



Analyse des Hofdüngermarktes in der Schweiz

Zeitliche Entwicklung und räumliche Verteilung

Autorin
Anke Möhring



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

Impressum

Herausgeber	Agroscope Tänikon 1 8356 Ettenhausen www.agroscope.ch
Auskünfte	Anke Möhring
Gestaltung	Anke Möhring, Jacqueline Gabriel
Titelbild	Alain Büttler
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright	© Agroscope 2023
ISSN	2296-729X
DOI	https://doi.org/10.34776/as146g

Haftungsausschluss:

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhalt

Zusammenfassung	4
Résumé	5
Summary	6
1 Einleitung	7
2 Methoden und Daten	8
2.1 Datenquellen	8
2.2 Systemgrenzen	8
2.3 Berechnung der Nährstoffverschiebungen	9
2.4 Berechnung der Düngergrossvieheinheiten und der düngbaren Nutzfläche	11
2.5 Berechnung der Transportkosten	11
2.5.1 Transportmengen	11
2.5.2 Transportdistanzen	12
2.5.3 Transportleistung	13
2.5.4 Transportkosten	13
3 Akteure des Hofdüngermarktes in der Schweiz	15
3.1 Anzahl der Akteure	15
3.2 Betriebstypen und Betriebsformen der Akteure	17
4 Entwicklung der Netto-Nährstoffverschiebungen für Stickstoff und Phosphor	20
5 Schätzung der Transportkosten für die Hofdüngerverschiebung	22
6 Diskussion und Ausblick	27
7 Literaturverzeichnis	29
8 Abbildungsverzeichnis	32
9 Tabellenverzeichnis	33
10 Danksagung	33
11 Anhang	34
11.1 Zuordnung der Betriebstypen und Betriebsformen	34
11.2 Berechnungen zur DGVE-Limite	35
11.2.1 Berechnung der düngbaren Nutzfläche	35
11.2.2 Berechnung der Düngergrossvieheinheiten DGVE	36
11.3 Annahmen für die Berechnungen der Transportkosten	39
12 Glossar	41

Zusammenfassung

Analyse des Hofdüngermarktes in der Schweiz – Zeitliche Entwicklung und räumliche Verteilung

In der Schweiz müssen Landwirtschaftsbetriebe als Voraussetzung für den Erhalt von Direktzahlungen im Rahmen des Ökologischen Leistungsnachweises eine ausgeglichene Nährstoff-Bilanz («Suisse-Bilanz») vorweisen. Ab dem Jahr 2024 fällt der bisher geltende 10-%-Fehlerbereich weg (BLW 2022). Betriebe, die zu viel Hofdünger produzieren, müssen diesen Hofdünger an Betriebe mit freien Aufnahmekapazitäten oder an Kompostier- und Vergärungsanlagen abgeben. Der Bund verwaltet die Hofdüngerverschiebungen seit 2014 mit der Online-Plattform «HODUFLU» (DZV, Anhang 1, Ziffer 2.1.3). Der vorliegende Bericht liefert deskriptive Analysen zu den Strukturen und Betriebstypen der einzelnen Akteure des Hofdüngermarktes und zu den Netto-Nährstoffverschiebungen. Ergänzend wird eine Schätzung der bei der Hof- und Recyclingdüngerverschiebung zurückgelegten Transportdistanzen und der dafür anfallenden Transportkosten vorgenommen.

Mit einer Anzahl von 21 492 sind etwa 42 % aller im Agrarpolitischen Informationssystem des Bundes (AGIS) erfassten Betriebe im Hofdüngermarkt aktiv. Hiervon führen 65 % Hof- oder Recyclingdünger zu, ohne selbst Nährstoffe abzuführen, 24 % der Betriebe agieren ausschliesslich als Abgeber und 11 % führen Hofdünger ab und gleichzeitig Recyclingdünger zu. Für die Berechnung der Netto-Nährstoffverschiebung wurden die Zu- und Abfuhrmengen auf Ebene Betrieb bilanziert. Alle Nährstoffmengen, die in einer Vergärungs- oder Kompostieranlage verarbeitet werden und in Form von Recyclingdünger wieder auf den Ursprungsbetrieb zurückgeführt werden, sind in der Netto-Nährstoffverschiebung nicht enthalten. Diese beläuft sich im Jahr 2020 bei Stickstoff auf knapp 13 000 Tonnen Gesamtstickstoff (N_{ges}) und bei Phosphor auf gut 6400 Tonnen P_2O_5 mit einer leichten Zunahme von 3,8 % bei Stickstoff bzw. 5,7 % bei Phosphor zwischen 2015 und 2020.

Eine Tonne Recyclingdünger wird im Mittel 20 km transportiert. Die Transportdistanzen einer Tonne Mist und Gülle betragen durchschnittlich rund 9 km. Die transportierte Menge stieg im Zeitraum 2015 bis 2020 von zirka 3,63 Mio. Tonnen auf rund 4,98 Mio. Tonnen. Gemäss unseren Schätzungen bedeutet das eine Steigerung der Transportkosten des gesamtschweizerischen Hof- und Recyclingdüngertransports von 19,1 Mio. CHF im Jahr 2015 auf 27,5 Mio. CHF im 2020.

Die Relevanz der vorliegenden Arbeit ergibt sich einerseits aus der verbesserten Modellierbarkeit der Nährstoffverschiebungen in Modellen zur Politikevaluation, wie dem agentenbasierten Modell SWISSland. Andererseits trägt sie zum besseren Verständnis dieses speziellen Marktes bei, insbesondere vor dem Hintergrund der aktuellen Herausforderungen im Kontext von mehr Gewässer- und Klimaschutz bei knapper werdenden Ressourcen.

Résumé

Analyse du marché des engrais de ferme en Suisse – évolution dans le temps et répartition spatiale

En Suisse, les exploitations agricoles doivent présenter un bilan de fumure équilibré («Suisse-Bilanz») pour prétendre aux paiements directs octroyés dans le cadre des prestations écologiques requises. À partir de 2024, la marge d'erreur de 10 % en vigueur jusqu'ici sera supprimée (OFAG 2022). Les exploitations qui produisent trop d'engrais de ferme doivent les céder à d'autres exploitations ayant des capacités disponibles ou à des installations de compostage ou de méthanisation. La Confédération gère les transferts d'engrais de ferme depuis 2014, au moyen de la plateforme en ligne «HODUFLU» (OPD, annexe 1, chiffre 2.1.3). Le présent rapport analyse et décrit les structures et types d'exploitation des différents acteurs du marché des engrais de ferme, de même que les flux nets d'éléments nutritifs. Il fournit également une estimation des distances couvertes dans le cadre des échanges d'engrais de ferme et de recyclage ainsi que des coûts de transport engendrés.

Environ 42 % des exploitations recensées dans le système d'information sur la politique agricole de la Confédération (SIPA) sont actives sur le marché des engrais de ferme, ce qui représente en nombre 21 492 exploitations. Parmi elles, 65 % importent des engrais de ferme ou de recyclage sans en exporter elles-mêmes; 24 % fonctionnent exclusivement comme cédantes et enfin 11 % exportent des engrais de ferme, tout en important des engrais de recyclage. Pour le calcul du flux net d'éléments nutritifs, les volumes importés et exportés ont été comptabilisés à l'échelle de l'exploitation. Les volumes d'éléments nutritifs traités dans une installation de méthanisation ou de compostage et qui sont restitués à l'exploitation d'origine sous forme d'engrais de recyclage ne sont pas pris en compte dans le flux net d'éléments nutritifs. En 2020, ce dernier s'élevait pour l'azote à près de 13 000 tonnes d'azote total (N_{stock}) et pour le phosphore à un peu plus de 6400 tonnes de P_2O_5 , ce qui représente une augmentation de 3,8 % pour l'azote et de 5,7 % pour le phosphore entre 2015 et 2020.

Une tonne d'engrais de recyclage parcourt en moyenne 20 km. Pour une tonne de fumier ou de lisier, la distance parcourue est d'environ 9 km. Entre 2015 et 2020, les volumes transportés ont augmenté, passant de 3,63 millions à près de 4,98 millions de tonnes. Selon nos estimations, les coûts de transport des engrais de ferme et de recyclage seraient ainsi passés de 19,1 millions en 2015 à 27,5 millions de francs en 2020.

Le présent rapport tire profit des améliorations apportées à la modélisation des transferts d'éléments nutritifs dans les modèles d'évaluation politique, tels que le modèle SWISSland basé sur des agents. Il contribue par ailleurs à une meilleure compréhension de ce marché particulier, notamment dans le contexte de défis que nous connaissons actuellement, tant en matière de protection des eaux et du climat que de raréfaction des ressources.

Summary

Analysis of the Swiss Farmyard Manure Market – Development over Time and Spatial Distribution

In Switzerland, farms are required to provide evidence of a balanced nutrient cycle ('Suisse-Bilanz') as part of the Proof of Ecological Performance in order to receive direct payments. From 2024, the previous error range of 10% will cease to apply (FOAG 2022). Farms producing too much farmyard manure are required to pass on their surpluses to farms with free uptake capacities, or to composting and anaerobic digestion facilities (Ordinance on Direct Payments in Agriculture (DZV), Annexe 1, Subparagraph 2.1.3). This report provides descriptive analyses of the structures and farm types of the individual stakeholders of the farmyard-manure market and of the net nutrient transfers. In addition, it estimates the transport distances and costs associated with the transfer of these organic and recycled fertilisers.

Around 42% of all farms – 21,492 in total – listed in the Swiss Confederation's Agricultural Policy Information System (AGIS) are active in the farmyard-manure market. Of these, 65% import organic or recycled fertilisers onto the farm without supplying nutrients themselves, 24% of the farms act exclusively as suppliers and 11% export farmyard manure and import recycled fertilisers at the same time. To calculate the nett nutrient transfer, the volumes imported and exported at farm level were recorded. Any nutrients processed in an anaerobic digestion or composting facility and resupplied to the farm of origin in the form of recycled fertiliser are not included in the nett nutrient transfer. In 2020, this amounted to just under 13,000 tonnes of total nitrogen (N_{stock}) for nitrogen and just over 6400 tonnes of P_2O_5 for phosphorus, with a slight increase of 3.8% for nitrogen and 5.7% for phosphorus between 2015 and 2020.

A tonne of recycled fertilisers is transported an average distance of 20 km. The average transport distance for a tonne of manure or slurry is around 9 km. In the period between 2015 and 2020 the volume transported rose from around 3.63 M tonnes to around 4.98 M tonnes. According to our estimates, this means an increase in the costs of transporting organic and recycling fertilisers throughout Switzerland from CHF 19.1 M in 2015 to CHF 27.5 M in 2020.

The relevance of this report stems firstly from the improved modellability of nutrient transfers in models for policy evaluation, such as the agent-based model SWISSland. In addition, the report contributes to a better understanding of this special market, particularly in light of the current challenges in the context of greater water- and climate protection as resources become scarcer.

1 Einleitung

Die Senkung des Nitratgehaltes im Grundwasser ist seit vielen Jahren ein erklärtes Ziel der Schweizer Gewässer- und Grundwasserschutzbemühungen. Mit dem Bericht der Geschäftsprüfungskommission des Nationalrates (GPK-N) vom 29. Juli 2022 und der Forderung, das aktuell geltende Gewässerschutzprogramm konsequenter umzusetzen und zu verbessern, rückt dieses Ziel einmal mehr in den Fokus des Bundesrates und gelangt somit auf den Tisch von Agrarpolitik und Vollzugsorganen. Zugleich stehen die zu einem grossen Teil durch die Landwirtschaft verursachten stickstoffhaltigen Luftschadstoffe, wie beispielsweise Ammoniak (NH_3) und das als Treibhausgas bekannte Lachgas (N_2O) immer wieder in der Diskussion der Gesundheits- und Klimaschutzdebatten. Im aktuell gültigen Gewässerschutzgesetz der Schweiz existiert bereits eine Grenze für die maximal mögliche Hofdüngerausbringung (Art. 14 Abs. 4 GSchG). Demnach darf auf einem Hektar Nutzfläche höchstens der Dünger von drei Düngergrossvieheinheiten (DGVE) ausgebracht werden¹. Eine DGVE entspricht nach Art. 23 GSchV einer Menge von 105 kg Stickstoff (N_{tot}) und 15 kg Phosphor (P) (oder 35 kg P_2O_5), beziehungsweise dem durchschnittlichen jährlichen Anfall von Gülle und Mist von einer 600 kg schweren Kuh (Art. 14 Abs. 8 GSchG).

Gleichzeitig müssen Landwirtschaftsbetriebe als Voraussetzung für den Erhalt von Direktzahlungen im Rahmen des Ökologischen Leistungsnachweises eine ausgeglichene Nährstoff-Bilanz («Suisse-Bilanz») vorweisen. Dies ab dem Jahr 2024 ohne den bisher gültigen 10 %-Fehlerbereich für Stickstoff und Phosphor (BLW 2022). Selbst bei ausgeglichener Suisse-Bilanz, stellen die 315 kg Stickstoff beziehungsweise 45 kg Phosphor pro ha düngbarer Nutzfläche und Jahr nach Vorgabe GSchG eine nicht zu überschreitende Höchstmenge dar (BAFU und BLW 2012b). Um diese Vorgabe zu erreichen, müssen Betriebe, die zu viel Hofdünger produzieren, diesen an Betriebe mit freien Aufnahmekapazitäten oder an Kompostier- und Vergärungsanlagen abgeben. Der Bund verwaltet die Hofdüngerverschiebungen in der Landwirtschaft seit 2014 mit Hilfe der Datenbank «HODUFLU» (DZV, Anhang 1, Ziffer 2.1.3). HODUFLU ist Teil des Informationssystems der Landwirtschaft, das über das Online-Portal [agate](https://www.agate.ch/portal/?login)² den Landwirten zur Verfügung steht. Die HODUFLU-Datenbank ist ein Vollzugsinstrument, wobei die Kantone zuständig sind für die fachliche Betreuung und Prüfung der Datensätze.

Die Daten aus der HODUFLU-Datenbank werden regelmässig deskriptiv analysiert, um die Dimensionen der Hofdüngerverschiebung im nationalen Kontext darstellen zu können (BLW 2021; Hofer 2022b). Zunehmend finden solche Informationen auch in Simulations- und Agentenmodellen Eingang (Merbold und Gaillard 2021; Möhring u. a. 2016; Schäfer, Britz, und Kuhn 2020) und liefern dadurch wichtige Informationen für die Politikberatung. Beispielsweise könnten mit dem Modell SWISSland die Handlungsoptionen für Landwirtschaftsbetriebe bei einer allfälligen Herabsetzung der DGVE-Limite bewertet werden. Dies gelingt zum Beispiel, indem die Transportkosten für potenziell zusätzlich anfallende Hofdüngermengen in die Entscheidungsmatrix der Modellagenten eingebaut und die abgeführten Nährstoffmengen in der modellendogenen, einzelbetrieblichen Nährstoffbilanz mitberücksichtigt werden. Somit wäre die Wirkung einer solchen Massnahme nicht nur direkt auf die Tierbestandsentwicklung im Modell abbildbar, sondern zusätzlich auch in ihrer indirekten Wirkung auf den Hofdüngermarkt.

Eine deskriptive Analyse dieser Daten auf Ebene der einzelnen Akteure fehlt bislang. Ebenso gibt es kaum Schätzungen zu den beim Hofdüngertransport anfallenden Kosten auf nationaler Ebene. Diese Analyse bietet insofern einen Mehrwert, als dass die Hauptakteure einerseits besser charakterisiert werden können, andererseits trägt sie zum Verständnis der Funktionsweise des Hofdüngermarktes bei. Dabei stehen drei Kernfragen im Fokus:

- Wie entwickelten sich die Nährstoffverschiebungen sowie die transportierten Hof- und Recyclingdüngermengen zwischen «abgebenden» und «abnehmenden» Akteuren im Zeitraum 2015 bis 2020 zeitlich und wie sind diese räumlich verteilt?
- Wie lassen sich hofdüngerabgebende und hofdüngerabnehmende Akteure bezüglich ihrer landwirtschaftlichen Strukturen charakterisieren?
- Wie gross sind die zurückgelegten Transportentfernungen und welche potenziellen Kosten fallen für den Hofdüngertransport an?

¹ In der im Jahr 2021 teilrevidierten Ausgabe der Vollzugshilfe zum Gesetz präzisiert das BAFU und verweist darauf, dass die Bezugsgrösse die «düngbare» Nutzfläche ist (BAFU und BLW 2012a).

² <https://www.agate.ch/portal/?login>

2 Methoden und Daten

2.1 Datenquellen

Die Analyse stützt sich in erster Linie auf die in der HODUFLU-Datenbank³ enthaltenen Angaben der Betriebe zu abgeführten oder zugeführten Hofdüngermengen. Für den Zeitraum 2015–2020 enthält der HODUFLU-Datensatz 292 343 Beobachtungen. Es handelt sich dabei um die in HODUFLU verbuchten Lieferscheine mit Hof- oder Recyclingdünger. Die obligatorischen Angaben dieser Lieferscheine sind: i) die Identität der Abgeber und Abnehmer, ii) die gelieferten Mengen, angegeben in Kubikmeter oder Tonnen, jeweils differenziert nach Düngerart sowie iii) die Nährstoffgehalte in Kilogramm N_{ges} oder P_2O_5 . Zusätzlich wird bei den meisten der abgebenden oder abnehmenden Betriebe die Betriebsform erhoben.

Die Datenbank des Agrarpolitischen Informationssystems des Bundes (AGIS) enthält Informationen zu allen direktzahlungsberechtigten Landwirtschaftsbetrieben. Zusätzlich werden aber auch Betriebe erfasst, die zwar Flächen bewirtschaften und Tiere halten, aber keine Direktzahlungen erhalten. Relevante Gründe hierfür können beispielsweise ein zu hohes Alter des Betriebsleiters, zu wenig Standardarbeitskräfte (SAK) in Verbindung mit einer zu kleinen landwirtschaftlichen Nutzfläche oder eine gänzlich bodenunabhängige Tierhaltung sein. Da über AGIS eine koordinierte Datenerhebung mehrerer Bundesämter sowie des Veterinärdienstes erfolgt, werden zusätzlich nicht-landwirtschaftliche Betriebe, wie zum Beispiel Biogas- und Kompostieranlagen als auch nicht-kommerzielle Betriebe erfasst. Durch Verknüpfung der HODUFLU-Daten mit den Informationen zum Einzelbetrieb aus der Datenbank des Agrarpolitischen Informationssystems des Bundes (AGIS) können zusätzlich räumliche Standortmerkmale und - für direktzahlungsberechtigte Betriebe - weitere betriebsrelevante Angaben, wie Flächen- und Tierbestände sowie Informationen zum Betriebstyp gemäss ZA2015-Typologie (Hoop und Schmid 2020) genutzt werden. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Datenpipeline und den verwendeten Datensatz.

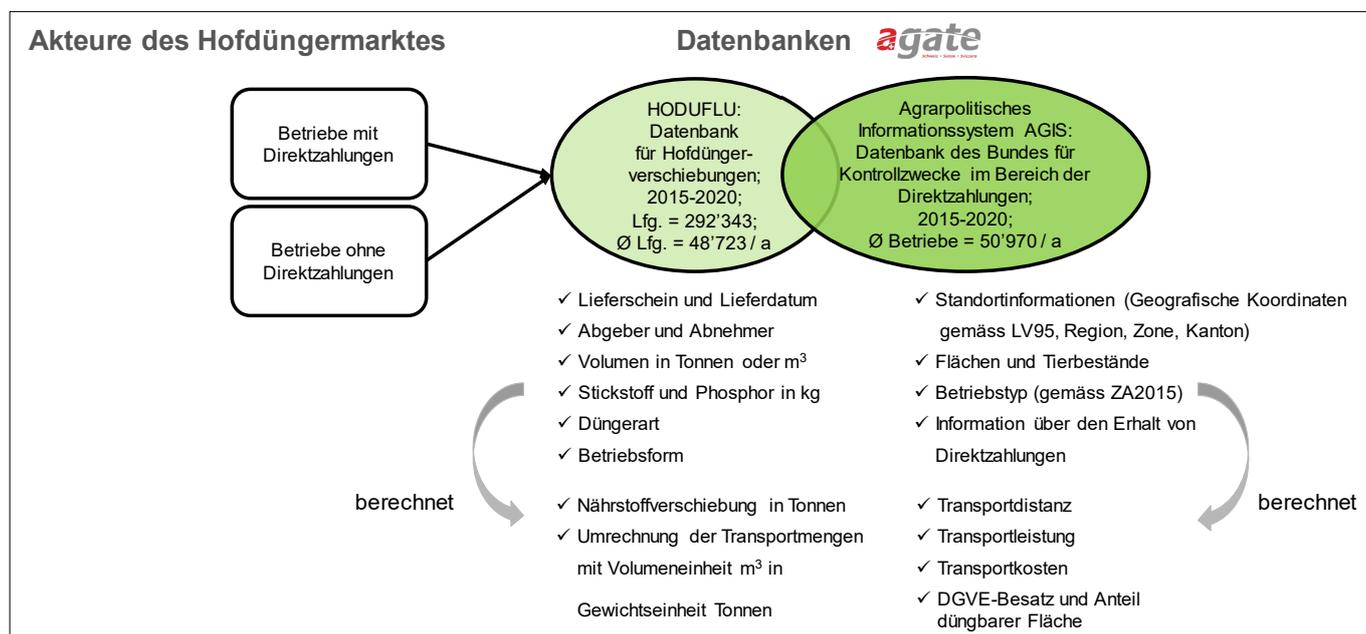


Abbildung 1: Übersicht zur Datengrundlage.

2.2 Systemgrenzen

Die vorliegende deskriptive Analyse beschreibt die Hofdüngerverschiebungen von Akteur zu Akteur, die in HODUFLU erfasst sind. Alle Aktivitäten der Hofdüngerausbringung auf der Fläche und die Transporte von und zum Feld werden ausgeklammert.

³ <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/politik/datenmanagement/agate/hodufllu.html>

In Abbildung 2 sind die für diese Studie relevanten Hauptakteure und deren Verknüpfungen rot eingrahmt, die gestrichelten Linien symbolisieren alle Aktivitäten ausserhalb unserer definierten Systemgrenzen.

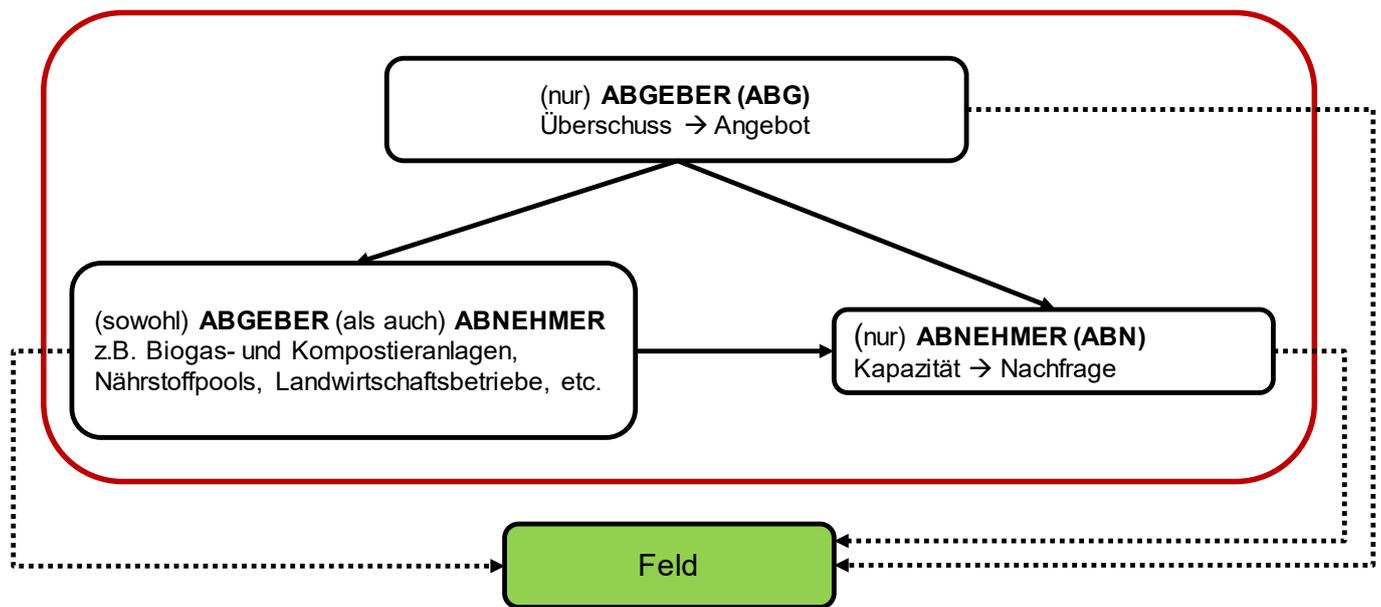


Abbildung 2: Systemgrenzen der berücksichtigten Hofdüngerverschiebungen.

2.3 Berechnung der Nährstoffverschiebungen

Jährlich werden in der HODUFLU-Datenbank zirka 50 000 Einzellieferungen erfasst, wobei die Betriebe häufig mehrere Lieferungen pro Jahr erfassen. Im Datensatz der Jahre 2015–2020 gibt es knapp 3000 Lieferscheine ohne Stickstoff-Liefermenge (0,94 %). In diesen Fällen werden, sofern die Angabe der Liefermengen in m³ oder Tonnen vorhanden ist, durchschnittliche Stickstoff- und Phosphorgehalte angenommen und die Nährstoffmengen selbst berechnet. Für Stickstoff wurde ein durchschnittlicher N-Gehalt von 3,5 kg N_{ges} je Tonne für alle Hofdüngerarten angenommen und für Phosphor ein P₂O₅-Gehalt von 1,8 kg P₂O₅ je Tonne⁴.

In Abbildung 3 sind die Wegfuhr (x-Achse) und die Zufuhr (y-Achse) von Stickstoff (N_{ges}) für jeden Einzelbetrieb als Summe aller Einzellieferungen pro Jahr für den Zeitraum zwischen 2015 und 2020 dargestellt. Der Scatterplot zeigt, dass die erfassten Nährstoffmengen grosse Spannweiten aufweisen. Deshalb wurden im Diagramm sowohl die x-Achse als auch die y-Achse auf eine logarithmierte Skala (log₁₀) übertragen. Dadurch ist es möglich, sowohl sehr hohe als auch sehr kleine Werte im selben Diagramm zu visualisieren. Es gibt drei Gruppen: Abnehmer (violett) haben Nullwerte bei den Wegfuhrmengen, Abgeber (grün) bei den Zufuhrmengen und die orange gekennzeichnete Gruppe führt Stickstoff sowohl zu als auch weg.

⁴ Diese Werte stellen eine sehr grobe Vereinfachung dar, da je nach Düngerart, Tierart und Düngertyp ganz unterschiedliche Nährstoffgehalte im Hofdünger vorkommen können. Diese sind zudem betriebspezifisch und haben oftmals keinen Standardwert (HODUFLU 2022). Somit entsteht ein Bias, der angesichts des geringen Anteils der imputierten Nährstoffmengen an der Gesamtmenge vernachlässigbar klein ist und ohne Imputation (d. h. ohne Vervollständigung der fehlenden Daten) ebenfalls auftreten würde.

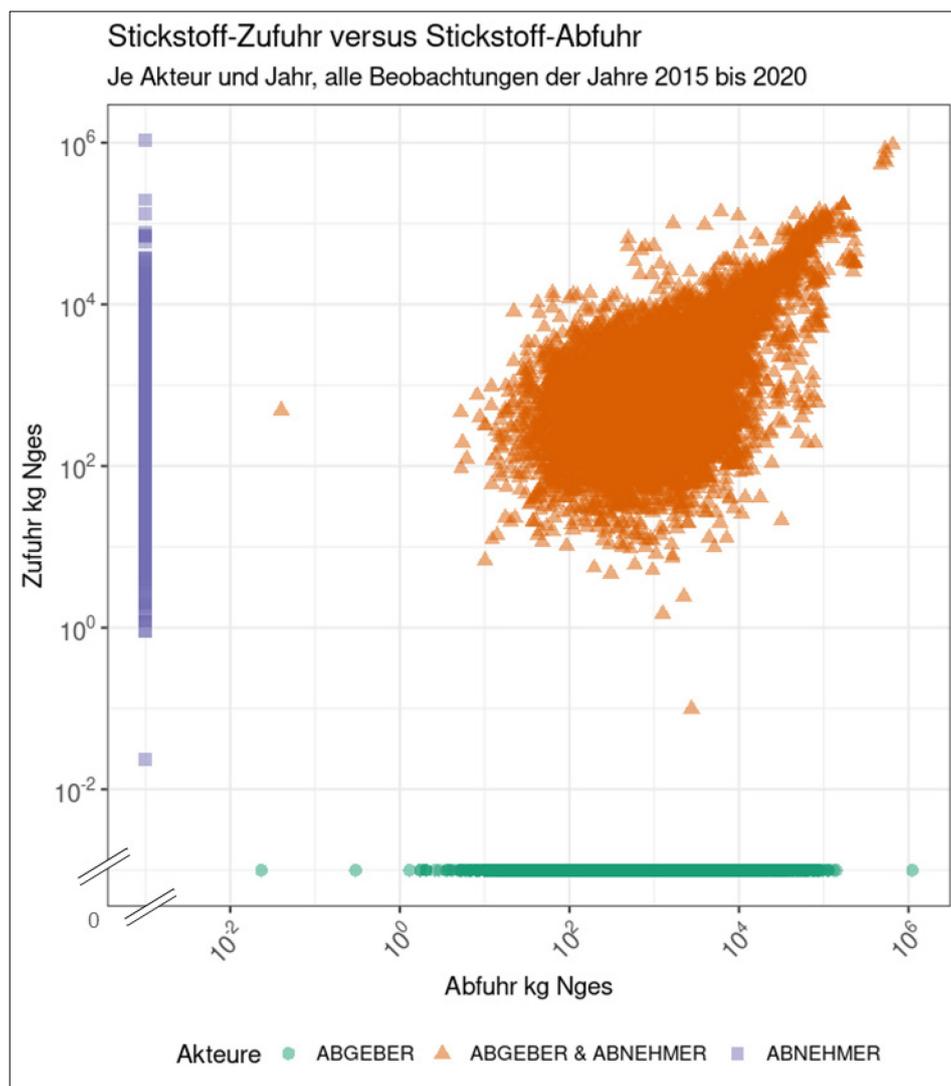


Abbildung 3: Brutto-Nährstoffabgabe- und –abnahme nach Akteuren gruppiert (Achsenskalen logarithmiert).

Um die Nährstoffverschiebungen zwischen den Betrieben korrekt auszuweisen, werden die jährlich aus den Hof- und Recyclingdüngern abgeführten und zugeführten Nährstoffmengen auf einzelbetrieblicher Ebene bilanziert (Gleichung 1). Die Bilanzierung für Stickstoff erfolgt auf Basis des N-Gehaltes an Gesamtstickstoff (kg N_{ges}) der im Hofdünger vorliegt. Nicht vermeidbare Verluste im Stall und bei der Lagerung sind hier abgezogen⁵. Phosphor wurde als Phosphorpentoxid bilanziert (kg P_2O_5)⁶. Grundsätzlich gilt: Betriebe verschieben nur dann effektiv Nährstoffe, wenn diese nicht wieder zurückgeführt werden, das heisst, wenn deren Abfuhr minus Zufuhr Werte grösser Null ausweist und damit mehr Nährstoffe ab- als zugeführt werden. In der Gruppe der Akteure mit gleichzeitiger Abfuhr- und Zufuhraktivität können sich negative Bilanzwerte der Nährstoffverschiebung aus Hof- und Recyclingdüngern auf Betriebsebene dann ergeben, wenn die Nährstoffzufuhr grösser als die Nährstoffabfuhr ist. Die Netto-Nährstoffverschiebung ist Null, wenn Zu- und Abfuhr exakt gleich hoch sind. Dies trifft allerdings im Jahr 2020 nur für 0,07 % der

⁵ «Beim Stickstoff-Anfall wird der für die Berechnung in der Suisse-Bilanz massgebliche Wert als N_{ges} bezeichnet. Es ist derjenige Wert, der sich aus der Verminderung des ausgeschiedenen Stickstoffs um die im Stall und bei der Hofdüngerlagerung kaum vermeidbaren Verluste ergibt. Gemäss GRUD 2017 sind die für die Suisse-Bilanz gültigen N_{ges} -Werte mit folgenden unvermeidbaren Verlusten berechnet: Raufutterverzehr 15 %, ausser bei Rindvieh in Laufställen 20 %*, Kaninchen 15 %, Schweine 20 %, Pferde 30 %, Legehennen (Kotgrube, Bodenhaltung) 50 %, andere Legehennen 30 %, alle übrigen Geflügel 40 %. Bei Mastkälbern, Rindviehmast und Mutterkuhhaltung wird immer mit 20 % Verlusten gerechnet (Laufställe obligatorisch). Beim übrigen Rindvieh sind die 20 % nur anrechenbar, falls alle Milchkühe (inkl. Galtkühe, Ausmastkühe) eines Betriebes und/oder alles Jungvieh (Jungvieh < und > 160 d, Jungvieh 160–365 d, Jungvieh 1–2 Jahre, Jungvieh über 2-jährig) im Laufstall gehalten werden». (Agridea, BLW 2020)

⁶ Chemische Formel für Phosphorpentoxid wird häufig (chemisch falsch) auch als Phosphat bezeichnet. Umrechnung Phosphorpentoxid in Phosphat: 1 kg P_2O_5 = 0,436 kg P.

HODUFLU-Akteure zu. Das heisst, in diesen Fällen entstehen zwar Hofdüngerverschiebungen durch den Transport der Volumina vom Abgeber zum Abnehmer und wieder zurück, es werden jedoch netto keine Nährstoffe verschoben, da diese quasi «am Ursprung» auf die Fläche ausgebracht werden. 70,5 % der Akteure weisen eine negative Bilanz und 29,5 % eine positive Bilanz aus. Für die Berechnung der insgesamt in der Schweiz verschobenen Nährstoffmengen berücksichtigen wir nur positive einzelbetriebliche Netto-Nährstoffverschiebungen, d. h. Nährstoffmengen, die (netto) abgeführt werden. (Gleichung 2).

$$\text{Nettonährstoffverschiebung}_{\text{Akteur}} = \text{Nährstoffabfuhr}_{\text{Akteur}} - \text{Nährstoffzufuhr}_{\text{Akteur}} \quad (1)$$

$$\text{Nährstoffverschiebung}_{\text{CH}} = \sum \text{Nettonährstoffverschiebung}_{\text{Akteur}} \quad (2)$$

für alle

$$\text{Nettonährstoffverschiebung}_{\text{Akteur}} > 0$$

Es ist zu beachten, dass es sich an dieser Stelle nicht um eine Nährstoffbilanzierung im klassischen Sinne handelt, bei der ein Nährstoffinput (z. B. aus Futtermittel, Mineraldünger, Hof- und Recyclingdünger, Saatgut, Stickstoff-Fixierung über Leguminosen oder Deposition über die Luft) einem Output (tierische und pflanzliche Produkte) gegenübergestellt wird (Spiess und Liebisch 2020). Genauso wenig wird hier die Differenz aus Nährstoffbedarf der Kulturen und Nährstoffzufuhr aus der Tierhaltung und Mineraldüngung gebildet, wie dies beispielsweise in der Suisse-Bilanz erfolgt (Sutter und Reidy 2021). Es handelt sich in Gleichung 1 vielmehr um eine Bilanzierung der Abfuhr- und Zufuhrmengen N_{ges} und P_2O_5 aus Hof- und Recyclingdüngern, die in der HODUFLU-Datenbank erfasst wurden.

2.4 Berechnung der Düngergrossvieheinheiten und der düngbaren Nutzfläche

Sowohl die Anzahl der Düngergrossvieheinheiten (in DGVE) als auch der Umfang der düngbaren Nutzfläche (in ha DF) sowie der nicht düngbaren Nutzfläche (in ha NDF) werden je Betrieb auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten berechnet. Als Grundlage dienen die Informationen aus dem AGIS-Datensatz zum Tierbestand (in Stück) und zur verfügbaren Flächenausstattung (in Aren) gemäss AGIS-Kategorien. Für die Berechnung der Anzahl DGVE wurden die DGVE-Faktoren aus der Tabelle 11, Anhang 11.2.2 genutzt. Eine Aufzählung der Flächenkategorien für die Berechnung der DF und der NDF findet sich ebenfalls im Anhang 11.2.1.

2.5 Berechnung der Transportkosten

2.5.1 Transportmengen

Die Transportmengen der Hof- und Recyclingdünger werden in HODUFLU pro Lieferung und je nach Düngerart entweder in Kubikmeter oder in Tonnen erfasst. Für unsere Auswertungen haben wir alle Lieferungen eines Akteurs pro Jahr summiert. Der Begriff «Transportmenge» bezieht sich im Folgenden immer auf die Menge verschobener Hof- und Recyclingdünger und ist nicht zu verwechseln mit der oben definierten Netto-Nährstoffverschiebung. Während Nährstoffe nur dann verschoben werden, wenn sie nicht wieder zum Ursprungsbetrieb zurückkommen, fallen beim Transport der Hofdüngermengen in jedem Fall zu berücksichtigende Kosten an, egal ob tatsächlich Nährstoffe verschoben werden oder nicht. Für die Berechnung der Transportkosten ist es hilfreich, alle m^3 -Volumenangaben in Gewichtangaben (Tonnen) umzurechnen. Dafür ist die Kenntnis der Dichte notwendig. Wir haben die in Tabelle 1 aufgeführten Raumgewichte genutzt, um alle Mengen in Tonnen umzurechnen.

Gülle und Mist sind kein homogenes Produkt. Je nach Tierart, Aufstallungssystem und Konsistenz ergeben sich unterschiedliche Verdünnungsgrade bei Gülle und unterschiedliche Dichten bei Stallmist. Zudem spielen auch Kotanteil, Harnanteil, Einstreuanteil, Futterreste oder Wasser (auch Regenwasser oder Abwasser aus dem Haushalt) eine Rolle. In der Praxis reicht oft die einfache Annahme, dass für Rohgülle eine mit Wasser vergleichbare Dichte angenommen wird (Deutscher Bundestag 2017). «Flüssige Substrate wie Gülle werden näherungsweise in landwirtschaftlichen Biogasanlagen meist mit einer Dichte von 1 kg/l bewertet» (Reinhold 2005). Einige Angaben in

der Literatur verwenden bei landwirtschaftlichen Gülleprodukten eine Umrechnung von 1 m³ in 1,040 kg oder vereinfachen auf 1 m³ = 1000 kg (Hoffmann und Hege 1991).

Tabelle 1: Annahmen zum Raumgewicht verschiedener Hofdüngerarten.

Düngerart	Düngertyp	Annahme zum Raumgewicht ¹
Hofdünger	Alle Güllearten (Gülle, Gülleverdünnung, etc.)	1 t / m ³
	Alle Mistarten ² (Mist, Stalmist, Laufstalmist, etc.)	0,75 t / m ³
	Betriebsspezifische Produkte ²	0,6 t / m ³
Recyclingdünger	Alle Komposte aus biogenen Abfällen ³ , festes Gärgut, sonstige Recyclingdüngerprodukte	0,7 t / m ³
	Flüssiges Gärgut	1 t / m ³
	Rüstabfälle ⁴	0,35 t / m ³

¹ Die Annahmen zu den Raumgewichten sind grobe Schätzungen, die im Einzelfall davon abweichen können.

² gemäss GRUD 2017, 4/7, ³ gemäss GRUD 2017, 4/14, ⁴ gemäss Wegleitung Suisse-Bilanz 2020, S. 15 (Agridea, BLW 2020).

2.5.2 Transportdistanzen

Für die Berechnung der Distanzen wurden die in AGIS hinterlegten Standortkoordinaten genutzt. Die Bestimmung der Transportrouten erfolgte via OSRM (Open source routing machine) und Daten-Auszügen aus dem OpenStreepMap-Projekt⁷. Basierend auf den Längen- und Breitengraden der Betriebskoordinaten als Start- und Endpunkte wurden die entsprechenden Entfernungen zwischen abgebenden und abnehmenden Betrieben berechnet. Bei HODUFLU-Lieferungen, für die im AGIS keine geografischen Koordinaten angegeben waren, haben wir versucht, die Geolokation aus der Adresse abzuleiten, sofern eine solche angegeben war. Zu diesem Zweck wurde das amtliche Verzeichnis der Gebäudeadressen (swisstopo 2022) verwendet. Adressen, für die in diesem Index keine perfekte Übereinstimmung gefunden wurde, wurden zusätzlich mittels approximativem Matching gesucht und anschliessend manuell überprüft und korrigiert. Dennoch konnten für 4079 Lieferungen bzw. 1,4 % aller Beobachtungen keine Standortinformationen ermittelt werden. Demnach wurden diese bei der Berechnung der Strassenentfernungen nicht berücksichtigt. Hofdüngerlieferungen ins benachbarte Ausland werden in HODUFLU auf einen Abnehmer im Inland gebucht. In der Regel handelt es sich dabei um das zuständige kantonale Amt. Hier ist somit der Kanton selbst als Akteur in HODUFLU erfasst. Die von uns ermittelte Transportdistanz entspricht dann der Entfernung zwischen Abgabebetrieb und «Pseudo-Abnehmer», was zu Abweichungen von der tatsächlich zurückgelegten Transportdistanz führt. Zudem gab es 1676 (0,6 %) Nulldistanzen. Das heisst, hier wurden Abgeber und Abnehmer unter der gleichen Adresse geführt. Dies ist durchaus denkbar, wenn sich beispielsweise die Biogas- und Kompostieranlage direkt auf dem eigenen Standort befindet oder wenn es sich um eine Gemeinschaft handelt, bei der die Kooperationspartner zwar als Einzelbetriebe geführt werden, aber räumlich am selben Standort wirtschaften. In der Annahme, dass Distanzen, die grösser als das 99 %-Perzentil sind (Abbildung 4), ebenfalls realistisch sein können, wurden diese ebenso wie die Nulldistanzen im Datensatz belassen. Der Anteil der Transportmengen die weiter als 165,5 km transportiert werden beträgt gemäss unseren Berechnungen nur 0,3 % an der gesamten transportierten Menge der Jahre 2015 bis 2020.

⁷ <http://download.geofabrik.de/europe/switzerland.html> [17.02.2022].

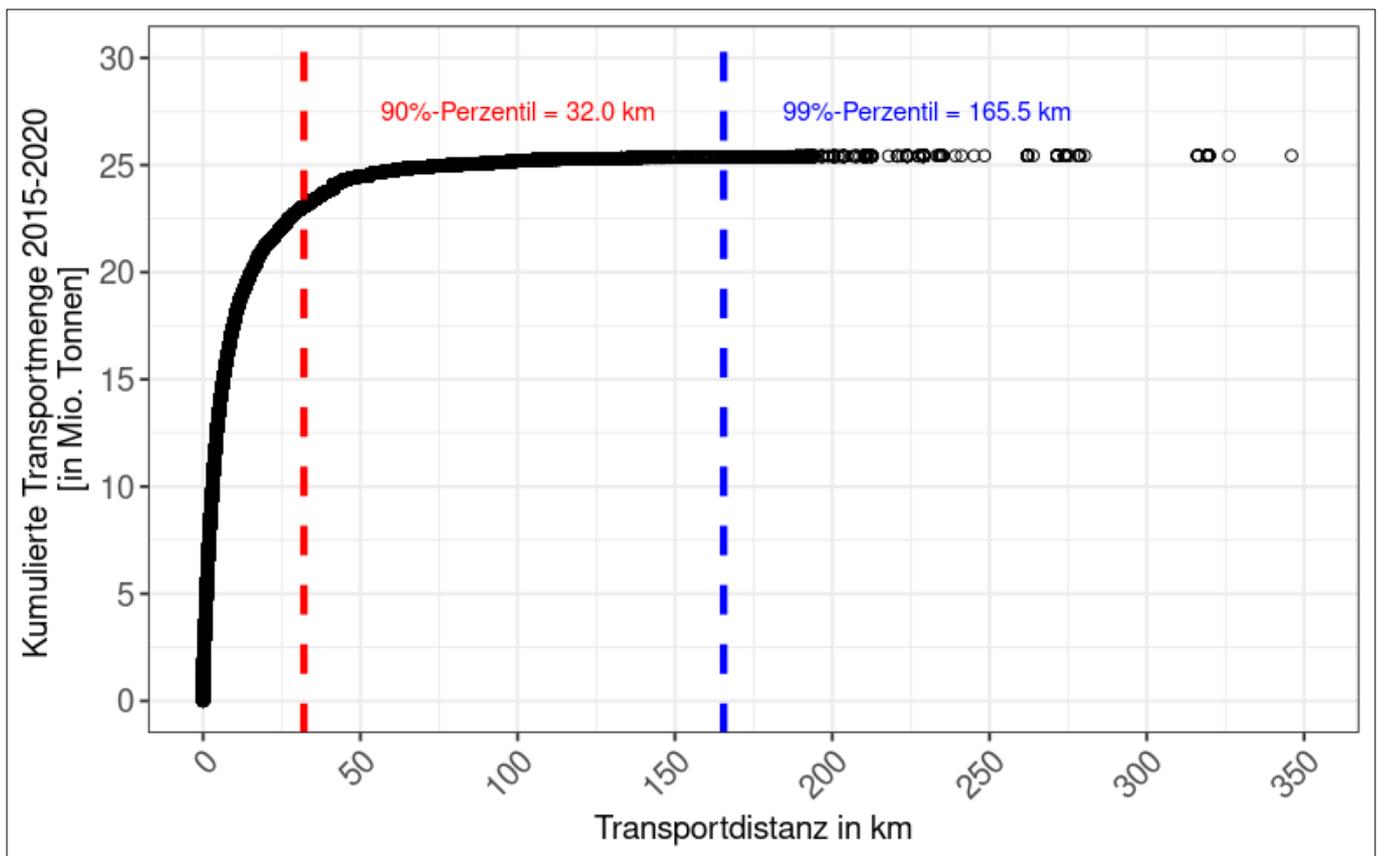


Abbildung 4: Kumulierte Transportmenge mit zunehmender Transportdistanz (2015 bis 2020).

Die Transportdistanz einer durchschnittlich transportierten Tonne Hof- oder Recyclingdünger pro Betrieb und Jahr ergibt sich aus der über alle Lieferungen (i) eines Betriebs summierten Transportleistung (Menge mal Distanz) dividiert durch die insgesamt transportierte Menge, summiert über alle Lieferungen des Betriebes pro Jahr. (Gleichung 3, gewichteter Mittelwert).

$$\text{Transportdistanz} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Transportmenge}_i * \text{Distanz}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Transportmenge}_i} \quad (3)$$

2.5.3 Transportleistung

Mit Hilfe der räumlichen Informationen der Betriebe sowie der daraus abgeleiteten Transportdistanz zwischen den Akteuren und der Transportmenge in Tonnen kann schliesslich die Transportleistung in Tonnenkilometer (tkm) kalkuliert werden (Gleichung 4). Dieses Mass ist auch im Vergleich mit anderen Transportwegen des Güterverkehrs einsetzbar, wie z. B. Güterkraft- und Schienenverkehr oder Binnenschifffahrt (Mederle u. a. 2015). Letzteres ist allerdings nicht Gegenstand dieser Untersuchung. In der vorliegenden Arbeit gehen wir von einem Transport im Strassenverkehr aus.

$$\text{Transportleistung [tkm]} = \text{Transportvolumen [t]} * \text{Transportdistanz [km]} \quad (4)$$

2.5.4 Transportkosten

Je nach Transportentfernung und Hofdüngerart variiert das Transportmittel. Während für kurze Entfernungen eine herkömmliche Mechanisierung in der Praxis üblich ist - bei Gülle mit Traktor und Pumpfass sowie bei Mist mit Traktor und Mulden-Miststreuer -, findet der Transport bei grösseren Entfernungen häufig mit LKW und Gülle-Sattelaufliegern bzw. Anhängern und Mulde statt. Diese können eine Nutzlast von bis zu 27 Tonnen transportieren. Häufig erfolgt eine der Lieferfahrten (Hin- oder Rückfahrt) leer, wodurch die Gesamttransportkosten pro tkm steigen.

Ebenso sind fest installierte Pipeline-Systeme in der Praxis bekannt, die zwischen Abgeber und Abnehmer den Hofdünger via Pipeline und Pumpsystem verschieben. Letztgenannte Systeme sind allerdings selten und werden daher in unseren Kalkulationen vernachlässigt.

Die Transportkosten K je Stunde hängen hauptsächlich vom Transportmedium (l) ab. Sie umfassen einen Fixkostenanteil (fix_l) und einen variablen Kostenanteil (var_l). Die Fixkosten umfassen Abschreibung, Zinskosten sowie einen Kostenanteil für Versicherung und Gebäude. Zu den variablen Kosten gehören Reparaturen und Unterhalt, Treibstoffkosten und Kosten für Hilfsstoffe, ebenso wird für die Bedienung ein Entschädigungsansatz (e) pro Stunde berücksichtigt.

$$K_l = fix_l + var_l + e$$

Für die Berechnung verschiedener Kostenvarianten gelten die in Tabelle 13 im Anhang 11.3 unterstellten Referenz-Maschinenkombinationen, Berechnungsannahmen und Kostenpauschalen. Für die Berechnung der Kosten für den Hofdüngertransport bei kürzeren Strecken bis 5 km werden die im Maschinenkostenkatalog von Agroscope (Gazzarin 2020a; 2020b) verwendeten Richtwerte von 2020 beigezogen. Für die Distanzen ab 8 km respektive ab 15 km werden die Verrechnungsansätze eines Dienstleisters unterstellt (Briner 2020). Allfällige Preisschwankungen zwischen 2015 und 2020 wurden bei den von uns verwendeten Richtwerten nicht berücksichtigt. Erstens entstehen in unserer Schätzung Abweichungen in erster Linie aufgrund der in der Praxis tatsächlich eingesetzten, von unseren Annahmen abweichenden Transportlogistik, zweitens waren die Preisschwankungen im genannten Zeitraum gering und drittens eliminieren wir so den Einflussfaktor der Preisvolatilität beim Vergleich der Transportkosten über die Zeit.

In Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit pro km (\bar{v}_l), der mittleren, angenommenen Transportdistanz (\bar{s}_l) sowie der mittleren Zeit für Be- und Entladen (\bar{t}_l) berechnen wir die insgesamt benötigte Zeit für einen Transport in Stunden (= Transportdauer (T_l)), wobei jeweils die Zeit für eine Leerfahrt berücksichtigt ist.

$$T_l = 2(\bar{v}_l * \bar{s}_l) + \bar{t}_l$$

Die Transportleistung (L_l) pro Stunde ergibt sich schliesslich aus der Transportmenge (M_l) in Tonnen bezogen auf die Transportdauer (T_l) multipliziert mit der in dieser Zeit zurückgelegten Transportdistanz in km.

$$L_l = M_l/T_l * \bar{s}_l/T_l$$

Schliesslich berechnen wir eine Transportkostenpauschale (P_l) in Franken je tkm indem wir die Transportkosten pro Stunde (K_l) dividieren durch die Transportleistung pro Stunde (L_l).

$$P_l = K_l/L_l$$

Jeder Akteur erhält somit, in Abhängigkeit der für ihn individuell berechneten mittleren Transportdistanz für eine durchschnittlich transportierte Tonne den für ihn passenden Kostenansatz in Franken je Tonnenkilometer. Eine Unterscheidung nach Düngerart erfolgt nicht.

In der Praxis werden die Transportkosten in Form eines sogenannten Abnahmebonus fakturiert (Bütler 2021). Das heisst, sie werden - zumindest in Überschussregionen - vollständig vom Abgeber getragen. Bei der Verschiebung über einen Händler oder eine Biogasanlage werden die Transport- (und Lagerungs-) kosten üblicherweise auf beide, Abgeber und Abnehmer aufgeteilt. Ein verallgemeinerbarer Verteilungsschlüssel ist uns allerdings nicht bekannt. Häufig bleibt zudem bei der Fakturierung der Düngerwert des Hofdüngers unberücksichtigt (Bütler 2021). Diese Praxis steht aktuell aufgrund der stark gestiegenen Mineraldüngerpreise auf dem Prüfstand. Da wir in unseren Berechnungen die Ausbringung des Düngers auf dem Feld nicht berücksichtigen, verzichten wir an dieser Stelle auf die Kalkulation eines Düngerwertes. Vielmehr entsprechen unsere Transportkostenschätzungen den heute gezahlten Abnahmeboni in CHF je Tonne.

3 Akteure des Hofdüngermarktes in der Schweiz

3.1 Anzahl der Akteure

Mit einem Anteil von zirka 88 % sind die meisten im Jahr 2020 in der HODUFLU-Datenbank erfassten Akteure direktzahlungsberechtigte Landwirtschaftsbetriebe. Zirka 12 % der HODUFLU-Betriebe sind landwirtschaftliche Betriebe oder nicht-landwirtschaftliche Unternehmungen, die keine Direktzahlungen erhalten (Abbildung 5 und Tabelle 2). Mit einer Anzahl von 21 492 sind etwa 42,3 % aller in AGIS erfassten Betriebe im Hofdüngermarkt aktiv und somit gleichzeitig in HODUFLU registriert. 27,6 % der in AGIS erfassten HODUFLU-Akteure führen Hof- oder Recyclingdünger zu, ohne selbst Nährstoffe abzuführen, 10,2 % der Betriebe agieren ausschliesslich als Abgeber und 4,5 % der in AGIS erfassten HODUFLU-Betriebe geben Hofdünger ab und nehmen gleichzeitig Hofdünger auf. Letzteres ist zum Beispiel der Fall, wenn Betriebe ihren Hofdünger an eine Verwertungs- oder Kompostieranlage abführen und von dieser im Gegenzug Recyclingdünger zuführen. Daneben gibt es gewerbliche Dienstleister, die Hofdünger abnehmen und diesen nach allfälliger Zwischenlagerung wieder abgeben. Die klare Abgrenzung der landwirtschaftlichen Gewerbebetriebe im Sinne des BGG (Art. 7, Abs. 1 und Abs. 2)⁸ von den nicht-landwirtschaftlichen Gewerbebetrieben ist dabei anhand der uns zur Verfügung stehenden Daten nicht immer möglich. Es gibt beispielsweise Landwirtschaftsbetriebe, die entweder selbst oder gemeinschaftlich eine Biogasanlage führen. Zudem bewirtschaften gewerbliche Dienstleister, welche Hof- und Recyclingdünger verarbeiten, transportieren oder lagern mitunter gleichzeitig einen direktzahlungsberechtigten Landwirtschaftsbetrieb. Ebenso gibt es so genannte «Nährstoffpools», die auf diverse Dienstleistungen im Hof- und Recyclingdüngermarkt spezialisiert sind. Zwei Drittel aller in HODUFLU erfassten Akteure führen ausschliesslich Nährstoffe aus Hof- und Recyclingdüngern zu, ohne selbst Nährstoffe abzugeben (65 %). Nur gut ein Viertel gibt vornehmlich Nährstoffe ab (24 %). 11 % der HODUFLU-Akteure führen Hofdünger ab und gleichzeitig Recyclingdünger zu. Es befinden sich somit wesentlich mehr Abnehmende als Abgebende im Hofdüngermarkt, was bedeutet, dass die meisten Abgeber gleichzeitig an mehrere Abnehmer Hofdünger liefern.

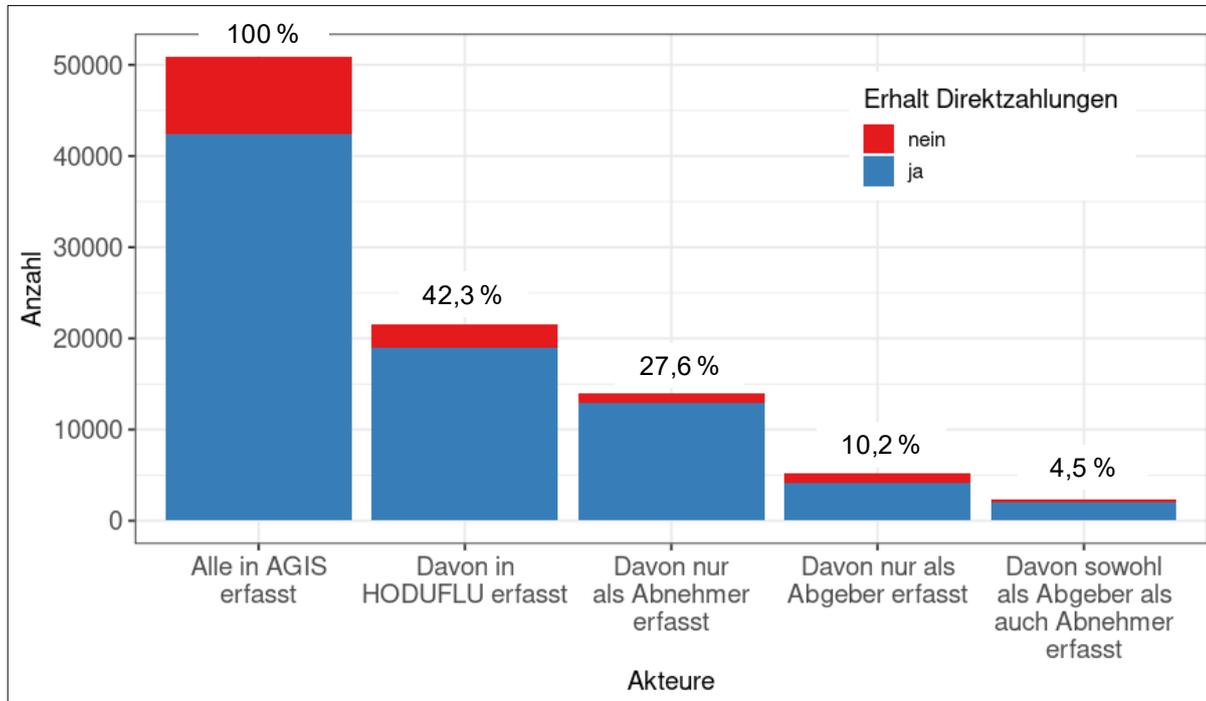


Abbildung 5: Anzahl Akteure erfasst in AGIS und HODUFLU im Jahr 2020.

⁸ Als landwirtschaftliches Gewerbe gilt eine Gesamtheit von landwirtschaftlichen Grundstücken, Bauten und Anlagen, die als Grundlage der landwirtschaftlichen Produktion dient und zu deren Bewirtschaftung, wenn sie landesüblich ist, mindestens eine Standardarbeitskraft nötig ist. Der Bundesrat legt die Faktoren und die Werte für die Berechnung einer Standardarbeitskraft in Abstimmung mit dem Landwirtschaftsrecht fest. Unter den gleichen Voraussetzungen gelten auch Betriebe des produzierenden Gartenbaus als landwirtschaftliches Gewerbe. (BGG 2015, Art. 7, Abs. 1 und Abs. 2)

Für die Gruppe der Akteure mit Direktzahlungen sind in Tabelle 2 weitere Strukturkennzahlen für das Jahr 2020 auf Basis der in AGIS gespeicherten Informationen zusammengestellt. Für die Akteure, die keine Direktzahlungen erhalten, fehlen diese Daten. In allen drei Regionen Tal, Hügel und Berg bilden die Abnehmer mit einem Anteil von zirka 65 % die grösste Gruppe. Auch die in HODUFLU erfassten Biobetriebe sind zu 75 % Abnehmer.

Direktzahlungsberechtigte Abgeber überschreiten häufig aufgrund ihres hohen durchschnittlichen Tierbestandes von rund 63,5 DGVE je Betrieb und ihrer im Vergleich geringen Flächenausstattung von durchschnittlich 23,4 ha Landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN) bzw. 18,1 ha düngbarer Nutzfläche (DF) die gesetzlich festgelegte Ausbring-Limite von drei DGVE je ha DF mit durchschnittlich 3,5 DGVE je ha DF klar. Die Abnehmer verzeichnen im Vergleich zu den Abgebern im Mittel einen kleinen Wert mit 1,2 DGVE je ha DF. Abnehmer haben somit einerseits freie Aufnahmekapazitäten für Nährstoffe aus Hof- und Recyclingdünger ohne ihre Suisse-Bilanz zu überschreiten, andererseits können fehlende Nährstoffe aufgrund tiefer Tierzahlen über organischen Dünger auf die Flächen gebracht werden. Dies hat auch positive Effekte auf die betriebliche Humusbilanz wobei gleichzeitig weniger Kosten für Mineraldünger anfallen. Abgeber die unterhalb der festgelegten DGVE-Limite bleiben und gleichzeitig als Abnehmer registriert sind, verwerten ihren Hofdünger sehr wahrscheinlich in einer Vergärungsanlage und nehmen den Recyclingdünger anschliessend zurück, um ihn auf der eigenen Nutzfläche auszubringen. Letztgenannte Akteure bewirtschaften zudem mit durchschnittlich 33,6 ha je Betrieb die grösste Landwirtschaftliche Nutzfläche und weisen mit fast 80 % den höchsten Anteil an düngbarer Nutzfläche im Vergleich zu den anderen Akteuren aus.

Tabelle 2: Charakterisierung der verschiedenen HODUFLU-Akteure im Jahr 2020.

		Alle in AGIS erfasst		Davon in HODUFLU erfasst		Davon nur als ABNEHMER erfasst		Davon nur als ABGEBER erfasst		Davon als ABGEBER und ABNEHMER erfasst	
		ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Erhalt Direktzahlungen											
Anzahl Total (Anteil in AGIS)	n	50864 (100%)		21492 (42%)		14016 (28%)		5200 (10%)		2276 (4%)	
Anzahl Akteure (Anzahl Akteure in 2015)	n (n)	42465 (44453)	8402 (5076)	19020 (17933)	2472 (2580)	12884 (12470)	1132 (1329)	4152 (3994)	1048 (1022)	1984 (1469)	292 (229)
Anteil an \sum der jeweiligen Gruppe	%	83	17	88	12	92	8	80	20	87	13
Biobetriebe	n	7116		2877		2153		441		283	
Tal	n	17980		10501		7145		2008		1348	
Hügel	n	11634		5515		3744		1332		439	
Berg	n	12851		3004		1995		812		197	
Ø LN	ha/ Betrieb	23,7		26,4		26,2		23,4		33,6	
Ø DF	ha/ Betrieb	17,2		20,5		20,4		18,1		26,8	
Anteil NDF an LN*	%	27,4		22,0		22,2		22,8		20,2	
Anteil DF an LN	%	72,6		78,0		77,8		77,2		79,8	
Ø GVE	GVE/ Betrieb	29,1		37,1		24,3		65,0		61,4	
Ø DGVE	DGVE/ Betrieb	29,0		37,0		24,8		63,5		61,0	
Ø DGVE je ha DF	DGVE/ ha DF	1,7		1,8		1,2		3,5		2,3	

* Nicht düngbare Nutzflächen (NDF), dazu gehören z. B. extensiv genutzte Wiesen, Bunt- und Rotationsbrachen, nicht düngbare Biodiversitätsförder- und Grundwasserschutzflächen, etc. Eine vollständige Aufzählung ist im Anhang 11.2.1 zu finden.

Quelle: Eigene Berechnungen.

In der Gruppe der abgebenden Akteure gibt es zirka 90 Betriebe ohne landwirtschaftliche Nutzfläche. Dabei handelt es sich nahezu ausschliesslich um spezialisierte Veredlungsbetriebe, wie Tabelle 8 im Anhang 11.1 zeigt. Für diese Betriebe kann die Kennzahl DGVE je ha DF nicht ausgewiesen werden. Im Prinzip werden im Art. 14 GschG Abs. 4 die Tierbestände gänzlich bodenunabhängiger Mastbetriebe limitiert, indem festgelegt wird, dass «Betriebe, die einen Teil des im Betrieb anfallenden Hofdüngers ausserhalb des ortsüblichen Bewirtschaftungsbereichs (oBB) verwerten müssen, nur so viele Nutztiere halten dürfen, dass mindestens die Hälfte des im Betrieb anfallenden Hofdüngers auf der eigenen oder gepachteten Nutzfläche verwertet werden kann». Der gewässerschutzrechtlich relevante ortsübliche Bewirtschaftungsbereich (oBB) umfasst die Nutzflächen in einer Fahrdistanz von max. 6 km um das Stallgebäude, in dem der Hofdünger anfällt (Art. 24 Abs. 1 GSchV). Jedoch werden gleichzeitig sowohl mit Art. 14 Abs. 7 GschG als auch mit Art. 25 GSchV Ausnahmeregelungen bezüglich Anforderung an die Nutzfläche festgelegt, welche die Fortführung der Praxis partiell bodenunabhängiger Betriebe unter bestimmten Voraussetzungen weiterhin ermöglicht.

3.2 Betriebstypen und Betriebsformen der Akteure

Ebenso aufschlussreich ist der Blick auf die vorherrschenden Betriebstypen und –formen der verschiedenen Akteure (Abbildung 6 und Abbildung 7). Die Abbildungen zu jeder Gruppe zeigen Rechtecke deren Fläche proportional zur Anzahl vorkommender Betriebstypen ist. Dabei wurde für alle direktzahlungsberechtigten Akteure die S4-Betriebstypologie ZA2015 zugrunde gelegt (Hoop und Schmid 2020), wobei einzelne Betriebstypen nochmals in Gruppen zusammengefasst wurden (vgl. Anhang 11.1). Demnach gehören direktzahlungsberechtigte Abgeber am häufigsten zu den Betriebstypen «Schweine», «Geflügel», «Andere Veredlung» oder «Kombiniert Veredlung» (Abbildung 6). Direktzahlungsberechtigte Abnehmer hingegen halten überwiegend Raufutterverzehrer. Bei den direktzahlungsberechtigten Betrieben mit gleichzeitiger Zu- und Abfuhr sind diese beiden Betriebstypen-(gruppen) annähernd gleich häufig vertreten. Die Anteile der verschiedenen Akteure an der jeweiligen Grundgesamtheit der einzelnen Betriebstypen sind zur Ergänzung in Tabelle 3 zusammengestellt.

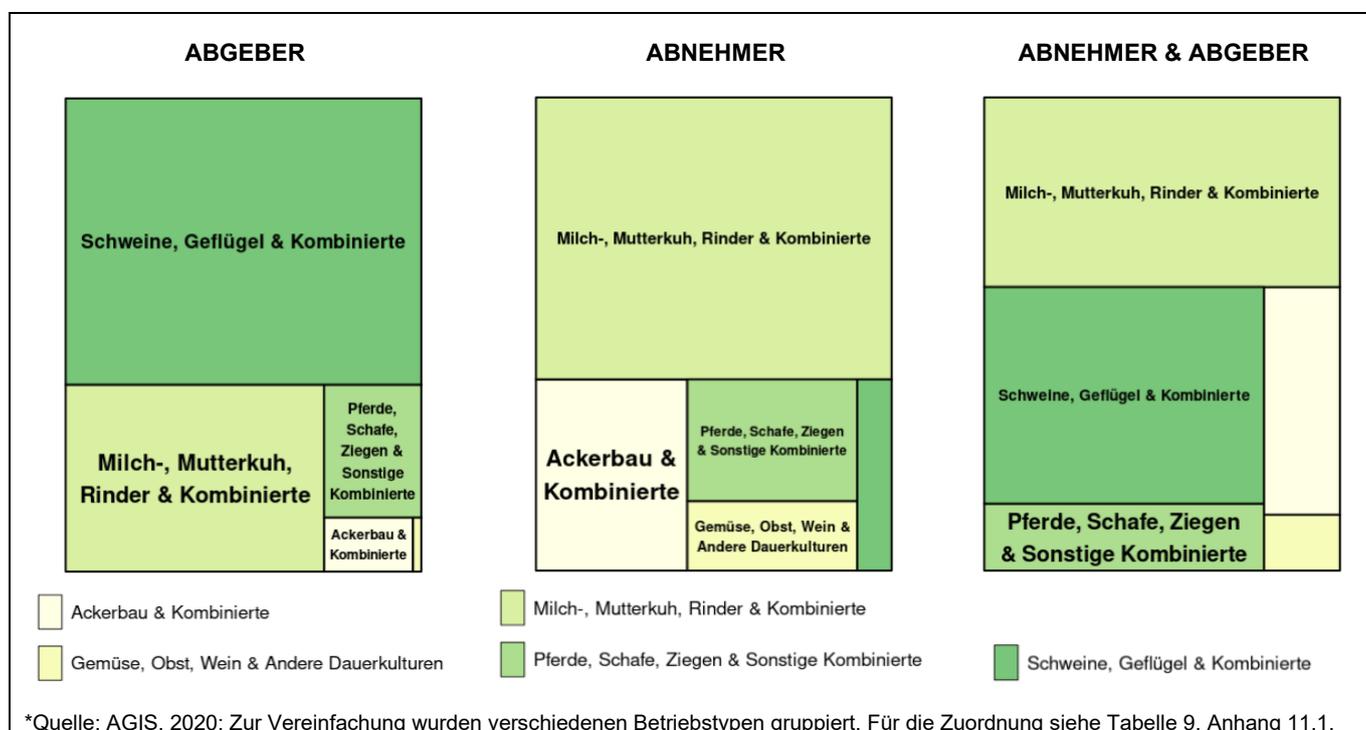


Abbildung 6: Anteile der Betriebstypen nach ZA2015 der direktzahlungsberechtigten HODUFLU-Betriebe im Jahr 2020 [n=19020].

Tabelle 3: Anteile der direktzahlungsberechtigten HODUFLU-Akteure je Betriebstyp im Jahr 2020.

ZA2015	Betriebstyp	Alle in AGIS erfasst	Davon in HODUFLU erfasst	Davon nur als ABNEHMER erfasst	Davon nur als ABGEBER erfasst	Davon als ABGEBER und ABNEHMER erfasst
		Anzahl (= 100 %)	%	%	%	%
4110	Ackerbau	2457	61,8	58,4	0,4	2,9
4121	Gemüse-Gartenbau	703	60,6	55,2	0,4	5,0
4122	Obstbau	483	47,0	46,0	0,4	0,6
4123	Weinbau	1671	8,6	8,0	0,3	0,3
4124	Andere Spezialkulturen	401	42,4	40,4	0,2	1,7
4211	Spezialisierte Milchproduktion	805	55,5	42,9	6,7	6,0
4212	Milchproduktion mit Aufzucht / Mast	10388	40,7	32,5	5,4	2,8
4220	Mutterkühe	3928	32,7	27,1	3,8	1,8
4230	Rindvieh gemischt	4016	30,4	24,3	4,1	2,1
4310	Pferde/Schafe/Ziegen	3296	23,2	13,1	6,5	3,5
4411	Schweine	620	87,3	2,7	75,3	9,2
4412	Geflügel	345	94,2	4,3	73,0	16,8
4413	Andere Veredlung	22	86,4	4,5	68,2	13,6
4510	Kombiniert Milchkühe / Ackerbau	1884	54,2	41,5	5,7	7,0
4520	Kombiniert Mutterkühe	1372	57,7	48,8	3,5	5,4
4530	Kombiniert Veredlung	4032	70,6	11,7	44,1	14,8
4541	Kombiniert Andere / Milchkühe	2151	52,1	37,0	7,3	7,9
4542	Kombiniert Andere / Rindvieh	911	63,1	50,1	6,6	6,5
4543	Kombiniert nicht zuteilbar	3007	45,2	38,2	3,5	3,5

Für Betriebe ohne Direktzahlungen können wir nicht auf die Betriebstypologie-ZA2015-Systematik zurückgreifen, da diese Informationen nicht verfügbar sind. Stattdessen untersuchen wir die Angaben der Betriebe bezüglich Betriebsform aus der AGIS-Datenbank selbst (Abbildung 7). Hier wird deutlich, dass die Gruppe der «Ganzjahresbetriebe» sowohl bei den Abgebern wie auch bei den Abnehmern anteilmässig am stärksten vertreten ist. Erwartungsgemäss stellen Akteure mit Biogas- oder Kompostieranlage die vorherrschende Betriebsform bei den beidseitig Tätigen dar. Auch hier haben wir die Anteile der verschiedenen Akteure an der jeweiligen Grundgesamtheit der einzelnen Betriebsformen berechnet (Tabelle 4).

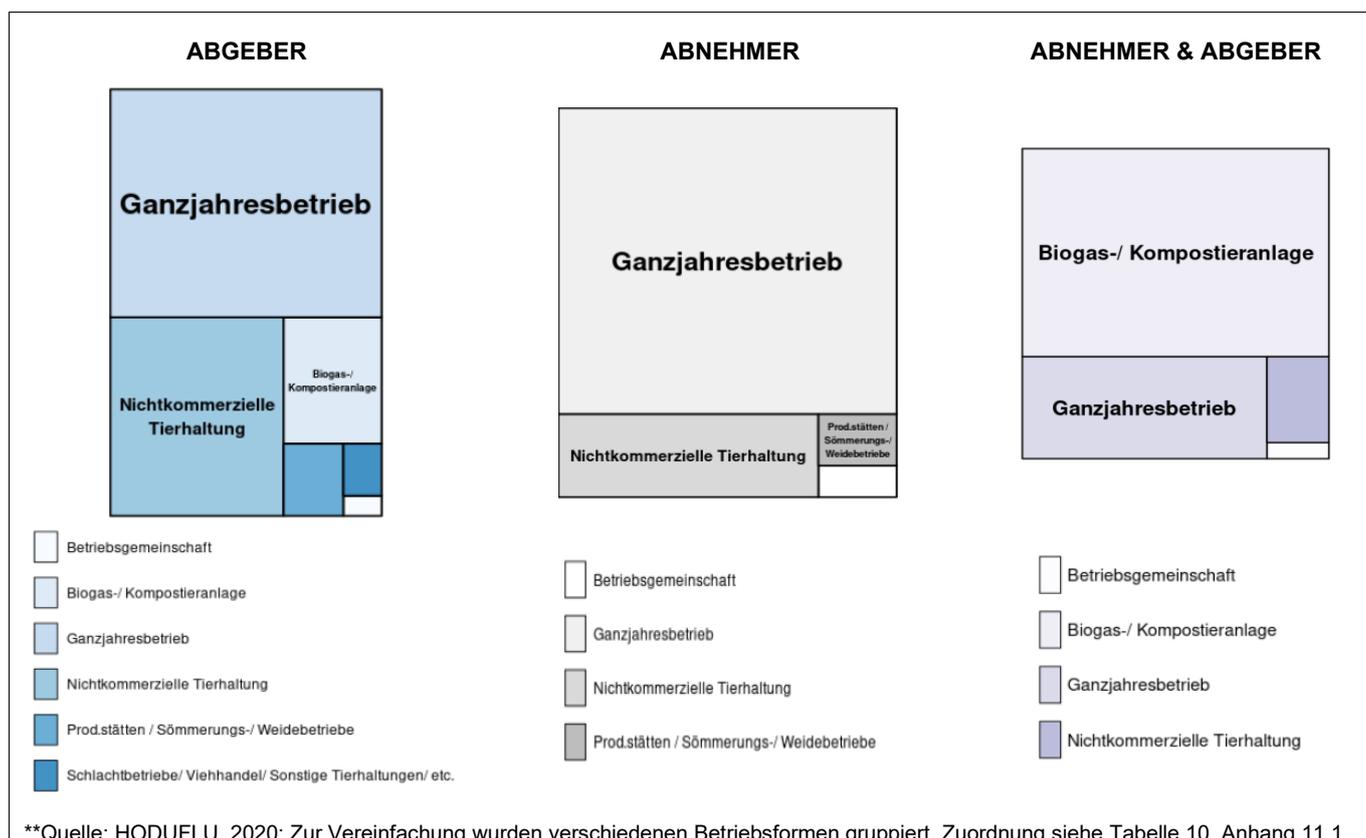


Abbildung 7: Anteile der Betriebsformen der HODUFLU-Betriebe ohne Direktzahlungen im Jahr 2020 [n=2472].

Tabelle 4: Anteile der HODUFLU-Akteure ohne Direktzahlungen je Betriebsform im Jahr 2020.

Betriebsform gemäss HODUFLU	Alle in AGIS erfasst	Davon in HODUFLU erfasst	Davon nur als ABNEHMER erfasst	Davon nur als ABGEBER erfasst	Davon als ABGEBER und ABNEHMER erfasst
	Anzahl	%	%	%	%
Betriebsgemeinschaft	29	100	24,1	10,3	65,5
Vergärungs- und Kompostierungsanlage	304	100	36,8	63,2	0,0
Gemeinschaftsweide-betrieb	25	100	8,0	0,0	92,0
Betrieb (Ganzjahres)	1431	100	39,1	5,2	55,7
Nicht zugeteilt	5	100	40,0	40,0	20,0
Nichtkommerzielle Tierhaltung	493	100	63,1	3,2	33,7
Produktionsstätte	11	100	36,4	0,0	63,6
Schlachtbetriebe	96	100	7,3	0,0	92,7
Sömmerungsbetrieb	38	100	86,8	10,5	2,6
Tierhaltung	36	100	19,4	0,0	80,6
Viehhandelsunternehmen	1	100	100,0	0,0	0,0
Viehmärkte, Viehauktionen, Viehausstellungen und ähnliche Veranstaltungen	3	100	100,0	0,0	0,0

4 Entwicklung der Netto-Nährstoffverschiebungen für Stickstoff und Phosphor

Die Netto-Nährstoffverschiebung beläuft sich im Jahr 2020 bei Stickstoff auf knapp 13 000 Tonnen N_{ges} und bei Phosphor auf gut 6400 Tonnen P_2O_5 . In Tabelle 5 sind die Summen der Zufuhr- und Abfuhrmengen zusammengefasst. Dabei fällt auf, dass die in HODUFLU erfassten Bruttomengen rund 1,5-mal so hoch sind wie die von uns berechneten, netto verschobenen Nährstoffmengen. Dies liegt daran, dass die Nährstofflieferungen zu und von den Biogas- und Kompostieranlagen in HODUFLU doppelt gezählt werden (BLW 2021). Die Netto-Nährstoffverschiebung eliminiert diese Doppelbuchungen. Das heisst, nach Bilanzierung der Zu- und Abfuhrmengen auf Ebene Betrieb, werden alle Nährstoffmengen, die zwar in einer Vergärungs- oder Kompostieranlage verarbeitet wurden, aber schlussendlich in Form von Recyclingdünger wieder auf den Ursprungsbetrieb zurückgeführt werden, nicht als Nährstoffverschiebung gezählt.

Tabelle 5: In HODUFLU erfasste Nährstoffmengen und Netto-Nährstoffverschiebungen im Jahr 2020, unterschieden nach Akteur [in t N_{ges} bzw. t P_2O_5].

In HODUFLU erfasste Nährstoffmengen						
Akteure, gruppiert nach Erhalt von Direktzahlungen (DZ)		Brutto-Verschiebung Σ	Zufuhr		Abfuhr	
			mit DZ	ohne DZ	mit DZ	ohne DZ
Stickstoff	t	20058	13671	6387	9613	10445
Phosphor	t	9710	6349	3361	5031	4679
Netto verschobene Nährstoffmengen (mit Berücksichtigung der Rückführung von Nährstoffen aus Recyclingdüngern zum Abgeber von Hofdünger-Nährstoffen)						
Akteure, gruppiert nach Erhalt von Direktzahlungen (DZ)		Netto-Verschiebung Σ	Zufuhr		Abfuhr	
			mit DZ	ohne DZ	mit DZ	ohne DZ
Stickstoff	t	12982	11207	1775	7148	5834
Phosphor	t	6406	5257	1149	3939	2467

Quelle: Eigene Berechnungen.

Im Vergleich zu der in HODUFLU erfassten Brutto-Nährstoffverschiebung (Abbildung 8, linke Grafik) hat die jährliche Netto-Nährstoffverschiebung im Zeitraum 2015 bis 2020 weniger zugenommen (Abbildung 8, rechte Grafik). Sie stieg bei Stickstoff von 12 511 Tonnen N_{ges} im Jahr 2015 auf 12 982 Tonnen im Jahr 2020, was einer Zunahme von 3,8 % entspricht. Die Phosphorverschiebung verzeichnet ebenso nur einen kleinen Anstieg um 5,7 %, das heisst, sie stieg von rund 6064 Tonnen P_2O_5 im Jahr 2015 auf 6407 Tonnen im Jahr 2020. Interessant ist, dass nicht alle Akteure mehr Nährstoffe netto verschieben, obwohl die Anzahl der Akteure in allen Gruppen jeweils von 2015 bis 2020 zunahm (siehe auch Tabelle 2). Die Abbildung 9 zeigt dabei vor allem eine Zunahme der Nährstoffverschiebung bei den bidirektional tätigen Abgebern und Abnehmern von zirka 42,5 % N_{ges} (+1238 t N_{ges} absolut) und 47,6 % P_2O_5 (+592 t P_2O_5 absolut), wobei jene insgesamt nur etwa ein Drittel der totalen Nährstoffmenge verschieben. Die unidirektional tätigen Abgeber hingegen verschieben im Jahr 2020 etwa 8 % N_{ges} (-767 t N_{ges} absolut) und 5,2 % P_2O_5 (-251 t P_2O_5 absolut) weniger als noch im Jahr 2015.

Dies deutet darauf hin, dass entweder in 2020 mehr Hofdünger als Rohstoff für die Energieerzeugung in Biogas- und Kompostieranlagen verwertet wurde als noch im Jahr 2015 oder dass eventuell mehr Nährstoffe über Zwischenhändler bzw. Nährstoffpools verschoben wurden.

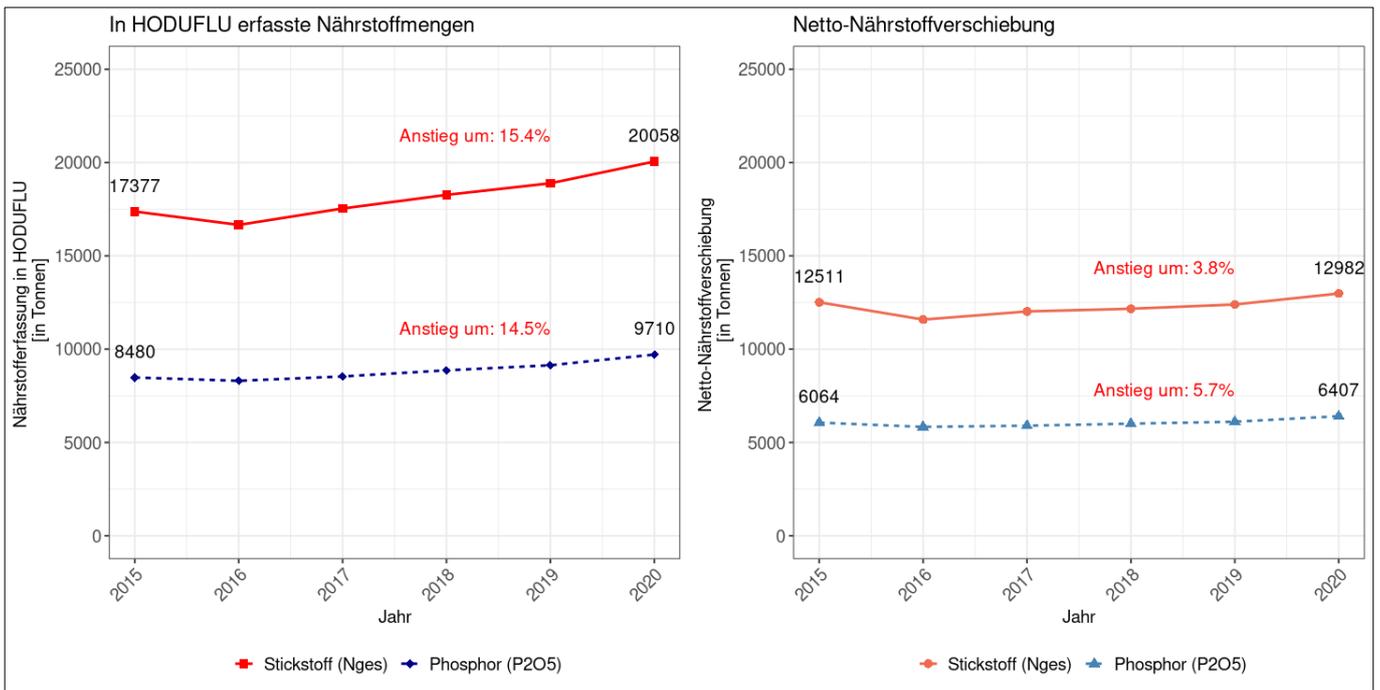


Abbildung 8: Entwicklung der Nährstofffassung und Netto-Nährstoffverschiebung für Stickstoff- und Phosphor von 2015 bis 2020.

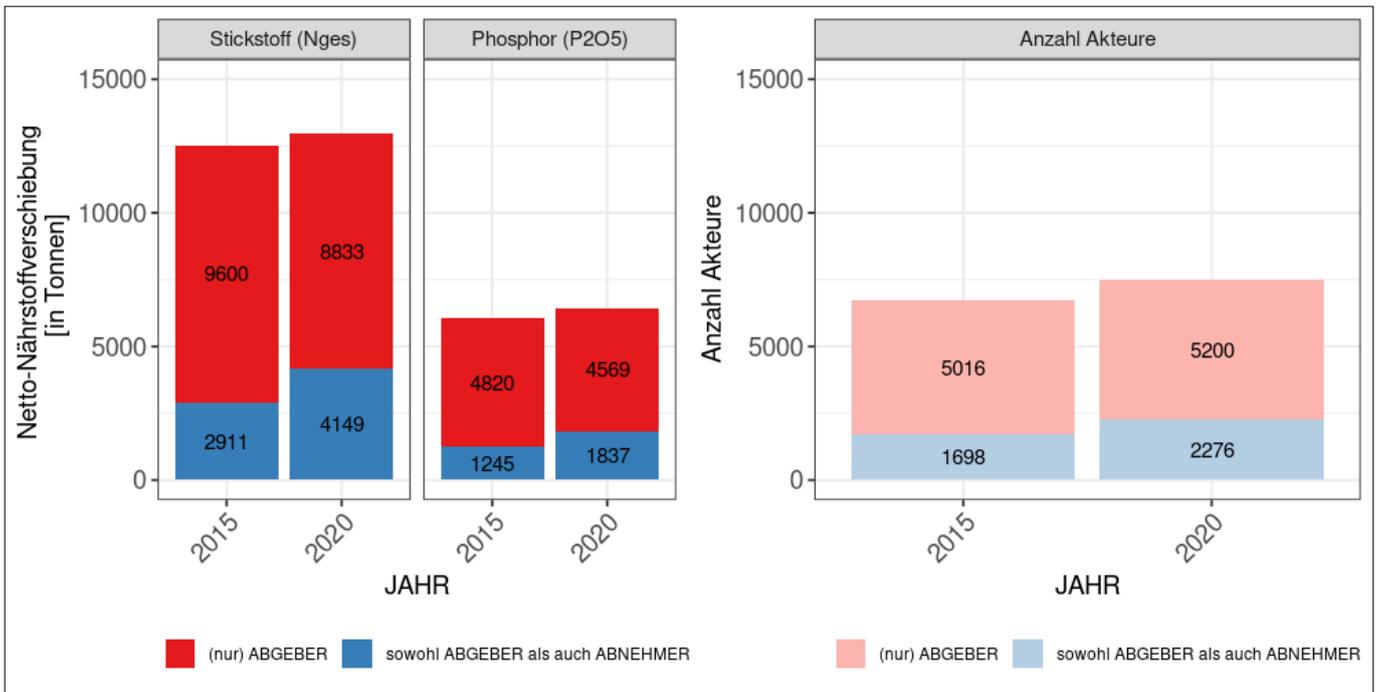


Abbildung 9: Netto-Nährstoffverschiebung und Anzahl Akteure des Hofdüngemarktes in 2015 und 2020.

5 Schätzung der Transportkosten für die Hofdüngerverschiebung

Abbildung 10a zeigt die Entwicklung der mittleren Transportdistanzen für eine durchschnittlich transportierte Tonne Hofdünger bzw. Recyclingdünger. Demnach wird eine Tonne Recyclingdünger im Mittel 20 km transportiert, bei Mist und Gülle sind die Transportdistanzen mit 9 km im Vergleich nur halb so lang. In den 6 Jahren von 2015 bis 2020 stiegen die mittleren Transportdistanzen bei Recyclingdünger nur minimal um 1 km an, bei Gülle und Mist haben sich die Transportdistanzen nicht verändert. Der Anteil des Recyclingdüngers an der Gesamtmenge transportierter Hof- und Recyclingdünger beträgt über die Jahre 2015 bis 2020 konstant etwa ein Viertel (Abbildung 10b). Bei der Transportmenge ergibt sich ein steigender Trend bei beiden Düngerarten. Die transportierte Menge Recyclingdünger stieg von 0,82 Mio. Tonnen auf 1,13 Mio. Tonnen, also um gut 37,4 %. Die Menge an Gülle und Mist, gemessen an der transportierten Menge wuchs von 2,82 Mio. Tonnen auf 3,85 Mio. Tonnen und nahm damit um 36,7 % zu. Wie bereits in Kapitel 4 dargestellt, verläuft diese Entwicklung parallel zum ansteigenden Trend der Netto-Nährstoffverschiebungen. Wachsende Transportdistanzen bei Recyclingdüngern als auch zunehmende Transportmengen, sowohl beim Hofdünger als auch bei Recyclingdüngern, deuten auf eine zunehmende Dynamik hin.

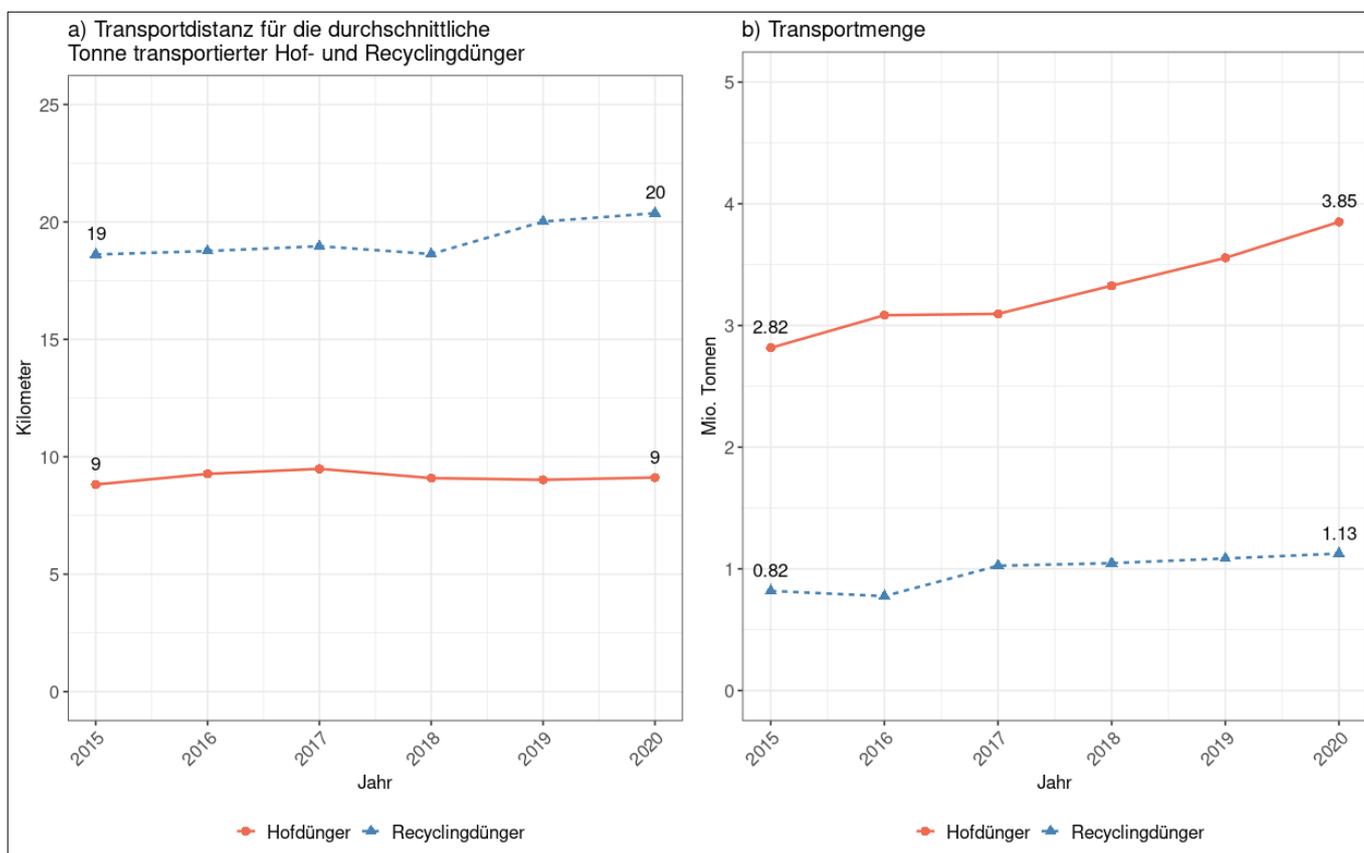


Abbildung 10: Transportdistanzen und Transportmengen transportierter Hofdünger, unterschieden nach Düngerart.

Dabei ist es interessant, dass die Ostschweizer Bergkantone Appenzell Ausserrhoden und Graubünden die Tonne Hof- und Recyclingdünger am weitesten transportieren (> 15 km). Die Westschweizer Kantone Neuenburg und Jura fahren hingegen im Mittel die kürzesten Strecken (< 5 km). Jene Kantone, die die grösste Menge transportieren, wie Luzern (0,71 Mio. Tonnen) und Aargau (0,69 Mio. Tonnen) legen Entfernungen zwischen 12 und 17 km zurück (Abbildung 11).

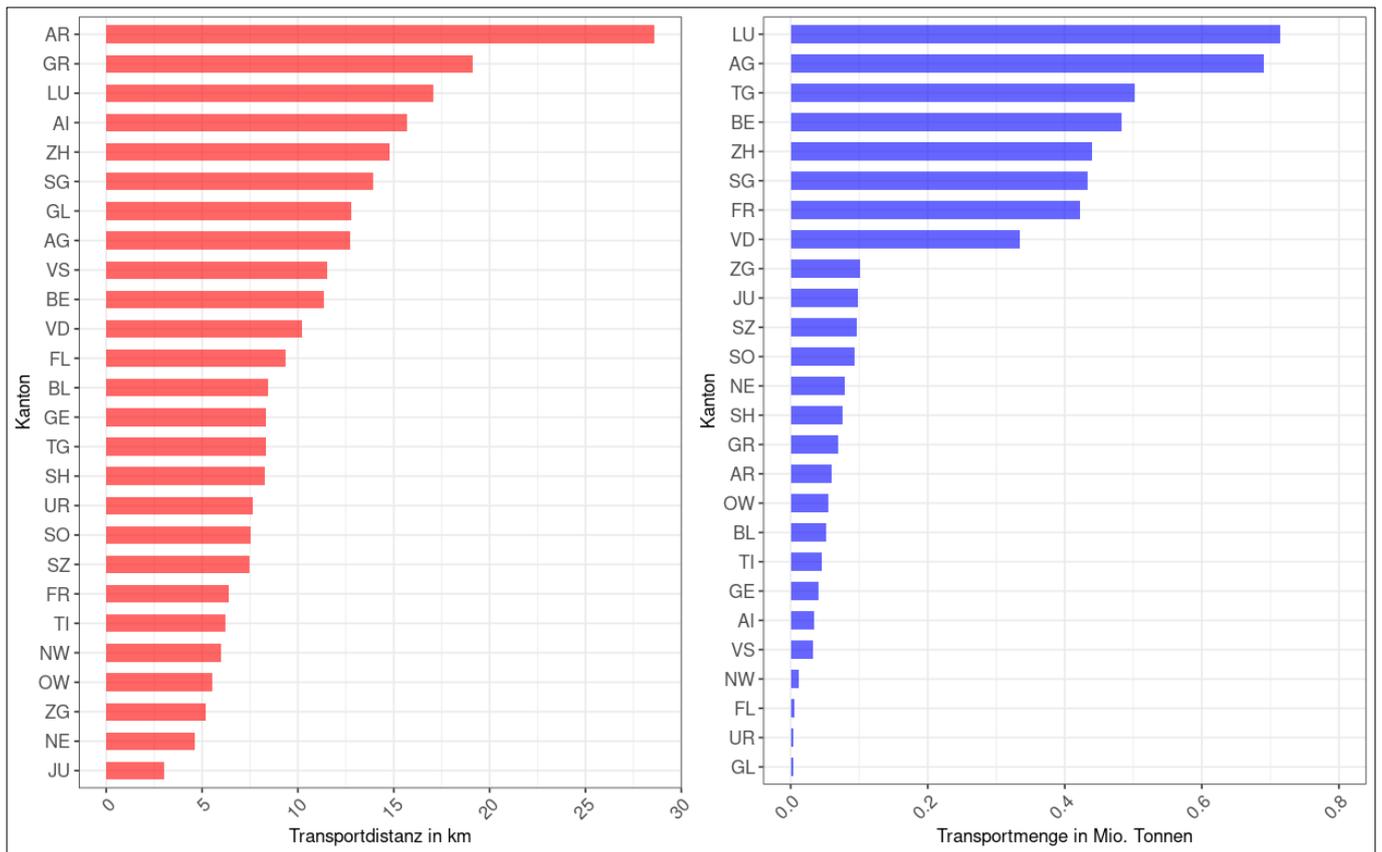


Abbildung 11: Transportdistanzen und Transportmengen nach Abgeber-Kanton im Jahr 2020 (inkl. Liechtenstein).

Schliesslich sind in Abbildung 12 die interkantonalen Hof- und Recyclingdüngerverschiebungen in Tonnen dargestellt. Es ist ersichtlich, dass mit Abstand die grössten Hofdüngermengen innerhalb eines Kantons verschoben werden. Überkantonale Abfuhrungen haben vor allem die Kantone Luzern, Aargau (vor allem bei Recyclingdünger), Thurgau, Bern, Zürich und St. Gallen. Wichtige Abnahmekantone sind Zürich, Bern, Thurgau und vor allem bei Hofdünger der Kanton Aargau.

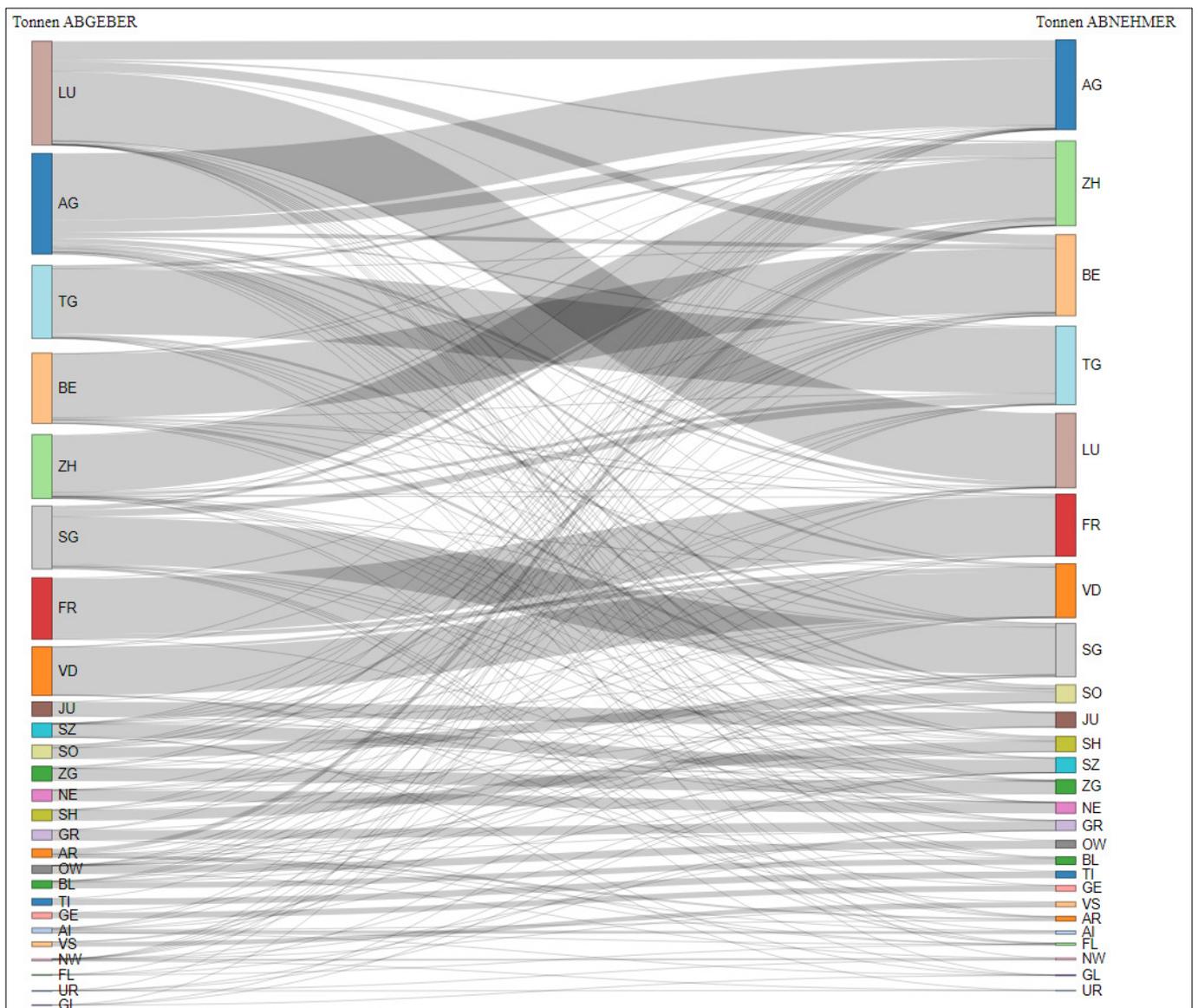


Abbildung 12: Interkantonale Hof- und Recyclingdüngermengenverschiebung im Jahr 2020 (inkl. Liechtenstein).

Abschliessend werden in Abbildung 13 die berechneten mittleren Transportdistanzen in Kilometer, die Transportmengen in Mio. Tonnen, sowie die sich daraus als Produkt ergebende Transportleistung in Mio. Tonnenkilometer sowie die von uns geschätzten Transportkosten in Mio. CHF für den Zeitraum 2015–2020, gruppiert nach Akteur dargestellt.

Die mit Abstand grösste Transportleistung fällt auf die Gruppe der Abgeber & Abnehmer ohne Direktzahlungen. Sie legen zum einen im Schnitt die grössten Transportdistanzen zurück (15,8 km) und transportieren in der Summe die grösste Menge (1,73 Mio. Tonnen), was wiederum in 2020 mit 27,4 Mio. tkm die höchste Transportleistung im Vergleich bedeutet. Zum anderen verursachen sie dadurch gemäss unseren Schätzungen in 2020 die höchsten Transportkosten mit rund 12,7 Mio. CHF. Deren Verrechnung erfolgt mittels Verteilschlüssel über die abgebenden und abnehmenden Partner. Zur zweitwichtigsten Gruppe gehören die direktzahlungsberechtigten Abgeber, also jene Betriebe die potenziell ihre Suisse-Bilanz überschreiten und deshalb überschüssigen Hofdünger abgeben müssen. Letztere fahren zwar mit rund 9 km deutlich kürzere Strecken als die Abgeber, die keine Direktzahlungen erhalten, allerdings transportieren sie in Summe mit zirka 1,36 Mio. Tonnen die zweitgrösste Menge Hof- und Recyclingdünger und damit nur 0,37 Mio. Tonnen weniger als die erstgenannte Gruppe. Ihre Transportleistung beträgt in Summe zirka 12 Mio. tkm und die Transportkosten fallen mit schätzungsweise 5,9 Mio. CHF zu Buche.

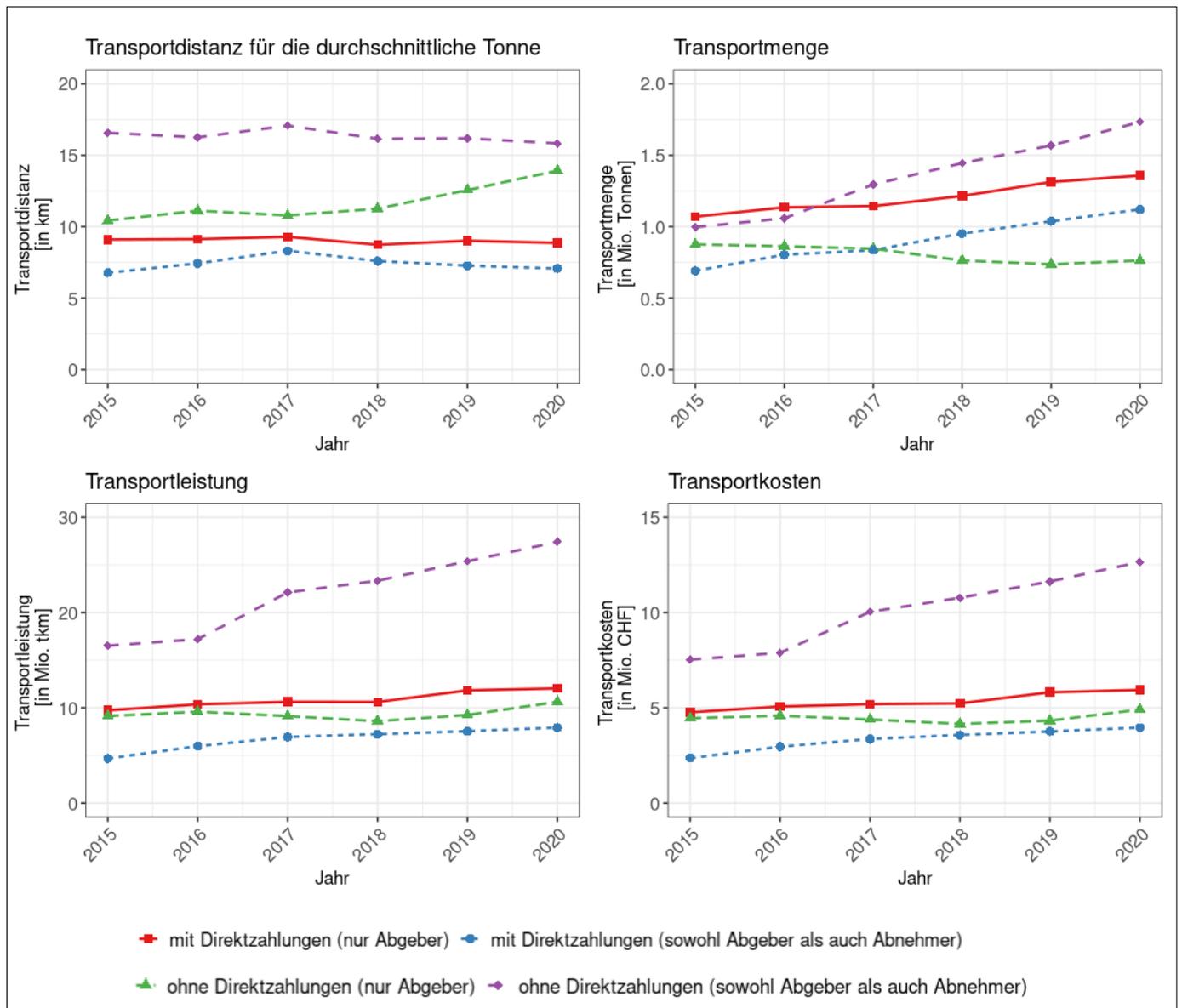


Abbildung 13: Entwicklung der Distanzen, Mengen, Leistung und Kosten für den Transport von Hof- und Recyclingdünger im Zeitraum 2015 bis 2020 (gruppiert nach Akteur).

Da in HODUFLU sämtliche Hof- und Recyclingdüngerlieferungen der Schweiz erfasst sind, ist es relativ einfach die entsprechenden Transportkennzahlen auf die nationale Ebene hochzurechnen (Tabelle 6). Die Entfernung für eine Tonne Hof- und Recyclingdünger beträgt durchschnittlich zirka 11 km mit leichtem Anstieg von 0,7 km im Untersuchungszeitraum. Gemäss unseren Schätzungen werden etwa 55 % der Hof- und Recyclingdünger per Traktor und die restlichen rund 45 % per Lkw transportiert. Die Transportmenge stieg von 2015 mit 3,63 Mio. Tonnen bis 2020 mit rund 4,98 Mio. Tonnen um etwa 37,2 %. Daraus ergeben sich Transportleistungen im Umfang von 40,1 Mio. tkm in 2015 und 58,0 Mio. tkm in 2020. Unter Berücksichtigung unserer Preisannahmen aus Tabelle 14 im Anhang 11.3 bedeutet das schliesslich eine Steigerung der geschätzten Transportkosten des gesamtschweizerischen Hof- und Recyclingdüngertransports von 19,1 Mio. CHF im Jahr 2015 auf 27,5 Mio. CHF in 2020 um gut 44 %. Allerdings muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden, dass die in dieser Studie angenommene Transportlogistik von den auf den einzelnen Betrieben tatsächlich genutzten Maschinenausstattungen abweichen können und damit auch andere Transportkosten anfallen. Dennoch bieten unsere Berechnungen erste Anhaltspunkte für Grössenordnungen in diesem Bereich.

Abschliessend approximieren wir in Tabelle 7 die nationalen Transportkosten für Hof- und Recyclingdünger für verschiedene Preisszenarien, die in etwa in der Spanne unserer Preiskalkulationen für verschiedene Transportlogistiken liegen (siehe Tabelle 13, Anhang 11.3). Schätzungsweise dürften gemäss unseren Berechnungen die gesamthaft in der Schweiz anfallenden Transportkosten für die Verschiebung von Hof- und Recyclingdüngern im Jahr 2020 zwischen 17,4 und 52,2 Mio. CHF betragen haben.

Tabelle 6: Distanzen, Mengen, Leistung und Kosten des Hofdüngertransports in der Schweiz (2015 und 2020).

Ø Transportdistanz		Transportmenge Mio. t		Transportleistung Mio. tkm		Transportkostenschätzung Mio. CHF	
2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020
11,0 km	11,7 km	3,63	4,98	40,10	58,0	19,1	27,5

Quelle: Eigene Berechnungen.

Tabelle 7: Schätzung der nationalen Transportkosten der Hofdüngerverschiebung unter verschiedenen Preisannahmen.

Jahr	Rp. / tkm	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
2015	Mio. CHF	12,03	16,04	20,05	24,06	28,07	32,08	36,09
2020	Mio. CHF	17,40	23,20	29,00	34,80	40,60	46,40	52,20

Quelle: Eigene Berechnungen.

6 Diskussion und Ausblick

Die vorliegende Arbeit reiht sich ein in eine Vielzahl von Studien rund um die «Ressource» Hof- und Recyclingdünger (Burg 2021; Bütler 2021; Mohr u. a. 2019; Scharrer 2022; Schnorf u. a. 2021). Spezifisch werfen wir an dieser Stelle einen Blick auf die verschiedenen Akteure des Hofdüngermarktes und charakterisieren diese anhand ihrer landwirtschaftlichen Strukturen. Ebenso untersuchen wir die Entwicklung der Netto-Nährstoffverschiebungen zwischen «abgebenden» und «abnehmenden» Akteuren für den Zeitraum von 2015 bis 2020. Zudem schätzen wir Transportdistanzen und Transportkosten, die potenziell durch den «Handel» mit Hofdüngern in der Schweiz anfallen.

Im Falle des Hofdüngermarktes handelt es sich um einen gänzlich unvollkommenen Markt, der durch eine Vielzahl von Regulierungen beeinflusst ist. Hofdünger entsteht als Nebenprodukt der Tierhaltung. Je mehr Tiere gehalten werden, umso mehr Hofdünger fällt an. Die über die Fütterung der Tiere aufgenommenen Nährstoffe gelangen nach Ausscheidung über Kot und Harn als organischer Dünger wieder zurück auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche und werden durch die angebaute Kulturen verwertet. Problematisch ist jedoch, dass einerseits Denitrifikationsprozesse, die meist im Zusammenhang mit der Hofdüngerausbringung und Lagerung ablaufen, molekularen Stickstoff (N_2) und Distickstoffmonoxid (N_2O ; auch Lachgas genannt) bilden (Scharrer 2022). Letzteres ist als Treibhausgas bekannt. Die Wirkung von Lachgas auf das Klima ist auf einer Zeitskala von 100 Jahren etwa 270-mal grösser als bei CO_2 (Neu 2022). In der Schweiz stammen etwa 70 % aller stickstoffhaltigen Luftschadstoffe, wie beispielsweise Ammoniak (NH_3) aus der Landwirtschaft. Zudem gelangt Stickstoff als Nitrat (NO_3) in seiner gelösten Form in das Wasser und damit in die Umwelt; Phosphor ebenfalls (Guntern u. a. 2020). Das Gefahrenpotenzial von zu viel Hofdünger für die Umwelt und damit für die Gesellschaft ist weitgehend unstrittig und wird deshalb durch politische Vorgaben reguliert. Dies geschieht entweder direkt durch Gesetze und Verordnungen (z. B. GSchG, GSchV, DZV, etc.) oder indirekt durch Vorgaben zum Erhalt von Direktzahlungen (z. B. ÖLN: u.a. ausgeglichene Nährstoffbilanz, Aufzeichnungspflicht der Hofdüngerlieferungen, etc.) (BLW 2021). Der einzelbetriebliche Handlungsspielraum in der Landwirtschaft ist somit bereits stark eingeschränkt und dennoch werden die Umweltziele des Bundes bislang verfehlt (Schweizerischer Bundesrat 2018).

Die Politik muss verschiedene Ziele gegeneinander abwägen. Die Sicherstellung der Versorgung der Bevölkerung mit bezahlbaren, qualitativ hochwertigen, inländisch produzierten Nahrungsmitteln auf einer immer kleiner werdenden, nutzbaren Acker- und Grünlandfläche auf der einen Seite, stehen einer notwendigen Begrenzung der Intensität der Flächennutzung und damit auch der Tierdichte gegenüber, um den zunehmenden Problemen im Bereich Klima- Wasser- und Biodiversitätsverlust entgegenzuwirken. Nicht überall dort, wo kritische Nährstoffmengen anfallen, stehen genügend düngbare Nutzflächen zur Verfügung. Somit gibt es in diesen Regionen ein Überangebot an Hofdünger-Nährstoffen und nur wenig Nachfrage. Dazu kommt, dass der Transport, die Ausbringung sowie die Inhomogenität des Hofdüngers Kosten verursachen, die höher sind als jene der Mineraldüngung (Bütler 2021). Dies sind Gründe, warum bislang kaum Nachfrage nach den im Hofdünger enthaltenen Nährstoffen besteht und selbst von viehlosen Betrieben nur eine sehr geringe Bereitschaft vorhanden ist, für das Nährstoffangebot einen Preis zu bezahlen. Die Nachfrage ergibt sich vielmehr auf Seiten der Hofdünger-Abgeber, welche aufgrund der gesetzlichen Bestimmungen und der Auflagen zum Erhalt von Direktzahlungen ihren Hofdünger auf fremden düngbaren Nutzflächen quasi «entsorgen» müssen. Als Anreiz für die Abnehmer mit freien Aufnahmekapazitäten zahlen die Abgeber die Transportkosten für die Hofdüngerverschiebung selbst.

Die aktuellen weltpolitischen Ereignisse sorgen allerdings für einen ökonomisch bedingten Anpassungsdruck, auch im Hofdüngermarkt. Ein grosser Teil des Mineraldüngers wird in die Schweiz importiert. «Auf Ebene Stickstoff deckten die eingeführten Mineraldünger im Jahr 2020 einen Anteil von 23,8 % des Schweizer Gesamtdüngerbedarfs» (Hofer 2022a). Die Hälfte der Düngereinfuhren gelangt dabei über den Rhein mit dem Schiff in die Schweiz, ebenso wie wichtige Energieträger (Hofer 2022a). Beide Produktionsmittel waren im Juli 2022 im Vergleich zum Vorjahr 50 % teurer (Agristat 2022). Die Teuerung ist Folge der Mangellagen, ausgelöst durch den Ukraine-Krieg und die tiefen Pegelstände der Wassertransportwege aufgrund der Trockenheit in 2022. Dies könnte zum einen dazu führen, dass der Düngerwert des Hofdüngers zukünftig wieder vermehrt wahrgenommen wird. Bei höheren Mineraldüngerpreisen und geringer Verfügbarkeit mineralischer Dünger steigt die relative Vorzüglichkeit der Hofdüngerausbringung um die Naturalerträge in der pflanzlichen Produktion zu sichern.

Des Weiteren gewinnt aktuell der Hofdünger an Attraktivität als Rohstoff für die Energie- und Wärmegewinnung in Biogasanlagen. Das Potenzial der energetischen Nutzung von Gülle in der Schweiz ist hoch und ermöglicht eine grössere Energieunabhängigkeit von den traditionellen fossilen – aktuell knappen – Energieträgern (Burg u. a. 2021). Allerdings erfordert der Transport selbst Treibstoff, dessen Verbrennung zu den Treibhausgasemissionen beiträgt (Schnorf u. a. 2021). Schorf u.a. (2021) stellen aber gleichzeitig fest, dass die Kosten das Haupthindernis für den Transport von Gülle sind und nicht die Energie- oder Emissionsleistung. Sie beziffern den Energieaufwand für den Transport von Gülle zur Biogasanlage auf weniger als 5 %. Ebenso konstatieren sie, dass die landwirtschaftlichen Transporte für Gülle unter Kostengesichtspunkten 3 km nicht überschreiten sollten, hinsichtlich Energie oder CO₂-Emissionen jedoch auf über 145 km ausgedehnt werden könnten. Burg (2021) schätzt, dass sich mit dem Schweizer Hofdünger etwa 10 PJ Biogas produzieren liessen. Durch die Verarbeitung der geschätzten Menge an Hofdünger durch anaerobe Vergärung könnten gemäss Burg (2021) 159 kt CO₂-Äquivalent-Emissionen im Vergleich zu den derzeitigen Hofdünger-Management-Praktiken eingespart werden, was einem Beitrag von 0,8 % zum Ziel des Pariser Klimaabkommens entspräche. Als limitierenden Faktor für die Verarbeitung von Hofdünger zu Biogas nennt die Autorin die Struktur der Schweizer Landwirtschaft mit vielen kleinen abgebenden Betrieben. Sie schlägt daher vor, kleindimensionierte, gemeinschaftlich genutzte Biogasanlagen im Bereich von 100-300 GJ Biogas pro Jahr zu fördern.

Ausgehend von den politischen Bestrebungen, die Stickstoff- und Phosphorüberschüsse der Landwirtschaft weiter zu reduzieren und der Verknappung von Energieträgern und Mineraldüngern ist es plausibel, dass die transportierten Hofdüngermengen zukünftig ansteigen werden. Unsere Analyse der HODUFLU-Daten und die Schätzungen zu den Netto-Nährstoffverschiebungen, den Transportdistanzen und -mengen sowie den Transportkosten bieten eine Basis für die Integration dieser Daten in das agentenbasierte Modell SWISSland. Sowohl die einzelbetriebliche als auch die sektorale Modellierung der Auswirkungen einer potenziell möglichen Herabsetzung der DGVE-Limite oder die Modellierung der Anpassungen bei Auflagen zum Erhalt von Direktzahlungen, wie beispielsweise der Wegfall der 10%-Fehlertoleranz bei der Suisse-Bilanz ab 2024, wird damit besser möglich. Die Kosten derartiger Politik-anpassungen im Hofdüngerbereich könnten somit genauer bestimmt und gleichzeitig ein allfälliger Nutzen aufgrund der Menge an Emissionsreduktionen quantifiziert werden. Allerdings sind weitere Arbeiten erforderlich, um Wege aufzuzeigen, wie das Potenzial der Verwertung der Hofdünger als «Energierohstoff» und gleichzeitig als wertvoller Dünger umweltschonend genutzt werden kann.

7 Literaturverzeichnis

- Agridea, BLW. 2020. «Wegleitung Suisse-Bilanz Auflage 1.16, Juli 2020».
- Agristat. 2022. «Teuerung in der Landwirtschaft». <https://www.sbv-usp.ch/de/woche-38-2022/>.
- BAFU, und BLW. 2012a. «Nährstoffe und Verwendung von Düngern in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe. Teilrevidierte Ausgabe 2021». Umwelt-Vollzug Nr. 1225, Bern.
- . 2012b. «Nährstoffe und Verwendung von Düngern in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft.» Nr. 1225. Umwelt-Vollzug. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- BLW, und AGRIDEA. 2020. «Umrechnungshilfe zur Übernahme von TVD-Tierbeständen in die Suisse-Bilanz (SuiBiTrans_RiV_Bov & SuiBiTrans_Pfe_Che)».
- BLW, Bundesamt für Landwirtschaft. 2021, «Agrarbericht».
- . 2022. «Pa.Iv. 19.475 Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren. Verordnungspaket für sauberes Trinkwasser und eine nachhaltigere Landwirtschaft». https://www.blw.admin.ch/dam/blw/de/dokumente/Politik/Agrarpolitik/Parlamentarische_Initiative__Pestizide_reduzieren/presentation_paiv_19475.pdf.download.pdf/StandardPPT_OELN_PSB_Palv19.475_DE.pdf.
- Briner, Peter. 2020. «Preisliste 2020». <https://www.pe-briner.ch/Farmerprodukte/Fluessige-Hof-und-Recyclingduenger/>.
- Burg, Vanessa. 2021. «Sustainable Bio-Resources for an Energetic Use in Switzerland: Assessment, Projections and Mobilization Strategies with a Special Focus on Manure». Zürich: ETH Zürich.
- Burg, Vanessa, Gillianne Bowman, Oliver Thees, Urs Baier, Serge Biollaz, Theodoros Damartzis, Jean-Louis Hersener, u. a. 2021. «White Paper: Biogas from animal manure in Switzerland: energy potential, technology development and resource mobilization». SCCER-BIOSWEET. Birmensdorf: Swiss Federal Research Institute WSL.
- Bütler, Alain. 2021. «Machbarkeitsstudie für einen internetbasierten Marktplatz für Hof- und Recyclingdünger». Zollikofen: Berner Fachhochschule.
- Dettwiler, Johannes, Jean-Pierre Clément, und Georges Chassot. 2006. «Düngung und Umwelt. Fachkommentare zum anwendbaren Bundesrecht». Nr. 0617. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- Deutscher Bundestag. 2017. «Kurzinformation Raumgewicht und Rauminhalt von Wirtschaftsdüngerarten». Fachbereich WD 8 (Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und Forschung).
- Gazzarin, Christian. 2020a. «Maschinenkosten 2020. Richtwerte für die Kosten von Maschinen, Arbeit, Gebäude und Hoftechnik». 347, Agroscope Transfer.
- . 2020b. «TractoScope (Berechnungsprogramm Maschinenkosten) Version 5.1». Agroscope.
- Gebert, Stefan. 2021. «Berechnung der Lagerkapazität für Hofdünger und Abwasser». Landwirtschaftsamt Aargau. <https://www.ag.ch/de/verwaltung/dfr/landwirtschaft/ressourcenschutz/baulicher-umweltschutz/anlagen-und-lagerkapazitaeten>.
- Guntern, Jodok, Anja Eichler, Frank Hagedorn, Loïc Pellisier, Margit Schwikowski, Ole Seehausen, Christian Stamm, u. a. 2020. «Übermässige Stickstoff- und Phosphoreinträge schädigen Biodiversität, Wald und Gewässer», Swiss Academies Factsheet, 15 (8). <https://doi.org/DOI: 10.5281/zenodo.4269631>.
- Hofer, Nicolas. 2022a. «Dünger: Preis- und Importentwicklung in Zeiten der Unruhe». AGRISTAT 22–07. Brugg.
- . 2022b. «Hof- und Recyclingdünger im HODUFLU», Agristat 22-06, 2022.
- Hoffmann, Hubert, und Ulrich Hege. 1991. «Gülle - ein wertvoller Wirtschaftsdünger», AID - 1149, 1991.
- Hoop, Daniel, und Dierk Schmid. 2020. «Betriebstypologie ZA2015 der Zentralen Auswertung von Buchhaltungsdaten». Version 1.5, Mai 2020. Tänikon: Agroscope.

- Marti, Karin, Bertil O. Krüsi, Johannes Heeb, und Erich Theis. 1997. «Pufferzonenschlüssel Leitfaden zur Ermittlung von ökologisch ausreichenden Pufferzonen für Moorbiotope». BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt. Bern: Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft (BUWAL).
- Mederle, Michael, Adrian Urban, Hubert Fischer, Ulrich Hufnagel, und Heinz Bernhardt. 2015. «Optimierungspotenzial eines Standardtraktors im Straßentransport». *landtechnik* 70 (5): 194–202. <https://doi.org/DOI:10.15150/lt.2015.2675>.
- Merbold, Lutz, und Gérard Gaillard. 2021. «Nachhaltigkeit, Stoffflüsse und Umweltwirkungen der Landwirtschaft bewerten und Verbesserungsmöglichkeiten aufzeigen (SFF14). Auszug aus dem Agroscope Arbeitsprogramm 2022-2025».
- Mohr, Lukas, Vanessa Burg, Oliver Thees, und Evelina Trutnevyte. 2019. «Spatial Hot Spots and Clusters of Bioenergy Combined with Socio-Economic Analysis in Switzerland». *Renewable Energy* 140 (September): 840–51. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.093>.
- Möhring, Anke, Gabriele Mack, Albert Zimmermann, Ali Ferjani, Alena Schmidt, und Stefan Mann. 2016. «Agent-Based Modeling on a National Scale – Experiences from SWISSland». *Social Issues* 30. Agroscope Science.
- Neu, U. 2022. «Climate effect and CO2 equivalent emissions of short-lived substances», *swiss academies communications*, Vol. 17 (Nr. 5). <https://doi.org/DOI: doi.org/10.5281/zenodo.6343974>.
- Richner, Walter, und Sokrat Sinaj. 2017. «Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD)». Spezialpublikation. Agrarforschung Schweiz, Bern: Agroscope.
- Schäfer, David, Wolfgang Britz, und Till Kuhn. 2020. «Modelling policy induced manure transports at large scale using an agent-based simulation model». Discussion Paper 5. Institute for Food and Resource Economics, University of Bonn.
- Scharrer, Bettina. 2022. «Fördert die Schweizer Agrarpolitik die Entwicklung einer nachhaltigen und standortgerechten Landwirtschaft ausreichend? Eine Analyse der aktuellen Instrumente, Zielkonflikte und des Handlungsbedarfs». Bern: Centre for Development and Environment (CDE) University of Bern.
- Schnorf, Vivienne, Evelina Trutnevyte, Gillianne Bowman, und Vanessa Burg. 2021. «Biomass Transport for Energy: Cost, Energy and CO2 Performance of Forest Wood and Manure Transport Chains in Switzerland». *Journal of Cleaner Production* 293 (April): 125971. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125971>.
- Schweizerischer Bundesrat. 2018. «Umwelt Schweiz 2018. Bericht des Bundesrates», Bern. www.bafu.admin.ch/ub2018.
- Sutter, Michael, und Beat Reidy. 2021. «Teilevaluation «Nationale Suisse-Bilanz – Fokus Selbstdeklaration» mit ergänzenden Validierungsarbeiten für die Erträge Futterbau». Schlussbericht. Zollikofen: Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- & Lebensmittelwissenschaften HAFL.
- swisstopo. 2022. «Amtliches Verzeichnis der Gebäudeadressen (swisstopo)». Bundesamt für Landestopografie KOGIS (Koordination, Geoinformation und Services). 2022. <https://www.geo.admin.ch/de/home.detail.news.html/geo-internet/news2020/news20200627.html>.
- Uebersax, A, S Jenni, B Koch, W Richner, und O Huguenin-Elie. 2017. «Fachliche Überprüfung der im Gewässerschutzgesetz festgelegten Limitierung der Düngerausbringung pro Hektare Nutzfläche». Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Bern.

Gesetze und Verordnungen

- BGBB, 2014. «Bundesgesetz über das bäuerliche Bodenrecht 211.412.11» vom 1. Januar 2014.
- DZV 2020. «Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung, DZV)» 910.13 vom 1. Januar 2020.
- GPK-N 2022. Grundwasserschutz in der Schweiz. Bericht der Geschäftsprüfungskommission des Nationalrates vom 28. Juni 2022.

GSchG 2021. Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, SR 814.20) vom 24. Januar 1991 (Stand am 1. Januar 2021).

GSchV 2020. Gewässerschutzverordnung, SR 814.201» vom 01. Januar 2020.

LwG 2021. Bundesgesetz über die Landwirtschaft (Landwirtschaftsgesetz, SR 910.1) vom 29. April 1998 (Stand am 1. Januar 2021).

USG 2021. Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, SR 814.01) vom 7. Oktober 1983 (Stand am 1. Januar 2021).

Daten

BLW 2015–2020. Daten aus dem Agrarpolitischen Informationssystem AGIS. Bern.

BLW 2015–2020. Daten aus der Internetapplikation HODUFLU. Bern.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht zur Datengrundlage.....	8
Abbildung 2: Systemgrenzen der berücksichtigten Hofdüngerverschiebungen.....	9
Abbildung 3: Brutto-Nährstoffabgabe- und –abnahme nach Akteuren gruppiert (Achsenkalen logarithmiert).	10
Abbildung 4: Kumulierte Transportmenge mit zunehmender Transportdistanz (2015 bis 2020).....	13
Abbildung 5: Anzahl Akteure erfasst in AGIS und HODUFLU im Jahr 2020.	15
Abbildung 6: Anteile der Betriebstypen nach ZA2015 der direktzahlungsberechtigten HODUFLU-Betriebe im Jahr 2020 [n=19020].	17
Abbildung 7: Anteile der Betriebsformen der HODUFLU-Betriebe ohne Direktzahlungen im Jahr 2020 [n=2472].	19
Abbildung 8: Entwicklung der Nährstoffeffizienz und Netto-Nährstoffverschiebung für Stickstoff- und Phosphor von 2015 bis 2020.	21
Abbildung 9: Netto-Nährstoffverschiebung und Anzahl Akteure des Hofdüngemarktes in 2015 und 2020.	21
Abbildung 10: Transportdistanzen und Transportmengen transportierter Hofdünger, unterschieden nach Düngerart.	22
Abbildung 11: Transportdistanzen und Transportmengen nach Abgeber-Kanton im Jahr 2020 (inkl. Liechtenstein).	23
Abbildung 12: Interkantonale Hof- und Recyclingdüngermengenverschiebung im Jahr 2020 (inkl. Liechtenstein). .	24
Abbildung 13: Entwicklung der Distanzen, Mengen, Leistung und Kosten für den Transport von Hof- und Recyclingdünger im Zeitraum 2015 bis 2020 (gruppiert nach Akteur).....	25

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Annahmen zum Raumgewicht verschiedener Hofdüngerarten.....	12
Tabelle 2: Charakterisierung der verschiedenen HODUFLU-Akteure im Jahr 2020.....	16
Tabelle 3: Anteile der direktzahlungsberechtigten HODUFLU-Akteure je Betriebstyp im Jahr 2020.	18
Tabelle 4: Anteile der HODUFLU-Akteure ohne Direktzahlungen je Betriebsform im Jahr 2020.	19
Tabelle 5: In HODUFLU erfasste Nährstoffmengen und Netto-Nährstoffverschiebungen im Jahr 2020, unterschieden nach Akteur [in t N _{ges} bzw. t P ₂ O ₅].	20
Tabelle 6: Distanzen, Mengen, Leistung und Kosten des Hofdüngertransports in der Schweiz (2015 und 2020). ..	26
Tabelle 7: Schätzung der nationalen Transportkosten der Hofdüngerverschiebung unter verschiedenen Preisannahmen.	26
Tabelle 8: Anzahl Akteure ohne Landwirtschaftliche Nutzfläche.....	34
Tabelle 9: Betriebstypen für direktzahlungsberechtigte Akteure nach Systematik ZA2015.....	34
Tabelle 10: Betriebsformen der Akteure ohne Direktzahlungen.....	35
Tabelle 11: GVE- und DGVE-Faktoren pro Platz.	37
Tabelle 12: Standortlich und gewässerschützerisch höchstzulässige Belastung düngbarer Nutzflächen.	39
Tabelle 13: Berechnung der Kosten je Einheit Transportleistung.	39
Tabelle 14: Preisannahmen für die individuelle Schätzung der Transportkosten in Abhängigkeit der mittleren Transportdistanz je Betrieb und Jahr.	40

10 Danksagung

Ich danke Michael Simmler (Agroscope) für seine hilfreichen Kommentare, Ideen und kritischen Anmerkungen sowie für die Unterstützung bei der Berechnung der Transportdistanzen. Ebenso bedanke ich mich bei Ernst Spiess (Agroscope) und Alain Bütler (Agroscope) für ihre fachlichen Anregungen und konstruktiven Hinweise. Ein ganz besonderes Dankeschön geht an Frau Christine Bosshard und Herrn Walter Richner (Kanton St. Gallen, Bau- und Umweltdepartement, Amt für Umwelt AFU), die ihre fachliche Expertise und die Erfahrungen aus dem kantonalen Vollzug bereitwillig zur Verfügung gestellt haben.

11 Anhang

11.1 Zuordnung der Betriebstypen und Betriebsformen

Tabelle 8: Anzahl Akteure ohne Landwirtschaftliche Nutzfläche.

Jahr	AGIS-Betriebe	davon HODUFLU-Betriebe	davon Veredlungsbetriebe	davon Abgeber
	n	%	%	%
2015	59	95	98	100
2016	59	96	93	100
2017	67	98	90	100
2018	113	99	77	100
2019	88	99	97	100
2020	90	99	96	100

Tabelle 9: Betriebstypen für direktzahlungsberechtigte Akteure nach Systematik ZA2015.

ZA2015 Code	Betriebstyp	Zuordnung zu Gruppe
4110	Ackerbau	Ackerbau & Kombinierte
4510	Kombiniert Milchkühe / Ackerbau	
4121	Gemüse-Gartenbau	Gemüse, Obst, Wein & Andere Dauerkulturen
4122	Obstbau	
4123	Weinbau	
4124	Andere Spezialkulturen	
4211	Spezialisierte Milchproduktion	Milch-, Mutterkuh, Rinder & Kombinierte
4212	Milchproduktion mit Aufzucht / Mast	
4220	Mutterkühe	
4230	Rindvieh gemischt	
4520	Kombiniert Mutterkühe	
4541	Kombiniert Andere / Milchkühe	
4542	Kombiniert Andere / Rindvieh	Pferde, Schafe, Ziegen & Sonstige Kombinierte
4310	Pferde/Schafe/Ziegen	
4543	Kombiniert nicht zuteilbar	Schweine, Geflügel & Kombinierte
4411	Schweine	
4412	Geflügel	
4413	Andere Veredlung	
4530	Kombiniert Veredlung	

Quelle: (Hoop und Schmid 2020).

Tabelle 10: Betriebsformen der Akteure ohne Direktzahlungen.

HODUFLU-Betriebsform	Zuordnung zu Gruppe
Betrieb (Ganzjahres)	GJ-Betrieb
Betriebsgemeinschaft	Betriebsgemeinschaft
Nicht zugeteilt	Nicht zugeteilt oder nicht bekannt (NA)
Nichtkommerzielle Tierhaltung	NK-Tierhaltung
Gemeinschaftsweidebetrieb	Produktionsstätten / Sömmerungsbetriebe / Gemeinschaftliche Weidebetriebe
Produktionsstätte	
Sömmerungsbetrieb	
Vergärungs- und Kompostierungsanlage	Biogas-/ Kompostieranlage
Tierhaltung	Schlachtbetriebe/ Viehhandel/ Sonstige Tierhaltungen/ etc.
Schlachtbetriebe	
Viehhandelsunternehmen	
Viehmärkte, Viehauktionen, Viehausstellungen und ähnliche Veranstaltungen	

Quelle: HODUFLU 2015–2020.

11.2 Berechnungen zur DGVE-Limite

11.2.1 Berechnung der düngbaren Nutzfläche

Als düngbare Nutzflächen (DF) gelten alle zur Düngung geeigneten eigenen, gepachteten oder vertraglich gesicherten Nutzflächen (BAFU und BLW 2012b; Dettwiler, Clément, und Chassot 2006).

Dazu gehören:

- Alle düngbaren Nutzflächen,
- ohne Flächen innerhalb der LN mit Düngeverbot nach (USG, GSchG, LwG)
- ohne Flächen innerhalb der LN mit Kulturen ohne Nährstoffbedarf (DZV, Anhang 4 und Suisse-Bilanz).

Ausgeschlossen sind gemäss (BAFU und BLW 2012a):

- Riedgebiete und Moore
- 3 Meter Pufferstreifen entlang von Gewässern⁹, Waldbestockung («Waldränder»), Hecken und Feldgehölzen
- Festgelegter Gewässerraum
- Zone S1 von Grundwasserschutz zonen
- Flächen, die gestützt auf eidgenössisches oder kantonales Recht unter Naturschutz stehen (einschliesslich Pufferzonen gemäss Pufferzonenschlüssel (Marti u. a. 1997)), soweit die dazugehörigen Vorschriften nichts anderes bestimmen

⁹ Mangels verfügbarer Datengrundlage konnten diese Flächen nicht in den vorliegenden Berechnungen berücksichtigt werden.

- Für Betriebe, die gemäss ÖLN wirtschaften, gilt auf weiteren Flächen ein Düngeverbot (vgl. entsprechende Vorschriften in der DZV):
- Nicht düngbare Nutzflächen, wie extensiv genutzten Wiesen, Bunt- und Rotationsbrachen, etc.
- Biodiversitätsförderflächen mit Düngeverbot¹⁰,
- Hecken, Feld- und Ufergehölze, Streueflächen,
- Flächen ausserhalb LN

Im Gesetzestext des GSchG, Art. 14 Abs. 4 heisst es: „Auf 1 ha Nutzfläche darf der Dünger von höchstens drei Düngergrossvieheinheiten ausgebracht werden. Wird ein Teil des im Betrieb anfallenden Hofdüngers ausserhalb des ortsüblichen Bewirtschaftungsbereichs verwertet, so dürfen nur so viele Nutztiere gehalten werden, dass mindestens die Hälfte des im Betrieb anfallenden Hofdüngers auf der eigenen oder gepachteten Nutzfläche verwertet werden kann.“ Uebersax et al. (2017) weisen in ihrem Bericht darauf hin, dass in der Praxis sowohl DGVE/ha LN wie auch DGVE/ha DF berechnet werden. Ob die Kantone im Vollzug des GSchG ausschliesslich auf letztgenannte Bezugsgrösse abstützen, ist gemäss Uebersax et al. (2017) nicht eruierbar. In der vorliegenden Studie folgen wir dem «Schweizerischen Düngungskonzept» des BAFU, wonach als Bezugsgrösse die düngbare Nutzfläche gefordert wird (Dettwiler, Clément, und Chassot 2006; BAFU und BLW 2012a).

11.2.2 Berechnung der Düngergrossvieheinheiten DGVE

«Die Düngergrossvieheinheit ist eine normierte Einheit zur Standardisierung des Nährstoffanfalls verschiedener Nutztiere. Für die Umrechnung der Nutztiere eines Betriebs auf DGVE ist ihre jährlich ausgeschiedene Nährstoffmenge gemäss Tabelle 35 in GRUDAF 2009 massgebend. Eine DGVE entspricht einem jährlichen Anfall von 105 kg Stickstoff (Total-N [N_{tot}], ohne jeden Verlust) und 15 kg Phosphor (P) bzw. 34.4 kg P₂O₅. Wichtig auch zur Berechnung des Mindestviehbestands von 8 DGVE bei der Befreiung von der Anschlusspflicht an die Kanalisation (vgl. Modul Baulicher Umweltschutz) oder des maximalen Viehbestandes, welcher für ÖLN-Betriebe zu einer Befreiung von der Berechnungspflicht der ausgeglichenen Nährstoffbilanz führt. DGVE darf nicht verwechselt werden mit der Grossvieheinheit (GVE) nach LBV¹¹.» (BAFU und BLW 2012a)

Für die Berechnung der Nährstofflieferung aus tierischen Ausscheidungen und der zonenspezifischen Nährstoffbedarfsmengen über die pflanzliche Produktion werden die Koeffizienten und Annahmen aus den Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau GRUD (Richner und Sinaj 2017) sowie aus dem Fachbericht zur Überprüfung der im Gewässerschutzgesetz festgelegten Limitierung der Düngerausbringung pro Hektare Nutzfläche (Uebersax u. a. 2017) verwendet. Der Nutztierbestand eines Betriebes wird auf Basis der kalkulatorisch ausgeschiedenen Nährstoffmenge in DGVE umgerechnet (Art. 14 Abs. 4 GSchG). Die DGVE eines Betriebs wird aus dem Mittel zwischen N und P berechnet:

$$DGVE = \frac{(N - Tiere_{tot}/105) + (P_{2O5} - Tiere_{tot}/35)}{2}$$

In der vorliegenden Arbeit wurden die Faktoren in Tabelle 11 zur Berechnung der DGVE genutzt.

¹⁰ Für weitere Informationen siehe: <https://www.agrinatur.ch/bff> [23.12.2022]

¹¹ «Die GVE ist eine normierte Einheit zur Berechnung landwirtschaftlicher Direktzahlungen oder des Anfalls von Reinigungsabwasser im Stall. Eine GVE entspricht z. B. einer Milchkuh, 4 Zuchtebern, 5 Milchziegen oder 100 Legehennen.» (BAFU und BLW 2012a)

Tabelle 11: GVE- und DGVE-Faktoren pro Platz.

Tierart-Kategorie gemäss AGIS	GVE-Faktor	DGVE-Faktor
Rindergattung und Wasserbüffel, Milchkühe (Annahme: 7500 kg Milchleistung ¹)	1	1,09
Rindergattung und Wasserbüffel ² , Tiere über 730 Tage alt, weiblich	0,6	0,55
Rindergattung und Wasserbüffel ² , Tiere über 730 Tage alt, männlich	0,6	0,50
Rindergattung und Wasserbüffel ² , Tiere 365-730 Tage alt, weiblich	0,4	0,39
Rindergattung und Wasserbüffel ² , Tiere 365-730 Tage alt, männlich	0,4	0,39
Rindergattung und Wasserbüffel ² , Tiere 160-365 Tage alt, weiblich	0,33	0,35
Rindergattung und Wasserbüffel ² , Tiere bis 160 Tage alt, weiblich	0,13	0,21
Rindergattung und Wasserbüffel ² , Tiere 160-365 Tage alt, männlich	0,33	0,35
Rindergattung und Wasserbüffel ² , Tiere bis 160 Tage alt, männlich	0,13	0,21
Rindergattung und Wasserbüffel ² , Andere Kühe	1	0,8
Pferdegattung ² : weibliche und kastrierte männliche Tiere, über 900 Tage alt, Widerristhöhe ab 148 cm	0,7	0,50
Pferdegattung ² : Hengste über 900 Tage alt, Widerristhöhe ab 148 cm	0,7	0,54
Pferdegattung ² : Jungtiere über 180 Tage bis 900 Tage alt, Widerristhöhe ab 148 cm	0,5	0,36
Pferdegattung ² : Fohlen bis 180 Tage alt, Widerristhöhe ab 148 cm	0,3	0,19
Pferdegattung ² : weibliche und kastrierte männliche Tiere, über 900 Tage alt, Widerristhöhe bis 148 cm	0,35	0,33
Pferdegattung ² : Hengste über 900 Tage alt, Widerristhöhe bis 148 cm	0,35	0,54
Pferdegattung ² : Jungtiere über 180 Tage bis 900 Tage alt, Widerristhöhe bis 148 cm	0,25	0,33
Pferdegattung ² : Fohlen bis 180 Tage alt, Widerristhöhe bis 148 cm	0,15	0,22
Schafe gemolken	0,25	0,22
Andere weibliche Schafe über 1-jährig	0,17	0,15
Widder über 1-jährig	0,17	0,15
Jungschafe unter 1-jährig (in den Faktoren der weiblichen Tiere eingerechnet)		
Weidelämmer (Mast unter 0,5-Jährig), welche nicht den Muttertieren anzurechnen sind (ganzjährige Weidelämmermast)	0,03	0,02
Ziegen gemolken	0,2	0,19
Andere weibliche Ziegen über 1-jährig	0,17	0,16
Ziegenböcke über 1-jährig	0,17	0,16
Jungziegen unter 1-jährig (im Faktor des weiblichen Tieres eingerechnet)		
Bisons über 900 Tage alt	1	0,71
Bisons unter 900 Tage alt	0,4	0,24
Damhirsche jeden Alters	0,1	0,20

Rothirsche jeden Alters	0,2	0,39
Lamas über 2-jährig	0,17	0,17
Lamas unter 2-jährig	0,11	0,11
Alpakas über 2-jährig	0,11	0,11
Alpakas unter 2-jährig	0,07	0,07
Säugende Zuchtsauen (9,86 Umtriebe pro Jahr)	0,55	0,56
Nicht säugende Zuchtsauen über 6 Monate alt (ca. 3 Umtriebe pro Platz)	0,26	0,33
Zuchteber	0,25	0,23
Abgesetzte Ferkel	0,06	0,04
Saugferkel (im Faktor der Mutter eingerechnet)		
Remonten und Mastschweine (ca. 3,3 Umtriebe pro Platz)	0,17	0,14
Zuchthennen und Zuchthähne (Bruteierproduktion für Mastlinien)	0,01	0,01
Legehennen	0,01	0,01
Zuchthennen und Zuchthähne (Bruteierproduktion für Legelinien)	0,01	0,01
Junghennen, Junghähne und Küken (ohne Mastpoulets; 2,25 Umtriebe pro Jahr)	0,004	0,0039
Mastpoulets jeden Alters	0,004	0,0036
Truten jeden Alters (ca. 3 Umtriebe pro Platz)	0,015	0,0167
Trutenvormast (ca. 6 Umtriebe pro Jahr)	0,005	0,0041
Trutenausmast	0,028	0,023
Kaninchen, Produzierende Zibben	0,034	0,034
Kaninchen, Jungtiere	0,011	0,0106
Enten (ohne Zierenten)	0,008	0,008
Gänse	0,012	0,0126
Wachteln	0,004	0,004
Strausse bis 13 Monate	0,14	0,138
Strausse älter als 13 Monate	0,26	0,257
Perlhühner	0,004	0,0045
Emus	0,14	0,138

¹ Je 1000 kg geringere Milchleistung ist mit 5 % tieferen, je 1000 kg mehr Milchleistung mit 5 % höheren Anfallswerten zu rechnen.

² Die AGIS-Tierkategorien weichen von den in GRUD (2017) und der Suisse-Bilanz (Agridea, BLW 2020) definierten Tierkategorien teilweise ab. Daher haben wir das Tool «Umrechnungshilfe zur Übernahme von TVD-Viehbeständen in die Suisse-Bilanz» (BLW und AGRIDEA 2020) genutzt, um einzelne GRUD-Tierkategorien in AGIS-Tierkategorien umzurechnen und mittels arithmetischem Mittelwert zusammenzufassen.

Quellen: GVE: BLW 2015-2020, DGVE: (Gebert 2021; BLW und AGRIDEA 2020) & Eigene Berechnungen auf Basis (Richner und Sinaj 2017).

Gemäss Artikel 14 Absatz 6 GSchG kann die kantonale Behörde die pro Hektare zulässige DGVE-Limite herabsetzen, soweit Bodenbelastbarkeit, Höhenlage und topographische Verhältnisse dies erfordern (BAFU und BLW 2012a). In Tabelle 12 sind die, laut Harmonisierungsbeschluss der Landwirtschaftsdirektorenkonferenz LDK vom Juni 1995 festgelegten DGVE-Limite aufgeführt. In der vorliegenden Arbeit wurden sie jedoch nicht berücksichtigt, da keine einheitlichen Informationen zur derzeitigen Umsetzung auf Kantonebene vorliegen.

Tabelle 12: Standortlich und gewässerschützerisch höchstzulässige Belastung düngbarer Nutzflächen.

Zone	DGVE / ha düngbare Nutzfläche
Talzone	2,5
Hügelzone	2,1
Bergzone 1	1,8
Bergzone 2	1,4
Bergzone 3	1,2
Bergzone 4	1,1

Quelle: (Dettwiler, Clément, und Chassot 2006); Wegleitung Suisse-Bilanz 1.16:
<https://arenenberg.tg.ch/beratung/ackerbau.html/340>.

11.3 Annahmen für die Berechnungen der Transportkosten

Tabelle 13: Berechnung der Kosten je Einheit Transportleistung.

Annahme		Kosten inkl. Bedienung	LKW	LKW	Traktor (Lohn)	Traktor (Lohn)	Traktor (Eigen)	Traktor (Eigen)
Durchschnittsgeschwindigkeit	kmh		60,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
	min/km		1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ø Distanz zwischen Abgeber und Abnehmer pro Fahrt	km		15,0	8,0	5,0	5,0	2,5	2,5
Reine Fahrzeit für die Hin- und Rückfahrt (eine Leerfahrt)	min		30,0	24,0	15,0	15,0	7,5	7,5
Zeit für Be- und Entladen & Pumpen pro Fahrt	min		30,0	30,0	20,0	20,0	15,0	15,0
Zeit für Transport insgesamt	h		1,0	0,9	0,6	0,6	0,4	0,4
Transportmenge pro Fahrt	t		27,0	27,0	12,0	15,8	8,0	9,0
Transportleistung pro Fahrt	tkm		405,0	216,0	60,0	78,8	20,0	22,5
Transportmenge pro Stunde	t		27,0	30,0	20,6	27,0	21,3	24,0
Transportdistanz pro Stunde	km		15,0	8,9	8,6	8,6	6,7	6,7
Transportleistung pro Stunde	tkm		405,0	266,7	176,3	231,4	142,2	160,0

	Schätzung								
	CHF / h	CHF / t	CHF / tkm						
Gülletransporte ab Grube zum Feldrand, 27 m ³ Tankauflieger*	170	6,30	0,42						
Gülletransporte ab Grube zum Feldrand, 27 m ³ Tankauflieger*	140	4,70		0,53					
Traktor 105–124 kW (143–169 PS) & Pumpfass, 12 000 l (5 bis 10 km)**	141,7	6,89			0,80				
Traktor 105–124 kW (143–169 PS) & Universalstreuer, um 21 m ³ (5 bis 10 km)**	117,6	4,36				0,51			
Traktor 75–89 kW (102–121 PS) & Pumpfass, 8000 l (bis 5 km)**	120,5	5,65					0,85		
Traktor 75–89 kW (102–121 PS) & Mulden-Miststreuer, um 12 m ³ (bis 5 km)**	102,9	4,29							0,64

Quellen: *Briner 2020, **Gazzarin 2020a und b.

Tabelle 14: Preisannahmen für die individuelle Schätzung der Transportkosten in Abhängigkeit der mittleren Transportdistanz je Betrieb und Jahr.

Mittlere Transportdistanz	Preisannahme in CHF / tkm
Bis 2,5 km	0,75
2,5 – 5 km	0,66
5 – 15 km	0,53
Ab 15 km	0,42

Quelle: Eigene Annahmen auf Basis Tabelle 13.

12 Glossar

a	Jahr
ABG	Abgeber
ABN	Abnehmer
AGIS	Agrarpolitisches Informationssystem
CHF	Schweizer Franken
d	Tage
DF	Dügbare Nutzfläche
DGVE	Düngergrössvieheinheit
DZ	Direktzahlungen
GVE	Grossvieheinheit
h	Stunden
HODUFLU	Internetprogramm zur Verwaltung von Hof- und Recyclingdüngerverschiebungen in der Landwirtschaft
Lfg.	Lieferung
LKW	Lastkraftwagen
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
min	Minuten
n	Anzahl
N	Stickstoff
NDF	Nicht dügbare Nutzfläche
P	Phosphor
t	Tonnen
tkm	Tonnenkilometer
ZA2015	Betriebstypologie ZA2015 der Zentralen Auswertung von Buchhaltungsdaten