

# Optimierung von Mischfutterrezepturen auf Nährstoffeintrag oder -Ausscheidung für Monogastrier

**Autorinnen und Autoren:** Patrick Schlegel, Marion Girard, Marion Lautrou

**Version :** 1 / November 2024

Der Beitrag der Mischfutterherstellung zur Verbesserung der landwirtschaftlichen Stickstoff (N)- und Phosphor (P)-Bilanz der Schweiz hängt stark von der Formulierung der Mischfutter ab. Bei der Optimierung von Mischfuttern werden Restriktionen priorisiert, die vor allem durch minimale und maximale Futtermiteinsatzmengen, Nährwerte und Nährstoffgehalte vorgegeben werden. Die kostengünstigste Lösung der Mischfutterrezeptur wird gewählt. Um den Nährstoffeintrag zu limitieren, kann eine Restriktion auf die Herkunft der protein- und phosphorreichen Futtermittel integriert und priorisiert werden. Das Reduktionspotenzial der Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Schweizer Landwirtschaft und deren Auswirkungen auf die Nährstoffausscheidungen und auf die Futterkosten werden hier aufgezeigt.

Tabelle 1: Eckdaten der Massnahme

<b>Anwendungsgebiet</b>	Schweine und Geflügel (hier am Beispiel Mastschweine gezeigt)
<b>Umsetzungsebene</b>	Mischfutterhersteller, Beratung, Landwirte/-innen
<b>Wirkungsebene</b>	Betrieb, Stall, Herde
<b>Wirtschaftlichkeit</b>	variabel, keine allgemeingültige Aussage möglich
<b>Wirkungsziel</b>	Massnahme hat Auswirkung auf Stickstoff (N) und/oder Phosphor (P)
<b>Unterkategorie Wirkungsziel</b>	–
<b>Wirkungszeitraum</b>	kurzfristig (< 1 Jahr)
<b>Wirkung/Reduktionspotenzial</b>	Das Reduktionspotenzial der Massnahmen aus den Agroscope-Merkblättern Nr. 212 und 213 (Mittel: 100–1000 t N; Mittel: 10–100 t P) kann für N erhöht, für P aber je nachdem dadurch verschlechtert werden.

## Wirkungsprinzip

Beim Festlegen der Mischfutterrezeptur wird der Anteil der eingesetzten Futtermittel auf tiefste Kosten des Mischfutters unter Einhaltung von vorgegebenen Restriktionen optimiert. Die bestehenden Restriktionen haben vor allem folgende Ziele:

- Einhaltung von Sollwerten für Nährwerte und Nährstoffgehalte, um den Bedarf für die jeweilige Tierkategorie zu decken (bei Alleinfutter). Beim Schwein sind dies zum Beispiel: verdauliche Energie, verdauliche Aminosäuren, verdaulicher P und Kalzium.
- Maximale Nährstoffgehalte, um Toleranzschwellen und gesetzliche Grenzen nicht zu überschreiten. Zum Beispiel Rohprotein (RP, gleich  $6.25 \times N$ ) und P (beide in Bezug auf betriebliche Nährstoffbilanzen, Suisse-Bilanz), Kalzium und Zink.
- Maximalwerte für Eigenschaften betreffend der Produktequalität. Zum Beispiel der PUFA-Index und der Jodzahl-Index.

Minimale oder maximale Einsatzmengen von einzelnen Futtermitteln, damit z.B. die Palatabilität (Geschmack, Geruch) und die physikalischen Eigenschaften (z.B. Pelletierbarkeit) des Mischfutters positiv oder nicht negativ beeinträchtigt werden.



In den Agroscope-Merkblättern Nr. 212 «Proteinernährung des Schweins basierend auf verdaulichen Aminosäuren mit begrenztem Stickstoffeintrag» und Nr. 213 «Phosphorernährung des Schweins nach Empfehlung, mit minimalem Einsatz von Phosphaten» wurde der Einfluss von 2- und 3-Phasen-Mischfutter für Mastschweine im Vergleich zu einem Durchmastfutter aufgezeigt. Zusammenfassend wurden die Restriktionen bei der Optimierung der einzelnen Phasen so definiert, dass insgesamt gegenüber einem Durchmastfutter:

- die RP- und P-Gehalte nicht höher sind.
- *Erklärung:* In der Berechnung der N- und P-Bilanz der Schweizer Landwirtschaftsbetriebe hängen die Nährstoffausscheidungen (Anfall) von Schweinen, Mastgeflügel und Mastkälbern von den Nährstoffgehalten der Rationen ab, die im Vollzugsinstrument Suisse-Bilanz mittels linearer Korrektur und IMPEX-Berechnung berücksichtigt werden kann. Die Suisse-Bilanz ist folgende betriebliche N- und P-Bilanzrechnung: «Anfall (Dünger) – Bedarf (Pflanze)».
- der Einsatz von Extraktionsschroten, Kartoffelprotein und mineralischem Phosphat so gut wie möglich reduziert wird und teils durch Ölkuchen, Mühlennachprodukte und synthetische Aminosäuren ersetzt wird.
- *Erklärung:* Extraktionsschrote, Kartoffelprotein und mineralisches Phosphat stammen nicht aus der Schweizer Landwirtschaft und entsprachen 2020 64 % und 61 % des über Futtermittel eingetragenen N und P (Spiess und Liebisch, 2022). Ein reduzierter Einsatz dieser Futtermittel verbessert also die Bilanzrechnung der Schweizer Landwirtschaft nach OSPAR «Eintrag minus Austrag» und trägt somit zur Erreichung des Absenkpfadziels bei, d.h. Überschüsse von N und P um 15 % bzw. 20 % zu reduzieren.
- die Kosten der Mischfutterrezepturen nicht höher sind.

Die Optimierung von 2-Phasen-Mischfutterrezepturen in den Agroscope-Merkblättern Nr. 212 und 213 ist somit eine Kompromisslösung, die gezeigt hat, dass gegenüber einem Durchmastfutter der Eintrag um 9 % N und 8 % P und die Ausscheidung um 6 % N und 3 % P reduziert werden könnte.

Um die Auswirkungen einer Priorisierung der Restriktionen auf entweder:

- einen minimalen Eintrag von N und/oder P, oder
- eine minimale betriebliche N- und/oder P-Ausscheidung

darzustellen, werden in diesem Merkblatt, mittels Szenarien, sechs weitere 2-Phasen-Mischfutterrezepturen präsentiert.

Dabei gelten im Grundsatz die gleichen Restriktionen für verdauliche Energie, verdauliches Lysin, Methionin, Threonin, Tryptophan und P, Kalzium, PUFA-Index, Iodzahl und Einsatzmenge an Phytase (Abb. 1).

Szenarien:

0. **Eintrag und Ausscheidung (N, P):** 2-Phasen-Fütterung mit den oben erwähnten Restriktionen gegenüber eines marktüblichen Durchmastfutters (aus den Agroscope-Merkblättern Nr. 212 und 213).
1. **Eintrag (N, P):** Futtermittelanteil auf minimalen N- und P-Eintrag in die Schweizer Landwirtschaft; keine Restriktion auf Gesamtgehalt an RP und P.
2. **Eintrag (N):** Futtermittelanteil auf minimalen N-Eintrag in die Schweizer Landwirtschaft; keine Restriktion auf Futtermittel P Eintrag; keine Restriktion auf Gesamtgehalt an RP und P.
3. **Eintrag (P):** Futtermittelanteil auf minimalen P-Eintrag in die Schweizer Landwirtschaft; keine Restriktion auf Futtermittel-N-Eintrag; keine Restriktion auf Gesamtgehalt an RP und P.
4. **Ausscheidung (N, P):** Gesamtgehalt an RP und P minimal; keine Restriktion auf Futtermittel- N- und P-Eintrag in die Schweizer Landwirtschaft.
5. **Ausscheidung (N):** Gesamtgehalt an RP minimal; keine Restriktion auf Gesamtgehalt an P; keine Restriktion auf Futtermittel- N- und -P-Eintrag in die Schweizer Landwirtschaft.
6. **Ausscheidung (P):** Gesamtgehalt an P minimal; keine Restriktion auf Gesamtgehalt an RP; keine Restriktion auf Futtermittel- N- und -P-Eintrag in die Schweizer Landwirtschaft.

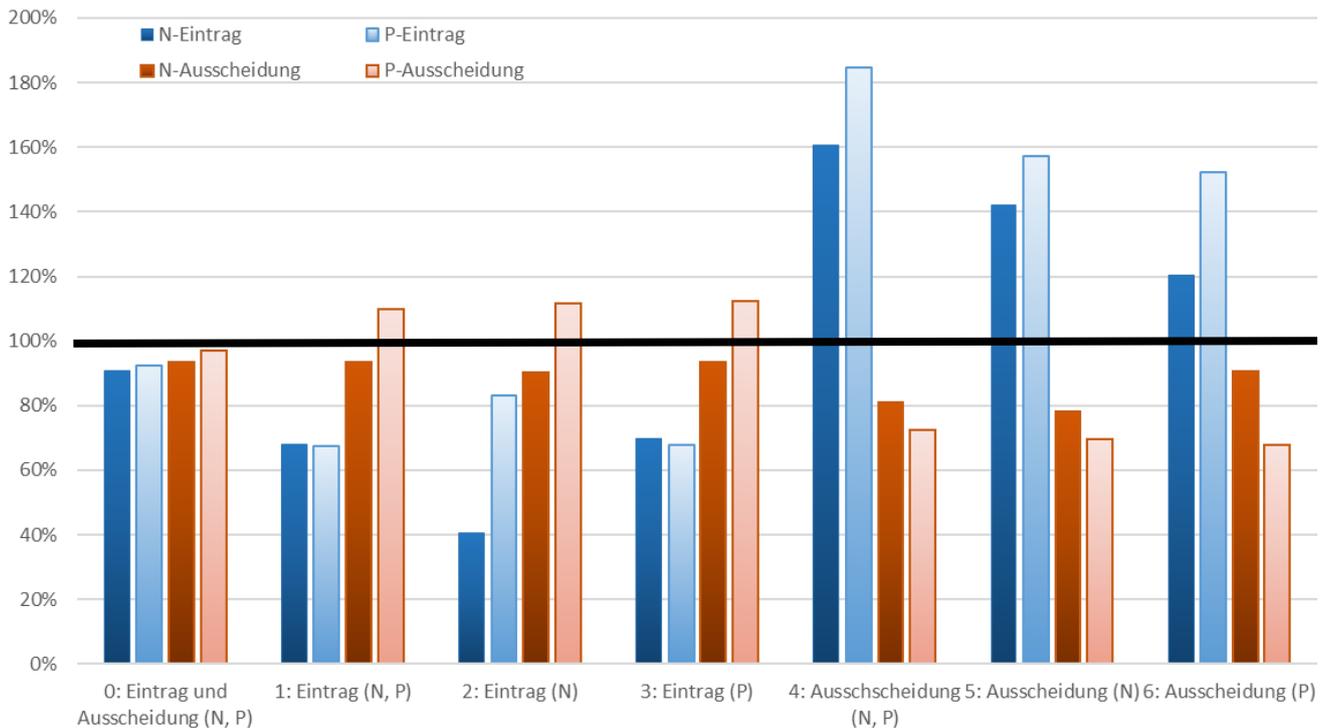


Abbildung 1: N- und P-Eintrag und N- und P-Ausscheidung pro Mastschwein (Gewichtsbereich von 25 bis 105 kg), je nach Definition der Restriktionen bei der Optimierung der Rezepturen der Vormast- und Endmastfutter (Szenarien 0–6). Angaben relativ zu einem marktüblichen Durchmastfutter nach Agroscope-Merkblatt Nr. 212 und Nr. 213 (pro Mastschwein: Eintrag von 0.947 kg N und 0.126 kg P; Ausscheidung von 3.08 kg N und 0.47 kg P).

Das Potenzial, den N- und/oder P-Eintrag im Vergleich zur 2-Phasen-Fütterung (Szenario 0) weiter zu reduzieren, wird in allen Szenarien deutlich verbessert, in denen keine Einschränkungen hinsichtlich der Nährstoffausscheidung – also der RP- und P-Gehalte der Mischfutter – berücksichtigt werden (Szenario 1, 2 und 3). Dieses Potenzial liegt bei rund 25 %, führt allerdings zu einer 10–15 % höheren P-Ausscheidung (Szenario 1 und 3). Bei einer Restriktion nur auf N-Eintrag (Szenario 2) liegt das Potenzial sogar bei 55 % für den N-Eintrag, aber nur bei 10 % für den P-Eintrag. Die proteinreichen Futtermittel mit unterschiedlichen Aminosäuren-Profilen und P-Gehalten werden mit synthetischen Aminosäuren und phosphorreichen Mühlenachprodukten (Szenario 1) oder mit Futterphosphat (Szenario 2) auf höherem Niveau ersetzt, um den Bedarf an verdaulichen Aminosäuren und verdaulichem P zu decken. Die Futterkosten steigen dabei um 3 % bei einer Optimierung auf minimalen N-Eintrag (Szenario 2), aber bleiben unverändert bei den Szenarien mit minimalem N-, P- oder nur P-Eintrag (Szenario 1 und 3).

Das Potenzial, die N- und/oder P-Ausscheidungen gegenüber der 2-Phasenfütterung (Szenario 0) weiter zu senken, wird bei den Szenarien 4, 5 und 6, in denen die Herkunft der Futtermittel (Eintrag) nicht berücksichtigt wird, stark verbessert. Das Reduktionspotenzial liegt bei der N-Ausscheidung um bis zu 15 % und bei der P-Ausscheidung um bis zu 30 %. Dem gegenüber erhöht sich aber der N-Eintrag um bis zu 75 % und der P-Eintrag zwischen 65 % und 100 % (Szenario 4, 5 und 6). Futtermittel mit hoher P-Verdaulichkeit (Futterphosphat) und optimalem Aminosäurenprofil (Extraktionsschrot, Kartoffelprotein) sowie synthetischen Aminosäuren werden gegenüber anderen Futtermitteln bevorzugt. Die Futterkosten steigen um 5–9 % bei einer Optimierung auf minimale N- und P- oder ausschliesslich minimale N-Ausscheidung (Szenario 4 und 5), bleiben aber unverändert bei minimaler P-Ausscheidung (Szenario 6).

Diese Berechnungen zeigen die Komplexität der Interaktionen zwischen den Restriktionen in der Optimierung im Hinblick auf das Nährstoffmanagement. Die Optimierung auf alle Restriktionen einer 2-Phasen Fütterung (Szenario 0) lässt positive Auswirkungen auf die Reduktion der Nährstoffüberschüsse und damit auf das Ziel des Absenkpfadzieles erwarten. Die Priorisierung einer Restriktion zur maximalen Einsatzmenge an N- und P-reichen Futtermitteln, die in die Schweizer Landwirtschaft eingetragen werden, kann die Situation erheblich verbessern. Jedoch müssen nicht erwünschte Auswirkungen, wie erhöhte P-Ausscheidung, in der betrieblichen Suisse-Bilanz allenfalls akzeptiert werden können.

### Vorteile/Synergien

- Die Entwicklung von differenzierten Produktlinien, die entweder einen minimalen N- und P-Eintrag oder niedrige RP- und P-Gehalte in den Rezepturen priorisieren, stellt eine sinnvolle Option dar, um gesamtschweizerische Überschüsse zu reduzieren.

### Nachteile/Limitierungen/Zielkonflikte

- Das Marktpotenzial für Mischfutter mit minimalen Einsatzmengen an Extraktionsschrot, Kartoffelprotein und mineralischem Phosphat, aber höheren P-Gehalten, ist noch unklar. Es hängt unter anderem von der betrieblichen P-Bilanz der potenziellen Kunden ab.
- Eine Senkung der N-Eintragsquellen ist abhängig von der Verfügbarkeit proteinreicher Futtermittel aus Schweizerischem Anbau. Ein vermehrter Anbau von Ölsaaten (z.B. Raps, Sonnenblume), um mehr Ölkuchen bereitzustellen, ist nur begrenzt möglich, da dieser vom Schweizer Lebensmittelmarkt abhängt. Die Förderung des Anbaus alternativer proteinreicher Futtermittel, z.B. Ackerbohnen (Bracher, 2019a; 2019b; 2019c), könnte eine mögliche Lösung darstellen.
- Eine Förderung des Anbaus proteinreicher Futtermittel könnte aufgrund der Konkurrenz mit anderen Ackerkulturen Auswirkungen auf andere Einträge in das Schweizer Landwirtschaftssystem haben, z.B. importierte Energieträger wie Gerste. Ob der Ersatz proteinreicher Futtermittel durch alternative Futtermittel die gesamte N- und P-Bilanz der Schweizer Landwirtschaft positiv beeinflusst, bleibt jedoch unklar.

### Interaktionen

- Agroscope-Studien (Schlegel und Gutzwiller, 2020; Floradin et al., 2022) zeigen, dass bei Mastschweinen der Gehalt an verdaulichem P gegenüber den aktuellen Empfehlungen gesenkt werden kann, ohne die Leistung zu beeinträchtigen. In Zukunft könnte eine Optimierung auf minimalem Eintrag von N und P mit einem tieferen Sollwert des verdaulichen P-Gehaltes, den erhöhten P-Ausscheidungen (Szenario 1, 2 und 3) entgegenkommen.

### Umsetzung: Aufwand/Ablauf/Anwendung/Durchführbarkeit

- Die Produktion von Mischfutter mit Restriktionen in der Optimierung strikt nach Eintrag von N und P über Futtermittel oder nach minimalen Gehalten von RP und/oder P ist technisch möglich. Der Aufwand für eine erhöhte Anzahl von Produktlinien oder von «massgeschneiderten» Produkten wird jedoch steigen, sofern nicht andere Produkte wegfallen.

### Voraussetzungen/Bedingungen

- Die Verfügbarkeit von ausreichenden Mengen an proteinreichen Futtermitteln, die aus der Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft stammen, und die Bereitschaft Mischfutter mit erhöhtem P-Gehalt zu verfüttern, sind zwei Voraussetzungen, um den Eintrag von N und P gegenüber einer herkömmlichen 2-Phasenfütterung stark zu reduzieren.

## Bewertungen

### Wirtschaftlichkeit

Die ökonomische Bewertung dieser Massnahme ist aktuell rein qualitativ. Aufgrund der entscheidenden Rolle der Mischfutterhersteller für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Massnahme erfolgt die Bewertung nicht nur aus Sicht der Landwirtschaftsbetriebe, sondern auch aus Sicht der Mischfutterhersteller.

Mischfutterhersteller: Gegenüber den Kosten der Mischfutterrezepturen einer herkömmlichen 2-Phasenfütterung (Agroscope-Merkblätter Nr. 212 und 213, Szenario 0) lagen diese bei den 6 Szenarien zwischen -2 % und +9 %. Neue Produktlinien bieten für Mischfutterhersteller eine Chance, sich von den Mitbewerbern zu differenzieren und somit ihren Marktanteil zu erhöhen.

Landwirtschaftsbetrieb: Je nach Strategie der Mischfutterhersteller können sich die Verkaufspreise von Produktlinien mit einem limitierten Einsatz von importierten Futtermitteln und von Produktlinien mit minimalem Gehalt an RP und P unterscheiden. Je nach betrieblicher Situation bezüglich Nährstoffbilanz und unter Berücksichtigung der Kosten für Hofdünger-Importe oder -Exporte (HoduFlu) könnte mit diesen Massnahmen die betriebliche Wirtschaftlichkeit optimiert werden.

### Reduktionspotenzial

Der potenzielle Beitrag zur Verbesserung der N- und P-Bilanz der Schweizer Schweineproduktion durch Mischfutter mit minimalen Einsatzmengen von Extraktionsschrot, Kartoffelprotein und mineralischem Phosphat hängt davon ab, wie sich dessen Marktanteil entwickelt. Das kann hier nicht beurteilt werden. Falls alle Mastschweine eine 2-Phasenfütterung gemäss Szenario 0 (Agroscope-Merkblätter Nr. 212 und 213) erhalten und nun 50 % davon auf eine Fütterung umgestellt werden, die spezifisch darauf ausgelegt ist, den Eintrag von N und P oder nur von P zu minimieren (Szenario 1 und 3), könnten die N- und P- Einträge um 250–300 t N und 18–20 t P pro Jahr über das Einsparpotenzial der herkömmlichen 2-Phasenfütterung hinaus reduziert werden. Dies führt zu einer Reduktion des N-Eintrags von 0.3 % (Szenario 0; Agroscope Merkblatt Nr. 212) auf 1 % und einer Erhöhung von 1 % (Szenario 0; Agroscope Merkblatt Nr. 213) auf 1.5 % bei P. Das Gesamtpotenzial des Reduktionsziels (14 250 t N aus dem Überschuss von 95 000 t N und von 1000 t P aus dem Überschuss von 5000 t P; Spiess und Liebisch, 2023) erhöht sich dabei von 3 % auf 5 % bei N und reduziert sich dabei von 17 % auf 11–13 % bei P (wegen erhöhter P-Ausscheidung). Dies impliziert auch, dass die Änderung der N- und P-Ausscheidungen nicht durch Mineraldünger, sondern durch den Zu- und Verkauf von Hofdünger kompensiert und der tatsächliche Nährstoffbedarf der Kulturen nach guter Düngepraxis berücksichtigt wird.

## Erfolgs-/Qualitätskriterien

Quantifizierbar auf Niveau Schweizer Landwirtschaft: jährlicher N- und P-Import, der in der Tierernährung eingesetzt wird, sinkt (OSPAR). Einschätzbar für Schweinebranche: Veränderung der RP- und P-Gehalte und der Reihenfolge der Futtermittel auf den Etiketten der vermarkteten Mischfutter und betriebliche IMPEX-Berechnungen (Suisse-Bilanz), wobei wie beschrieben eine Reduktion des Eintrages von N und P nicht unbedingt den RP- und P-Gehalt des Futters reduziert.

## Stakeholder-Perspektiven

Mischfutterhersteller: Bei einer kundenspezifischen Produktion ist die Änderung der Optimierungsrestriktionen ohne weiteres möglich. Für neue Produktlinien, wie in dieser Massnahme vorgeschlagen, gibt es eventuell neue Märkte, ähnlich wie bei der Einführung von «NPr-Futter» bei Monogastriern oder Ergänzungsfutter für Wiederkäuer «Ohne Soja».

## Fazit

In der Schweine- und Geflügelproduktion können die Mischfutterhersteller einen wesentlichen Beitrag zum Thema «Absenkpfad Nährstoffe» leisten, indem die Priorisierung der Restriktionen in der Mischfutteroptimierung, die Kompromissakzeptanz von Nebenwirkungen und die Vermarktungsstrategie der Mischfutter die wichtigsten Schlüssel sind. Der Spielraum hängt von der Markverfügbarkeit von eventuell notwendigen alternativen Proteinquellen und Nebenprodukten aus Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft ab.

## Weitere Informationen

### Literatur

- Bracher A. (2019a). Körnerleguminosen als alternative Proteinquellen zu importierten Eiweissträgern. Agrarforschung Schweiz 10, 180–189. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2019/05/koernerleguminosen-als-alternative-proteinquellen-zu-importierten-eiweisstraegern/>
- Bracher A. (2019b). Ölsaaten als alternative Proteinquellen zu importierten Eiweissträgern. Agrarforschung Schweiz 10, 268–275. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2019/07/oelsaaten-als-alternative-proteinquellen-zu-importierten-eiweisstraegern/>
- Bracher A. (2019c). Insekten als alternative Proteinquelle zu importierten Eiweissträgern. Agrarforschung Schweiz 10, 360–371. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2019/10/insekten-als-alternative-proteinquelle-zu-importierten-eiweisstraegern/>
- Floradin P., Létourneau-Montminy M.P., Pomar C., Schlegel P. (2022). Development of bone mineralization and body composition of replacement gilts fed a calcium and phosphorus depletion and repletion strategy. Animal 16, 100512 <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100512>
- Girard M., Lautrou M., Schlegel P. (2024). Proteinernährung des Schweins basierend auf verdaulichen Aminosäuren mit begrenztem Stickstoffeintrag. Agroscope Merkblatt Nr. 212, Agroscope, Posieux. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/56938>
- Schlegel P., Gutzwiller A. (2020). Dietary calcium to digestible phosphorus ratio for optimal growth performance and bone mineralization in growing and finishing pigs. Animals, 10, 178. <https://doi.org/10.3390/ani10020178>
- Schlegel P. (2024). Phosphorennährung des Schweins nach Empfehlung, mit minimalem Einsatz von Phosphaten. Agroscope Merkblatt Nr. 213, Agroscope, Posieux. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/56939>
- Spieß E., Liebisch F. (2022). Entwicklung der Nährstoffbilanz der schweizerischen Landwirtschaft bis 2020. Agroscope Science 149. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/51639>

### Impressum

Herausgeber	Agroscope Rte de la Tioleyre 4 Postfach 64 1725 Posieux <a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a>
Series Editor	Frank Liebisch
Download	<a href="http://www.agroscope.ch/naehrstoffverluste">www.agroscope.ch/naehrstoffverluste</a>
Copyright	© Agroscope 2024

### Haftungsausschluss

Agroscope schliesst jede Haftung im Zusammenhang mit der Umsetzung der hier aufgeführten Informationen aus. Die aktuelle Schweizer Rechtsprechung ist anwendbar.