

SCHLUSSBERICHT – 16.09.2019

Volkswirtschaftliche Beurteilung (VOBU): Revision der Luftreinhalte- Verordnung (LRV)

Emissionsarme Güllelagerung und -ausbringung

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt

Impressum

Empfohlene Zitierweise

Autor: Ecoplan
Titel: Volkswirtschaftliche Beurteilung (VOBU): Revision der Luftreinhalte-Verordnung (LRV)
Untertitel: Emissionsarme Güllelagerung und -ausbringung
Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt
Ort: Bern
Datum: 16.09.2019
Bild auf Titelseite: Thomas Kupper, HAFL

Begleitgruppe

Harald Menzi, BAFU
Richard Ballaman, BAFU
Reto Meier, BAFU
Philipp Röser, BAFU
Christine Zundel, BLW
Olivier Roux, BLW

Projektteam Ecoplan

Felix Walter
Corinne Spillmann

Der Bericht gibt die Auffassung des Projektteams wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen des Auftraggebers bzw. der Auftraggeberin oder der Begleitorgane übereinstimmen muss.

ECOPLAN AG

Forschung und Beratung
in Wirtschaft und Politik

www.ecoplan.ch

Monbijoustrasse 14
CH - 3011 Bern
Tel +41 31 356 61 61
bern@ecoplan.ch

Dätwylerstrasse 25
CH - 6460 Altdorf
Tel +41 41 870 90 60
altdorf@ecoplan.ch

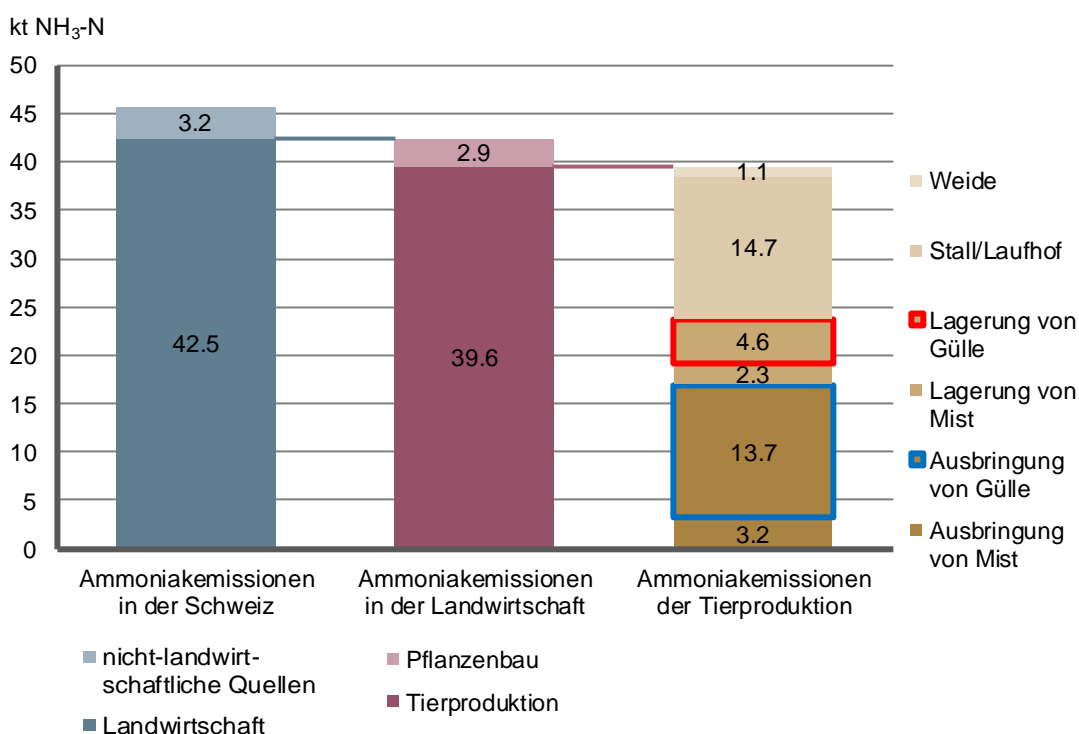
Inhaltsverzeichnis

	Kurzfassung.....	2
1	Einleitung	6
1.1	Ausgangslage.....	6
1.2	VOBU Methodik.....	7
1.3	Vorgehen und Aufbau des Berichts	7
2	Massnahmen im Überblick.....	9
2.1	Lagerung von flüssigen Hofdüngern	9
2.2	Ausbringung von flüssigen Hofdüngern	10
3	Relevanzanalyse.....	12
4	Wirkungsmodell	14
5	Auswirkungen der Massnahmen	15
5.1	Generelle Auswirkungen auf die Umwelt	15
5.1.1	Natürliche Vielfalt	17
5.1.2	Feinstaub.....	20
5.1.3	Geruchsemissionen	21
5.2	Lagerung von flüssigen Hofdüngern	22
5.2.1	Umwelt	23
5.2.2	Unternehmen (landwirtschaftliche Betriebe)	26
5.2.3	Öffentliche Hand.....	29
5.2.4	Folgerungen	30
5.3	Ausbringung von flüssigen Hofdüngern	31
5.3.1	Umwelt	33
5.3.2	Unternehmen (landwirtschaftliche Betriebe)	37
5.3.3	Öffentliche Hand.....	44
5.3.4	Folgerungen	45
5.4	Gesamteffekt der LRV-Revision.....	46
5.4.1	Umwelt	46
5.4.2	Unternehmen (landwirtschaftliche Betriebe)	46
5.4.3	Öffentliche Hand.....	47
6	Synthese	48
6.1	Handlungsbedarf vorhanden	48
6.2	Bilanzierung der Massnahmen: Nutzen höher als Kosten	48
6.3	Regionenspezifische Verteilungswirkungen	50
6.4	Ausnahmeregelungen	51
6.5	Zweckmässigkeit im Vollzug	52
	Literaturverzeichnis	53

Kurzfassung

Ammoniak trägt wesentlich zur Belastung der Ökosysteme mit Stickstoff und zur Bildung von sekundärem Feinstaub bei. In der Schweiz stammen über 90% der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft (vgl. Abbildung 1). Von den landwirtschaftlichen Emissionen machen die Lagerung und Ausbringung von Gülle rund 43% aus.

Abbildung 1: Ammoniakemissionen in der Schweiz



Die Minderung der Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft ist ein wichtiges Ziel der Agrar- und Umweltpolitik. Deshalb wurden die **Abdeckung von offenen Güllelagern** sowie die Umstellung auf eine **emissionsarme Ausbringung** über verschiedene Programme finanziell unterstützt. Nun sollen die beiden Massnahmen breiter umgesetzt und in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) festgehalten werden.

Im vorliegenden Bericht werden die volkswirtschaftlichen Konsequenzen, die sich aus den Anpassungen in der Verordnung ergeben, in Form einer VOB (volkswirtschaftliche Beurteilung) vertieft. Als Grundlage für die Vertiefungen dienen einerseits die umfangreiche Literatur und andererseits die Kenntnisse und Erfahrungen von Fachexperten in den Kantonen und der Forschung. Es ist zu beachten, dass die zugrundeliegenden Daten für die VOB auf Erhebungen, Annahmen und komplexen Modellrechnungen basieren. Diese sind naturgemäss mit zum Teil grossen Unsicherheiten verbunden. Zudem werden viele Grundlagen regelmässig aktualisiert, sodass auch Daten aus früheren Jahren nicht als definitiv betrachtet werden können.

Die Relevanzanalyse (erster Schritt einer VOBÜ) zeigt, dass sich die Revision der Luftreinhalte-Verordnung insbesondere auf die natürliche Vielfalt, Gesundheit, Unternehmen (landwirtschaftliche Betriebe) sowie öffentliche Hand auswirkt.

Massnahme 1: Abdeckung von Güllelagern

Das Ziel der Massnahme ist, dass alle Güllelager über eine dauerhaft wirksame Abdeckung verfügen. Da im Jahr 2015 83% der Gülle (in m³ gemessen) über eine Abdeckung verfügte, muss noch ca. 17% der Gülle abgedeckt werden. Die Abdeckung bringt insbesondere für die **Umwelt** und die **Allgemeinheit** einen Mehrnutzen, weil die Bildung und Freisetzung von Ammoniak reduziert wird. Aufgrund der Abdeckung gelangt weniger Ammoniak in die Umwelt, sodass gemäss unseren Berechnungen die Gesamtemissionen der Landwirtschaft um ca. 2% reduziert werden können. Die Folgekosten auf die Ökosysteme und die Gesundheit können um ca. 34 Mio. CHF pro Jahr verringert werden.

Hingegen müssen die **landwirtschaftlichen Betriebe** wegen der Sanierung der noch offenen Güllelager mit Mehrkosten rechnen. Von der Umstellung sind ca. 7'000 Güllelager auf ca. 6'300 Betrieben betroffen. Gemäss unseren Berechnungen resultieren Mehrkosten von insgesamt ca. 10.6 Mio. CHF pro Jahr. Verteilt auf die betroffenen Betriebe bzw. abzudeckenden Güllelager bedeutet dies jährliche Kosten von im Durchschnitt 1'700 CHF pro Betrieb bzw. 1'500 CHF pro Güllelager. Die Kosten können im Einzelfall je nach örtlichen Verhältnissen stark vom Durchschnitt abweichen. Die neue Regelung hat für die landwirtschaftlichen Betriebe aber auch positive Effekte. Beispielsweise werden die Geruchsemissionen reduziert, was zur besseren Akzeptanz in der Nachbarschaft führen kann. Dies gilt insbesondere für die emissionsarme Gülleausbringung.

Den zusätzlichen Aufwand für **Kantone und Bund** im Vollzug schätzen wir im Vergleich zu den Mehrnutzen für die Ökosysteme und die Gesundheit sowie den Kosten für die Landwirtschaft als gering ein.

Massnahme 2: Emissionsarme Gülleausbringung

Das Ziel der Massnahme ist eine flächendeckende Umsetzung der emissionsarmen Gülleausbringung, wenn immer es die jeweiligen technischen oder betrieblichen Verhältnisse erlauben (z.B. die Topografie). Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen rechnet das BAFU mit einem Potenzial der emissionsarmen Gülleausbringung von ca. 70% (in m³ gemessen). Im Jahr 2015 wurde 40% der Gülle emissionsarm ausgebracht. Somit soll infolge der LRV-Revision zusätzlich ca. 30% der Gülle mit emissionsarmer Technik ausgebracht werden. Für die **Umwelt** und die **Allgemeinheit** resultiert ein Nutzen, weil Ammoniak nicht mehr breitflächig ausgebracht und deshalb nur ein Teil des Bodens bzw. der Pflanzenmasse verschmutzt wird. In der Folge gelangt weniger Ammoniak in die Luft, sodass die Ammoniakemissionen der Schweizer Landwirtschaft um ca. 3% reduziert werden können. Die Folgekosten auf die Ökosysteme und die Gesundheit werden voraussichtlich um ca. 48 Mio. CHF pro Jahr reduziert.

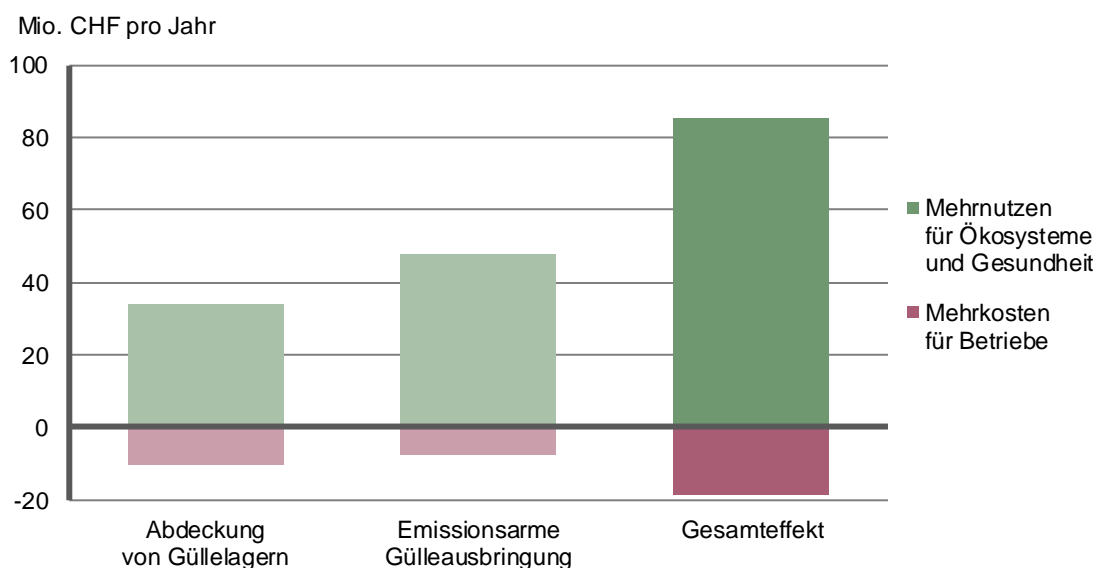
Für die **landwirtschaftlichen Betriebe** bedeutet die Umstellung von 40% auf 70% emissionsarme Gülleausbringung (gemessen am Güllevolumen) Mehrkosten von insgesamt ca. 8 Mio. CHF pro Jahr. Die Betriebe können aus der Umstellung aber auch einen Nutzen ziehen: Nebst der Reduktion der Geruchsemissionen in der Nachbarschaft können die landwirtschaftlichen Betriebe von einer besseren Verteilgenauigkeit und evtl. von einer Reduktion der Menge von mineralischem N-Dünger bzw. Erhöhung des Ertrags profitieren (die letzten beiden Punkte konnten empirisch nicht eindeutig nachgewiesen werden).

Den Aufwand für **Kantone und Bund** schätzen wir als gering ein im Vergleich zum Nutzen für die Ökosysteme und die Gesundheit sowie zu den landwirtschaftlichen Kosten. Die Kantone müssen einmalig festlegen, auf welchen Parzellen die Gülle emissionsarm auszubringen ist. Die wiederkehrenden Kontrollen sollen im Rahmen der Kontrollen des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) stattfinden. Der Mehraufwand für die Kantone wird insbesondere von allfälligen Einsprachen abhängen.

Nutzen der Massnahmen sind höher als die Kosten

Insgesamt übersteigt gemäss den Schätzungen der Mehrnutzen für die Ökosysteme und die Gesundheit von rund 85 Mio. CHF die Kosten für die Landwirtschaft von rund 19 Mio. CHF deutlich (vgl. Abbildung 2). Der Nutzen für die Umwelt kann bei einer Kombination beider Massnahmen sogar zusätzlich gesteigert werden, weil mit einer emissionsarmen Ausbringung vermieden wird, dass der Reduktionseffekt aus der Abdeckung teilweise bei der Ausbringung verloren geht. D.h. die Wirkung beider Massnahmen zusammen ist höher als die Summe der Einzel-Massnahmen. Wenn die Lager abgedeckt sind, ist eine anschliessende emissionsarme Ausbringung deshalb umso bedeutsamer für die Emissionsreduktion. Die folgende Abbildung 2 zeigt die Bilanz der erwarteten Auswirkungen infolge der LRV-Revision.

Abbildung 2: Bilanz der beiden Massnahmen infolge der LRV-Revision



Bei der Bilanz in Abbildung 2 ist zu berücksichtigen, dass ein allfälliger Vollzugsaufwand (insbesondere für die Kantone, wegen möglicher Einsprachen) nicht beziffert werden konnte. Zudem fehlen in der Bilanzierung weitere nicht-bezifferbare Nutzen und Kosten für die Umwelt und Landwirtschaft, wie z.B. Reduktion der Geruchsemissionen in der Nachbarschaft.

Zudem hängen die Ergebnisse insbesondere bei der emissionsarmen Gülleausbringung von der Ausgestaltung der **Ausnahmeregelung** ab. Wie bereits erwähnt, sind Ausnahmen wegen technischen oder betrieblichen Einschränkungen, wie beispielsweise Topografie, möglich. Die Ausnahmeregelung wird insbesondere landwirtschaftlichen Betrieben in Bergregionen zugutekommen, wo eine emissionsarme Ausbringung aus technischen Gründen oft nicht möglich ist. Es ist darauf zu achten, dass hinsichtlich der Ausnahmeregelung eine breite Abstützung gefunden wird, damit Einsprachen verhindert werden können.

Ebenfalls in den Berechnungen nicht berücksichtigt ist die Entwicklung der Massnahmen ohne LRV-Revision, d.h. im **Referenzfall**. Bezüglich der Abdeckung der Güllelager ist zu erwarten, dass Güllelager auch ohne LRV-Revision abgedeckt werden, weil eine Abdeckung in den meisten Kantonen Voraussetzung für eine Baubewilligung bei Sanierungen und bei einem Neubau ist. D.h. Nutzen und Kosten fallen in der Tendenz tiefer aus als in der Abbildung 2 bilanziert. Bei der emissionsarmen Gülleausbringung ist die Entwicklung ohne LRV-Revision gemäss Rückmeldung verschiedener kantonaler Fachleute unklar: Betriebe, die über eine emissionsarme Ausbringtechnik verfügen oder vom Nutzen überzeugt sind, werden diese weiterhin benutzen. Die anderen Betriebe werden die für sie kostengünstigste Variante einsetzen.

Insgesamt zeigen unsere Vertiefungen, dass unter den getroffenen Annahmen ein **staatliches Handeln aus Nutzen-Kosten-Überlegungen gerechtfertigt** ist. Zudem entsprechen die Massnahmen dem **Verursacherprinzip**.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Ammoniak trägt zu einem bedeutenden Teil zur hohen Belastung der Ökosysteme mit Stickstoff und zur Bildung von sekundärem Feinstaub bei. Der Bundesrat hat im Luftreinhaltekonzept von 2009 festgehalten, dass die Ammoniakemissionen gegenüber 2005 um ca. 40% zu reduzieren sind. Bis 2015 haben die Emissionen im Vergleich zu 2005 erst um knapp 4% abgenommen.¹ In der Schweiz stammen über 90% der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft.² Ammoniak entweicht bei der Nutztierhaltung, bei der Lagerung von Gülle und Mist sowie bei der Ausbringung von Hofdünger in die Luft.³

Die Minderung der Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft ist folglich ein wichtiges Ziel der Agrar- und Umweltpolitik. Deshalb wurden die landwirtschaftlichen Betriebe bisher bei der Umsetzung der beiden Massnahmen finanziell unterstützt:

- Die Abdeckung von offenen Güllelagern mit fester Abdeckung oder Schwimmfolie wurde im Rahmen von freiwilligen Ammoniak-Ressourcenprojekten in verschiedenen Kantonen finanziell unterstützt.
- Emissionsarme Ausbringverfahren werden seit 2008 in diversen Kantonen via Ressourcenprojekte⁴ und seit 2014 über die Ressourceneffizienzbeiträge im Rahmen der Direktzahlungsverordnung⁵ finanziell unterstützt. Die Förderung ist noch bis Ende 2019 vorgesehen.

Da es trotzdem Betriebe gibt, welche die Massnahmen noch nicht umgesetzt haben, soll die Minderung der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen nun mit einer breiteren Umsetzung der Massnahmen erreicht werden. Deshalb soll die Anwendung des Stands der Technik für die Hofdüngerlagerung und -ausbringung in der Luftreinhalte-Verordnung LRV festgehalten werden. Der Bundesrat hat zur entsprechenden Änderung der LRV im Frühling 2019 die Vernehmlassung eröffnet. Die revidierte Verordnung soll am 1. April 2020 in Kraft treten, die neuen Vorgaben für die Güllelagerung und Gülleanwendung am 1. Januar 2022. Per 1. Januar 2022 werden auch die Direktzahlungsverordnung (DZV) und die Verordnung über die Koordination der Kontrollen auf Landwirtschaftsbetrieben (VKKL) entsprechend angepasst.

Die volkswirtschaftlichen Konsequenzen, die sich aus den Anpassungen in der Luftreinhalte-Verordnung ergeben, sollen in Form einer VOB (volkswirtschaftliche Beurteilung) vertieft werden. Das BAFU hat die vorliegende VOB zu den beiden Massnahmen zur Minderung der

¹ Kupper et al. (2018), Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015.

² BAFU (2019), Erläuternder Bericht zur Änderung der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).

³ BLW, Agrarbericht 2016, Ammoniakemissionen: <http://2016.agrarbericht.ch/de/umwelt/stickstoff/ammoniakemissionen> (28.03.2019).

⁴ Bundesgesetz über die Landwirtschaft (Landwirtschaftsgesetz, LwG) vom 29. April 1998 (Stand am 1. Januar 2019), Art. 77 Bst. a und b.

⁵ Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung, DZV) vom 23. Oktober 2013 (Stand am 1. Januar 2019).

Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft in der Anpassung der LRV durch Ecoplan erarbeiten lassen.

1.2 VOBU Methodik

Das Konzept der Volkswirtschaftlichen Beurteilung von Umweltmassnahmen (VOBU) und der dazugehörige Leitfaden des BAFU⁶ bilden den Analyserahmen für die VOBU. Die wesentlichen Elemente der VOBU sind die Relevanzanalyse, die Wirkungsanalyse und die Synthese:

- Die **Relevanzanalyse** zeigt die Änderungen infolge der LRV-Revision mit hohen Wirkungen auf (vgl. Kapitel 3). Sie erfolgt anhand der im Leitfaden aufgeführten Beurteilungskriterien zu Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. Die als relevant beurteilten Änderungen stehen im Vordergrund der Wirkungsanalyse.
- In der **Wirkungsanalyse** werden die Wirkungen der LRV-Revision qualitativ und soweit möglich grob quantitativ ermittelt (vgl. Kapitel 5). Zur Quantifizierung stützen wir uns auf bestehende Statistiken und Angaben des BAFU und des BLW.
- In der **Synthese** werden die Ergebnisse aus der Wirkungsanalyse bilanziert und in Bezug auf Effektivität und Effizienz sowie auf Verteilungswirkungen beurteilt (vgl. Kapitel 6).

1.3 Vorgehen und Aufbau des Berichts

Für diese VOBU wurden im Rahmen eng begrenzter zeitlicher Möglichkeiten folgende Herangehensweisen und Quellen genutzt:

- Synthese der umfangreichen Literatur
- Expertengespräche mit kantonalen Fachleuten:
 - Franz Stadelmann: Abteilung Landwirtschaft des Kantons Luzern
 - Valentin Luzi: Amt für Landwirtschaft und Geoinformation des Kantons Graubünden
 - Roland Ilg: Amt für Umwelt des Kantons Thurgau
- Expertengespräch mit Agroscope: Thomas Anken sowie Markus Sax
- Informationen der Begleitgruppenmitglieder

Es gilt zu beachten, dass die zugrundeliegenden Daten für die VOBU auf Erhebungen, Annahmen und komplexen Modellrechnungen basieren. Diese sind naturgemäss mit zum Teil grossen Unsicherheiten verbunden. Zudem werden viele Grundlagen regelmässig aktualisiert, so dass auch Daten aus früheren Jahren nicht als definitiv betrachtet werden können.⁷

⁶ BAFU (2013), VOBU Volkswirtschaftliche Beurteilung von Umweltmassnahmen. Leitfaden.

⁷ BAFU (2018), Gesamtemissionen von Luftschadstoffen in der Schweiz: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/luftschaedstoffquellen/gesamtemissionen-von-luftschaedstoffen-in-der-schweiz.html> (02.09.2019).

Der vorliegende Bericht ist wie folgt aufgebaut:

- In **Kapitel 2** werden die beiden Massnahmen der revidierten Luftreinhalte-Verordnung vorgestellt.
- Das **Kapitel 3** enthält die Relevanzanalyse, die Teil der Vorarbeiten bei einer volkswirtschaftlichen Beurteilung ist.
- In **Kapitel 4** ist das Wirkungsmodell zur Beurteilung der Auswirkungen der untersuchten Massnahmen dargestellt.
- In **Kapitel 5** werden die Auswirkungen sowie Nutzen und Kosten der beiden Massnahmen diskutiert.
- In **Kapitel 6** werden die Folgerungen gezogen: Das Kapitel enthält eine Bilanzierung der Nutzen und Kosten sowie Beurteilung der Anpassungen in der Verordnung.

2 Massnahmen im Überblick

In der vorliegenden volkswirtschaftlichen Beurteilung werden die beiden Massnahmen «Lagerung von flüssigen Hofdüngern» (vgl. Abschnitt 2.1) und «Ausbringung von flüssigen Hofdüngern» (vgl. Abschnitt 2.2) vertieft betrachtet. Nachfolgend findet sich eine Beschreibung der beiden Massnahmen.

2.1 Lagerung von flüssigen Hofdüngern⁸

Die Luftreinhalte-Verordnung LRV sieht in Ziffer 551 folgende Änderung bzgl. der Lagerung von flüssigen Hofdüngern vor:

«Einrichtungen für die Lagerung von Gülle und flüssigen Vergärungsprodukten sind mit einer dauerhaft wirksamen Abdeckung zur Begrenzung der Ammoniak- und Geruchsemissionen auszustatten. Das BAFU und das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) erlassen gemeinsam Empfehlungen.»

Die Abdeckung von neuen Güllelagern war bis ca. 1990 Standard und entspricht auch heute wieder dem Stand der Technik. Seit der Publikation der Vollzugshilfe «Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft»⁹ sowie der Einführung von Ressourcenprojekten mit finanzieller Unterstützung von emissionsarmen Güllelagern wird die Abdeckung in den meisten Kantonen bei Baugesuchen gefordert. Der Anteil Güllelager mit Abdeckung in der Schweiz beträgt gemäss Umfrage der HAFL im Jahr 2015 83%.¹⁰

Ziel der Massnahme ist, dass 100% der Güllelager über eine dauerhaft wirksame Abdeckung verfügen. Es kommen folgende Techniken in Frage:

- Feste Abdeckung
- Folienzelt
- Schwimmfolien

Dabei sind die Öffnungen in der Abdeckung auf ein Minimum zu beschränken.

Die perforierte Abdeckung wird bei Güllelagern unter Laufhöfen von Rindviehställen eingesetzt. Es handelt sich somit nicht direkt um eine Abdeckung. Vielmehr ermöglichen die perforierten Böden bei Laufhöfen über einem Güllelager einen raschen Harnabfluss. Perforierte Abdeckungen von Güllelagern werden deshalb in den Berechnungen nicht als Option für die nachträgliche Abdeckung bestehender Güllebehälter berücksichtigt.

Nicht rechtskonform sind hingegen natürliche Schwimmschichten, Strohhäckselaufschichtungen oder andere Abdeckungen, die ihre emissionsmindernde Wirkung zeitweise verlieren, wie z.B. beim Aufrühren der Gülle.

⁸ Vgl. BAFU (2019), Erläuternder Bericht zur Änderung der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).

⁹ BAFU/BLW (2011), Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft.

¹⁰ Kupper et al. (2018), Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015.

Die Vorgabe der LRV betreffend Güllelagerung soll auch im Rahmen des ökologischen Leistungsnachweises berücksichtigt werden und ist damit eine Voraussetzung für Direktzahlungen. D.h. bei allfälligen Mängeln aufgrund der Kontrolle richten sich die Kürzungen nach der Direktzahlungsverordnung.

2.2 Ausbringung von flüssigen Hofdüngern

Die Massnahme «Ausbringung von flüssigen Hofdüngern» ist in der Änderung der LRV in Ziffer 552 wie folgt festgehalten:

- *Abs. 1: «Gülle und flüssige Vergärungsprodukte sind durch geeignete Verfahren, wie die bandförmige Ausbringung oder das Schlitzdrillverfahren, emissionsarm auszubringen.»*
- *Abs. 2: «Die Anforderungen nach Absatz 1 müssen nicht eingehalten werden, wenn die Verfahren aus technischen oder betrieblichen Gründen, insbesondere aufgrund der Topographie, nicht anwendbar sind.»*
- *Abs. 3: «Das BAFU und das BLW erlassen gemeinsam Empfehlungen.»*

Gemäss Umfrage der HAFL wurde im Jahr 2015 40% der Gülle mit emissionsarmer Ausbringungstechnik ausgebracht. Es wird damit gerechnet, dass der Anteil emissionsarm ausgebrachter Gülle bis 2020 auf gut 45% ansteigen wird. Gründe hierfür sind, dass die emissionsarme Ausbringung von Hofdünger seit 2008 in diversen Kantonen via Ressourcenprojekte und seit 2014 durch Beiträge des Bundes über die Direktzahlungsverordnung (DZV) unterstützt wird. Gemäss Auskunft des BLW beläuft sich der finanzielle Beitrag des BLW für die Umstellung auf eine emissionsarme Ausbringung bis Ende 2019 auf insgesamt ca. 160 Mio. CHF.

Das Ziel der Massnahme ist eine flächendeckende Umsetzung der emissionsarmen Ausbringung, wenn immer es die jeweiligen technischen oder betrieblichen Verhältnisse, wie z.B. die Topografie, erlauben. Unter Berücksichtigung der Ausnahmen geht das BAFU davon aus, dass ca. 70% der Gülle mittels emissionsmindernder Technik ausgebracht werden kann. Dabei stehen folgende Techniken im Fokus:¹¹

- Bandförmige Ausbringung mit Schleppschlauch- oder Schleppschuhverteiler
- Schlitzdrillverfahren mit offenem oder geschlossenem Schlitz

Nicht rechtskonform ist hingegen – sofern nicht Ausnahmeregelungen zum Zug kommen – die Ausbringung mit Breitverteiler.

Gleichzeitig läuft die seit 2014 laufende finanzielle Unterstützung von emissionsarmen Ausbringungsverfahren über die Ressourceneffizienzbeiträge im Rahmen der Direktzahlungsverordnung Ende 2019 aus.¹² Nach Ablauf der Förderung müssen die mit Ressourceneffizienzbeiträgen unterstützten Massnahmen gemäss Landwirtschaftsgesetz weitergeführt werden.

¹¹ Vgl. BAFU (2019), Erläuternder Bericht zur Änderung der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).

¹² Laut Statistik des BLW bezogen im Jahr 2018 ca. 12'059 Betriebe Ressourceneffizienzbeiträge für die emissionsmindernde Gülleausbringung.

Dies soll mit der Integration der emissionsarmen Ausbringverfahren in die LRV und in die DZV sichergestellt werden.

Die Vorgabe der LRV betreffend Gülleausbringung soll auch im Rahmen des ökologischen Leistungsnachweises berücksichtigt werden und ist damit eine Voraussetzung für Direktzahlungen. D.h. bei allfälligen Mängeln aufgrund der Kontrolle richten sich die Kürzungen nach der Direktzahlungsverordnung.

3 Relevanzanalyse

Ziel der Relevanzanalyse ist, jene Beurteilungskriterien zu identifizieren, die im Rahmen der Wirkungsanalyse vertieft analysiert werden sollen. Die Relevanzanalyse wurde durch das BAFU im Rahmen eines VOBU Quick-Checks¹³ erstellt und anschliessend mit EcoPlan diskutiert und angepasst. Die folgende Abbildung 3-1 zeigt das Ergebnis der Relevanzanalyse, die gleichermassen für beide Massnahmen *Lagerung von flüssigen Hofdüngern* und *Ausbringung von flüssigen Hofdüngern* gilt.

Abbildung 3-1: Relevanzanalyse

Auswirkungskriterium	Relevanz	Begründung, Kommentar
Umwelt		
U1 Sicherheit/Klima	1-2	Die Abdeckung von Güllelagern sowie die emissionsarme Gülleausbringung leisten einen Beitrag zur Reduktion der Ammoniakemissionen, welche für die Bildung von Lachgas und damit das Klima von Bedeutung sind.
U2 Gesundheit	2	Ammoniak trägt wesentlich zur Bildung von sekundärem Feinstaub bei, der negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit hat. Zudem werden in der Tierproduktion Geruchsemissionen freigesetzt, die zu Belästigungen in der Nachbarschaft führen können. Mit der LRV-Revision werden die Ammoniakemissionen und entsprechend auch die Folgekosten auf die Gesundheit sowie die Gerüche reduziert.
U3 Natürliche Vielfalt	2	Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft wirken sich negativ auf die natürliche Vielfalt (Biodiversität) aus; insbesondere leisten sie einen erheblichen Beitrag zur Stickstoff-Deposition, die zur Überdüngung (Eutrophierung) von Ökosystemen führt und zur Bodenversauerung beiträgt.
U4 Natürliche Produktionsfaktoren	1	Positive Auswirkungen insbesondere auf die Stickstoffeffizienz (siehe U3)
Wirtschaft		
W1 Unternehmen	2	Landwirtschaftliche Betriebe müssen Anpassungen bei den Güllelagern und der Gülleausbringung tätigen
W2 Haushalte	0	Über U2 abgedeckt
W3 Arbeitnehmende	0	Über W1 abgedeckt
W4 Regionen	1	Die finanzielle Belastung für die landwirtschaftlichen Betriebe ist regional unterschiedlich
W5 Öffentliche Hand	1-2	Evtl. Zusatzaufwand beim Vollzug und bei den Kontrollen für Kantone und Bund; kein Einfluss auf die Direktzahlungen
W6 Gesamtwirtschaft (makro)	0	Die Landwirtschaft hat eine kleine gesamtwirtschaftliche Bedeutung, daher sind keine makroökonomischen Effekte zu erwarten
W7 Innovation, Forschung, Bildung	1	Evtl. Verbesserungen bei der Technik, z.B. Schleppschlauch, sowie günstigere und effizientere Gülleabdeckung
W8 Ordnungspolitik	1	Durchsetzung des Verursacherprinzips. Erschwernis für die Schweizer Landwirtschaft im Vergleich zur internationalen Konkurrenz

Legende: 2 = hohe Relevanz, Auswirkungen werden vertieft analysiert
 1 = mässige Relevanz, die Richtung der Auswirkungen wird in die Überlegungen mit einbezogen
 0 = vernachlässigbare Relevanz.

¹³ BAFU (2019), VOBU Quick-Check.

Gestützt auf die Relevanzanalyse werden folgende Kriterien in die Wirkungsanalyse einbezogen:¹⁴

- U2 Gesundheit
- U3 Natürliche Vielfalt
- W1 Unternehmen (landwirtschaftliche Betriebe)
- W5 Öffentliche Hand

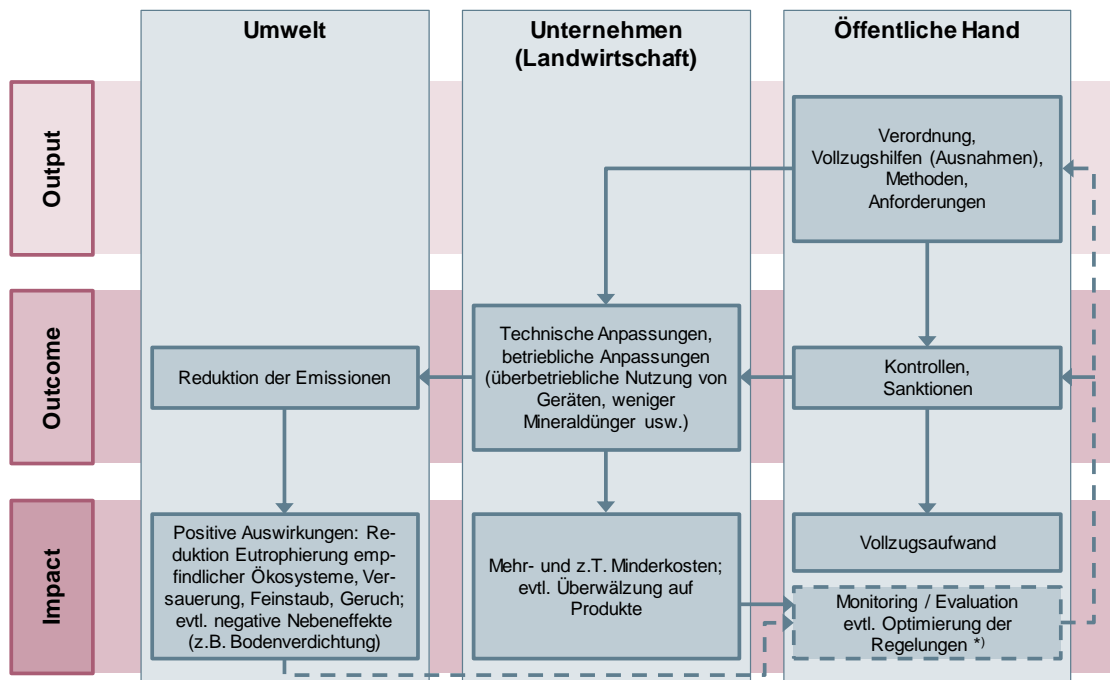
¹⁴ Die Wirkung des Kriteriums U1 Sicherheit/Klima wird in Absprache mit dem Auftraggeber im Rahmen der VOBU nicht vertieft analysiert.

4 Wirkungsmodell

Abbildung 4-1 zeigt das grob-schematische Wirkungsmodell zur Beurteilung der Auswirkungen der untersuchten Massnahmen. Wirkungen können sich auf drei Ebenen ergeben:

- Output-Ebene: Geplanter oder effektiver Vollzug der Massnahmen
- Outcome-Ebene: Verhaltensänderungen bei den Adressaten aufgrund der Massnahmen
- Impact-Ebene: Die Verhaltensänderungen bei den Adressaten führen zu Auswirkungen auf die Umwelt- und Wirtschaftskriterien

Abbildung 4-1: Grobes (schematisches) Wirkungsmodell zur Beurteilung der Auswirkungen der Massnahmen



*) Monitoring / Evaluation sowie Optimierung der Regelungen sind nicht Teil der VOBU (gestrichelte Linien).

Quelle: Eigene Darstellung.

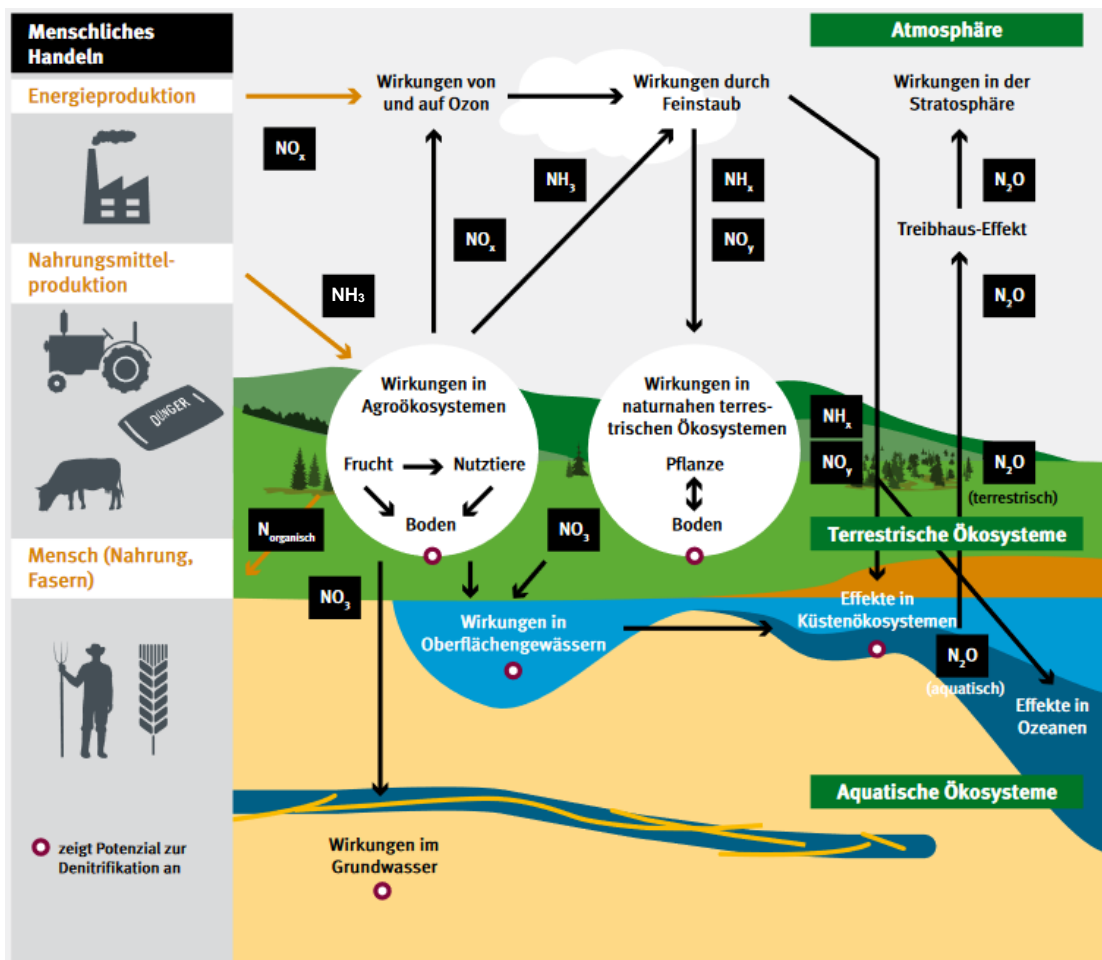
5 Auswirkungen der Massnahmen

Nachfolgend werden die Auswirkungen der beiden Massnahmen «Lagerung von flüssigen Hofdüngern» (vgl. Abschnitt 5.2) und «Ausbringung von flüssigen Hofdüngern» (vgl. Abschnitt 5.3) auf die Umwelt, Unternehmen sowie öffentliche Hand erläutert. Da die Wirkung der beiden Massnahmen auf die Umwelt im Grundsatz dieselben sind, erfolgt in Abschnitt 5.1 zunächst eine generelle Ausführung zu den Auswirkungen auf die Umwelt.

5.1 Generelle Auswirkungen auf die Umwelt

Ammoniak (NH_3) zählt zu den reaktiven Stickstoffverbindungen, deren Wirkungskaskade in folgender Abbildung 5-1 schematisch dargestellt ist. Zu den reaktiven Stickstoffverbindungen gehören oxidierte (N_x : Nitrat NO_3^- , Nitrit NO_2^- , Lachgas N_2O) und reduzierte (NH_y : Ammoniak NH_3 , Ammonium NH_4^+) anorganischen Stickstoffverbindungen. Durch die chemische Umwandlung in die verschiedenen Bindungsformen kann ein Stickstoffatom seine Wirkung in unterschiedlichen Umweltkompartimenten entfalten (Luft, Boden, Wasser, Vegetation, Klima).

Abbildung 5-1: Wirkung von reaktivem Stickstoff



Quelle: Umweltbundesamt (2014), Reaktiver Stickstoff in Deutschland, S. 6.

Vorgenommene Korrektur im Vgl. zur Original-Abbildung: Bei der Nahrungsmittelproduktion entstehen NH_3 -Emissionen und nicht NO_x .

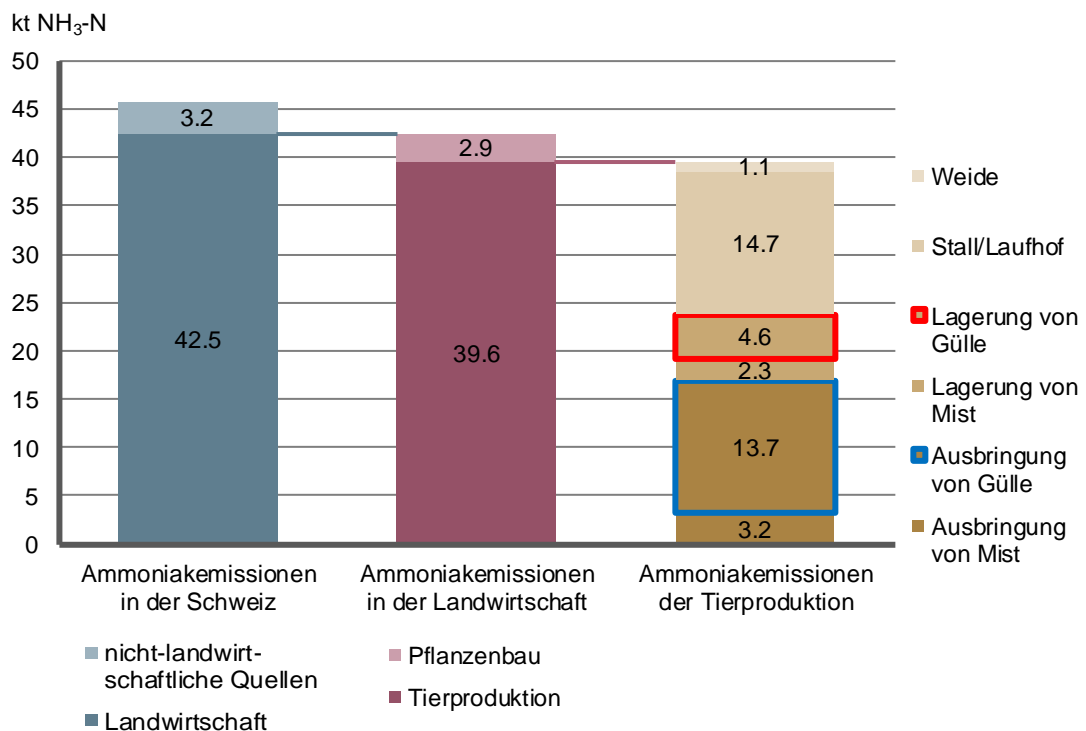
In der Schweiz haben ca. zwei Drittel der Stickstoffeinträge in empfindliche Ökosysteme ihren Ursprung in Ammoniakemissionen, etwa ein Drittel stammt von Stickoxidemissionen, die hauptsächlich durch den Verkehr und die Industrie verursacht werden.¹⁵

¹⁵ BAFU (2019), Stickstoffhaltige Luftschadstoffe beeinträchtigen auch die Biodiversität: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/luftqualitaet-in-der-schweiz/stickstoffhaltige-luftschadstoffe-beeintraechtigen-auch-die-biod.html> (16.05.2019) sowie BAFU (2016), Critical Loads of Nitrogen and their Exceedances.

Im Jahr 2015 stammten 93% der Ammoniakemissionen bzw. 42.5 kt NH₃-N aus der Landwirtschaft (vgl. Abbildung 5-2), hauptsächlich aus der Tierproduktion.¹⁶ Die Lagerung und Ausbringung von Gülle machen rund 43% der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen aus. Die entsprechenden Ammoniakemissionen betragen im Jahr 2015:

- Lagerung von Gülle: 4.6 kt NH₃-N
- Ausbringung von Gülle: 13.7 kt NH₃-N

Abbildung 5-2: Ammoniakemissionen in der Schweiz



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Kupper et al. (2018), Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015.

In den nachfolgenden Abschnitten gehen wir auf die Auswirkung von Ammoniak auf die natürliche Vielfalt (Abschnitt 5.1.1), Feinstaub (Abschnitt 5.1.2) sowie Gerüche (Abschnitt 5.1.3) ein.

5.1.1 Natürliche Vielfalt

Ammoniak wird nach der Emission als gasförmige Substanz deponiert (hauptsächlich im Umkreis von wenigen Kilometern um die Quelle) oder kann in Ammonium umgewandelt in nasser oder partikulärer Form über weite Distanzen verfrachtet und anschliessend trocken oder nass deponiert werden. Zu den hauptsächlichsten Auswirkungen von Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft auf die natürliche Vielfalt (Biodiversität) zählen insbesondere der Beitrag zur

¹⁶ Kupper et al. (2018), Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015.

Stickstoff-Deposition, die zur Überdüngung (Eutrophierung) von Ökosystemen führt und zur Bodenversauerung beiträgt. In Böden kann Ammonium in Nitrat umgewandelt werden (Nitrifikation), das bei einer Übersättigung zusammen mit anderen Pflanzennährstoffen ausgewaschen wird und zu einer Belastung von Gewässern führen kann:¹⁷

- Überdüngung (Eutrophierung): Erhöhte Stickstoffeinträge führen zu einem erhöhten N-Angebot im Boden oder in Gewässern. Dadurch werden die Gleichgewichte zwischen Stickstoff und anderen Nährstoffen wie Magnesium, Phosphor und Kalium im Boden und damit auch die ausgewogene Aufnahme durch die Pflanzen verändert. In der Folge führt dies zu einer Destabilisierung von Ökosystemen und Verdrängung empfindlicher Arten, da Nährstoff liebende, schnell wachsende Pflanzen anderen Pflanzen Licht und Platz für Wachstum und Verbreitung nehmen. Es resultieren Veränderungen in den Artenzahlen, in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften und der Ökosystemfunktionen, was zum Aussterben von Arten beitragen kann.¹⁸
- Versauerung: Stickstoffeinträge führen zu einer erhöhten Nitrifikation und bei Stickstoffsättigung, d.h. wenn Stickstoffüberschüsse von Pflanzen nicht produktiv umgesetzt werden können, zur Auswaschung von Nitrat und Nährstoffen. Bei der Nitrifikation von Ammonium-N entstehen H⁺ Ionen, welche zur Bodenversauerung beitragen. Je nach Bodentyp kann die Absenkung des pH-Werts unterschiedlich schnell geschehen. In der Folge ändern sich Menge und Zusammensetzung des Nährstoffangebotes. Pflanzen, die auf neutrale Bodenverhältnisse angewiesen sind, verschwinden und die Vielfalt der Ökosysteme wird verringert. In Wäldern führt die Versauerung zu Nährstoffungleichgewichten und beeinträchtigt das Wurzelwachstum, was zu einer erhöhten Anfälligkeit für Sturmschäden führt und das Baumwachstum beeinträchtigt. Über die Nitratauswaschung tragen Stickstoffeinträge auch zur Versauerung von Gewässern bei.

Die Ausführungen weisen darauf hin, dass die Ökosysteme durch die Ammoniakemissionen gestört und in ihrer Funktion beeinträchtigt werden. Dies kann zu einer Einschränkung ihrer Ökosystemdienstleistungen führen.

Als Grundlage für die Abschätzung des Gefährdungsausmasses von Ökosystemen durch Stickstoffeinträge, werden die eingetragenen Stickstoffmengen mit ökosystemspezifisch kritischen Belastungsgrenzen (Critical Loads) verglichen. Dabei handelt es sich um die aus ökologischer Sicht maximal tolerierbaren Stickstoffeinträge in naturnahe Ökosysteme. Bei einer Überschreitung der Belastungsgrenzen können nachteilige Effekte bei Pflanzen, Tieren oder Menschen auftreten. Analysen haben ergeben, dass in der Schweiz fast 90% der Waldstandorte, ein Drittel aller Trockenwiesen und -weiden, fast alle Hochmoore und drei Viertel der

¹⁷ BAFU (2014), Grundlagenpapier zur Stickstoffproblematik Luft, Boden, Wasser, Biodiversität und Klima; Umwelt Bundesamt (2018), Wirkungen auf Ökosysteme: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/wirkungen-von-luft-schadstoffen/wirkungen-auf-oekosysteme#textpart-1> (16.05.2019) sowie Guntern (2016), Eutrophierung und Biodiversität.

¹⁸ Bobbink et al. (2010), Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis.

Flachmoore mit übermässigen Stickstoffeinträgen aus der Luft belastet werden.¹⁹ Ammoniakemissionen machen in der Schweiz im Mittel zwei Drittel der Stickstoffeinträge aus, ein Drittel stammt aus Stickoxidemissionen, die hauptsächlich vom Verkehr und der Industrie stammen.

Neben den Critical Loads sind auch kritische Konzentrationen (Critical Levels) für Ammoniak festgelegt, unterhalb derer keine schädlichen Effekte auf die Ökosysteme zu erwarten sind. In der Schweiz übertreffen die Ammoniak-Konzentrationen im Mehrjahresmittelwert die Critical Levels beim Grossteil der empfindlichen Ökosysteme.²⁰

In der **Schweiz** betragen die externen Kosten durch Biodiversitätsverluste infolge der Ammoniakemissionen gemäss einer Studie von EcoPlan und Infrac 14'895 CHF pro Tonne NH₃.²¹ Somit betragen die Folgekosten der Ammoniakemissionen auf die Ökosysteme 12.3 CHF pro kg NH₃-N.²² Basierend auf diesem Kostensatz resultieren Gesamtkosten der Biodiversitätsverluste aufgrund der Ammoniakemissionen durch die Lagerung und Ausbringung von Gülle von 224 Mio. CHF (vgl. Abbildung 5-3).

Abbildung 5-3: Kosten der NH₃-Emissionen aus Güllelagerung und -ausbringung auf Ökosysteme

	Ammoniakemissionen 2015 (in kg NH ₃ -N)	Kosten für Ökosysteme in Mio. CHF (2015) (12.3 CHF / kg NH ₃ -N) ²¹
Lagerung von Gülle	4'600'000	56
Ausbringung von Gülle	13'700'000	168
Total	18'300'000	224

Das European Nitrogen Assessment weist Folgekosten der Ammoniakemissionen in der Luft (NH₃-N to air) auf die Ökosysteme von 2 bis 10 EUR pro kg N aus.²³ Die Kosten für die Schweiz liegen somit über dem oberen Wert der europäischen Studie. Dies bestätigt auch die Studie von Ott et al.²⁴ Diese zeigt, dass die Schweiz im Vergleich zu den EU-25 Staaten die höchsten externen Kosten für Biodiversitätsverluste infolge von Ablagerungen der Luftemissionen aufweist.

¹⁹ BAFU (2016), Critical Loads of Nitrogen and their Exceedances.

²⁰ BAFU (2016), Critical Loads of Nitrogen and their Exceedances sowie Meteotest (2019), Mapping Nitrogen Deposition 2015 for Switzerland.

²¹ Basierend auf EcoPlan/Infrac (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010.

²² Umrechnung: 14'895 CHF / t NH₃ entsprechen 12'266 CHF / t NH₃-N bzw. 12.3 CHF / kg NH₃-N. Der Faktor für die Umrechnung von NH₃ in NH₃-N beträgt 0.8235.

²³ Basierend auf Brink/van Grinsven (2011), Costs and benefits of nitrogen in the environment. In: The European Nitrogen Assessment, Chapter 22. Die Zahlen beziehen sich auf die 27 EU-Mitgliedstaaten. Es ist nicht bekannt, welche Art Dünger (z.B. Hofdünger, flüssige Dünger, alle Dünger) berücksichtigt wurde.

²⁴ Ott et al. (2006), Assessment of Biodiversity Losses.

5.1.2 Feinstaub

Wie bereits erwähnt wird Ammoniak (NH_3) u.a. bei der Lagerung und Ausbringung von Gülle als Gas freigesetzt. In der Atmosphäre reagiert das Gas mit Schwefeldioxid und Stickoxiden bzw. deren Oxidationsprodukten (Schwefelsäure, Salpetersäure) zu sekundären anorganischen Aerosolen wie Ammoniumsulfat und Ammoniumnitrat. Diese wiederum tragen wesentlich zum sekundären Feinstaub bei. Ammoniumsulfat und -nitrat machen in der Schweiz rund ein Drittel der Feinstaubmasse PM_{10} aus.²⁵

Die Exposition gegenüber Feinstaub hat kurz- und langfristige Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, trägt zu Lungen- und Herz-Kreislaufkrankheiten bei und führt so zu einer vorzeitigen Mortalität (Sterblichkeit).²⁶ Sekundäre anorganische Aerosole tragen zu diesen Effekten bei:²⁷

- Mit einer Reduktion aller landwirtschaftlichen Emissionen um 50% könnten **weltweit** jährlich 250'000 Todesfälle verhindert werden.²⁸
- Eine **europaweite** Halbierung der NH_3 -Emissionen hätte eine Reduktion der Sterblichkeitsrate um fast 20% zur Folge, sodass ca. 50'000 Todesfälle pro Jahr vermieden werden könnten.²⁸

Gemäss Zahlen aus dem European Nitrogen Assessment betragen die Folgekosten der Ammoniakemissionen in die Luft ($\text{NH}_3\text{-N}$ to air) auf die Gesundheit 2 bis 20 Euro pro kg N.²⁹ Somit sind wegen den Ammoniakemissionen die bei der Lagerung und Ausbringung von Gülle entstehen folgende Folgekosten auf die Gesundheit zu erwarten.

²⁵ Empa (2012), Chemische Zusammensetzung und Quellen von Feinstaub sowie Spirig/Neftel (2006), Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft und Feinstaub.

²⁶ WHO Europe (2013), Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project.

²⁷ Brunekree et al. (2015), Reducing the health effect of particles from agriculture.

²⁸ MPIC (2017), Weniger Dünger reduziert die Feinstaubbelastung. Ergebnisse veröffentlicht in Giannadaki/Giannakis et al. (2018), Estimating health and economic benefits of reductions in air pollution from agriculture. In: Science of the Total Environment, 622-623, S. 1304-1316.

²⁹ Basierend auf Brink/van Grinsven (2011), Costs and benefits of nitrogen in the environment. In The European Nitrogen Assessment, Chapter 22.

Abbildung 5-4: Kosten der NH₃-Emissionen aus Güllelagerung und -ausbringung auf die Gesundheit³⁰

	Ammoniakemissionen 2015 (in kg NH ₃ -N)	Gesundheitskosten in Mio. Euro [2–20 Euro / kg N]	Gesundheitskosten in Mio. CHF (2015) ³¹
Lagerung von Dünger	4'600'000	9 bis 92	10 bis 99
Ausbringung von Dünger	13'700'000	27 bis 274	30 bis 296
Total	18'300'000	37 bis 366	40 bis 395

Wie der Abbildung entnommen werden kann, ist die Bandbreite der Kosten sehr gross und somit auch die Unsicherheiten. Es gibt auch Studien, die noch höhere Ansätze für die Berechnung der Gesundheitskosten pro kg N verwenden. Z.B. geht eine Studie für die USA davon aus, dass die jährlichen Gesundheitskosten von PM_{2.5} aus dem landwirtschaftlichen Lebensmitteltransport 36 (4 bis 100) Mrd. USD (2006) oder 100 USD (2006) pro kg NH₃ (anstelle von 2–20 Euro / kg N) betragen.³²

Für die Schweiz lässt sich annehmen, dass sich die Kosten der NH₃-Emissionen aus der Güllelagerung und -ausbringung auf die Gesundheit im oberen Bereich der Bandbreite ansiedeln, weil die Schweiz ein Hochpreis- bzw. Hochlohnland ist. Einerseits zeigt eine OECD-Auswertung, dass der «Value of Statistical Life» (VSL) in der Schweiz über dem durchschnittlichen VSL für die OECD Länder liegt.³³ Andererseits ist anzunehmen, dass bei höheren Löhnen die Zahlungsbereitschaft «willingness-to-pay» höher ist. Für die folgenden Berechnungen gehen wir deshalb davon aus, dass die Folgekosten der Ammoniakemissionen durch die Güllelagerung und -ausbringung auf die Gesundheit im Jahr 2015 395 Mio. CHF betragen.

5.1.3 Geruchsemissionen

In der Tierproduktion werden auch Geruch und Staub freigesetzt, die lokal im Nahbereich des Emittenten von Bedeutung sind.³⁴

Geruchsimmissionen führen zu Belästigungen im nahen Umfeld der Emissionsquelle. Sie können bei Unterschreitung von Mindestabständen zum Siedlungsgebiet und bei ungünstigen

³⁰ Basierend auf Brink/van Grinsven (2011), Costs and benefits of nitrogen in the environment. In: The European Nitrogen Assessment, Chapter 22. Die Zahlen beziehen sich auf die 27 EU-Mitgliedstaaten. Es ist nicht bekannt, welche Art Dünger (z.B. Hofdünger, flüssige Dünger, alle Dünger) berücksichtigt wurde.

³¹ Die Konsumentenpreisentwicklung der Schweiz ist nicht berücksichtigt. Der Eurokurs Ende Dezember 2015 beträgt gemäss Schweizerischer Nationalbank ca. 1.08:
[\(https://data.snb.ch/de/topics/ziredev#!/cube/devkum?fromDate=2015-01&toDate=2015-12&dimSel=D0\(M1\),D1\(EUR1\)](https://data.snb.ch/de/topics/ziredev#!/cube/devkum?fromDate=2015-01&toDate=2015-12&dimSel=D0(M1),D1(EUR1)) (21.05.2019).

³² Vgl. Paulot/Jacob (2014), Hidden Cost of U.S. Agricultural Exports: Particulate Matter from Ammonia Emissions.

³³ Vgl. Roy/Braathen (2017), The Rising Cost of Ambient Air Pollution thus far in the 21st Century: Results from the BRIICS and the OECD Countries.

³⁴ Umwelt Bundesamt (2014), Ammoniak, Geruch und Staub: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/ammoniak-geruch-staub#textpart-1> (02.05.2019).

Wetterlagen und Ableitbedingungen erheblich sein, stellen aber nach aktuellem Kenntnisstand keine Gesundheitsgefahr dar.³⁵

5.2 Lagerung von flüssigen Hofdüngern

Die Revision der LRV sieht vor, dass Güllelager mit dauerhaft wirksamen Abdeckungen auszustatten sind. Im Jahr 2015 wurde 83% der Gülle mit Abdeckung gelagert (vgl. Abbildung 5-5). Es kann davon ausgegangen werden, dass sich dieser Anteil zwischenzeitlich erhöht hat, weil in den meisten Kantonen nach 2015 bei Baugesuchen offene Güllelager nicht mehr bewilligt und in verschiedenen Kantonen über Ressourcenprogramme Beiträge an die Abdeckung offener Behälter bezahlt wurden. Als Abdeckung wurden in den vergangenen Jahren folgende Lösungen angewendet:

Abbildung 5-5: Entwicklung der Gülleabdeckung (in Bezug auf das Volumen)

Abdeckung	2002	2007	2010	2015	Prognose mit LRV-Revision ³⁶
Feste Abdeckung	70.7%	69.5%	65.9%	63.6%	70%
Folienzelt	0.0%	0.1%	0.3%	1.1%	4%
Schwimmfolie	0.0%	0.1%	0.2%	0.5%	8%
Perforierte Abdeckung ³⁷	12.5%	13.3%	15.3%	18.0%	18%
Anteil Lagerung mit Abdeckung	83.2%	83.0%	81.7%	83.2%	100%
Natürliche Schwimmschicht	5.1%	7.1%	7.4%	6.9%	-
ungedeckt	11.7%	9.9%	10.9%	9.8%	-

Quelle: Kupper et al. (2018), Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015, S. 115.

Die im Jahr 2015 ungedeckten knapp 17% der Gülle verfügten zu 6.9% über eine natürliche Schwimmschicht, 9.8% der Güllelager wiesen keine Massnahmen auf.

Abgeleitet aus der Umfrage von Kupper gehen wir davon aus, dass das Volumen der Güllelager im Jahr 2015 insgesamt ca. 15'750'000 m³ betrug.³⁸ Die Durchschnittsgrösse über alle Güllelager war 309 m³, der gedeckten Lager 293 m³ und der ungedeckten Lager 471 m³.

³⁵ Umwelt Bundesamt (2016), Aktuelle Entwicklung Kosten-Nutzenanalyse und Vollzugsempfehlungen für den Einsatz von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung.

³⁶ Schätzung (Menzi, persönliche Mitteilung) bei vollständiger Umsetzung der Pflicht zur Abdeckung der Güllelager aufgrund der LRV-Revision.

³⁷ Die perforierte Abdeckung zählt nicht zu den permanenten Abdeckungen und wird daher in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

³⁸ Schätzung basierend Zusatzauswertung umfrage 2015 von Kupper et al. (2018), Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015 (Menzi, persönliche Mitteilung).

Weiter lässt sich aus der Umfrage von Kupper ableiten, dass im Jahr 2015 ca. 17% der Betriebe mit Gülle über mindestens einen offenen Güllebehälter verfügten, bzw. dass weniger als 10% der Güllebehälter ungedeckt waren.

Von den ca. 38'100 Betrieben, die im Jahr 2015 Rindvieh und/oder Schweine hielten, produzierten ca. 37'500 Betriebe Gülle. Davon haben im Jahr 2015 ca. 31'200 Betriebe alle ihre Güllelager abgedeckt und ca. 6'300 Betriebe hatten zumindest teilweise nicht gedeckte Behälter. Die kleineren Betriebe in Grossvieheinheiten (GVE) gemessen haben in der Regel nur ein Güllelager. Hingegen haben die grösseren Betriebe im Durchschnitt 1.89 Güllegruben. Im Total kommt man auf ca. 60'000 Güllelager in der Schweiz. Davon waren im Jahr 2015 ca. 53'000 abgedeckt, bzw. ca. 7'000 Lager verfügten über keine Abdeckung.

5.2.1 Umwelt

Die Freisetzung von Ammoniak bei der Lagerung von Gülle hängt u.a. von der Luftbewegung über der Oberfläche ab. Mit einer Abdeckung der Hofdüngerlager kann der Luftaustausch über der Gülleoberfläche und in der Folge die laufende Bildung und Freisetzung von Ammoniak reduziert werden, sodass weniger Ammoniak in die Umwelt gelangt.³⁹ Für ausführliche Erläuterungen zu den Auswirkungen von Ammoniak auf die Umwelt siehe Abschnitt 5.1.

Die folgende Abbildung 5-6 zeigt die erwartete Entwicklung der in der Schweiz eingesetzten Abdeckungen. Die Tabelle ist am Beispiel «Feste Abdeckung» wie folgt zu lesen: Die feste Abdeckung wurde in der Schweiz im Jahr 2015 mit 63.6% am häufigsten eingesetzt (am Güllevolumen gemessen). Es wird davon ausgegangen, dass infolge der LRV-Revision der Anteil mit fester Abdeckung auf 70% ansteigen wird.⁴⁰ Mit der festen Abdeckung können die Ammoniakemissionen im Vergleich zu ungedeckten Güllelagern um 90% reduziert werden (Wirkungsgrad). D.h. selbst mit der festen Abdeckung resultieren Ammoniakemissionen, einfach deutlich weniger als bei ungedeckten Lagern. In der zweiten Spalte ist ersichtlich, dass im Jahr 2015 die Güllelager mit fester Abdeckung insgesamt ca. 850'000 kg NH₃-N emittiert haben.

³⁹ KOLAS/BLW (2012), Abdeckung bestehender offener Güllelager sowie Van Caenegem/Dux et al. (2005), Abdeckungen für Güllensilos.

⁴⁰ Schätzung bei vollständiger Umsetzung der Pflicht zur Abdeckung der Güllelager aufgrund der LRV-Revision (Menzi, persönliche Mitteilung).

Abbildung 5-6: NH₃-Emissionsminderungspotenzial bei der Lagerung von Hofdünger (in Bezug auf das Volumen)

Abdeckung	Abdeckungen in der Schweiz			Wirkungsgrad der Abdeckung im Vgl. zu ungedeckten Lagern (NH ₃ -Emissionsminderung) ⁴¹
	2015 ⁴² in %	in kg NH ₃ -N Emissionen	Prognose mit LRV-Re- vision ⁴³	
Zulässig gemäss LRV				
Feste Abdeckung	63.6%	850'000	70%	90%
Folienzelt	1.1%	59'000	4%	60%
Schwimmfolie	0.5%	13'000	8%	80%
Perforierte Abdeckung	18.0%	1'444'000	18%	40%
Nicht zulässig gemäss LRV				
Natürliche Schwimmschicht	6.9%	923'000	-	_ ⁴⁴
Ungedeckt	9.8%	1'310'000	-	-
Total	100%	4'600'000		

Basierend auf den obigen Annahmen, insbesondere dass es mit der LRV-Revision keine ungedeckten Güllelager mehr geben wird, das Güllevolumen gleich hoch bleibt und 70% des Güllelagervolumens eine feste Abdeckung hat, könnten die Emissionen der Güllelagerung zwischen 2015 und dem Endzustand mit LRV-Revision um knapp 40% reduziert werden. Die Güllelagerung machte im Jahr 2015 ca. 11% der gesamten NH₃-Emissionen der Landwirtschaft aus (vgl. Abbildung 5-2).⁴⁵ Folglich können die Gesamtemissionen der Landwirtschaft mit der emissionsmindernden Lagerung um ca. 4% reduziert werden.⁴⁶ Das Potenzial gegenüber 2015 wird allerdings wegen folgender Gründe überschätzt:

- Es ist insbesondere zu beachten, dass ein Teil der Emissionsminderung bei der Ausbringung wieder verloren geht. Dies wurde in der obigen Abbildung 5-6 nicht berücksichtigt. Pro Kilogramm im Güllelager reduzierte Emissionen geht beim Ausbringen mit Breitverteiler 50%, mit Schleppschlauch 35%, mit Schleppschuh 25% und mit Schlitzdrill 15% wieder verloren.⁴⁷ Bei der heutigen Ausbringung resultiert ein Verlust von gut 40% der eingesparten NH₃-Emissionen durch die Abdeckung.

⁴¹ Kupper (2018), Technische Parameter Modell Agrammon.

Ohne Berücksichtigung, dass ein Teil NH₃-Emissionsminderung bei der Ausbringung wieder verloren geht.

⁴² Kupper et al. (2018), Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015 (Menzi, persönliche Mitteilung).

⁴³ Schätzung bei vollständiger Umsetzung der Pflicht zur Abdeckung der Güllelager aufgrund der LRV-Revision.

⁴⁴ Gemäss Kupper (2018) haben natürliche Schwimmschichten ein Emissionsminderungspotenzial von 40% gegenüber einer ungedeckten Güllelagerung. Aufgrund der häufigen Umrührungsprozesse in der Schweiz gehen wir für die Berechnungen davon aus, dass kein Minderungspotenzial gegenüber ungedeckten Lagern vorliegt.

⁴⁵ Vgl. Kupper et al. (2018), Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015.

⁴⁶ 40% von 11%.

⁴⁷ Vgl. Kupper (2018), Technische Parameter Modell Agrammon.

D.h. die Emissionen der Güllelagerung zwischen 2015 und dem Endzustand mit LRV-Revision werden bei der heutigen Ausbringung effektiv um gut 20% reduziert (vgl. auch Abschnitt 5.4). Die Gesamtemissionen der Landwirtschaft werden ohne weitere Massnahmen bei der Gülleausbringung um ca. 2% abnehmen. D.h. mit einer emissionsarmen Gülleausbringung können Synergien zur Gülle-Abdeckung geschaffen werden.

- In den Berechnungen wurde das Emissionsminderungspotenzial von natürlichen Schwimmschichten nicht berücksichtigt.
- Es ist zu beachten, dass der Effekt nicht nur der LRV angerechnet werden darf. Vielmehr ist davon auszugehen, dass ein Teil der Güllelager auch ohne LRV gedeckt würden.

Alternative Systeme

Gemäss dem Leitfaden von UNECE kann mit einer natürlichen Schwimmschicht im Vergleich zu einem ungedeckten Güllelager ebenfalls eine Emissionsminderung von 40% erreicht werden. Die HAFL-Umfrage hat ergeben, dass die Gülle in der Schweiz oft gerührt wird (93.7% mind. zweimal pro Jahr), damit der Stickstoff bei der Ausbringung gleichmässig verteilt wird. Beim Aufrühren wird die Schwimmschicht zerstört, wodurch die Emissionsminderung für einige Zeit aufgehoben wird. Deshalb werden natürliche Schwimmschichten von den zuständigen Vollzugsstellen in der Schweiz für neue Güllensilos als ungenügend betrachtet und gelten gemäss Vollzugshilfe des BAFU und des BLW nicht als Stand der Technik.⁴⁸

Da die Abdeckung von Güllelagern zu tieferen Ammoniakemissionen führt, reduzieren sich die Folgekosten auf die Gesundheit und die Ökosysteme. Basierend auf den bereits in Abschnitt 5.1 verwendeten Ansätzen kann folgende Kostenreduktion berechnet werden (vgl. Abbildung 5-7).

Abbildung 5-7: Schadensminderung infolge der Abdeckung von Güllelagern (pro Jahr)

Ammoniakemissionen (in Mio. kg NH ₃ -N)			Gesundheitskosten in Mio. CHF pro Jahr			Schaden für Ökosysteme in Mio. CHF pro Jahr		
2015	Prognose mit LRV-Revision		2015	Prognose mit LRV-Revision		2015	Prognose mit LRV-Revision	
	Ohne Berücksichtigung des Verlusts bei der Ausbringung	Mit Berücksichtigung des Verlusts bei der Ausbringung*)		Ohne Berücksichtigung des Verlusts bei der Ausbringung	Mit Berücksichtigung des Verlusts bei der Ausbringung*)		Ohne Berücksichtigung des Verlusts bei der Ausbringung	Mit Berücksichtigung des Verlusts bei der Ausbringung*)
4.6	2.8	3.6	99	61	78	56	34	44
Differenz zwischen Prognose mit LRV-Revision und 2015								
	-1.8	-1.0		-39	-22		-22	-12

*) Annahme: Die Gülle wird gemäss heutigem Mix der Techniken (vgl. Abbildung 5-11) ausgebracht.

⁴⁸ BAFU/BLW (2011), Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft.

Der Mehrnutzen (Summe von Gesundheits- und Ökosystemkosten gemäss Abbildung 5-7) infolge der LRV-Revision zur Abdeckung von Güllelagern beträgt somit insgesamt ca. 34 Mio. CHF pro Jahr (inkl. Berücksichtigung des Verlusts bei der Ausbringung).

Wie im Abschnitt 5.2 erläutert gab es im Jahr 2015 ca. 6'300 Betriebe mit ca. 7'000 Güllelagern ohne Abdeckung. D.h. die LRV-Revision führt zu folgendem Mehrnutzen für die Umwelt bzw. die Allgemeinheit, umgerechnet pro Güllelager bzw. pro Betrieb.

Abbildung 5-8: Mehrnutzen für Ökosysteme und Gesundheit umgerechnet pro Güllelager bzw. pro Betrieb (im Durchschnitt, pro Jahr)

	Nutzen insgesamt	Nutzen umgerechnet pro Lager	Nutzen umgerechnet pro Betrieb
inkl. Berücksichtigung des Verlusts bei der Ausbringung	34 Mio. CHF	4'900 CHF	5'400 CHF

5.2.2 Unternehmen (landwirtschaftliche Betriebe)

Bei neu zu bauenden Güllelagern werden heute nur noch geschlossene Systeme bewilligt. Die Kosten für die Abdeckung neuer Güllelager müssen daher nicht als Zusatzkosten berücksichtigt werden.

Die Landwirtschaft wurde bisher für die Abdeckung von noch offenen Güllelagern finanziell unterstützt. Nun soll mit der LRV-Revision das Verursacherprinzip umgesetzt werden. D.h. sobald die neue Luftreinhalte-Verordnung in Kraft tritt, muss das derzeit noch offene Güllevolumen ebenfalls abgedeckt werden. Dies wird für die betroffenen Betriebe zu Zusatzkosten führen.

Die Studie von KOLAS und BLW⁴⁹ weist die Kosten der in der Schweiz eingesetzten Abdeckungen aus. Darauf basierend konnten die Kosten pro kg NH₃-N-Minderung und Jahr berechnet werden.

Für die Bestimmung der Mehrkosten für die landwirtschaftlichen Betriebe wegen der Abdeckung der Güllelager stützen wir uns u.a. auf folgende Annahmen:

- Der Anteil Lager mit Abdeckung nimmt von 83% im Jahr 2015 auf 100% mit LRV-Revision zu.
- Das Güllevolumen zwischen 2015 und Endzustand mit LRV-Revision verändert sich nicht.
- Die Kostenschätzung stützt sich insbesondere auf die Studie von KOLAS und BLW. Diese Kostensätze liegen über den Angaben des UNECE-Leitfadens.

Abbildung 5-9 zeigt die resultierenden Mehrkosten pro Jahr für die Abdeckung der 17% noch offenen Güllelager (bezogen auf m³) und ist wie folgt zu lesen:

⁴⁹ KOLAS/BLW (2012), Abdeckung bestehender offener Güllelager.

- Im Jahr 2015 haben die ungedeckten Güllelager (natürliche Schwimmschicht und ungedeckte Lager) insgesamt ca. 2.23 Mio. kg NH₃-N emittiert. Mit der LRV-Revision werden diese Emissionen reduziert.
- Für die Sanierung der ungedeckten Lager wird zu 38% eine feste Abdeckung, zu 17% ein Folienzelt und zu 45% die Schwimmfolie gewählt. Je nach eingesetzter Abdeckung ist das NH₃-Emissionsminderungs-Potenzial unterschiedlich hoch (vgl. Abbildung 5-6). Infolge der LRV-Revision können deshalb ca. 80% der Emissionen von ungedeckten Lagern verhindert werden. D.h. die Emissionsminderung infolge der Abdeckung beträgt ca. 1.79 Mio. kg NH₃-N.
- Die Kosten pro kg NH₃-N-Minderung sind abhängig von der Wahl der Abdeckung. Wie bereits erwähnt wurden als Grundlage die Kostenangaben aus der Studie von KOLAS und BLW⁴⁹ verwendet.
- In der Folge ergeben sich aufgrund der Abdeckung Mehrkosten von ca. 10.6 Mio. CHF pro Jahr. Diese sind somit abhängig von der Wahl der Abdeckung zur Sanierung, deren Minderungspotenzial sowie deren Kosten.

Abbildung 5-9: Kosten der Verminderung von Ammoniakemissionen bei der Güllelagerung (pro Jahr)

Eingesetzte Abdeckungen	NH ₃ -Emissionen 2015 (in kg NH ₃ -N)	Wahl der Abdeckung zur Sanierung (in %)	NH ₃ -Emissionsminderung aufgrund der Abdeckung (in kg NH ₃ -N)	Kosten pro kg NH ₃ -N-Minderung und Jahr (in CHF) ⁵⁰	Mehrkosten insgesamt in CHF pro Jahr infolge der Abdeckung
Feste Abdeckung	850'000	38%	766'000	5.56	4'257'000
Folienzelt	59'000	17%	231'000	9.31	2'153'000
Schwimmfolie	13'000	45%	798'000	5.25	4'187'000
Perforierte Abdeckung	1'444'000	0%	0	Nicht relevant	0
Total gedeckt	2'367'000				
Natürliche Schwimmschicht	923'000			0	Es gibt keine natürlichen Schwimmschichten oder ungedeckten Lager mehr.
Ungedeckt	1'310'000			0	
Total ungedeckt	2'233'000				
Total	4'600'000		1'794'000		10'597'000

Die Lagerabdeckung ist im Vergleich zur natürlichen Schwimmschicht oder ungedeckten Lagerung mit höheren Kosten verbunden. Infolgedessen muss ab 2030 im Vergleich zu 2015 mit jährlichen Mehrkosten gerechnet werden. Basierend auf den obigen Annahmen betragen die Mehrkosten für die restlichen 17% noch nicht abgedeckten Güllelager ca. 10.6 Mio. CHF pro Jahr.

⁵⁰ Berechnung auf Grundlage von KOLAS/BLW (2012), Abdeckung bestehender offener Güllelager (Menzi, persönliche Mitteilung).

Im Vergleich hat der Bund im Jahr 2017 2'806 Mio. CHF Direktzahlungen an die Landwirtschaftlichen Betriebe ausgerichtet.⁵¹ D.h. die Mehrkosten infolge der Abdeckung machen ca. 0.4% der ausbezahlten Direktzahlungen durch den Bund aus.

Auf die noch nicht abgedeckten ca. 7'000 Güllelager bzw. 6'300 Betriebe verteilt, ergeben sich somit folgende Mehrkosten infolge der LRV-Revision:

- Pro Güllelager: ca. 1'500 CHF pro Jahr
- Pro Betrieb: ca. 1'700 CHF pro Jahr

Die Kosten können im Einzelfall stark vom Durchschnitt abweichen, je nach örtlichen Verhältnissen.

Im Vergleich betrug das landwirtschaftliche Einkommen im Jahr 2017 im Mittel 67'800 CHF je Betrieb.⁵² D.h. die jährlichen Kosten für die Abdeckung machen ca. 2.5% des jährlichen Einkommens eines landwirtschaftlichen Betriebs aus.

Die Studie von KOLAS und BLW weist die Kosten für Schwimmfolien- oder Zeltabdeckung in Abhängigkeit des Behälterdurchmessers aus. Für den Neubau einer Schwimmfolie rechnen die Autoren mit Investitionskosten von 13'500 bis 29'700 CHF je nach Behälterdurchmesser sowie Typ der Folie. Für eine feste Abdeckung bei einem Güllelager mit ca. 309 m³ ergeben sich Investitionskosten von ca. 16'000 CHF und bei sehr teuren und selten eingesetzten Varianten von bis zu 63'000 CHF.⁵³ Die Erfahrungswerte aus den Ressourcenprojekten in den befragten Kantonen weisen hingegen auf Kosten von ca. 13'000 bis 40'000 CHF hin.

Gemäss Rückmeldungen aus den Gesprächen mit Fachleuten der Kantone (vgl. Abschnitt 1.3) ist es schwierig, Aussagen zur wirtschaftlichen Tragbarkeit zu machen. Ein Kanton hat die Erfahrung gemacht, dass die Betriebe im Rahmen der Ressourcenprogramme praktisch alle ihre offenen Güllelager gedeckt haben. Die Selbstkosten für die Betriebe beliefen sich auf 5'000 bis 10'000 CHF und wurden somit von den landwirtschaftlichen Betrieben akzeptiert.

Da mehr als 80% der offenen Güllelager vor 2000 und mehr als 50% sogar vor 1990 gebaut wurden, ist davon auszugehen, dass diese in absehbarer Zeit ohnehin saniert werden müssen.⁵⁴ Die effektiven Mehrkosten im Vergleich zu einem Szenario ohne Revision der LRV werden daher geringer ausfallen.

Nebst den Kosten haben die Gesprächspartner auf folgende Einschränkungen für die Landwirte hingewiesen:

⁵¹ Vgl. BLW, Agrarbericht 2018, Finanzielle Mittel für Direktzahlungen: <https://www.agrarbericht.ch/de/politik/direktzahlungen/finanzielle-mittel-fuer-direktzahlungen> (27.06.2019).

⁵² Gemeinschaftsbetriebe wurden in der Statistik ebenfalls berücksichtigt. Vgl. BLW, Agrarbericht 2018, Einzelbetriebe: <https://www.agrarbericht.ch/de/betrieb/wirtschaftliche-situation/einzelbetriebe?zoom=bcfd1198-7f0a-44ae-aa2e-8272d59153f4> (18.07.2019).

⁵³ Betonabdeckungen auf bestehende Behälter sind aus statischen Gründen nur auf rechteckigen Güllebehältern möglich. Deshalb kommen die teuren Betonabdeckungen nur sehr selten zum Einsatz.

⁵⁴ Zusatzauswertung der Umfrage-Ergebnisse 2015 von Kupper et al. (2018) (Menzi, persönliche Mitteilung).

- Bei Güllelagern in Berggebieten, die eine hohe Schneelast tragen müssen, wird das Nutzen-Kosten-Verhältnis in Frage gestellt: Die hohe Schneelast bedingt teure Abdeckungen. Gleichzeitig werde im Vergleich wenig Gülle gelagert, sodass das NH₃-Emissionsminderungspotenzial tief ausfallen dürfte.

Gleichzeitig kann die neue Regelung für die Landwirte aber auch zu einem Nutzen führen:

- Aufgrund der Ammoniakemissionen geht der Landwirtschaft Stickstoff verloren, der somit nicht mehr als Dünger zur Verfügung steht. Die Literatur kommt zu unterschiedlichen Ergebnissen, ob durch die Verminderung der Ammoniakemissionen ein Mehrertrag erreicht bzw. die Menge an mineralischem N-Dünger reduziert werden kann.⁵⁵
- Die Geruchsemissionen in der Nachbarschaft werden reduziert, sodass mit weniger Konflikten zu rechnen ist.
- In der Berechnung des Mindestabstandes einer Tierhaltungsanlage zu bewohnten Zonen muss die offene Fläche eines Güllelagers berücksichtigt werden. Bei einem abgedeckten Güllelager kann dieser Abstand u.U. verkleinert werden.⁵⁶

Dieser Nutzen kann nicht weiter quantifiziert werden und ist zum Teil auch umstritten.

5.2.3 Öffentliche Hand

Für die öffentliche Hand entsteht ein zusätzlicher Aufwand durch den Vollzug und die Kontrollen. Beim Aufwand wird zwischen Kantonen und Bund unterschieden.⁵⁷

- Kantone: Der Vollzug erfolgt durch die Kantone.
 - Verfügung (einmaliger Aufwand): Die Erhebung der Betriebe mit noch ungedeckten Güllelagern soll im Rahmen der regulären Kontrollen des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) erfolgen. Falls ein Güllelager noch nicht abgedeckt ist, wird eine Verfügung erstellt und verschickt. D.h. es ist keine einmalige kantons- bzw. schweizweite Erhebung notwendig. Evtl. ist mit Einsparungen von Seiten Landwirtschaft zu rechnen.
 - Kontrolle (regelmässiger Aufwand): Das BLW geht davon aus, dass die Kontrolle der rechtskonformen Güllelagerung im Rahmen der jährlich stattfindenden ÖLN-Kontrolle erfolgen kann. Die Sanierung offener Güllelager bzw. neue Abdeckungen werden wie bereits heute im Rahmen der Baugesuche kontrolliert. Ein Gesprächspartner weist darauf hin, dass Kontrollen auch im Rahmen der Dichtigkeitsprüfung von Güllebehältern möglich wären. Der zusätzliche Kontrollaufwand durch die Kantone ist entsprechend vernachlässigbar.

⁵⁵ Siehe auch Ausführungen auf Seite 39 des Berichts. Vgl. Van Caenegem et al. (2005), Abdeckungen für Güllensilos sowie Huguenin-Elie/Nyfeler et al. (2018), Einfluss der Gülleapplikationstechnik auf Ertrag und Stickstoffflüsse im Grasland.

⁵⁶ Steiner et al. (2018), Grundlagen zu Geruch und dessen Ausbreitung für die Bestimmung von Abständen bei Tierhaltungsanlagen.

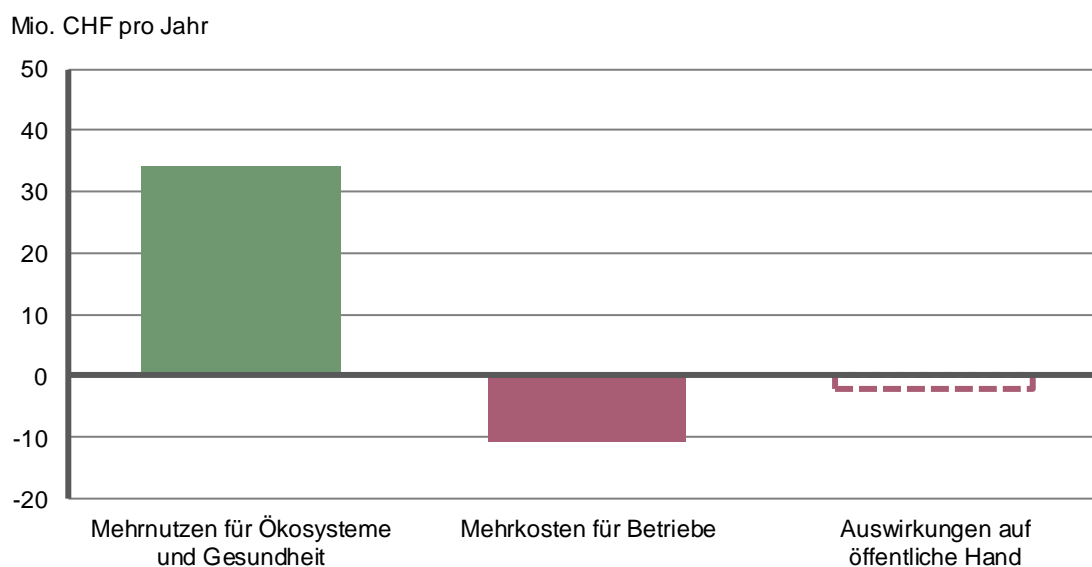
⁵⁷ Ausführungen basierend auf Gesprächen mit dem BLW und dem BAFU.

- Bund: Der Bund hat die Oberaufsicht über die Kantone. Die Verschärfung bzgl. Lagerung von flüssigem Hofdünger führt im Hinblick auf die Oberaufsicht zu keinem spürbaren Mehraufwand für den Bund. Gemäss dem erläuternden Bericht sind infolge der LRV-Revision verschiedene andere Erlasse anzupassen, was zu einem einmaligen Mehraufwand führt:⁵⁸
 - Anpassung der Direktzahlungsverordnung (DZV) und der Verordnung über die Koordination der Kontrollen auf Landwirtschaftsbetrieben (VKKL), damit die inhaltliche Kohärenz mit den landwirtschaftlichen Rechtsgrundlagen gewährleistet ist und die emissionsmindernden Massnahmen beim Lagern und Ausbringen von Gülle in der Praxis umgesetzt werden.
 - Berücksichtigung im Rahmen des ökologischen Leistungsnachweises, um einen effizienten Vollzug in diesem Zusammenhang zu gewährleisten.

5.2.4 Folgerungen

Folgende Abbildung 5-10 zeigt die Bilanz der erwarteten Auswirkungen infolge der LRV-Revision bzgl. Abdeckung von Güllelagern.

Abbildung 5-10: Bilanz der Abdeckung von Güllelagern



Diese Schätzungen entsprechen den aktuell besten verfügbaren Grundlagen, es bleibt allerdings eine grosse Unsicherheits-Bandbreite.

⁵⁸ BAFU (2019), Erläuternder Bericht zur Änderung der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).

Der Mehrnutzen für Ökosysteme und Gesundheit infolge der LRV-Revision beträgt (vgl. Abbildung 5-8 bzw. Abbildung 5-7)

- ohne Berücksichtigung des Verlusts bei der Ausbringung: ca. 61 Mio. CHF pro Jahr
- inkl. Berücksichtigung des Verlusts bei der Ausbringung: ca. 34 Mio. CHF pro Jahr

Eine emissionsarme Gülleausbringung zusätzlich zur Gülleabdeckung kann Synergien schaffen.

Gleichzeitig ist mit Mehrkosten infolge der Abdeckung von insgesamt ca. 10.6 Mio. CHF pro Jahr zu rechnen (vgl. Abbildung 5-9).

Der Vollzugs- und Kontrollaufwand für die Kantone und den Bund fällt im Vergleich zum Nutzen für die Ökosysteme und die Gesundheit sowie zu den Kosten für die landwirtschaftlichen Betriebe relativ gering aus.

D.h. der jährliche Mehrnutzen durch die Abdeckung ist deutlich höher als die Mehrkosten für die Landwirtschaft. Dabei ist zu beachten, dass Nutzen und Kosten nicht bei demselben Akteur anfallen.

5.3 Ausbringung von flüssigen Hofdüngern

Mit der Revision der LRV muss die Gülle mit emissionsarmer Ausbringtechnik ausgebracht werden. Im Jahr 2015 wurde bereits 40% der Gülle emissionsarm ausgebracht. Das BAFU schätzt, dass aufgrund der finanziellen Unterstützung durch die Ressourceneffizienzbeiträge der Anteil der Gülle, welche mit emissionsarmer Ausbringtechnik ausgebracht wird, bis 2020 auf ca. 45% ansteigen wird.⁵⁹

Mit der Verordnungs-Anpassung sollen emissionsarme Gülleausbringungsverfahren überall eingesetzt werden, wo dies die Topografie erlaubt. Das BAFU rechnet mit einem Potenzial von emissionsarmen Gülleausbringungsverfahren von ca. 70%.⁵⁸ D.h. es sind noch ca. 30%-Punkte Verbesserung erreichbar. Diese Schätzung ist nochmals zu verifizieren, nachdem die Umsetzung sowie die Ausnahmeregelung präzisiert wurden. Bei einer strengen Regelung kann eine bessere Wirkung auf die Umwelt erreicht werden, dafür sind die Kosten höher. Bei einer weniger strengen Regelung sind die Kosten tiefer, aber auch die Umweltwirkung geringer. Abbildung 5-11 zeigt den Anteil der verschiedenen Gülleausbringungstechniken von 2002 bis 2015.

⁵⁹ Vgl. BAFU (2019), Erläuternder Bericht zur Änderung der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).

Abbildung 5-11: Entwicklung der Gülleausbringungstechniken (in Bezug auf das Volumen)

Verfahren	2002	2007	2010	2015	Prognose mit LRV-Revision ⁵⁹
Schleppschauch	9.2%	13.5%	27.5%	37.4%	67.4%
Schleppschuh				1.8%	1.8%
Schlitzdrill	0.9%	0.9%	0.6%	0.8%	0.8%
Anteil emissionsarme Verfahren	10.1%	14.4%	28.1%	40.0%	70%
Breitverteiler (Prallteller)	89.9%	85.6%	72.0%	60.0%	30%

Quelle: Kupper et al. (2018), Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015, S. 115.

Die obige Abbildung zeigt, dass insbesondere der Einsatz des Schleppschauchs für die Ausbringung von Gülle seit 2002 stetig zugenommen hat.

Laut Statistik des BLW bezogen im Jahr 2018 12'059 Betriebe Ressourceneffizienzbeiträge für die emissionsmindernde Gülleausbringung. Dies entspricht ca. 23% der landwirtschaftlichen Betriebe in der Schweiz.⁶⁰ Aus den Zusatzauswertungen zur Umfrage 2015 von Kupper et al. (2018) lässt sich Folgendes ableiten⁶¹:

- Von den ca. 51'600 landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz hatten ca. 18% bzw. ca. 9'300 Betriebe keine Gülle⁶².
- Von den restlichen ca. 42'320 Betrieben mit Gülle (und voll auswertbaren Datensätzen) setzten 53% der Betriebe zumindest teilweise emissionsarme Ausbringtechnik ein, davon 21% ausschliesslich emissionsarme Technik. 47% der landwirtschaftlichen Betriebe setzten nur den Prallteller ein.
- D.h. im theoretischen Maximalfall könnten ca. 47% der Betriebe bzw. ca. 20'000 Betriebe infolge der LRV-Revision ihre Gülleausbringung umstellen. Dabei sind die Ausnahmen nicht berücksichtigt. Wie der Abbildung 5-11 entnommen werden kann geht das BAFU davon aus, dass aufgrund der Ausnahmeregelung weiterhin ca. 30% der Gülle nicht emissionsarm ausgebracht wird. D.h. die Anzahl Betriebe, die tatsächlich umstellen müssen, fällt kleiner als 20'000 aus. Zurzeit lassen sich keine Aussagen dazu machen, wie viele Betriebe von der Ausnahmeregelung betroffen sein werden.

⁶⁰ Gemäss Agrarbericht 2018 gab es im Jahr 2017 in der Schweiz 51'620 landwirtschaftliche Betriebe. Vgl. BLW, Agrarbericht 2018, Betriebe: <https://www.agrarbericht.ch/de/betrieb/strukturen/betriebe> (01.07.2019).

⁶¹ Basierend auf Zusatzauswertung der Umfrage 2015 von Kupper et al. (2018), Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015 (Menzi, persönliche Mitteilung).

⁶² Schätzung basierend auf Zusatzauswertung Umfrage 2015 von Kupper et al. (2018), Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015 (Menzi, persönliche Mitteilung).

5.3.1 Umwelt

Beim Ausbringen von Gülle entweicht viel Ammoniak, insbesondere wenn sie breitflächig ausgebracht wird. In Abschnitt 5.1 wird detailliert erläutert, welche Auswirkungen Ammoniak bzw. Stickstoff auf die Umwelt hat.

Bei der emissionsarmen Ausbringung von Gülle mittels bandförmiger Ausbringung (Schleppschlauch- oder Schleppschuhverteiler) oder mittels Schlitzdrillverfahren wird im Gegensatz zur breitflächigen Ausbringung nur ein Teil des Bodens bzw. der vorhandenen oberflächlichen Pflanzmasse verschmutzt und es wird weniger Ammoniak in die Luft emittiert.⁶³ Zudem kann das Risiko einer Verschmutzung von angrenzenden Flächen oder Gewässern reduziert werden.⁶⁴

Der folgenden Abbildung 5-12 kann entnommen werden, wie sich der Einsatz der Gülleausbringungsverfahren sowie die erwarteten Ammoniakemissionen entwickeln. Die Abbildung ist am Beispiel «Schleppschlauch» wie folgt zu lesen: Im Jahr 2015 wurde in der Schweiz ca. 37% der Gülle mit dem Schleppschlauch ausgebracht (gemessen am Güllevolumen). Dabei wurden ca. 4.1 Mio. kg NH₃-N emittiert. Infolge der LRV-Revision soll der Anteil Gülleausbringung mit Breitverteiler von derzeit 60% auf 30% reduziert werden (gemessen am Güllevolumen). Anstelle des Breitverters sollen emissionsarme Verfahren zum Einsatz kommen. Beispielsweise wird erwartet, dass der Anteil Gülleausbringung mit Schleppschlauch auf ca. 67% ansteigen wird. Aufgrund des vermehrten Schleppschlauch-Einsatzes werden auch dessen Ammoniakemissionen ansteigen (auf ca. 7.4 Mio. kg NH₃-N). Die letzte Spalte der Abbildung 5-12 zeigt, dass mit dem Schleppschlauch die Ammoniakemissionen um ca. 30% reduziert werden können im Vergleich zum Breitverteiler.

⁶³ Vgl. Agridea (2017), Emissionsmindernde Ausbringverfahren sowie Sauter et al. (2010), Schleppschlauch- und Breitverteiler im Vergleich.

⁶⁴ UNECE (2014), Leitfaden zur Vermeidung und Verringerung von Ammoniakemissionen aus landwirtschaftlichen Quellen.

Abbildung 5-12: NH₃-Emissionsminderungspotenzial bei der Ausbringung von Hofdünger (in Bezug auf das Volumen)

Ausbringungsverfahren	Verfahren in der Schweiz				Wirkungsgrad der emissionsarmen Ausbringung im Vgl. zum Breitverteiler (NH ₃ -Emissionsminderung) ⁶⁵
	2015 ⁶⁶		Prognose mit LRV-Revision ⁶⁷		
	in %	in kg NH ₃ -N Emissionen	in %	in kg NH ₃ -N Emissionen	
Zulässig gemäss LRV					
Schleppschlauch	37.4%	4'107'000	67.4%	7'402'000	30%
Schleppschuh	1.8%	141'000	1.8%	141'000	50%
Schlitzdrill	0.8%	38'000	0.8%	38'000	70%
Nicht zulässig gemäss LRV^{*)}					
Breitverteiler	60%	9'414'000	30%	4'707'000	-
Total	100%	13'700'000	100%	12'288'000	

*) Ausser wenn die emissionsarmen Verfahren aus technischen oder betrieblichen Gründen, insbesondere aufgrund der Topografie, nicht anwendbar sind.

Auf Basis der Annahmen gemäss Abbildung 5-12, insbesondere dass bis 2030 70% der Gülle mit emissionsmindernden Verfahren ausgebracht wird, lässt sich ein NH₃-Emissionsminderungspotenzial zwischen 2015 und Endzustand mit LRV-Revision von 10% berechnen. Die NH₃-Emissionen durch die Ausbringung von flüssigem Hofdünger machten im Jahr 2015 32% der gesamten landwirtschaftlichen NH₃-Emissionen in der Schweiz aus. D.h. die gesamten NH₃-Emissionen der Schweizer Landwirtschaft können mit den emissionsmindernden Ausbringungsverfahren um ca. 3% reduziert werden.⁶⁸ Das Potenzial hängt aber von der Ausgestaltung der Ausnahmeregelung ab. Falls die Ausnahmeregelung «weniger streng» z.B. bezüglich der Hangneigung ausgestaltet ist, ist mit einer kleineren Ammoniakreduktion zu rechnen.

Dieser Effekt darf aber nicht nur der LRV zugeschrieben werden. Es ist davon auszugehen, dass auch ohne LRV die emissionsarme Gülleausbringung bis 2030 zunehmen würde, aber in der Tendenz in einem geringeren Ausmass. Falls aber die Ressourcenbeiträge abgeschafft werden, ohne dass die LRV verschärft würde, könnte es auch zu einer Zunahme oder zu keiner Veränderung der Emissionen kommen. Gemäss den Rückmeldungen der Gesprächspartner ist unklar, wie sich die emissionsarme Ausbringung ohne LRV-Revision entwickeln würde. Mit der Teilnahme am Ressourcenprogramm haben sich die Beteiligten grundsätzlich dazu bereit erklärt, die Technik im gleichen Umfang auch nach Abschluss des Programms einzusetzen. Gemäss Auskunft wurde allerdings nicht festgelegt, wie die Überprüfung oder die Sanktion erfolgen sollen. Es ist anzunehmen, dass Landwirte, die bereits Geräte für die emissionsarme Ausbringung gekauft haben oder vom Nutzen der emissionsarmen Ausbringung überzeugt

⁶⁵ Kupper (2018), Technische Parameter Modell Agrammon.

⁶⁶ Kupper et al. (2018), Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015.

⁶⁷ Annahme Ecoplan basierend auf der Entwicklung seit 2002.

⁶⁸ 10% von 32%.

sind, diese weiterhin nutzen werden. Die anderen Landwirte werden die kostengünstigste und für den Betrieb geeignetste Variante einsetzen. D.h. es wird davon ausgegangen, dass der Anteil der emissionsarmen Ausbringung ungefähr gleich hoch bleiben wird.

In den obigen Berechnungen wurde nicht berücksichtigt, dass verschiedene weitere Faktoren wie z.B. Wetterbedingungen ebenfalls einen Einfluss auf die Emissionsminderung haben. Die wichtigsten Faktoren sind nachfolgend aufgeführt:⁶⁹

- Witterung (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windstärke und Niederschlag): Die Ausbringung von Gülle bei tieferen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit kann den Verlust von Ammoniak-Stickstoff um 20 bis 50% verringern. D.h. die NH₃-Verluste sind bei der Gülleausbringung am Abend geringer als wenn die Gülle am Morgen oder im Lauf des Tages ausgebracht wird. Dies gilt insbesondere an heissen Tagen.⁷⁰ Mit zunehmender Windstärke steigen auch die Ammoniakverluste.
- Bei starkem Regen wird die Gülle in Oberflächengewässer abgeschwemmt, wo sie negative Auswirkungen auf die aquatischen Ökosysteme und zur Keimübertragung führen kann. Nach länger andauernden Regenfällen ist der Boden wassergesättigt und kann die Gülle nicht mehr aufnehmen. Zudem steigt beim Befahren von nassen Böden das Verdichtungsrisiko. Optimal ist eine Ausbringung auf trockene und saugfähige Böden.
- Hofdüngerart und -zusammensetzung (Mist oder Gülle, Trockensubstanzgehalt und Ammonium-N-Gehalt): Je höher der TS-Gehalt in der Gülle, desto mehr Ammoniak-Stickstoff geht verloren. Optimal ist, wenn Vollgülle mindestens 1:1 mit Wasser verdünnt wird. Die Verluste werden dadurch um bis zu 50% reduziert.⁷⁰
- Boden (Bodenstruktur, Wassergehalt, Bewuchs):
 - Je besser die Gülle vom Boden aufgenommen wird, desto weniger lang bleibt sie an der Oberfläche und desto weniger Ammoniak geht verloren.
 - Eine zunehmende Höhe des Bewuchses vermindert bei der Ausbringung der Gülle mittels Schleppschlauch und Schleppschuh die Emissionen.
 - Im Ackerbau können mit der Einarbeitung der Gülle nach der Ausbringung auf der Oberfläche die Ammoniakemissionen um 30 bis 65% vermindert werden.

Da die emissionsarme Ausbringung von Gülle zu tieferen Ammoniakemissionen führt, reduzieren sich die Folgekosten auf die Gesundheit und die Ökosysteme. Basierend auf den bereits in Abschnitt 5.1 verwendeten Ansätzen kann folgende Kostenreduktion berechnet werden (vgl. Abbildung 5-13).

⁶⁹ Agridea (2017), Emissionsmindernde Ausbringverfahren.

⁷⁰ Vgl. auch Frick/Menzi (1997), Hofdüngeranwendung: Wie Ammoniakverluste vermindern?

Abbildung 5-13: Schadensminderung infolge der emissionsarmen Gülleausbringung (pro Jahr)

Ammoniakemissionen (in kg NH ₃ -N)		Gesundheitskosten in Mio. CHF pro Jahr		Schaden für Ökosysteme in Mio. CHF pro Jahr	
2015	2030	2015	2030	2015	2030
13'700'000	12'300'000	296	265	168	151
-1'400'000		-31		-17	

Somit beträgt der Mehrnutzen (Summe von Gesundheits- und Ökosystemkosten gemäss Abbildung 5-13) infolge der LRV-Revision zur emissionsarmen Gülleausbringung ca. 48 Mio. CHF pro Jahr.

Wie in Abschnitt 5.3 erläutert, könnten theoretisch maximal ca. 20'000 Betriebe (ohne Berücksichtigung der Ausnahmeregelung) ihre Ausbringung umstellen. In diesem Fall würde die LRV-Revision zu einem Mehrnutzen für die Umwelt bzw. Allgemeinheit umgerechnet pro Betrieb und Jahr von 2'400 CHF führen. Infolge der Ausnahmeregelung werden es aber deutlich weniger Betriebe sein. Da die Gesamtnutzen und -kosten basierend auf dem Güllevolumen und unter Berücksichtigung der Ausnahmen geschätzt wurden, ergeben sich umgerechnet pro Betrieb höhere Nutzen und höhere Kosten. Allerdings lässt sich nicht sagen, wie hoch diese ausfallen.

Weitere Nutzen emissionsmindernder Ausbringungstechnik sind insbesondere:

- Reduktion Geruchsemissionen: Mit der emissionsarmen Ausbringung von Gülle kann der Geruch beträchtlich reduziert werden. Die geringen Geruchsemissionen bei diesen Techniken können eine Ausbringung auf Flächen oder zu Zeiten ermöglichen, die sonst wegen Beschwerden nicht möglich wären.⁷¹ Zudem reduziert sich das Konfliktpotenzial mit den Bewohnern benachbarter Siedlungsgebiete.⁷²
- Reduktion Oberflächenabfluss:⁷¹ Das Risiko für Oberflächenabfluss bei evtl. anschliessenden Niederschlägen sinkt beim Schlitzdrillverfahren.

⁷¹ UNECE (2014), Leitfaden zur Vermeidung und Verringerung von Ammoniakemissionen aus landwirtschaftlichen Quellen.

⁷² BAFU (2019), Erläuternder Bericht zur Änderung der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).

Mögliche negative Nebenwirkungen mit diesen Verfahren sind insbesondere:⁷³

- Mehr Fahrten: Bei stärkerer Verdünnung sind mehr Fahrten nötig, die negative Auswirkungen auf die Treibhausgase und Verdichtung des Bodens haben. Deshalb wird v.a. bei der Ausbringung mit Verschlauchung eine Verdünnung empfohlen, da bei diesem Verfahren kaum ein Mehraufwand entsteht.⁷⁴
- Bodenverdichtung: Es gibt verschiedene Meinungen, ob emissionsarme Ausbringungsverfahren mit der Bodenverdichtung in Bezug gebracht werden können:
 - Einerseits wird argumentiert, dass ein Schleppschauch eine aufwendigere Konstruktion und damit ein höheres Gewicht als ein Prallteller aufweist.⁷⁵ In der Folge besteht ein erhöhtes Risiko der Bodenverdichtung.
 - Andererseits gibt es den Hinweis, dass die Verdichtung hauptsächlich vom Gewicht des Traktors und des Güllefasses abhängt. Eine Ausbringung mit Verschlauchung ist z.B. deutlich besser als das Ausbringen mit Güllefass.
 - Das Risiko einer Bodenverdichtung kann mit verschiedenen Massnahmen reduziert werden:⁷⁶
 - Die richtige Auswahl der eingesetzten Maschine, der Bereifung und des Reifendrucks verringert das Risiko einer Verdichtung des Bodens.
 - Lohnunternehmen darauf hinweisen, dass nicht zu grosse Fässer benutzt werden dürfen.
 - Anstelle von Fässern eine Gülleverschlauchung einsetzen, da diese ein tieferes Gewicht aufweist. Allerdings ist eine Gülleverschlauchung nur in Lagernähe möglich.
- Keine Rücksichtnahme durch Lohnunternehmen auf Wetterbedingungen: Sofern Lohnunternehmen engagiert oder die Maschinen überbetrieblich eingesetzt werden, sind die Landwirte weniger flexibel beim Einsatz und können entsprechend weniger auf optimale Wetterbedingungen bzw. Tageszeiten Rücksicht nehmen.

5.3.2 Unternehmen (landwirtschaftliche Betriebe)

Die Landwirtschaft wurde bisher für die Anpassung an eine emissionsarme Gülleausbringung über kantonale Ressourcenprojekte sowie Ressourceneffizienzbeiträge finanziell stark unterstützt. Gemäss Auskunft des BLW wird sich die finanzielle Unterstützung des Bundes bis Ende 2019 auf ca. 160 Mio. CHF belaufen. Gleichzeitig wurde nun ein Beteiligungs-Niveau erreicht, dessen Zunahme sich abschwächt und voraussichtlich nur noch mit einer grossen Unterstützung des Bundes erhöht werden kann. Deshalb soll nun mit der LRV-Revision das Verursacherprinzip umgesetzt werden.

⁷³ Vgl. Kommentare zu den Artikeln: schweizerbauer.ch (2019), Umfrage: Nur noch Schleppschauch? <https://www.schweizerbauer.ch/politik--wirtschaft/agrarpolitik/umfrage-nur-noch-schleppschauch-48227.html> (18.07.2019) sowie schweizerbauer.ch (2019), Gülle: Bund will neue Regeln: <https://www.schweizerbauer.ch/politik--wirtschaft/agrarpolitik/guelle-bund-will-neue-regeln-48105.html> (18.07.2019).

⁷⁴ Vgl. auch Frick/Menzi (1997), Hofdüngeranwendung: Wie Ammoniakverluste vermindern?

⁷⁵ Sauter et al. (2010), Schleppschauch- und Breitverteiler im Vergleich.

⁷⁶ Agridea (2017), Emissionsmindernde Ausbringverfahren.

Emissionsmindernde Ausbringungsverfahren sind mit höheren Kosten als die breitflächige Ausbringung des Hofdüngers verbunden. Dazu gehören Kosten für die neuen Verteiler (Abschreibung, Kapitalkosten), die zusätzlichen Traktor- und Lohnkosten sowie der Betrieb und Unterhalt.

Für die Bestimmung der jährlichen Mehrkosten für die landwirtschaftlichen Betriebe infolge der Verordnungsanpassung gelten u.a. folgende Annahmen:

- Die emissionsarme Ausbringung nimmt von 40% im Jahr 2015 auf 70% mit LRV-Revision zu.
- Die Mehrkosten des Schleppschlaucheinsatzes gegenüber der Ausbringung mit Prallteller betragen in Anlehnung an Gazzarin und Albisser⁷⁷ ca. 1.0 CHF pro m³ ausgebrachte Gülle. Pro Güllegabe à 30 m³ werden mit dem Schleppschlauch auf der Emissionsstufe «Ausbringung flüssig» ca. 5.3 kg NH₃-N eingespart.⁷⁸ Folglich kostet die Vermeidung von 1 kg NH₃-N mit dem Schleppschlauch auf dieser Stufe ca. 5.66 CHF.

Abbildung 5-14 weist die Mehrkosten pro Jahr für die Umstellung auf eine emissionsarme Ausbringung der aktuell noch nicht emissionsarm ausgebrachten Gülle aus und ist wie folgt zu lesen:

- Im Jahr 2015 wurden durch die Gülleausbringung mit Breitverteiler ca. 9.4 Mio. kg NH₃-N emittiert. Mit der LRV-Revision wird ein Teil davon entfallen. Aufgrund der Ausnahmeregelung werden weiterhin ca. 30% der Gülle nicht emissionsarm ausgebracht.
- Für den Wechsel zu einer emissionsarmen Gülleausbringung wird zu 100% der Schleppschlauch gewählt. Das NH₃-Emissionsminderungs-Potenzial beträgt 30% (vgl. Abbildung 5-12). Da 30% der Gülle weiterhin nicht emissionsarm ausgebracht wird und das NH₃-Emissionsminderungs-Potenzial des Schleppschlauchs 30% beträgt, resultiert eine Emissionsminderung von ca. 1.41 Mio. kg NH₃-N.
- Die Kosten pro kg NH₃-N-Minderung betragen 5.66 CHF.
- In der Folge ergeben sich aufgrund der Umstellung Mehrkosten von insgesamt ca. 8 Mio. CHF pro Jahr. Diese sind somit abhängig von der Wahl der emissionsarmen Ausbringung, deren Minderungspotenzial sowie deren Kosten.

⁷⁷ Gazzarin/Albisser (2009), Maschinenkosten 2009/2010.

⁷⁸ Peter et al. (2010), Stickstoff 2020 – Möglichkeiten und Einschränkungen zur Vermeidung landwirtschaftlicher Stickstoffemissionen in der Schweiz.

Abbildung 5-14: Kosten der Verminderung von Ammoniakemissionen bei der Gülleausbringung (pro Jahr)

Ausbringung	NH ₃ -Emissionen 2015 (in kg NH ₃ -N)	Wahl der Umstellung zur Ausbringung (in %)	NH ₃ -Emissionsminderung aufgrund der emissionsarmen Ausbringung (in kg NH ₃ -N)	Kosten pro kg NH ₃ -N-Minderung und Jahr (in CHF) ⁷⁹	Mehrkosten insgesamt in CHF pro Jahr infolge der Umstellung
Schleppschauch	4'107'000	100%	1'412'000	5.66	7'992'000
Schleppschuh	141'000	0%	0	Nicht relevant, da Anteil zwischen 2015 und Endzustand mit LRV-Revision unverändert bleibt.	
Schlitzdrillverfahren	38'000	0%	0		
Total emissionsarm	4'286'000				
Breitverteiler	9'414'000			0	
Total	13'700'000				7'992'000

In den obigen Berechnungen gehen wir von einem Ausgangsniveau der emissionsarmen Ausbringung von 40% (Jahr 2015) aus. Die Umstellung von 40% auf 70% emissionsarme Ausbringung führt zu jährlichen Mehrkosten von ca. 8 Mio. CHF. Das BAFU rechnet allerdings damit, dass der Anteil emissionsarme Gülleausbringung im Referenzfall bis 2020 auf gut 45% ansteigen wird. D.h. die Mehrkosten (aber auch die Mehrnutzen) infolge der LRV-Revision liegen effektiv etwas tiefer.

Die Kosten sind abhängig von der Ausnahmeregelung. Falls die Ausnahmeregelung weniger streng ausfällt, ist mit tieferen Kosten für die landwirtschaftlichen Betriebe zu rechnen. Dafür fällt auch der Mehrnutzen für die Ökosysteme und die Gesundheit kleiner aus. Der Kostensatz von 5.66 CHF pro kg NH₃-Minderung wurde auch bei der Berechnung der Ressourcenbeiträge verwendet. Er ist höher als die Kostensätze gemäss UNECE-Leitfaden. Dieser geht von Kosten im Umfang von 0.5 bis 1.5 Euro pro kg NH₃-Minderung aus.

Die Mehrkosten von ca. 8 Mio. CHF pro Jahr machen ca. 0.3% der Direktzahlungen an die Landwirtschaft aus.⁸⁰

Auf die maximal ca. 20'000 Betriebe verteilt, die ihre Gülleausbringung theoretisch umstellen könnten (ohne Berücksichtigung der Ausnahmen), bedeutet die LRV-Revision Kosten von 400 CHF pro Betrieb und Jahr. Infolge der Ausnahmeregelung werden es aber deutlich weniger Betriebe sein. Da die Gesamtkosten und -nutzen basierend auf dem Güllevolumen und unter Berücksichtigung der Ausnahmen geschätzt wurden, ergeben sich umgerechnet pro Betrieb höhere Kosten und höhere Nutzen. Allerdings lässt sich nicht sagen, wie hoch diese ausfallen.

⁷⁹ In Anlehnung an Gazzarin/Albisser (2009), Maschinenkosten 2009/2010 sowie Peter/Lehmann et al. (2010), Stickstoff 2020 – Möglichkeiten und Einschränkungen zur Vermeidung landwirtschaftlicher Stickstoffemissionen in der Schweiz.

⁸⁰ Die Direktzahlungen des Bundes an die landwirtschaftlichen Betriebe betragen im Jahr 2017 2'806 Mio. CHF. Vgl. BLW, Agrarbericht 2018, Finanzielle Mittel für Direktzahlungen: <https://www.agrarbericht.ch/de/politik/direktzahlungen/finanzielle-mittel-fuer-direktzahlungen> (27.06.2019).

Falls infolge der Ausnahmeregelung beispielsweise nur 10'000 Betriebe ihre Ausbringung umstellen müssten, wäre mit Kosten von ca. 800 CHF pro Betrieb und Jahr zu rechnen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Massnahmen im Einzelfall deutlich überdurchschnittliche Kosten verursachen. Teilweise werden diese Fälle durch die Ausnahmeregelungen (vgl. Abschnitt 6.4) aufgefangen, deren Ausgestaltung derzeit noch offen ist. Zudem lassen sich die Kosten reduzieren, indem die Anschaffung der Maschinen überbetrieblich erfolgt. Das landwirtschaftliche Einkommen betrug im Jahr 2017 im Mittel 67'800 CHF je Betrieb.⁸¹

Im Rahmen einer anderen Studie⁸² wurden die Kosten für ein Güllefass mit 8 m³ mit Schleppschlauverteiler und Prallteller ermittelt. Der nachfolgenden Abbildung 5-15 kann entnommen werden, dass die Anschaffungskosten für ein Güllefass mit Schleppschlauverteiler wie auch die Gesamtkosten pro m³ fast doppelt so hoch sind wie bei einem Breitverteiler. Die Abbildung zeigt zudem, ab welcher Auslastung ein Kauf wirtschaftlich sinnvoller ist als die *Mietung*. Für das System mit Schleppschlauch liegt die Kaufschwelle bei einer Auslastung von 4'100 m³ Gülle. Für den Breitverteiler liegt die Kaufschwelle bei ca. 2'600 m³ Gülle.

⁸¹ Gemeinschaftsbetriebe wurden in der Statistik ebenfalls berücksichtigt. Vgl. BLW, Agrarbericht 2018, Einzelbetriebe: <https://www.agrarbericht.ch/de/betrieb/wirtschaftliche-situation/einzelbetriebe?zoom=bcfd1198-7f0a-44ae-aa2e-8272d59153f4> (18.07.2019).

⁸² Vgl. Sauter et al. (2010), Schleppschlauch- und Breitenverteiler im Vergleich.

Abbildung 5-15: Kostenvergleich Güllefass mit Schleppschlauch (SSV) oder Breitverteiler (BV)

	Einheit	SSV		BV	
Volumen Fass	m ³	8		8	
Verteiler		Schleppschlauch		Prallteller	
Neupreis	Fr.	73 000		43 000	
Auslastung	m ³	2000	4000	2000	4000
Restwert	Fr.	0.25	0.10	0.25	0.10
Fixkosten pro Jahr	Fr.	6911	7824	3236	3624
Variable Kosten	Fr./m ³	0.53	0.53	0.28	0.28
Gesamtkosten pro Jahr	Fr.	7964	9929	3789	4730
Gesamtkosten pro m ³	Fr./m ³	3.98	2.48	1.89	1.18
Mietpreis ¹	Fr./m ³	2.20		1.50	
Kaufschwelle (ohne Beitrag Ressourcenprogramm Ammoniak)	m ³	4129		2645	
Beitrag Ressourcenprogramm Ammoniak ²	Fr./m ³	1.50		0.00	
Kaufschwelle (mit Beitrag Ressourcenprogramm Ammoniak)	m ³	2178		2645	

¹ ART-Bericht 733 (Gazzarin und Albisser 2010)

² Entspricht einem Beitrag von 45 Fr./ha aus dem Ressourcenprogramm bei einer Ausbringung von 30 m³ Gülle pro ha

Quelle: Sauter/Moriz et al. (2010), Schleppschlauch- und Breitenverteiler im Vergleich, S. 4.

Im Rahmen der gleichen Studie⁸² konnte zudem festgestellt werden, dass die jährliche Auslastung eines Schleppschlauchverteilers mindestens 5'200 m³ betragen muss, damit das Verfahren günstiger ist als ein *Lohnunternehmen* (ohne Berücksichtigung von Ressourcenbeiträgen).

Gemäss UNECE-Leitfaden sind die Kosten für Schleppschuh sowie Schlitzdrillverfahren ähnlich hoch wie beim Schleppschlauch. D.h. die emissionsarmen Ausbringungsverfahren sind generell mit höheren Kosten für die Landwirte verbunden.

Es liegen Erfahrungswerte in den Kantonen für die Anschaffungskosten eines Schleppschlauchverteilers vor. Diese liegen in einer Bandbreite zwischen 15'000 und 40'000 CHF je nach Ausführung des Geräts. Je nach Anteil des Stroh in der Gülle wird eine Separierung vor der Ausbringung mit dem Schleppschlauch empfohlen. Die Kosten eines Separators werden auf ca. 40'000 CHF geschätzt. Die Kosten für die emissionsarme Ausbringung können verringert werden, wenn die Auslastung der Ausbringgeräte optimiert wird (vgl. Abbildung 5-15). Dies kann durch eine überbetriebliche Anschaffung oder durch die Auslagerung der Ausbringung an Lohnunternehmen geschehen.

Laut den Gesprächsteilnehmenden ist es schwierig zu sagen, welche Mehrkosten von den landwirtschaftlichen Betrieben als tragbar erachtet bzw. akzeptiert würden. Grundsätzlich haben die Ressourceneffizienzbeiträge⁸³ einige Betriebe zur Umstellung auf eine emissionsarme Gülleausbringung motiviert. D.h. die Kosten infolge der Umstellung abzüglich der Beiträge entsprechen in diesen Fällen den akzeptierten Mehrkosten. Wie erwähnt sind aber Aussagen für die Betriebe, die nun aufgrund der LRV-Anpassung umstellen müssten, sehr schwierig zu machen, u.a. weil die lokalen Situationen und Voraussetzungen und auch die Einkommenssituation sehr heterogen sind.

Nebst den in der Tendenz höheren Investitions- und Unterhaltskosten weisen emissionsarme Ausbringungsverfahren weitere negative Auswirkungen für die Landwirte auf:

- Eingeschränkte Anwendbarkeit bei steiler Topografie: In solchen Fällen sieht die Verordnung Ausnahmeregelungen vor. Falls nur ein Teil der Parzelle über eine steile Topografie verfügt, müssten auf dieser Parzelle zwei verschiedene Geräte eingesetzt werden, ausser wenn die gesamte Parzelle der Ausnahmeregelung unterliegt.
- Eingeschränkte Anwendbarkeit bei Feldern mit Hochstammobstbäumen, die nahe beieinanderstehen, sowie bei kleinen Parzellen.
- Gemäss Rückmeldung der Gesprächspartner hatten einige Betriebe beim Schleppschlauch Probleme mit «Strohmädli»-Rückständen. Dieses Problem ist aber nicht bei allen Anwendern aufgetreten und sollte zukünftig mit besseren Geräten gelöst werden können.
- Verstopfung: In einer Umfrage von ART gaben 19% der Betriebe (44 von 234) an, dass die eingesetzten Schleppschlauchverteiler regelmässig verstopfen. Gemäss den Befragten treten Verstopfungen bei jüngeren Modellen (ab 2006) weniger häufig auf (10% der eingesetzten Verteiler).⁸⁴
- Die Verfahren bedingen eine höhere Traktorleistung:⁸⁵
 - Das Gewicht des Schleppschlauchverteilers ist in der Tendenz höher ist als beim Breitenverteiler.
 - Die Injektion beim Schlitzdrillverfahren benötigt eine höhere Traktorleistung als Ausrüstungen zur breitflächigen oder bandförmigen Verteilung.

⁸³ Der Beitrag für emissionsmindernde Ausbringungsverfahren beträgt 30 CHF pro Hektare und Gabe.

⁸⁴ Sauter et al. (2010), Schleppschlauch- und Breitenverteiler im Vergleich.

⁸⁵ Sauter et al. (2010), Schleppschlauch- und Breitenverteiler im Vergleich sowie UNECE (2014), Leitfaden zur Vermeidung und Verringerung von Ammoniakemissionen aus landwirtschaftlichen Quellen.

Die emissionsmindernden Ausbringverfahren sind auch mit Nutzen für die Landwirte verbunden.⁸⁶

- Bei emissionsarmer Gülleausbringtechnik gelangt mehr pflanzenverfügbarer Stickstoff auf das Feld. Die Literatur kommt allerdings zu unterschiedlichen Ergebnissen, ob dieser zu einem Mehrertrag führt:
 - Huguenin/Nyfelner et al.⁸⁷ kommen in ihrer Literaturlauswertung zum Schluss, dass die Gülleausbringung mit Schleppschlauch im Vergleich zum Breitverteiler zu einem Mehrertrag von 2.5% führt. Umgerechnet entspricht dies 23 bis 25 CHF pro Hektare Wiesenfläche und Jahr.⁸⁸ Falls das Ertragspotenzial des Standorts bereits ausgeschöpft oder der Futterbedarf des Betriebs voll gedeckt ist, kann die Menge an ausgebrachtem N-Mineraldünger reduziert werden, ohne Einbussen beim Ertrag. Rechnet man mit drei Güllegaben à 25 m³ pro Hektare Grasland und mit einem Gehalt von 1.3 kg löslichem Stickstoff pro m³, einem Basisfaktor Verluste von 50% sowie einer Emissionsminderung im Vergleich zum Breitverteiler von 30%, entspricht dies ca. 22 bis 29 CHF pro Hektare Wiesenfläche und Jahr. D.h. der potenzielle monetäre Nutzen von Mehrertrag im Vergleich zur Düngereinsparung ist ungefähr gleich gross.
 - Hoekstra/Lalor et al.⁸⁹ konnten ebenfalls nachweisen, dass bei emissionsarmer und/oder zeitlich optimierter Gülleausbringung ein signifikanter Mehrertrag von Wiesen resultiert.
 - In anderen Studien waren die Ertragsunterschiede allerdings oft nicht signifikant (z.B. Latsch/Nyffeler et al.)⁹⁰. Dies kann zumindest teilweise damit erklärt werden, dass die mit der optimierten Gülleanwendung gesenkten N-Verluste im Vergleich zur empfohlenen N-Düngermenge über das ganze Jahr nur relativ gering sind und daher längerfristige Versuche notwendig wären.
- Mit dem Schleppschlauchverteiler kann eine bessere Verteilgenauigkeit erreicht werden als mit dem Breitverteiler.⁸⁴ Dies ist eine wichtige Voraussetzung für optimale Erträge auf der gesamten Fläche. Zudem wird die Photosynthese kaum beeinträchtigt, sodass das Pflanzenwachstum nicht behindert wird.
- Die Verschmutzung des Grünfutters wird reduziert, sodass der Gülleaustrag auf höhere Pflanzenbestände und wachsende Ackerkulturen möglich wird. Die Gülleausbringung kann flexibler gestaltet werden.
- Die Stickstoffdüngerherstellung ist mit hohen Energiekosten verbunden. Infolge des reduzierten Einsatzes von Stickstoffdünger kann somit ein positiver Effekt erzielt werden.

⁸⁶ UNECE (2014), Leitfaden zur Vermeidung und Verringerung von Ammoniakemissionen aus landwirtschaftlichen Quellen sowie zitierte Quellen bei den spezifischen Massnahmen.

⁸⁷ Huguenin-Elie et al. (2018), Einfluss der Gülleapplikationstechnik auf Ertrag und Stickstoffflüsse im Grasland.

⁸⁸ Zugrunde liegende Annahmen:
- Der Jahresertrag beträgt 100 dt TS.
- Der Wert von stehendem Gras beträgt 9-10 CHF pro dt TS (vgl. SBV 2019).

⁸⁹ Hoekstra et al. (2009), Slurry ¹⁵NH₄-N recovery in herbage and soil: effects of application method and timing.

⁹⁰ Latsch/Nyffeler (2014), Slurry application on grassland: Effects of technique, timing, slurry consistency and sward type.

- Die Geruchsemissionen können reduziert und damit die Akzeptanz in der Nachbarschaft erhöht werden.

5.3.3 Öffentliche Hand

Für die öffentliche Hand entsteht ein zusätzlicher Aufwand durch den Vollzug und die Kontrollen. Es wird zwischen dem Aufwand für die Kantone und den Bund unterschieden:⁹¹

- Kantone: Aufgrund der Unterstützung emissionsarmer Ausbringungsverfahren mittels Ressourceneffizienzbeiträgen haben sich der Vollzug bzw. die Kontrollen bereits etabliert.
 - In einem ersten Schritt ist parzellenscharf festzulegen, wo die Gülle emissionsarm auszubringen ist. Gemäss Rückmeldung eines Gesprächspartners sind die Parzellenneigungen bekannt und liegen auch beim BLW vor (aufgrund der Direktzahlungsverordnung). Der Mehraufwand ist somit vernachlässigbar.
 - Die Kontrollen bei der emissionsarmen Gülleausbringung sind wegen der bisherigen Subventionierung bereits etabliert und sollen im Rahmen der Kontrollen des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) erfolgen. Zusätzliche Kontrollen sind gemäss BLW nicht vorgesehen, weil damit gerechnet wird, dass die «soziale Kontrolle» funktioniert und die «Sanktionen» (Wegfall Direktzahlungen) wirksam sind. Die Gesprächspartner weisen darauf hin, dass der Kontrollaufwand insbesondere von der Art der Kontrolle abhängen wird. Der Aufwand sei mit der Schnitzeitpunkt-Kontrolle vergleichbar.
 - Es braucht eine Anpassung der Kontrollunterlagen sowie der EDV. Diese Anpassungen können im Rahmen der regelmässigen Updates durchgeführt werden.
 - Ein Mehraufwand für die Kantone ist insbesondere im Hinblick auf die Ausnahmeregelungen zu erwarten. Der Aufwand ist allerdings einmalig pro Betrieb, um festzustellen, ob eine Ausnahme gewährt wird. Zudem ist hierbei mit Einsprachen zu rechnen, die einen grossen Aufwand nach sich ziehen können.
- Bund:
 - Der Bund hat die Oberaufsicht über die Kantone. Wie bei der Abdeckung von Güllelagern ist kein Mehraufwand zu erwarten.
 - Präzisierung der Kriterien und Ausnahmeregelungen durch das BLW für die Umsetzung der Kontrolle via die Kontrollpunktliste von Acontrol⁹². Die entsprechenden Kriterien werden durch das BLW präzisiert.⁹³
 - Bei Einsprachen ist mit einem Mehraufwand zu rechnen. Dieser ist allerdings fallabhängig und nicht bezifferbar.

⁹¹ Ausführungen basierend auf Gesprächen mit dem BLW und dem BAFU.

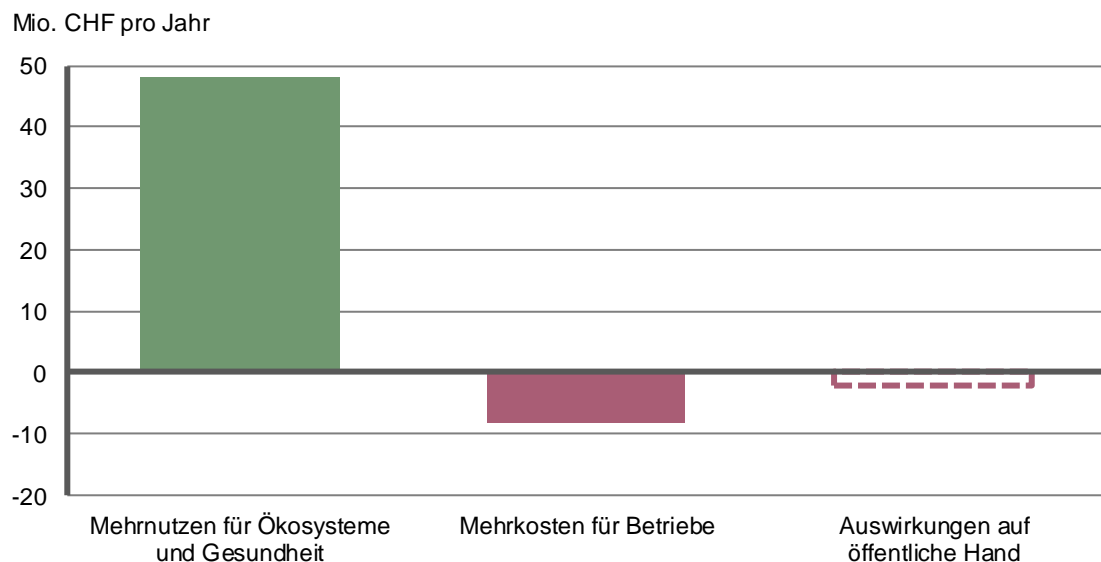
⁹² «Acontrol ist ein Informationssystem zur Verwaltung und Erfassung standardisierter Kontrolldaten». Vgl. BLW (2019), Acontrol/Kontrollen: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/politik/datenmanagement/agate/accontrol.html> (27.05.2019).

⁹³ BAFU (2019), Erläuternder Bericht zur Änderung der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).

5.3.4 Folgerungen

Folgende Abbildung 5-16 zeigt die Bilanz der erwarteten Auswirkungen infolge der LRV-Revision bzgl. emissionsarme Gülleausbringung.

Abbildung 5-16: Bilanz der emissionsarmen Gülleausbringung



Infolge der LRV-Revision bzgl. emissionsarme Ausbringung resultiert ein Mehrnutzen von ca. 48 Mio. CHF pro Jahr infolge reduzierter Schäden an Gesundheit und Ökosystemen. Die Kosten, welche die Landwirte infolge der Umstellung zu tragen haben, belaufen sich auf ca. 8 Mio. CHF. Die Kosten liegen somit im unteren Bereich des Nutzens. D.h. der Nutzen für die Ökosysteme und die Gesundheit infolge der LRV-Revision dürften die Mehrkosten für die landwirtschaftlichen Betriebe deutlich übersteigen. Diese Schätzungen entsprechen den aktuell besten verfügbaren Grundlagen, es bleibt allerdings eine grosse Unsicherheits-Bandbreite.

Der Vollzugs- und Kontrollaufwand durch die Kantone und den Bund fällt im Vergleich zum Nutzen für die Ökosysteme und die Gesundheit sowie zu den Kosten für die landwirtschaftlichen Betriebe relativ gering aus. Für die Kantone hängt ein allfälliger Mehraufwand insbesondere von der Ausnahmeregelung und möglichen Einsprachen ab. Dieser Aufwand ist fallabhängig und nicht abschätzbar.

Nutzen und Kosten hängen insbesondere von der Ausnahmeregelung z.B. bzgl. der Hangneigung ab. Falls die Regelung strenger ausfällt, müssen die Landwirte mit höheren Kosten rechnen. Dafür fällt auch der Mehrnutzen für die Ökosysteme und die Gesundheit höher aus. Falls die Regelung hingegen lockerer gestaltet wird, sind die zu erwartenden Kosten wie auch der Nutzen kleiner.

5.4 Gesamteffekt der LRV-Revision

5.4.1 Umwelt

Die LRV-Revision hat folgende Auswirkungen auf die NH₃-Emissionen:

- **Abdeckung der Güllelager:** Durch die Abdeckung der Güllelager kann die Bildung und Freisetzung von Ammoniak reduziert werden, sodass bei der Lagerung weniger Ammoniak in die Umwelt gelangt. Allerdings geht ein Teil der NH₃-Emissionsminderung bei der Ausbringung der Gülle wieder verloren. Der Verlust hängt von der Wahl der Ausbringtechnik ab.⁹⁴ Unter Berücksichtigung des Verlusts bei der Ausbringung können dank der Lagerabdeckung die NH₃-Emissionen aus der Güllelagerung um gut 20% gegenüber 2015 reduziert werden. Das bedeutet, dass die Gesamtemissionen der Landwirtschaft um ca. 2% abnehmen.
- **Emissionsarme Gülleausbringung:** Mit der LRV-Revision sollen emissionsarme Gülleausbringungsverfahren überall eingesetzt werden, wo dies die Topografie erlaubt. Das BAFU rechnet mit einem Potenzial von emissionsarmen Gülleausbringungsverfahren von ca. 70%. Dadurch können die NH₃-Emissionen um ca. 10% im Vergleich zu 2015 reduziert werden. In Bezug auf die gesamten NH₃-Emissionen der Schweizer Landwirtschaft kann eine Reduktion um ca. 3% erreicht werden.

Eine Emissionsminderung bei der Lagerung und bei der Ausbringung bringt Synergien. So führt die Kombination beider Massnahmen zu einem NH₃-Emissionsminderungspotenzial von 34% gegenüber 2015. Dies entspricht einer Reduktion der gesamten landwirtschaftlichen NH₃-Emissionen von ca. 6%. Die ökologische Wirkung beider Massnahmen ist somit höher als die Summe der Einzel-Massnahmen. Wenn die Lager abgedeckt sind, ist eine anschliessende emissionsarme Ausbringung deshalb umso bedeutsamer für die Emissionsreduktion.

5.4.2 Unternehmen (landwirtschaftliche Betriebe)

Infolge der LRV-Revision ist mit folgenden Mehrkosten für die landwirtschaftlichen Betriebe zu rechnen:

- **Abdeckung der Güllelager:** Im Jahr 2015 wurde ca. 83% der Gülle (in m³ gemessen) mit Abdeckung gelagert. Mit der LRV-Revision müssen die restlichen ca. 17% der Gülle ebenfalls abgedeckt werden. Das bedeutet, dass ca. 6'300 Betriebe ihre insgesamt ca. 7'000 noch ungedeckten Güllelager abdecken müssen. Gemäss unseren Berechnungen betragen die Mehrkosten für die Abdeckung der restlichen noch nicht abgedeckten Güllelager

⁹⁴ Nachfolgend ist aufgelistet, welcher Anteil der Emissionsminderung durch die Gülleabdeckung infolge der Gülleausbringung wieder verloren geht. Der Anteil des Verlusts hängt vom Verfahren der Gülleausbringung ab:

- Schleppschlauch: 35%
- Schleppschuh: 25%
- Schlitzdrill: 15%
- Breitverteiler: 50%

Vgl. Kupper (2018), Technische Parameter Modell Agrammon.

ca. 10.6 Mio. CHF pro Jahr (vgl. Abbildung 5-9). Auf die noch nicht abgedeckten ca. 7'000 Güllelager bzw. 6'300 Betriebe verteilt, ergeben sich somit folgende Mehrkosten infolge der LRV-Revision:

- Pro Güllelager: ca. 1'500 CHF pro Jahr
- Pro Betrieb: ca. 1'700 CHF pro Jahr
- Emissionsarme Gülleausbringung: Im Jahr 2015 wurde ca. 40% der Gülle (in m³ gemessen) emissionsarm ausgebracht. Unter Berücksichtigung der Ausnahmen, z.B. wegen der Topografie, rechnet der Bund damit, dass mit der LRV-Revision ca. 70% der Gülle emissionsarm ausgebracht werden soll. Gemäss unseren Berechnungen bedeutet die Umstellung auf eine emissionsarme Gülleausbringung – unter Berücksichtigung der Ausnahmen – für die restlichen Betriebe Mehrkosten von insgesamt ca. 8 Mio. CHF pro Jahr (vgl. Abbildung 5-14).

Die LRV-Revision führt somit insgesamt zu Mehrkosten für landwirtschaftliche Betriebe von ca. 18.6 Mio. CHF pro Jahr.

5.4.3 Öffentliche Hand

Für die öffentliche Hand entsteht ein zusätzlicher Aufwand durch den Vollzug und die Kontrollen:

- Abdeckung der Güllelager: Die Erhebung der noch ungedeckten Güllelager sowie die Kontrollen sollen gemäss BLW im Rahmen der jährlich stattfindenden Kontrolle des ÖLN erfolgen. Der Mehraufwand für die Kantone ist vernachlässigbar und hängt v.a. von allfälligen Einsprachen ab. Beim Bund fällt ein Aufwand für die Anpassung verschiedener anderer Erlasse, wie z.B. DZV, an. Dieser einmalige Aufwand ist ebenfalls vernachlässigbar.
- Emissionsarme Gülleausbringung: Die Kantone müssen einmalig parzellenscharf festlegen, wo die Gülle emissionsarm auszubringen ist. Die Parzellenneigungen sind hierfür bereits bekannt. Die Kontrollen sollen gemäss BLW im Rahmen der Kontrolle des ÖLN stattfinden. Ein allfälliger Mehraufwand für die Kantone wird hauptsächlich wegen der Ausnahmeregelung und möglichen Einsprachen erwartet. Dieser Mehraufwand ist fallabhängig und nicht bezifferbar. Beim Bund fällt insbesondere ein einmaliger vernachlässigbarer Aufwand für die Präzisierung der Kriterien und Ausnahmeregelung an.

Der Mehraufwand für die Kantone und den Bund fällt im Vergleich zum Nutzen für die Ökosysteme und die Gesundheit sowie zu den Kosten für die landwirtschaftlichen Betriebe relativ gering aus und hängt insbesondere von der Ausgestaltung der Ausnahmeregelung sowie allfälligen Einsprachen ab.

6 Synthese

6.1 Handlungsbedarf vorhanden

Ammoniak trägt zu einem bedeutenden Teil zur hohen Belastung der empfindlichen Ökosysteme mit Stickstoff und zur Bildung von sekundärem Feinstaub bei. Deshalb hat der Bundesrat im Luftreinhaltekonzept von 2009 festgehalten, dass die Ammoniakemissionen gegenüber 2005 zu reduzieren sind. In der Schweiz stammten im Jahr 2015 93% der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft. Die Lagerung und Ausbringung von Gülle machten 43% der landwirtschaftlichen Emissionen aus. Zur Minderung der Ammoniakemissionen ist deshalb eine breitere Umsetzung von Massnahmen in der Landwirtschaft wichtig. Unsere Berechnungen stützen diese Einschätzungen (vgl. Abschnitt 6.2).

6.2 Bilanzierung der Massnahmen: Nutzen höher als Kosten

Die folgende Abbildung 6-1 zeigt im Überblick die monetären Wirkungen bei den relevanten Kriterien für die beiden Massnahmen der LRV-Revision «Abdeckung der Güllelager» und «emissionsarme Gülleausbringung». Die Ergebnisse basieren auf den getroffenen Annahmen und Berechnungen in den Abschnitten 5.2 «Lagerung von flüssigen Hofdüngern» und 5.3 «Ausbringung von flüssigen Hofdüngern».

Abbildung 6-1: Geschätzte Mehrnutzen (+) und -kosten (-) infolge der LRV-Revision (pro Jahr)

	Umwelt und Gesundheit (in Mio. CHF pro Jahr)	Landwirtschaftliche Betriebe (in Mio. CHF pro Jahr)	Öffentliche Hand (in Mio. CHF pro Jahr)	Total (in Mio. CHF pro Jahr)
Abdeckung der Güllelager ⁹⁵	34	-11	Der Aufwand fällt voraussichtlich ge- ring aus.	24
Emissionsarme Gülleausbringung	48	-8		40
Total	⁹⁶ 85	-19		66

Gemäss den Ergebnissen in Abbildung 6-1 kann man davon ausgehen, dass der Nutzen für die Ökosysteme und die Gesundheit infolge der LRV-Revision die damit verbundenen Kosten für die landwirtschaftlichen Betriebe deutlich übersteigen. Diese Schätzungen entsprechen den aktuell besten verfügbaren Grundlagen, es bleibt allerdings eine grosse Unsicherheits-Bandbreite.

⁹⁵ Bei den Auswirkungen auf die Umwelt wird berücksichtigt, dass bei der Ausbringung ein Teil der NH₃-Emissionsminderung wieder verloren geht.

⁹⁶ Die Kombination beider Massnahmen führt zu einem grösseren NH₃-Emissionsminderungspotenzial und somit auch zu einer grösseren Schadensminderung als die Umsetzung der Einzelmassnahmen, weil durch eine emissionsarme Ausbringung auch ein geringerer Teil der Wirkung der Abdeckung von Güllelagern verloren geht.

Weiter ist zu berücksichtigen, dass ein allfälliger Vollzugsaufwand insbesondere für die Kantone wegen Einsprachen nicht beziffert werden konnte. Zudem sind mit der LRV-Revision weitere Nutzen und Kosten für die Umwelt, landwirtschaftlichen Betriebe und öffentliche Hand verbunden, die ebenfalls nicht beziffert werden konnten und damit in der Bilanzierung fehlen, wie z.B.:

- Nicht bezifferte negative Auswirkungen auf die Umwelt (vgl. auch Abschnitte 5.2.1 und 5.3.1): Insbesondere bei der emissionsarmen Gülleausbringung sind auch negative Nebenwirkungen möglich, wie z.B. mehr Fahrten wegen der Verdünnung, Bodenverdichtung, weniger Rücksichtnahme auf die Wetterbedingungen, falls Lohnunternehmen engagiert oder die Maschinen überbetrieblich eingesetzt werden.
- Weitere Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Betriebe (vgl. auch Abschnitte 5.2.2 und 5.3.2):
 - Nutzen: Für die landwirtschaftlichen Betriebe können sich auch positive Effekte aufgrund der LRV-Revision ergeben, wie z.B. Reduktion der Geruchsemissionen in der Nachbarschaft und damit des Konfliktpotenzials, bessere Verteilgenauigkeit, evtl. Reduktion der Menge von mineralischem N-Dünger bzw. Erhöhung des Ertrags (die letzten beiden Punkte konnten empirisch nicht eindeutig nachgewiesen werden).
 - Negative Auswirkungen sind nebst der eingeschränkten Anwendbarkeit (vgl. Abschnitt 6.4) die teilweise auftretenden «Strohmäbli»-Rückstände beim Schleppschlauch sowie allenfalls Verstopfungen des Schleppschlauchverteilers.
- Wie bereits erwähnt konnten die Auswirkungen auf die öffentliche Hand nicht beziffert werden. Der Vollzug und die Kontrollen erfolgen durch die Kantone. Aufgrund dessen, dass die Grundlagen für die Umsetzung der Massnahmen in den Kantonen in der Regel bereits vorhanden sind, z.B. aufgrund der Ressourcenprogramme, und die Kontrollen gemäss BLW im Rahmen der Kontrollen des ÖLN erfolgen sollen, wird mit einem vernachlässigbaren Aufwand gerechnet. Ein einmaliger Mehraufwand könnte sich allenfalls im Hinblick auf die Ausnahmeregelung und möglichen Einsprachen ergeben. Dieser ist allerdings fallabhängig und nicht bezifferbar.

Ebenfalls in den obigen Berechnungen nicht berücksichtigt ist die erwartete Entwicklung der Massnahmen im **Referenzfall** (also ohne LRV-Revision). Dabei gilt folgendes zu beachten:

- Abdeckung von Güllelagern: Bei neuen Güllelagern und bei Sanierungen von noch ungedeckten Güllelagern ist die Abdeckung in den meisten Kantonen eine Voraussetzung für eine Baubewilligung. D.h. diese Güllelager werden auch ohne LRV-Revision gedeckt werden müssen. D.h. sowohl der Nutzen als auch die Kosten, die man direkt kausal der LRV-Revision anrechnen kann, fallen in der Tendenz tiefer aus als in der Abbildung bilanziert.
- Emissionsarme Ausbringung: Gemäss den Rückmeldungen der Gesprächspartner ist unklar, wie sich emissionsarme Ausbringung ohne LRV-Revision entwickeln würde. Es ist anzunehmen, dass Landwirte, die bereits Geräte für die emissionsarme Ausbringung gekauft haben oder vom Nutzen der emissionsarmen Ausbringung überzeugt sind, diese weiterhin nutzen werden. Die anderen Landwirte werden die kostengünstigste und für den Betrieb

geeignetste Variante einsetzen. D.h. es wird davon ausgegangen, dass der Anteil der emissionsarmen Ausbringung ungefähr gleich hoch bleiben wird.

Es lässt sich somit folgern, dass aus Nutzen-Kosten-Überlegungen unter den getroffenen Annahmen bei den relevanten Kriterien ein staatliches Handeln volkswirtschaftlich gerechtfertigt ist. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Massnahmen im Einzelfall deutlich überdurchschnittliche Kosten verursachen. Teilweise werden diese Fälle durch die Ausnahmeregelungen (vgl. Abschnitt 6.4) aufgefangen, deren Ausgestaltung derzeit noch offen ist. Die Massnahmen entsprechen grundsätzlich dem Verursacherprinzip.

Die wirtschaftliche Tragbarkeit der Massnahmen ist insbesondere von der finanziellen Situation des Betriebs abhängig und kann daher stark variieren. Es lassen sich deshalb keine allgemeinen Aussagen zur Tragbarkeit machen. Die kantonalen Fachexperten konnten allerdings einige Hinweise geben:

- Abdeckung der Güllelager: In einem Kanton haben praktisch alle Betriebe ihre Güllelager im Rahmen der Ressourcenprogramme abgedeckt. Die Betriebe mussten dabei Investitionskosten von ca. 5'000 bis 10'000 CHF übernehmen. D.h. diese Kosten wurden als tragbar erachtet.
- Emissionsarme Gülleausbringung: Im Jahr 2018 haben gut 12'000 Betriebe Beiträge für die emissionsarme Gülleausbringung bezogen. Die Ressourceneffizienzbeiträge⁹⁷ haben somit zahlreiche Betriebe zur Umstellung auf eine emissionsarme Gülleausbringung motiviert. D.h. die Kosten der Umstellung abzüglich der Ressourceneffizienzbeiträge entsprechen den akzeptierten Mehrkosten. Zudem haben sich die Betriebe im Wissen, dass sie die Massnahmen nach Auslaufen der Beiträge weiterführen müssen, beteiligt. Dies deutet darauf hin, dass die Umstellung zumutbar ist. Im Weiteren können die Kosten der emissionsarmen Ausbringungsgeräte durch eine gemeinsame Nutzung der Geräte oder den Einsatz von Lohnunternehmen abgedeckt werden.

6.3 Regionenspezifische Verteilungswirkungen

Bei der Verteilung des erwarteten Nutzens und der Kosten interessiert uns v.a. die Verteilung zwischen landwirtschaftlichen Betrieben sowie zwischen Regionen:

- Abdeckung der Güllelager: Gemäss Rückmeldungen der Gesprächsteilnehmenden hängt die wirtschaftliche Tragbarkeit nicht von betrieblichen Strukturen, wie z.B. Grösse des Betriebes ab, sondern sie ist vielmehr abhängig von der einzelbetrieblichen finanziellen Situation. Hingegen lässt sich sagen, dass es regionenspezifische «Verlierer» gibt. So wurde im Rahmen der Gespräche darauf hingewiesen, dass Güllelager in hohen Lagen schneebeständige Konstruktionen aufweisen müssen, wohingegen die Güllemenge im Vergleich mit dem Durchschnittsbetrieb meist klein sei. D.h. das Nutzen-Kosten-Verhältnis wird bei höherliegenden Güllelagern in Frage gestellt.

⁹⁷ Der Beitrag für emissionsmindernde Ausbringungsverfahren beträgt 30 CHF pro Hektare und Gabe.

- Emissionsarme Gülleausbringung: Wie bei der Güllelagerung lassen sich auch bei der emissionsarmen Gülleausbringung keine betriebstypspezifischen Aussagen zur wirtschaftlichen Tragbarkeit der Massnahme machen. Vielmehr stellen sich einzel- oder regionenspezifische Fragen der Anwendbarkeit, z.B. Topografie, Parzellengrösse, Zugänglichkeit, sowie der Verhältnismässigkeit. Diese Problematiken treten wiederum eher bei den landwirtschaftlichen Betrieben in Bergregionen auf. Wie stark sich diese Probleme auswirken, ist u.a. von den Ausnahmeregelungen und deren Vollzug abhängig.

Insgesamt ist somit wahrscheinlich im Berggebiet der Anteil Betriebe höher, bei denen die Tragbarkeit unterdurchschnittlich ist, wobei dieser regionale Effekt auch von der Ausgestaltung der Ausnahmen abhängt.

6.4 Ausnahmeregelungen

Gemäss dem erläuternden Bericht⁹⁸ sind Ausnahmen aufgrund von technischen oder betrieblichen Einschränkungen, wie beispielsweise Topografie, vorgesehen. Im Rahmen der Gespräche wurde darauf hingewiesen, dass Ausnahmen wegen dem Kontrollaufwand auf ein Minimum beschränkt sowie klar und verständlich definiert werden sollen. Trotzdem wurde auf **weitere mögliche Ausnahmen** hingewiesen:

- Abdeckung der Güllelager:
 - Ausnahme für Güllelager, die nur für den Winter gebraucht (z.B. auch gemietete Güllesilos) und im Frühjahr als erstes geleert werden.
 - Ausnahme für Güllelager im Berggebiet, deren Abdeckung wegen der Schneelast eine teure Konstruktion aufweisen müssen, während vergleichsweise wenig Gülle gelagert wird.
 - Ausnahme für Betriebe, die vor der Betriebsaufgabe oder vor einem Neu- oder Umbau stehen und die Investitionen nur für kurze Zeit tätigen müssten.
- Emissionsarme Gülleausbringung:
 - Steile Hangneigung:
 - Schleppschlauch mit Fass: In Abhängigkeit der Ausrüstung, Breite der Verteilarme, Bereifung, Bodenverhältnisse ist gemäss den Gesprächspartnern eine Hangneigung bis ca. 18% - 25% befahrbar.
 - Schleppschlauch mit Gülleverschlauchung: In Abhängigkeit der Bewirtschaftung, z.B. Wiese oder Mais, ist eine Hangneigung bis ca. 35% - 40% befahrbar.
 - Felder mit Hochstammobstbäumen, die nahe beieinanderstehen
 - Kleine Parzellen (Grundstückgrösse z.B. unter 20 a)
 - Parzelle, die für die Geräte nicht zugänglich ist

Es ist zu beachten, dass gemäss Art. 11 der Luftreinhalte-Verordnung die Behörde auf Gesuch hin Erleichterungen gewähren kann, falls eine Sanierung unverhältnismässig, insbesondere technisch oder betrieblich, nicht möglich oder wirtschaftlich nicht tragbar wäre. Insofern könnte

⁹⁸ BAFU (2019), Erläuternder Bericht zur Änderung der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).

durch diese generelle Ausnahmeklausel auch der grösste Teil der oben aufgeführten Ausnahmen abgedeckt werden.

Des Weiteren ist gemäss den Gesprächspartnern darauf zu achten, dass die Akzeptanz bei den landwirtschaftlichen Betrieben gestärkt wird, z.B. durch eine aktive Sensibilisierung, Fortführung der finanziellen Unterstützung, Gewährung genügend langer Übergangsfristen sowie eine Offenheit für die Bewilligung von neuen Verfahren, die nachweislich ein Einsparpotenzial aufweisen.

6.5 Zweckmässigkeit im Vollzug

Die beiden Massnahmen sind erprobt und entsprechen dem Stand der Technik. D.h. sie sind den landwirtschaftlichen Betrieben im Grundsatz bekannt. Trotzdem ist nach Einschätzungen einiger Gesprächspartner mit Einsprachen der Landwirte zu rechnen, was zu einem erhöhten Aufwand insbesondere für die Kantone führen kann. Um Einsprachen bestmöglich zu verhindern, müssen einerseits Ausnahmeregelungen (vgl. Abschnitt 6.4) eindeutig und verständlich formuliert und andererseits die Akzeptanz vorhanden sein. Deshalb ist insbesondere darauf zu achten, dass hinsichtlich der Ausnahmeregelung eine breite Abstützung gefunden wird.

Aufgrund der Subventionierung besteht bereits ein Kontrollsystem. Zudem sollen die Kontrollen im Rahmen der Kontrolle des ÖLN stattfinden. Der Vollzug für die Kantone wird somit erleichtert. Bei der emissionsarmen Ausbringung will man zusätzlich auf die soziale Kontrolle und die Wirkung der Sanktionen (Wegfall der Direktzahlungen) setzen. D.h. es wird davon ausgegangen, dass nebst der Kontrolle im Rahmen des ÖLN keine zusätzlichen Kontrollen durch die Kantone nötig sind.

Literaturverzeichnis

a) Literatur

Agridea (2017)

Emissionsmindernde Ausbringverfahren.

BAFU Bundesamt für Umwelt, BLW Bundesamt für Landwirtschaft (2011)

Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bern.

BAFU Bundesamt für Umwelt (2016)

Critical Loads of Nitrogen and their Exceedances.

BAFU Bundesamt für Umwelt (2013)

VOBU Volkswirtschaftliche Beurteilung von Umweltmassnahmen. Leitfaden. Bern.

BAFU Bundesamt für Umwelt (2014)

Grundlagenpapier zur Stickstoffproblematik Luft, Boden, Wasser, Biodiversität und Klima.

BAFU Bundesamt für Umwelt (2018)

Gesamtemissionen von Luftschadstoffen in der Schweiz. Online im Internet: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/luftschadstoffquellen/gesamtemissionen-von-luftschadstoffen-in-der-schweiz.html> (02.09.2019).

BAFU Bundesamt für Umwelt (2019)

Erläuternder Bericht zur Änderung der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).

BAFU Bundesamt für Umwelt (2019)

Stickstoffhaltige Luftschadstoffe beeinträchtigen auch die Biodiversität. Online im Internet: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/luftqualitaet-in-der-schweiz/stickstoffhaltige-luftschadstoffe-beeintraechtigen-auch-die-biod.html> (16.05.2019).

BAFU Bundesamt für Umwelt (2019)

VOBU Quick-Check.

BLW Bundesamt für Landwirtschaft

Agrarbericht 2016, Ammoniakemissionen. Online im Internet: <http://2016.agrarbericht.ch/de/umwelt/stickstoff/ammoniakemissionen> (28.03.2019).

BLW Bundesamt für Landwirtschaft

Agrarbericht 2018, Betriebe. Online im Internet: <https://www.agrarbericht.ch/de/betrieb/strukturen/betriebe> (01.07.2019).

BLW Bundesamt für Landwirtschaft

Agrarbericht 2018, Einzelbetriebe. Online im Internet: <https://www.agrarbericht.ch/de/betrieb/wirtschaftliche-situation/einzelbetriebe?zoom=bcfd1198-7f0a-44ae-aa2e-8272d59153f4> (18.07.2019).

- BLW Bundesamt für Landwirtschaft
Agrarbericht 2018, Finanzielle Mittel für Direktzahlungen. Online im Internet:
<https://www.agrarbericht.ch/de/politik/direktzahlungen/finanzielle-mittel-fuer-direktzahlungen> (27.06.2019).
- BLW Bundesamt für Landwirtschaft
Agrarbericht 2018, Ressourceneffizienzbeiträge. Online im Internet:
<https://www.agrarbericht.ch/de/politik/direktzahlungen/ressourceneffizienzbeitraege>
(01.07.2019).
- BLW Bundesamt für Landwirtschaft (2019)
Acontrol / Kontrollen. Online im Internet: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/politik/datenmanagement/agate/acontrol.html> (27.05.2019).
- Bobbink R., Hicks K., Galloway J., Spranger T., Alkemade R., Ashmore M., Bustamante M., Cinderby S., Davidson E., Dentener F., Emmett B., Erisman J.-W., Fenn M., Gilliam F., Nordin A., Pardo L., De Vries W. (2010)
Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. In: *Ecological Applications*, Nr. 20, Heft 1.
- Brink Corjan, van Grinsven Hans (2011)
Costs and benefits of nitrogen in the environment. In: *The European Nitrogen Assessment*, Chapter 22.
- Brunekreef Bert, Harrison Roy M., Künzli Nino, Querol Xavier, Sutton Mark, Heederick Dick, Siggsgard Torben (2015)
Reducing the health effect of particles from agriculture. In: *Lancet Respiratory Medicine*, Nr. 3, Ausgabe 11.
- Ecoplan, Infras (2014)
Externe Effekte des Verkehrs 2010.
- Empa (2012)
Chemische Zusammensetzung und Quellen von Feinstaub.
- Frick Rainer, Menzi Harald (1997)
Hofdüngeranwendung: Wie Ammoniakverluste vermindern? Auch einfache Massnahmen wirken. In: *FAT-Bericht*, Nr. 496.
- Gazzarin Christian, Albisser Vögeli Gregor (2009)
Maschinenkosten 2009/2010. Mit Maschinenkostenansätzen für Gebäudeteile und mechanischen Einrichtungen. In: *ART-Bericht*, Nr. 717.
- Guntern Jodok (2016)
Eutrophierung und Biodiversität. Auswirkungen und mögliche Stossrichtungen für Massnahmen im Kanton Zürich.
- Hoekstra Nyncke J., Lalor Stan T. J., Richards Karl G., O'Hea Norma, Lanigan Gary, Dyckmans J., Schulte R.P.O. (2009)
Slurry ¹⁵NH₄-N recovery in herbage and soil: effects of application method and timing. In: *Plant Soil* (2010), Nr. 330, S. 357-368.

Huguenin-Elie Olivier, Nyfeler Daniel, Ammann Christof, Latsch Annett, Richner W. (2018)
Einfluss der Gülleapplikationstechnik auf Ertrag und Stickstoffflüsse im Grasland.

KOLAS Konferenz der Landwirtschaftsämter der Schweiz, BLW Bundesamt für
Landwirtschaft (2012)
Abdeckung bestehender offener Güllager. Empfehlungen der KOLAS und des BLW zur
Finanzierung einzelbetrieblicher Massnahmen im Rahmen von Ammoniak-
Ressourcenprojekten.

Kupper Thomas, Bonjour Cyrill, Menzi Harald, Bretscher Daniel, Zaucker F. (2018)
Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015.

Kupper Thomas (2018)
Technische Parameter Modell Agrammon. Tierkategorien, Stickstoffausscheidungen der
Tiere, Emissionsraten, Korrekturfaktoren.

Latsch Annett, Nyfeler Daniel, Huguenin-Elie Olivier, Wyss Ueli, Anken T. (2014)
Slurry application on grassland: Effects of technique, timing, slurry consistency and
sward type.

Meteotest (2019)
Mapping Nitrogen Deposition 2015 for Switzerland.

MPIC Max-Planck-Institut für Chemie (2017)
Weniger Dünger reduziert die Feinstaubbelastung. Ergebnisse veröffentlicht in
Giannadaki/Giannakis et al. (2018), Estimating health and economic benefits of
reductions in air pollution from agriculture. In: Science of the Total Environment, 622-
623, S. 1304-1316.

Ott Walter, Baur Martin, Kaufmann Yvonne (2006)
Assessment of Biodiversity Losses.

Paulot Fabien, Jacob Daniel J. (2014)
Hidden Cost of U.S. Agricultural Exports: Particulate Matter from Ammonia Emissions.

Peter Simon, Lehmann Bernard, Valsangiacomo Alain (2010)
Stickstoff 2020 – Möglichkeiten und Einschränkungen zur Vermeidung
landwirtschaftlicher Stickstoffemissionen in der Schweiz.

Roy Rana, Braathen Nils Axel (2017)
The Rising Cost of Ambient Air Pollution thus far in the 21st Century: Results from the
BRIICS and the OECD Countries.

Sauter Joachim, Moriz Christoph, Honegger Sören, Anken Thomas, Albisser G. (2010)
Schleppschlauch- und Breitverteiler im Vergleich. Den Vorteilen des
Schleppschlauchverteilers stehen höhere Kosten gegenüber. In: ART-Bericht, Nr. 739.

schweizerbauer.ch (2019)
Umfrage: Nur noch Schleppschlauch? Online im Internet:
<https://www.schweizerbauer.ch/politik--wirtschaft/agrarpolitik/umfrage-nur-noch-schleppschlauch-48227.html> (18.07.2019).

schweizer-bauer.ch (2019)

Gülle: Bund will neue Regeln. Online im Internet: <https://www.schweizerbauer.ch/politik--wirtschaft/agrarpolitik/guelle-bund-will-neue-regeln-48105.html> (18.07.2019).

Spirig Christoph, Neftel Albrecht (2006)

Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft und Feinstaub. In: Agrarforschung, Heft 9.

Steiner Beat, Keck Margret, Frei Matthias (2018)

Grundlagen zu Geruch und dessen Ausbreitung für die Bestimmung von Abständen bei Tierhaltungsanlagen. In: Agroscope Science, Nr. 59.

Umwelt Bundesamt (2014)

Ammoniak, Geruch und Staub. Online im Internet: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/ammoniak-geruch-staub#textpart-1> (02.05.2019).

Umweltbundesamt (2014)

Reaktiver Stickstoff in Deutschland.

Umwelt Bundesamt (2016)

Aktuelle Entwicklung Kosten-Nutzenanalyse und Vollzugsempfehlungen für den Einsatz von Abluftreinigungsanlagen in der Tierhaltung.

Umwelt Bundesamt (2018)

Wirkungen auf Ökosysteme. Online im Internet: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/wirkungen-von-luftschadstoffen/wirkungen-auf-oekosysteme#textpart-1> (16.05.2019).

UNECE (2014)

Leitfaden zur Vermeidung und Verringerung von Ammoniakemissionen aus landwirtschaftlichen Quellen.

Van Canegam Ludo, Dux Dunja, Steiner Beat (2005)

Abdeckungen für Güllensilos. Technische und finanzielle Hinweise. In: FAT-Berichte, Nr. 631.

WHO Europe (2013)

Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project.

b) Rechtsquellen

Bundesgesetz über die Landwirtschaft (Landwirtschaftsgesetz, LwG) vom 29. April 1998 (Stand am 1. Januar 2019). SR 910.1.

Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vom 16. Dezember 1985 (Stand am 16. April 2019). SR 814.318.142.1.

Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung, DZV) vom 23. Oktober 2013 (Stand am 1. Januar 2019). SR 910.13.