



# Massnahmen zur Reduktion der Nitratauswaschung ins Grundwasser

**Regionalisierter Massnahmenkatalog für das Nitratprojekt  
Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE)**

## **Autoren**

Hanna Frick<sup>1</sup>, Wolf-Anno Bischoff<sup>2</sup>, Frank Liebisch<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Agroscope, Gruppe Gewässerschutz und Stoffflüsse

<sup>2</sup> TerrAquat, Gutachterbüro für Boden, Wasser, Nährstoffe und Kontamination

## **Partner**

Nitratkommission Niederbipp-Gäu-Olten, TerrAquat,  
Kanton Solothurn, Kanton Bern



**Partner:**



Gutachterbüro für  
Boden, Wasser, Nährstoffe  
und Kontamination



**Kanton Bern**  
**Canton de Berne**

**Impressum**

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich <a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a>
Auskünfte	Frank Liebisch, <a href="mailto:frank.liebisch@agroscope.admin.ch">frank.liebisch@agroscope.admin.ch</a>
Titelbild	Hannah Wey
Download	<a href="http://www.agroscope.ch/science">www.agroscope.ch/science</a>
Copyright	© Agroscope 2023
ISSN	2296-729X
DOI	<a href="https://doi.org/10.34776/as147g">https://doi.org/10.34776/as147g</a>

**Haftungsausschluss :**

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

# Inhalt

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>6</b>
<b>Abkürzungen</b> .....	<b>7</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>8</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>9</b>
<b>Summary</b> .....	<b>10</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>11</b>
Zielsetzung dieses Berichts .....	11
Hintergrund: Das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten .....	11
Herangehensweise .....	13
Vorgehen und Quellen zur Erstellung des Massnahmenkatalogs .....	16
Gliederung des Dokuments und Aufbau der Steckbriefe .....	17
<b>Steckbriefe der Einzelmassnahmen</b> .....	<b>19</b>
1.1.1 Anpassung der Sperrfristen für Düngerausbringung .....	19
1.1.2 Aufteilung der Düngergaben .....	21
1.1.3 Düngung ohne Sicherheitszuschläge .....	22
1.1.4 Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan .....	23
1.1.5 Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung .....	25
1.1.6 Düngung nach Nmin: schlagspezifische Messung .....	27
1.1.7 Düngung nach Nmin: Regionale Frühjahrs-Nmin Kampagne .....	29
1.1.8 Herbst-Nmin: Vollzugsinstrument .....	30
1.1.9 Herbst-Nmin + Simulation zur Düngeplanung .....	31
1.1.10 Korrigierte Normen (Düngung nach Schätzmethode) .....	32
1.1.11 Pauschale Düngerreduktion .....	33
1.1.12 Schlagspezifische N-Obergrenze, "N-Quota" .....	34
1.1.13 Betriebliche N-Bilanz .....	35
1.1.14 Kulturspezifische Anpassung Düngenorm .....	36
1.1.15 Einbezug Pflanzenentwicklung und angepasste Düngebedarfsermittlung .....	37
1.1.16 Teilflächenspezifische Düngung (unter Einbeziehung des aktuellen Boden-/Pflanzenzustandes) .....	39
1.1.17 Düngezusätze / Inhibitoren .....	40
1.2.1 Applikationstechnik: Platzierte Düngung .....	42
1.2.2 Applikationstechnik: CULTAN .....	43
1.2.3 Applikationstechnik: Parallelfahrssysteme .....	45
1.2.4 Applikationstechnik: Exaktstreutechnik .....	46
1.2.5 Verzicht / Beschränkung Mineraldüngereinsatz .....	47
1.3.1 Anrechnung von Hof- und Recyclingdüngern im Ausbringungsjahr .....	48
1.3.2 Anrechnung der Hof- und Recyclingdünger-Nachwirkung .....	49
1.3.3 Bemessung Hof- und Recyclingdünger an P-Bedarf .....	50
1.3.4 Hofdüngeranalytik: Laboranalytik .....	51
1.3.5 Hofdüngeranalytik: Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) .....	52
1.3.6 Hofdüngeranalytik: Schnelltests .....	53

1.3.7	Hofdüngeraufbereitung: Vergärung.....	54
1.3.8	Hofdüngeraufbereitung: Ansäuern .....	55
1.3.9	Hofdüngeraufbereitung: Gülleseparierung .....	56
1.3.10	Hofdüngeraufbereitung: Verdünnung .....	57
1.3.11	Hofdüngeraufbereitung: Umwandlung in Mineraldünger.....	58
1.3.12	Anpassung Lagerkapazitäten.....	59
1.3.1	Verbot / Beschränkung von Hofdüngerimport aus anderen Gebieten .....	60
2.1.1	Erhalt des Graslandflächenanteils.....	61
2.1.2	Umbruchverbot von Grasland; Umwandlung Kunstwiese in Dauergrünfläche .....	62
2.1.3	Grasland statt Ackerland: Ausweitung Dauergrünfläche.....	63
2.1.4	Dauergrünflächenbewirtschaftung: extensive Wiese .....	65
2.1.5	Dauergrünflächenbewirtschaftung: mittelintensive Wiese.....	66
2.1.6	Untersaaten .....	67
2.2.1	Zwischenfruchtanbau zwischen zwei Hauptkulturen.....	68
2.2.2	Zwischenfruchtanbau zwischen zwei Winterkulturen.....	70
2.2.3	Bunt- und Rotationsbrachen.....	71
2.3.1	Förderung N-effizienter Alternativ-Kulturen (einjährig).....	72
2.3.2	Förderung mehrjährige Kulturen: Haselnusssträucher .....	73
2.3.3	Förderung mehrjährige Ackerkulturen: mehrjähriges Getreide .....	74
2.3.4	Förderung mehrjährige Ackerkulturen: ausdauernde Energiepflanzen .....	75
2.3.5	Diversifizierte Gründüngungs-/Wiesenmischungen .....	76
2.4.1	Flächenbeschränkung / Anteil Kulturen mit hohem Nitratauswaschungspotenzial in Fruchtfolge einschränken .....	77
2.4.2	Mindestanteil Kunstwiese in Fruchtfolge .....	79
2.4.3	Ackerbauliche Nutzung verlängern .....	80
2.4.4	Verbindlicher jährlicher Wechsel Sommerung – Winterung mit Zwischenfrucht.....	81
2.4.5	Auflagen zu kritischen Kulturübergängen und Fruchtfolgen .....	82
3.1.1	Reduzierte Bodenbearbeitung: Mulchsaat .....	83
3.1.2	Reduzierte Bodenbearbeitung: Direktsaat .....	85
3.1.3	Reduzierte Bodenbearbeitung: Streifensaat .....	87
3.1.4	Zeitpunkt für Bodenbearbeitung .....	89
3.2.1	Saattermin .....	91
3.2.2	Saadichte.....	93
4.1.1	N-reduzierte Fütterung von Schweinen, Geflügel und Milchvieh .....	94
4.1.2	Förderung graslandbasierter Fütterung von Rindern .....	96
4.2.1	Begrenzung Tierdichte pro Fläche .....	97
4.3.1	Verbot von Freiland Schweinehaltung .....	99
4.3.2	Vorgaben zur Weidehaltung von Rindern .....	100
4.3.3	Stallbauliche Massnahmen .....	101
5.1.1	Entfernen von Drainageleitungen, Vernässung .....	102
5.1.2	Verwendung von Filtermaterialien in / an Drainagen .....	103
5.1.3	Feuchtgebiete.....	104

5.2.1	Bewaldung .....	105
5.2.2	Agroforst .....	106
5.2.3	Hochstammobstwiesen .....	108
5.3.1	Anlegen von Randzonen um Oberflächengewässer .....	109
6.1.1	Verbindliche Weiterbildungen zu Düngung und Gewässerschutz .....	110
6.1.2	Anpassung Lehrpläne an Berufsschulen (Vertiefung Düngung und Gewässerschutz) .....	111
6.2.1	Einzelbetriebliche Beratung .....	112
6.2.2	Decision Support Tools .....	113
6.3.1	Demo- und Tastversuche .....	114
7.1.1	Regionale Wertschöpfung nitratreduzierender Produkte .....	115
7.1.2	Alternative Vertriebszweige für Getreide, das Backqualität nicht erreicht .....	116
7.2.1	Zugabe von organischem Material mit weitem CN Verhältnis zur Immobilisierung von N z.B. Strohmulch) .....	117
7.2.2	Humusbilanz einbeziehen .....	118
7.3.1	Einbezug des Einzugsgebiets (nicht nur Zuströmbereich) .....	119
7.3.2	Betriebe mit einem Flächenanteil im Zuströmbereich werden vollumfänglich einbezogen .....	120
7.4.1	Förderung der Umstellung auf Biolandbau .....	121
8.1.1	Abfuhr von Ernteresten / Mulchverbot nicht geernteter Gemüsesätze .....	123
8.1.2	In-situ Nutzung von Ernterückständen auf Feld durch Einarbeitung im Frühjahr .....	125
8.1.3	Anrechnung von Ernteresten / nicht marktfähiger Ware bei nächster Düngung .....	126
8.2.1	N-Eintrag aus Bewässerungswasser bei Düngung berücksichtigen .....	127
8.2.2	Fertigation .....	128
8.2.3	Angepasste Bewässerung .....	129
8.3.1	Anbauzeit von Gemüse einschränken durch Einbau einer Kunstwiese in Gemüsefruchtfolge .....	130
8.3.2	Kombination Ackerbau und Gemüsebau .....	131
8.4.1	Förderung / Ausschluss gewisser Gemüsekulturen .....	132
8.4.2	Anbau von Tiefwurzlern nach Kulturen mit hohen N-Rückständen; kein Anbau von Flachwurzlern als Letztkultur .....	133
	<b>Verdankung .....</b>	<b>134</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage und Ausdehnung des Nitratprojektgebiets Niederbipp-Gäu-Olten .....	12
Abbildung 2: Nitratwerte der Grundwasserfassungen Neufeld, Zelgli und Gheid im Nitratprojektgebiet Niederbipp-Gäu-Olten. Reaktionszeit des Grundwassers: Neuendorf / Kappel: 20 Jahre; Olten: 10 Jahre. Orange Linie: Qualitätsziel gemäss Gewässerschutzverordnung (25 mg NO <sub>3</sub> /L); rote Linie: Gesetzlicher Höchstwert für Trinkwasser (40 mg NO <sub>3</sub> /L). (©AfU Solothurn).....	13
Abbildung 3: Vorgehen bei der Erarbeitung des neues Massnahmenpakets für das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten. An drei Workshops mit Interessenvertreter:innen und Entscheidungsträger:innen wurden die erarbeiteten Grundlagen jeweils diskutiert und Weichen für die weitere Entwicklung gestellt. Der vorliegende Massnahmenkatalog stellte die Entscheidungsgrundlage in Workshop 1 dar (25.08.2022, Solothurn) und diente in den folgenden Workshops als Informationsmaterial.....	14
Abbildung 4: Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten, Solothurn (SO) und Bern (BE) sowie ausgewählte Vergleichsgebiete in der Schweiz: Nitratprojekt Chrummyland, Schaffhausen (SH) und Nitratprojekt Wohlenschwil, Aargau (AG) .....	15
Abbildung 5: Ausgewählte Vergleichsgebiete in Deutschland: Gewässerschutzprojekt Lange Schneise Nord, Hessen (HE) und Gewässerschutzprojekt Grünbachgruppe, Baden-Württemberg (BW) .....	15

## Abkürzungen

AfU	Amt für Umwelt
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
GRUD	Grundlagen der Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz
GSchG	Gewässerschutzgesetz
GSchV	Gewässerschutzverordnung
GVE	Grossvieheinheiten
Hoduflu	Internetplattform zur Verwaltung von Hof- und Recyclingdüngerverschiebungen
LANAT	Amt für Landwirtschaft und
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
N	Stickstoff
NID	Nitratinformationsdienst
Nmin	mineralischer Stickstoff (Ammonium + Nitrat)
NH <sub>4</sub>	Ammonium
NO <sub>3</sub>	Nitrat
Nges	Gesamtstickstoff
NGO	Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten
Nverf	verfügbarer Stickstoff (entspricht bei organischen Düngern meist dem Ammonium-Gehalt)
ÖLN	Ökologischer Leistungsnachweis
SchALVO	Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung Baden-Württemberg, Deutschland

Die Begriffe «Dauergrünfläche» und «Dauergrasland» werden synonym gebraucht.

## Zusammenfassung

Die Nitratkonzentrationen in den Grundwasserfassungen des Dünnergrundwasservorkommens in der Region Niederbipp-Gäu-Olten, der Kantone Solothurn und Bern, überschreiten seit mehreren Jahrzehnten das Qualitätsziel der Gewässerschutzverordnung von 25 mg NO<sub>3</sub>/L, obwohl seit dem Jahr 2000 Minderungsmaßnahmen umgesetzt werden (im Rahmen eines Nitratprojekts nach Artikel 62a Gewässerschutzgesetz (GSchG)). Das bestehende Massnahmenpaket soll deshalb abgelöst werden. Die Forschungsgruppe Gewässerschutz und Stoffflüsse von Agroscope und das Gutachterbüro TerraAquat wurden beauftragt, Empfehlungen für ein neues Massnahmenpaket zu erstellen.

Dazu wurden in einem ko-kreativen Prozess Vorschläge und Zwischenergebnisse mit Interessenvertretenden aus Landwirtschaft, Verwaltung, Wasserversorgung und Verbänden in mehreren Workshops diskutiert und gemeinsam Richtungsentscheidungen für die weitere Entwicklung gefällt. Insgesamt fanden vier Workshops im Zeitraum zwischen August 2022 bis März 2023 statt.

Der vorliegende Massnahmenkatalog bildete die Diskussionsgrundlage für den ersten dieser Workshops und für die spätere Zusammenstellung von Massnahmenpaketen. Ziel war es, Einzelmassnahmen, welche sich grundsätzlich eignen, Nitratreinträge ins Grundwasser zu reduzieren, zusammenzustellen und daraus die geeignetsten Massnahmen für ein neues Massnahmenpaket im Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten zu identifizieren. Weitere Informationen zum Projekt findet man online unter [Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten](#).

Die vorgestellten Einzelmassnahmen stammen aus bestehenden Massnahmenkatalogen und wurden für die Situation in der Region kommentiert und in Form von Steckbriefen aufgearbeitet. Die Steckbriefe enthalten dabei jeweils eine kurze Beschreibung der Massnahme, die Wirkungs- und die Umsetzungsebene und geben eine Perspektive auf Konsequenzen sowohl für das Grundwasser als auch für die Landwirtschaft. Daneben wurden Verbindungen zu anderen Nitrat- und Grundwasserschutzprojekten in der Schweiz und Deutschland aufgezeigt, um die Umsetzbarkeit von spezifischen Einzelmassnahmen und Massnahmenpaketen zu demonstrieren. Zu jeder Massnahme sind ausserdem sowohl wissenschaftliche Fachliteratur als auch praxisrelevante Merkblätter aufgelistet. Die Aufarbeitung in Steckbriefform erwies sich im Prozess als hilfreich und bietet die Möglichkeit, sich schnell einen Überblick zu verschaffen und bei Bedarf in die Literatur zu vertiefen.

Insgesamt sind im vorliegenden Massnahmenkatalog 96 Einzelmassnahmen enthalten, welche in die acht Kategorien Düngung, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Tierhaltung, Landnutzung, Beratung und Bildung, Sonstiges und Spezialmassnahmen Gemüsebau gegliedert sind. Die Effekte und die Wirkungsweise der aufgelisteten Massnahmen decken ein sehr breites Spektrum ab. Sie reichen von indirekter Wirkung mit schwer abschätzbarem Effekt auf das Grundwasser bis zu quantitativ überprüfbareren Massnahmen, welche eine Reduktionswirkung im zweistelligen Kilogramm-N-Bereich pro Hektar haben. Es ist auffällig, dass Massnahmen aus der Kategorie Düngung in der Schweiz bisher sehr wenig Beachtung und Anwendung finden, im internationalen Kontext aber als eine der wichtigsten Kategorien im Landwirtschaftlichen Grundwasserschutz angesehen werden. In Anbetracht der vielen auch nachweisbar wirksamen Massnahmen sollten geeignete Massnahmenkombinationen das Nitratproblem im bedeutenden Dünnergrundwasser der Region Niederbipp-Gäu-Olten, dem grössten Nitratprojekt der Schweiz, lösen, wenn sie von Landwirtschaft, Beratung und Vollzug akzeptiert und konsequent umgesetzt werden. Das Projekt kann somit als Beispiel für andere Regionen in der Schweiz mit ähnlichen Problemen fungieren. Die Umsetzbarkeit von Massnahmen und deren Wirksamkeit muss aber in jedem Fall regions- bzw. gebietsspezifisch bewertet werden.

## Résumé

Mesures de réduction du lessivage des nitrates dans les eaux souterraines: catalogue régionalisé de mesures pour le projet sur les nitrates Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE).

Les concentrations de nitrates dans les captages d'eau souterraine de la nappe phréatique de la Dünner (région de Niederbipp-Gäu-Olten, cantons de Soleure et de Berne) dépassent depuis plusieurs décennies l'objectif de qualité de l'ordonnance sur la protection des eaux de 25 mg NO<sub>3</sub>/l, bien que des mesures de réduction aient été mises en œuvre depuis l'année 2000 dans le cadre d'un projet sur les nitrates selon l'article 62a de la loi sur la protection des eaux (LEaux). Le paquet de mesures existant doit donc être revu. Le groupe de recherche Protection des eaux et flux des substances d'Agroscope et le bureau d'expertise TerrAquat ont reçu pour mission d'élaborer des recommandations pour un nouveau paquet de mesures.

Pour ce faire, des propositions et des résultats intermédiaires ont été discutés au cours de plusieurs ateliers dans le cadre d'un processus de cocréation avec des groupes d'intérêts issus de l'agriculture, de l'administration, de l'approvisionnement en eau et d'associations, et des décisions sur les orientations pour la suite du développement ont été prises en commun. Au total, quatre ateliers ont été organisés entre août 2022 et mars 2023.

Le présent catalogue de mesures a constitué la base de discussion pour le premier de ces ateliers et pour la composition ultérieure de paquets de mesures. L'objectif était de rassembler diverses mesures qui se prêtent en principe à la réduction des apports en nitrates dans les eaux souterraines et d'identifier à partir de là celles qui sont les plus appropriées pour un nouveau paquet de mesures dans le projet sur les nitrates Niederbipp-Gäu-Olten. Des informations complémentaires sur le projet sont disponibles sous: Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten.

Les mesures présentées proviennent de catalogues de mesures existants. Elles ont été commentées en relation avec la situation dans la région et traitées sous forme de fiches techniques. Ces fiches contiennent une brève description de la mesure, le niveau d'impact et de mise en œuvre et donnent une idée des conséquences pour les eaux souterraines et l'agriculture. En outre, des liens avec d'autres projets de réduction des nitrates et de protection des eaux souterraines en Suisse et en Allemagne ont été établis afin de démontrer la faisabilité de mesures et de paquets de mesures spécifiques. Pour chaque mesure, une liste d'ouvrages scientifiques et de fiches pertinentes pour la pratique a été établie. La présentation sous forme de fiches s'est avérée utile au cours du processus et offre la possibilité d'obtenir rapidement une vue d'ensemble et de se plonger dans la littérature si nécessaire.

Au total, le présent catalogue contient 96 mesures, réparties dans les huit catégories suivantes: fertilisation, assolement, travail du sol, élevage, utilisation du sol, vulgarisation et formation, divers et mesures spéciales pour les cultures maraîchères. Les effets et le mode d'action des mesures énumérées couvrent un très large spectre. Ils vont de l'impact indirect avec un effet difficilement estimable sur les eaux souterraines jusqu'aux mesures quantitativement vérifiables qui ont un effet de réduction de l'ordre de deux chiffres en kilogrammes d'azote par hectare. Il est frappant de constater que les mesures de la catégorie «fertilisation» n'ont, jusqu'à présent, retenu que très peu l'attention et ont été peu appliquées en Suisse, alors qu'elles sont considérées dans le contexte international comme l'une des catégories les plus importantes de la protection des eaux souterraines dans l'agriculture. Compte tenu des nombreuses mesures dont l'efficacité a été prouvée, des combinaisons de mesures appropriées devraient permettre de résoudre le problème des nitrates dans l'importante nappe phréatique de la Dünner située dans la région Niederbipp-Gäu-Olten, le plus grand projet de lutte contre les nitrates en Suisse, si elles sont acceptées et appliquées de manière conséquente par l'agriculture, la vulgarisation et l'administration. Le projet peut ainsi servir d'exemple pour d'autres régions de Suisse confrontées à des problèmes similaires. La mise en œuvre des mesures et leur efficacité doivent cependant toujours être évaluées en fonction de la région ou de la zone concernée.

## Summary

Measures for Reducing Nitrate Leaching into Groundwater: Regional Catalogue of Measures for the Niederbipp-Gäu-Olten Nitrate Project (Cantons of SO & BE).

For several decades now the nitrate concentrations of the groundwater wells of the Dünnergrenzen groundwater reserves in the Niederbipp-Gäu-Olten region (Cantons of Solothurn and Bern) have exceeded the 25 mg NO<sub>3</sub>/litre quality target of the Water Protection Ordinance, despite the implementation of reduction measures since 2000 (as part of a nitrate project pursuant to Article 62a of the Swiss Water Protection Law (WPA)). The existing package of measures is therefore slated for replacement. Agroscope's 'Water Protection and Substance Flows' Research Group and the consultancy company TerrAquat were contracted with developing recommendations for a new package of measures. To this end, suggestions and interim results were discussed with stakeholders from agriculture, administration, water supply and associations in a co-creative process in several workshops, and decisions on the direction of further development were jointly taken. A total of four workshops were held in the period from August 2022 to March 2023. This catalogue of measures formed the basis of discussion for the first of these workshops and for the subsequent compilation of packages of measures. The aim was to compile different measures that are essentially suitable for reducing nitrate inputs into groundwater, and to identify the most suitable measures for a new package of measures in the Niederbipp-Gäu-Olten Nitrate Project. Further information on the project can be found online at [Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten](#).

The measures presented are from existing catalogues of measures; they were evaluated for the situation in the region and worked up as profiles. Each profile contains a short description of the measure in question, states the level of impact and implementation, and gives the outlook for the implications both for groundwater and for agriculture. In addition, connections to other nitrate reduction and groundwater-protection projects in Switzerland and Germany were highlighted to demonstrate the feasibility of specific measures and packages of measures. Furthermore, both specialist scientific literature as well as factsheets relevant for practice were listed for each measure. The workup in the form of profiles proved useful in the process, allowing the reader to quickly gain an overview, and to delve more deeply into the literature if need be.

A total of 96 measures are contained in this catalogue, divided into the eight categories of 'fertilisation', 'crop rotation', 'tillage', 'livestock production', 'land use', 'extension and education', 'other', and 'special measures for vegetable production'. The effects and mode of action of the listed measures cover a very broad spectrum, ranging from an indirect impact with a difficult-to-gauge effect on groundwater all the way to quantitatively verifiable measures having a reduction effect in the 'double-digit kilograms of N per hectare' range. It is striking that measures in the 'fertilisation' category have to date been paid little attention and are scarcely used in Switzerland, but are considered one of the most important categories in agricultural groundwater protection in the international context. Given the many demonstrably effective measures, suitable combinations of measures should solve the nitrate problem in the important Dünnergrenzen groundwater of the Niederbipp-Gäu-Olten region – the largest nitrate project in Switzerland – if they are accepted and systematically implemented by agriculture, extension and legal enforcement. In this way, the project can serve as an example for other regions of Switzerland with similar problems. However, the feasibility of measures as well as their effectiveness must in each case be evaluated on a region- or district-specific basis, as appropriate.

# Einleitung

## Zielsetzung dieses Berichts

Der folgende Massnahmenkatalog bietet eine Übersicht möglicher Massnahmen zur Reduktion von Nitratreinträgen aus der Landwirtschaft ins Grundwasser. Er diene als Diskussionsgrundlage für die Zusammenstellung und Entwicklung eines neuen Massnahmenpakets für das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (NGO), (Kantone Solothurn und Bern). Im Dialog mit Vertretern der kantonalen Ämter für Umwelt und für Landwirtschaft, der Bauern- und Gemüseproduzentenverbänden, der Wasserversorger und der Wissenschaft wurden die Massnahmen auf ihre Anwendbarkeit im Projektgebiet bewertet und geeignete Massnahmen für die Kombination im neuen Massnahmenpaket identifiziert.

## Hintergrund: Das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten

Die Nitratwerte in den Grundwasserfassungen des Dünnerngrundwasservorkommens in der Region Gäu-Olten, Kanton Solothurn, überschreiten bereits seit mehreren Jahrzehnten das Qualitätsziel gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) von 25 mg NO<sub>3</sub>/L. Seit 2000 werden deshalb im Rahmen eines Nitratprojekts nach Art. 62a Gewässerschutzgesetz (GSchG) Massnahmen umgesetzt.

Artikel 62a GSchG (Einführung 1998) regelt, dass «Landwirt:innen, die die erforderlichen und über den ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) hinausgehende und wirtschaftlich nicht tragbare Massnahmen zur Verhinderung der Abschwemmung und Auswaschung von Stoffen [Nitrat, Phosphor, Pflanzenschutzmittel] umsetzen, kostendeckende Abgeltungen erhalten sollen»<sup>1,2</sup>. Die Finanzierung erfolgt grösstenteils aus staatlichen Mitteln, welche bis zu 80 % durch den Bund geleistet werden. Aktuell laufen schweizweit 25 Projekte (22 Nitratprojekte, 1 Projekt zur Reduktion der Phosphorbelastung von Seen, 2 Pflanzenschutzmittelprojekte)<sup>3</sup>. Die Massnahmen werden solange abgegolten, wie sie erforderlich und wirtschaftlich nicht tragbar sind.

Das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten ist das flächenmässig grösste Nitratprojekt der Schweiz. Es erstreckte sich zunächst im Kanton Solothurn zwischen Oensingen und Olten (Abbildung 1). 2021 wurde das Projektgebiet bis nach Niederbipp (Kanton Bern) erweitert und umfasst seither eine Gesamtfläche von rund 2`000 ha. Etwa 70 % der Fläche fällt unter die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN). Diese Fläche wird von 120 Landwirtschaftsbetrieben bewirtschaftet, welche vor allem Ackerkulturen anbauen. Auf etwa 5 % der LN wird Freilandgemüse angebaut. Ein Viertel der LN befindet sich unter Dauergrünfläche<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> BLW, BAFU, BAG. Grundlagensammlung Projekte nach Artikel 62a GschG. Nitratprojekte. 2013.

[https://www.blw.admin.ch/dam/blw/de/dokumente/Instrumente/Ressourcen-%20und%20Gewasserschutzprogramm/Gewasserschutzprogramm/Gesamtkonzept%20N.pdf.download.pdf/gesamtkonzept\\_nitrat.pdf](https://www.blw.admin.ch/dam/blw/de/dokumente/Instrumente/Ressourcen-%20und%20Gewasserschutzprogramm/Gewasserschutzprogramm/Gesamtkonzept%20N.pdf.download.pdf/gesamtkonzept_nitrat.pdf)

<sup>2</sup> BAFU und BLW (Hrsg.) 2021. Massnahmen in der Landwirtschaft nach Artikel 62a GschG. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt, Bern. Entwurf. Version 20.6.2021

<sup>3</sup> BLW. Agrarbericht 2022. Gewässerschutzbeiträge. 2022. <https://2022.agrarbericht.ch/de/politik/regionale-und-branchenspezifische-programme/gewasserschutz-beitraege> (abgerufen am 22.12.2022)

<sup>4</sup> Offizieller Begriff gemäss «Landwirtschaftlicher Begriffsverordnung», Art. 14. In der Praxis wird häufiger von Dauergrasland gesprochen.

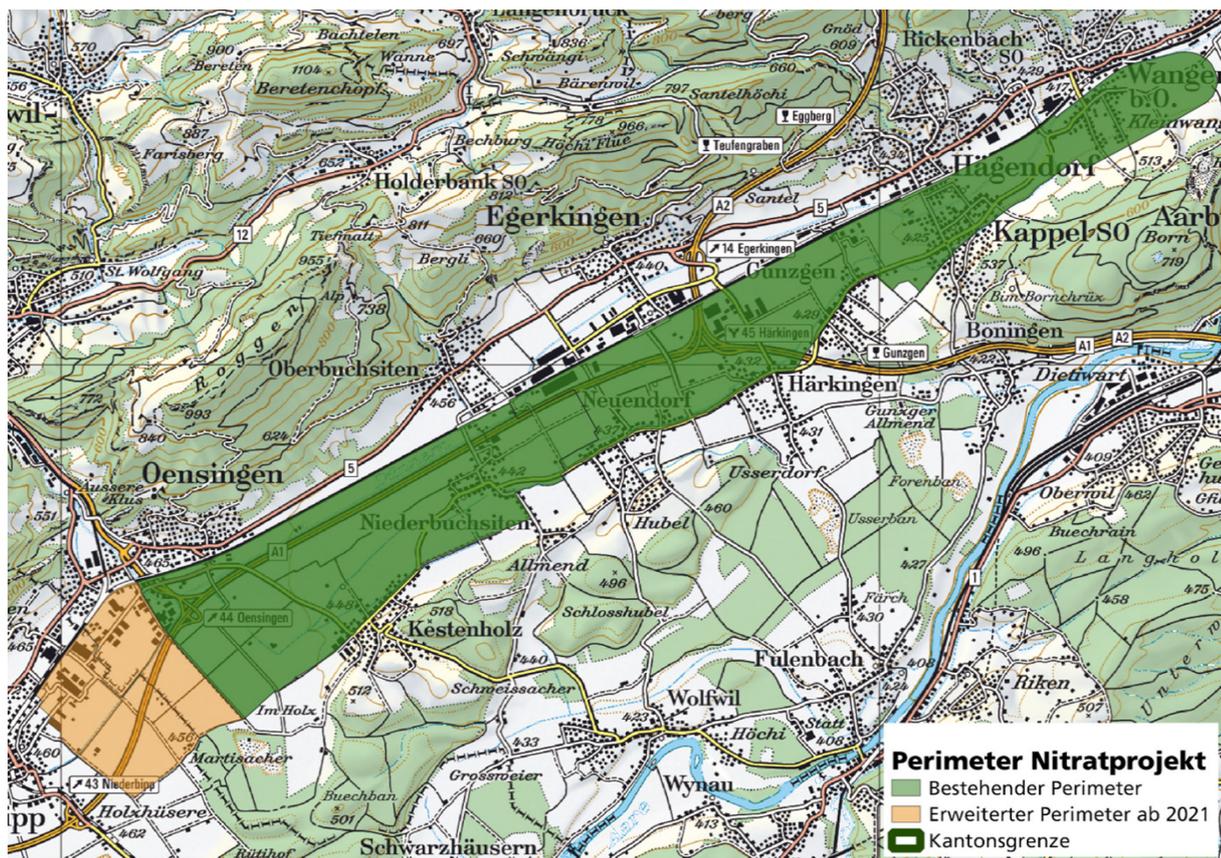


Abbildung 1: Lage und Ausdehnung des Nitratprojektgebiets Niederbipp-Gäu-Olten

Unter dem Talboden befindet sich ein grosser Schottergrundwasserleiter, welcher 75.000 Menschen mit Trinkwasser versorgt und für die Wasserversorgung von regionaler Bedeutung ist. Vier von fünf Grundwasserfassungen in der Region weisen Nitratwerte über dem Qualitätsziel von 25 mg NO<sub>3</sub>/L auf, trotz der bereits seit dem Jahr 2000 umgesetzten Minderungsmaßnahmen (Abbildung 2). Der gesetzliche Höchstwert von 40 mg NO<sub>3</sub>/L wurde jedoch in keiner der Fassungen überschritten, so dass die lebensmittelrechtlichen Anforderungen an das Trinkwasser immer erfüllt waren. Um die Wirksamkeit der ergriffenen Massnahmen zu überprüfen, wurde das Forschungsprojekt NitroGäu (2017 – 2021) durchgeführt<sup>5</sup>. Bis anhin wurden einerseits die Stilllegung von Ackerland als extensive Wiese, sowie andererseits Massnahmen im Bereich Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Winterbedeckung und Saatzeitpunkt im Herbst über ein Punktesystem («Nitratindex») gefördert und entschädigt. Die Massnahmenausgestaltung umfasste lediglich Ackerbau- und Nutztierhaltungsbetriebe, war jedoch für Gemüsebaubetriebe nicht anwendbar. Das Projekt NitroGäu zeigte klar, dass die heute umgesetzten Massnahmen nicht ausreichen, um das Qualitätsziel von 25 mg NO<sub>3</sub>/L im zu Trinkwasserzwecken genutzten Grundwasser zu erreichen. Gemäss Schätzungen basierend auf hydrogeologischen Daten muss der jährliche Überschuss unter der landwirtschaftlichen Nutzfläche von heute minimal 40 kg N/ha auf ca. 30 kg N/ha pro Jahr gesenkt werden (Bischoff, 2020)<sup>6</sup>. Es wurde insbesondere angemerkt, dass Massnahmen im Bereich Düngung bis anhin fehlen, obwohl diese in anderen Gewässerschutzprojekten (national & international) die häufigsten Massnahmen zur Reduktion der Nitratauswaschung sind (Bünemann u.a. 2021)<sup>7</sup>.

<sup>5</sup> AfU Solothurn. Das Forschungsprojekt NitroGäu. <https://so.ch/verwaltung/bau-und-justizdepartement/amt-fuer-umwelt/wasser/grundwasser/schutz/das-nitratprojekt-niederbipp-gaeu-olten/das-forschungsprojekt-nitrogaue/> (abgerufen am 22.12.2022)

<sup>6</sup> Bischoff, W.A. Herleitung eines Critical Load für die Region des Nitrat-Projektes Niederbipp-Gäu-Olten. 2020.

<sup>7</sup> Bünemann, E., Wey, H., Frick, H. Nitratauswaschung im Ackerbau: Literaturstudie und Nmin-Kampagnen im Gäu (Olten).; 2021. [https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32\\_Wasser/1\\_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu\\_1.1\\_Literaturstudie\\_Ackerbau.pdf](https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32_Wasser/1_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu_1.1_Literaturstudie_Ackerbau.pdf)

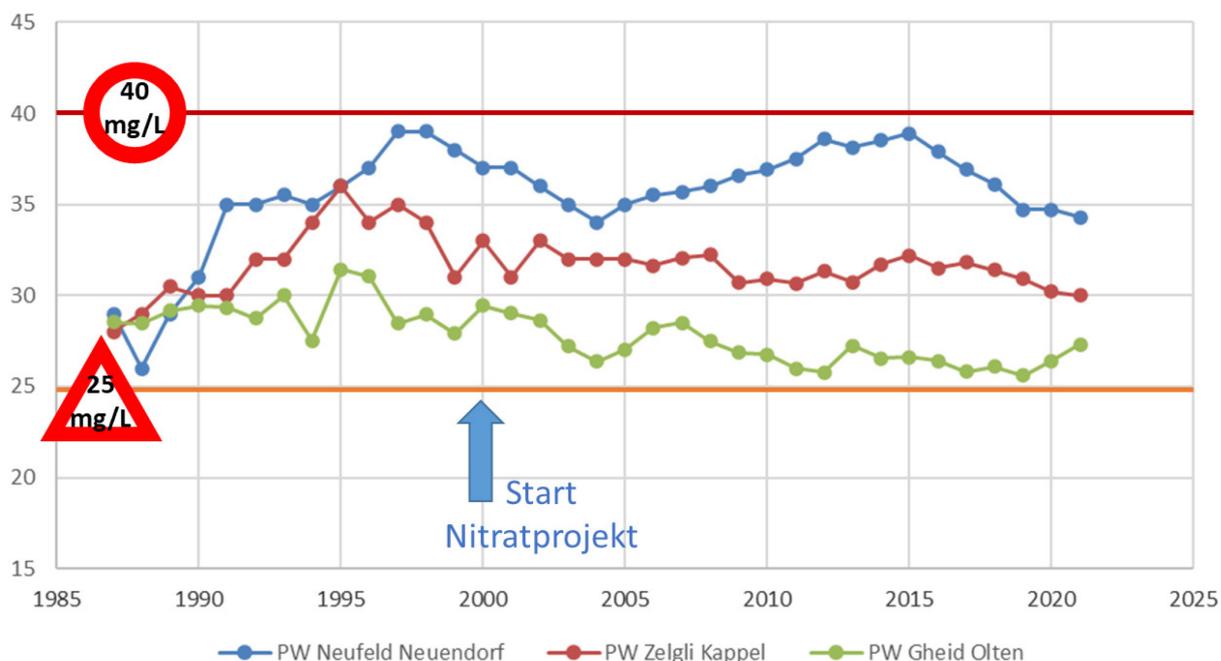


Abbildung 2: Nitratwerte der Grundwasserfassungen Neufeld, Zelgli und Gheid im Nitratprojektgebiet Niederbipp-Gäu-Olten. Reaktionszeit des Grundwassers: Neuendorf / Kappel: 20 Jahre; Olten: 10 Jahre. Orange Linie: Qualitätsziel gemäss Gewässerschutzverordnung (25 mg NO<sub>3</sub>/L); rote Linie: Gesetzlicher Höchstwert für Trinkwasser (40 mg NO<sub>3</sub>/L). (©AfU Solothurn)

Mit der Erneuerung des Nitratprojekts für die 4. Projektperiode (2021 – 2026) wird die Einführung eines neuen Massnahmenpakets angestrebt, das den neuen Erkenntnissen Rechnung trägt und die Forderungen des BLW nach dauerhafter Sicherung der erforderlichen 62a-Massnahmen erfüllt. Agroscope, Gruppe Gewässerschutz und Stoffflüsse, und das Gutachterbüro TerrAquat wurden vom Amt für Umwelt (AfU) Solothurn und dem Amt für Landwirtschaft und Natur (LANAT) Bern beauftragt, Empfehlungen für dieses neue Massnahmenpaket auszuarbeiten. Das neue Massnahmenpaket soll den aktuell bestehenden «Nitratindex» voraussichtlich ab 2024 ablösen.

## Herangehensweise

Zur Erarbeitung von Empfehlungen für ein neues Massnahmenpaket wurde ein ko-kreativer Prozess initiiert, in welchem Vorschläge und Zwischenergebnisse in mehreren Workshops mit Interessenvertreter:innen aus Landwirtschaft, kantonaler Verwaltung, Wasserversorgung und Verbänden diskutiert und Richtungsentscheidungen für die weitere Entwicklung gemeinsam gefällt wurden. Insgesamt fanden drei Workshops im Zeitraum August 2022 bis März 2023 statt (Abbildung 3).

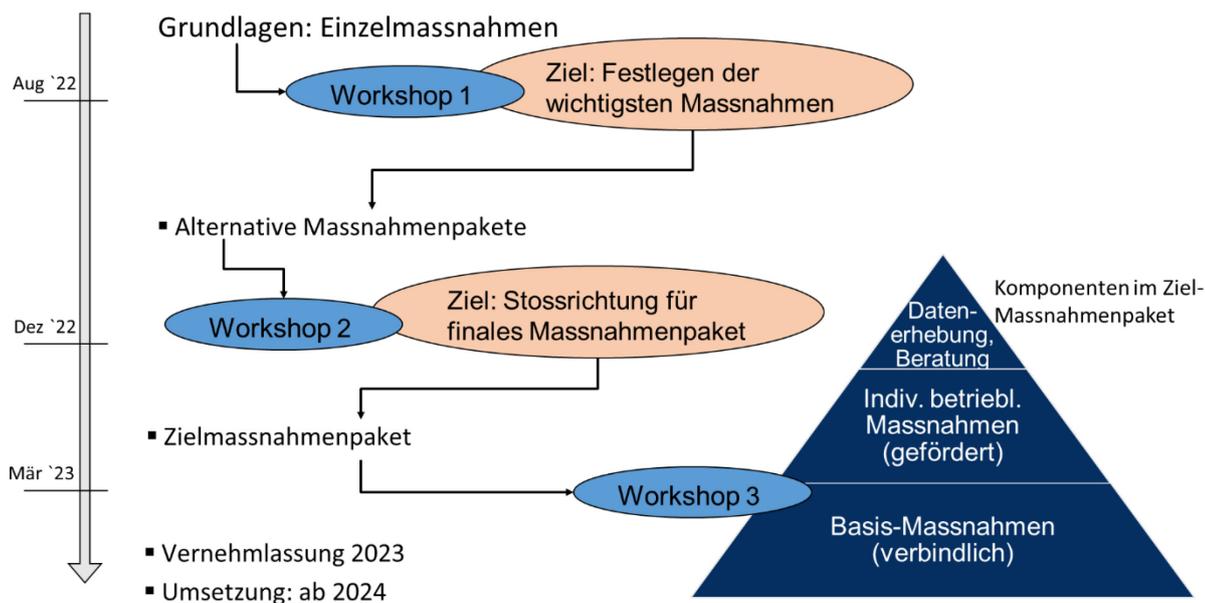


Abbildung 3: Vorgehen bei der Erarbeitung des neuen Massnahmenpakets für das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten. An drei Workshops mit Interessenvertreter:innen und Entscheidungsträger:innen wurden die erarbeiteten Grundlagen jeweils diskutiert und Weichen für die weitere Entwicklung gestellt. Der vorliegende Massnahmenkatalog stellte die Entscheidungsgrundlage in Workshop 1 dar (25.08.2022, Solothurn) und diente in den folgenden Workshops als Informationsmaterial.

Der vorliegende Massnahmenkatalog bildete die Diskussionsgrundlage für den ersten dieser Workshops (Workshop I; 25.08.2022, Solothurn) und war auch im weiteren Prozess eine wichtige Informationsquelle. Ziel war es, die für die Region relevantesten Massnahmen herauszuarbeiten. Folgende Leitfragen wurden bei der Bewertung und Einordnung der Massnahmen zugrunde gelegt (in absteigender Wichtigkeit):

1. Welchen konkreten Beitrag leistet die Massnahme zur Nitratreduktion im Grundwasser?
2. Welche Vor- und Nachteile hat die Massnahme für die Landwirtschaft?
3. Welche Vor- und Nachteile hat die Massnahme in Bezug auf Umsetzbarkeit, Aufwand, Überprüfungsmöglichkeiten, Voraussetzungen, mögliche weitere Aspekte?

Die Kostenfolgen wurden zu diesem Zeitpunkt noch nicht beachtet, ausser falls diese ein «Knock-out»-Kriterium darstellten.

Basierend auf diesen Leitfragen wurden die Massnahmen klassifiziert (jeweils mit konkretem Bezug zur Region Gäu-Olten):

- **A** = bekannt, bewährt, gut; sollte unbedingt berücksichtigt werden
- **B** = Potenzial, aber nicht uneingeschränkt (z.B. leichte Mängel bei Vollzug, Umsetzbarkeit, etc.)
- **C** = «nice to have» oder Nutzen möglicherweise gering, unklar oder stärkere Einschränkung
- **S** = strategische Ziele, längerfristig, überregional
- **Z** = nicht geeignet für die Region Gäu-Olten

Die auf Experteneinschätzungen und der Diskussion in Workshop I begründete Massnahmeneinordnung ist gemäss des beschriebenen Buchstaben-Codes (A, B, C, S, Z) in den Steckbriefen der einzelnen Massnahmen angegeben.

In einem nächsten Schritt wurden implementierte Massnahmenpakete aus anderen Gewässerschutzgebieten in der Schweiz (Abbildung 4) und in Deutschland (Abbildung 5) beschrieben und verglichen. Im vorliegenden Massnahmenkatalog wird über «Enthalten in...» jeweils auf diese Vergleichsgebiete verwiesen. Eine detaillierte Beschreibung der Vergleichsgebiete und der dort eingesetzten Massnahmenkombination sind in einem begleitenden Bericht aus dem Projekt enthalten<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Frick, H., Bischoff, W.-A., Schleicher, S., Liebisch, F. (auf Anfrage erhältlich). Projektbericht. Das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten im Vergleich: Gebietsübersicht und Massnahmen.

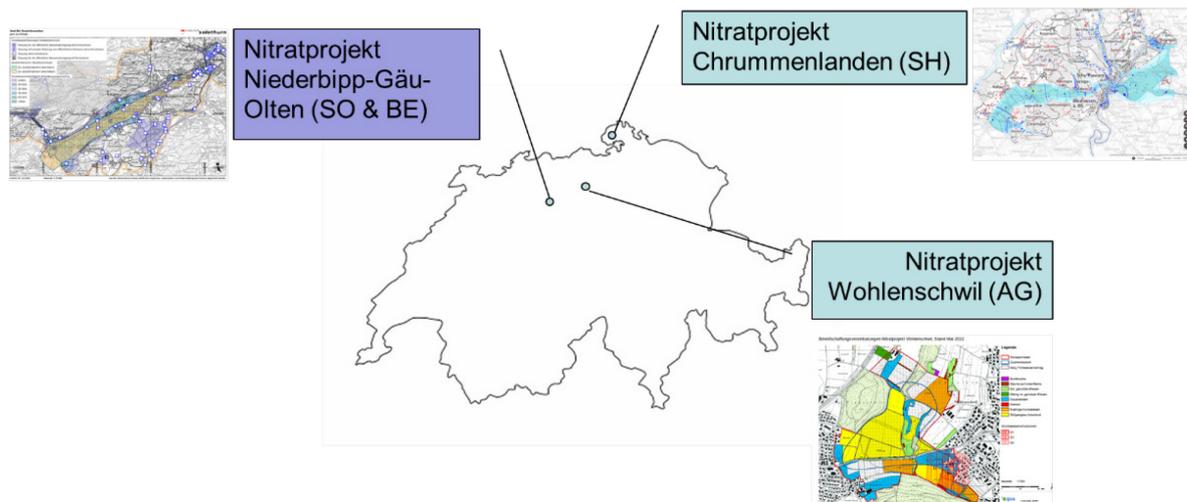


Abbildung 4: Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten, Solothurn (SO) und Bern (BE) sowie ausgewählte Vergleichsgebiete in der Schweiz: Nitratprojekt Chrummenlanden, Schaffhausen (SH) und Nitratprojekt Wohlenschwil, Aargau (AG)

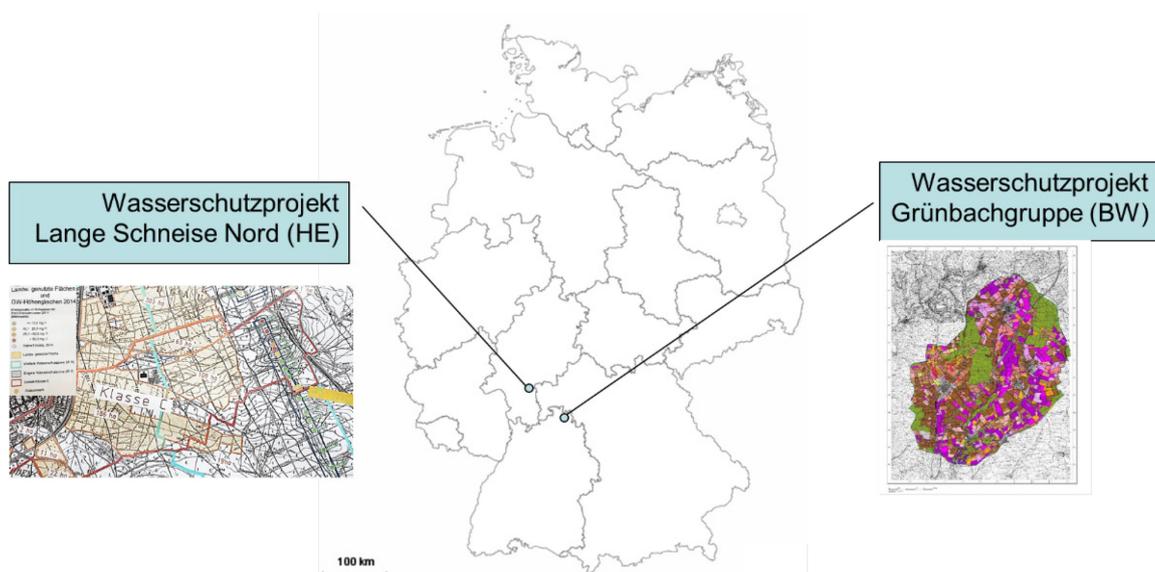


Abbildung 5: Ausgewählte Vergleichsgebiete in Deutschland: Gewässerschutzprojekt Lange Schneise Nord, Hessen (HE) und Gewässerschutzprojekt Grünbachgruppe, Baden-Württemberg (BW)

Basierend auf der Auswahl und Gewichtung der Einzelmassnahmen wurden vier alternative Massnahmenpakete mit unterschiedlichen Schwerpunkten erarbeitet, welche in einem weiteren Workshop (Workshop II; 08.12.2022, Wallierhof) vorgestellt wurden und als Grundlage für die Konkretisierung des Ziel-Massnahmenpakets dienen.

## Vorgehen und Quellen zur Erstellung des Massnahmenkatalogs

Die vorliegende Zusammenstellung basiert auf einem Massnahmenkatalog für Ackerbau (Bünemann u.a. 2021)<sup>7</sup> und einem Bericht zum Gemüsebau (Bischoff u.a. 2020)<sup>9</sup>, welche im Rahmen des Forschungsprojekts «NitroGäu» erstellt wurden. Ergänzende Informationen wurden aus weiteren Massnahmenkatalogen bezogen sowie durch nationale und internationale (Praxis-)Literatur ergänzt. Folgende Quellen und Kataloge wurden vertieft genutzt:

- Osterburg u.a. (2007)<sup>10</sup> (bereits eine der Hauptquellen im Projekt «NitroGäu»)
- Massnahmenkatalog Landwirtschaft, Österreich<sup>11</sup>
- Zemek u.a. 2020<sup>12</sup>

### **Hintergrundinformationen zu den drei Hauptquellen dieser Massnahmensammlung**

In **Osterburg u.a. (2007)**<sup>10</sup> werden Informationen zu bekannten und bewährten technisch-organisatorischen Massnahmen zur Reduzierung der Stickstoffausträge aus der Landwirtschaft systematisch aufbereitet und in Hinblick auf ihre ökologische Wirksamkeit, Kosten und Umsetzbarkeit bewertet. Der Bericht diente als Informationsgrundlage für die bis 2009 zur europäischen Wasserrahmenrichtlinie aufzustellenden Massnahmenpläne in Deutschland und floss dort in zahlreiche regionalisierte Massnahmenkataloge ein.

Der **Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021**<sup>11</sup> stellt mögliche Massnahmen im Bereich Landwirtschaft zur Reduktion diffuser Einträge von Stickstoff und Phosphor in das Grundwasser und die Fließgewässer zusammen. In seiner Erstfassung wurde der Massnahmenkatalog als Begleitdokument zum 1. Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 verfasst. Das Dokument liegt mittlerweile in der 3. Auflage (2021) vor. Die aufgelisteten Massnahmen sind zentraler Teil des österreichischen Agrarumweltprogramms. Die Wirkungsabschätzung der Massnahmen basiert überwiegend auf Studien aus Österreich.

Die Literaturstudie von **Zemek u.a. 2020**<sup>12</sup> wurde im Rahmen des Projekts «NitroGäu» erstellt. Sie umfasst umfangreiche Details zum Nitratauswaschungspotenzial verschiedener Gemüsearten. Die Einschätzung basiert auf der quantitativen Auswertung von Literatur (i) zu N-Verlusten durch Auswaschung, (ii) zur N-Düngebedarf, (iii) über N-Mengen in Ernterückständen und (iv) zur Wurzeltiefe der Gemüsearten. Daneben werden Massnahmen zur Reduktion der Auswaschung vorgestellt. An einigen Stellen wird bereits der direkte Bezug zur Region Gäu-Olten hergestellt.

---

<sup>9</sup> Bischoff, W.A., Schwarz, A. Kühfuss, S., Williams, D. N-Verluste und N-Bilanzen im praktischen Gemüsebau der Region Niederbipp-Gäu-Olten Abschlussbericht zu TP 2.2, NitroGäu, 83 S. 2020.

<sup>10</sup> Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., u.a. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen Nach Wasserrahmenrichtlinie Zur Nitratreduktion in Der Landwirtschaft.; 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

<sup>11</sup> BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

<sup>12</sup> Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richner, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. <https://doi.org/10.34776/as95g.2020>.

## Gliederung des Dokuments und Aufbau der Steckbriefe

Die Einzelmassnahmen sind in acht Kategorien mit entsprechenden Unterkategorien gegliedert:

- 1 Düngung**
  - 1.1 Düngung allgemein
  - 1.2 Mineraldünger
  - 1.3 Hofdünger
- 2 Fruchtfolge**
  - 2.1 Begrünung
  - 2.2 Zwischenfrüchte
  - 2.3 Kultur- und Sortenwahl
  - 2.4 Kulturabfolge
- 3 Bodenbearbeitung**
  - 3.1 Reduzierte / zeitlich angepasste Bodenbearbeitung
  - 3.2 Saattermin / Saattiefe
- 4 Tierhaltung**
  - 4.1 Fütterung
  - 4.2 Tierdichte
  - 4.3 Haltungsbedingungen
- 5 Landnutzung**
  - 5.1 Drainage und Vernässung
  - 5.2 Bewaldung und Agroforst
- 6 Beratung und Bildung**
  - 6.1 Bildung
  - 6.2 Beratung
  - 6.3 Demo- und Tastversuche
- 7 Sonstiges**
  - 7.1 Wertschöpfungskette
  - 7.2 CN-Bilanz
  - 7.3 Geltungsbereich der Massnahmen
  - 7.4 Biolandbau
- 8 Spezialmassnahmen Gemüsebau**
  - 8.1 Erntereife und nicht marktfähige Ware
  - 8.2 Bewässerung und Fertigation
  - 8.3 Gründüngung und Ackerkulturen im Gemüse
  - 8.4 Kultur- und Sortenwahl im Gemüse

Die Steckbriefe folgen dieser Struktur:

**0.0.0 Titel der Massnahme**

<b>Fokus</b>	<b>Umsetzungsebene</b>	<b>Wirkungsebene</b>	<b>Einordnung</b>
AB = Ackerbau GB = Gemüsebau	Wer muss Massnahme umsetzen bzw. ist involviert? (Landwirt:innen, Kanton / Vollzug, Beratung)	Auf welcher Ebene wirkt die Massnahme? (Feld, Betrieb, Projektgebiet, Region)	Buchstaben-Code (A, B, C, S, Z) basierend auf Experteneinschätzungen und Diskussion im ersten Workshop (siehe auch Herangehensweise).

**Möglichkeit für Ausgestaltung**

Vorschläge zur Ausgestaltung einer Massnahme; ggf. mit konkretem Beispiel.

**Perspektive Grundwasser**

Welche Auswirkungen auf die Grundwasserqualität sind zu erwarten? Wodurch soll eine Verbesserung der Grundwasserqualität erreicht werden? Berücksichtigt werden die NO<sub>3</sub>-Auswaschung, aber auch mögliche Nebeneffekte beispielsweise auf die Sickerwasserbildung oder durch Trade-offs mit Pestizideinsatz.

**Perspektive Landwirtschaft**

Agronomische Konsequenzen und Potenziale aus der Umsetzung der Massnahme.

**Akzeptanz**

Akzeptanz durch Landwirt:innen; subjektive Einschätzung.

**Aufwand / Ablauf**

Beschreibung der Massnahme.

Aufwand bei der Umsetzung.

**Voraussetzungen / Bedingungen**

Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein?

Kombination mit anderen Massnahmen möglich, empfehlenswert oder ausgeschlossen?

**Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion**

Qualitative Abschätzung des Reduktionspotenzials (falls vorhanden quantitative Abschätzung aus Literatur).

**Erfolg, wenn...** Anhand welcher Kriterien lässt sich der Erfolg (=Reduktion der Nitratauswaschung) beurteilen? Ist die Wirkung der Massnahme quantifizierbar?

**Kommentar**

Zusätzliche Überlegungen

**Enthalten in**

In welchem/n Wasserschutzprojekte(n), insbesondere der Vergleichsgebiete, wurde die Massnahme aufgenommen?

---

**Weiterführende Information und Literatur**

CH-spezifische und internationale Fachliteratur inklusive Fallstudien und Regulatorien  
Verordnungen, Merkblätter, etc.

## Steckbriefe der Einzelmassnahmen

### 1.1.1 Anpassung der Sperrfristen für Düngerausbringung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Anpassung der Sperrfristen für (Hof-)Düngerausbringung über ein Datum oder eine Kombination von Witterungs- oder Vegetationsindices im Vergleich zu generell gültigen Regeln.

Alternative: Verbot von Düngerausbringung nach Ernte der Hauptkultur (kann auch kombiniert werden).

*Bsp. England:* Abgestufte Sperrfristen für Düngerausbringung (Tzilivakis u.a. 2020).

	Mineraldünger	Hofdünger
Ackerland	1. Sep - 15. Jan	1. Aug - 31. Dez (leichte Böden) 1. Okt - 31. Jan (schwere Böden)
Grasland	15. Sep - 15. Jan	1. Sep - 31. Dez

*Bsp. Osterburg u.a. (2007):* keine Ausbringung von Hof- und Recyclingdüngern nach Ernte der Hauptkultur. Ausnahme: Zu Zwischenfutter und Raps bis 15.9.; auf Grasland bis 30.9..

#### Perspektive Grundwasser

Vermeiden von Düngergaben ausserhalb der Wachstumszeit bzw. wenn kein Bedarf durch Kulturen vorhanden ist (insbesondere nach Ernte Hauptkultur / im Herbst) reduziert die Auswaschung.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Ausbringe- und Verbot im Herbst / Winter erfordert höhere Lagerkapazitäten und / oder Möglichkeiten zur Abgabe.
- Wenn die Befahrbarkeit im Frühjahr schlecht ist und dadurch eine bedarfsgerechte Düngung nicht mehr möglich ist, kann es evtl. zu Ertragseinbussen kommen.

**Akzeptanz:** mittel bis schlecht

#### Aufwand / Ablauf

Festlegung von Sperrfristen; diese können

- an ein bestimmtes Datum gebunden sein.
- abhängig gemacht werden von Witterungsbedingungen.
- Kombination aus a) und b).

Alternativ / zusätzlich: Verbot von Düngerausbringung nach der Ernte der Hauptkultur, unabhängig vom Datum.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Grössere Lagerkapazitäten oder Möglichkeiten zur Abgabe und / oder Aufbereitung von Hofdüngern (Vgl. Massnahme 1.3.12 Anpassung Lagerkapazitäten).

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Reduktionspotenzial der N-Fracht gemäss Osterburg u.a. (2007) (Verglichen mit Standarddüngung nach Düngeverordnung Deutschland):

5-15 kg N/ha pro Jahr bei Verlängerung Sperrfristen.

5-30 kg N/ha pro Jahr bei Verbot von Düngerausbringung nach Ernte Hauptkultur.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar, vermindert aber die Auswaschung von verfügbarem N im Winterhalbjahr.

#### Kommentar

Im Gäu gilt aktuell bereits eine verschärfte Sperrfristenregelung (Sperrfrist im Nitratprojektgebiet: 15.10. bis 15.2.; Kanton Solothurn regelt sonst lediglich, dass kein Düngeraustrag während der Vegetationsruhe zu erfolgen hat, Vgl. Merkblatt AFU Solothurn).

Innerhalb der Schweiz existieren kantonale Unterschiede.

Unterschied der alternativen Möglichkeiten für die Ausgestaltung:

- Eine festgelegte Sperrfrist (Datum oder Witterung) umfasst alle Flächen, unabhängig der angebauten Kultur. Je nach Festlegung des Datums / der Kriterien für die Sperrfrist wäre aber noch eine Düngung zur Aussaat einer Winterkultur möglich.
- Keine Düngung nach Ernte Hauptkultur verbietet die Düngung zur Aussaat einer Winterkultur. Grasland wird hingegen nicht automatisch umfasst und müsste separat geregelt werden.

### Enthalten in

Nitratprojekt Chrummenlanden (SH)  
Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE)  
Nitratprojekt Wohlenschwil (AG)  
Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)  
Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

---

### Weiterführende Information und Literatur

- AFU Solothurn. Düngung und Gewässerschutz. Einsatz von Düngern in den Wintermonaten. Merkblatt. 2021. [https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/pdf/wasser/325\\_mb\\_07\\_duenger\\_winter.pdf](https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/pdf/wasser/325_mb_07_duenger_winter.pdf)
- BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>
- LTZ Augustenberg. SchALVO-Düngung in Wasserschutzgebieten - Merkblatt Frühjahrsdüngung. Veröffentlicht online 2021. [https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents\\_E-1526118831/MLR.LEL/PB5Documents/ltz\\_ka/Arbeitsfelder/Landwirtschaft%20und%20Umwelt/Wasserschutz/Wasserschutzgebiete/Wasserschutzgebiete%20-%20D%C3%BCngung%20zur%20Hauptfrucht/Merkblatt%20zur%20Fr%C3%BChjahrsd%C3%BCngung%20in%20Wasserschutzgebieten%20%28April%202021%29.pdf](https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E-1526118831/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Landwirtschaft%20und%20Umwelt/Wasserschutz/Wasserschutzgebiete/Wasserschutzgebiete%20-%20D%C3%BCngung%20zur%20Hauptfrucht/Merkblatt%20zur%20Fr%C3%BChjahrsd%C3%BCngung%20in%20Wasserschutzgebieten%20%28April%202021%29.pdf)
- BAFU. Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft: Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Teilrevidierte Ausgabe. 2021a. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/baulicher-umweltschutz-landwirtschaft.html>
- BAFU. Nährstoffe und Verwendung von Düngern in der Landwirtschaft: Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. 2021b. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/naehrstoffe-verwendung-duengern-landwirtschaft.html>
- Delin, S., & Stenberg, M. Effects on nitrate leaching of the timing of cattle slurry application to leys. *Soil Use Manag.* 2021. <https://doi.org/10.1111/sum.12595>
- Gebert, S. Umgang mit Hof- und Recyclingdüngern während der Vegetationsruhe. Merkblatt.; 2020. <https://www.ag.ch/media/kanton-aargau/dfr/dokumente/landwirtschaft/1470062-merkblatt-14-01.pdf>
- Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)
- Tzilivakis, J., Green, A., Warner, D. J., & Lewis, K. A. Identification of Approaches and Measures in Action Programmes under Directive 91/676/EEC. Final Report: Report Prepared for Directorate-General Environment, European Commission, for Project ENV. D. 1/SER/2018/0017 by the Agriculture and Environment Research Unit (AERU). 2020. <https://circabc.europa.eu/ui/group/1c566741-ee2f-41e7-a915-7bd88bae7c03/library/9fee25c3-95d5-405f-8712-f895dc6c3229/details>
- Webb, J., Sørensen, P., Velthof, G.L., u.a. Study on Variation of Manure N Efficiency throughout Europe; 2011. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0df506b1-c2df-4561-98e3-7f86a82a35e8>

### 1.1.2 Aufteilung der Düngergaben

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Aufteilung von Düngergaben; maximale Einzelgaben abhängig von Kultur und Jahreszeit.  
Für Gemüse angepasste Werte.

*Bsp. SchALVO:* Je nach Bodentyp und Düngertyp Einzelgaben von max. 50-80 kg N/ha zulässig. Mind. 3 Wochen Abstand zwischen Einzelgaben.  
Bei Gemüse: max. 30 kg N/ha zu flachwurzelnden Kulturen.

#### Perspektive Grundwasser

Geringere Einzelgaben reduzieren Auswaschungspotenzial.  
Effizienterer Einsatz = weniger Gesamteinsatz.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Bessere Anpassung an Pflanzenbedarf.
- Effizienterer Düngeinsatz ermöglicht Düngereinsparungen.
- Erhöhter Arbeits- und Maschinenaufwand (mehrere Düngedurchgänge).
- Häufigeres Befahren / Bodenverdichtung.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Düngung wird auf mehrere Gaben aufgeteilt.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit Massnahme 1.1.15 *Einbezug Pflanzenentwicklung und angepasste Düngebedarfsermittlung* zielführend, da durch das Aufteilen spätere Düngegaben evtl. reduziert oder sogar ausgelassen werden können.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021: 0-25 % weniger als ohne Massnahme.

**Erfolg, wenn...** reduzierte Düngeraufwendung direkt quantifizierbar, insbesondere wenn spätere Gaben an tatsächlichen Bedarf (z.B. durch Pflanzenbonitur / Sensormessungen) angepasst wird.

#### Kommentar

Gängige Praxis in vielen Ackerkulturen der Schweiz, Empfehlungen in GRUD teils vorhanden.

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE) (maximale Einzelgaben zu bestimmten Kulturen)

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

LTZ Augustenberg. SchALVO-Düngung in Wasserschutzgebieten - Merkblatt Frühjahrsdüngung. Veröffentlicht online 2021. [https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents\\_E-1526118831/MLR.LEL/PB5Documents/ltz\\_ka/Arbeitsfelder/Landwirtschaft%20und%20Umwelt/Wasserschutz/Wasserschutzgebiete/Wasserschutzgebiete%20-%20D%C3%BCngung%20zur%20Hauptfrucht/Merkblatt%20zur%20Fr%C3%BChjahrsd%C3%BCngung%20in%20Wasserschutzgebieten%20%28April%202021%29.pdf](https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E-1526118831/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Landwirtschaft%20und%20Umwelt/Wasserschutz/Wasserschutzgebiete/Wasserschutzgebiete%20-%20D%C3%BCngung%20zur%20Hauptfrucht/Merkblatt%20zur%20Fr%C3%BChjahrsd%C3%BCngung%20in%20Wasserschutzgebieten%20%28April%202021%29.pdf)

Richner, W., Sinaj, S. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD).; 2017. [www.grud.ch](http://www.grud.ch) (Kapitel 8, Tabelle 26 (S. 8/35))

Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richner, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>.

### 1.1.3 Düngung ohne Sicherheitszuschläge

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Bedarfsgerechte N-Düngung nach Düngeempfehlung ohne Sicherheitszuschläge.

#### Perspektive Grundwasser

Direkte Wirkung auf Grundwasser durch Düngereinsparung.

Im Gemüsebau evtl. Risiko für Totalausfälle und Untermulchen der gesamten Kultur → erhöhte Nitratauswaschung durch Null-Entzug.

#### Perspektive Landwirtschaft

- In vielen Fällen Einsparung von Dünger ohne Ertragseinbussen.
- Aber: Ertrags- und / oder Qualitätseinbussen möglich, insbesondere im Gemüsebau.

#### Akzeptanz: mittel

#### Aufwand / Ablauf

Düngung nach Düngeempfehlung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Keine direkten Voraussetzungen.

Kombination mit 1.1.4 *Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan*.

Verbesserte Akzeptanz wenn kombiniert mit 7.1.1 *Regionale Wertschöpfung nitratreduzierender Produkte*.

Für Gemüsebau: Kombination mit 6.2.2 *Decision Support Tools (N-Expert)*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hoch.

Sicherheitszuschläge gehen in der Regel über den eigentlichen Pflanzenbedarf hinaus und sind daher als Überschüsse zu werten.

**Erfolg, wenn...** Düngereinsparung direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Grössere Relevanz im Gemüsebau als im Ackerbau. Sollte bei guter landwirtschaftlicher Praxis eigentlich selbstverständlich sein, ist aber noch nicht überall gelebte Praxis und bleibt daher wichtig.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Rather K. & Grosse-Lengerich T., 2013. Improvement of N efficiency in vegetable crops to fulfil the demands of water framework directive. [https://www.beratung-im-gartenbau.de/WRRL/pdf/2013\\_09\\_12\\_Poster\\_Nutrihort2013.pdf](https://www.beratung-im-gartenbau.de/WRRL/pdf/2013_09_12_Poster_Nutrihort2013.pdf)

Richner, W., Sinaj, S. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD); 2017. [www.grud.ch](http://www.grud.ch)

Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richner, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>.

### 1.1.4 Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan

Fokus AB / GB	Umsetzungsebene Landwirt:in	Wirkungsebene Feld	Einordnung A-Massnahme
------------------	--------------------------------	-----------------------	---------------------------

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Obligatorisches Erstellen eines parzellenspezifischen Düngeplans vor der ersten Düngerausbringung.

#### Perspektive Grundwasser

Keine direkte Wirkung aufs Grundwasser, aber Voraussetzung für andere datenabhängige Massnahmen, z.B. Düngung nach N<sub>min</sub>, korrigierte Normen (Schätzmethode), Aufteilung der Düngegaben. Durch Bewusstseinsbildung ggf. effizienterer Düngereinsatz, zielgerichteterer Einsatz von Hofdüngern und Einsparung von Mineraldünger.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Wird oft als zusätzlicher Aufwand wahrgenommen.
- Durch geeignete Tools / Apps und insbesondere wenn damit andere Nachweis- und Dokumentationspflichten abgedeckt werden, ist aber auch Arbeitserleichterung möglich.

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Landwirt:in erstellt vor der ersten Düngung einen Düngeplan.

Laufende Anpassung an Bestandesentwicklung, beispielsweise durch N<sub>min</sub>-Beprobung oder Pflanzenbonitur.

Kombination mit 6.2.1 Einzelbetriebliche Beratung und 1.1.5 Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Idealerweise über ein digitales, möglichst anwenderfreundliches Tool zur Düngeplanung. Insbesondere zur Einführung eines solchen Tools Kombination mit 6.1.1 Verbindliche Weiterbildungen zu Düngung und Gewässerschutz und / oder 6.2.1 Einzelbetriebliche Beratung.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Gemäss Osterburg u.a. (2007) Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-30 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** Düngeplanung zu Düngerreduktion führt, direkt quantifizierbar (Vergleich zu üblicher Praxis).

#### Kommentar

In GRUD und Ausbildung der Landwirt:innen bereits enthalten, aber bis jetzt kaum im Vollzug berücksichtigt, da nicht digital.

Auf Bundesebene gibt es Bestrebungen, die ebenfalls in diese Richtung zielen → Synergien nutzen.

In Zukunft durch Farm-Management- und Informationssysteme (FMIS) anwendbar ([Farm-Management- und -Informationssysteme \(FMIS\) \(admin.ch\)](#)).

Düngeplanung und Dokumentation der Düngung (Feldkalender) sind für eine ergebnisorientierte Honorierung sehr wichtig.

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

Agridea. AGRO-TECH. <https://www.agridea.ch/de/dienstleistungen/unsere-produkte/software/agro-tech/> (zuletzt abgerufen am 20.7.2022).

Agroplus. <https://agroplus.ch/de/willkommen/> (zuletzt abgerufen am 15.08.2022).

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

ISIP. Digitale Düngeempfehlungstools der Bundesländer. <https://www.isip.de/isip/servlet/isip-de/infothek/allgemeines/pflanzenbau/duengung> (zuletzt abgerufen am 20.7.2022).

Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Elektronische Nährstoffmeldung Niedersachsen (ENNI).

[https://www.duengebehoerde-niedersachsen.de/duengebehoerde/thema/693\\_ENNI\\_-\\_Elektronische\\_N%C3%A4hrstoffmeldung\\_Niedersachsen](https://www.duengebehoerde-niedersachsen.de/duengebehoerde/thema/693_ENNI_-_Elektronische_N%C3%A4hrstoffmeldung_Niedersachsen) (zuletzt abgerufen am 20.7.2022).

- Landwirtschaft Sachsen. Bilanzierungs- Und Empfehlungssystem Düngung BESyD.; 2022. <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/duengebedarfsermittlung-besyd-20619.html> (zuletzt abgerufen am 20.7.2022).
- Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)
- Richner, W., Sinaj, S. Grundlagen für Die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD).; 2017. [www.grud.ch](http://www.grud.ch)

### 1.1.5 Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Betrieb Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Digitale Düngedokumentation.

Bsp. für digitale Dokumentations-Tools: Agro-Tech (Agridea); eFeldkalender (eFeldkalender GmbH); Barto (365FarmNet).

#### Perspektive Grundwasser

Keine direkte Wirkung auf Grundwasserqualität, aber Voraussetzung für andere datenabhängige Massnahmen, z.B. Düngung nach Nmin, korrigierte Normen (Schätzmethode), Aufteilung der Düngegaben.

Durch Bewusstseinsbildung ggf. effizienterer Düngereinsatz.

Erleichterung von Kontrolle und Vollzug.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Wird oft als zusätzlicher Aufwand wahrgenommen.
- Durch geeignete Tools / Apps und insbesondere wenn damit andere Nachweis- und Dokumentationspflichten abgedeckt werden, ist Arbeitserleichterung möglich.
- Allgemein Erleichterung des Betriebs- und Düngemanagements; Aufwand und Nutzungseffizienz wird sichtbar.

#### Akzeptanz: mittel bis gut

#### Aufwand / Ablauf

Landwirt:in muss Aufwendung und Einsatz von Düngern dokumentieren und zu einem jährlichen Stichtag (z.B. 31.03. des Folgejahrs) an den Kanton übermitteln.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Digitales, möglichst anwenderfreundliches Tool, Beispiele siehe *Weiterführende Informationen und Literatur*.

Kombination mit 6.1.1 *Verbindliche Weiterbildungen zu Düngung und Gewässerschutz* und / oder 6.2.1 *Einzelbetriebliche Beratung* hilfreich, insbesondere in einer Umstellungs- und Einlernphase.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Nicht direkt quantifizierbar, aber zeigt Düngeeffizienz.

**Erfolg, wenn...** falls Düngeplanung zu Düngerreduktion führt, direkt quantifizierbar (Vergleich zu üblicher Praxis).

Dokumentation erleichtert / ermöglicht Vollzug. Effizienzsteigerung in Zusammenhang mit Bilanzierung dokumentierbar.

#### Kommentar

Für ÖLN vorgeschrieben, aber aktuell nicht digital.

Auf Bundesebene gibt es Bestrebungen, die ebenfalls in diese Richtung zielen → Synergien nutzen.

In Zukunft durch Farm-Management- und Informationssysteme (FMIS) anwendbar ([Farm-Management- und -Informationssysteme \(FMIS\) \(admin.ch\)](#)).

Düngeplanung und Dokumentation der Düngung (Feldkalender) sind für eine ergebnisorientierte Honorierung sehr wichtig.

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

365FarmNet. Barto. <https://www.barto.ch/> (zuletzt abgerufen am 20.7.2022).

Agridea. AGRO-TECH. <https://www.agridea.ch/de/dienstleistungen/unsere-produkte/software/agro-tech/> (zuletzt abgerufen am 20.7.2022).

Agroplus. <https://agroplus.ch/de/willkommen/> (zuletzt abgerufen am 15.08.2022).

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

eFeldkalender GmbH. eFeldkalender. <https://feldkalender.ch/index.php> (zuletzt abgerufen am 20.7.2022).

- Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Elektronische Nährstoffmeldung Niedersachsen (ENNI). [https://www.duengebehoerde-niedersachsen.de/duengebehoerde/thema/693\\_ENNI - Elektronische N%C3%A4hrstoffmeldung Niedersachsen](https://www.duengebehoerde-niedersachsen.de/duengebehoerde/thema/693_ENNI_-_Elektronische_N%C3%A4hrstoffmeldung_Niedersachsen) (zuletzt abgerufen am 20.7.2022).
- Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)
- Schweizerischer Bundesrat. Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung).; 2013. <https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/cc/2013/765/20210101/de/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-cc-2013-765-20210101-de-pdf-a.pdf>

### 1.1.6 Düngung nach Nmin: schlagspezifische Messung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton Landwirt:in	Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Kurz vor dem Düngungstermin wird der im Boden vorhandene mineralische Stickstoff (Nmin) in verschiedenen Tiefen gemessen (schlagspezifische Messung). Der gemessene Nmin-Wert wird vom Soll-Wert der Düngung abgezogen (= Anrechnung von Nmin). Die Düngung wird entsprechend reduziert. Bis zu welcher Tiefe der Nmin angerechnet wird, hängt von Kultur und Zeitpunkt ab.

#### Perspektive Grundwasser

Direkte Wirkung. Jedes angerechnete Kilogramm Nmin spart ein Kilogramm Dünger-N. Der umweltwirksame Überschuss wird 1:1 reduziert und steht nicht zur Auswaschung zur Verfügung.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Die Nmin-Messung stellt sicher, dass genügend N im Boden ist. Im Wesentlichen kann mit gleichen Erträgen und Qualitäten gerechnet werden. Eine geringere N-Düngung könnte theoretisch den Ertrag mindern und sollte daher auf Erfolg beobachtet werden (Überprüfung Soll-Werte).
- Nmin-Probenahme, Analytik und Anrechnung erfordern Absprachen bzw. Zusatzarbeit und Wartezeit. Diese müssen so klein und kurz wie möglich gehalten werden, um den Betriebsablauf nicht zu stören.
- Bei genügend grossen Nmin-Vorräten im Boden können Düngetermine komplett entfallen oder Dünger gespart werden. Arbeits-, Dünger- und Maschinenkosten in der Bewirtschaftung können reduziert werden.
- Über Jahre fortlaufende Nmin-Erhebung stellt sicher, dass bei einer allfälligen Abnahme der Boden-N-Gehalte und des Nmin-Vorrats die Düngung auf die neuen Gehalte angepasst wird.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Keine Änderung in Bewirtschaftung.

Landwirt:in meldet Fläche zur Nmin Beprobung; Probennahme und Laboreinlieferung durch Lohnunternehmer; Analyse und Düngeempfehlung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Lokal-regionales Interpretationswissen (Soll- oder Basiswerte).

Beprobungs- / Transport- / Analyse- / Beratungslogistik.

Beprobung und Laboranalytik mit Qualitätssicherung (z.B. Ringversuche).

Ggf. Tool für automatisierte Düngeempfehlung.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021: 25-50 % weniger als ohne Massnahme.

Reduktionspotenzial der jährlichen N-Fracht gemäss Osterburg u.a. (2007): 0-30 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** Dünger-N-Einsparung gegenüber Normdüngung direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Mit genügend Erfahrung könnte Bedarf für schlagspezifische Beprobung und Analysen langfristig stark zurückgehen, z.B. durch regionale Nmin-Kampagnen an repräsentativen Standorten (Vgl. 1.1.7 Düngung nach Nmin: Regionale Frühjahrs-Nmin Kampagne).

#### Enthalten in

Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE) (in Erprobung seit Revision 2021)

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

Argento, F. Combined digital and standard methods to optimize nitrogen (N) management and reduce N surplus in winter wheat (*T. aestivum*) production (Doctoral dissertation, ETH Zurich). 2021. <https://www.research->

- [collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/493036/20210521\\_Doctoral\\_Thesis\\_FA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/493036/20210521_Doctoral_Thesis_FA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Verfügbare Stickstoffmenge im Boden (Nmin-Wert). <https://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/225815/index.php> (zuletzt abgerufen am 6.7.2022).
- BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>
- Grossrieder, J., Ringger, C., Argento, F., Grandgirard, R., Anken, T., Liebisch, F. Standortangepasste Stickstoffdüngung: aktuelle Methoden und Erfahrungen. *Agrarforschung Schweiz*. 2022. [https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2022/07/103-113\\_Artikel\\_Ringger\\_Umwelt\\_Stickstoffduengung\\_DE.pdf](https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2022/07/103-113_Artikel_Ringger_Umwelt_Stickstoffduengung_DE.pdf)
- LTZ Augustenberg. SchALVO-Düngung in Wasserschutzgebieten - Merkblatt Frühjahrsdüngung. Veröffentlicht online 2021. [https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents\\_E-1526118831/MLR.LEL/PB5Documents/ltz\\_ka/Arbeitsfelder/Landwirtschaft%20und%20Umwelt/Wasserschutz/Wasserschutzgebiete/Wasserschutzgebiete%20-%20D%C3%BCngung%20zur%20Hauptfrucht/Merkblatt%20zur%20Fr%C3%BChjahrsd%C3%BCngung%20in%20Wasserschutzgebieten%20%28April%202021%29.pdf](https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E-1526118831/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Landwirtschaft%20und%20Umwelt/Wasserschutz/Wasserschutzgebiete/Wasserschutzgebiete%20-%20D%C3%BCngung%20zur%20Hauptfrucht/Merkblatt%20zur%20Fr%C3%BChjahrsd%C3%BCngung%20in%20Wasserschutzgebieten%20%28April%202021%29.pdf)
- Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)
- Richner, W., Sinaj, S. Grundlagen für Die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD).; 2017. [www.grud.ch](http://www.grud.ch) (Kapitel 8, S. 8/24ff)
- Wey, H., Hunkeler, D., Bischoff, W. A., & Bünemann, E. K. Field-scale monitoring of nitrate leaching in agriculture: assessment of three methods. *Environ Monit Assess*. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09605-x>
- Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richner, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>.

### 1.1.7 Düngung nach Nmin: Regionale Frühjahrs-Nmin Kampagne

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / (GB)	Kanton	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Durchführung einer regionalen Nmin Kampagne an repräsentativen Standorten im Frühjahr. Herausgeben von angepassten Düngennormen für verschiedene Bodentypen. Zeitpunkte können differenziert werden je nach Kultur.

#### Perspektive Grundwasser

Direkte Wirkung. Jedes angerechnete Kilogramm Nmin spart ein Kilogramm Dünger-N. Der umweltwirksame Überschuss wird 1:1 reduziert und steht nicht zur Auswaschung zur Verfügung. Etwas weniger spezifisch als schlagsbezogene Messungen.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Düngung wird an Messwerten der regionalen Kampagne ausgerichtet.
- Geringes Potenzial für Ertrags- oder Qualitätseinbussen (bei Unterschätzung). Sonst ähnlich schlagspezifische Nmin-Messung (1.1.6 Düngung nach Nmin: schlagspezifische Messung).
- Düngereinsparung möglich.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Keine Änderung in Bewirtschaftung.

Landwirt:in muss jahresspezifische, angepasste Düngeempfehlung einbeziehen und Düngeplanung entsprechend anpassen.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Aufbau von Beprobungs- / Transport- / Analyse- / Beratungslogistik.

Beprobung und Laboranalytik mit Qualitätssicherung (z.B. Ringversuche).

Durchführen jährlicher Frühjahrs-Nmin-Kampagnen; Auswahl geeigneter Standardflächen.

Ggf. Tool für automatisierte Düngeempfehlung.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hoch. Bei genügend grossem Erfahrungswissen für die meisten Ackerkulturen ähnlich wie schlagspezifische Messung.

**Erfolg, wenn...** Dünger-N-Einsparung gegenüber Normdüngung direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

In Deutschland ist die Nmin-Düngung nach Richtwerten in besonders nitratbelasteten Gebieten («rote Gebiete») nicht zulässig und eine schlagspezifische Messung vorgeschrieben.

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Verfügbare Stickstoffmenge im Boden (Nmin-Wert).

<https://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/225815/index.php> (zuletzt abgerufen am 6.7.2022).

LTZ Augustenberg Nitratinformationsdienst (NID). <https://ltz.landwirtschaft->

[bw.de/pb/\\_Len/Arbeitsfelder/Nitratinformationsdienst](https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/_Len/Arbeitsfelder/Nitratinformationsdienst) (zuletzt abgerufen am 20.7.2022)

### 1.1.8 Herbst-Nmin: Vollzugsinstrument

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton	Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

*Als Vollzugsinstrument:* Reduktion der Abgeltung bei erhöhten Herbst-Nmin-Werten.

*Als Anreizsystem:* Höhe der Abgeltung abhängig von Herbst-Nmin (je niedriger die Herbst-Nmin-Werte, desto höher die Ausgleichszahlungen).

#### Perspektive Grundwasser

Indirektes Unterbinden von grundwassergefährdenden Massnahmen (z.B. Herbstdüngung).

Längerfristige Trends des N-Überschusses im Gesamtgebiet erkennbar.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Bewirtschaftungsmassnahmen, die zu erhöhten Herbst-Nmin-Werten führen könnten (z.B. wendende Bodenbearbeitung, Herbstdüngung, Kulturen mit hohen Rest-Nmin-Gehalten etc) sind zu vermeiden.
- Bei ungünstigen Bedingungen oder Standorten evtl. unverschuldet hohe Nmin-Werte im Herbst.

**Akzeptanz:** **Schlecht bis mittel** (wegen hohen jährlichen Fluktuationen, wenn jedes Jahr einzeln betrachtet wird). **Gut**, wenn die Fluktuation z.B. durch mehrjährige Mittel entfernt und so Gesamtleistungen sichtbar werden.

#### Aufwand / Ablauf

Keine Änderung in Bewirtschaftung.

Landwirt:in muss / darf selbst eine N-effiziente Bewirtschaftungsweise definieren.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Aufbau von Beprobungs- / Transport- / Analyse- / Beratungslogistik.

Beprobung und Laboranalytik mit Qualitätssicherung (z.B. Ringversuche).

Durchführen jährlicher Herbst-Nmin-Kampagnen; Auswahl geeigneter Standardflächen.

Festlegen von Ausgleichzahlungen und Mechanismen; ggf. Tool zu automatisierten Auswertung der Herbst-Nmin-Daten.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Kontrollinstrument, daher Wirkung hauptsächlich indirekt und schwierig zu beziffern.

**Erfolg, wenn...** Entwicklung (5 Jahres gleitendes Mittel der) Herbst-Nmin-Werte als Proxy für Auswaschung quantifizierbar.

#### Kommentar

Kontrollinstrument. Standort- und witterungsabhängig, daher mehrjährige gleitende Mittelwerte notwendig.

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW) (als Vollzugsinstrument in der baden-württembergischen Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) geregelt)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE) (zur erfolgsbasierten Honorierung; Anreizsystem)

#### Weiterführende Information und Literatur

Finck, M., Übelhör, W. Ergebnisse aus 20 Jahren Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO). 2010.

[https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents\\_E-1265286957/MLR.LEL/PB5Documents/ltz\\_ka/Arbeitsfelder/Landwirtschaft%20und%20Umwelt/Wasserschutz/Wasserschutzgebiete/landinfo\\_ergebnisse\\_20\\_Jahre\\_Schalvo\\_finck.pdf](https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E-1265286957/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Landwirtschaft%20und%20Umwelt/Wasserschutz/Wasserschutzgebiete/landinfo_ergebnisse_20_Jahre_Schalvo_finck.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

### 1.1.9 Herbst-Nmin + Simulation zur Düngeplanung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Kanton	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Messung von Herbst-Nmin-Werten kombiniert mit Simulation ermöglicht Düngeplanung fürs nächste Jahr (inkl. Beschaffung von Düngemitteln) bereits im Winter; Anpassung des Wertes wenn Frühjahrmessungen mehr als 10 kg N/ha abweichen (sollte mit Frühjahrs-Nmin-Messung kombiniert werden).

#### Perspektive Grundwasser

Direkte Wirkung. Jedes angerechnete Kilogramm Nmin spart ein Kilogramm Dünger-N. Der umweltwirksame Überschuss wird 1:1 reduziert und steht nicht zur Auswaschung zur Verfügung.

Dient der Vorabplanung und kann Frühjahrs-Nmin nur bedingt ersetzen, da Witterungsbedingungen im Winter nur eingeschränkt vorhergesagt werden können.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Ermöglicht Düngeplanung bereits im Winter. Zusätzliche Anpassung im Frühjahr notwendig.
- Ansonsten gleich wie Frühjahrs-Nmin.

**Akzeptanz:** gut

#### Aufwand / Ablauf

Keine Änderung der Bewirtschaftung.

Landwirt:in kann Düngung bereits im Winter planen, muss aber ggf. im Frühjahr Anpassungen vornehmen.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Aufbau von Beprobungs- / Transport- / Analyse- / Beratungslogistik.

Beprobung und Laboranalytik mit Qualitätssicherung (z.B. Ringversuche).

Durchführen jährlicher Nmin-Kampagnen im Herbst; Kombination mit 1.1.6 *Düngung nach Nmin: schlagspezifische Messung* oder 1.1.7 *Düngung nach Nmin: Regionale Frühjahrs-Nmin Kampagne*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

In der Regel kombiniert mit zusätzlichen Nmin-Messungen im Frühjahr / vor der tatsächlichen Düngung; Wirkung daher basierend auf Frühjahrs-Messung (vgl. 1.1.6 *Düngung nach Nmin: schlagspezifische Messung* oder 1.1.7 *Düngung nach Nmin: Regionale Frühjahrs-Nmin Kampagne*). Herbst-Nmin + Simulation erlaubt lediglich die frühzeitige Düngeplanung durch die Landwirt:innen.

**Erfolg, wenn...** Dünger-N-Einsparung gegenüber Normdüngung direkt quantifizierbar.

Entwicklung (5-Jahres-Mittelwert) der Herbst-Nmin-Werte als Proxy für Auswaschung.

#### Kommentar

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Verfügbare Stickstoffmenge im Boden (Nmin-Wert).

<https://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/225815/index.php> (zuletzt abgerufen am 6.7.2022).

### 1.1.10 Korrigierte Normen (Düngung nach Schätzmethode)

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Einbezug von Boden, Vorfrucht, Witterung, mechanische Bodenbearbeitung und betriebsspezifische Ertragserwartung bei der N-Düngung.

#### Perspektive Grundwasser

Direkte Wirkung. Jedes angerechnete Kilogramm Nmin spart ein Kilogramm Dünger-N. Der umweltwirksame Überschuss wird 1:1 reduziert und steht nicht zur Auswaschung zur Verfügung.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Bewirtschaftung muss nicht geändert werden.
- Dokumentation notwendig: Erträge, bestenfalls inkl. N-Analyse; Berücksichtigung von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Witterung, Hofdüngergaben.
- Einsparung Dünger möglich.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Mehr Dokumentation und Planung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Idealerweise in Kombination mit 1.1.4 *Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan*, 1.1.5 *Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung* und 6.2.1 *Einzelbetriebliche Beratung*.

Für Anrechnung von erhöhter Ertragserwartung gegenüber Norm ist im Vollzug der Suisse-Bilanz ein mehrjähriger Nachweis höherer Erträge erforderlich (z.B. Lieferscheine).

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021: 25-50% weniger als ohne Massnahme.

**Erfolg, wenn...** Dünger-N-Einsparung gegenüber Normdüngung direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Düngebedarfsermittlung Deutschland (DüV) als Vergleich für mögliche Anpassungen.

Festlegen, ob der Referenzertrag aus der GRUD in Nitratprojektsgebieten überschritten werden darf bei nachgewiesener erhöhter Ertragserwartung.

#### Enthalten in

Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE) (in Erprobung seit Revision 2021)

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Grossrieder, J., Ringger, C., Argento, F., Grandgirard, R., Anken, T., Liebisch, F. Standortangepasste Stickstoffdüngung: aktuelle Methoden und Erfahrungen. *Agrarforschung Schweiz*. 2022.

[https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2022/07/103-113\\_Artikel\\_Ringger\\_Umwelt\\_Stickstoffduengung\\_DE.pdf](https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2022/07/103-113_Artikel_Ringger_Umwelt_Stickstoffduengung_DE.pdf)

LTZ Augustenberg. Merkblatt zur Ermittlung des Stickstoff-Düngebedarfs (N) für Ackerkulturen (§ 4 DüV). 2021.

[http://www.ltz-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz\\_ka/Arbeitsfelder/Pflanzenbau/D%C3%BCngung/Merkbl%C3%A4tter%20N-Berechnung/Blaues\\_Merkblatt\\_Obergrenze.pdf?attachment=true](http://www.ltz-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Pflanzenbau/D%C3%BCngung/Merkbl%C3%A4tter%20N-Berechnung/Blaues_Merkblatt_Obergrenze.pdf?attachment=true)

Richner, W., Sinaj, S. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD).; 2017.

[www.grud.ch](http://www.grud.ch) (Kapitel 8, S. 8/23ff)

### 1.1.11 Pauschale Düngerreduktion

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / (GB)?	Kanton Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Düngung um 20 % reduzieren gegenüber dem ermittelten Bedarf bzw. gegenüber der Norm (Pauschalreduktion).

#### Perspektive Grundwasser

Direkte Wirkung, effektive Reduktion der N-Inputs.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Ertrags- und Qualitätseinbussen möglich.
- Einsparung Düngemittel.

#### Akzeptanz: **schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Ermitteln des Düngedarfs; tatsächliche Düngung dann unter dem ermittelten Bedarf.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 1.1.4 *Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021: 25-50% weniger als ohne Massnahme.

**Erfolg, wenn...** Dünger-N-Einsparung gegenüber Normdüngung direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Durch korrigierte Normen und Düngung nach Frühjahrs-Nmin kann oft auch eine Reduktion von bis zu 20 % gegenüber Normdüngung erreicht werden. Daher im Vergleich zur heutigen Praxis vermutlich keine signifikanten Ertragseinbussen. Im Gemüsebau ist Gefahr für Totalausfälle wegen nicht marktfähiger Ware zu prüfen. Düngeverordnung (DüV) Deutschland: In «roten Gebieten» muss ermittelter Düngedarf um 20% reduziert werden.

#### Enthalten in

Deutschlandweit in «roten Nitratgebieten»

#### Weiterführende Information und Literatur

- BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>
- Bundesministerium für Justiz. Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngeverordnung); 2017. [https://www.gesetze-im-internet.de/d\\_v\\_2017/D%C3%BCV.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/D%C3%BCV.pdf)
- Maltas, A., Charles, R., Pellet, D., u.a. Evaluation zweier Methoden für eine optimale Stickstoffdüngung im Ackerbau. *Agrarforschung Schweiz*. 2015. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2015/03/evaluation-zweier-methoden-fuer-eine-optimale-stickstoffduengung-im-ackerbau/#links>
- Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_external/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_external/bitv/dk038383.pdf)

### 1.1.12 Schlagspezifische N-Obergrenze, "N-Quota"

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Jährliche Obergrenze für die Nges Ausbringung.

*Bsp. EU-Nitratrictlinie:* In nitratbelasteten Gebieten dürfen maximal 170 kg Nges/ha (schlagspezifisch) in Form von organischen / mineralisch-organischen Düngern ausgebracht werden. Reine Mineraldünger sind von dieser Regelung ausgenommen.

#### Perspektive Grundwasser

Je nach gewähltem Wert wird der Anbau besonders N-intensiver / auswaschungsgefährdeter Kulturen indirekt unterbunden.

Reduktion der Gesamtüberschüsse.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Einzelne Fruchtfolge-Kombinationen nicht mehr möglich oder nur noch mit reduzierter Intensität.
- Je nach Ausgestaltung Gemüsebau nicht mehr oder nur noch sehr eingeschränkt möglich.
- Indirekte Förderung effizienzsteigernder Massnahmen beim Einsatz von Hofdüngern.
- Insgesamt werden Hofdünger jedoch weniger attraktiv, wenn Nges angerechnet wird für Obergrenze.

#### Akzeptanz: mittel bis schlecht

#### Aufwand / Ablauf:

Kanton legt Wert für die Obergrenze fest; Fruchtfolge und Düngeplanung muss entsprechend angepasst werden; Kontrolle und Vollzug über Feldkalender.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 1.1.4 *Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan* und 1.1.5 *Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel bis hoch. Hängt von Festlegung der Obergrenze ab.

**Erfolg, wenn...** reduzierter Düngereinsatz direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Die Ausnahme von Mineraldüngern (siehe Beispiel EU-Nitratrictlinie) regelt hauptsächlich die gleichmässige Verteilung von anfallenden Hofdüngern. Für Nitratprojektgebiete besser N-Obergrenze für jegliche N-Inputs definieren.

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

European Commission. The Nitrates Directive.; 1991. [https://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/index\\_en.html](https://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/index_en.html) (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

**1.1.13 Betriebliche N-Bilanz**

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton Landwirt:in	Betrieb	B-Massnahme

**Möglichkeit für Ausgestaltung**

Berechnung einer Hoftorbilanz oder Oberflächen(dünge)bilanz; kann als Vollzugsinstrument verwendet werden.

*Bsp. Ressourcenprojekt einzelbetriebliche N-Effizienz Zürich:* Nutzt Hoftorbilanz als Kontrollinstrument für wirkungsabhängige Ausgleichszahlungen.

**Perspektive Grundwasser**

Zeigt betriebliche N-Effizienz und fördert indirekt einen effizienteren Düngereinsatz.

**Perspektive Landwirtschaft**

- Zusätzlicher Arbeitsaufwand.

**Akzeptanz: mittel****Aufwand / Ablauf**

Je nach Bilanz etwas andere Daten notwendig.

**Voraussetzungen / Bedingungen**

Ertrags- und Produktionsdaten.

Kombination mit 1.1.4 *Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan* und 1.1.5 *Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung*.

**Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion**

Zeigt Effizienzsteigerung und Düngeaufwand; fördert indirekt effizientere Bewirtschaftung durch Bewusstseinsbildung.

**Erfolg, wenn...** zeigt Verbesserung gegenüber Norm/Vergangenheit.

**Kommentar**

Hoftorbilanz nutzt keine parzellenscharfen Düngeinformationen und sieht keine betriebseigenen Hofdünger; Kombination mit parzellenscharfen Massnahmen empfohlen.

Alternative: Oberflächen(dünge)bilanz; diese kann auch flächenspezifisch angewendet werden.

**Enthalten in**

-

**Weiterführende Information und Literatur**

Agrofutura. Umsetzung Ressourcenprojekt N-Effizienz ZH 2018-2025. Veröffentlicht 2018.

<https://www.agrofutura.ch/projektereferenzen/umsetzung-ressourcenprojekt-n-effizienz-zh-2018-2025> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Bundesministerium für Justiz. Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen (StoffBilV).; 2017. <https://www.gesetze-im-internet.de/stoffbilv/StoffBilV.pdf>

Liebisch, F., Spiess, E., Epper, C., Mayer, J. Nährstoffbilanzierung - Zwischen effizienter Düngepraxis und Umweltmonitoring. Präsentiert an: Nachhaltigkeitstagung Agroscope. 2021.

[https://www.agroscope.admin.ch/dam/agroscope/de/dokumente/aktuell/Veranstaltungen/a-nachhaltigkeitstagung/2021/03-liebisch.pdf.download.pdf/3\\_Liebisch\\_N%C3%A4hrstoffbilanzen\\_NHT\\_2021.pdf](https://www.agroscope.admin.ch/dam/agroscope/de/dokumente/aktuell/Veranstaltungen/a-nachhaltigkeitstagung/2021/03-liebisch.pdf.download.pdf/3_Liebisch_N%C3%A4hrstoffbilanzen_NHT_2021.pdf)

### 1.1.14 Kulturspezifische Anpassung Düngernorm

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / (GB)?	Landwirt:in	Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Kulturspezifische Vorgaben für Düngeanpassung.

Bsp.: Weizen: keine dritte N-Gabe.

Mais: keine Unterfussdüngung.

Kunstwiese: keine Düngung nach letztem Schnitt, keine Düngung nach dem Frühjahrsschnitt im letzten Hauptnutzungsjahr oder Begrenzung Schnittnutzung.

#### Perspektive Grundwasser

Massnahme mit direkter Wirkung; Reduktion Düngermenge.

Wirkung bei Kunstwiese unklar, da Leguminosen ausbleibende Düngung teilweise kompensieren können.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Die vorgeschlagenen Massnahmen sollten nach heutigem Wissensstand den Ertrag nicht negativ beeinflussen.
  - Wenn Kunstwiese im letzten Jahr nicht gedüngt wird, Ertragseinbussen möglich (Leguminosen können teilweise kompensieren).  
Auswirkung auf Futterqualität (Proteingehalt) möglich.
  - Allenfalls kann Proteingehalt / Backqualität von Weizen beeinträchtigt werden → Kombination mit Massnahme 7.1.1 Regionale Wertschöpfung nitratreduzierender Produkte bzw. 7.1.2 Alternative Vertriebszweige für Getreide, das Backqualität nicht erreicht
- Einsparung von Dünger und Düngedurchgängen spart Kosten und Arbeitszeit.
- Evtl. Lagerengpässe für Hofdüngern wenn Kunstwiese im letzten Jahr nicht mehr gedüngt werden darf.

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Kein Zusatzaufwand. Auslassen von Düngegaben bzw. Reduktion der Düngemenge spart Arbeit und Dünger.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 1.1.2 Aufteilung der Düngergaben und 7.1.1 Regionale Wertschöpfung nitratreduzierender Produkte bzw. 7.1.2 Alternative Vertriebszweige für Getreide, das Backqualität nicht erreicht.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-10 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** Einsparung Dünger direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Versuchsergebnisse und Praxisbeobachtungen auf Wirtschaftsgrünland. <https://www.lfl.bayern.de/iab/gruenland/031978/index.php> (zuletzt abgerufen am 20.7.2022).

Kayser, M., Benke, M., & Isselstein, J. Little fertilizer response but high N loss risk of maize on a productive organic-sandy soil. *Agron Sustain Dev.* 2011. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0046-9>

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Wrobel, M., Peters, J., Weidner, H., Wendel, S. Landwirtschaft und Grundwasserschutz in den Gebieten Hohenthann, Pfeffenhausen und Rottenburg a.d. Laaber - Abschlussbericht Projektphase I (2014 - 2018). Bayerisches Landesamt für Umwelt; 2019.

[https://www.lfu.bayern.de/wasser/gw\\_gefaehrung\\_schutz/gwschutz\\_landwirtschaft/projekte\\_hohenthann/index.htm#phaseii](https://www.lfu.bayern.de/wasser/gw_gefaehrung_schutz/gwschutz_landwirtschaft/projekte_hohenthann/index.htm#phaseii)

**1.1.15 Einbezug Pflanzenentwicklung und angepasste Düngebedarfsermittlung**

<b>Fokus</b> AB / GB	<b>Umsetzungsebene</b> Landwirt:in	<b>Wirkungsebene</b> Feld	<b>Einordnung</b> B-Massnahme
-------------------------	---------------------------------------	------------------------------	----------------------------------

**Möglichkeit für Ausgestaltung**

Anpassung der 2. bzw. 3. Düngung basierend auf Pflanzenentwicklung.  
Kulturbegleitendes Nmin-Sollwert-System (KNS-Methode) für Gemüsebau.

**Perspektive Grundwasser**

Reduktion von Düngermengen durch bedarfsgerechteren Einsatz.  
Indirekter Einbezug von Witterung, Humusgehalt, Vorfrucht, Hofdüngernachwirkung.

**Perspektive Landwirtschaft**

- Zusätzlicher Arbeitsaufwand (Beprobung, andere Tools) und Neuberechnung der Düngung.
- Möglichkeit zur Einsparung von Düngemitteln ohne negativen Einfluss auf Ertrag.

**Akzeptanz: gut bis mittel****Aufwand / Ablauf**

Bestimmung N-Aufnahme im Bestand durch Chlorophyllmessungen (SPAD), Nitrat-Schnelltest, Yara-N-Tester, Nitratckek und / oder Düngefenster.

Bei Raps: N-Aufnahme im Rapsbestand im Herbst durch Auswiegen der Pflanzen auf 1m<sup>2</sup> schätzen.  
Neuberechnung des Düngebedarfs für Folgedüngung.

**Voraussetzungen / Bedingungen**

Kombination mit 1.1.2 *Aufteilung der Düngergaben*.

Integration in 1.1.16 *Teilflächenspezifische Düngung (unter Einbeziehung des aktuellen Boden- / Pflanzenzustandes)* möglich.

**Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion**

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-20 kg N/ha.

Wirkung hoch bei milden Wintern, langjährigem Wirtschaftsdüngereinsatz.

Wirkung gering bei Jahren mit durchschnittlichem Witterungsverlauf. Nicht geeignet im Grasland.

**Erfolg, wenn...** Einsparung Dünger direkt quantifizierbar.

**Kommentar**

Im Ausland teils sehr gut erforscht, laut Zemek u.a. 2020 ist KNS-System in der Schweiz jedoch noch nicht im Einsatz.

Teilweise implementiert in N-Expert.

**Enthalten in**

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

**Weiterführende Information und Literatur**

Grossrieder, J., Ringger, C., Argento, F., Grandgirard, R., Anken, T., Liebisch, F. Standortangepasste Stickstoffdüngung: aktuelle Methoden und Erfahrungen. *Agrarforschung Schweiz*. 2022. [https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2022/07/103-113\\_Artikel\\_Ringger\\_Umwelt\\_Stickstoffduengung\\_DE.pdf](https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2022/07/103-113_Artikel_Ringger_Umwelt_Stickstoffduengung_DE.pdf)

Holsten, B., Ochsner, S., Schäfer, A., Trepel, M. Praxisleitfaden für Massnahmen zur Reduzierung von Nährstoffausträgen aus dränierten landwirtschaftlichen Flächen mit einer Regionalisierung für Schleswig-Holstein.;2012.

<https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/13236/8939972139fb4ba6ce957a37f2ae030b/praxisleitfaden-data.pdf>

Hortipendium. Stickstoffdüngung nach den N-Sollwert-Systemen – Nmin, KNS und N-Expert.

[http://www.hortipendium.de/Stickstoffdu%C3%BCngung\\_nach\\_den\\_N-Sollwert-Systemen\\_-\\_Nmin,\\_KNS\\_und\\_N-Expert](http://www.hortipendium.de/Stickstoffdu%C3%BCngung_nach_den_N-Sollwert-Systemen_-_Nmin,_KNS_und_N-Expert) (zuletzt abgerufen am 20.7.2022).

Krug, H., Liebig, H.P., Stützel, H. Gemüseproduktion. Ulmer; 2002.

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. Nachweisprotokoll für einen N-Düngezu- und abschlag aufgrund nachträglich eintretender Umstände nach § 3, Abs. 3 Düngeverordnung für Winterraps über die

Frischmassemethode (2021).

[https://www.lksh.de/fileadmin/PDFs/Landwirtschaft/Duengung/Nachweisprotokoll\\_Frischmasse\\_Raps.pdf](https://www.lksh.de/fileadmin/PDFs/Landwirtschaft/Duengung/Nachweisprotokoll_Frischmasse_Raps.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richer, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>.

**1.1.16 Teilflächenspezifische Düngung (unter Einbeziehung des aktuellen Boden-/Pflanzenzustandes)**

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	C-Massnahme

**Möglichkeit für Ausgestaltung**

Sensorgestützte (oder kartengestützte) Düngung.

**Perspektive Grundwasser**

Anpassung der Düngung an Ertragspotenzial und aktuellen Pflanzenbewuchs inklusive Heterogenität innerhalb der Parzelle kann Effizienz steigern und Überschüsse reduzieren.

**Perspektive Landwirtschaft**

- Optimaler Düngereinsatz bei gleichbleibendem Ertrag.
- Abhängigkeit von Technikverfügbarkeit und / oder Lohnunternehmer.

**Akzeptanz: gut bis mittel****Aufwand / Ablauf**

Einsatz von sensorgestützten Düngesystemen und GPS basierten Ausbringverfahren.

**Voraussetzungen / Bedingungen**

Verfügbarkeit GPS; teilflächenspezifische Düngeausbringung.

**Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion**

Wirkung vor allem bei heterogenen Bodenverhältnissen.

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-20 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** Ausgleich von Heterogenitäten in der Nährstoffverfügbarkeit von Flächen; Steigerung der N-Effizienz.

**Kommentar**

Flächen im Gäu evtl. zu klein für effizienten Einsatz; könnte evtl. mit Maschinenring oder über Lohnunternehmer eingeführt werden.

**Enthalten in**

-

**Weiterführende Information und Literatur**

Argento, F., Anken, T., Abt, F., Vogelsanger, E., Walter, A., & Liebisch, F. Site-specific nitrogen management in winter wheat supported by low-altitude remote sensing and soil data. *Precis Agric.* 2021.

<https://doi.org/10.1007/s11119-020-09733-3>

Argento, F., Liebisch, F., Simmler, M., Ringger, C., Hatt, M., Walter, A., & Anken, T. Linking soil N dynamics and plant N uptake by means of sensor support. *Eur J Agron.* 2022. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126462>

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

**1.1.17 Düngezusätze / Inhibitoren**

<b>Fokus</b> AB / GB	<b>Umsetzungsebene</b> Landwirt:in	<b>Wirkungsebene</b> Feld	<b>Einordnung</b> C-Massnahme
-------------------------	---------------------------------------	------------------------------	----------------------------------

**Möglichkeit für Ausgestaltung**

Nitrifikationsinhibitoren (z.B. Entec, Piadin, Vizura) bzw. Langzeitdünger.

**Perspektive Grundwasser**

Verbesserte Synchronisation von Nitratfreisetzung und N-Aufnahme durch die Pflanze.

Erhöht N-Effizienz und reduziert Auswaschung (sollte mit Düngerreduktion einhergehen).

Geringeres Auswaschungspotenzial bei (lang anhaltendem) Starkregen, insbesondere im Frühjahr / 1. Düngungstermin.

Aber: Nitrifikationsinhibitoren könnten ebenfalls ins Grundwasser gelangen und Effekte auf Nicht-Zielorganismen haben.

Tendenz zu höheren Düngergaben durch Betriebe, da weniger Einzelgaben und dadurch geringere Flexibilität auf tatsächliche Kulturentwicklung zu reagieren.

**Perspektive Landwirtschaft**

- Ertragsstabilisierend.
- Grösstes Reduktionspotenzial für die Nitratauswaschung bei gleich bleibenden Erträgen wenn gleichzeitig Dünger-N-Inputs reduziert werden.
- Evtl. höhere Einzelgaben zulässig; Reduktion von Überfahrten (relevant insbesondere in Kombination mit 1.1.2 Aufteilung der Düngergaben).
- Höhere Kosten, können evtl. abgedeckt werden durch geringeren Düngereinsatz.
- Risiko von zu später Freisetzung bei umhüllten / schlecht löslichen Düngern.

**Akzeptanz: gut****Aufwand / Ablauf**

Düngung mit Entec bzw. Zugabe von Piadin / Vizura / o.ä. zu Gülle.

Insbesondere im Gemüsebau verschiedene andere stabilisierte Dünger (z.B. harzumhüllt) möglich.

**Voraussetzungen / Bedingungen**

Keine.

**Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion**

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-20 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** Reduktion Düngereinsatz quantifizierbar.

**Kommentar**

Internationale Studien zeigen Reduktion von N-Verlusten bei gleich bleibendem Ertrag, wenn N-Dosis gegenüber Normdüngung ohne Nitrifikationsinhibitor reduziert wird.

In CH: Preisförderung von Nitrifikationsinhibitoren durch Stiftung Klimaschutz und CO<sub>2</sub>-Kompensation KliK.

In Deutschland: Höhere Einzelgaben erlaubt beim Einsatz stabilisierter N-Dünger.

**Enthalten in**

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

**Weiterführende Information und Literatur**

BAFU. Programm zur Reduktion von Lachgas-Emissionen in der Schweizer Landwirtschaft - Ammonium-Stabilisierter Mineraldünger ENTEC26; 2017.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/verminderungsmassnahmen/kompensation/inland/registrierte-projekte/8-1.html> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

Hauert. Langzeitdünger: die verschiedenen Formen und Wirkmechanismen. <https://www.hauert.com/ch-de/angebot/unternehmen/ratgeber/detail/langzeitduengeformen> (zuletzt abgerufen am 20.7.2022).

Hu Y., Schraml M., Von Tucher S., Li F., Schmidhalter U.. Influence of nitrification inhibitors on yields of arable crops: A meta-analysis of recent studies in Germany. Int J Plant Prod. 2014.

- Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)
- Rose, T.J., Wood, R., Rose, M.T., Van Zwieten, L. A re-evaluation of the agronomic effectiveness of the nitrification inhibitors DCD and DMPP and the urease inhibitor NBPT. *Agric Ecosyst Environ.* 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880917304541>
- Rowlings D.W., Scheer C., Liu S., Grace P.R.. Annual nitrogen dynamics and urea fertilizer recoveries from a dairy pasture using 15N; effect of nitrification inhibitor DMPP and reduced application rates. *Agric Ecosyst Environ.* 2016. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.025>
- Stiftung Klimaschutz und CO<sub>2</sub>-Kompensation KliK. Durch Düngierzusatzstoffe wird die Nitrifikation des Stickstoffs im Boden und die Emissionen von Lachgas vermindert. 2016. <https://www.klik.ch/aktivitaeten/plattform-landwirtschaft?fsid=231> (zuletzt aufgerufen am 4.1.2023)
- Yang M., Fang Y., Sun D., Shi Y.. Efficiency of two nitrification inhibitors (dicyandiamide and 3, 4-dimethylpyrazole phosphate) on soil nitrogen transformations and plant productivity: a meta-analysis. *Sci Rep.* 2016. <https://doi.org/10.1038/srep22075>
- Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richer, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science.* 2020. <https://doi.org/10.34776/as95q>

### 1.2.1 Applikationstechnik: Platzierte Düngung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Platzierte Düngung: Ausbringung der Dünger nahe an oder unter der Pflanzreihe (Unterfussdüngung).

#### Perspektive Grundwasser

Reduktion der gedüngten Fläche, zu der die (jungen) Pflanzen ohnehin nur beschränkt Zugang haben; Reduktion von Überschüssen.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Einsparung von Dünger, insbesondere bei der Startdüngung.
- Andere Mechanisierung notwendig.
- Evtl. verringertes Wurzelwachstum.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Andere Arbeitsabläufe und –maschinen notwendig; alternative Düngerprodukte (Düngeband etc.).

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Know-How und Fuhrpark (Maschinen / Geräte). Effektiv vor allem bei Verwendung stabilisierter oder Ammonium-basierter Stickstoffdünger (vgl. CULTAN-Verfahren).

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hängt von Reihenabstand und Düngestrategie ab. Erfahrungswert: 20-50% Düngereinsparung bei der ersten Düngung möglich.

**Erfolg, wenn...** Einsparung von Dünger direkt quantifizierbar. Oft als verbesserter Ertrag oder bessere Stickstoffausnutzung nachweisbar (gleiche oder niedrigere Düngung).

#### Kommentar

Wurde im NitroGäu-Gemüseteil getestet. Sollte weiter untersucht werden.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Krug, H., Liebig, H.P., Stützel, H. Gemüseproduktion. Ulmer; 2002.

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richer, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>

## 1.2.2 Applikationstechnik: CULTAN

Fokus AB / GB	Umsetzungsebene Landwirt:in	Wirkungsebene Feld	Einordnung B-Massnahme
------------------	--------------------------------	-----------------------	---------------------------

### Möglichkeit für Ausgestaltung

CULTAN: Injektion von flüssigen Ammoniumdüngern (z.B. Ammoniumsulfat-Lösung) meist zur oder kurz nach der Saat im Frühjahr; im Getreide als erste Düngeapplikation.

### Perspektive Grundwasser

Ammonium in Depots durch hohe Ammoniumkonzentration stabilisiert (Umwandlung zu Nitrat verlangsamt) → Schutz vor Auswaschung.

ABER: auf schweren Böden Wirksamkeit geringer.

Bei hohen Niederschlägen nach Ausbringung könnte Auswaschungsgefahr erhöht sein durch grosse Einzelgabe.

### Perspektive Landwirtschaft

- Abhängigkeit von Lohnunternehmer für Düngerausbringung.
- Weniger Überfahrten, da grössere Düngermenge aufs Mal als Depot ausgebracht wird.

### Akzeptanz: gut bis mittel

### Aufwand / Ablauf

Im Frühjahr wird Ammonium-Düngerlösung injiziert.

### Voraussetzungen / Bedingungen

Technikverfügbarkeit (über Lohnunternehmer).

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

10-30 % in Rotation Raps - Winterweizen - Sommer(brau)gerste (Hohenlohe) (Bischoff, 2007).

20 % im Mais, aber negativer Effekt bei Kartoffel (Breisgau) (Schwarz u.a., 2013).

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-20 kg N/ha verglichen mit nicht stabilisierten Mineraldüngern.

**Erfolg, wenn...** Gesamtdüngung reduziert oder Mehrertrag.

### Kommentar

Wirksamkeit im Gäu ungewiss (schwere Böden und hohe Niederschläge).

Flisch u.a. 2013: Abbau von Ammoniumdepot über wenige Wochen; empfehlen eher mehrere Einzelgaben mit Möglichkeit zur Anpassung der Menge. Aktuelle Lysimeterstudien bei Agroscope untersuchen diesen Sachverhalt im Detail und bestätigen die Vorbehalte in Bezug auf die Auswaschung bisher nicht (Liebisch u.a. unveröffentlicht, Publikation in Arbeit, für 2023 geplant).

### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

### Weiterführende Information und Literatur

Bischoff, W.-A. Vergleichende Prüfung von CULTAN-Düngung und konventioneller N-Düngung im Main Tauber-Kreis, Endbericht zum Forschungsprojekt für das Regierungspräsidium Stuttgart. 2007.

<https://www.terraquat.com/downloads/EndberichtWZG03bis07.pdf>

Flisch, R., Zihlmann, U., Briner, P., Richner, W. Das CULTAN-Verfahren im Eignungstest für den schweizerischen Ackerbau. *Agrarforschung Schweiz*. 2013. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2013/01/das-cultan-verfahren-im-eignungstest-fuer-den-schweizerischen-ackerbau/#links>

Schwarz, A., Bischoff, W.A., Maier, J., Müller-Sämann, K. CULTAN-Düngung und -Grundwasserschutz. Kann die Nitratauswaschung durch CULTAN-Düngung reduziert werden? 2011. <https://gwf-wasser.de/produkt/cultan-duengung-und-grundwasserschutz/> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

Köhler, S., Bischoff, W.A., Liebig, H.P. CULTAN-Düngung - Ein Beitrag zum Grundwasserschutz durch Verringerung des Nitrataustrages. In: Anbauverfahren Mit N-Injektion (CULTAN) Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen.; 2001. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/zi029424.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/zi029424.pdf)

Schwarz, A.; Bischoff, W.-A.; Maier, J.; Müller-Sämann, K.: CULTAN-Düngung und Grundwasserschutz – Kann die Nitratauswaschung durch CULTAN-Düngung reduziert werden?; Berichte der DBG (nicht begutachtete online-

- Publikation) zur Jahrestagung "Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung", September 2013, Rostock, <https://eprints.dbges.de/id/eprint/923>.
- Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)
- Walter, E.E. Die CULTANdüngung - Eine weitere Massnahme zur Grundwassersanierung der Wasserversorgung Grünbachgruppe - Mehrjährige Erfahrungen. In: Anbauverfahren Mit N-Injektion (CULTAN) Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen.; 2001. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/zi029424.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/zi029424.pdf)
- Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richer, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>

### 1.2.3 Applikationstechnik: Parallelfahrssysteme

Fokus AB / (GB)?	Umsetzungsebene Landwirt:in	Wirkungsebene Feld	Einordnung C-Massnahme
---------------------	--------------------------------	-----------------------	---------------------------

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Parallelfahrssysteme, um Überlappungsbereich bei der Düngung zu reduzieren.

#### Perspektive Grundwasser

Reduktion des Überlappungsbereichs der Düngerausbringung.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Investition in Mechanisierung.
- Evtl. Einsparung von Düngern und gleichmässiger Bestände.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Investition in Parallelfahrssystem.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

GPS und Parallelfahrssystem.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hängt vom Überlappungsbereich unter aktueller Praxis ab.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar; vermiedene Überlappung verhindert lokale Überschüsse.

#### Kommentar

Unklar wie gross der Überlappungsbereich aktuell ist, laut Literatur bis zu 20%.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Agrofutura. Umsetzung Ressourcenprojekt N-Effizienz ZH 2018-2025. 2018.

<https://www.agrofutura.ch/projektreferenzen/umsetzung-ressourcenprojekt-n-effizienz-zh-2018-2025> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

Heege, H. J. Precision in guidance of farm machinery. In Precision in Crop Farming (pp. 35-50). Springer, Dordrecht. 2013. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-6760-7\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-6760-7_4)

Kaivosoja, J., & Linkolehto, R. Spatial overlapping in crop farming works. Agronomy Research, 14(1), 41-53. 2016. <https://core.ac.uk/download/pdf/52287339.pdf>

Kipriyanov, F. A., Shemnyakov, D. V., Savinykh, P. A., & Smelik, V. A.. Application of precision farming technologies for chemical protection of grain crops. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 937, No. 3, p. 032083). IOP Publishing. 2021. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/937/3/032083/meta>

### 1.2.4 Applikationstechnik: Exaktstreutechnik

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Exaktstreuer für Mineraldüngung bzw. Wartung und Unterhalt bestehender Streuer.

#### Perspektive Grundwasser

Gleichmässige und präzise Verteilung verhindert lokale Bereiche mit Überschüssen bzw. generelle Überschüsse.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Gleichmässigerer Verteilung erhöht N-Ausnutzung und ggf. Ertrag.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Investition in Düngerstreuer / Wartung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Keine.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-10 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** nur durch Tests quantifizierbar (Streutests siehe Hersteller).

#### Kommentar

Streufehler durch Wartungsmangel wird generell unterschätzt; geringes Bewusstsein dafür.

#### Enthalten in

-

---

#### Weiterführende Information und Literatur

DLG. Einsatz von Mineraldüngerstreuern. Merkblatt 445. 2019.

[https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt\\_445.pdf](https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_445.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

### 1.2.5 Verzicht / Beschränkung Mineraldüngereinsatz

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Keine Ausbringung von Mineraldünger auf Acker- und Graslandflächen.

Kann auch in abgeschwächter Variante umgesetzt werden, z.B. als Beschränkung für viehreiche Betriebe mit Tierdichte über einem festzulegenden Grenzwert.

#### Perspektive Grundwasser

Verzicht auf Mineraldünger kann Gesamt-N-Input reduzieren, wenn gleichzeitig Zufuhr von (gebietsfremden) Hofdüngern unterbunden wird. Extensivierung, ähnlich Biolandbau «light».

#### Perspektive Landwirtschaft

- Fokus auf Hof- und Recyclingdünger; fördert deren effizienteren Einsatz und reduziert «Entsorgungsprobleme», da die Nachfrage nach diesen steigt.
- Es ist schwieriger Hofdünger bedarfsgerecht auszubringen als Mineraldünger.
- Ertrags- und / oder Qualitätseinbussen möglich.
- Setzt evtl. «falsche» Anreize für höhere Tierzahlen.
- Fördert indirekt Umstellung auf Biolandbau, da dort ohnehin keine Mineraldünger eingesetzt werden dürfen.

**Akzeptanz: schlecht (hängt von Betriebstyp ab, besonderes schlechte Akzeptanz bei viehlosen Betrieben)**

#### Aufwand / Ablauf

Ausschliesslich organische Düngung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 1.3.13 *Verbot / Beschränkung von Hofdüngerimport aus anderen Gebieten*, um eine Gegenkompensation mit gebietsfremdem Hofdünger zu unterbinden und stattdessen eine gleichmässige Verteilung der im Gebiet vorhandenen Hofdünger zu unterstützen.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021: 0-25% bis 25-50% (je nachdem ob viehhaltend oder viehlos).

**Erfolg, wenn...** weniger Nges ausgebracht wird.

**Kommentar** Gäu hat im Schnitt eine relativ geringe Viehdichte (1.1 GVE); Massnahme nur sinnvoll, wenn vorhandene Hofdünger im Gebiet gleichmässig verteilt werden; (Netto-)Zufuhr von Hofdüngern aus anderen Gebieten im Gäu aktuell wahrscheinlich, aber nicht genau bezifferbar.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

### 1.3.1 Anrechnung von Hof- und Recyclingdüngern im Ausbringungsjahr

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton	Betrieb Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Höhere Anrechnung von Hofdünger- bzw. Recyclingdünger-N im Ausbringungsjahr.

#### Perspektive Grundwasser

Möglicherweise günstiger Kaskadeneffekt: Höhere Anrechnung motiviert Landwirt:innen zu effizienterem Einsatz bzw. zwingt zu Abgabe, geringerer Tierdichte und / oder weniger ergänzendem Mineraldüngereinsatz.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Ähnliche Folgen wie 1.1.12 Schlagspezifische N-Obergrenze, "N-Quota".
- Ggf. zu geringer verfügbarer N, falls die aktuellen Ertragserwartungen realistisch sind. (Annahme, dass in der aktuellen Praxis häufig eine zu hohe Ertragserwartung bei der Bemessung der Düngermenge zugrunde gelegt wird.)
- Hofdünger werden weniger attraktiv gegenüber Mineraldüngern; möglicherweise erschwerte Abgabe.

#### Akzeptanz: **schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Verwaltung legt höhere Anrechnung von organischen Düngern fest.

Landwirt:innen müssen Düngung anpassen.

Evtl. mehr Abgabe / Transport von überschüssigem Hofdünger notwendig.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 1.1.4 Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan und 1.1.5 Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel bis hoch.

**Erfolg, wenn...** direkt quantifizierbar bei ansonsten gleicher Düngennorm.

#### Kommentar

In Deutschland wurde die Mindestanrechnung mit Novellierung Düngeverordnung 2020 um 10 % erhöht auf 60 % Nges für Rindergülle und 70 % Nges für Schweinegülle und flüssige Gärreste (für Grasland gelten bis 2025 noch die tieferen Werte von 50 % für Rindergülle und 60 % für Schweinegülle). Bei einigen Kooperationen in Wasserschutzgebieten in Südhessen werden schon seit Jahren im ersten Jahr 80 % und im zweiten Jahr 20 % des Hofdünger-Gesamt-N auf die Düngeempfehlung angerechnet.

Anpassung sollte stufenweise erfolgen. Ein erfolgreiches Beispiel hierzu ist in Dänemark zu finden (siehe Christel 2022).

Anpassung des Anrechnungsgrads von Hofdüngern in Suisse-Bilanz aktuell in Bearbeitung bei Agroscope / BLW.

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

Bundesministerium für Justiz. Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten Und Pflanzenhilfsmitteln (Düngeverordnung).; 2017. [https://www.gesetze-im-internet.de/d\\_v\\_2017/D%C3%BCV.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/D%C3%BCV.pdf)

Christel, W. Regulatory framework in Denmark – Successes & challenges of the Danish fertilization reports. Presentation at "Expert Workshop: potential N recovery of manure" Agroscope, 6.5.2022

Ministry of Environment and Food in Denmark. Overview of the Danish regulation of nutrients in agriculture & the Danish Nitrate Action Programme. 2017. <https://eng.mst.dk/media/186211/overview-of-the-danish-regulation-of-nutrients-in-agriculture-the-danish-nitrates-action-programme.pdf>

Webb, J., Sørensen, P., Velthof, G.L., u.a. Study on Variation of Manure N Efficiency throughout Europe; 2011. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/Odf506b1-c2df-4561-98e3-7f86a82a35e8>

### 1.3.2 Anrechnung der Hof- und Recyclingdünger-Nachwirkung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton	Betrieb Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Höhere Anrechnung der Nachwirkung von Hofdünger- bzw. Recyclingdünger-N in den Folgekulturen.

#### Perspektive Grundwasser

Reduzierter Düngereinsatz, ähnlich korrigierte Normen.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Tatsächliche Nachwirkung ist abhängig von Kohlenstoff-Input und Witterung.
- Ggf. Ertragseinbussen möglich, falls Nachwirkung geringer.
- Macht Hofdünger weniger attraktiv gegenüber Mineraldüngern.
- Reduktion Düngereinsatz.

**Akzeptanz:** **schlecht bis mittel**

#### Aufwand / Ablauf

Festlegung eines verbindlichen Anrechnungsfaktors.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Muss kombiniert werden mit 1.1.4 *Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan* und 1.1.5 *Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel.

Direkte Wirkung: Die höhere Anrechnung führt zu geringerer Gesamtdüngung bei gleichem Sollwert. GRUD: Reduktion der Düngung um 0-20 % des mit organischen Düngern ausgebrachten Nges (abhängig vom Düngertyp).

**Erfolg, wenn...** direkt quantifizierbar bei ansonsten gleicher Düngennorm.

#### Kommentar

Indirekt schon in heutigen Düngeempfehlungen enthalten; sollte explizit gemacht werden, um tatsächliche Standorteigenschaften besser abzubilden.

Anrechnung von Hofdüngern in Suisse-Bilanz aktuell in Bearbeitung bei Agroscope / BLW.

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

- Boxberger, Mayer, J., Möller, K., Pöllinger. Praxishandbuch Organische Düngung. Agrimedia. 2020. S.85f
- Richner, W., Sinaj, S. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD).; 2017.  
[www.grud.ch](http://www.grud.ch) (Kapitel 8, S. 25, Tabelle 14)
- Webb, J., Sørensen, P., Velthof, G.L., u.a. Study on Variation of Manure N Efficiency throughout Europe; 2011.  
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0df506b1-c2df-4561-98e3-7f86a82a35e8>

### 1.3.3 Bemessung Hof- und Recyclingdünger an P-Bedarf

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Betrieb Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Bemessung Hofdüngerausbringung an P-Bedarf der Pflanzen (nur wenn N-Bedarf dabei nicht überschritten wird).

#### Perspektive Grundwasser

In der Regel wird P-Bedarf der Pflanzen durch Anwendung von Hof- und Recyclingdüngern früher erreicht als N-Bedarf, zumindest wenn von «verfügbarem N» (N<sub>verf</sub>) ausgegangen wird.

Insgesamt geringere Ausbringung an Hofdüngern bei besser ausbalancierter Düngung.

Synergie zur Reduktion von möglichen P-Überschüssen.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Ausgleich von Ungleichgewichten zwischen Nährstoffverhältnissen in Hofdüngern und Pflanzenbedarf.
- Möglicherweise Abgabe von Hofdüngern notwendig wenn Hofdüngereinsatz > ermittelter Pflanzen-Bedarf.

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Berechnung der Ausbringungsmenge um P-Bedarf der Pflanzen zu decken (unter Berücksichtigung von N-Bedarf, welcher ebenfalls nicht überschritten werden darf).

Zusätzlichen Stickstoffbedarf durch Mineraldünger gezielt supplementieren.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Idealerweise Kombination 1.3.4 Hofdüngereanalytik: Laboranalytik.

Kombination mit 1.1.4 Parzellenspezifischer (digitaler) Düngungsplan und 1.1.5 Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Gering bis hoch. Abhängig von P-Versorgungsgrad der Böden.

**Erfolg, wenn...** reduzierter Hofdüngereinsatz quantifizierbar.

#### Kommentar

Sollte eigentlich bereits gute fachliche Praxis darstellen; in der tatsächlichen Umsetzung wird Bemessung aber oft hauptsächlich an N orientiert.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Holsten, B., Ochsner, S., Schäfer, A., Trepel, M. Praxisleitfaden für Massnahmen zur Reduzierung von Nährstoffausträgen aus dränierten landwirtschaftlichen Flächen mit einer Regionalisierung für Schleswig-Holstein.; 2012.

<https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/13236/8939972139fb4ba6ce957a37f2ae030b/praxisleitfaden-data.pdf>

Jensen, L. S. Animal manure fertiliser value, crop utilisation and soil quality impacts. in *Animal manure recycling: Treatment and management*. 2013. <https://doi.org/10.1002/9781118676677.ch15>

Schröder, J., & Sørensen, P. Role of mineral fertilisers in optimising the use efficiency of manure and land. In *Proceedings-International Fertiliser Society* (No. 701). International Fertiliser Society. 2011.

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133208664>

### 1.3.4 Hofdünganalytik: Laboranalytik

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / (GB)	Kanton Landwirt:in	Betrieb Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Laboranalyse der Nährstoffgehalte in Hofdüngern vor Ausbringung.

#### Perspektive Grundwasser

N-Gehalte in Hofdüngern unterliegen starken Schwankungen.

Bei Bemessung nach Richtwerten (GRUD) ist bedarfsgerechte Ausbringung schwierig. Durch Analytik können Hofdünger basierend auf ihren tatsächlichen Nährstoffgehalten bedarfsgerecht ausgebracht werden.

Betriebe tendieren ohne Analytik zu «Sicherheitszuschlägen».

#### Perspektive Landwirtschaft

- Kenntnis über Nährstoffgehalte in Hofdüngern erlaubt bedarfsgerechte Ausbringung und allenfalls eine Düngereinsparung.
- Verzögerung bei Düngung, wenn auf Laborergebnis gewartet werden muss.

#### Akzeptanz: gut bis mittel

#### Aufwand / Ablauf

Beprobung 14 Tage vor geplanter Düngung: Landwirt:in entnimmt Hofdüngerprobe aus aufgerührter Güllegrube (bei Misthaufen mehrere homogenisierte Teilproben) und sendet diese ins Labor.

Düngung anpassen an gemessene Nährstoffgehalte in Hofdünger.

Alternativ wäre eine nachträgliche Beprobung möglich: Probennahme bei Ausbringung (spart zusätzliches Aufrühren und erlaubt Ausbringung zeitunabhängig von Laboranalytik); nachträglich bestimmte Gehalte müssen dann für Folgedüngungen berücksichtigt werden.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Repräsentative Probennahme → Schulung Landwirt:innen für korrekte Probennahme.

Probenahmegerätschaften.

Zeitnahe Analytik, falls Analyseergebnis für Bemessung der aktuellen Düngerausbringung genutzt werden soll.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-40 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** reduzierter Düngerinput quantifizierbar.

#### Kommentar

Im Gemüsebau werden hauptsächlich Recyclingdünger zugeführt, welche vor der Abgabe ohnehin bereits regelmässig analysiert werden müssen. Betriebseigener Kompost sollte ebenfalls regelmässig analysiert werden.

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Boxberger, Mayer, J., Möller, K., Pöllinger. Praxishandbuch Organische Düngung. Agrimedia. 2020. S.132f

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P.

Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

### 1.3.5 Hofdüngeranalytik: Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS)

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Kanton Landwirt:in	Betrieb Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Nährstoffanalyse von Hofdüngern mittels NIRS vor oder während der Ausbringung.

#### Perspektive Grundwasser

Siehe 1.3.4 Hofdüngeranalytik: Laboranalytik.

NIRS-Messung hat einen grösseren Fehlerbereich als Laboranalytik. Andererseits ist online-Messung möglich bzw. es ist einfach, mehrere Messungen zu machen und entsprechend weniger anfällig auf Unsicherheiten bei der Probennahme.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Siehe 1.3.4 Hofdüngeranalytik: Laboranalytik.
- Kein Warten auf Ergebnisse notwendig.
- Anschaffung teuer, aber ggf. Teilen / Mieten von Geräten (Maschinenring etc.) oder durch Lohnunternehmer möglich.

#### Akzeptanz: gut bis mittel

#### Aufwand / Ablauf

Installation des NIRS-Geräts an Güllerohr oder auf Fass; kein Zusatzaufwand für Beprobung.  
Anpassung der Düngermenge.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Nicht alle NIRS-Geräte sind geeignet; Kalibration für verschiedene Hofdüngerkategorien notwendig.

Kombination mit 1.1.16 Teilflächenspezifische Düngung (unter Einbeziehung des aktuellen Boden- / Pflanzenzustandes) möglich.

Kombination mit 1.1.4 Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan und 1.1.5 Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-40 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** reduzierter Düngerinput quantifizierbar.

#### Kommentar

Verlässlichkeit von NIRS-Messungen wird diskutiert; einige Geräte haben DLG-Zulassung und werden von mehreren deutschen Bundesländern für den Nährstoffvollzug anerkannt.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Boxberger, Mayer, J., Möller, K., Pöllinger. Praxishandbuch Organische Düngung. Agrimedia. 2020. S.132f

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P.

Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

### 1.3.6 Hofdüngeranalytik: Schnelltests

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Betrieb Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Nährstoffanalyse von Hofdüngern mittels Schnelltest vor der Ausbringung.

Bsp. Quantofix-Volumeter

#### Perspektive Grundwasser

Siehe 1.3.4 Hofdüngeranalytik: Laboranalytik.

Schnelltest haben einen etwas grösseren Fehlerbereich als Laboranalytik, insbesondere durch fehlerhafte Anwendung.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Siehe 1.3.5 Hofdüngeranalytik: Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS).
- Keine Online-Messung, grundsätzlich schnellere Ergebnisse als bei Laboranalytik.
- Hantieren mit ätzenden Chemikalien.

#### Akzeptanz: gut bis mittel

#### Aufwand / Ablauf

Beprobung der gut aufgerührten Güllegrube kurz vor der Ausbringung.

Durchführung: Schnelltest und Anpassung der Ausbringemenge.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Bei richtiger Probennahme und korrekter Anwendung ähnlich präzise wie Laboranalytik.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-40 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** reduzierter Düngereinput quantifizierbar.

#### Kommentar

Laut Agrofutura, 2018, Beschaffung von Chemikalien nicht immer einfach.

Bsp. SchALVO: Jährliche Bestimmung von Ammonium-N mittels Schnelltest zulässig. Alle 3 Jahre verpflichtende Laboranalyse von Gesamt-N, Ammonium-N und Trockensubstanz für Betriebe mit mehr als 10 GVE.

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

#### Weiterführende Information und Literatur

Agrofutura. Umsetzung Ressourcenprojekt N-Effizienz ZH 2018-2025. 2018.

<https://www.agrofutura.ch/projektereferenzen/umsetzung-ressourcenprojekt-n-effizienz-zh-2018-2025> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

Boxberger, Mayer, J., Möller, K., Pöllinger. Praxishandbuch Organische Düngung. Agrimedia. 2020. S.132f

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Topagar online. Gülletests im Vergleich. 2019. <https://www.topagrar.com/acker/news/quelletests-im-vergleich-10324543.html> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

Van Kessel J.S., Reeves, J.B. On-Farm Quick Tests for Estimating Nitrogen in Dairy Manure, *J Dairy Sci.* 2000. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75054-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75054-5)

**1.3.7 Hofdüngeraufbereitung: Vergärung**

<b>Fokus</b>	<b>Umsetzungsebene</b>	<b>Wirkungsebene</b>	<b>Einordnung</b>
AB / GB	Landwirt:in	Betrieb Feld	B-Massnahme

**Möglichkeit für Ausgestaltung**

Vergärung / energetische Nutzung von Hofdüngern in Biogasanlage. Nutzung der vergorenen Hof- / Recyclingdünger.

**Perspektive Grundwasser**

Durch Vergärung wird Hofdünger-N leichter verfügbar; höhere Verfügbarkeit muss angerechnet werden, dadurch geringerer Düngereinsatz.

Bei hohen Einzeldosen höhere N-Verlustgefahr als bei unvergorener Gülle.

Durch höhere N-Aufnahme im Ausbringungsjahr wird unkontrollierte Nachwirkung von residuellem N geringer.

Da in Biogasanlage Hofdünger meist mit Co-Substraten vergoren werden, steigt Gesamt-N-Input mit organischen Düngern.

**Perspektive Landwirtschaft**

- Erhöhte N-Effizienz → Reduktion von Düngereinsatz.
- Möglichkeit zur Abgabe, wenn Güllelager knapp werden und Ausbringung nicht angezeigt.
- Wenn Biogasanlage Hofdünger abgeben, müssen Nährstoffgehalte bekannt sein → zielgerichtete Ausbringung.
- Im Biolandbau umstritten.

**Akzeptanz: gut****Aufwand / Ablauf**

Hofdünger werden abgegeben und Gärgülle bei Bedarf wieder bezogen (kann auch als Umverteilung zwischen Betrieben mit hoher / tiefer Viehdichte wirken).

**Voraussetzungen / Bedingungen**

Abgabemöglichkeit an Biogasanlage (sinnvolle Entfernung; Kapazitäten).

Höhere N-Anrechnung von Gärgülle, idealerweise kombiniert mit regelmässigen Analysen der Gärgülle.

**Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion**

Gering bis mittel.

**Erfolg, wenn...** langfristig nur wirksam, wenn weniger Nges ausgebracht wird als unter aktueller Praxis.

**Kommentar****Enthalten in**

-

**Weiterführende Information und Literatur**

Bundesamt für Energie. Dokumentation Geodatenmodell. Biogasanlagen. 2022-01-04.

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjEgN2Nnev4AhUU8rsIHWQ2A58QFnoECA8QAQ&url=https%3A%2F%2Fpubdb.bfe.admin.ch%2Fde%2Fpublication%2Fdownload%2F9660&usq=AOvVaw2FA78c2ehS1O1H-ZJhMNxQ>

Meers, E., Velthof, G., Michels, E., Riertra, R.. Biorefinery of Inorganics: Recovering Mineral Nutrients from Biomass and Organic Waste. 2020. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118921487>

Möller, K., & Müller, T. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Eng Life Sci.* 2012. <https://doi.org/10.1002/elsc.201100085>

Richner, W., Sinaj, S. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD).; 2017. [www.grud.ch](http://www.grud.ch) S. 4/12ff

### 1.3.8 Hofdüngeraufbereitung: Ansäuern

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Betrieb Feld	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Ansäuern von flüssigen Hofdüngern und Gärresten bei der Ausbringung (oder bereits während der Lagerung).

#### Perspektive Grundwasser

Vermindert vor allem Ammoniak (NH<sub>3</sub>)-Emissionen; höhere N-Effizienz durch reduzierte NH<sub>3</sub>-Emissionen muss angerechnet werden, damit Gesamtinputs sinken.

Tendenziell verzögerte / verringerte Nitrifikation bei angesäuerter Gülle, dadurch Reduktion der Nitratauswaschung.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Erhöhte N-Effizienz → Reduktion von Düngereinsatz.
- Hantieren mit Säuren als Gefahrenquelle (kann durch geeignete Technik begrenzt werden, siehe Erfahrungen in Dänemark).

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Säure tanks, die Gülle bei der Ausbringung mit Säure versetzen. Alternativ: Zugabe von Säure bereits ins Gülleloch um Verluste während Lagerung zu vermeiden. Dies scheint jedoch weniger effektiv als die Ansäuerung bei der Ausbringung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Technische Installation und Verfügbarkeit von Säuren.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Gering bis mittel.

**Erfolg, wenn...** nur wirksam wenn weniger Nges ausgebracht wird als unter aktueller Praxis.

#### Kommentar

Anwendung hauptsächlich wegen Reduktion NH<sub>3</sub>-verlust. Durch verminderte NH<sub>3</sub>-Emissionen wird auch N-Deposition verringert.

Anrechnung der höheren N-Verfügbarkeit durch reduzierte NH<sub>3</sub>-Verluste muss sicher gestellt werden. Sonst Erhöhung des Auswaschungspotenzial!

In Dänemark bereits etabliert.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

do Rosário Cameira, M., Valente, F., Li, R., Surgy, S., Abreu, F. G., Coutinho, J., & Fanguero, D. Band application of acidified slurry as an alternative to slurry injection in Mediterranean winter conditions: Impact on nitrate leaching. *Soil Tillage Res.* 2019. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.001>

Fanguero, D., Hjorth, M., & Gioelli, F. Acidification of animal slurry—a review. *J Environ Manag.* 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.10.001>

Park, S. H., Lee, B. R., Jung, K. H., & Kim, T. H. Acidification of pig slurry effects on ammonia and nitrous oxide emissions, nitrate leaching, and perennial ryegrass regrowth as estimated by 15N-urea flux. *Asian-australas J Anim Sci.* 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5838352/>

Sørensen, P., & Eriksen, J. Effects of slurry acidification with sulphuric acid combined with aeration on the turnover and plant availability of nitrogen. *Agric Ecosyst Environ.* 2009. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.01.024>

### 1.3.9 Hofdüngeraufbereitung: Gülleseparierung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Betrieb Feld	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Separierung in Fest- und Flüssigphase und getrennte Ausbringung der beiden Phasen. Verschiedene technische Lösungen verfügbar, auch als mobile Einheiten; in der Schweiz sind aktuell am häufigsten Schraubenpressen.

#### Perspektive Grundwasser

Durch Separierung gezielter Einsatz von N-reicher Dünngülle und C- und P-reichen Feststoffen möglich; ausserdem erleichterter Transport der Feststoffe, so dass Güllelagerengpässe vermieden werden können.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Gezielterer Einsatz von homogenerer Dünngülle ermöglicht höhere Effizienz.
- Höhere Lagerfähigkeit.
- Einfacherer Transport.
- Festphase kann kompostiert werden und / oder als Einstreu verwendet werden.

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Aufwand für Separierung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

(Mobile) Separierungseinheit, Lohnunternehmer.

Kombinierbar mit 1.3.3 *Bemessung Hofdünger an P-Bedarf*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Gering.

**Erfolg, wenn...** wenn weniger Nges ausgebracht wird als unter aktueller Praxis.

#### Kommentar

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Bosshard, C., Flisch, R., Mayer, J., Basler, S., Hersener, J. L., Meier, U., & Richner, W. Verbesserung der Stickstoffeffizienz von Gülle durch Aufbereitung. *Agrarforschung Schweiz*. 2010.

[https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2010\\_10\\_1607.pdf](https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2010_10_1607.pdf)

Kupper T. Separierung von Gülle und ihr Einfluss auf Ammoniakemissionen. 2015.

[https://www.ammoniak.ch/files/Downloads/Bericht\\_HAFL\\_Separierung\\_Guelle\\_20150317.pdf](https://www.ammoniak.ch/files/Downloads/Bericht_HAFL_Separierung_Guelle_20150317.pdf)

Meers, E., Velthof, G., Michels, E., Riertra, R.. Biorefinery of Inorganics: Recovering Mineral Nutrients from Biomass and Organic Waste. 2020. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118921487>

Sørensen, P., & Rubæk, G. H. Leaching of nitrate and phosphorus after autumn and spring application of separated solid animal manures to winter wheat. *Soil Use Manag.* 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00382.x>

### 1.3.10 Hofdüngeraufbereitung: Verdünnung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Betrieb Feld	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Verdünnung von Gülle vor der Ausbringung.

#### Perspektive Grundwasser

Vor allem reduzierte NH<sub>3</sub> Emissionen, da verdünnte Gülle besser einsickert und weniger lange an der Oberfläche liegen bleibt.

Höhere N-Effizienz durch reduzierte NH<sub>3</sub>-Emissionen muss angerechnet werden, damit Gesamtinputs sinken.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Erhöhte N-Effizienz → Reduktion von Düngereinsatz.
- In Zukunft evtl. auch interessant als Form der kombinierten Düngung und Bewässerung im Ackerbau.

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Gülle muss vor Ausbringung mit Wasser verdünnt werden, z.B. beim Befüllen von Güllefass.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Wasser fürs Verdünnen.

Kombination mit einer Form der Gülleanalytik (1.3.4 Hofdüngeranalytik: Laboranalytik, 1.3.5 Hofdüngeranalytik: Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) oder 1.3.6 Hofdüngeranalytik: Schnelltests)

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Gering.

**Erfolg, wenn...** weniger Nges ausgebracht wird als unter aktueller Praxis.

#### Kommentar

In den meisten Güllegruben wird Gülle automatisch verdünnt durch Regen- und Brauchwasser auf dem Hof. 1:1 Verdünnung ist üblich, im Sommer empfiehlt die GRUD eine höhere Verdünnung mit Wasser (bis zu 1:2).

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Richner, W., Sinaj, S. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD).; 2017.

[www.grud.ch](http://www.grud.ch) S. 4/7

### 1.3.11 Hofdüngeraufbereitung: Umwandlung in Mineraldünger

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Kanton	Betrieb Feld	S-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Technische Aufbereitung in Richtung Mineraldünger.

Bsp.: Stripping; Separierung + Fällung

#### Perspektive Grundwasser

Höhere Effizienz durch gezielteren Einsatz und höhere direkte N-Verfügbarkeit.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Gezielterer Einsatz möglich.
- Achtung, Trade-off mit organischer Bodensubstanz/Kohlenstoff beachten. Organische Phase sollte daher ebenfalls separat ausgebracht werden.
- Entlastung Güllelager, gezieltere Düngung auf Pflanzenbedarf möglich.
- Ausbalanciertere Düngung möglich.

**Akzeptanz:** gut

#### Aufwand / Ablauf

Anlage teuer; lohnt sich nur bei hohem Hofdüngeranfall.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Anlage für Aufbereitung.

Kombination mit 1.3.9 *Hofdüngeraufbereitung: Gülleseparierung*.

Kombination mit 7.2.2 *Humusbilanz einbeziehen* ermöglicht die Entwicklung des Humusbedarfs einzubeziehen.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Gering.

**Erfolg, wenn...** nur wirksam wenn weniger Nges ausgebracht wird als unter aktueller Praxis.

#### Kommentar

Lohnt sich besonders bei sehr hohen Viehdichten.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Meers, E., Velthof, G., Michels, E., Riertra, R.. Biorefinery of Inorganics: Recovering Mineral Nutrients from Biomass and Organic Waste. 2020. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118921487>

### 1.3.12 Anpassung Lagerkapazitäten

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Kanton Landwirt:in	Betrieb	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Betriebe müssen Lagerkapazitäten für mind. 6 Monate haben.

*Bsp. Österreich:* Betriebe mit einer hohen Viehdichte und einem hohen Maisanteil in der Fruchtfolge müssen eine Lagerkapazität von 10 Monaten haben.

#### Perspektive Grundwasser

Höhere Lagerkapazitäten begünstigen die bedarfsgerechte Ausbringung und verhindern "Entsorgungsprobleme".

#### Perspektive Landwirtschaft

- Investition in höhere Lagerkapazitäten nötig.

#### Akzeptanz: bei finanzieller Unterstützung gut

#### Aufwand / Ablauf

Kontrolle der bestehenden Lagerkapazitäten und entsprechende bauliche Anpassungen, falls Lagerkapazitäten nicht ausreichen.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Prüfen ob Massnahme ausgereizt ist; Lagerkapazitäten müssen aktuell bei mind. 5 Monaten liegen. In einigen EU-Staaten werden deutlich länger Zeiträume verlangt.

Kombination mit 1.1.1 Ausweitung der Sperrfristen für Düngerausbringung und / oder 1.3.9 Hofdüngeraufbereitung: Gülleseparierung bzw. 1.3.11 Hofdüngeraufbereitung: Umwandlung in Mineraldünger.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel. Hat keinen direkten Einfluss auf Flächenverteilung der Hofdünger.

**Erfolg, wenn...** Hofdünger pflanzenbedarfsgerecht ausgebracht werden.

#### Kommentar

Lagerkapazitäten wurden im Gäu auf 5 Monate erweitert und im Erneuerungsantrag als ausreichend eingestuft. Gelebte Praxis im Gäu weist jedoch auf einen real existierenden Mangel an Lagerkapazitäten hin.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

BAFU. Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft: Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft.

Teilrevidierte Ausgabe 2021. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/baulicher-umweltschutz-landwirtschaft.html>

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (Nitrat-Aktionsprogramm- Verordnung – NAPV) 2018. [https://info.bml.gv.at/dam/jcr:7d7ed6bf-3a9f-4a99-973b-83691750710e/NAPV%20konsolidierte%20Fassung%20\(ab%201.1.2018\).pdf](https://info.bml.gv.at/dam/jcr:7d7ed6bf-3a9f-4a99-973b-83691750710e/NAPV%20konsolidierte%20Fassung%20(ab%201.1.2018).pdf)

### 1.3.1 Verbot / Beschränkung von Hofdüngerimport aus anderen Gebieten

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton	Projektgebiet	A-Massnahme <sup>13</sup>

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Verbot von Hofdüngerimporten aus anderen Gebieten / Aufbau einer regionalen Hofdüngerbörse. Hofdünger dürfen nur noch innerhalb des Projektgebiets bezogen werden. Angepasste Regelung für Biogasanlagen notwendig.

#### Perspektive Grundwasser

Direkte Wirkung; Begrenzung zusätzlicher Inputs aus Nachbarregionen / -kantonen; Senkung des strukturellen Gebietsüberschusses.

Begrenzung Hofdüngerzufuhr erhöht ggf. Einsatz von Mineraldünger.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Förderung des gebietsinternen Hofdüngeraustausches.
- Reduktion von Transportwegen.
- Teilweise Ersatz durch mehr Mineraldünger.

**Akzeptanz: mittel bis schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Kanton richtet Kontrollmechanismus in Hoduflu-Erfassung ein, der den Import von gebietsfremden Hofdüngern unterbindet.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Aufbau einer Hofdüngerbörse bzw. Flusskontrolle über Hoduflu.

Kombination mit 1.1.4 *Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan* und 1.1.5 *Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel.

**Erfolg, wenn...** weniger N ins Gebiet kommt.

#### Kommentar

Gäu hat aktuell eine vergleichsweise geringe Tierdichte (im Schnitt 1.1 GVE); vermutlich wird deshalb netto Hofdünger importiert.

Könnte über alternative Mechanismen, z.B. eine Beschränkung des maximalen Hofdüngerinputs (Vgl. 1.1.12 *Schlagspezifische N-Obergrenze, "N-Quota"*) oder über eine Unterstützung in Form einer gebietsinternen Hofdüngerbörse einfacher geregelt werden.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

<sup>13</sup> Im Kontext des Nitratprojekts NGO wurde die Massnahme in der weiteren Diskussion in der Priorität heruntergestuft.

### 2.1.1 Erhalt des Graslandflächenanteils

Fokus AB / (GB)	Umsetzungsebene Landwirt:in	Wirkungsebene Betrieb	Einordnung C-Massnahme
--------------------	--------------------------------	--------------------------	---------------------------

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Erhalt des Graslandflächenausmasses: Graslandflächenanteil auf Betriebsebene bleibt bestehen. Wird eine Graslandfläche umgebrochen, muss diese an anderer Stelle wieder angelegt werden.

#### Perspektive Grundwasser

Nitratauswaschung unter Grasland geringer (effiziente Nährstoffaufnahme; permanente Bedeckung).  
Aber: Gefahr bei Graslandumbruch (auch wenn Umbruch pfluglos erfolgt).

#### Perspektive Landwirtschaft

- Gemischte Ackerbau-Viehhaltungsbetriebe haben ohnehin einen gewissen Anteil an Grasland. Im Biolandbau sind 20 % Graslandflächenanteil verpflichtend.
- Ohne standörtliche Fixierung grösstmögliche Flexibilität für Landwirt:innen.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Keine Veränderung der aktuellen Bewirtschaftung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

-

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021: >75% weniger als ohne Massnahme.  
Tatsächliche Massnahmenwirksamkeit und Referenzszenario jedoch unklar.

**Erfolg, wenn...** Effekt auf Nitratauswaschung nicht direkt quantifizierbar.

Literaturwerte zu Nitratauswaschung unter unterschiedlicher Flächennutzung erlauben Abschätzung.

#### Kommentar

Wird bei viehhaltenden Betrieben ohnehin meist eingehalten.

#### Enthalten in

(Nitratprojekt Wohlenschwil (AG))

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Eder, G. Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumauswaschung bei Wirtschaftsdüngeranwendung im Grün- und Ackerland. 9. Gumpensteiner Lysimetertagung. 2001. [https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/Tagungen/Lysimetertagung/Lysimetertagung\\_2001/2I\\_2001\\_eder.pdf](https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/Tagungen/Lysimetertagung/Lysimetertagung_2001/2I_2001_eder.pdf)

### 2.1.2 Umbruchsverbot von Grasland; Umwandlung Kunstwiese in Dauergrünfläche

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / (GB)	Landwirt:in	Betrieb Feld	A-Massnahme <sup>14</sup>

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Umbruchsverbot von bestehendem Grasland (standörtliche Fixierung der Graslandflächen, Umwandlung in Dauergrünfläche).

#### Perspektive Grundwasser

Nitratauswaschung unter Grasland geringer (effiziente Nährstoffaufnahme; permanente Bedeckung). Keine erhöhte Gefahr durch Graslandumbruch.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Standörtliche Fixierung von Grasland reduziert Flexibilität in Fruchtfolgegestaltung.
- Nur für viehhaltende Betriebe attraktiv.
- Erfordert ggf. Anpassungen in der Tierproduktion, da Futterqualität und -menge anders ist als bei Kunstwiesen.
- Dauergrünfläche passt zu den klimatischen Bedingungen der Nordschweiz.
- Kunstwiesen sind grundsätzlich wertvoll in Fruchtfolge in Bezug auf Boden- und Pflanzengesundheit.

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Einsaat einer geeigneten, längerdauernde und somit mehrjährige Ansaatmischungen (400er Mischungen; je nach Nutzungsintensität für intensive oder extensive Nutzung). Bei Kunstwiesen je nach Situation Umbruch und Neuansaat oder Übersaat notwendig. Fläche muss entsprechend deklariert werden und nicht mehr in offenes Ackerland überführt werden.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

-

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021: >75% weniger als ohne Massnahme. Dauergrünfläche hat bei angepasster Düngung nur ein geringes Auswaschungsrisiko, auch über den Winter.

**Erfolg, wenn...** Effekt auf Nitratauswaschung nicht direkt quantifizierbar.

Literaturwerte zu Nitratauswaschung unter unterschiedlicher Flächennutzung erlauben Abschätzung.

#### Kommentar

Entspricht nicht der Schweizer Praxis, ist aber im europäischen Ausland eher die Regel.

Herbstumbruch sollte strikt verboten werden, in begründeten Fällen (z.B. wegen ungenügender Qualität) sollte Erneuerung allerdings möglich sein.

#### Enthalten in

Nitratprojekt Chrummenlanden (SH) (betrifft nur bestehendes Dauergrünfläche)

Nitratprojekt Wohlenschwil (AG)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE) (betrifft nur bestehendes Dauergrünfläche)

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Eder, G. Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumauswaschung bei Wirtschaftsdüngeranwendung im Grün- und Ackerland. 9. Gumpensteiner Lysimetertagung. 2001. [https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/Tagungen/Lysimetertagung/Lysimetertagung\\_2001/2I\\_2001\\_eder.pdf](https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/Tagungen/Lysimetertagung/Lysimetertagung_2001/2I_2001_eder.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

<sup>14</sup> Im Kontext des Nitratprojekts NGO wurde die Massnahme in der weiteren Diskussion in der Priorität heruntergestuft.

### 2.1.3 Grasland statt Ackerland: Ausweitung Dauergrünfläche

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / (GB)	Landwirt:in	Betrieb Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Umwandlung von Acker- in Grasland (Flächenausweitung der Dauergrünfläche): Ackerflächen werden als Dauergrünfläche bewirtschaftet und nicht mehr umgebrochen (extensiv oder (mittel-)intensiv).

Wahl der Flächen zur Umnutzung könnte basierend auf Bodenkarten o.ä. erfolgen um besonders anfällige Standorte zu identifizieren.

#### Perspektive Grundwasser

Zusätzliche Umnutzung von Ackerland reduziert Nitratauswaschung auf Betriebs- und Feldebene da Nitratauswaschung unter Grasland geringer ist als unter Ackerland.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Verlust von produktivem Ackerland wenig attraktiv.
- Für viehhaltende Betriebe Nutzung als Futter möglich, insbesondere wenn auch eine intensive Graslandnutzung möglich ist.

#### Akzeptanz: **schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Einsaat einer geeigneten, längerdauernde und somit mehrjährige Ansaatmischungen (400er Mischungen; je nach Nutzungsintensität für intensive oder extensive Nutzung). Fläche muss entsprechend deklariert werden und nicht mehr in offenes Ackerland überführt werden.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit Vorgaben zur Dauergrünflächenbewirtschaftung (2.1.4 *Dauergrünflächenbewirtschaftung: extensive Wiese* oder 2.1.5 *Dauergrünflächenbewirtschaftung: mittelintensive Wiese*).

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021: >75% weniger als ohne Massnahme.

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 30-70 kg N/ha (für mind. 4-jährige Wiesenutzung mit mittelintensiver Düngung).

**Erfolg, wenn...** Effekt auf Nitratauswaschung nicht direkt quantifizierbar. Literaturwerte zu Nitratauswaschung unter unterschiedlicher Flächennutzung erlauben Abschätzung.

**Kommentar** Eine der effektivsten Massnahmen zum Gewässerschutz. Bereits aktuell im Gäu umgesetzt. Dauergrünfläche hat bei angepasster Düngung nur ein geringes Auswaschungsrisiko, auch über den Winter. In begründeten Fällen (z.B. wegen ungenügender Qualität) sollte Erneuerung möglich sein.

#### Enthalten in

Nitratprojekt Chrummenlanden (SH)  
 Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE)  
 Nitratprojekt Wohlenschwil (AG)  
 Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Bünemann, E., Wey, H., Frick, H. Nitratauswaschung im Ackerbau: Literaturstudie und Nmin-Kampagnen Im Gäu (Olten).; 2021. [https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32\\_Wasser/1\\_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu\\_1.1\\_Literaturstudie\\_Ackerbau.pdf](https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32_Wasser/1_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu_1.1_Literaturstudie_Ackerbau.pdf)

Eder, G. Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumauswaschung bei Wirtschaftsdüngeranwendung im Grün- und Ackerland. 9. Gumpensteiner Lysimetertagung. 2001. [https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/Tagungen/Lysimetertagung/Lysimetertagung\\_2001/2I\\_2001\\_eder.pdf](https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/Tagungen/Lysimetertagung/Lysimetertagung_2001/2I_2001_eder.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

### 2.1.4 Dauergrünflächenbewirtschaftung: extensive Wiese

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / (GB)	Landwirt:in	Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Extensive Wiese / Dauergrünfläche: keine Düngung; 2-3 Schnittnutzungen nach dem 15. Juni.

#### Perspektive Grundwasser

Verminderung N-Überschuss.

N-Bodenvorrat wird konserviert durch Umbruchsverbot und umbruchsloser Erneuerung.

Effiziente Verdünnungsflächen!

#### Perspektive Landwirtschaft

- Reduktion der produktiven Fläche.
- Förderung der Biodiversität.
- Zusätzliche Direktzahlungen.

#### Akzeptanz: **schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Bewirtschaftung gemäss Direktzahlungsverordnung extensive Wiese.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Einsaat einer geeigneten, längerdauernde und somit mehrjährige Ansaatmischungen (400er Mischungen für extensive Nutzung). Fläche muss entsprechend deklariert werden und nicht mehr in offenes Ackerland überführt werden.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-20 kg N/ha verglichen mit intensiver Graslandnutzung.

**Erfolg, wenn...** Effekt auf Nitratauswaschung nicht direkt quantifizierbar.

Literaturwerte zu Nitratauswaschung unter unterschiedlicher Flächennutzung erlauben Abschätzung.

#### Kommentar

Im Nitratprojekt Wohlenschwil (AG) können Landwirt:innen wählen, ob sie Flächen als extensive oder mittelintensive Wiese bewirtschaften mit jeweils angepassten Ausgleichszahlungen. Synergien mit Biodiversitätsförderung.

#### Enthalten in

Nitratprojekt Chrummenlanden (SH)

Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE)

Wasserschutzgebiet Grünbachgruppe

Nitratprojekt Wohlenschwil (AG)

#### Weiterführende Information und Literatur

Eriksen J., Vinther F.P. Nitrate leaching in grazed grasslands of different composition age. Grassland Science in Europe. 2000. <https://orgprints.org/id/eprint/160/1/cfp404.pdf>

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Prasuhn, V., Spiess, E., Humphrys, C. Nitratauswaschung unter intensiv und extensiv genutztem Grasland. 15. Gumpensteiner Lysimetertagung 2013. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/31689>

### 2.1.5 Dauergrünflächenbewirtschaftung: mittelintensive Wiese

Fokus AB / (GB)	Umsetzungsebene Landwirt:in	Wirkungsebene Feld	Einordnung A-Massnahme
--------------------	--------------------------------	-----------------------	---------------------------

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Mittelintensive Wiese: Düngung und (mittel)intensive Schnittnutzung möglich; absolutes Umbruchsverbot.

Bsp.: Nitratprojekt Gimmiz (BE): keine Bodenbearbeitung; keine N-Düngung zwischen 15. Okt. und 15. Feb.; max. 25 m<sup>3</sup>/ha Gülle (mind. 1:1 verdünnt) (erste Gabe kann auf 35 m<sup>3</sup>/ha erhöht werden, wenn Herbstgabe auf 15 m<sup>3</sup>/ha reduziert wird); maximal 1 Gabe pro Nutzung, keine Gabe nach der letzten Nutzung im Herbst.

#### Perspektive Grundwasser

N-Bodenvorrat wird konserviert durch Verbot von Umbruch und umbruchslose Erneuerung.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Futternutzung für viehhaltende Betriebe.

**Akzeptanz:** gut; für viehhaltende Betriebe ist mittelintensive Nutzung attraktiver als extensive Nutzung

#### Aufwand / Ablauf

Kein zusätzlicher Aufwand.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Einsaat einer geeigneten, längerdauernde und somit mehrjährige Ansaatmischungen (400er Mischungen für intensive Nutzung). Fläche muss entsprechend deklariert werden und nicht mehr in offenes Ackerland überführt werden.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hängt von Referenz ab: Gegenüber Ackerbau hohes Reduktionspotenzial; gegenüber extensiv bewirtschafteter Wiese unklar.

**Erfolg, wenn...** Effekt auf Nitratauswaschung nicht direkt quantifizierbar. Literaturwerte zu Nitratauswaschung unter unterschiedlicher Flächennutzung erlauben Abschätzung.

#### Kommentar

Im Nitratprojekt Wohlenschwil (AG) können Landwirt:innen wählen, ob sie Flächen als extensive oder mittelintensive Wiese bewirtschaften.

#### Enthalten in

Nitratprojekt Wohlenschwil (AG)

#### Weiterführende Information und Literatur

- Eder, G. Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumauswaschung bei Wirtschaftsdüngeranwendung im Grün- und Ackerland. 9. Gumpensteiner Lysimetertagung. 2001. [https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/Tagungen/Lysimetertagung/Lysimetertagung\\_2001/2I\\_2001\\_eder.pdf](https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/Tagungen/Lysimetertagung/Lysimetertagung_2001/2I_2001_eder.pdf)
- Herndl, M., Schink, M., Kandolf, M., Bohner, A., Buchgraber, K. Nährstoffauswaschung im Grünland in Abhängigkeit vom Wirtschaftsdüngungs- und Nutzungssystem. 15. Gumpensteiner Lysimetertagung. 2013. [https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download-file.html?path=Tagungen%2FLysimetertagung%2FLysimetertagung\\_2013%2F2I\\_2013\\_herndl.pdf](https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download-file.html?path=Tagungen%2FLysimetertagung%2FLysimetertagung_2013%2F2I_2013_herndl.pdf)
- Murer, E. Nitrataustrag eines intensiv genutzten Grünlands im Alpenvorland. 17. Gumpensteiner Lysimetertagung 2017. [https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download-file.html?path=Tagungen%2FLysimetertagung%2FLysimetertagung\\_2017%2F2I\\_2017\\_murer\\_2.pdf](https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download-file.html?path=Tagungen%2FLysimetertagung%2FLysimetertagung_2017%2F2I_2017_murer_2.pdf)
- Prasuhn, V., Spiess, E., Humphrys, C. Nitratauswaschung unter intensiv und extensiv genutztem Grasland. 15. Gumpensteiner Lysimetertagung 2013. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/31689>

## 2.1.6 Untersaaten

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

### Möglichkeit für Ausgestaltung

Untersaaten mit (Klee-)Grasmischungen zu Mais und Getreide.

### Perspektive Grundwasser

Gut etablierte Untersaaten bieten Vorteile gegenüber Zwischenfrüchten, die nach Ernte erst noch angesät werden müssen, da sie bereits ein gut etabliertes Wurzelsystem haben.

ABER: Wenn Untersaat nicht gut etabliert ist, weniger effektiv als Zwischenfruchtanbau nach Ernte der Hauptkultur.

### Perspektive Landwirtschaft

- Untersaaten sind technisch / agronomisch anspruchsvoller als Zwischenfrüchte; Beikrautdruck, Konkurrenz → evtl. Ertragsminderung.
- Zusatzkosten für Saatgut und Arbeitsaufwand.
- Nutzung als Futter möglich.

**Akzeptanz:** mittel

### Aufwand / Ablauf

(Klee-)Grasmischung wird in etablierte Getreide- oder Maiskultur gesät.

### Voraussetzungen / Bedingungen

Verbot der Düngung von Untersaaten nach Ernte Hauptkultur oder Kombination mit *1.1.1 Ausweitung der Sperrfristen für Düngerausbringung* (Düngeverbot nach Ernte Hauptkultur).

Insbesondere wenn keine Futternutzung, Anrechnung als Gründüngung für Folgekultur: Kombination mit *1.1.4 Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan* und *1.1.10 Korrigierte Normen (Düngung nach Schätzmethode)*.

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021: 0-25 bis 50-75% (je nach Etablierung der Untersaat).

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 5-20 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** Effekt auf Nitratauswaschung nicht direkt quantifizierbar. Literaturwerte erlauben Abschätzung.

### Kommentar

Untersaaten mit Leguminosenanteil wirken als zusätzlicher N-Input.

### Enthalten in

Wasserschutzgebiet Grünbachgruppe

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Boden.Wasser.Schutz.Beratung. Boden- und Gewässerschutz durch Zwischenfruchtanbau. Bericht im Auftrag der Landwirtschaftskammer Oberösterreich. 2014.

[https://www.bwsb.at/media.php?filename=download%3D%2F2014.05.08%2F1399549611638714.pdf&rn=2014\\_05\\_07\\_ZWISCHENFRUCHTANBAU.pdf](https://www.bwsb.at/media.php?filename=download%3D%2F2014.05.08%2F1399549611638714.pdf&rn=2014_05_07_ZWISCHENFRUCHTANBAU.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Thorup-Kristensen, K., Rasmussen, C.R. Identifying new deep-rooted plant species suitable as undersown nitrogen catch crops. *J Soil Water Conserv.* 2015. <https://www.jswnonline.org/content/jswn/70/6/399.full-text.pdf>

Valkama, E., Lemola, R., Känkänen, H., & Turtola, E. Meta-analysis of the effects of undersown catch crops on nitrogen leaching loss and grain yields in the Nordic countries. *Agric Ecosyst Environ.* 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.023>

## 2.2.1 Zwischenfruchtanbau zwischen zwei Hauptkulturen

Fokus AB / GB	Umsetzungsebene Landwirt:in	Wirkungsebene Feld	Einordnung A-Massnahme
------------------	--------------------------------	-----------------------	---------------------------

### Möglichkeit für Ausgestaltung

Detailausgestaltung (mit / ohne Leguminosen) notwendig; ebenso Wahl Zwischenbegrünung winterhart vs abfrierend.

Saatzeitpunkt der Zwischenbegrünung spielt eine wichtige Rolle (je früher desto besser).

### Perspektive Grundwasser

Zwischenfrucht nimmt N-Überschuss im Herbst auf und bindet diesen in Biomasse (Schutz vor Auswaschung im Winter).

Reduktion der Sickerwassermenge.

Saattermin entscheidend dafür, wie effizient N aufgenommen wird.

Umbruchtermin entscheidend dafür, wie effizient N für die Nachfolgekultur gespeichert wird.

Evtl. erhöhter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in Folgekultur notwendig.

Wenn Zwischenfrucht nicht als Futter genutzt wird, Anrechnung als Gründüngung.

### Perspektive Landwirtschaft

- Erhöhter Arbeitsaufwand.
- Bei Zwischenfutter zusätzliche Futterproduktion für viehhaltende Betriebe.
- Ausbleiben der Frostgare hat ggf. negativen Effekt auf Bodenstruktur, insbesondere im Gemüsebau → ggf. mehr Bodenbearbeitung oder schlechteres Auflaufen der Saaten.
- Wirkt positiv auf Bodenfruchtbarkeit und vermindert Erosionsrisiko.
- Risiko für Bodenverdichtung bei Aussaat Folgekultur im Frühjahr. Nur sinnvoll, wenn späte Sommerkulturen als Folgekulturen angebaut werden.

### Akzeptanz: mittel bis gut

### Aufwand / Ablauf

Nach Ernte der Hauptfrucht muss Zwischenbegrünung gesät werden. Wirkung (und ggf. Zahlungen) abhängig vom Aussaatdatum (je früher desto besser). Kombination mit 3.2.1 *Saattermin*.

Der Umbruch sollte maximal 2 Wochen vor Ansaat der Folgekultur erfolgen → Kombination mit Vorgaben zu 3.1.4 *Zeitpunkt für Bodenbearbeitung*.

### Voraussetzungen / Bedingungen

Ausreichende Wasserverfügbarkeit im Herbst.

Anrechnung des Inputs aus Zwischenfruchtanbau für Folgekultur, d.h. Kombination mit 1.1.4 *Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan* und 1.1.5 *Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung*. Evtl. N-Immobilisierung möglich, daher idealerweise nachfolgende Sommerkultur mit spätem Saatzeitpunkt, z.B. Mais, Hirse.

Kombination sinnvoll mit 2.3.5 *Diversifizierte Gründüngungs-/Wiesenmischungen* und reduzierter Bodenbearbeitung (3.1.1 *Reduzierte Bodenbearbeitung: Mulchsaat*, 3.1.2 *Reduzierte Bodenbearbeitung: Direktsaat*, 3.1.3 *Reduzierte Bodenbearbeitung: Streifensaart*)

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich: 0-25 bis 50-75% (je nach Saattermin). Osterburg u.a. (2007):

Reduktion der jährlichen N-Fracht um

15-25 kg N/ha bei frühem Umbruch.

25-50kg N/ha bei spätem Umbruch.

30-60kg N/ha bei winterharter Zwischenfrucht und spätem Umbruch.

**Erfolg, wenn...** Effekt auf Nitratauswaschung nicht direkt quantifizierbar. Literaturwerte erlauben Abschätzung. Anrechnung für Folgekultur

### Kommentar

-

### Enthalten in

Nitratprojekt Chrummenlanden (SH)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)  
Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE)  
Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)  
Nitratprojekt Wohlenschwil (AG)

---

### Weiterführende Information und Literatur

- Abdalla, M., Hastings, A., Cheng, K., Yue, Q., Chadwick, D., Espenberg, M., Truu, J., Rees, R.M., Smith, P. A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. *Glob Chang Biol.* 2019. <https://doi.org/10.1111/gcb.14644>
- BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>
- Boden.Wasser.Schutz.Beratung. Boden- und Gewässerschutz durch Zwischenfruchtanbau. Bericht im Auftrag der Landwirtschaftskammer Oberösterreich. 2014. [https://www.bwsb.at/media.php?filename=download%3D%2F2014.05.08%2F1399549611638714.pdf&rn=2014\\_05\\_07\\_ZWISCHENFRUCHTANBAU.pdf](https://www.bwsb.at/media.php?filename=download%3D%2F2014.05.08%2F1399549611638714.pdf&rn=2014_05_07_ZWISCHENFRUCHTANBAU.pdf)
- De Notaris, C., Rasmussen, J., Sørensen, P., & Olesen, J. E. Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. *Agric Ecosyst Environ.* 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.009>
- Eriksen, J., Askegaard, M. & Kristensen, K. Nitrate leaching from an organic dairy crop rotation: the effects of manure type, nitrogen input and improved crop rotation. *Soil Use Manag.* 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2004.tb00336.x>
- Leimer S, Oelmann Y, Wirth C, Wilcke W. Time matters for plant diversity effects on nitrate leaching from temperate grassland. *Agric Ecosyst Environ.* 2015. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.06.002>
- Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)
- SNT. Swiss No-Till Guide II: Gründüngungen. Merkblatt.; 2019. [https://no-till.ch/wp-content/uploads/2020/04/Swiss\\_No\\_Till\\_SNT\\_Guide\\_II\\_Gruenduengungen\\_DE\\_Display.pdf](https://no-till.ch/wp-content/uploads/2020/04/Swiss_No_Till_SNT_Guide_II_Gruenduengungen_DE_Display.pdf)
- Thapa, R., Mirsky, S.B., Tully, K.L., Cover Crops Reduce Nitrate Leaching in Agroecosystems: A Global Meta-Analysis. *J Environ Qual.* 2018. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.03.0107>
- Thorup-Kristensen, K., Rasmussen, C.R. Identifying new deep-rooted plant species suitable as undersown nitrogen catch crops. *J Soil Water Conserv.* 2015. <https://www.jswnonline.org/content/jswn/70/6/399.full-text.pdf>

## 2.2.2 Zwischenfruchtanbau zwischen zwei Winterkulturen

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

### Möglichkeit für Ausgestaltung

Zwischenfruchtanbau zwischen zwei Winterkulturen, z.B. zwischen zwei Wintergetreidekulturen oder zwischen Raps und Wintergetreide.

Bsp.: Winterrübsen vor Winterweizen, Gelbsenf vor Wintergerste.

### Perspektive Grundwasser

Winterrübsen haben ein hohes N-Aneignungspotenzial, aber eine vergleichsweise schwer zersetzbare Pflanzenbiomasse. → Vermeidung von N-Überschüssen / Mineralisierung im Herbst.

Reduzierte Sickerwasserbildung.

### Perspektive Landwirtschaft

- Relativ kurzes Zeitfenster für Zwischenkulturanbau.
- Zusätzlicher Aufwand (finanziell und Arbeitsstunden) für Einsäen und Abschlegeln der Zwischenkultur.
- Wirkt positiv auf Bodenfruchtbarkeit und vermindert Erosionsrisiko.

**Akzeptanz:** mittel

### Aufwand / Ablauf

Bsp.: Winterrübsen vor Winterweizen: Saat Rübsen bis 15.8.; Umbruch / Winterweizensaat nicht vor 10.10.; keine N-Düngung zu Rübsen oder Weizen im Aussaatjahr.

### Voraussetzungen / Bedingungen

Vorkultur mit Erntetermin vor 15.8.

Ausreichende Wasserverfügbarkeit im Herbst notwendig.

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 10-30 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** Effekt auf Nitratauswaschung nicht direkt quantifizierbar. Literaturwerte erlauben Abschätzung.

### Kommentar

Expertenkommentar Osterburg u.a. (2007): Bis jetzt wenig etablierte Massnahme mit vielversprechenden Versuchsergebnissen. Witterungsabhängig!

### Enthalten in

-

### Weiterführende Information und Literatur

Boden.Wasser.Schutz.Beratung. Begrünungseinsaat bei Getreide. 2018.

[https://ktn.lko.at/pages/versuchsberichte\\_pdfs/2018/18\\_Zwischenfrucht%20Praxisversuch\\_K\\_AV\\_Adlwang\\_454\\_1\\_Steyr-Land\\_EJ.pdf](https://ktn.lko.at/pages/versuchsberichte_pdfs/2018/18_Zwischenfrucht%20Praxisversuch_K_AV_Adlwang_454_1_Steyr-Land_EJ.pdf)

Boden.Wasser.Schutz.Beratung. Boden- und Gewässerschutz durch Zwischenfruchtanbau. Bericht im Auftrag der Landwirtschaftskammer Oberösterreich. 2014.

[https://www.bwsb.at/media.php?filename=download%3D%2F2014.05.08%2F1399549611638714.pdf&rn=2014\\_05\\_07\\_ZWISCHENFRUCHTANBAU.pdf](https://www.bwsb.at/media.php?filename=download%3D%2F2014.05.08%2F1399549611638714.pdf&rn=2014_05_07_ZWISCHENFRUCHTANBAU.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P.

Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

### 2.2.3 Bunt- und Rotationsbrachen

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Einsaat winterharter leguminosenfreier Gräser-/Kräutermischungen vor dem 1.9.; keine Beweidung, keine Düngung. Evtl. auch Frühjahrsanlage sinnvoll.

#### Perspektive Grundwasser

Im Gegensatz zu Kunstwiese keine Leguminosen und keine Düngung erlaubt.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Biodiversitätsförderflächen.
- Während mind. 2 Jahren kein Ertrag von Fläche (bei Buntbrache sogar 2-8 Jahre); Verlust produktiver Fläche.

#### Akzeptanz: **mittel**

#### Aufwand / Ablauf

Anlage der Brache (Bodenbearbeitung, Aussaat); regelmässige Kontrolle auf Problemunkräuter und Verbuschung → mechanisch bekämpfen.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Ausreichende Wasserverfügbarkeit im Herbst bei Anlage im Herbst.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 30-70kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** Effekt auf Nitratauswaschung nicht direkt quantifizierbar. Literaturwerte erlauben Abschätzung.

#### Kommentar

Grundsätzlich Synergie mit Biodiversitätsförderung.

Aktueller Konflikt zwischen Grundwasserschutz vs. Biodiversitätsförderflächen im Schweizer Bundesvollzug: Ab 2024 müssen auf mindestens 3.5 % der Ackerflächen Biodiversitätsförderflächen angelegt werden, welche auf allen Flächen des Betriebs rotieren müssen. Im Sinne des Gewässerschutz wäre jedoch eine möglichst dauerhafte Extensivierung bzw. Stilllegung anzustreben. Ausnahmeregeln für Nitratprojektgebiete (Art. 62a GSchG) sind in Abklärung (Stand Januar 2023).

#### Enthalten in

Nitratprojekt Chrummenlanden (SH)  
Wasserschutzgebiet Grünbachgruppe  
Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

FiBL & Vogelwarte. Biodiversität auf dem Landwirtschaftsbetrieb. Biodiversitätsförderflächen. Foliensammlung. 2019. [https://www.agri-biodiv.ch/fileadmin/biodiversitaet/documents/de/Folien-Biodiv-4-Biodiversitaetsfoerderflaechen\\_20190329.pdf](https://www.agri-biodiv.ch/fileadmin/biodiversitaet/documents/de/Folien-Biodiv-4-Biodiversitaetsfoerderflaechen_20190329.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

### 2.3.1 Förderung N-effizienter Alternativ-Kulturen (einjährig)

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Kanton Landwirt:in	Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Anbau grundwasserverträglicher Alternativ-Kulturen mit geringerem N-Bedarf bzw. höherer N-Effizienz (z.B. Hafer, Dinkel, (Sommer-)Braugerste, Sorghum, Rispenhirse, Amaranth, Buchweizen, Quinoa, Mohn, Öllein, Hanf, Färberdistel).

#### Perspektive Grundwasser

Kulturen mit effizienter N-Nutzung / geringem N-Bedarf erfordern weniger Düngung → geringere N-Inputs; tatsächliche Reduktion der Auswaschung hängt jedoch massgeblich von angepasster Düngung ab. Ggf. Kombination mit Begrenzung der Düngermenge.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Interessante Alternativkulturen.
- Bei einigen Kulturen eventuell zusätzliches Know-How notwendig.
- Absatzmarkt muss gesichert sein.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Anpassung der Fruchtfolge und entsprechend Düngeplanung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Wissensaneignung zu aktuell wenig etablierten Kulturen.

Kombination mit 2.2.1 *Zwischenfruchtanbau zwischen zwei Hauptkulturen* interessant bei spätem Anbauermin der Folgekultur.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-20kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Ist in den revidierten Massnahmen des Nitratprojekts Niederbipp-Gäu-Olten (2021) bereits enthalten. Weitere Kulturen (inklusive deren Absatzkanäle) sollten geprüft werden, z.B. Sonnenblumen, Keksweizen.

#### Enthalten in

Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE) (in Erprobung seit Revision 2021)

Wasserschutzgebiet Grünbachgruppe

#### Weiterführende Information und Literatur

Amt für Umwelt Solothurn, Amt für Landwirtschaft Solothurn. Nitratprojekt nach Art. 62a GSchG Verminderung Der Nitratbelastung in der Region Niederbipp-Gäu-Olten. Antrag zur Erneuerung des Nitratprojekts 2021-2026.; 2020.

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

### 2.3.2 Förderung mehrjährige Kulturen: Haselnusssträucher

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Anlegen von Haselnussstrauchplantagen.

#### Perspektive Grundwasser

Ausdauernde Kultur kann Winterauswaschung reduzieren.  
 Extensivere Düngung verglichen mit Ackerbau.  
 Keine / wenig Bodenbearbeitung.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Möglicherweise attraktiver Absatzmarkt.
- Entspricht längerfristiger Umnutzung.
- Insbesondere in den ersten Jahren keinen Ertrag, bei guter Pflege jedoch bis zu 40 Jahre Ertrag; Vollertrag ab dem 10. Jahr.
- Kann auch in Form von Strauchreihen in Kombination mit Ackerbau umgesetzt werden (Vgl. 5.2.2 Agroforst).

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Anlage einer Haselnussplantage.  
 Investition in angepasste Mechanisierung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Angepasste Mechanisierung für Ernte und Nachernteaufbereitung.  
 Know-How und Beratung.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hoch.

**Erfolg, wenn...** extensiverer Anbau als Ackerbau.

#### Kommentar

Ist in den revidierten Massnahmen des Nitratprojekts Niederbipp-Gäu-Olten (2021) bereits enthalten.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

- BioSuisse. Wo Haselnüsse auf Bäumen wachsen. 2021. <https://www.bio-suisse.ch/de/biosuisse-erleben/blog/posts/2021/01/wo-haselnuesse-auf-baeumen-wachsen.html> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).
- Industrieverband Agrar. Haselnussanbau: Erfolg mit Wissen, Erfahrung und Mechanisierung. 2014. <https://www.iva.de/iva-magazin/umwelt-verbraucher/haselnussanbau-erfolg-mit-wissen-erfahrung-und-mechanisierung> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).
- Siegler, H. Blatt- und Bodendüngung im Haselnussanbau. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau. O.D. <http://www.haselnussanbau-verein.de/mediapool/71/714618/data/Haselnuss-Duengung.pdf>

### 2.3.3 Förderung mehrjährige Ackerkulturen: mehrjähriges Getreide

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Feld	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Mehrjähriges Getreide.

Bsp.: Waldstaudenroggen, Kernza®, etc.

#### Perspektive Grundwasser

Ausdauernde Kultur kann Winterauswaschung reduzieren.

In der Regel extensivere Bewirtschaftung.

Keine Bodenbearbeitung; dafür nach Umbruch allenfalls erhöhtes Risiko aufgrund von Aufbau organischer Bodensubstanz während der Wuchsphase.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Möglicherweise Zweifach-Nutzung (Schnittnutzung für Futter im 1. Jahr, Körnerernte im 2. Jahr).
- Weniger Aufwand.
- Geringere Erträge.
- Bewirtschaftungsempfehlungen und Sortenzüchtung noch in Entwicklung.

#### Akzeptanz: ?

#### Aufwand / Ablauf

Wenig etabliert.

Geringerer Aufwand bei Kulturführung da mehrjährig.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Züchterische Weiterentwicklung.

Absatzmarkt (für Waldstaudenroggen evtl. gegeben).

Know-How.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Unklar.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Im Entwicklungsstadium und noch nicht "reif" für flächendeckende Förderung.

Als zusätzliche, innovative Massnahme ggf. unterstützenswert.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Öko-BeratungsGesellschaft mbH. Schlussbericht zum Thema Erforschung des Potenzials, das perennierender Weizen in Deutschland bietet. ökolandbau.de. 2020.

[https://service.ble.de/ptdb/index2.php?detail\\_id=322356&site\\_key=141&stichw=2815OE065&foerdrPg=170254&zeilenzahl\\_zaehler=1&pId=322356&dId=35006752](https://service.ble.de/ptdb/index2.php?detail_id=322356&site_key=141&stichw=2815OE065&foerdrPg=170254&zeilenzahl_zaehler=1&pId=322356&dId=35006752)

Schweizerbauer. Grand Prix Bio Suisse für Waldstaudenrogge. 2018.

<https://www.schweizerbauer.ch/pflanzen/spezialkulturen/grand-prix-bio-suisse-fuer-waldstaudenroggen/> (zuletzt abgerufen am 8.7.2022)

### 2.3.4 Förderung mehrjährige Ackerkulturen: ausdauernde Energiepflanzen

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / (GB)?	Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Ausdauernde Energiepflanzen.

Bsp.: Durchwachsene Silphie (Energiepflanze, aber auch als Futterpflanze geeignet); Miscanthus.

#### Perspektive Grundwasser

Durchwachsene Silphie: ausdauernde Kultur; nach Ernte im Spätsommer treibt Pflanze nochmal aus und nimmt N aus Boden in abfrierende Blattmasse auf.

#### Perspektive Landwirtschaft (Silphie)

- Interessante, permanente Kultur mit geringem Aufwand in Bezug auf Bodenbearbeitung und Herbizideinsatz; blühende Hauptkultur und Nischenbildung durch ausdauernden Wuchs.
- Energiepflanzenproduktion konkurrenziert Nahrungsmittelproduktion; Silphie kann aber auch als Tierfutter genutzt werden
- Erträge bleiben sowohl als Energie- als auch als Futterpflanze ca. 20 % hinter Mais zurück → Ertragseinbussen.
- Etablierung durch Lohnunternehmer, sonst schwierig.

**Akzeptanz: ?**

#### Aufwand / Ablauf

Für durchwachsene Silphie: Aussaat Ende April (Pflanzung ebenfalls möglich); im Pflanzungsjahr keinen Ertrag und nur wenig N-Düngung notwendig (50-80kg N).

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Eignung im Gäu prüfen.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Trotz hoher Düngungsempfehlung (150-200kg N/ha) in Baden-Württemberg (D) als grundwasserverträglich eingestuft aufgrund ausdauerndem Wuchs >10 Jahre.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Gewässerschutz mit nachwachsenden Rohstoffen. 2018.

[http://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Broschuere\\_Gewaesserschutz\\_Web.pdf](http://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Broschuere_Gewaesserschutz_Web.pdf)

Grunwald, D.; Panten, K.; Schwarz, A.; Bischoff, W.-A.; Schittenhelm, S.: Comparison of maize, permanent cup plant and a perennial grass mixture with regard to soil and water protection. *GCB Bioenergy*. 2020.

<https://doi.org/10.1111/gcbb.12719>

LTZ Augustenberg. Durchwachsene Silphie.; 2015. [https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents\\_E702577940/MLR.LEL/PB5Documents/ltz\\_ka/Service/Schriftenreihen/Hinweise%20zum%20Pflanzenbau/Durchwachsene\\_Silphie\\_DL/Durchwachsene%20Silphie.pdf](https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E702577940/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Service/Schriftenreihen/Hinweise%20zum%20Pflanzenbau/Durchwachsene_Silphie_DL/Durchwachsene%20Silphie.pdf)

TerrAquat. Silphie-Dauerkulturen: Ein Beitrag zum Wasser- und Bodenschutz. [https://www.terraquat-gmbh.com/deutsch/referenzen/ap\\_silphie.php?s=3&a=31](https://www.terraquat-gmbh.com/deutsch/referenzen/ap_silphie.php?s=3&a=31) (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

### 2.3.5 Diversifizierte Gründüngungs-/Wiesenmischungen

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Diversifizierte Gründüngungsmischungen bieten Vorteile durch unterschiedliche Durchwurzelungstiefe, N-Aufnahme und Bedingungen für Wachstum (z.B. auch in Bezug auf Trockenstress).

#### Perspektive Grundwasser

Bessere N-Ausnutzung durch diversere Pflanzenbestände.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Höhere Resilienz von diversifizierten Pflanzenbeständen.

**Akzeptanz:** gut (ggf. abhängig von angestrebter Futterqualität)

#### Aufwand / Ablauf

Evtl. höhere Saatgutkosten.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Angepasste Auswahl, auch in Bezug auf Fruchtfolgekrankheiten.

Gründüngung darf nicht gedüngt werden und muss auf Folgekultur angerechnet werden.

Kombination mit 1.1.4 *Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan* und 1.1.5 *Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel. Gründüngungen allgemein haben hohes Reduktionspotenzial; Unterschied diversifizierte Mischung vs. Reinsaat / einfache Mischung wahrscheinlich eher gering.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar

#### Kommentar

#### Enthalten in

(Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW))

#### Weiterführende Information und Literatur

Kivelitz H.. Die richtige Zwischenfrucht. Auswahl von Zwischenfrüchten unter Berücksichtigung von Fruchtfolge und Saatzeit. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. O.D.

[https://www.landwirtschaftskammer.de/riswick/versuche/pflanzenbau/zwischenfruechte/veroeffentlichungen/Zwischenfruechte\\_Fruchtfolgen.pdf](https://www.landwirtschaftskammer.de/riswick/versuche/pflanzenbau/zwischenfruechte/veroeffentlichungen/Zwischenfruechte_Fruchtfolgen.pdf)

Leimer S, Oelmann Y, Wirth C, Wilcke W. Time matters for plant diversity effects on nitrate leaching from temperate grassland. *Agric Ecosyst Environ.* 2015. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.06.002>

SNT. Swiss No-Till Guide II: Gründüngungen. Merkblatt.; 2019. [https://no-till.ch/wp-content/uploads/2020/04/Swiss\\_No\\_Till\\_SNT\\_Guide\\_II\\_Gruenduengungen\\_DE\\_Display.pdf](https://no-till.ch/wp-content/uploads/2020/04/Swiss_No_Till_SNT_Guide_II_Gruenduengungen_DE_Display.pdf)

## 2.4.1 Flächenbeschränkung / Anteil Kulturen mit hohem Nitratauswaschungspotenzial in Fruchtfolge einschränken

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Betrieb	A-Massnahme

### Möglichkeit für Ausgestaltung

Vorgaben zur Fruchtfolge, die den Anteil von Kulturen mit hohem Nitratauswaschungspotenzial in der Fläche oder deren Häufigkeit in der Fruchtfolge beschränken.

Reduktion Hackfruchtanteil (allgemein)

Reduktion von spezifischen Kulturen mit hohem Nitratauswaschungspotenzial, z.B. Kartoffeln / Mais u.ä.

Beschränkung Körnerleguminosenanteil

Flächenbeschränkung Feldgemüsebau

*Bsp. Nitratprojekt Chrummenlanden (SH):* Zucker- / Futterrüben, Mais, Kartoffeln max. 2x in 6 Jahren (d.h. Hackfrüchte max. 33 %); Getreide max. 3x in 6 Jahren (50 %); Kunstwiese oder Rotationsbrache mindestens 1x in 6 Jahren (17 %). Viehlose Betriebe mit hohem Anteil an extensiven Wiesen im Projektgebiet (> 20 %) können auf Kunstwiesen, resp. Rotationsbrachen, verzichten und den Getreideanteil auf 66 % erhöhen. Kein Winterweizen nach Kartoffeln. Keine Ausdehnung der Kartoffelanbaufläche im Projektgebiet (Mittel 1998/99). Der Anbau von Gemüse und Tabak ist verboten.

*Bsp. «Grüne Fruchtfolge» im Nitratprojekt Gimmiz (BE):* Die Ackerflächen sind nach folgender Fruchtfolge (6 Jahre) zu bewirtschaften: 1. ein Jahr Wintergetreide, 2. ein Jahr Hackfrucht (Mais oder Zuckerrüben), 3. ein Jahr Wintergetreide, 4. drei Jahre Kunstwiese (KW) zum Beispiel: Winterweizen - Zuckerrüben - Winterweizen - KW - KW - KW.

### Perspektive Grundwasser

Hackfrüchte haben durch intensive Bodenbearbeitung ein erhöhtes Nitratauswaschungspotenzial (und Erosionspotenzial).

Körnerleguminosen hinterlassen hohen N-Rückstände.

Freilandgemüseanbau ist sehr düngintensiv und hinterlässt hohe N-Mengen in Ernteresten und nicht geernteten Gemüsesätzen.

→ reduzierte Anbaufläche reduziert Auswaschung

### Perspektive Landwirtschaft

- Einschränkung Fruchtfolge.
- Insbesondere bei viehhaltenden Betrieben ist Mais wichtige Kultur.
- Viele Sommerkulturen sind Hackfrüchte → Einschränkung der Kulturwahl (Sommergetreide anbautechnisch oft weniger attraktiv, da Frühjahrsbewirtschaftung in nassen Jahren schwierig und in der Regel geringere Erträge).
- Gegenüber der allgemeinen Reduktion Hackfruchtanteil wären in weniger restriktiven Vorgaben (Reduktion spezifischer Kulturen wie beispielsweise Kartoffeln oder Mais) weniger intensive Hackfrüchte (z.B. Hirse oder Sonnenblumen) nach wie vor möglich.

**Akzeptanz: mittel (bei viehhaltenden Betrieben und Gemüsebaubetrieben schlecht)**

### Aufwand / Ablauf

Anpassung der Fruchtfolge; Ersatz von Hackfrüchten in der Fruchtfolge.

### Voraussetzungen / Bedingungen

Bei Einschränkung Maisanbau Kombination mit 4.1.2 Förderung graslandbasierter Fütterung von Rindern sinnvoll.

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021:

0-25% weniger als ohne Massnahme bei Reduktion Maisanteil.

25-50% weniger als ohne Massnahme bei Reduktion Kartoffeln, Zuckerrüben, Gemüse, Erdbeeren.

50-75% weniger als ohne Massnahme bei Beschränkung Körnerleguminosenanteil.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

## Kommentar

Schränkt Flexibilität der Landwirt:innen ein.

## Enthalten in

Nitratprojekt Chrummenlanden (SH)

Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE) (seit Revision 2021)

Nitratprojekt Wohlenschwil (AG)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

---

## Weiterführende Information und Literatur

Beaudoin N., Saad J.K., Van Laethem C., Machet J.M., Maucorps J., Mary, B. Nitrate leaching in intensive agriculture in Northern France: Effect of farming practices, soils and crop rotations. *Agric Ecosyst Environ.* 2005.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.06.006>

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Bünemann, E., Wey, H., Frick, H. Nitratauswaschung im Ackerbau: Literaturstudie und Nmin-Kampagnen Im Gäu (Olten).; 2021. [https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32\\_Wasser/1\\_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu\\_1.1\\_Literaturstudie\\_Ackerbau.pdf](https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32_Wasser/1_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu_1.1_Literaturstudie_Ackerbau.pdf)

[https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32\\_Wasser/1\\_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu\\_1.1\\_Literaturstudie\\_Ackerbau.pdf](https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32_Wasser/1_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu_1.1_Literaturstudie_Ackerbau.pdf)

De Notaris, C., Rasmussen, J., Sørensen, P., & Olesen, J. E. Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. *Agric Ecosyst Environ.* 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.009>

Stauffer W., Spiess E. Einfluss unterschiedlicher Fruchtfolgen und nachwachsender Rohstoffe auf die

Nitratauswaschung. Bericht über die 9. Gumpensteiner Lysimetertagung. 2001. [https://raumberg-](https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download-file.html?path=Tagungen%2FLysimetertagung%2FLysimetertagung_2001%2F2I_2001_stauffer.pdf)

[gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download-](https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download-file.html?path=Tagungen%2FLysimetertagung%2FLysimetertagung_2001%2F2I_2001_stauffer.pdf)

[file.html?path=Tagungen%2FLysimetertagung%2FLysimetertagung\\_2001%2F2I\\_2001\\_stauffer.pdf](https://raumberg-gumpenstein.at/forschung/infothek/downloads/download-file.html?path=Tagungen%2FLysimetertagung%2FLysimetertagung_2001%2F2I_2001_stauffer.pdf)

ZWO. Demonstrationsversuch: Stickstoffnachlieferungsfähigkeit des Bodens nach Anbau von Körnerleguminosen auf

Flächen im Wasserschutzgebiet/Klasse-C Gebiet. 2020. [https://www.zwo-wasser.de/files/wrri-](https://www.zwo-wasser.de/files/wrri-untermain/demoversuche/Stickstoffnachlieferungsf%C3%A4higkeit%20des%20Bodens%20nach%20Anbau%20von%20K%C3%B6rnerleguminosen%202020.pdf)

[untermain/demoversuche/Stickstoffnachlieferungsf%C3%A4higkeit%20des%20Bodens%20nach%20Anbau%20von%20K%C3%B6rnerleguminosen%202020.pdf](https://www.zwo-wasser.de/files/wrri-untermain/demoversuche/Stickstoffnachlieferungsf%C3%A4higkeit%20des%20Bodens%20nach%20Anbau%20von%20K%C3%B6rnerleguminosen%202020.pdf)

## 2.4.2 Mindestanteil Kunstwiese in Fruchtfolge

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / (GB)	Landwirt:in	Betrieb	C-Massnahme

### Möglichkeit für Ausgestaltung

Vorgaben zu einer Mindestanbauzeit bzw. einem Mindestanteil an Kunstwiese innerhalb einer ackerbaulichen Fruchtfolge.

*Bsp. «Grüne Fruchtfolge» im Nitratprojekt Gimmiz (BE):* Die Ackerflächen sind nach folgender Fruchtfolge (6 Jahre) zu bewirtschaften: 1. ein Jahr Wintergetreide, 2. ein Jahr Hackfrucht (Mais oder Zuckerrüben), 3. ein Jahr Wintergetreide, 4. drei Jahre Kunstwiese (KW) zum Beispiel: Winterweizen - Zuckerrüben - Winterweizen - KW - KW - KW.

### Perspektive Grundwasser

Nitratauswaschung unter Kunstwiese ist geringer als unter Ackerkulturen, insbesondere durch permanente Bedeckung und Wuchs auch während der Wintermonate.

ABER: Kunstwiesenumbruch (auch wenn dieser pfluglos erfolgt) führt zu Mineralisierung des akkumulierten organischen Materials und damit zu einem besonders hohen Auswaschungspotenzial. Je seltener ein Kunstwiesenumbruch erfolgt, desto geringer das Auswaschungspotenzial. Ein verlängerter Anbau steigert jedoch die Anreicherung von organischer Bodensubstanz und die nachfolgende Mineralisierung. Unklar wie sich Reduktion der Auswaschung während des Kunstwiesenanbaus und gesteigerte Mineralisierung nach Beenden der Kunstwiese gesamthaft auswirkt.

### Perspektive Landwirtschaft

- Einschränkung Fruchtfolge.
- Reduktion der produktiven Fläche für Ackerbau.

**Akzeptanz:** mittel

### Aufwand / Ablauf

Fruchtfolge anpassen.

### Voraussetzungen / Bedingungen

Weitere Forschung notwendig.

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Unklar.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

### Kommentar

Starres System, schränkt Flexibilität der Landwirt:innen ein.

### Enthalten in

-

### Weiterführende Information und Literatur

Eriksen, J., Askegaard, M. & Kristensen, K. Nitrate leaching from an organic dairy crop rotation: the effects of manure type, nitrogen input and improved crop rotation. *Soil Use Manag.* 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2004.tb00336.x>

Kayser, M., Seidel, K., Müller, J., & Isselstein, J. The effect of succeeding crop and level of N fertilization on N leaching after break-up of grassland. *Eur J Agron.* 2008. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.06.002>

Spiess, E., Prasuhn, V., Humphrys, C. Einfluss des Umbruchstermins und des Alters einer Ansaatwiese auf die Nitratauswaschung. 17. Gumpensteiner Lysimetertagung 2017. <https://ira.agroscope.ch/it-CH/publication/36818>

### 2.4.3 Ackerbauliche Nutzung verlängern

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Betrieb	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Verlängerung der Fruchtfolge um mehr als zwei Hauptkulturen nach Kunstwiesenumbbruch.

*Bsp.:* Verlängerung der Fruchtfolge um Kulturen, die weniger N benötigen als Winterweizen, z.B. Gerste, Öllein, Hafer, Roggen, Dinkel, Triticale, Emmer / Einkorn. Alternative Sommerkulturen: Quinoa, Hirse und Sonnenblumen. Diese werden später im Frühjahr gesät als Sommergetreide und ermöglichen den Anbau einer Zwischenfrucht über den Winter.

#### Perspektive Grundwasser

Kunstwiesenumbbruch (auch wenn pfluglos) führt zu Mineralisierung des akkumulierten organischen Materials und damit zu einem besonders hohen Auswaschungspotenzial. Je seltener ein Kunstwiesenumbbruch erfolgt, desto geringer das Auswaschungspotenzial.

ABER: Grundsätzlich ist Nitratauswaschung unter Wiesen geringer als unter Ackerkulturen.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Aktuelle Fruchtfolge im Gäu oft Kunstwiese – Silomais – Wintergetreide – Kunstwiese.
- Anbau von diversifizierten Ackerkulturen ermöglicht ggf. höhere Einnahmen.

#### Akzeptanz: ?

#### Aufwand / Ablauf

Anpassung Fruchtfolge.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 2.3.1 *Förderung N-effizienter Alternativ-Kulturen (einjährig)* und 2.2.1 *Zwischenfruchtanbau zwischen zwei Hauptkulturen*.

Weitere Forschung notwendig.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Unklar.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Wegen weniger Kunstwiese könnte Humusbilanz ggf. negativ werden. Die Fruchtfolgen sollten so gestaltet werden, dass die Humusbilanz ausgeglichen ist. Bei reinen Ackerfruchtfolgen müssen Stroh / Ernterückstände auf dem Feld bleiben für eine ausgeglichene Bilanz.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Eder, G. Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumauswaschung bei Wirtschaftsdüngeranwendung im Grün- und Ackerland. 9.

Gumpensteiner Lysimetertagung. 2001. [https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/Tagungen/Lysimetertagung/Lysimetertagung\\_2001/2I\\_2001\\_eder.pdf](https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/Tagungen/Lysimetertagung/Lysimetertagung_2001/2I_2001_eder.pdf)

Helfrich, M., Nicolay, G., Well, R., Buchen-Tschiskale, C., Dechow, R., Fuss, R., Gensior, A., Paulsen, H. M., Berendonk, C. & Flesse, H. Effect of chemical and mechanical grassland conversion to cropland on soil mineral N dynamics and N<sub>2</sub>O emission. *Agric Ecosyst Environ.* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106975>

Kayser, M., Seidel, K., Müller, J., & Isselstein, J. The effect of succeeding crop and level of N fertilization on N leaching after break-up of grassland. *Eur J Agron.* 2008. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.06.002>

Stauffer, W., Spiess, E. Einfluss unterschiedlicher Nutzung und Düngung auf Sickerwassermenge und

Nitratauswaschung. 11. Gumpensteiner Lysimetertagung. 2005. [https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/Tagungen/Lysimetertagung/Lysimetertagung\\_2005/2I\\_2005\\_spiess1.pdf](https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/Tagungen/Lysimetertagung/Lysimetertagung_2005/2I_2005_spiess1.pdf)

#### 2.4.4 Verbindlicher jährlicher Wechsel Sommerung – Winterung mit Zwischenfrucht

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Feld	C-Massnahme

##### Möglichkeit für Ausgestaltung

Winterung mit nachfolgender Zwischenfrucht gefolgt von Sommerung.

##### Perspektive Grundwasser

Zwischenfrüchte nehmen im Herbst i.d.R. mehr N auf als Wintergetreide. Daher wird die N-Auswaschung im Winter verringert.

##### Perspektive Landwirtschaft

- Sommerungen teilweise weniger ertragreich (z.B. Sommergetreide).
- Je nach Befahrbarkeit im Frühjahr Schwierigkeiten bei Aussaat.
- Es gibt einige alternative Sommerungen (z.B. Sonnenblumen, Hirse, Quinoa etc.).

**Akzeptanz:** mittel

##### Aufwand / Ablauf

Anpassung Fruchtfolge.

Aber: Ist im Gäu teilweise bereits unter aktueller Praxis gegeben. In der Regel erfolgt Kunstwiesenumbbruch im Frühjahr gefolgt von Mais. Mais nach Mais in den letzten Jahren meist ohnehin nicht zulässig wegen Maiswurzelbohrer. Allerdings folgt unter aktueller Bewirtschaftungspraxis häufig auf Wintergetreide eine weitere Hauptkultur mit Herbstsaat.

##### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 2.3.1 Förderung N-effizienter Alternativ-Kulturen (einjährig).

##### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 10-30 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

##### Kommentar

Laut Expertenkommentar in Osterburg u.a. (2007) können gut etablierte Winterungen genauso effektiv sein wie Zwischenfrüchte; dies gilt vermutlich hauptsächlich für Raps. Gebot zum verbindlichen Wechsel Winterung – Sommerung ggf. zu pauschal; Experten empfehlen gewisse kritische Kulturfolgen zu verbieten (z.B. Kunstwiese – Wintergetreide).

##### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

##### Weiterführende Information und Literatur

Bünemann, E., Wey, H., Frick, H. Nitratauswaschung im Ackerbau: Literaturstudie und Nmin-Kampagnen im Gäu (Olten).; 2021. [https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32\\_Wasser/1\\_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu\\_1.1\\_Literaturstudie\\_Ackerbau.pdf](https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32_Wasser/1_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu_1.1_Literaturstudie_Ackerbau.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Stauffer, W., Spiess, E., Einfluss unterschiedlicher Fruchtfolgen auf die Nitratauswaschung. *Agrarforschung Schweiz*. 2001. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2001/08/einfluss-unterschiedlicher-fruchtfolgen-auf-die-nitratauswaschung/>

## 2.4.5 Auflagen zu kritischen Kulturübergängen und Fruchtfolgen

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	A-Massnahme

### Möglichkeit für Ausgestaltung

Verbot und / oder Nachbauauflagen für besonders kritische Kulturabfolgen.

*Bsp. Nitratprojekt Chrummenlanden (SH):* Kein Winterweizen nach Kartoffeln.

*Bsp. Nitratprojekt Wohlenschwil (AG):*

Anbau von Körnerleguminosen nur erlaubt, wenn die folgende Haupt- oder Zwischenkultur bis zum 31. Aug. angesät ist und bis 15. Feb. bestehen bleibt; keine N-Düngung zur folgenden Kultur.

Nach Kartoffeln muss zwingend eine winterharte Zwischenkultur oder Winterkultur angesät werden.

Der Anbau einer Zweitkultur (z.B. Gemüse, inklusive Konserven- und Verarbeitungsgemüse) nach der Ernte der Hauptkultur ist nicht zulässig.

*Bsp:* Kultur mit hohem N-Aneignungsvermögen unmittelbar nach Kunstwiesenumbruch.

### Perspektive Grundwasser

Kulturübergänge haben entscheidende Rolle bei Nitratauswaschung. Dabei spielen Nmin-Reste der Vorkultur, Bodenbearbeitung zur Ernte bzw. Saat, N-Menge in Ernterückständen sowie N-Aneignungsvermögen der Folgekultur die entscheidenden Rollen.

### Perspektive Landwirtschaft

- Einschränkung Fruchtfolge.

### Akzeptanz: mittel

### Aufwand / Ablauf

Einbezug in Fruchtfolgeplanung.

### Voraussetzungen / Bedingungen

-

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel bis hoch.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

### Kommentar

Im aktuellen Nitratindex werden besonders kritische Kulturkombinationen aus Vor-/Hauptkultur durch hohe Punktzahl gestraft und somit indirekt unterbunden.

### Enthalten in

Nitratprojekt Chrummenlanden (SH)

Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE)

Nitratprojekt Wohlenschwil (AG)

Wasserschutzgebiet Grünbachgruppe

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

### Weiterführende Information und Literatur

Børgesen, C. D., Pullens, J. W., Zhao, J., Blicher-Mathiesen, G., Sørensen, P., & Olesen, J. E. NLES5—An empirical model for estimating nitrate leaching from the root zone of agricultural land. *Eur J Agron.* 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126465>

Nievergelt, J. Nitrat und Fruchtfolgen 20 Jahre lang beobachtet. *Agrarforschung Schweiz.* 2002.

<https://www.agrarforschungschweiz.ch/2002/01/nitrat-und-fruchtfolgen-20-jahre-lang-beobachtet/#links>

Stauffer, W., Spiess, E. Einfluss organischer und mineralischer Düngung auf die Nährstoffauswaschung. *Agrarforschung Schweiz.* 2001. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2001/08/einfluss-unterschiedlicher-fruchtfolgen-auf-die-nitratauswaschung/#links>

Vetsch, A., Nitratindex. Dokumentation zum "Einschätzungssystem der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung bezüglich der Gefährdung von Nitratauswaschung ins Grundwasser". p. 22. 2000.

### 3.1.1 Reduzierte Bodenbearbeitung: Mulchsaat

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Mulchsaat: pfluglose Einsaat der Hauptkultur in die Erntereste der Vorrucht, der Zwischenfrucht oder der Untersaat. Durch Stoppelbearbeitung und ggf. flachgründige Grundbodenbearbeitung können Ernterückstände oberflächlich eingearbeitet werden.

#### Perspektive Grundwasser

Minimierung von Zeiträumen ohne Bodenbedeckung.

Reduzierte Mineralisierungsschübe.

Verminderung Oberflächenabfluss.

ABER: Wird eine Fläche, die länger nur reduziert bearbeitet wurde, wieder gepflügt, besteht Potenzial für sehr hohe Mineralisierungsschübe.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Reduktion von Bearbeitungsdurchgängen (Arbeits- und Treibstoffkosten).
- Bessere Befahrbarkeit, bessere Infiltration von Starkregen, verminderte Erosionanfälligkeit.
- Erfordert angepasste Mechanisierung / Abhängigkeit von Lohnunternehmer.
- Möglicherweise erhöhter Unkraut- und Schädlingsdruck.
- Mehr Pflanzenschutz.
- Insbesondere nach Mais Problem mit Fusarien, Maiszünsler.

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Mulchen der Winterbegrünung.

Flache, nicht wendende Bodenbearbeitung bis max. 10 cm Tiefe.

Anpassung Fruchtfolge, wenn konsequent auf konservierende Bodenbearbeitung gesetzt wird.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Mulchen kurz vor Neubestellung.

Vorgaben zur Integration der Mulchsaat in Anbauverfahren (zu definieren: komplette Umstellung auf pfluglose Bearbeitung oder ist Kombination mit Kulturen, zu denen gepflügt wird, zulässig?).

Im Gemüsebau bis jetzt weniger etabliert, für tiefwurzelnde Gemüsearten aber bereits praxistauglich.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-25 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Sämtliche Massnahmen zur reduzierten Bodenbearbeitung nur effektiv für die Reduktion der Nitratauswaschung, wenn Gesamtsystem umgestellt wird.

#### Enthalten in

(früher: Nitratprojekt Chrummenlanden (SH))

Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE)

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Katroschan K. U., 2013. Konservierende Bodenbearbeitung (auch) im Gemüsebau? Möglichkeiten und Grenzen des Pflugverzichts im Feldgemüsebau. Versuchsergebnisse 2011-2013. Profi-Tag Gemüsebau. Hannover-Ahlem. 2013. <https://docplayer.org/66584013-Konservierende-bodenbearbeitung-auch-im-gemuesebau-moeglichkeiten-und-grenzen-des-pflugverzichts-im-feldgemuesebau-versuchsergebnisse.html> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

- Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)
- Schuller, J. Gedeckter Boden geht auch mit Gemüse und hat sich bewährt. Bauernzeitung. 2022. <https://www.bauernzeitung.ch/artikel/pflanzen/gedeckter-boden-geht-auch-mit-gemuese-und-hat-sich-bewaehrt-418596> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).
- Schwarz, R., Chervet, A., Hofer, P., Sturny, W.G. Zuber, M. Kanton Bern fördert Ressourcen schonenden Ackerbau. *Agrarforschung Schweiz*. 2007. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2007/03/kanton-bern-foerdert-ressourcen-schonenden-ackerbau/#links> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).
- SNT. Swiss No-Till Guide I: Konservierende Landwirtschaft. Merkblatt.; 2019. [https://no-till.ch/wp-content/uploads/2020/04/Swiss\\_No\\_Till\\_SNT\\_Guide\\_I\\_Konservierende\\_Landwirtschaft\\_DE\\_Display.pdf](https://no-till.ch/wp-content/uploads/2020/04/Swiss_No_Till_SNT_Guide_I_Konservierende_Landwirtschaft_DE_Display.pdf)
- SNT. Swiss No-Till Guide IV: Pflanzenschutzmittel-Reduktion. Merkblatt.; 2019. [https://no-till.ch/wp-content/uploads/2020/04/Swiss\\_No\\_Till\\_SNT\\_Guide\\_IV\\_PSM\\_Reduktion\\_DE\\_Display.pdf](https://no-till.ch/wp-content/uploads/2020/04/Swiss_No_Till_SNT_Guide_IV_PSM_Reduktion_DE_Display.pdf)
- SNT. Swiss No-Till Guide VI: Planting Green von Mais. Merkblatt.; 2019. [https://no-till.ch/wp-content/uploads/2021/09/Swiss\\_No\\_Till\\_SNT\\_Guide\\_VI\\_Planting\\_Green\\_Display\\_de.pdf](https://no-till.ch/wp-content/uploads/2021/09/Swiss_No_Till_SNT_Guide_VI_Planting_Green_Display_de.pdf)

### 3.1.2 Reduzierte Bodenbearbeitung: Direktsaat

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Direktsaat: Verzicht auf Bodenbearbeitung bei Einsaat der Hauptkultur.  
Bestellung ohne jegliche Grundbodenbearbeitung oder Saatbettbereitung; Ernterückstände der Vorkultur verbleiben vollständig auf der Bodenoberfläche.

#### Perspektive Grundwasser

Minimierung von Zeiträumen ohne Bodenbedeckung.  
Fehlende Durchlüftung/Durchmischung des Bodens reduziert Mineralisierungsschübe.  
Verminderung Oberflächenabfluss.  
ABER: Wird eine Fläche, die länger nur reduziert bearbeitet wurde, wieder gepflügt, beispielsweise wegen Hackfrüchten in der Fruchtfolge, besteht Potenzial für sehr hohe Mineralisierungsschübe.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Erfordert angepasste Mechanisierung / Abhängigkeit von Lohnunternehmer.
- Möglicherweise erhöhter Unkraut- und Krankheitsdruck.
- Insbesondere nach Mais Problem mit Fusarien, Maiszünsler.
- Verzögerte Keimung von Ausfallsamen.
- Je nach Anbausystem mehr Pflanzenschutzmittel notwendig.

#### Akzeptanz: **mittel**

#### Aufwand / Ablauf

Einsaat der Hauptkultur direkt in die Stoppeln der Vorkultur.  
Vorgaben zur Intergration der Direktsaat in Anbauverfahren (zu definieren: komplette Umstellung auf pfluglose Bearbeitung oder ist Kombination mit Kulturen, zu denen gepflügt wird, zulässig?).

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Angepasste Mechanisierung.  
Kombination mit 1.2.1 Applikationstechnik: *Platzierte Düngung*, damit Dünger nicht auf Oberfläche liegen bleibt.  
Vollständige Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung erfordert ggf. eine Anpassung der Fruchtfolge.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-20 kg N/ha.  
Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021: 0-25% weniger als ohne Massnahme.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Evtl. mehr Makroporenfluss unter Direktsaat (mehr und durchgehende Regenwurmröhren); Effekt auf Nitratauswaschung diesbezüglich umstritten.  
Im Gemüsebau bis jetzt weniger etabliert, für tiefwurzelnde Gemüsearten aber bereits praxistauglich.  
Sämtliche Massnahmen zur reduzierten Bodenbearbeitung nur effektiv für die Reduktion der Nitratauswaschung, wenn Gesamtsystem umgestellt wird.

#### Enthalten in

Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE)  
Nitratprojekt Wohlenschwil (AG)  
Wasserschutzgebiet Grünbachgruppe

#### Weiterführende Information und Literatur

- Anken, T. Pflanzenentwicklung, Stickstoffdynamik und Nitratauswaschung gepflügter und direktgesäter Parzellen.  
Dissertation ETH No. 15393. 2004. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-004751975>
- Anken, T. Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Nitratauswaschung. *FAT-Berichte Nr. 598*. 2003.  
<https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/17660>
- BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

- Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)
- SNT. Swiss No-Till Guide V: Den Boden düngen. Merkblatt.; 2019. [https://no-till.ch/wp-content/uploads/2021/09/Swiss\\_No\\_Till\\_SNT\\_Guide\\_V\\_Boden\\_duengen\\_Display\\_de.pdf](https://no-till.ch/wp-content/uploads/2021/09/Swiss_No_Till_SNT_Guide_V_Boden_duengen_Display_de.pdf)
- Schuller, J. Gedeckter Boden geht auch mit Gemüse und hat sich bewährt. Bauernzeitung. 2022. <https://www.bauernzeitung.ch/artikel/pflanzen/gedeckter-boden-geht-auch-mit-gemuese-und-hat-sich-bewaehrt-418596> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).
- Spiess, E., Humphrys, C., Richner, W., Schneider, M. K., Piepho, H. P., Chervet, A., & Prasuhn, V. Does no-tillage decrease nitrate leaching compared to ploughing under a long-term crop rotation in Switzerland? *Soil Tillage Res.* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104590>

### 3.1.3 Reduzierte Bodenbearbeitung: Streifensaat

Fokus AB / GB	Umsetzungsebene Landwirt:in	Wirkungsebene Feld	Einordnung C-Massnahme
------------------	--------------------------------	-----------------------	---------------------------

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Bodenbearbeitung nicht flächig, sondern in Streifenform; die Bereiche zwischen den bearbeiteten Bodenstreifen bleiben unbearbeitet.

Bsp.: Streifenfrässaat

#### Perspektive Grundwasser

Minimierung von Zeiträumen ohne Bodenbedeckung.

Fehlende Durchlüftung / Durchmischung des Bodens reduziert Mineralisierungsschübe.

Verminderung Oberflächenabfluss.

ABER: In der Regel mit mehr Pflanzenschutzmitteleinsatz verbunden.

ABER: evtl. verzögerte Mineralisierungsschübe, wenn Fläche später wieder komplett gepflügt wird.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Erforderter angepasste Mechanisierung / Abhängigkeit von Lohnunternehmer
- Möglicherweise erhöhter Unkrautdruck.
- Probleme bei Bodenstruktur weniger stark zu erwarten als in Direkt- / Mulchsaat-Verfahren.
- Mehr Pflanzenschutzmitteleinsatz.
- Kosteneinsparung, da weniger Fläche bearbeitet wird (Zeit- und Treibstoffersparnis).

**Akzeptanz: gut bis mittel**

#### Aufwand / Ablauf

Für Maisstreifenfrässaat in Kunstwiese: Mähen und Siliieren der Wiese, Abspritzen mit Breitbandherbizid (Glyphosat); oft Nachbehandlung mit selektiven Herbiziden notwendig!

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Angepasste Mechanisierung/Zusammenarbeit mit Lohnunternehmer.

Kombination mit 1.2.1 Applikationstechnik: Platzierte Düngung, damit Dünger nicht auf Oberfläche liegen bleibt.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021: 0-25% weniger als ohne Massnahme.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Im Gemüsebau bis jetzt weniger etabliert, insbesondere für tiefwurzelnde Gemüsearten aber bereits praxistauglich. Ergebnisse aus dem NitroGäu-Forschungsprojekt zeigen keine Reduktion der Nitratauswaschung durch Streifenfrässaat von Mais.

Sämtliche Massnahmen zur reduzierten Bodenbearbeitung nur effektiv für die Reduktion der Nitratauswaschung, wenn Gesamtsystem umgestellt wird.

#### Enthalten in

Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE)

#### Weiterführende Information und Literatur

Anken, T., Albisser, G., Berweger, J. senior, Berweger, J. junior, Krummenacher, J., Senn, R., Brönimann, A. Tipps aus 20 Jahren Erfahrungen Streifenfrässaat. Agridea. 2010.

[https://agridea.abacuscity.ch/abauserimage/Agridea\\_2\\_Free/1505\\_2\\_D.pdf?xet=1657598695138](https://agridea.abacuscity.ch/abauserimage/Agridea_2_Free/1505_2_D.pdf?xet=1657598695138)

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Schuller, J. Gedeckter Boden geht auch mit Gemüse und hat sich bewährt. *Bauernzeitung*. 2022.

<https://www.bauernzeitung.ch/artikel/pflanzen/gedeckter-boden-geht-auch-mit-gemuese-und-hat-sich-bewaehrt-418596> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

Walther U., Jäggi F., Waldburger M. Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993: Nmin-Gehalte des Bodens.  
*Agrarforschung Schweiz*. 1995. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/1995/09/nmin-gehalte-des-bodens/>

### 3.1.4 Zeitpunkt für Bodenbearbeitung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Kein Wiesenumbruch im Herbst.

Bodenbearbeitung schonend und möglichst kurz vor Aussaat Folgekultur.

Bsp.: Sperrfristen für Bodenbearbeitung, (Nitratprojekt Chrummenlanden (SH): keine Bodenbearbeitung zwischen 15.11 und 15.2.).

Vorgaben zum maximalen Abstand zwischen Bodenbearbeitung und Aussaat Folgekultur.

#### Perspektive Grundwasser

Kein Mineralisierungsschub im Herbst.

Möglichst kurze Brachezeiten nach Umbruch / Bodenbearbeitung minimieren Auswaschung.

Aber: Indizien, dass nach Wiesenumbruch (auch wenn dieser pfluglos erfolgt) Nmin-Gehalte im Boden für mehrere Jahre erhöht bleiben → Management und Fruchtfolge über längere Zeitraum anpassen! (Helfrich u.a. 2020).

#### Perspektive Landwirtschaft

- Einschränkung Fruchtfolge.
- Ggf. Befahrbarkeitsproblem im Frühjahr.

**Akzeptanz:** gut bis mittel

#### Aufwand / Ablauf

Anpassung Fruchtfolge.

#### Voraussetzungen / Bedingungen:

Evtl. Kombination mit 3.1.1 *Reduzierte Bodenbearbeitung: Mulchsaat*, 3.1.2 *Reduzierte Bodenbearbeitung: Direktsaat* oder 3.1.3 *Reduzierte Bodenbearbeitung: Streifensaart*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Unklar, hängt stark von Witterung ab.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar. Minimierung von Bracheperioden; kein Wiesenumbruch im Herbst.

#### Kommentar

Durch Vorgaben im Nitratindex findet bereits jetzt in der Regel kein Wiesenumbruch im Herbst statt. Indirekte Regelung über Fruchtfolgevorgaben!

#### Enthalten in

Nitratprojekt Chrummenlanden (SH)

Nitratprojekt Wohlenschwil (AG)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

European Commission. The Nitrates Directive.; 1991. [https://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/index\\_en.html](https://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/index_en.html) (zuletzt abgerufen am 4.1.2023)

Helfrich, M., Nicolay, G., Well, R., Buchen-Tschiskale, C., Dechow, R., Fuss, R., Gensior, A., Paulsen, H. M., Berendonk, C. & Flesse, H. Effect of chemical and mechanical grassland conversion to cropland on soil mineral N dynamics and N<sub>2</sub>O emission. *Agric Ecosyst Environ.* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106975>

Myrbeck, A., Stenberg, M., & Rydberg, T. Establishment of winter wheat—Strategies for reducing the risk of nitrogen leaching in a cool-temperate region. *Soil Tillage Res.* 2012. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.01.007>

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Velthof, G.L., Hoving, I.E., Dolfing, J., Smit, A., Kuikman, P.J., Oenema, O., Method and timing of grassland renovation affects herbage yield, nitrate leaching, and nitrous oxide emission in intensively managed grasslands. *Nutr Cycl Agroecosystems*. 2010. <https://doi.org/10.1007/s10705-009-9302-7>

### 3.2.1 Saattermin

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Winterkulturen mit frühem Saattermin bzw. Zwischenfrüchte mit frühen Saatterminen fördern.

#### Perspektive Grundwasser

Früher Saattermin ermögliche N-Aufnahme im Herbst und Schutz gegen Auswaschung im Winter: Je mehr N in Biomasse, desto geringer das Auswaschungspotenzial.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Umsetzbarkeit hängt von Witterungsbedingungen / Abreifen der Vorkultur ab; ggf. muss Fruchtfolge angepasst werden.
- Bei früher Saat grössere Krankheits- und Unkrautproblematik (v.a. durch herbstkeimende Unkräuter wie Ackerfuchsschwanz).
- Frühsaaten haben geringere Saatstärken (=geringere Saatkosten) bei höherem Ertragspotenzial.
- Ausnutzen von günstigen Witterungsfenstern bei früherer Saat.
- Bei Wassermangel im Spätsommer schwierig umzusetzen.

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Frühe Aussaat von Winterkulturen bzw. Zwischenfrüchten.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Angepasste Fruchtfolge.

Kombination mit 2.2.1 *Zwischenfruchtanbau zwischen zwei Hauptkulturen* bzw. 2.2.2 *Zwischenfruchtanbau zwischen zwei Winterkulturen*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar; Minimierung von Bracheperioden.

#### Kommentar

Durch Korrekturfaktoren bereits im aktuellen Nitratindex enthalten.

Massnahme vor allem wirksam bei Raps und Zwischenkulturen; bei Wintergetreide Wirkung auf Nitratreduktion vermutlich geringer. Gemäss Rasmussen u.a. 2016 Reduktion des Herbst-Nmin-Werts bei früh gesättem Getreide bis zu 20 kg N/ha; in schweren Böden Effekt auf Nitratauswaschung jedoch geringer.

#### Enthalten in

Nitratprojekt Chrummenlanden (SH)  
 Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten (SO & BE)  
 Nitratprojekt Wohlenschwil (AG)  
 Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)  
 Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Rasmussen, I. S., & Thorup-Kristensen, K. Does earlier sowing of winter wheat improve root growth and N uptake? *Field Crops Res.* 2016. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.05.009>

Sieling, K., Kage, H., 2010. Efficient N management using winter oilseed rape. A review. *Agron Sustain Dev.* 2010. <https://doi.org/10.1051/agro/2009036>

- Suarez-Tapia, A., Rasmussen, J., Thomsen, I. K., & Christensen, B. T. Early sowing increases nitrogen uptake and yields of winter wheat grown with cattle slurry or mineral fertilizers. *J Agric Sci.* 2018. <https://doi.org/10.1017/S0021859618000151>
- Thapa, R., Mirsky, S.B., Tully, K.L., Cover Crops Reduce Nitrate Leaching in Agroecosystems: A Global Meta-Analysis. *J. Environ. Qual.* 2018. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.03.0107>
- Vogeler, I., Jensen, J. L., Thomsen, I. K., Labouriau, R., & Hansen, E. M. Fertiliser N rates interact with sowing time and catch crops in cereals and affect yield and nitrate leaching. *Eur J Agron.* 2021. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126244>

### 3.2.2 Saatkichte

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Feld	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Getreideengsaat.  
Maisengsaat.

#### Perspektive Grundwasser

Durch engere Saat (=höhere Saatkichte im Getreide, bzw. geringere Reihenabstände bei Mais) gleichmässiger Durchwurzelung und effizientere Nährstoffaufnahme.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Im Schnitt höhere Erträge, aber ggf. sinkende Energiedichte bei Mais.
- Ggf. höhere Ausgaben für Saatgut. Bei Mais grundsätzlich gleichbleibende Pflanzendichte sinnvoll, d.h. bei verringertem Reihenabstand grössere Abstände innerhalb der Reihe.
- Angepasste Mechanisierung notwendig.
- Verspätetes Abreifen, erhöhter Krankheitsdruck.
- Stark sortenabhängig (halm- / kornbetonte Sorten im Getreide).

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Aussaat mit vermindertem Reihenabstand (z.B. 25-45 cm statt 75 cm bei Mais).

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Angepasste Mechanisierung / Zusammenarbeit mit Lohnunternehmer.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-10 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Harms, K.-G. Maisaussaat: Genug Platz lassen. Agarheute. 2022.

<https://www.agrarheute.com/pflanze/mais/maisaussaat-genug-platz-lassen-578104> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023)

Harms, K.-G. Bestandesdichte Silomais 2007 – 2021. Landwirtschaftskammer Niedersachsen <https://www.lwk-niedersachsen.de/services/download.cfm?file=37782>

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Peyker, W., Kerschberger, M., Farack, M., Kolge, R. Standpunkt zur Standraumverteilung im Maisanbau. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. 2008. <http://www.tll.de/www/daten/publikationen/standpunkte/mais0408.pdf>

Uppenkamp, N. Praxierfahrungen mit der Mais-Engsaat. 2007. <http://www.goecke-baumaschinen.de/download/MAIS-ENGAAT.pdf>

#### 4.1.1 N-reduzierte Fütterung von Schweinen, Geflügel und Milchvieh

Fokus AB	Umsetzungsebene Landwirt:in	Wirkungsebene Betrieb	Einordnung C-Massnahme
-------------	--------------------------------	--------------------------	---------------------------

##### Möglichkeit für Ausgestaltung

Phasenfütterung bei Schweinen: je nach Lebensphase haben Schweine einen unterschiedlichen Rohproteinbedarf. Anpassung der Futtermengen reduziert N-Gehalt in Hofdünger.

N-reduzierte Fütterung führt auch bei Geflügel und Milchvieh zu reduzierten N-Gehalten in Hofdünger.

##### Perspektive Grundwasser

Geringere N-Gehalte in Hofdüngern sorgen für geringeren N-Anfall in Wirtschaftsdüngern.

Darf nicht durch Erhöhung der Tierzahl gegenkompensiert werden!

##### Perspektive Landwirtschaft

- Erhöhung der betrieblichen N-Effizienz.
- Evtl. Zufütterung mit essentiellen Aminosäuren damit keine Leistungsminderung auftritt.

##### Akzeptanz: gut

##### Aufwand / Ablauf

Evtl. Mehraufwand durch Einsatz unterschiedlicher Futtermischungen und gezielter Trennung von Altersgruppen.

Zufütterung mit Aminosäuren.

##### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 1.3.4 Hofdüngeranalytik: Laboranalytik, 1.3.5 Hofdüngeranalytik: Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) oder 1.3.6 Hofdüngeranalytik: Schnelltests.

Verbot zur Aufstockung von Viehbeständen aufgrund reduzierter N-Gehalte in Hofdüngern.

##### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007):

15-25% Reduktion des N-Saldo bei Schweinen.

bei Geflügel 5-15%.

**Erfolg, wenn...** Effekt auf Nitratauswaschung nicht direkt quantifizierbar (niedrigere N-Gehalte in Gülle).

##### Kommentar

Wird aktuell bereits in Zusammenhang mit Absenkpfad Nährstoffverluste auf Schweizer Bundesebene diskutiert. Massnahme hat gute Wirksamkeit zur Reduktion von NH<sub>3</sub>-Emissionen.

##### Enthalten in

-

##### Weiterführende Information und Literatur

Agripedia. Absenkpfad Nährstoffe. O.D. <https://agripedia.ch/focus-ap-pa/de/startseite/absenkpfad-pflanzenschutz-und-naehrstoffe-pa-iv-19-475/absenkpfad-naehrstoffe/> (zuletzt abgerufen am 8.1.2023)

Agroscope. Fütterungsempfehlungen für Schweine (Gelbes Buch). 2016. <https://www.agroscope.ch/gelbes-buch>

Agroscope. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch). 2021. Agroscope, Posieux.

[www.agroscope.ch/gruenes-buch](http://www.agroscope.ch/gruenes-buch)

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Boxberger, Mayer, J., Möller, K., Pöllinger. Praxishandbuch Organische Düngung. Agrimedia 2020. S. 429ff

Künzler, R., Weyermann, I. Projekt Absenkpfad Nährstoffverluste IGAS – SBV – SALS. 2022

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Spuhler, M., Graf, S., Weyermann, I. Stickstoffreduzierte Phasenfütterung bei Schweinen. Merkblatt. Agridea. 2022. [https://agridea.abacuscity.ch/abauserimage/Agridea\\_2\\_Free/3133\\_1\\_D.pdf?xet=1657685469036](https://agridea.abacuscity.ch/abauserimage/Agridea_2_Free/3133_1_D.pdf?xet=1657685469036)

Wasem, D., Probst, S. Proteinreduzierte Fütterung von Milchkühen bei gezielter Ergänzung mit Aminosäuren. *Agrarforschung Schweiz*. 2022. [https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2022/04/041-047\\_Artikel\\_Probst\\_Nutztiere.pdf](https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2022/04/041-047_Artikel_Probst_Nutztiere.pdf)

#### 4.1.2 Förderung graslandbasierter Fütterung von Rindern

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Betrieb	C-Massnahme

##### Möglichkeit für Ausgestaltung

Fütterung von Rindern ausschliesslich mit graslandbasiertem Futter (Gras, Silage, Heu); allenfalls abgeschwächt unter Zulassung einer beschränkten Menge Maissilage.

##### Perspektive Grundwasser

Graslandbasierte Fütterung meist extensiver und in lokal geschlossenen Kreisläufen (keine zusätzliche N-Zufuhr durch externes Kraftfutter).

Geringere N-Ausscheidung der Tiere, weniger Hofdüngeranfall.

Indirekt: weniger Anbau von Silomais und / oder mehr Wiesen.

##### Perspektive Landwirtschaft

- Verzicht auf Kraftfutter / Maissilage reduziert Milchleistung und Gewichtszuwachs (Mast).
- Grasland liefert weniger Futter als Mais.

##### Akzeptanz: mittel

##### Aufwand / Ablauf

Einhalten von Fütterungsvorgaben z.B. entlang Leitfaden IP-SUISSE Wiesenmilch.

##### Voraussetzungen / Bedingungen

Evtl. Anpassung Tierzahl notwendig.

##### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel.

**Erfolg, wenn...** Reduktion der betrieblichen N-Überschüsse durch Kraftfutterimport.

Wirkung auf Nitratauswaschung nicht direkt quantifizierbar.

Kombination mit 4.2.2 *Begrenzung Tierdichte auf Futterbasis des Betriebs.*

##### Kommentar

Trade-off mit Methan-Emissionen!

##### Enthalten in

-

##### Weiterführende Information und Literatur

Boxberger, Mayer, J., Möller, K., Pöllinger. Praxishandbuch Organische Düngung. Agrimedia 2020. S. 429ff  
IP Suisse. Leitfaden Light: IP Suisse Wiesenmilch.; 2018. <https://www.ipsuisse.ch/leitfaden-wiesenmilch/> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023)

Liebegg. Mais in der Rindviehfütterung. 2018. [https://www.liebegg.ch/upload/rm/merkblatt-mais-rindvieh.pdf?\\_id=1610957161000](https://www.liebegg.ch/upload/rm/merkblatt-mais-rindvieh.pdf?_id=1610957161000) (zuletzt abgerufen am 4.1.2023)

Stolze, M., Weisshaidinger, R., Bartel, A., Schwank, O., Müller, A., Biedermann, R. Chancen der Landwirtschaft in den Alpenländern. Wege zu einer raufutterbasierten Milch- und Fleischproduktion in Österreich Und der Schweiz. Haupt Verlag; 2018. <https://www.fibl.org/de/infothek/meldung/chancen-der-landwirtschaft-in-den-alpenlaendern> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023)

### 4.2.1 Begrenzung Tierdichte pro Fläche

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Kanton Landwirt:in	Betrieb	S-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Begrenzung der betrieblichen Tierdichte auf eine Maximalzahl pro Fläche (z.B. 1 GVE/ha).  
Kann auch spezifiziert werden für bestimmte Tierkategorien.

#### Perspektive Grundwasser

Bei geringerer Tierdichte weniger Potenzial für «Entsorgungsprobleme» von Hofdüngern.  
Hofdünger sind schwieriger effizient einzusetzen als Mineraldünger; Begrenzung der Tierdichte erlaubt höhere N-Effizienz / weniger Nges-Austrag.  
Indirekte Auswirkung auf Kulturen: geringere Kunstwiesenanteile, mehr Ackerbau.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Änderung im Betrieb nötig.
- Mehr Mineraldüngereinsatz.
- Grössere Schwerpunkt auf Ackerbau statt Futterbau.

#### Akzeptanz: **schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Betriebliche Umstellung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 1.2.5 *Verzicht / Beschränkung Mineraldüngereinsatz* und / oder 1.3.1 *Anrechnung von Hofdüngern im Ausbringungsjahr*, um Verlagerung zu mehr Mineraldünger zu beschränken.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Gering bis mittel.

**Erfolg, wenn...** weniger Nges ausgebracht wird, nachweisbar durch 1.1.5 *Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung*.

#### Kommentar

Durchschnittliche Tierdichte im Gäu liegt bei 1.1 GVE; einzelne Betriebe haben jedoch höhere Tierdichten.  
Laut Gewässerschutzgesetz sind maximal 3 GVE/ha erlaubt (315 kg N/ha).  
Massnahme weniger spezifisch als Vorgabe einer (schlagspezifischen) Düngeobergrenze.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

- BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>
- European Commission. The Nitrates Directive.; 1991. [https://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/index\\_en.html](https://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/index_en.html) (zuletzt abgerufen am 4.1.2023)
- Uebersax, A., Jenni, S., Koch, B., Richner, W., Huguenin-Elie, O. Fachliche Überprüfung der im Gewässerschutzgesetz festgelegten Limitierung der Düngerausbringung pro Hektare Nutzfläche.; 2017. [https://www.agrofutura.ch/files/Downloads/2017\\_Bericht\\_Limite\\_3DGVE-ha\\_Final.pdf](https://www.agrofutura.ch/files/Downloads/2017_Bericht_Limite_3DGVE-ha_Final.pdf)
- Wrobel, M., Peters, J., Weidner, H., Wendel, S. Landwirtschaft und Grundwasserschutz in den Gebieten Hohenthann, Pfeffenhausen und Rottenburg a.d. Laaber - Abschlussbericht Projektphase I (2014 - 2018). Bayerisches Landesamt für Umwelt; 2019. [https://www.lfu.bayern.de/wasser/gw\\_gefaehrung\\_schutz/gwschutz\\_landwirtschaft/projekte\\_hohenthann/index.htm#phaseii](https://www.lfu.bayern.de/wasser/gw_gefaehrung_schutz/gwschutz_landwirtschaft/projekte_hohenthann/index.htm#phaseii)

#### 4.2.2 Begrenzung Tierdichte auf Futterbasis des Betriebs

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Kanton Landwirt:in	Betrieb	S-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Begrenzung der Tierzahl basierend auf Futterbasis des Hofes (z.B. Begrenzung Wiederkäueranzahl auf Futterbasis des eigenen Betriebs) oder Beschränkung/Verbot von Krafftutterzukauf.

#### Perspektive Grundwasser

Keine zusätzliche N-Zufuhr durch externes Krafftutter.  
Lokal geschlossene Kreisläufe.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Verzicht auf Krafftutter reduziert Milchleistung und Gewichtszuwachs (Mast).
- Reduktion Tierzahl.

#### Akzeptanz: **schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Betriebliche Umstellung / Reduktion Tierzahl.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 4.1.2 Förderung graslandbasierter Fütterung von Rindern.

Kombination mit 7.4.1 Förderung der Umstellung auf Biolandbau, da im Biolandbau erlaubte Futterzufuhr ohnehin begrenzt ist.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar; kein zusätzlicher N-Import; nachweisbar durch 1.1.13 Betriebliche N-Bilanz.

#### Kommentar

Wirkt ähnlich wie Düngeobergrenze (3 GVE entsprechen 315 kg N/ha).

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Stolze, M., Weissshaidinger, R., Bartel, A., Schwank, O., Müller, A., Biedermann, R. Chancen der Landwirtschaft in den Alpenländern. Wege zu einer raufutterbasierten Milch- und Fleischproduktion in Österreich und der Schweiz. Haupt Verlag; 2018. <https://www.fibl.org/de/infothek/meldung/chancen-der-landwirtschaft-in-den-alpenlaendern> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023)

Uebersax, A., Jenni, S., Koch, B., Richner, W., Huguenin-Elie, O. Fachliche Überprüfung der im Gewässerschutzgesetz festgelegten Limitierung der Düngeausbringung pro Hektare Nutzfläche.; 2017. [https://www.agrofutura.ch/files/Downloads/2017\\_Bericht\\_Limite\\_3DGVE-ha\\_Final.pdf](https://www.agrofutura.ch/files/Downloads/2017_Bericht_Limite_3DGVE-ha_Final.pdf)

### 4.3.1 Verbot von Freilandschweinehaltung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Feld	Z-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Verbot von Freilandschweinehaltung.

#### Perspektive Grundwasser

Hohe lokale N-Überschüsse durch Weidehaltung bei Schweinen werden vermieden.

Hintergrund: Schweineweide unterscheidet sich von Wiederkäuerweide darin, dass Schweine zugefüttert werden müssen und daher hohe N-Überschüsse auf der Weidefläche verursachen. Schweine haben bevorzugte Orte für Ausscheidungen, 43-95% der Nährstoffe werden auf einem Flächenanteil von 4-24% des Geheges ausgeschieden. Grab- und Wühltätigkeit der Schweine zerstört Grasnarbe und regt Mineralisierung von organischer Bodensubstanz an.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Trade-off mit Tierwohl.

#### Akzeptanz: ?

#### Aufwand / Ablauf

Kanton erlässt Verbot.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

-

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hoch (falls aktuell Freilandschweine gehalten werden).

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Aktuell gibt es nur sehr wenige Betrieb im Gäu mit Schwerpunkt Schweinehaltung.

#### Enthalten in

Nitratprojekt Chrummenlanden (SH)

Nitratprojekt Wohlenschwil (AG) (Verbot im Projektgebiet; im Nitratperimeter erlaubt mit Vorgaben zur Nachkultur)

#### Weiterführende Information und Literatur

Richner, W., Oberholzer, H.R., Freiermuth Knuchel, R., Huguenin-Elie, O., Ott, S., Nemecek, T., Wather, U. Modell zur Beurteilung der Nitratauswaschung in Ökobilanzen - SALCA-NO<sub>3</sub> Version 2.0; Juni 2014. *Agroscope Science*.

2014. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/Page/Einzelpublikation/Download?einzelpublikationId=33812>

Salomon, E., Akerhielm, H., Lindahl, C. & Lindgren, K., Outdoor pig fattening at two Swedish organic farms – Spatial and temporal load of nutrients and potential environmental impact. *Agric Ecosyst Environ*. 2007.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.11.017>

Stauffer, W., Menzi, H. & Trachsel, P.,. Gefährden Freilandschweine das Grundwasser? *Agrarforschung Schweiz*. 1999.

<https://www.agrarforschungschweiz.ch/1999/02/gefaehrden-freilandschweine-das-grundwasser/#links>

### 4.3.2 Vorgaben zur Weidehaltung von Rindern

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Feld	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Begrenzung Beweidungsintensität durch  
 Vorgabe zur Rotation von Weiden.  
 keine oder beschränkte zusätzliche Düngung von Weiden.  
 keine Zufütterung auf Weiden.  
 keine Beweidung nach dem 15.10..  
 Beweidungsobergrenze (z.B. max. 2 GVE/ha).

#### Perspektive Grundwasser

Vermeidung erhöhter N-Salden und ungleichmässiger N-Austräge (hohe Nitratauswaschung insbesondere unter Harnstellen).

#### Perspektive Landwirtschaft

- Einschränkung der Tierhaltung.
- Evtl. Trade-off mit Tierwohl.

**Akzeptanz: mittel bis schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Extensivierung der Weidehaltung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Evtl. Reduktion Tierzahl.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-20 kg N/ha (verglichen mit intensiver Beweidung).

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

Bohner, A., Eder, G. Boden- und Grundwasserschutz im Wirtschaftsgrünland. 2006. [https://raumberg-gumpenstein.at/jdownloads/FODOK/2006/fodok\\_2\\_2321\\_Bohner.pdf](https://raumberg-gumpenstein.at/jdownloads/FODOK/2006/fodok_2_2321_Bohner.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Seelen, M., Kayser, M., Schelle, J., Isselstein, J. Beweidungsintensität und -management haben einen Einfluss auf die Stickstoffbelastung von Weideflächen in ökologisch wirtschaftenden Betrieben. 2016. [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf\\_2016\\_seelen\\_et\\_al.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/aggf_2016_seelen_et_al.pdf)

### 4.3.3 Stallbauliche Massnahmen

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Landwirt:in	Betrieb	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Effizienzsteigernde Massnahmen bei Stallbauten und Gülleabdeckungen. Wirken hauptsächlich auf NH<sub>3</sub>-Emissionen und können N-Effizienz steigern; Effizienzsteigerung muss bei Düngung angerechnet werden!

Bsp.: Harnsammelrinne.

Luftabsaugung und Stripping des Ammoniaks aus der Abluft.

#### Perspektive Grundwasser

Effizienterer Einsatz von Hofdüngern kann Mineraldüngerinput reduzieren und dadurch N-Saldo reduzieren.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Investition in Stallbau.
- Düngereinsparung.

**Akzeptanz:** gut (wenn Investitionshilfen geleistet werden)

#### Aufwand / Ablauf

Investition in Stallbau.

Vorgaben zur erhöhten Anrechnung bei verlustarmen Stallbauten.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 1.3.4 Hofdüngeranalytik: Laboranalytik, 1.3.5 Hofdüngeranalytik: Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) oder 1.3.6 Hofdüngeranalytik: Schnelltests.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Osterburg u.a. (2007): kein direkter Effekt auf N-Fracht; Reduktion N-Saldo möglich.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Nur wirksam für Nitratauswaschung, wenn höhere N-Gehalte in Hofdüngern angerechnet werden und entsprechend weniger Nges mit Hofdüngern bzw. weniger Mineraldünger ausgebracht wird.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Agrofutura. Umsetzung Ressourcenprojekt N-Effizienz ZH 2018-2025. 2018.

<https://www.agrofutura.ch/projektreferenzen/umsetzung-ressourcenprojekt-n-effizienz-zh-2018-2025> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

BAFU. Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft: Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Teilrevidierte Ausgabe. 2021. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/baulicher-umweltschutz-landwirtschaft.html>

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Zähner, M., Schrade, S. Laufflächen mit 3% Quergefälle und Harnsammelrinnen in Laufställen für Milchkühe. Agroscope Merkblatt. 2020. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/Page/Einzelpublikation/Download?einzelpublikationId=45494>

### 5.1.1 Entfernen von Drainageleitungen, Vernässung

Fokus (AB / GB)	Umsetzungsebene Kanton	Wirkungsebene Projektgebiet	Einordnung Z-Massnahme
--------------------	---------------------------	--------------------------------	---------------------------

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Entfernen von Drainageleitungen sorgt für Wiedervernässung.

#### Perspektive Grundwasser

Wiedervernässung unterbindet ackerbauliche Nutzung und führt zwangsläufig zu Extensivierung. Denitrifikationsleistung steigt und Mineralisierung sinkt → effektiver Humusaufbau, CO<sub>2</sub> Senke.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Keine ackerbauliche Nutzung mehr möglich.
- Schilfanbau für energetische Nutzung möglich.
- Anbau von Weiden (*Salix spec.*) oder Erlen (*Alnus spec.*) für energetische Nutzung oder als Erlenwertholz.

**Akzeptanz:** schlecht

#### Aufwand / Ablauf

Infrastruktur-/Wasserbauliche Massnahmen.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Abkauf von Land oder hohe Entschädigung.  
Kombination mit 2.3.4 Förderung mehrjährige Ackerkulturen: ausdauernde Energiepflanzen möglich.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hoch.  
Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 30-70 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** durch Extensivierung, ähnlich Stilllegung.

**Kommentar** Widerspricht Selbstversorgungsgrundsatz; im Gäu viele fruchtbare Ackerflächen.  
Synergie mit Biodiversitätsmassnahmen.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Baudirektion Kanton Zürich. Bezeichnung und Sicherung der prioritären Potenzialflächen für Feuchtgebiete gemäss Naturschutz-Gesamtkonzept. Technischer Bericht. 2021. [https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/naturschutz/biotopfoerderung/technischer\\_bericht\\_prioritaere\\_potenzialflaechen\\_feuchgebiete.pdf](https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/naturschutz/biotopfoerderung/technischer_bericht_prioritaere_potenzialflaechen_feuchgebiete.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Weber, P., Zirfass, K., Bollens, U., Egloff, T., Hofmann, A. Innovationsprojekt «Umgang mit drainierten Böden». Schlussbericht. 2019. [http://www.unine.ch/files/live/sites/karch/files/Doc\\_a\\_telecharger/IANB/0858\\_IP%20Dr%C3%A4b%C3%B620Schlussbericht\\_v8\\_20190905.pdf](http://www.unine.ch/files/live/sites/karch/files/Doc_a_telecharger/IANB/0858_IP%20Dr%C3%A4b%C3%B620Schlussbericht_v8_20190905.pdf)

### 5.1.2 Verwendung von Filtermaterialien in / an Drainagen

Fokus (AB / GB)	Umsetzungsebene Kanton	Wirkungsebene Projektgebiet	Einordnung Z-Massnahme
--------------------	---------------------------	--------------------------------	---------------------------

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Bsp.: Einbau von Filtern in Drainageleitungen; kann bei Ausleitstellen der Drainagerohre nachgerüstet werden.

Bsp.: Ummantelung von Drainagerohren mit organischem Material, z.B. Kokossubstrat oder Holzschnitzel; nur bei Neuanlage von Drainagen.

#### Perspektive Grundwasser

Durch Drainage oft beschleunigter Abfluss in Oberflächengewässer.

Filter haben vor allem direkten Einfluss auf Oberflächengewässerqualität.

Organisches Material, das zur Ummantelung von Drainagen als Dränfilter eingesetzt wird, kann Stickstoffabbau durch Denitrifikation begünstigen. Wenn der Wasserstand oberhalb der Drainagerohre liegt und Sauerstoffarmut im umgebenden Substrat herrscht, ist die Denitrifikationsleistung höher als bei trocken liegenden Drainagerohren.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Keine Änderung.

#### Akzeptanz: neutral

#### Aufwand / Ablauf

Einbau der Filter; je nach Filtermaterial regelmässiger Wechsel notwendig.

Ummantelung mit organischem Material nur bei Neuanlagen möglich; ist nur für eine begrenzte Zeitdauer wirksam (Schätzung für Holzschnitzel: 15 Jahre).

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Genauere Kenntnis über Lage und Zustand der Drainagen im Gäu.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Unklar.

**Erfolg, wenn...** reduzierte Nitratgehalte in Ausfluss von Drainagerohren.

#### Kommentar

Situation der Drainage im Gäu aktuell unklar.

Laut Holsten u.a. 2012 ist Wirksamkeit der aktuell verfügbaren Kokosummantelung zu wenig effektiv; Forschungsarbeiten zur Nutzung von Holzschnitzel laufen.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Holsten, B., Ochsner, S., Schäfer, A., Trepel, M. Praxisleitfaden für Massnahmen zur Reduzierung von Nährstoffausträgen aus dränierten landwirtschaftlichen Flächen mit einer Regionalisierung für Schleswig-Holstein.;2012.

<https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/13236/8939972139fb4ba6ce957a37f2ae030b/praxisleitfaden-data.pdf>

Höper, H., Möller, U., Wienhaus, S. & Schäfer, W. 2008: Untersuchung von organischen Dränfiltermaterialien auf denitrifikativen Nitratabbau und Abbauresistenz. Berichte der DBG, Online Publikation.

<http://eprints.dbges.de/30/>

Schipper, L.A., Robertson, W.D., Gold, A.J., Jaynes, D.B. & Cameron, S.C.. Denitrifying bio reactors – An approach for reducing nitrate loads to receiving waters. *Ecol. Eng.* 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.04.008>

### 5.1.3 Feuchtgebiete

Fokus (AB / GB)	Umsetzungsebene Kanton	Wirkungsebene Projektgebiet	Einordnung S-Massnahme
--------------------	---------------------------	--------------------------------	---------------------------

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Wiedervernässung von Auen, Mooren und Anmooren.  
Anlegen von künstlichen Feuchtgebieten.

#### Perspektive Grundwasser

Hohes Nährstoffrückhaltevermögen in Feuchtgebieten/Moorböden.  
Denitrifikationsleistung steigt (insbesondere im Sommer) und Mineralisierung sinkt.  
Hoher Wasserstand im Sommer muss gewährleistet sein, da sonst hohe Schadstoffeinträge durch Redoxprozesse.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Keine ackerbauliche Nutzung mehr möglich,
- Evtl. Beweidung unter Restriktionen,

#### Akzeptanz: **schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Infrastruktur- / Wasserbauliche Massnahmen.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Abkauf von Land oder hohe Entschädigung.  
Eignet sich nur für frühere Auengebiete / Moorgebiete.  
Kombination mit 5.1.1 *Entfernen von Drainageleitungen*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hoch.  
Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 50-300 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Widerspricht Selbstversorgungsgrundsatz; im Gäu viele fruchtbare Ackerflächen. Synergie Biodiversitätsmassnahmen.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Holsten, B., Ochsner, S., Schäfer, A., Trepel, M. Praxisleitfaden für Massnahmen zur Reduzierung von Nährstoffausträgen aus dränierten landwirtschaftlichen Flächen mit einer Regionalisierung für Schleswig-Holstein.;2012.

<https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/13236/8939972139fb4ba6ce957a37f2ae030b/praxisleitfaden-data.pdf>

Kronvang, B., Hezlar, J., Boers, P., Jensen, J. P., Behrendt, H., Anderson, T., ... & Nielsen, C. B. Nutrient retention handbook. Software Manual for EUROHARP-NUTRET and Scientific review on nutrient retention. EUROHARP report, 9-2004. 2004. <https://core.ac.uk/download/pdf/250025836.pdf>

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Wichtmann, W., Couwenberg, J., & Kowatsch, A. Klimaschutz durch Schilfanbau. *Ökologisches Wirtschaften-Fachzeitschrift*. 2009. <https://doi.org/10.14512/oew.v24i1.617>

## 5.2.1 Bewaldung

Fokus (AB / GB)	Umsetzungsebene Kanton	Wirkungsebene Projektgebiet	Einordnung Z-Massnahme
--------------------	---------------------------	--------------------------------	---------------------------

### Möglichkeit für Ausgestaltung

Aufforstung.

### Perspektive Grundwasser

Sehr effektiv, da Nitratauswaschung unter Wald minimal ist.

### Perspektive Landwirtschaft

- Entspricht permanenter Umnutzung / Stilllegung von fruchtbarem Ackerland.
- Forstliche Nutzung möglich.

**Akzeptanz:** **schlecht**

### Aufwand / Ablauf

Flächenaufgabe / aktive Baumpflanzung.

### Voraussetzungen / Bedingungen

Politischer Grundsatzentscheid.

Abkauf von Land oder hohe Entschädigung.

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hoch.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar. Literaturwerte zu Nitratauswaschung unter unterschiedlicher Flächennutzung erlauben Abschätzung.

### Kommentar

Widerspricht Selbstversorgungsgrundsatz; im Gäu viele fruchtbare Ackerflächen.

Aktuell gibt es im Gäu keine nennenswerten Waldflächen.

### Enthalten in

-

### Weiterführende Information und Literatur

Di, H., Cameron, K. Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. *Nutr Cycl Agroecosystems*. 2002. <https://doi.org/10.1023/A:1021471531188>

Ministry of Environment and Food in Denmark. Overview of the Danish regulation of nutrients in agriculture & the Danish Nitrate Action Programme. 2017. <https://eng.mst.dk/media/186211/overview-of-the-danish-regulation-of-nutrients-in-agriculture-the-danish-nitrates-action-programme.pdf>

## 5.2.2 Agroforst

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

### Möglichkeit für Ausgestaltung

Baumreihen bzw. Heckenstreifen in Acker- und Gemüsekulturen.

### Perspektive Grundwasser

Baumreihen in Ackerkulturen wirken als "Sicherheitsnetz" für Nitratauswaschung durch tiefreichende Wurzeln. Permanenter Wuchs (auch im Winter). Beeinflussen auch die Sickerwassermenge / den Wasserhaushalt.

### Perspektive Landwirtschaft

- Baumreihen bieten Vorteile in Bezug auf Nährstoffrückhalt, Wasserhaushalt und Erosion.
- Im Gemüsebau können schattenliebende Kulturen / sonnenempfindliche Kulturen unter Bäumen angebaut werden.
- Aber: evtl. Ertragseinbussen der Ackerkulturen durch Konkurrenz und Beschattung.
- Erhöhter Aufwand bei Bewirtschaftung ("Baumreihen sind im Weg").
- Je nach Baumart zusätzlich Nutzung möglich (Biomasse zur Energieerzeugung, Holz, Fruchtbäume, etc).
- Heckenstreifen fördern Biodiversität.

### Akzeptanz: mittel bis schlecht

### Aufwand / Ablauf

Anlegen von Baumreihen in Acker; Auswahl passender Kulturen.

Mechanisierung ggf. anpassen.

Insbesondere in den Anfangsjahren Bodenbearbeitung bis in die Nähe der Baumkulturen (60-100 cm Abstand), um Baumwurzeln zum Wuchs nach unten zu bewegen; Mäuseabwehr!

### Voraussetzungen / Bedingungen

Nicht für Flächen mit aktiven Drainagen geeignet, wenn diese weiterhin genutzt werden sollen.

Ungeeignet auf flachgründigen, stauwassergeprägten Standorten.

Pilotprojekt / Forschungsprojekt zu lokal angepassten Agroforstsystemen fürs Gäu.

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel bis hoch.

Agroforst reduziert Nitratauswaschung vor allem durch Extensivierung; Modellierung zeigt Reduktion um bis zu 28% (berücksichtigt noch nicht die tieferreichenden Wurzeln); hängt von Baumdichte ab! (Palma u.a. 2006)

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar. Literaturwerte zu Nitratauswaschung unter unterschiedlicher Flächennutzung erlauben Abschätzung.

### Kommentar

### Enthalten in

-

### Weiterführende Information und Literatur

Kaesler, A., Palma, J., Sereke, F., Herzog, F. Umweltleistungen von Agroforstwirtschaft.; 2010.

[https://www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/ba/Pflanzenbau/Biodiversitaet/agroforst\\_ART\\_Bericht\\_736\\_D.pdf](https://www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/ba/Pflanzenbau/Biodiversitaet/agroforst_ART_Bericht_736_D.pdf)

Kay, S., Crous-Duran, J., García de Jalón, S., Graves, A., Palma, J.H.N., Rocas-Díaz, J.V., Szerencsits, E., Weibel, R., Herzog, F., Landscape-scale modelling of agroforestry ecosystems services in Swiss orchards: a methodological approach. *Landsc Ecol.* 2018. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0691-3>

Kay, S., Jäger, M., Herzog, F. Ressourcenschutz durch Agroforstsysteme - standortangepasste Lösungen.

*Agrarforschung Schweiz.* 2019. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2019/09/ressourcenschutz-durch-agroforstsysteme-standortangepasste-loesungen/#links>

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. Ackerbau(m) - das Agroforst Projekt in Brandenburg. 2022.

<https://www.hnee.de/de/Forschung/Interdisziplinre-Projekte/Agroforst-Langzeitprojekt-Ackerbaum/Ackerbaum-das-Agroforst-Projekt-in-Brandenburg-E10775.htm> (zuletzt abgerufen am 4.1.2022).

IG Agroforst. Agroforst. 2022. <https://www.agroforst.ch/> (zuletzt abgerufen am 4.1.2022).

- Manevski K, Jakobsen M, Kongsted AG, u.a. Effect of poplar trees on nitrogen and water balance in outdoor pig production – A case study in Denmark. *Sci Total Environ*. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.376>
- Palma JHN, Graves AR, Bunce RGH, u.a. Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. *Agric Ecosyst Environ*. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.07.021>
- Tsonkova, P., Quinkenstein, A., Böhm, C., Freese, D., Schaller, E.. Ecosystem services assessment tool for agroforestry (ESAT-A): An approach to assess selected ecosystem services provided by alley cropping systems. *Ecol Indic*. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.024>
- Wolz KJ, Branham BE, DeLucia EH. Reduced nitrogen losses after conversion of row crop agriculture to alley cropping with mixed fruit and nut trees. *Agric Ecosyst Environ*. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.024>
- Wiesinger, K., 2019. Agroforstsysteme zur Energieholzerzeugung im ökologischen Landbau. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/agroforstsysteme-energieholzerzeugung-oekolandbau\\_lfl-schriftenreihe.pdf](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/agroforstsysteme-energieholzerzeugung-oekolandbau_lfl-schriftenreihe.pdf)
- SÖLN. Perspektive Agroforst. Ökologie und Landbau. 03/2022

### 5.2.3 Hochstammobstwiesen

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Feld	Feld	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Anlegen von Hochstammobstwiese auf Ackerland.

#### Perspektive Grundwasser

Hochstammwiesen werden nur extensiv bewirtschaftet und haben eine permanente Bedeckung (inklusive Bäume, deren Wurzeln tiefer reichen als von krautigen Pflanzen).

Nitratauswaschungspotenzial ist minimiert, ähnlich Stilllegung als extensive Wiese (Vgl. 2.1.4 *Dauergrünflächenbewirtschaftung: extensive Wiese*).

#### Perspektive Landwirtschaft

- Entspricht einer permanenten Umnutzung; Beweidung möglich.
- Gegenüber Stilllegung als extensive Wiese zusätzlicher Arbeitsaufwand durch Pflege der Hochstammbäume; dafür zusätzlich Vermarktungsmöglichkeiten, insbesondere über Direktvermarktung.
- Förderung der Biodiversität.

#### Akzeptanz: **mittel bis schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Anlegen einer Hochstammobstwiese durch Einsaat einer entsprechenden Wiesenmischung und Pflanzung von Bäumen.

Obstbäume müssen regelmässig gepflegt werden, jedoch ist kein Dünger- oder Pestizideinsatz vorgesehen (im Gegensatz zu Obstbau in Niederstammanlagen).

Pflege der Wiesen durch Beweidung und / oder späte Mahd (nach 15. Juni).

#### Voraussetzungen / Bedingungen

-

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hoch.

**Erfolg, wenn...** Extensivierung der Bewirtschaftung / Düngerreduktion quantifizierbar

#### Kommentar

Neben den Direktzahlungen gibt es weitere Förderprogramme für Hochstammbäume in der Schweiz (vgl. MyClimate, o.d.).

Kann auch in Massnahme 5.2.2 *Agroforst* integriert werden. Im Massnahmenkatalog Landwirtschaft Österreich 2021 nur als Erosionsschutzmassnahme gelistet.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

MyClimate. Förderprogramm für Hochstammbäume in der Schweiz. Online. O.D.

<https://www.myclimate.org/de/informieren/klimaschutzprojekte/detail-klimaschutzprojekte/schweiz-hochstamm-7831/> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023)

### 5.3.1 Anlegen von Randzonen um Oberflächengewässer

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton Landwirt:in	Projektgebiet	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Randzone um Oberflächengewässer mit ganzjährigem Pflanzenbewuchs in einer Breite von 5-30 m; keine Beweidung, keine Düngung.

#### Perspektive Grundwasser

Vermeidung von direktem Eintrag in Oberflächengewässer.

Für Nitratgehalte im Grundwasser nur in dem Mass relevant, in dem Oberflächenwasser direkt infiltriert.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Entspricht Stilllegung von Ackerland entlang von Oberflächengewässern.

#### Akzeptanz: mittel bis schlecht

#### Aufwand / Ablauf

Anlegen des Randstreifens.

1x jährlich schlegeln.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

-

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Unklar.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar -

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Holsten, B., Ochsner, S., Schäfer, A., Trepel, M. Praxisleitfaden für Massnahmen zur Reduzierung von Nährstoffausträgen aus dränierten landwirtschaftlichen Flächen mit einer Regionalisierung für Schleswig-Holstein.;2012.

<https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/13236/8939972139fb4ba6ce957a37f2ae030b/praxisleitfaden-data.pdf>

Liu, X.M., Mang, X.Y., Zhang, M.H.. Major factors influencing the efficacy of vegetated buffers on sediment trapping: A review and analysis. *J Environ Qual.* 2008. <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0437>

Mayer, P.M., Reynolds, S.K., McCutchen, M.D., Canfield, T.J., Meta-analysis of nitrogen removal in riparian buffers. *J Environ Qual.* 2007. <https://doi.org/10.2134/jeq2006.0462>

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Zhang, X.Y., Liu, X.M., Zhang, M.H., Dahlgren, R.A., Eitzel, M. A review of vegetated buffers and meta-analysis of their mitigation efficacy in reducing nonpoint source pollution. *J Environ Qual.* 2010.

<https://doi.org/10.2134/jeq2008.0496>

### 6.1.1 Verbindliche Weiterbildungen zu Düngung und Gewässerschutz

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton Berater:in Landwirt:in	Betrieb	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Betriebsleiter:innen besuchen verpflichtend Fortbildung(en) zum landwirtschaftlichen Gewässerschutz.

*Bsp.:* Nordrhein-Westfalen: alle Bewirtschafter:innen von Flächen in nitratbelasteten Gebieten müssen alle 3 Jahre an einer Düngeschulung teilnehmen.

*Bsp.:* Im Österreichischen Programm für umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL) Weiterbildung von mind. 12 h verpflichtend.

#### Perspektive Grundwasser

Indirekte Wirkung.

Bewusstseinbildung kann zur Reduktion von Düngereinsatz führen.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Verbesserte Informationsgrundlage erlaubt angepasstes Management.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

1-2 Arbeitstage / 3 Jahre.

Weiterbildungsangebot durch Beratung bzw. Landwirtschaftsschule.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 1.1.4 *Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan* und 1.1.5 *Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung* sinnvoll.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar; zeigt sich ggf. in geringerem N-Überschüssen in Hoftorbilanz (1.1.13 *Betriebliche N-Bilanz*) und anderen Effizienzindikatoren.

#### Kommentar

-

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLFUW. Sonderrichtlinie ÖPUL 2015. 2015. [https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:1b77de05-a646-4726-b62f-d1edfc68ced0/01\\_SRL\\_OEPUL\\_2015.pdf](https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:1b77de05-a646-4726-b62f-d1edfc68ced0/01_SRL_OEPUL_2015.pdf)

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Wrobel, M., Peters, J., Weidner, H., Wendel, S. Landwirtschaft und Grundwasserschutz in den Gebieten Hohenthann, Pfeffenhausen und Rottenburg a.d. Laaber - Abschlussbericht Projektphase I (2014 - 2018). Bayerisches Landesamt für Umwelt; 2019.

[https://www.lfu.bayern.de/wasser/gw\\_gebraehrdung\\_schutz/gwschutz\\_landwirtschaft/projekte\\_hohenthann/index.htm#phaseii](https://www.lfu.bayern.de/wasser/gw_gebraehrdung_schutz/gwschutz_landwirtschaft/projekte_hohenthann/index.htm#phaseii) (zuletzt abgerufen am 4.1.2023)

### 6.1.2 Anpassung Lehrpläne an Berufsschulen (Vertiefung Düngung und Gewässerschutz)

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Bund, Kanton	Betrieb	S-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Aufnahme von Lehrveranstaltungen zu Düngung und Gewässerschutz in Lehrpläne an landwirtschaftlichen Berufsschulen.

#### Perspektive Grundwasser

indirekte Wirkung

Bewusstseinbildung kann langfristig zur Reduktion von Düngereinsatz beitragen

#### Perspektive Landwirtschaft

- verbesserte Informationsgrundlage erlaubt angepasstes Management

**Akzeptanz:** gut

#### Aufwand / Ablauf

Anpassung Lehrpläne.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

-

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar; zeigt sich ggf. in geringern N-Überschüssen in Hoftorbilanz.

#### Kommentar

Unspezifische Massnahme (gilt für alle Landwirt:innen in Ausbildung und nicht spezifisch für Nitratprojekte).

#### Enthalten in

-

---

#### Weiterführende Information und Literatur

### 6.2.1 Einzelbetriebliche Beratung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton Berater:in Landwirt:in	Betrieb	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Jeder Betrieb erhält jährlich ein (bis zwei) spezifische Düngeberatungen durch eine:n Mitarbeiter:in der kantonalen Beratungsstellen. Das Erstellen eines parzellenspezifischen Düngeplans sowie die Planung der Verteilung der Hofdünger sind Teil der Beratung. Die Einhaltung der Pläne sowie mögliche Schwierigkeiten und Abweichungen werden bei der nächsten Beratung thematisiert und notwendige Anpassungen besprochen.

#### Perspektive Grundwasser

Indirekte Wirkung, fördert effizienteren Düngeinsatz.  
Bewusstseinsbildung kann zur Reduktion von Düngeinsatz führen.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Fachliche und betriebsspezifische Unterstützung bei Düngeplanung.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Jährliche Betriebsbesuche durch Berater:in.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Bereitschaft der Landwirt:innen.

Aufbau Vertrauensverhältnis Berater:in - Landwirt:in.

Kombination mit 1.1.4 Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan und 1.1.5 Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel bis hoch.

**Erfolg, wenn...** indirekt quantifizierbar durch Reduktion von N-Überschüssen in Hoftorbilanz (1.1.13 Betriebliche N-Bilanz).

#### Kommentar

-

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

BMLRT. Massnahmenkatalog Landwirtschaft. Österreich.; 2021. <https://info.bmlrt.gv.at/dam/jcr:739d5a11-158c-4c02-8213-fe9f9266eb98/MNK%20Landwirtschaft%20gsb.pdf>

Fachkommission Nitratbekämpfung. Programm zur Ursachenbekämpfung der Nitratauswaschung im Kanton Bern 1989 – 1995. 1996.

Hoffmann, M., Olofsson, S., Nilsson, H. Focus on Nutrients 10 Years - a Decade of Advice Benefiting Agriculture and the Environment. Greppa Näringen. 2011.

[https://greppa.nu/download/18.31aed35e1765784904134f5c/1607861481794/A\\_decade\\_of\\_advice.pdf](https://greppa.nu/download/18.31aed35e1765784904134f5c/1607861481794/A_decade_of_advice.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Wrobel, M., Peters, J., Weidner, H., Wendel, S. Landwirtschaft und Grundwasserschutz in den Gebieten Hohenthann, Pfeffenhausen und Rottenburg a.d. Laaber - Abschlussbericht Projektphase I (2014 - 2018). Bayerisches Landesamt für Umwelt; 2019.

[https://www.lfu.bayern.de/wasser/gw\\_gefaehrung\\_schutz/gwschutz\\_landwirtschaft/projekte\\_hohenthann/index.htm#phaseii](https://www.lfu.bayern.de/wasser/gw_gefaehrung_schutz/gwschutz_landwirtschaft/projekte_hohenthann/index.htm#phaseii) (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

## 6.2.2 Decision Support Tools

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Berater:in Landwirt:in	Betrieb Feld	A-Massnahme

### Möglichkeit für Ausgestaltung

Digitales Tool (PC, App), das Düngeempfehlung gibt unter Einbezug von lokalen pedoklimatischen Bedingungen, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Nachwirkung von Hofdüngergaben.  
Tool sollte Mineralisierungspotenzial des Bodens berücksichtigen.

*Beispiel für Gemüse:* N-Expert (weitere Beispiele siehe Literatur).

### Perspektive Grundwasser

Indirekte Wirkung, fördert effizienteren Düngereinsatz.

Kann mit realen Messungen von Boden (Bodenanalyse, Nmin) und Hofdünger gekoppelt werden und dadurch den grössten Nutzen aus vorhanden Daten ziehen.

Bewusstseinsbildung kann Düngereinsatz reduzieren.

### Perspektive Landwirtschaft

- Unterstützung bei bedarfsgerechter Düngung; geht je nach Tool über Möglichkeiten der korrigierten Normen/manuellen Anpassung hinaus und ermöglicht insbesondere den Einbezug der Bodenmineralisierung.
- Einbezug und Empfehlung für weitere Bewirtschaftungsmassnahmen möglich (Düngung, Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz).

**Akzeptanz:** gut bis mittel

### Aufwand / Ablauf

Kanton: Identifikation eines geeigneten Tools bzw. Anpassung / Entwicklung eines lokal angepassten Tools insbesondere für die Vorhersage des Boden-Mineralisierungspotenzials

Kopplung mit 1.1.4 *Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan* und 1.1.5 *Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung* erstrebenswert.

Landwirt:in muss Betriebsdaten eingeben und Düngung an Empfehlungen des Tools anpassen.

### Voraussetzungen / Bedingungen

Kombination mit 6.2.1 *Einzelbetriebliche Beratung* (kann Beratung unterstützen / teilweise ersetzen; benötigt aber insbesondere in Anfangsphase evtl. zusätzliche Unterstützung durch Beratung).

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar; wenn weniger N ausgebracht wird.

### Kommentar

N-Expert oder ähnliches in Schweiz noch nicht verfügbar.

### Enthalten in

-

### Weiterführende Information und Literatur

ADAS. MANNER-NPK. <https://www.planet4farmers.co.uk/Manner.aspx> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

FAIRWAY. Decision Support Tool Framework. <https://www.dstframework.com/> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

Hortipendium. Stickstoffdüngung nach den N-Sollwert-Systemen – Nmin, KNS und N-Expert.

[http://www.hortipendium.de/Stickstoffd%C3%BCngung\\_nach\\_den\\_N-Sollwert-Systemen\\_-\\_Nmin,\\_KNS\\_und\\_N-Expert](http://www.hortipendium.de/Stickstoffd%C3%BCngung_nach_den_N-Sollwert-Systemen_-_Nmin,_KNS_und_N-Expert) (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

IGZEV. N-Expert – Düngungsberatung und Nährstoffbilanzierung im Freilandgemüsebau. <http://n-expert.igzev.de/> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

Mullender, S. NDICEA - A digital tool to model nutrient balances across a crop rotation (OK-Net Arable Practice abstract). 2018. <https://orgprints.org/id/eprint/32609/> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

### 6.3.1 Demo- und Tastversuche

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Berater:in Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Demo- und Tastversuche sind einfach gehaltene praxisnahe Versuche, häufig in Form von Streifenversuchen. Es kann geschaut werden, ob bestimmte Ideen sich zunächst bewähren, ohne dass offensichtliche Probleme auftreten, wie z.B. Krankheiten oder erhöhte Nmin-Gehalte.

Ideen von Berater:innen und Landwirt:innen zum Grundwasserschutz werden auf eigene Initiative auf Praxisflächen oder Flächen der kantonalen Versuchsstationen erprobt. Dies können Massnahmen sein, die an anderem Ort bereits erprobt sind, aber angepasst / überprüft werden sollten, oder neue Ansätze.

#### Perspektive Grundwasser

Demo- und Tastversuche ermöglichen die Fortentwicklung der grundwasserschonenden Praxis mit einfachen Mitteln und sind Teil einer Strategie zur Fortschreibung / Anpassung von nitratreduzierenden Massnahmen.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Demo- und Tastversuche erlauben Eigeninitiative mit vertretbarem Aufwand, unterstützt durch die Beratung und ggf. bei Zusatzkosten.
- Praxisfilter für vorgeschlagene Massnahmen.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Berater:in oder Landwirt:in ergreift die Initiative mit einer Idee. Die Beratung unterstützt die Versuche auf einem Betrieb oder einer Versuchsfläche. Sie berät bei der Anlage, der Durchführung, unterstützt mit Informationen und ggf. bei besonderen Kosten (z.B. spezielles Saatgut, spezielles Gerät von Lohnunternehmung). Die Berater:innen helfen bei der Versuchsauswertung und -interpretation.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Personal- und Versuchskapazität in der Beratung explizit für den Grundwasserschutz.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hängt davon ab, welche Massnahmen mit welcher Wirkung dadurch neu hinzukommen.

**Erfolg, wenn...** dadurch neue grundwasserschonende Massnahmen einfacher eingeführt werden können. Durch Demoversuche können Daten zur Massnahmenwirksamkeit unter lokalen Gegebenheiten gewonnen werden.

#### Kommentar

Stärkt den Austausch zwischen Praxis, Beratung und Wissenschaft. Erlaubt, neue Erkenntnisse auch auf dem Feld zu zeigen.

#### Enthalten in

Wasserschutzprojekt Grünbachgruppe (BW)  
Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

Kanton Solothurn. Das Forschungsprojekt CriticalN. O.D. <https://so.ch/verwaltung/bau-und-justizdepartement/amt-fuer-umwelt/wasser/grundwasser/schutz/das-nitratprojekt-niederbipp-gaeu-olten/das-forschungsprojekt-criticaln/> (zuletzt abgerufen am 9.1.2023).

Zweckverband Wasserversorgung Stadt und Kreis Offenburg. Demoversuche zum Grundwasserschutz. O.D. <https://www.zwo-wasser.de/index.php/demoversuche.html> (zuletzt abgerufen am 8.1.2023).

### 7.1.1 Regionale Wertschöpfung nitratreduzierender Produkte

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton, Regionalentwicklung, Verbände, Entrepreneurs	Feld Region	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Schaffung von Absatzkanälen / Aufbau einer regionalen Wertschöpfungskette für Produkte, bei denen aus Wasserschutzgründen Düngergaben eingespart wurden und die dadurch ggf. nicht die allgemeinen Marktanforderungen erfüllen (zb. Proteingehalt Getreide).

*Bsp.:* «Wasserschutzbrot»

Wasserschutzgemüse

Lokale Braugerste / Bier

#### Perspektive Grundwasser

Reduzierte Düngergaben reduzieren Auswaschungspotenzial.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Verminderte Ertragsqualität kann durch höhere Absatzkosten abgefangen werden.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Verzicht 3. Düngergabe Weizen.

Ausgestaltung bei Gemüse muss abgeklärt werden.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Schaffung eines lokalen Absatzmarkts / Wertschöpfungskette.

Kollaboration mit lokaler Mühle (für Getreide).

Ausarbeitung eines Konzepts für «Wasserschutzgemüse».

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hängt von Ausgestaltung ab.

**Erfolg, wenn...** Düngereinsparung gegenüber N-intensivem Anbau direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Laut Erneuerungsantrag des Nitratprojekts werden bereits Abklärungen zu «Wasserschutzgemüse» gemacht.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Regierung von Unterfranken. Wasserschutzbrot. <https://wasserschutzbrot.de/kriterien/> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

### 7.1.2 Alternative Vertriebszweige für Getreide, das Backqualität nicht erreicht

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB	Regionalentwicklung, Verbände	Feld Region	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Getreide, das Backqualität nicht erreicht, muss nicht als Futtergetreide deklassiert werden, sondern kann über alternative Vertriebszweige für die menschliche Ernährung genutzt werden, z.B. als Flocken, Kochgetreide, Keksmehl.

#### Perspektive Grundwasser

Bei Bestehen von attraktiven alternativen Vertriebszweigen können Landwirt:innen ohne Risiko auf Sicherheitsmargen bei der Düngung verzichten → Reduktion von besonders verlustgefährdeten Düngerinputs.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Alternative Vertriebszweige bieten Sicherheit und erlauben den Verzicht auf Sicherheitsmargen ohne finanzielles Risiko.
- Ermöglicht evtl. auch die Vermarktung von Getreide, das bereits gekeimt ist (zusätzliche Risikominderung in feuchten Jahren, siehe z.B. 2021).

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Aufbau einer Kollaboration mit einer Mühle, die deklassiertes Getreide zu alternativen Produkten aufwertet.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kollaboration / Bereitschaft mit lokaler Mühle für den Aufbau von alternativen Vertriebsmöglichkeiten.  
Kombination mit 1.1.11 *Pauschale* Düngerreduktion oder 1.1.3 *Düngung ohne Sicherheitszuschläge*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel bis hoch (Verzicht auf besonders verlustgefährdete Düngergaben).

**Erfolg, wenn...** Düngerreduktion quantifizierbar.

#### Kommentar

-

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Seling, S. Sortenspektrum und Sorteneinstufung bei Brotgetreide. <http://www.agfdt.de/loads/ds07/seling.pdf>  
SwissGranum. Übernahmebedingungen. O.D. <https://www.swissgranum.ch/uebernahmebedingungen> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023)

### 7.2.1 Zugabe von organischem Material mit weitem CN Verhältnis zur Immobilisierung von N (z.B. Strohmulch)

Fokus AB / GB	Umsetzungsebene Landwirt:in	Wirkungsebene Feld	Einordnung B-Massnahme
------------------	--------------------------------	-----------------------	---------------------------

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Im Ackerbau: Zugabe und Untermulchen von Stroh im Spätsommer / Herbst, um überschüssiges Nmin zu immobilisieren.

Im Gemüsebau Zugabe von C-reichen Material zusammen mit Ernteresten, da Erntereste in der Regel ein enges C:N-Verhältnis haben.

#### Perspektive Grundwasser

Immobilisierung von überschüssigem Nmin im Boden bzw. in Ernteresten von Gemüse kann Nitratauswaschung über den Winter reduzieren.

ABER: zusätzlicher Aufbau von organischer Bodensubstanz erhöht Potenzial für unkontrollierte / schlecht synchronisierte Mineralisierung in Folgejahren.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Effizienter Transfer von N über den Winter zur nächsten Kultur erlaubt das Einsparen von Dünger.
- Zusätzlicher Arbeitsschritt für die Ausbringung (und ggf. Einarbeitung) des organischen Materials.
- ABER: Remobilisierungsdynamik im Frühjahr schwierig vorherzusagen und zu steuern.
- Längerfristiger Aufbau Bodenfruchtbarkeit, evtl. Kohlenstoffsequestrierung.

**Akzeptanz:** mittel bis schlecht

#### Aufwand / Ablauf

Einarbeiten von Stroh, Holzhackschnitzeln oder ähnlichem im Herbst (ggf. gemeinsam mit Ernterückständen von Gemüse).

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Vorhandensein von genug C-reichem Material.

Kombination mit 7.2.2 Humusbilanz einbeziehen und 1.1.6 Düngung nach Nmin: schlagspezifische Messung.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Unklar. Risiko der verzögerten, unkontrollierten Freisetzung.

**Erfolg, wenn...** schwierig zu quantifizieren. Allenfalls als reduzierte Inputs zu Folgekultur durch erfolgreichen Transfer.

#### Kommentar

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Agneessens L, De Waele J, De Neve S. Review of alternative management options of vegetable crop residues to reduce nitrate leaching in intensive vegetable rotations. *Agronomy*. 2014. <https://doi.org/10.3390/agronomy4040529>

Qin, W., Hu, C.S., Oenema, O., Soil mulching significantly enhances yields and water and nitrogen use efficiencies of maize and wheat: a meta-analysis. *Sci Rep*. 2015. <https://doi.org/10.1038/srep16210>

Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richer, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>.

## 7.2.2 Humusbilanz einbeziehen

Fokus AB / GB	Umsetzungsebene Landwirt:in	Wirkungsebene Betrieb	Einordnung B-Massnahme
------------------	--------------------------------	--------------------------	---------------------------

### Möglichkeit für Ausgestaltung

Jeder Betrieb muss jährlich eine Humusbilanz berechnen.  
Ziel ist der Erhalt des Humusgehalts (kein zusätzlicher Aufbau, kein übermässiger Abbau).

### Perspektive Grundwasser

Humusbilanz kann Über- oder Unterversorgung von Böden mit organischem Material anzeigen und Anhaltspunkte für Bewirtschaftung geben.

### Perspektive Landwirtschaft

- Grundwasserschonende Landwirtschaft darf nicht auf Kosten der (längerfristigen) Bodenfruchtbarkeit gehen  
→ kann über Humusbilanz berücksichtigt werden.

### Akzeptanz: gut bis mittel

### Aufwand / Ablauf

Ausfüllen des Humusbilanzrechners.

### Voraussetzungen / Bedingungen

Keine.  
Kombination mit 6.2.1 *Einzelbetriebliche Beratung* sinnvoll.

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Unklar.

**Erfolg, wenn...** Effekt auf Nitratauswaschung nicht direkt quantifizierbar. In Kombination mit anderen Massnahmen kann Humusbilanz mögliche Trade-offs aufzeigen. Humusbilanz zeigt Trends in der Entwicklung der organischen Bodensubstanz, zeigt aber auch an, wenn zu viel organisches Material eingebracht und damit das Auswaschungspotenzial erhöht wird.

### Kommentar

Bis jetzt schliesst Lage in Nitratprojektgebiet die Teilnahme am parallel laufenden Humusprojekt im Kanton Solothurn aus. Es gäbe jedoch allenfalls Möglichkeiten, Synergien zu nutzen.

### Enthalten in

Humusprojekt Kanton Solothurn

### Weiterführende Information und Literatur

SOBV, AFU Solothurn. Massnahmenkatalog Ressourcenprogramm Humus ab dem 4. Projektjahr. 2020.

<https://so.ch/fileadmin/internet/vwd/vwd-alw/pdfs/Boden/Massnahmenkatalog.pdf>

VDLUFA. Humusbilanzierung Standpunkt. 2014.

[https://www.humusbilanz.ch/download/VDLUFA\\_2014\\_Humusbilanzierung.pdf](https://www.humusbilanz.ch/download/VDLUFA_2014_Humusbilanzierung.pdf)

Zihlmann, U., Weisskopf, P., Chervet, A., Seitz, B. Humus in Ackerböden – vermehren statt verzehren. Agridea 2019.

[https://agridea.abacuscity.ch/abauserimage/Agridea\\_2\\_Free/3498\\_2\\_D.pdf?xet=1657599234763](https://agridea.abacuscity.ch/abauserimage/Agridea_2_Free/3498_2_D.pdf?xet=1657599234763)

### 7.3.1 Einbezug des Einzugsgebiets (nicht nur Zuströmbereich)

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton	Region	S-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Ausweitung der Massnahmen auf gesamtes Einzugsgebiet (aktuell gelten Massnahmen im Gäu nur im Zuströmbereich der Fassungen Neufeld, Zelgli und Gheid).

Abgestufte Massnahmen möglich (strengere Massnahmen für Zuströmbereich, etwas weniger strenge Massnahmen im Einzugsgebiet).

#### Perspektive Grundwasser

Effiziente Bewirtschaftung / Reduktion der Nitrateinträge im Einzugsgebiet kann Verdünnung im Grundwasserleiter erhöhen und dadurch Critical Load im Projektgebiet senken.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Landwirt:innen (und Flächen), die aktuell nicht involviert sind, werden einbezogen und können sich beteiligen.
- Bewirtschaftungsvorgaben müssen auch über die "scharfen" Grenzen des Nitratprojektgebiets eingehalten werden.
- Abgestufte Massnahmenbündel im Zuströmgebiet bzw. Einzugsgebiet ermöglichen mehr Flexibilität.

#### Akzeptanz: **mittel**

#### Aufwand / Ablauf

Ausweitung der Massnahmen auf vergrössertes Gebiet.

Schaffung hydrogeologischer Grundlagen (?).

Ausweitung der Massnahmen auf gesamtes Einzugsgebiet.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Ausdehnung des (gesamten) Einzugsgebiets muss bekannt sein.

Möglichkeit zur finanziellen Entschädigung über Projektgebiet hinaus.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Unklar. Hängt von Hydrologie und den eingeführten Massnahmen ab.

**Erfolg, wenn...** hängt von eingeführten Massnahmen ab.

#### Kommentar

Zuströmbereich gilt offiziell als Grundlage für 62a-Gebiete. Aber: Gewässerschutzgesetz schreibt grundsätzlich den Schutz der Gewässer vor menschlichen Einträgen vor, nicht nur die Sanierung einzelner Fassungen.

Aktuelles hydrogeologisches Modell im Gäu hat Unsicherheiten. Durch Erweiterung der Massnahmen, vor allem Richtung Süden und Norden könnten diese Unsicherheiten abgemildert werden.

#### Enthalten in

Nitratprojekt Chrummenlanden (SH)

Nitratprojekt Wohlenschwil (AG)

Wasserschutzprojekt Lange Schneise Nord (HE)

#### Weiterführende Information und Literatur

Balmer 2001. Effekte der landwirtschaftlichen Massnahmen nach GschG Art. 62a auf den Nitratgehalt der

Grundwasserfassung «Chrummenlanden» im Klettgau (SH). Grobe Abschätzung mit einfachen Bilanzmodellen

BLW, BAFU, BAG. Grundlagensammlung Projekte nach Artikel 62a GSchG Nitratprojekt. 2013.

<https://www.blw.admin.ch/dam/blw/de/dokumente/Instrumente/Ressourcen->

[%20und%20Gewaesserschutzprogramm/Gewaesserschutzprogramm/Gesamtkonzept%20N.pdf.download.pdf/gesamtkonzept\\_nitrat.pdf](https://www.blw.admin.ch/dam/blw/de/dokumente/Instrumente/Ressourcen-%20und%20Gewaesserschutzprogramm/Gewaesserschutzprogramm/Gesamtkonzept%20N.pdf.download.pdf/gesamtkonzept_nitrat.pdf)

### 7.3.2 Betriebe mit einem Flächenanteil im Zuströmbereich werden vollumfänglich einbezogen

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
AB / GB	Kanton	Betrieb Region	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Jeder Betrieb, der einen Mindestanteil seiner Fläche (z.B. 20%) im Nitratprojektgebiet hat, wird vollumfänglich einbezogen.

Betriebe mit <20% Flächenanteil im Projektgebiet müssen die Massnahmen nur auf den Flächen im Projektgebiet einhalten.

#### Perspektive Grundwasser

Ausweitung der Massnahmen auf erweitertes Gebiet; erzielte Effizienzsteigerung im Gebiet wird nicht durch ineffiziente Bewirtschaftung im Randbereich des Gebiets gefährdet.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Massnahmen, die den gesamten Betrieb umfassen, können auch im Randbereich des Gebiets umgesetzt werden.
- Effizientes Wirtschaften muss auf Betriebsebene umgesetzt werden.
- Verringert Ungleichgewicht zwischen Betrieben die viel bzw. wenig Fläche im Projektgebiet haben.

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Ausweitung / Abstufung der Massnahmen auf erweitertes Gebiet.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Möglichkeit zur finanziellen Entschädigung über Projektgebiet hinaus.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Unklar. Hängt von Hydrologie und den eingeführten Massnahmen ab.

**Erfolg, wenn...** hängt von eingeführten Massnahmen ab.

#### Kommentar

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

### 7.4.1 Förderung der Umstellung auf Biolandbau

Fokus AB / GB	Umsetzungsebene Landwirt:in	Wirkungsebene Betrieb	Einordnung C-Massnahme
------------------	--------------------------------	--------------------------	---------------------------

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Förderung von Biolandbau (durch zusätzlich finanzielle Anreize Beratung, Weiterbildung und Information).

#### Perspektive Grundwasser

In der Regel extensivere Bewirtschaftung im Biolandbau (geringere Düngereinputs); Fördern von geschlossenen Kreisläufen.

Kein Mineraldüngereinsatz.

ABER: organische Dünger können weniger zielgerichtet eingesetzt werden; technische Hofdüngeraufbereitung unter aktuellen Regeln nur beschränkt erlaubt.

Ausserdem kein Pestizideinsatz: Schutz vor Pestizideintrag ins Gewässer; aber auch grössere Gefahr von Totalausfällen und dadurch grössere N-Überschüsse.

Mechanische Unkrautregulierung erfordert mehr Bodenbearbeitung und dadurch Mineralisierungsschübe.

Hofdüngerzufuhr nur regional möglich; GVE Beschränkung.

Einfluss auf Fruchtfolge (obligatorischer Kunstwiesenanteil).

#### Perspektive Landwirtschaft

- In der Regel geringere Erträge.
- Höhere Margen → finanzielle Abfederung von Mindererträgen.
- Höherer / verpflichtender Anteil an Gründüngungen; evtl. Fruchtfolgeanpassungen notwendig.
- Kein Einsatz von Pestiziden → mechanische Unkrautregulierung notwendig.
- Kein Einsatz von Mineraldünger → effizienter Hofdüngereinsatz notwendig.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Umstellung auf Biolandbau (Umstellungsfrist); Bewirtschaftung nach Richtlinien des Biolandbaus; regelmässige (Re-)Zertifizierung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Keine. Evtl. Kombination mit 1.1.12 *Schlagspezifische N-Obergrenze*, "N-Quota" und 4.2.1 *Begrenzung Tierdichte pro Fläche*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Gering bis mittel.

Literaturstudien legen reduzierte Nitratauswaschung auf Flächenbasis nahe (jedoch keine Reduktion wenn ertragsskaliert).

Osterburg u.a. (2007): Reduktion der jährlichen N-Fracht um 0-50 kg N/ha.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Effekt auf Nitratauswaschung hängt stark von Anbauintensität ab (es gibt auch intensive Biobetriebe).

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

BioSuisse. Richtlinien für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Knospe-Produkten.; 2022. [https://www.bio-suisse.ch/dam/jcr:60a9626c-ec40-4033-a631-64419f24396f/Bio\\_Suisse\\_Richtlinien\\_2022\\_DE.pdf](https://www.bio-suisse.ch/dam/jcr:60a9626c-ec40-4033-a631-64419f24396f/Bio_Suisse_Richtlinien_2022_DE.pdf)

Bünemann, E., Wey, H., Frick, H. Nitratauswaschung im Ackerbau: Literaturstudie und Nmin-Kampagnen Im Gäu (Olten).; 2021. [https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32\\_Wasser/1\\_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu\\_1.1\\_Literaturstudie\\_Ackerbau.pdf](https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/32_Wasser/1_GW/Nitratprojekt/NitroGaeu_1.1_Literaturstudie_Ackerbau.pdf)

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Sanders, J., Hess, J. Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft.; 2019.

[https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn060722.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn060722.pdf)

Stadtwerke München. Ökologischer Landbau zum Schutz des Münchner Trinkwassers.

<https://www.swm.de/wasser/trinkwasserschutz/oekologischer-landbau> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023)

Stopes C., Lord E.I., Philipps L., Woodward L. Nitrate leaching from organic farms and conventional farms following best practice. *Soil Use Manag.* 2002. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2002.tb00267.x>

Wilbois, K., Szerencsits, M., Hermanowski, R. Eignung des ökologischen Landbaus zur Minimierung des Nitrataustrags ins Grundwasser. 2007. [https://www.researchgate.net/profile/Klaus-Wilbois/publication/279172696\\_Eignung\\_des\\_ökologischen\\_Landbaus\\_zur\\_Minimierung\\_des\\_Nitrataustrags\\_in\\_s\\_Grundwasser/links/558a9c4c08ae50d602c8eb3b/Eignung-des-oekologischen-Landbaus-zur-Minimierung-des-Nitrataustrags-ins-Grundwasser.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Klaus-Wilbois/publication/279172696_Eignung_des_ökologischen_Landbaus_zur_Minimierung_des_Nitrataustrags_in_s_Grundwasser/links/558a9c4c08ae50d602c8eb3b/Eignung-des-oekologischen-Landbaus-zur-Minimierung-des-Nitrataustrags-ins-Grundwasser.pdf)

### 8.1.1 Abfuhr von Ernteresten / Mulchverbot nicht geernteter Gemüsesätze

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
GB	Landwirt:in Verbände für regionale Biomasseaufbereitung	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Erntereste und Gemüsesätze, die nicht als marktfähige Ware geerntet werden können, müssen abgeführt werden. Mögliche Nutzung der Biomasse als Transfermulch (falls zu Zeiten mit Düngebedarf in anderen Kulturen) oder Aufbereitung (z.B. Vergärung, Düngerpellets, Kompost).

*Bsp. SchALVO:* Abfuhr des nicht marktfähigen Aufwuchses bzw. der nicht winterharten Letztkulturen spätestens zu dem gebietsüblichen Erntetermin (Ausnahme Kohlstrünke und Blätter, die beim Putzen der Ware auf dem Feld bleiben).

#### Perspektive Grundwasser

Da Gemüse meist im vollen vegetative Wachstum zu einem Zeitpunkt mit hohem N-Bedarf geerntet wird, sind Boden-N-Vorräte sowie N-Gehalte in Gemüse-Ernteresten sehr hoch (bis zu 200 kg N/ha in Ernteresten). Wird ein gesamter Satz nicht geerntet, ist dies nochmals höher. Eine Abfuhr dieser Rückstände reduziert die N-Überschüsse drastisch.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Erhöhter Arbeitsaufwand durch Abfuhr / Aufbereitung.
- Teilweise technisch schwierige Umsetzung wegen Bodennähe: Vermischung von Pflanzen- und Bodenmaterial.
- Betriebliche Umstellungen: Putzen im Betrieb und / oder neue Technik zur Aufnahme der Erntereste.
- Überschüssiger N zum Erntezeitpunkt wird abgeführt und durch Aufbereitung in Düngemittel überführt, z.B. Düngepellets, Silage, Kompost, Biogasgülle → Dünger kann bedarfsgerecht betriebsintern verwendet oder an Externe abgegeben werden.
- Reduktion Mineraldüngerbedarf.

**Akzeptanz:** **schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Entsprechende Aufbereitungsmöglichkeiten sind zu schaffen.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Abklärung, welche Mengen vorhanden sind und welche Art der Aufbereitung in Frage kommt (Silieren, Pellets, Kompositieren, Biogasanlage, etc.).

Evtl. Kombination mit 2.2.1 *Zwischenfruchtanbau zwischen zwei Hauptkulturen* vorschreiben.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hoch.

**Erfolg, wenn...** Reduktion der N-Überschüsse durch Abfuhr von Ernteresten / Pflanzenmaterial quantifizierbar.

#### Kommentar

Abfuhr von Ernteresten wurde in NitroGäu (Lysimeterversuch) untersucht, allerdings als nicht praktikabel eingestuft. Begründung: Verbleib Erntereste sowie Langzeitwirkung auf Bodenfruchtbarkeit unklar → kann abgeschwächt werden, wenn Material später wieder als Dünger eingesetzt wird.

Gemäss Erhebungen von TerrAquat (unveröffentlicht) werden im Gäu aktuell etwa 20% der Kulturen gemulcht.

#### Enthalten in

In Baden-Württemberg über die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) geregelt.

#### Weiterführende Information und Literatur

Boxberger, Mayer, J., Möller, K., Pöllinger. Praxishandbuch Organische Düngung. Agrimedia. 2020. S. 191f  
 Feller, C., Fink, M., Laber, H., u.a. IGZ. Düngung im Freilandgemüsebau. 2011.  
 Krug, H., Liebig, H.P., Stützel, H. Gemüseproduktion. Ulmer; 2002.

- Spiess, E., Humphrys, C., Liebisch, F., Prasuhn, V., Neuweiler, R. Nitratauswaschung unter Gemüse bei unterschiedlichem Ernterückstandsmanagement. 19. Gumpensteiner Lysimetertagung. 2021. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/Page/Einzelpublikation/Download?einzelpublikationId=49418>
- Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richer, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>.

## 8.1.2 In-situ Nutzung von Ernterückständen auf Feld durch Einarbeitung im Frühjahr

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
GB	Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

### Möglichkeit für Ausgestaltung

Erntereste nach Ernte im Herbst intakt lassen und erst im nächsten Frühjahr einarbeiten.

### Perspektive Grundwasser

Intakte Erntereste (inklusive intakter Wurzeln) mineralisieren nicht / deutlich weniger über den Winter als eingearbeitete Erntereste und können sogar nochmals austreiben und dabei selbst als "Zwischenfrucht" fungieren. Reduktion des Auswaschungspotenzial gegenüber der Einarbeitung von N-reichen Ernterückständen im Herbst.

### Perspektive Landwirtschaft

- Bodenstrukturprobleme, wenn Frostgare wegfällt befürchtet.
- Spart das Anbauen einer Zwischenkultur.
- N-Transfer zu nächster Kultur evtl. besser als bei Einarbeiten im Herbst.
- ABER: erhöhter Schädlingsdruck möglich.
- Einarbeiten im Frühjahr möglicherweise schwierig, wenn Befahrbarkeit gering.
- N-Immobilisierung im Frühjahr(?).

**Akzeptanz:** mittel bis schlecht

### Aufwand / Ablauf

Erntereste bleiben über den Winter stehen und werden erst kurz vor Aussaat der nächsten Kultur eingearbeitet. Aufwand grundsätzlich gleich wie bei Einarbeitung im Herbst.

### Voraussetzungen / Bedingungen

Idealerweise Verknüpfung mit 7.2.2 Humusbilanz einbeziehen, 6.2.2 Decision Support Tools und 1.1.4 Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan.

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel. Geringere N-Mineralisierung aus Pflanzenmaterial vor dem Winter verglichen mit Einarbeitung im Herbst. Könnte die akzeptiertere Alternative zur Abfuhr von Ernteresten v.a. im Herbst und nach Starkzehrern sein.

**Erfolg, wenn...** Reduktion N-Inputs bei Erhalt des Ertragsniveaus quantifizierbar.

### Kommentar

### Enthalten in

-

### Weiterführende Information und Literatur

Agneessens L, De Waele J, De Neve S. Review of alternative management options of vegetable crop residues to reduce nitrate leaching in intensive vegetable rotations. *Agronomy*. 2014. <https://doi.org/10.3390/agronomy4040529>

### 8.1.3 Anrechnung von Ernteresten / nicht marktfähiger Ware bei nächster Düngung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
GB	Landwirt:in	Feld	A-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Anrechnung von Ernteresten / nicht marktfähiger Ware bei nächster Düngung.

#### Perspektive Grundwasser

Anrechnung von Ernteresten bei der Düngung reduziert Düngereinputs.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Im Gegensatz zur Abfuhr entfallen zusätzliche Arbeitsschritte.
- Menge der Erntereste und deren N-Verfügbarkeit muss abgeschätzt oder bestimmt werden.
- Reduzierte Düngereinputs können ggf. zur Ertrags- oder Qualitätseinbussen führen.

**Akzeptanz:** mittel

#### Aufwand / Ablauf

Abschätzung der Erntereste und Berücksichtigung in Düngeplanung.

Erfolgt meist über Richtwerte. Es wird in Zukunft lokale Zahlen zur Nachlieferung aus Ernteresten für das Gäu aus dem Forschungsprojekt CriticalN geben.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kenntnis (Messung / Schätzung) über Erntereste, N-Gehalte und N-Verfügbarkeit.

Kombination mit 1.1.4 *Parzellenspezifischer (digitaler) Düngeplan* und 1.1.5 *Führen eines (digitalen) Feldkalenders / Dokumentation der Düngung*.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel bis hoch. Je nach Kultur rechnen Feller u.a. 2011 mit bis zu 100 kg N/ha Transfer aus Ernterückständen.

**Erfolg, wenn...** Reduktion N-Inputs bei Erhalt des Ertragsniveaus quantifizierbar.

#### Kommentar

Feller u.a. 2011 rechnen 50% der N-Menge in Ernterückständen an. Nach ersten Ergebnissen im Gäu können im Sommer zum 2. Satz möglicherweise nahezu 100 % angerechnet werden.

GRUD: theoretisch 80 % N<sub>verfügbar</sub> für Folgekultur, es sollen aber aktuell nur 20 % als verwertbar angerechnet werden (N<sub>verwertbar</sub>). Dieser Wert ist nicht mehr zeitgemäss und wird nach oben korrigiert werden (Liebisch, persönliche Kommunikation).

#### Enthalten in

In Baden-Württemberg über die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) geregelt.

#### Weiterführende Information und Literatur

Feller, C., Fink, M., Laber, H., u.a. IGZ. Düngung im Freilandgemüsebau. 2011.

Kanton Solothurn. Das Forschungsprojekt CriticalN. O.D. <https://so.ch/verwaltung/bau-und-justizdepartement/amt-fuer-umwelt/wasser/grundwasser/schutz/das-nitratprojekt-niederbipp-gaeu-olten/das-forschungsprojekt-criticaln/> (zuletzt abgerufen am 9.1.2023).

LTZ Augustenberg. SchALVO-Düngung in Wasserschutzgebieten - Merkblatt Frühjahrsdüngung. Veröffentlicht online 2021. [https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents\\_E-1526118831/MLR.LEL/PB5Documents/ltz\\_ka/Arbeitsfelder/Landwirtschaft%20und%20Umwelt/Wasserschutz/Wasserschutzgebiete/Wasserschutzgebiete%20-%20D%C3%BCngung%20zur%20Hauptfrucht/Merkblatt%20zur%20Fr%C3%BChjahrsd%C3%BCngung%20in%20Wasserschutzgebieten%20%28April%202021%29.pdf](https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E-1526118831/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Landwirtschaft%20und%20Umwelt/Wasserschutz/Wasserschutzgebiete/Wasserschutzgebiete%20-%20D%C3%BCngung%20zur%20Hauptfrucht/Merkblatt%20zur%20Fr%C3%BChjahrsd%C3%BCngung%20in%20Wasserschutzgebieten%20%28April%202021%29.pdf)

Richner, W., Sinaj, S. Grundlagen für Die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD). 2017. [www.grud.ch](http://www.grud.ch) (Kapitel 10)

### 8.2.1 N-Eintrag aus Bewässerungswasser bei Düngung berücksichtigen

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
GB	Landwirt:in Kanton	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Bewässerungsmenge abschätzen und mithilfe der N-Gehalte im Wasser (jährliche Laboranalyse) in Düngplanung einbeziehen.

#### Perspektive Grundwasser

Anrechnung der Nitratgehalt im Bewässerungswasser reduziert Düngerbedarf.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Einsparung von Dünger.
- Bewässerungsmenge muss dokumentiert werden und mit Nitratgehalt des Bewässerungswasser multipliziert werden; Düngereinput entsprechend reduzieren.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Jährliche Beprobung des Bewässerungswassers (evtl. durch Kanton).

Landwirt:innen kennen ihre Bewässerungsmengen mit einem Fehler von max +/- 50 % und reduzieren N-Input mit Düngern entsprechend.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

-

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Abhängig von Nitratgehalt und Bewässerungsmenge. Im Gäu wird im jährlichen Durchschnitt im Gemüsebau mit ca. 120 mm bei ca. 5 mg NO<sub>3</sub>-N/L bewässert. Damit ergibt sich ein Potenzial von 6 kg N/ha (Hunkeler u.a, 2022). Im Gebiet Niederbipp sind die Nitratgehalte im Bewässerungswasser höher (bis zu 15 mg NO<sub>3</sub>-N/L) wodurch sich ein Einsparungspotenzial von bis zu 18 kg N/ha ergibt.

**Erfolg, wenn...** reduzierte Dünger-N-Inputs direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

Ist implementiert in N-Expert (6.2.2 *Decision Support Tools*).

#### Enthalten in

In Baden-Württemberg über die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) geregelt.

#### Weiterführende Information und Literatur

Hunkeler, D., Holzkämper, A., Bischoff, W.A. Bewässerungsbedarf Gäu im Kontext des Nitratprojekts und die mögliche Rolle von Grundwasser. 2022.

IGZEV. N-Expert – Düngungsberatung und Nährstoffbilanzierung im Freilandgemüsebau. <http://n-expert.igzev.de/> (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richer, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>.

## 8.2.2 Fertigation

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
GB	Landwirt:in	Feld	C-Massnahme

### Möglichkeit für Ausgestaltung

Fertigation: Ausbringung von flüssigen Düngern durch ein Bewässerungssystem; Verlegen der Schläuche nahe der Pflanzen.

### Perspektive Grundwasser

Durch gezielte Düngung ist eine Düngereinsparung möglich.

### Perspektive Landwirtschaft

- Effizientere Bewässerung und Einsparung von Düngern möglich.
- Interesse und Kenntnisse aus dem Gewächshausanbau vorhanden.
- Tröpfchenbewässerung muss bei aktueller Praxis bei jeder Kultur neu verlegt werden.
- Einsatz bisher nur bei Zucchetti (lange Kulturdauer, kontinuierlicher Bedarf).

### Akzeptanz: mittel

### Aufwand / Ablauf

Hohe Arbeits- und Materialkosten; Schläuche nicht langlebig.

### Voraussetzungen / Bedingungen

Nicht für kurze Kulturen geeignet.

### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel.

**Erfolg, wenn...** Einsparung von Dünger direkt quantifizierbar.

### Kommentar

Wurde im NitroGäu-Projekt im Rahmen der Untersuchungen zum Gemüsebau getestet. Im Erneuerungsantrag Nitratprojekt zurückgestellt, da zu hohe Kosten für Fertigationsschläuche.

### Enthalten in

-

### Weiterführende Information und Literatur

Gärdenäs, A. I., Hopmans, J. W., Hanson, B. R., & Šimůnek, J. Two-dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. *Agric Water Manag.* 2005.

<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.11.011>

Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richer, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science.* 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>.

Zupanc, V., Šturm, M., Lojen, S., Maršič-Kacjan, N., Adu-Gyamfi, J., Bračič-Železnik, B., ... & Pintar, M. Nitrate leaching under vegetable field above a shallow aquifer in Slovenia. *Agric Ecosyst Environ.* 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.014>

### 8.2.3 Angepasste Bewässerung

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
GB	Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Bewässerungssteuerung durch Bodenfeuchtesensoren, z.B. Tensiometer, oder Bewässerungsmodelle.

Bsp.: Klimatische Wasserbilanz (z.B. Geisenheimer Methode).

Mehrschichtige Bodenfeuchte- und Evapotranspirationsmodelle.

Kontinuierliches Monitoring des Pflanzenbestandes (z.B. Messung der Bestandestemperatur).

#### Perspektive Grundwasser

Eine angepasste Bewässerung reduziert Auswaschung durch a) keine übermässige Sickerwasserbildung; b) optimales Pflanzenwachstum = optimale Düngeraufnahme.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Optimale Bewässerungsmenge führt zu Ertragssteigerung und ggf. Wassereinsparung.

#### Akzeptanz: gut

#### Aufwand / Ablauf

Abhängig von Steuerungsmethode.

Bei Geisenheimer Steuerung: Basierend auf einer mit Wetterdaten ermittelten Referenzverdunstung wird mithilfe von kultur- und entwicklungsabhängigen Koeffizienten ( $k_c$ ) der Wasserbedarf der jeweiligen Pflanzenart berechnet. Die Methode beruht auf vier Schritten:

1. Ausgangsfeuchte ermitteln.
2. Bestimmung der Bewässerungsmenge je Termin.
3. Errechnung der täglichen Wasserbilanz.
4. Bestimmung des Bewässerungszeitpunkts.

Tensiometer können als Kontroll- und Steuerungsinstrument dienen.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Beprobung, Berechnung und Einstellung der Bewässerung; Niederschlagsmessung in der Nähe.

Anschaffung, Installation und Wartung von Sensoren.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Gering bis hoch, je nach Überschuss der Bewässerung und der Nitrat-Konzentration. Im Perimeter eher gering, weil die aktuellen Gaben etwa im Bereich des klimatischen Bedarfs liegen (Hunkeler u.a., 2022), also keine sehr hohen Einsparungen zu erwarten sind.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar; höhere Erträge gegenüber üblicher Praxis können Effizienzsteigerung anzeigen.

#### Kommentar

Ausführliche Beschreibung und Bewertung in Zemek u.a. 2020.

#### Enthalten in

In Baden-Württemberg über die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) geregelt.

#### Weiterführende Information und Literatur

Hortipendium. Stickstoffdüngung nach den N-Sollwert-Systemen – Nmin, KNS und N-Expert.

[http://www.hortipendium.de/Stickstoffd%C3%BCngung\\_nach\\_den\\_N-Sollwert-Systemen\\_-\\_Nmin,\\_KNS\\_und\\_N-Expert](http://www.hortipendium.de/Stickstoffd%C3%BCngung_nach_den_N-Sollwert-Systemen_-_Nmin,_KNS_und_N-Expert) (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

Hunkeler, D., Holzkämper, A., Bischoff, W.A. Bewässerungsbedarf Gäu im Kontext des Nitratprojekts und die mögliche Rolle von Grundwasser. 2022.

Krug, H., Liebig, H.P., Stützel, H. Gemüseproduktion. Ulmer; 2002. S. 206ff

Paschold, P.J., Kleber, J., Mayer, N. Bewässerungssteuerung bei Gemüse im Freiland.; 2009.

[https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dk041700.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dk041700.pdf)

Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richner, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. <https://doi.org/10.34776/as95g>.

### 8.3.1 Anbauzeit von Gemüse einschränken durch Einbau einer Kunstwiese in Gemüsefruchtfolge

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
GB	Landwirt:in	Betrieb	C-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Einbau einer eineinhalbjährigen Kunstwiese in Gemüsefruchtfolgen.

#### Perspektive Grundwasser

Reduktion des intensiven Gemüsebaus reduziert Potenzial für Nitratauswaschung.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Einschränkung in Fruchtfolge und produktiver Fläche.

#### Akzeptanz: **schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Umstellung Fruchtfolge. Einsaat von Kunstwiesenmischung; Schnittnutzung. Ggf. über Flächenabtausch / überbetriebliche Zusammenarbeit mit Futterbaubetrieb sinnvoll / möglich.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Zur Entschädigung von Ertragsausfällen evtl. sehr hohe Ausgleichszahlungen notwendig.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Hoch.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar

#### Kommentar

Massnahme zurückgestellt in Erneuerungsantrag Nitratprojekt, da notwendige Abgeltungen im Vergleich zum Ackerbau unverhältnismässig hoch. Ähnlicher Effekt durch Nachbau von Weizen in der aktuellen Fruchtfolge schon vorhanden.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

### 8.3.2 Kombination Ackerbau und Gemüsebau

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
GB	Landwirt:in	Feld	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Integration von landwirtschaftlichen Kulturen in gemüsebauliche Fruchtfolgen (z. B. Gemüse- / Getreidefruchtfolge).

#### Perspektive Grundwasser

Gemüsekulturen sind intensiver als Ackerbaukulturen, insbesondere da mehrere Sätze pro Jahr angebaut werden. Anbau von Getreide verlängert Kulturzeit und reduziert N-Überschüsse.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Einschränkung in Fruchtfolge.
- Überbetriebliche Zusammenarbeit mit Ackerbaubetrieb sinnvoll.

#### Akzeptanz: gut bis schlecht

Die Akzeptanz hängt von Fruchtfolgelänge ab. 4 Jahre Gemüse + 1 Jahr Weizen ist Standard und sehr gut anerkannt. Häufigere Getreidejahre würden auf zunehmenden Widerstand stossen.

#### Aufwand / Ablauf

Einbau von Getreide in Gemüsefruchtfolge. Ggf. über Flächenabtausch / überbetriebliche Zusammenarbeit mit Ackerbaubetrieb sinnvoll / möglich.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Auswahl von Kulturen, die mit hohen N-Rückständen im Boden umgehen könnten (z.B. Weizen). Kombination mit fehlender oder geringer N-Düngung beim Weizen sinnvoll.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Gering – mittel.

**Erfolg, wenn...** weniger Gemüseanbau.

#### Kommentar

Unklar, inwiefern Winterweizen hohen Überschüsse nach Gemüseanbau verwerten kann. Wird gerade im Forschungsprojekt CriticalN untersucht.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

Kanton Solothurn. Das Forschungsprojekt CriticalN. O.D. <https://so.ch/verwaltung/bau-und-justizdepartement/amt-fuer-umwelt/wasser/grundwasser/schutz/das-nitratprojekt-niederbipp-gaeu-olten/das-forschungsprojekt-criticaln/> (zuletzt abgerufen am 9.1.2023).

Osterburg, B., Rühling, I., Runge, T., Schmidt, T. G., Seidel, K., Antony, F., Gödecke, B., & Witt Altfelder, P. Kosteneffiziente Massnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. 2007. [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/bitv/dk038383.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/bitv/dk038383.pdf)

Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richner, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>.

### 8.4.1 Förderung / Ausschluss gewisser Gemüsekulturen

Fokus	Umsetzungsebene	Wirkungsebene	Einordnung
GB	Landwirt:in	Betrieb	B-Massnahme

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Durch Auswahl "N-unkritischer" Kulturen N-Überschüsse senken, vor allem bei später Ernte im Jahr.  
 Negativbeispiel: Brokkoli besonders N-kritisch (für erntebare Qualität müssen zum Erntezeitpunkt hohe Nmin-Gehalte im Boden sein).  
 Zwiebeln und Karotten weniger kritisch wegen niedrigem Düngenniveau.

#### Perspektive Grundwasser

Anbau besonders grundwassergefährdender Kulturen wird unterbunden bzw. alternative Kulturen gefördert.  
 Weniger N-Überschüsse und unvermeidbare Verluste über Winter, v.a. wenn späte Kulturen mit hohen Ernterückständen (Blumenkohl, Brokkoli) unterbunden werden.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Einschränkung der Kulturwahl.

#### Akzeptanz: **schlecht**

#### Aufwand / Ablauf

Fruchtfolgeanpassung.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Kenntnis über grundwasserverträgliche Gemüsekulturen.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel bis hoch.

**Erfolg, wenn...** Reduktion Nmin-Gehalte im Boden zum Zeitpunkt der Ernte.

#### Kommentar

Bis jetzt nicht umgesetzt, da Einschränkung in Kulturwahl sehr unbeliebt bei Landwirt:innen.

#### Enthalten in

-

#### Weiterführende Information und Literatur

- Feller, C., Fink, M., Laber, H., u.a. IGZ. Düngung im Freilandgemüsebau. 2011.  
 Lindemann-Zutz, K., Block, R., Banna-Köthemann, C., et al. Massnahmen zur Steigerung der N-Effizienz im Freilandgemüsebau - Leitfaden für Beratung und Praxis. Landwirtschaftskammer Niedersachsen; 2021.  
<https://www.landwirtschaftskammer.de/gartenbau/beratung/pdf/n-effizienz-freilandgemuese.pdf>  
 Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richner, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>.

### 8.4.2 Anbau von Tiefwurzlern nach Kulturen mit hohen N-Rückständen; kein Anbau von Flachwurzlern als Letztkultur

Fokus GB	Umsetzungsebene Landwirt:in	Wirkungsebene Feld	Einordnung B-Massnahme
-------------	--------------------------------	-----------------------	---------------------------

#### Möglichkeit für Ausgestaltung

Anbau von tiefwurzelnden (> 50 cm) Pflanzen nach flachwurzelnden bzw. nach Kulturen mit hohen Rest-Nmin-Gehalten oder vielen Ernterückständen.

*Bsp. SchALVO:* Kein Anbau flachwurzelnder Letztkulturen (z. B. Feldsalat, Lauchzwiebeln) und Spinat nach Vorkulturen mit Gesamt-Stickstoffsollwerten über 200 kg N/ha oder bei stickstoffreichen Ernteresten der Vorkultur.

#### Perspektive Grundwasser

Tiefwurzelnde Kulturen können Stickstoffüberschüsse nach N-reichen Vorkulturen besser aufnehmen als flachwurzelnde Kulturen. Eine tiefwurzelnde Letztkultur kann N-Überschüsse vor dem Winter besser aufnehmen und den Boden besser entleeren, wenn sie nicht selbst zu viel N in Ernterückständen hinterlässt.

#### Perspektive Landwirtschaft

- Einschränkung in Fruchtfolge und Kulturwahl.

#### Akzeptanz: **mittel**

#### Aufwand / Ablauf

Anpassung Fruchtfolge.

#### Voraussetzungen / Bedingungen

Keine.

#### Wirkungsabschätzung der Nitratreduktion

Mittel bis hoch.

**Erfolg, wenn...** nicht direkt quantifizierbar.

#### Kommentar

#### Enthalten in

In Baden-Württemberg über die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) geregelt. -

#### Weiterführende Information und Literatur

Krug, H., Liebig, H.P., Stützel, H. Gemüseproduktion. Ulmer; 2002.

Umweltministerium Baden-Württemberg. Verordnung des Umweltministeriums über Schutzbestimmungen und die

Gewährung von Ausgleichsleistungen in Wasser- und Quellenschutzgebieten (SchALVO).

<https://www.lubw.baden->

[wuerttemberg.de/wasser/wasserschutzgebiete#:~:text=Die%20Schutzgebiets%2D%20und%20Ausgleichsverordnung%20\(SchALVO,durch%20Stoffeintr%C3%A4ge%20aus%20der%20Landbewirtschaftung.](https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/wasserschutzgebiete#:~:text=Die%20Schutzgebiets%2D%20und%20Ausgleichsverordnung%20(SchALVO,durch%20Stoffeintr%C3%A4ge%20aus%20der%20Landbewirtschaftung.) (zuletzt abgerufen am 4.1.2023).

Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M., Richner, W. Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau - eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. 2020. <https://doi.org/10.34776/as95g>.

## Verdankung

Einen herzlichen Dank an Else Bünemann (FiBL) und Andreas Keiser (HAFL) für das Einbringen ihrer Expertenmeinung.

Das Projekt wurde finanziell und inhaltlich durch das Amt für Umwelt, Kanton Solothurn, und das Amt für Landwirtschaft und Natur, Kanton Bern, unterstützt.