanfalles im Bereich Stickstoff, um eine 110 % Deckung des Nährstoffbedarfs Pflanzenbau zu erzielen.	28
Abbildung 21 : Notwendige Reduktion des Nährstoffanfalles im Bereich Stickstoff, um eine 100 % Deckung des Nährstoffbedarfs Pflanzenbau zu erzielen.	29
Abbildung 22 : Notwendige Reduktion des Nährstoffanfalles im Bereich Phosphor, um eine 100 % Deckung des Nährstoffbedarfs Pflanzenbau zu erzielen.	29

6 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 : Übersicht zu den für die Berechnungen verwendeten Versionen der Suisse-Bilanz bzw. der Wegleitung zur Berechnung der nationalen Suisse-Bilanz und der zugrunde liegenden Version der Grudaf bzw. Grud.	6
Tabelle 2 : Für die Berechnung der Suisse-Bilanz der Referenzjahre und das Referenzszenario verwendete Felderträge der wichtigsten Acker- und Graslandkategorien.	8
Tabelle 3 : Definition der berechneten Szenarien im Rahmen der Sensitivitätsanalyse.	10
Tabelle 4 : Entwicklung der Bestände der in Bezug auf die Nährstoffausscheidungen relevantesten Tierkategorien in den Jahre 2002, 2010, 2015 und 2019.	11
Tabelle 5 : Entwicklung der Raufutterimporte, der Menge an Milchkühe verfüttertes Saftfutter und des Netto-Grundfutterbedarfs für die Jahre 2002, 2010, 2015 und 2019, sowie die relative Veränderung von 2002 zu 2019.	12
Tabelle 6 : Entwicklung der Stickstoffflüsse (N _{verf t}) für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015, 2019.	17
Tabelle 7 : Entwicklung der Phosphorstoffflüsse (P ₂ O _{5 t}) für die Referenzjahre 2002, 2010, 2015, 2019.	18
Tabelle 8 : Gegenüberstellung von Stickstoff- und Phosphormengen, die mit Hofdüngern in eine Biogasanlage exportiert wurden basierend auf Mayer et al 2016 und den HODUFLU-Daten für das Jahr 2015.	18
Tabelle 9 : Gegenüberstellung von Stickstoff- und Phosphormengen, die als Gärreste an Betriebe geliefert wurden basierend auf Mayer et al 2016 und den HODUFLU-Daten für das Jahr 2015.	18
Tabelle 10 : Mittlere modellierte Jahreserträge differenziert nach Bewirtschaftungsintensität und Nutzungsart für das Jahr 2015 und Vergleich mit Flächendaten gemäss statistischen Erhebung und Schätzung (SES) (Agristat 2015). In den SES werden die Wiesen und Weiden nicht differenziert dargestellt, weshalb nur aggregierte Zahlen zur Verfügung stehen.	20
Tabelle 11 : Zugewiesene Bewirtschaftungsintensität der flächenmässig wichtigsten Graslandkategorien (Gesamtfläche > 1'000 ha) differenziert nach Zone für das Jahr 2015. Da nur Graslandkategorien mit einer Fläche > 1'000 ha berücksichtigt wurden, weicht die Totale Fläche von der Tabelle 10 ab.	21
Tabelle 12 : Gegenüberstellung der Jahreserträge Futterbau zwischen den geschätzten Erträgen, welche in der Suisse-Bilanz erfasst wurden und den mit Hilfe des Ertragsmodells geschätzten Jahreserträgen für das Jahr 2015.	21

7 Literaturverzeichnis

- Agristat (Hrsg.), 2002. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Schweizer Bauernverband Agristat; Verlag des Schweizerischen Bauernsekretariates; Sekretariat des Schweizerischen Bauernverbandes; Schweizerischer Bauernverband, Brugg.
- Agristat (Hrsg.), 2010. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Schweizer Bauernverband Agristat; Verlag des Schweizerischen Bauernsekretariates; Sekretariat des Schweizerischen Bauernverbandes; Schweizerischer Bauernverband, Brugg.
- Agristat (Hrsg.), 2015. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Schweizer Bauernverband Agristat; Verlag des Schweizerischen Bauernsekretariates; Sekretariat des Schweizerischen Bauernverbandes; Schweizerischer Bauernverband, Brugg.
- Agristat (Hrsg.), 2018. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Schweizer Bauernverband Agristat; Verlag des Schweizerischen Bauernsekretariates; Sekretariat des Schweizerischen Bauernverbandes; Schweizerischer Bauernverband, Brugg.
- Agroscope (Hrsg.), 2017. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). Spezialpublikation. Agrarforschung Schweiz, Liebefeld, 276 S.
- Bracher A, Spring P, 2011. Rohproteingehalte in Schweinefutter: Bestandesaufnahme 2008. Agrarforschung Schweiz, 6, 244–251.
- Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 2003. Agrarbericht 2003, Bern.
- Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 2011. Agrarbericht 2011, Bern.
- Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 2016. Agrarbericht 2016, Bern.
- Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 2019. Agrarbericht 2019, Bern.
- Emmenegger J, 2020. RP- und P-Versorgung bei Legehennen. schriftlich vom 08.06.2020.
- Forschungsanstalt Agroscope Changings-Wädenswil ACW und Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (Hrsg.), 2001. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (GRUDAF). GRUDAF 2001. Agrarforschung Schweiz.
- Forschungsanstalt Agroscope Changings-Wädenswil ACW und Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (Hrsg.), 2009. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (GRUDAF). GRUDAF 2009 (2. Aufl.). Agrarforschung Schweiz, 100 S.
- Huguenin-Elie O, Mosimann E, Schlegel P, Lüscher A, Kessler W, Jeangros B, 2017. Düngung von Grasland. In: (Agroscope) (Hrsg.). Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). Spezialpublikation. Agrarforschung Schweiz, Liebefeld, S. 1–22.
- Ineichen S, Sutter M, Reidy B, 2016. Graslandbasierte Milchproduktion. Erhebung der aktuellen Fütterungspraxis und Ursachenanalyse für hohe bzw. geringe Leistungen aus dem Wiesenfutter, unveröffentlicht. Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen, 73 S.
- Kupper T, Bonjour C, Menzi H, Bretscher D, Zaucker F, 2018. Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015, unveröffentlicht, Zollikofen.
- Mayer J, Richner W, Bonvin C, 2016. Abschlussbericht zum Mandat Nährstoffgehalte von Kosubstraten für landwirtschaftliche Biogasanlagen. Ermittlung valider Standardwerte und Bewertung der Anwendung zur Input-Output Bilanzierung im Landwirtschaftsbetrieb, unveröffentlicht, Zürich.
- Peter S, 2020. NPR-Schweine. Email vom 16.12.2020.
- Reidy B, Uebersax A, Menzi H, 2005. Nitrogen and phosphate surpluses after the introduction of a new agricultural policy in Switzerland. In: N management in agrosystems in relation to the Water Framework Directive - Proceedings of the 14th N Workshop, Maastricht, S. 98–100.
- Sinaj S, Charles R, Baux A, Dupuis B, Hiltbrunner J, Levy L, Pellet D, Blanchet G, Jeangros B, 2017. Düngung von Ackerkulturen. In: (Agroscope) (Hrsg.). Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). Spezialpublikation. Agrarforschung Schweiz, Liebefeld, S. 1–46.
- Swissherdbook, 2015. Informationen zur Herdebuchzucht, unveröffentlicht, Zollikofen.

8 Anhang

Tabelle 1: Stickstoffflüsse (Nverf t) für die Szenarien im Rahmen der Sensitivitätsanalyse.

	Einheit	Basis Ertragsmodell Grud % angepasst für Suisse-Bilanz	Basis hohe Er- träge ext. Wiesen	Basis Fehlerber. GF-Bilanz 5 %	Basis	Basis KF -10 %	Basis ML + 7.5 %	Basis tiefe Er- träge ext. Wiesen	Basis tiefe Erträge ext. Wiesen & ML +7.5 % & KF - 10 %
Nährstoffbedarf der Kulturen	[t Nverf]	84'362	82'777	80'590	83'744	84'373	85'333	87'318	89'536
Nährstoffzufuhr total	[t Nverf]	96'421	95'881	96'234	96'234	96'234	96'909	96'884	97'560
<i>Nährstoffe aus der Tierhaltung</i>	[t Nverf]	48'076	47'536	47'889	47'889	47'889	48'566	48'539	49'216
<i>Zufuhr übriger Dünger</i>	[t Nverf]	47'055	47'055	47'055	47'055	47'055	47'055	47'055	47'055
<i>Zufuhr Biogas</i>	[t Nverf]	1'290	1'290	1'290	1'290	1'290	1'288	1'290	1'288
Stickstoff-Saldo absolut	[t Nverf]	12'059	13'104	15'644	12'490	11'861	11'576	9'566	8'024
Stickstoffsaldo	[%]	114	116	119	115	114	114	111	109