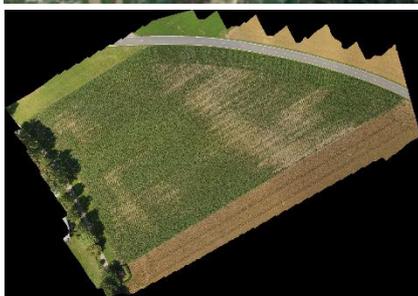




Bericht | Nr. 01/2022



Jahresbericht **Critical**

Teil Ackerbau - 2022

Autoren

F. Argento, W. Bischoff¹, R. Hug², F. Liebisch

Partner

¹Gutachterbüro TerrAquat

²AfU – Kanton Solothurn

Bildungszentrum Wallierhof – Kanton Solothurn

Inforama – Kanton Bern

«Dieser Bericht wurde mit Unterstützung des BLW und BAFU verfasst»



Impressum

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191, 8046, Zürich www.agroscope.ch
Auskünfte	Das Forschungsprojekt CriticalN Aktuelle Daten aus Projekt (Kontakte)
Redaktion	F. Argento, F. Liebisch
Gestaltung	Agroscope
Fotos	F. Argento
Titelbild	F. Argento
Download	PDF auf Anfrage erhältlich
Copyright	© Agroscope 2022
Kontakte	nitratprojekt@agroscope.admin.ch francesco.argento@agroscope.admin.ch frank.liebisch@agroscope.admin.ch

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

Inhalt	3
Vorwort	4
Zusammenfassung	4
1 Einführung	5
1.1 Die Problematik in Kürze	5
1.2 Das Nitratprojekt und CriticalN	5
2 Methoden im Projekt	7
2.1 Düngungsmethoden.....	7
2.2 Versuchsdesign und Datenerhebung	9
2.3 Evaluationsindikatoren.....	10
3 Stand der Forschungsarbeiten des Projekts	12
3.1 Betriebsnetzwerk Ackerbau 2022	12
3.2 Aktuelle Herausforderungen - 2022.....	13
4 Erste Ergebnisse - 2022	14
4.1 Wetter	14
4.2 Einzelfelder	15
4.3 Direkter Vergleich und Demoversuch.....	16
5 Literaturverzeichnis	21
6 Anhang	22
6.1 Preisliste für Düngung bei Landor im Dezember 2022.....	22
6.2 Grundwasserstand im Gäu (Kestenholz) im 2022.....	23
6.3 Korrigierte Nmin Werte mit Faktor x2 und berechnete Empfehlungen	24

Vorwort

Der folgende Bericht ist als iterativer Bericht für die gesamte Dauer des Projekts gedacht. Konkret bedeutet das, dass der Bericht jedes Jahr mit den neuen Daten und dem Stand des Projekts ergänzt wird, während bestimmte Teile, wie die Einleitung und die Methoden, im Wesentlichen gleichbleiben. Auf diese Weise werden die Leserinnen und Leser regelmässig mit neuen Informationen versorgt und am Ende ist die Projektentwicklung gut nachvollziehbar.

Zusammenfassung

Die Region zwischen Niederbipp, Oensingen und Olten gehört zu den wichtigsten Trinkwasserressourcen im Kanton Solothurn. Gleichzeitig gehört der Talboden dieser Region auch zu den wichtigsten Acker- und Gemüsebaugebieten im Kanton. Aufgrund der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung und der ungünstigen hydrogeologischen Gegebenheiten ist das Grundwasser in dieser Region übermässig mit Nitrat belastet, sodass das Qualitätsziel der eidg. Gewässerschutzverordnung (GSchV) für Grundwasser von 25 mg Nitrat Liter⁻¹ vielerorts nicht eingehalten wird (Quelle: AfU SO, 2022). Seit dem Jahr 2000 wird deshalb das schweizweit grösste Nitratprojekt umgesetzt. Mit geeigneten und breit abgestützten Massnahmen sollen die Nitratwerte dauerhaft unter das gesetzliche Qualitätsziel für Grundwasser von 25 mg Nitrat Liter⁻¹ gesenkt werden. Das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten wird in der vierten Projektperiode vom Forschungsprojekt CriticalN wissenschaftlich begleitet. Das Wirkungsziel ist, durch angepasste Massnahmen die durchschnittlichen **N-Verluste ins Grundwasser** aus landwirtschaftlich genutzten Flächen unter **30 kg N ha⁻¹** zu halten.

Agroscope hat im laufenden Jahr angefangen, zusammen mit den Beratern des Kantons Solothurn (Bildungszentrum Wallierhof) und des Kantons Bern (Bildungszentrum Inforama) sowie dem Amt für Umwelt des Kantons Solothurn ein Betriebsnetzwerk aufzubauen. Im Jahr 2022 nahmen neun Betriebe an dem Projekt teil. So standen 20 Parzellen mit 6 verschiedenen Kulturen im Versuch. Gemäss den «Grundlagen der Düngung für Ackerkulturen» (GRUD 2017) werden in der Schweiz, neben den GRUD-Normen der einzelnen Kulturen, zwei Methoden zur Berechnung einer angepassten N-Düngermenge verwendet: (i) die N_{min}-Methode, (ii) die Methode der korrigierten Normen. Die Methoden werden in drei Arten von Feldanwendungen von geringem bis hohem Bedarf an Begleitung getestet. Wenn möglich ist eine Nullparzelle ohne Düngung im Feld angelegt, was der Kontrolle und Einschätzung der N-Nachlieferung dient.

Die Saison 2022 war durch relativ niedrige N_{min}-Werte charakterisiert. Auf den Feldern von Mais lagen die Werte im Mai zwischen 40 und 80 kg N ha⁻¹. In Weizenfeldern im Februar lagen die Werte zwischen 25 und 50 kg N ha⁻¹. Die Dünge-Empfehlungen nach der N_{min}-Methode unterschieden sich also nicht wesentlich von der Norm. Vor allem in Mais waren die Unterschiede gleich oder etwa 5-10 % niedriger als die Norm. Bei Winterweizen war die Abweichung von der Norm grösser, hier lagen die Empfehlungen 5-30 % unter der Norm bei vergleichbaren Erträgen. In dem Streifenversuch mit Winterweizen wurde der N-Düngereinsatz bei der N_{min}- und Korrigierten Norm-Variante um 10 beziehungsweise 15% der Norm für Winterweizen reduziert. Dies ohne einen signifikanten Unterschied im Ertrag und Qualität zwischen den gedüngten Varianten. Im Silomais-Demotrial wurde der Düngereinsatz bei den angepassten Varianten im Vergleich zur Norm um 5-13% reduziert. Zusammengefasst zeigt der Vergleich, dass sich die angepassten Varianten in einem guten Jahr positiv auswirkten und die potenziellen Verluste verringerten, ohne den Ertrag und die Wirtschaftlichkeit zu beeinträchtigen. Wenn weitere Daten über mehr Felder und Jahre vorliegen, können weitere Schlussfolgerungen gezogen werden.

1 Einführung

1.1 Die Problematik in Kürze

Die Grundwasserleiter der Region zwischen Niederbipp, Oensingen und Olten gehört zu den wichtigsten Trinkwasserressourcen im Kanton Solothurn. Gleichzeitig gehört der Talboden dieser Region auch zu den wichtigsten Acker- und Gemüsebaugebieten im Kanton.

Stickstoff, der hauptsächlich durch Düngung zugeführt wird, kann in Form von Nitrat ins Grundwasser ausgewaschen werden. Aufgrund der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung und der ungünstigen hydrogeologischen Gegebenheiten ist das Grundwasser in dieser Region übermässig mit Nitrat belastet, sodass das Qualitätsziel der eidg. Gewässerschutzverordnung (GSchV) für Grundwasser von 25 mg Nitrat Liter⁻¹ vielerorts nicht eingehalten wird (Quelle: AfU SO, 2022).

1.2 Das Nitratprojekt und CriticalN

Seit dem Jahr 2000 wird deshalb das schweizweit grösste Nitratprojekt umgesetzt. Mit geeigneten und breit abgestützten Massnahmen sollen die Nitratwerte im Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird oder dafür vorgesehen ist, dauerhaft auf die gesetzliche Anforderung von 25 mg Nitrat Liter⁻¹ gemäss GSchV gesenkt werden. Gleichzeitig soll die landwirtschaftliche Produktion erhalten und das Einkommen der Landwirtinnen und Landwirte gesichert werden. Für Nachteile, welche durch die getroffenen Massnahmen entstehen, werden die Landwirtinnen und Landwirte entschädigt.

Dank diesen Anstrengungen sind die Nitratwerte im Grundwasser nicht weiter angestiegen und weisen teilweise bereits rückläufige Trends auf. Sie liegen aber noch immer über 25 mg Nitrat Liter⁻¹. Der Grenzwert nach der TBDV für Trinkwasser von 40 mg Nitrat Liter⁻¹ wurde dank der Zusammenarbeit mit den Landwirten und Landwirtinnen aber in keiner der Trinkwasserfassungen jemals überschritten. (Quelle: AfU SO, 2022).

1.2.1 Die ersten Projektperioden 1.-3. 2000-2021

Die Massnahmen beschränkten sich auf den Ackerbau, da dieser den grössten Flächenanteil aufweist. Die Massnahmen bestanden aus der Stilllegung von produktivem Ackerland und nitratarmen Ackerbau nach den Vorgaben des Nitratindex (Fruchtfolge, Winterbegrünung, Bodenbearbeitung und Saatzeitpunkt im Spätsommer/Herbst). Mit Ausnahme eines Düngeverbotsfensters im Winter wurde die Düngung aber nicht als eigentliche Massnahmen einbezogen. (Quelle: AfU SO, 2022).

1.2.2 Das Forschungsprojekt Nitrogäu 2017-2021

Die Untersuchungen dieses Forschungsprojekts zeigen, dass im Ausbringungsjahr von Hof- und Mineraldünger der von Pflanzen nicht aufgenommene Stickstoff hauptsächlich in der organischen Bodensubstanz eingebaut und gespeichert wird. Ein Teil dieses in der organischen Bodensubstanz gespeicherten Stickstoffs wird in den Folgejahren wieder in pflanzenverfügbares Nitrat umgewandelt (mineralisiert).

Der grosse Stickstoffvorrat im Boden und die spätere Nachlieferung von Nitrat aus diesem Bodenreservoir wurde bis anhin nicht für die Düngung berücksichtigt. Aus dieser Erkenntnis leitet sich ab, dass zur Zielerreichung prioritär eine standortangepasste Düngung erforderlich ist, welche die Nitratnachlieferung aus dem Bodenreservoir, die Nachlieferung aus Hofdüngern bzw. organischen Düngern selbst und die Vorfrucht künftig adäquat berücksichtigt. (Quelle: AfU SO, 2022; Frick, 2022).

1.2.3 Die 4. Projektperiode 2021-2026 «Nitratprojekt NGO»

Die hydrogeologischen Untersuchungen und das Forschungsprojekt NitroGäu zeigten, dass die bisherigen Massnahmen nicht ausreichen, um das Qualitätsziel im Grundwasser dauerhaft zu erreichen. Deshalb wird das Nitratprojekt in der vierten Projektperiode betriebsindividuelle Lösungen und Massnahmen umsetzen, deren Wirkung auf Felddaten und einer datenbasierten Beratung beruhen.

- **Erweiterung Niederbipp:** Nitratprojekt NGO (Niederbipp – Gäu – Olten). Der Kanton Bern ist durch die Erweiterung des Projektperimeters nun Teil der Projektträgerschaft und -umsetzung.
- **Einführung von Massnahmen im Gemüsebau:** Erstmals in der Schweiz werden Gemüsebau-Flächen in ein Nitratprojekt eingebunden.
- **Neue Massnahmen Ackerbau:** Der im Boden bereits pflanzenverfügbare Stickstoff wird beim Ausbringen von Dünger besser berücksichtigt.

1.2.4 Das Begleitprojekt Critical

Das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten wird in der vierten Projektperiode vom Forschungsprojekt CriticalN wissenschaftlich begleitet. Ziel ist es, die landwirtschaftlichen Überschüsse in der Stickstoff-Düngung zu senken. Der Weg dahin ist, die Stickstoff-Effizienz zu steigern durch angepasste Stickstoff-Düngung. Dies ist - auf dem Hintergrund steigender Düngerpreise und knapper werdender Ressourcen – auch im Sinne der Landwirte und Landwirtinnen. Konkret soll das erreicht werden durch:

- **Regionaler Forschungsansatz:** Versuche und Untersuchungen gemeinsam mit den Landwirten und Landwirtinnen und auf den Flächen ihrer Betriebe im Projektgebiet.
- **Ermittlung und Bewertung der Stickstoff-Effizienz:** Messungen zur Stickstoff-Bilanzierung für wichtige Kulturen und Fruchtfolgen.
- **Dialog:** Verbesserungsvorschläge von Landwirten und Landwirtinnen können erprobt und mit Messungen bewertet werden.
- **Regionale Datenauswertung:** Wie weit ist die aktuelle Praxis auf dem Weg zum dauerhaften Grundwasserschutz?

Das Gutachterbüro TerrAquat in D-Nürtingen (Projektleitung) ist für die Teil Gemüsebau zuständig. Agroscope Gruppe Gewässerschutz und Stoffflüsse ist für die Teil Ackerbau zuständig (Abb. 1). Das Forschungsteam arbeitet eng zusammen mit dem Amt für Umwelt Kanton Solothurn und den landwirtschaftlichen Beratungszentren Wallierhof (Solothurn) und Inforama (Bern).

Das Wirkungsziel ist durch angepasste Massnahmen den durchschnittlichen **N-Verlust ins Grundwasser** aus landwirtschaftlich genutzten Flächen unter **maximal 30 kg N ha⁻¹ pro Jahr** zu halten.



Abbildung 1: Das Critical N Kernteam. (Links bis Recht) Frank Liebisch (Agroscope), Wolf Bischoff (TerrAquat, Projektleiter), David Williams (TerrAquat), Andreas Schwarz (TerrAquat), Francesco Argento (Agroscope). Hier auf einer gemeinsamen Unterbodenkartierung in der Region Oensingen zur Eignungsbewertung von Versuchsflächen für das Demoexperiment.

2 Methoden im Projekt

Die Begleitung wird im Projektgebiet durch Besprechungen, Empfehlungen für Düngungsmethoden sowie Erhebung und Analyse von Boden- und Pflanzendaten stattfinden. Innerhalb des Begleitungsprojekts werden ergänzend folgende Methoden eingesetzt:

- Kontakte mit Landwirten um Parzellen zu suchen und über Düngungsstrategien zu diskutieren.
- Düngungsempfehlungen nach standortangepasster Düngepraxis.
- Verteilte repräsentative und wiederholte Erhebungen von Ertrag, N-Entzug und Erntequalität
- Messung der N-Verluste in das Grundwasser als Massstab für die Effizienz der Massnahmen und zur Schliessung der Feld-N-Bilanzen.
- Messung von potentiellen Düngeüberschüssen mit Hilfe von Nulldüngefenstern zur Erweiterung der Datengrundlage in der Fläche.
- Betriebsgespräche zur Umsetzbarkeit, dem subjektiven Erfolg, Fragen und Ideen zur Verbesserung der beteiligten Landwirtinnen und Landwirte
- Düngeplanung und Betriebsbilanzen regional einordnen und diskutieren

2.1 Düngungsmethoden

Gemäss den «Grundlagen der Düngung für Ackerkulturen» (GRUD 2017, Kapitel 8, Sinaj & Richner, 2017) in der Schweiz werden zwei Methoden zur Berechnung der angepasster N-Düngermenge verwendet: (i) die N_{min} -Methode, (ii) die Methode der korrigierten Normen. In einer Studie von 2015 (Maltas et al. 2015) wurde gezeigt, dass beide Methoden gleich leistungsfähig sind und nach beiden Methoden eine N-Düngermenge empfohlen wird, die nahe an der optimalen Menge liegt. Zeitpunkt und Aufteilung der Düngergaben sind auch wichtig und Hinweise befinden sich auf die Tabelle 26, Seite 8/35 der GRUD. Einige kürzlich in der Schweiz durchgeführte Studien zeigten ebenfalls das Potenzial standortangepasster Methoden zur Optimierung der Stickstoffdüngung (Argento et al. 2022, Grossrieder et al. 2022).

2.1.1 Düngung nach GRUD Norm

In der GRUD entsprechen die N-Düngungsnormen dem Stickstoffbedarf der Ackerkulturen, um einen durchschnittlichen Ertrag zu erreichen. Die N-Entzüge sowie die entsprechenden Düngungsnormen sind in Tabellen aufgeführt. Beim berücksichtigten Ertragsniveau handelt es sich um den in der Schweiz durchschnittlich erreichten Ertrag. Er beruht auf den landwirtschaftlichen Statistiken des Schweizer Bauernverbands (SBV 2014). Die Werte der N-Gehalte stammen aus zahlreichen Versuchen, die von Agroscope durchgeführt wurden. Diese Normen werden in Abhängigkeit verschiedener Faktoren bezüglich der Pflanzen, des Bodens und/oder des Klimas korrigiert.

2.1.2 Düngung nach N_{min}

Diese Methode zur Berechnung der erforderlichen N-Menge beruht auf der Messung des mineralischen N im Boden. Die N_{min} -Bestimmung berücksichtigt das in verschiedenen Bodenschichten (0 – 90 cm) enthaltene N in Form von Nitrat- (N-NO₃) und Ammonium-Stickstoff (N-NH₄) (Abb. 2). Diese werden unter Berücksichtigung der Steingehalte und Bodendichte in N_{min} umgerechnet nach der Agroscope Referenzmethode (Bürge und Agroscope, 2020). Der Vorteil ist, dass N_{min} im Boden gemessen werden kann. Die zu düngende N-Menge wird durch einen Referenzwert für jede Kultur berechnet. Die Nachteile sind die Kosten und der Aufwand für die Beprobung und Analyse.



Abbildung 2: Mechanische N_{min} -Probenahme. Pro Feld oder Sektor werden 12-15 Einstiche auf der Fläche in drei Horizonten (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) vorgenommen. Probenahme am 25.02.2022 durch Sven Schönmann (Briner AG), Probenehmer im Nitratprojekt.

Im Rahmen des Projekts wurde ein Arbeitsablauf eingerichtet, um sicherzustellen, dass von der Bestellung der Proben bis zur Empfehlung max. 72 Stunden vergehen (Abb. 3). Die Proben werden von einem "Probenehmer" gesammelt und gleichentags an ein Labor in der Region geliefert.

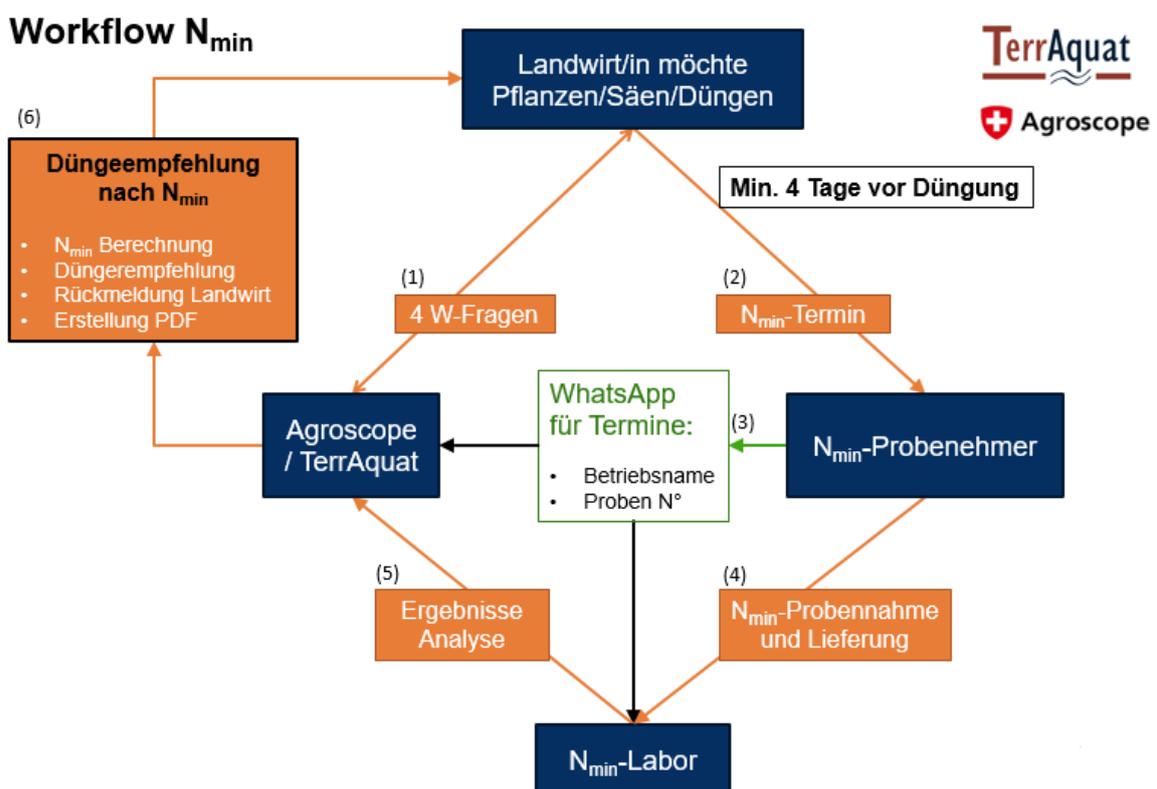


Abbildung 3: N_{min} Arbeitslauf im Projekt im Ackerbau. (1) Die Landwirt*innen nehmen Kontakt mit den Projektpartnern (Agroscope oder TerrAquat) auf, um die vier W-Fragen zu besprechen: was, wo, wann, wie viel. (2) Min. 4 Tage vor der Düngung ist die Probenahme beim Probenehmer in Auftrag gegeben, der mit Partnern und Labor die Probennahme per WhatsApp meldet. (4) Die Proben werden gesammelt und im Labor abgegeben. (5) Die Analysen werden an die Projektpartner weitergeleitet, eine Dünge-Empfehlung wird berechnet und (6) an den Landwirt*innen zurückgemeldet.

2.1.3 Düngung nach korrigierter Norm

Die Methode der korrigierten Normen schätzt die erforderliche N-Düngermenge, wobei eine Referenzmenge aufgrund von Boden-, Klima- und Anbaubedingungen des Standorts korrigiert wird (Abb. 4). Dabei kommen sieben mögliche Korrekturfaktoren, die negative oder positive Werte annehmen können, zur Anwendung:

$$X = \text{Norm} + (f_{\text{Ertrag}} + f_{\text{OSB}} + f_{\text{VF}} + f_{\text{NOD}} + f_{\text{Regen}} + f_{\text{Hacken}} + f_{\text{Fr}})$$

Der Faktor Ertrag (f_{Ertrag}) schätzt die Korrektur des N-Bedarfs, wenn ein höherer oder tieferer Ertrag im Vergleich zum Referenzertrag angestrebt wird (höhere Ertrag in 62a Gebieten nicht zulässig, [Suisse-Bilanz](#) Seite 4-5, Punkt 2.17). Der Faktor f_{OSB} berücksichtigt die Auswirkungen des Gehalts an Organische Substanz (OS) und des Tongehalts des Bodens auf die Mineralisierung der OS, f_{VF} berücksichtigt den Einfluss der Vorfrucht und des Zeitpunkts ihrer Einarbeitung in den Boden auf die Mineralisierung der Ernterückstände, f_{NOD} bezeichnet den Anteil des mit organischen Düngern ausgebrachten N, der im zweiten Jahr nach der Ausbringung pflanzenverfügbar ist, f_{Regen} schätzt den Einfluss von Regen auf die N-Verluste durch Auswaschung während Winter und Frühling, f_{Hacken} simuliert den positiven Effekt von wiederholtem Hacken auf die Mineralisierung der OS und f_{Fr} berücksichtigt, die Auswirkungen der Bedingungen im Frühling (Feuchtigkeit und Temperatur) auf die N-Verfügbarkeit.

Der Vorteil von dieser Methode ist, dass sie keine Analysenkosten verursacht und viele wichtige Anbau- und Umweltfaktoren einbezieht. Der Nachteil ist, dass die Berechnung nicht selbsterklärend ist und Daten und Zeit benötigt. Dieser Aufwand ist aber als gering einzustufen und kann durch digitale Tools vereinfacht werden.

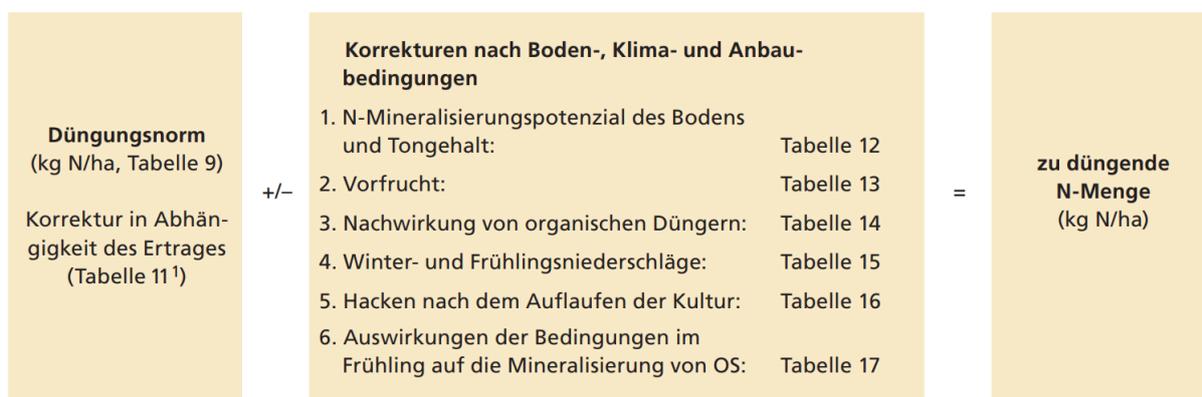


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Methode der korrigierten Normen und der Korrekturfaktoren aus Kapitel 8/24 der GRUD 2017 (Sinaj & Richner, 2017).

2.2 Versuchsdesign und Datenerhebung

Die Varianten werden in drei Arten von Feldversuchen in der Reihenfolge von geringem bis hohem Bedarf an fachlicher Begleitung getestet. Wenn möglich ist eine Nullparzelle ohne Düngung, zur Kontrolle und Einschätzung der N-Nachlieferung, im Feld angelegt. Im Einzelfeld testen Betriebe eine Variante auf ihrem Feld (mit oder ohne Nullparzelle). In einem direkten Vergleich wird eine Variante mit der Norm oder dem Betriebsstandard getestet (mit oder ohne Nullparzelle). Im Demoversuch werden alle Methoden auf einer Parzelle getestet und mit einer Nullparzelle verglichen. Sowohl in der Forschung als auch in der Umsetzung können bei Handlungsbedarf experimentelles Design und Massnahmen angepasst werden (Abb. 5).

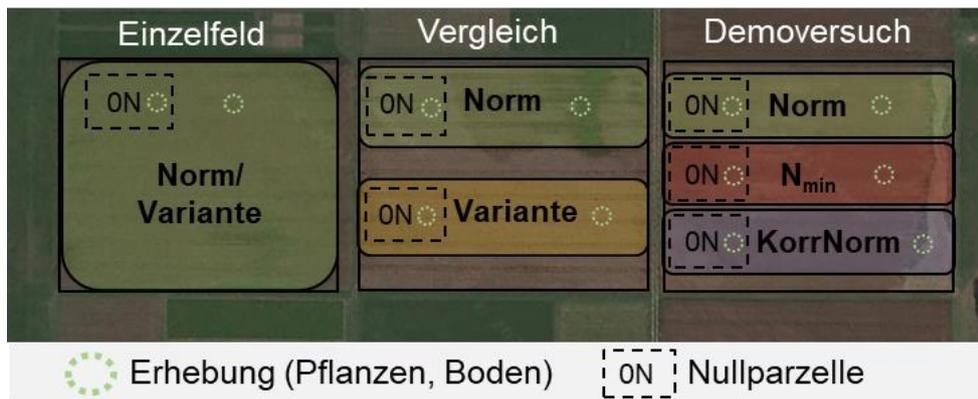


Abbildung 5: Überblick über die drei Möglichkeiten für landwirtschaftliche Versuchsfelder in CriticalN: das Einzelfeld, der direkte Vergleich oder der Demoversuch.

Die Daten der Betriebe und Felder werden von der Beratung und Agroscope zusammengetragen. Die Feldkalender liefern die Bewirtschaftungsdaten, die Suisse-Bilanz allenfalls Betriebskenngrößen. Die gemessenen Parameter über die Saison sind:

- **N_{min}:** Düngeberatung und Teil der Erforschung der N-Dynamik bei unterschiedlicher Landnutzung und Standortverhältnissen
- **Ertrag:** Vergleich der Verfahren (Körner und Stroh) und Erkennen allfälliger Ertragseinbussen
- **N-Aufnahme:** Berechnung der Stickstoff-Nutzungseffizienz
- **Qualität:** Proteingehalt (Getreide), Qualitätssicherung, andere Parameter für andere Kulturen
- **NO₃⁻ Auswaschung (Demoversuch):** Messung der Nitratauswaschung im Grundwasser mit Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA)

2.3 Evaluationsindikatoren

Die zunächst isolierten Daten aus Umsetzung und Forschung werden zu lokalen N-Bilanzdatensätzen verbunden, die Auskunft über Effizienz, Verbesserungen und Probleme der vorangegangenen Messperioden geben. Die Bewertung wird durch Ertrag und Qualität, N-Nutzungseffizienz (scheinbare Ausnutzungseffizienz und Körner-Produktionseffizienz), N-Speicheränderung und N-Verlustpotential (N-Bilanzmethode) vollzogen. Die Nullparzellen (Abb. 6) sind als Kontrolle und zum Verständnis der N-Nachlieferung des Bodens sehr wichtig. Sie werden auch zur Berechnung der Indikatoren für Effizienz und N-Bilanz verwendet.



Abbildung 6: Nullparzellen in Weizen- und Gerstenfeldern. Mitte April war der Unterschied zu den gedüngten Parzellen deutlich sichtbar.

Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Indikatoren für die Effizienz des Stickstoffeinsatzes und der Körnerproduktion, sowie der Umweltverträglichkeit und der Wirtschaftlichkeit. Die Formeln werden angegeben, um zu verdeutlichen, welche Parameter aus den Felddaten für die Berechnung verwendet werden.

Tabelle 1: Indikatoren für die Effizienz des Stickstoffeinsatzes und der Körnerproduktion, die Umweltverträglichkeit und die Wirtschaftlichkeit mit Abkürzungen und Formel.

Indikator		Formel
Scheinbare Ausnutzungseffizienz	SAE	$\frac{(N \text{ Ab Düng} - N \text{ Ab Null})}{N \text{ Düng}} * 100$
Produktionseffizienz	PE	$\frac{\text{Ertrag}}{N \text{ Düng}}$
N Saldo*	-	$N \text{ Düng} - N \text{ Ab} - N \text{ Auswaschung}$
N Verlustpotential	-	$N \text{ Düng} + N \text{ Nachlieferung} - N \text{ Ab} + N_{\text{min}} \text{ Ernte}$
Saldo	-	$K_p * \text{Ertrag} - N_p * N \text{ Düngung}$

* N Auswaschung, wenn verfügbar.

N Ab = N Abfuhr: Gesamte Feldabfuhr Körner (+ Stroh, falls abgefahren)

K_p; N_p = Körnerpreis und Stickstoffpreis respektive.

N_{min} Ernte = N_{min} im Boden zum Zeitpunkt der Ernte

3 Stand der Forschungsarbeiten des Projekts

3.1 Betriebsnetzwerk Ackerbau 2022

Agroscope hat im laufenden Jahr angefangen, zusammen mit den Beratern des Kantons Solothurn (Bildungszentrum Wallierhof) und des Kantons Bern (Bildungszentrum Inforama) sowie dem Amt für Umwelt des Kantons Solothurn, ein Betriebsnetzwerk aufzubauen (Abb. 7). Im Rahmen dieses Netzwerks werden gemeinsam mit den Landwirten der Region verschiedene Methoden zur Optimierung der Stickstoffdüngung "on-farm" getestet. Die Betriebsdaten werden gesammelt und für die Auswertung der verschiedenen Methoden verwendet.



Abbildung 7: Projekt Perimeter vom Nitratprojekt NGO (Niederbipp–Gäu–Olten). Die Fläche der beiden Kantone: Kanton Solothurn (orange) und Kanton Bern (rot), sowie die Versuchsflächen (gelbe Polygone) sind dargestellt.

Im Jahr 2022 nahmen neun Betriebe an dem Projekt teil. So standen 20 Parzellen mit 6 verschiedenen Kulturen im Versuch, hauptsächlich Winterweizen und Mais (60%), aber auch Raps, Gerste, Zuckerrüben und Kunstwiese (Abb. 8, Kulturen). Insgesamt wurden rund 40 ha Ackerland untersucht. Die Parzellen wurden mit drei verschiedenen Düngeverfahren nach «Grundlagen der Düngung für Ackerkulturen» (GRUD 2017, Kapitel 8, Sinaj & Richner, 2017) gedüngt, die meisten davon mit der Nmin-Methode mit 32.4 ha (Details in Abschnitt 2 Methoden im Projekt). Die Methode der korrigierten Norm wurde auf rund 3.5 ha angewendet, der Rest der Flächen waren Kontrollflächen (nach GRUD Norm oder Betriebsstandard) (Abb. 8, Düngungsmethode). Agroscope lieferte die Empfehlungen für die Landwirte und 4 Parzellen mit insgesamt 6 ha wurden enger begleitet.

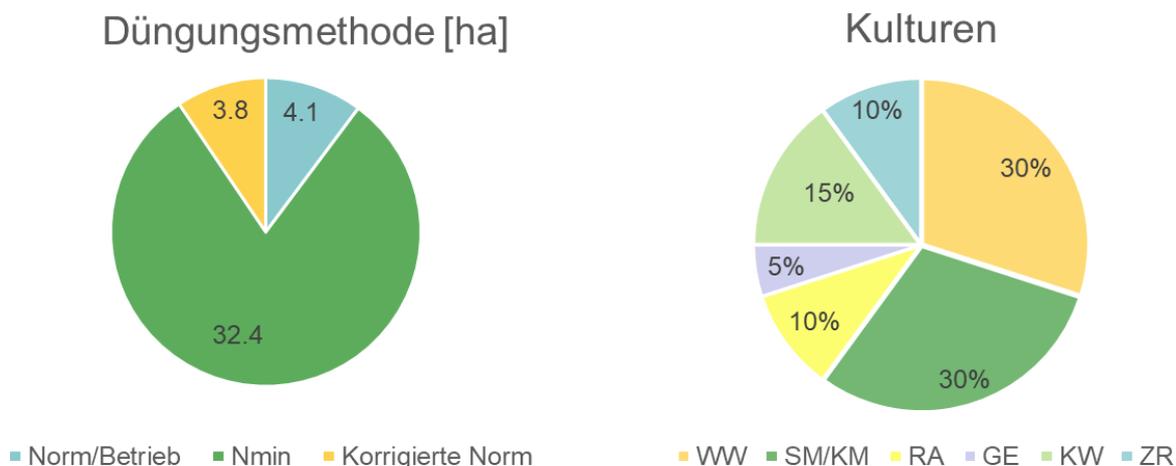


Abbildung 8: Übersicht über die 2022 untersuchten Parzellen im Projekt. Auf der linken Seite sind die drei Düngeverfahren pro Flächeneinheit (ha) dargestellt. Rechts zeigen die Diagramme die sechs verschiedenen Kulturen, die in diesem Jahr untersucht wurden (% der Parzellen): Winterweizen (WW), Silo- und Körnermais (SM/KM), Raps (RA), Gerste (GE), Zuckerrüben (ZR) und Kunstwiese (KW).

Das Jahr 2022 war das erste operative Jahr mit Feldexperimenten des Ackerbauteils im Projekt, und das Ziel bestand darin, laufende Arbeitsabläufe mit dem Netzwerk der Landwirte und allen anderen beteiligten Akteuren zu etablieren. Für das Jahr 2023 wird das Ziel verfolgt, weitere Betriebe und Flächen in das Projekt einzubeziehen und die Beprobung und Arbeitsabläufe zu verbessern.

3.2 Aktuelle Herausforderungen - 2022

Die Feldexperimente im Jahr 2022 waren notwendig und wichtig, um die Abläufe des Projekts zu entwickeln und zu etablieren, wie zum Beispiel den Austausch zwischen den Projektpartnern und die Kommunikation mit den Landwirten. Während der Austausch innerhalb des Projektteams in Form eines zweiwöchentlichen "Jour-Fix" und bilateraler Kommunikation bei Bedarf gut organisiert ist, gestaltete sich die Kommunikation mit den Landwirten und vor allem die Rekrutierung von Teilnehmern zu den wissenschaftlichen Fragestellungen teilweise schwierig. Das Engagement der landwirtschaftlichen Beratung des Wallierhofs im Kanton Solothurn zeigte sich limitiert auch aufgrund fehlender Ressourcen, was sich vermutlich auch in einer geringeren Beteiligung widerspiegelt. Die Kontaktaufnahme mit neuen Landwirten und Landwirtinnen ist ein zentrales Element des Projektes und sehr wichtig für die Aussagekraft der erhobenen Daten und damit für den Erfolg des Projektes. Allerdings ist das Projekt für die Landwirte nicht immer attraktiv. Es wird gemeinsam mit der Projektleitung und den Partnern nach Lösungen gesucht. Der Wallierhof hat das Personal für 2023 bereits verstärkt.

Erwähnenswert ist auch, dass bei einem Vergleich mit verschiedenen Labors in der Schweiz und in Deutschland ein systematischer Fehler bei der N_{\min} -Messung im Labor festgestellt wurde. Die Analyseergebnisse des Labors im Nitratprojekt lagen im Durchschnitt zwischen 50 und 60% unter denen anderer Labore. Das Labor wurde von der Projektleitung darauf angesprochen und hat bereits Massnahmen ergriffen, um die Analysemethode zu verbessern und einen höheren Qualitätsnachweis durch Ringvergleiche mit anderen Labors im kommenden Jahr zu gewährleisten.

4 Erste Ergebnisse - 2022

Die Ergebnisse der ersten Feldsaison 2022 liegen fast vollständig vor. Die Sammlung der Feld-Kalenderdaten von den Landwirten ist noch am Laufen, zusammen mit der Beratung. In diesem ersten Bericht sind die vorläufigen Ergebnisse der "Einzelfelder" in Bezug auf die Empfehlung nach N_{\min} und Korrigierte Norm, im Vergleich zur GRUD Norm, dargestellt. Als Beispiele für Streifenversuche werden ein Weizenfeld und der Demoversuch mit Silomais gezeigt, die bereits vollständig ausgewertet werden konnten.

4.1 Wetter

Die Wetterbedingungen in der Vegetationsperiode 2022 (Okt-21 bis Okt-22) waren gekennzeichnet durch eine kumulative Niederschlagsmenge von 1064 mm, die leicht über dem regionalen Jahresmittelwert lag, und einer durchschnittlichen Lufttemperatur von 11 °C (Abb. 9). Die Niederschläge waren gut über die Saison verteilt, mit Ausnahme des Monats März, der mit nur 20 mm kumulativem Niederschlag der trockenste Monat der Saison war. Im Allgemeinen waren die Bedingungen für die Vegetationsperiode im Durchschnitt gut, ohne dass es zu extremen Ereignissen kam (wie z. B. langanhaltende Dürreperioden wie im Jahr 2020 oder hohe Niederschlagsmengen wie im Sommer 2021).

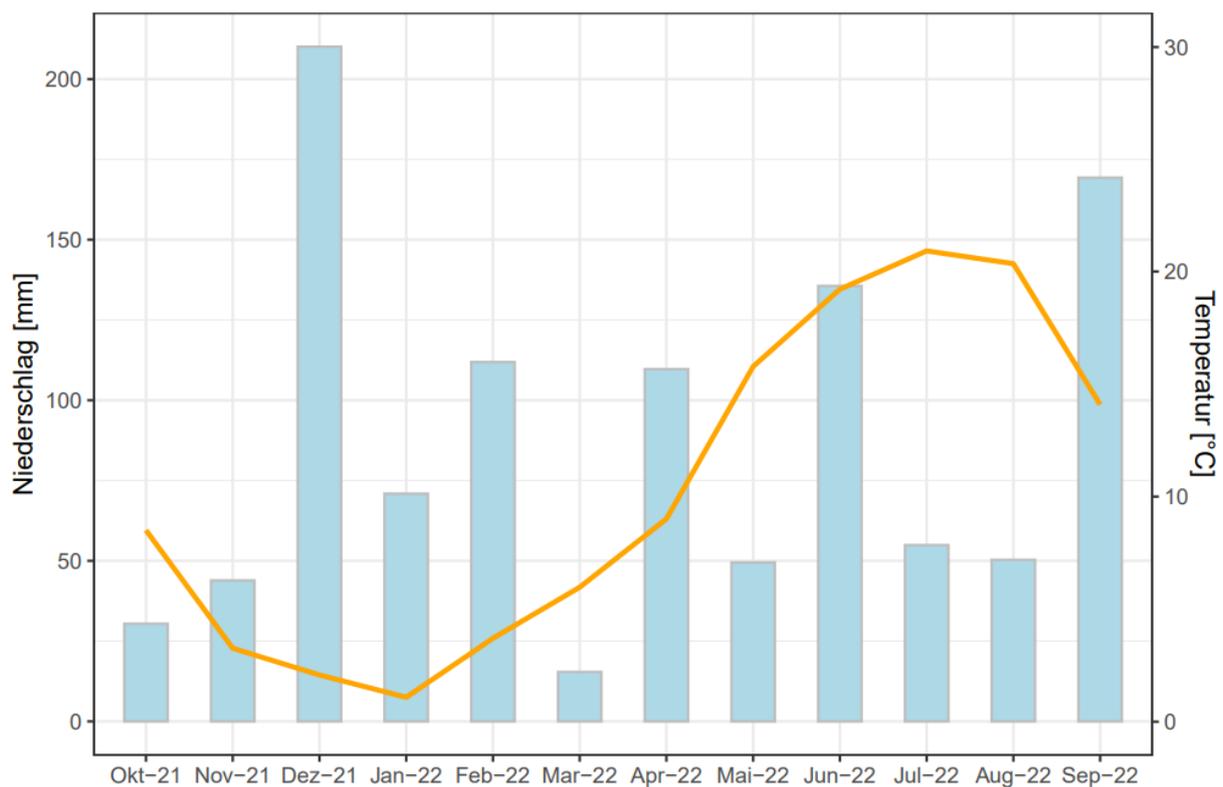


Abbildung 9: Monatliche Niederschlagssumme (mm) und Temperaturmittelwerte (°C) in der Vegetationsperiode 2022 (Okt-21 bis Okt-22) im Gäu. Datenquelle: Wetterstation Kestenholz – [Bodenmessnetz \(meteotest.ch\)](https://www.bodenmessnetz.ch/).

Der Grundwasserstand schwankte zwischen 428 und 426 m ü. M. mit einem Höchststand im März und einer stetig sinkenden Tendenz gegen Ende des Jahres (Abb. 10).



Abbildung 10: Zeitliche Entwicklung des Grundwasserstandes (m ü. M.) im Jahr 2022 in der Messstelle Kestenholz. Datenquelle: Amt für Umwelt Kt. Solothurn, Hydrometrie - [Hydrometrie - Daten - Umweltdaten - Kanton Solothurn](#).

4.2 Einzelfelder

Die laufende Saison war durch relativ niedrige N_{min} -Werte charakterisiert auch aufgrund der fehlerhaften Analyseergebnisse (Siehe 3.2). Auf den Feldern von Mais (2 Silomais und 2 Körnermais) lagen die Werte im Mai zwischen 40 und 80 kg N ha⁻¹ (Abb. 11, a). In Weizenfeldern im Februar lagen die Werte zwischen 25 und 50 kg N ha⁻¹ (Abb. 11, b). Die Empfehlungen nach der N_{min} -Methode unterschieden sich also nicht wesentlich von der Norm (Norm Mais ist 110 kg N ha⁻¹). Vor allem in Mais waren die Unterschiede gleich oder etwa 5-10% niedriger als die Norm. Bei Winterweizen war die Abweichung von der Norm (Norm WW ist 140 kg N ha⁻¹) grösser, hier lagen die Empfehlungen 5-30% unter der Norm.

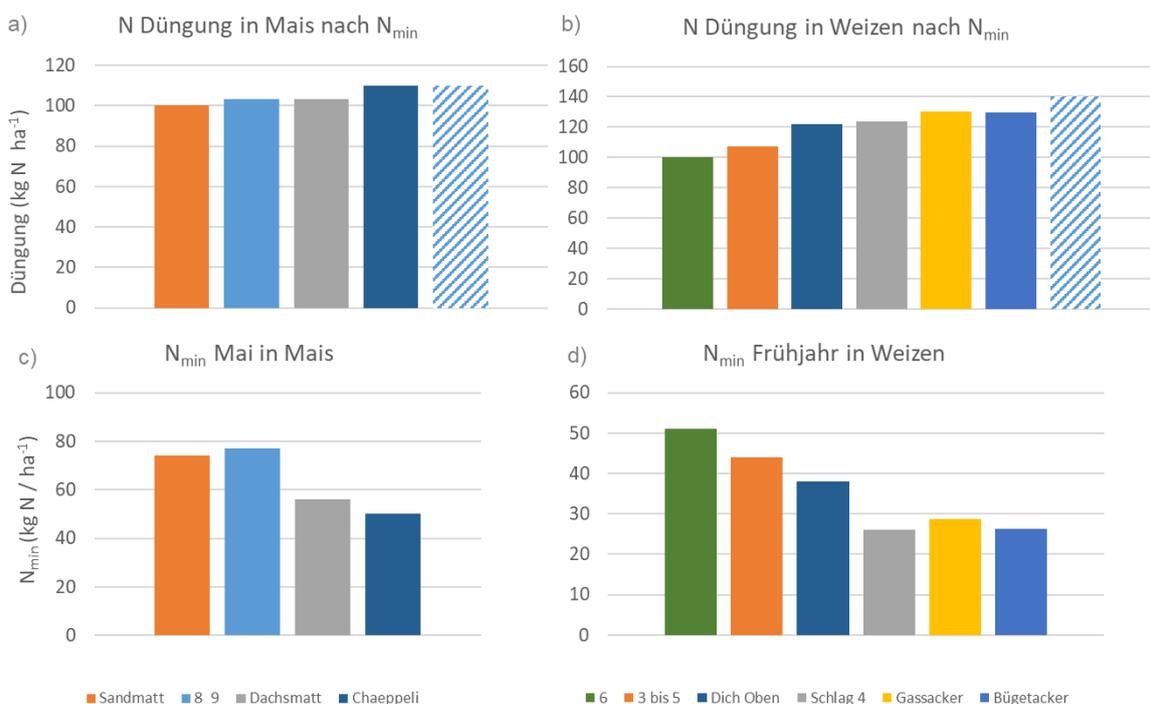
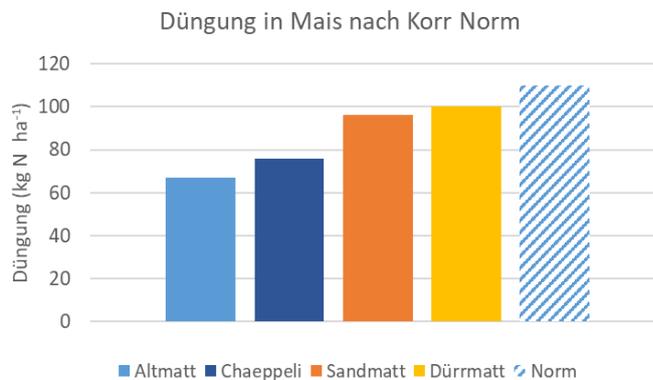


Abbildung 11: Vergleich der Düngeempfehlung nach der N_{min} -Methode in den verschiedenen Einzelfeldern und der Norm (schraffiert) für Mais (a) und Weizen (b). Der entsprechende N_{min} -Wert ist in der darunterliegenden Grafik dargestellt (c, d). Die Farben entsprechen Einzelfeldern.

Bei Winterraps schliesslich lagen die Empfehlungen ebenfalls um 5-10% niedriger (Daten nicht im Bild dargestellt). Auf diesen Feldern wurde keine direkte Ertragsbewertung vorgenommen, es kam aber auch zu keinen sichtbaren Ertragsunterschieden.



Die Felder, die nach der korrigierten Norm gedüngt wurden (hauptsächlich Mais, aber auch ein Weizen- und ein Rapsfeld), wiesen eine Verringerung der empfohlenen Düngung zwischen 5 und 40 % der Norm auf (Abb. 12).

Abbildung 12: Vergleich der Düngempfehlung nach der Methode der korrigierten Norm in den verschiedenen Einzelfeldern und der Norm für Mais.

4.3 Direkter Vergleich und Demoversuch

Im Jahr 2022 wurden neben dem Haupt-Demoversuch drei weitere Streifenversuche durchgeführt.

4.3.1 Auswertung Streifenversuch Winterweizen

Das Feld, ca. 1.5 ha gross, wurde in 5 Unterparzellen unterteilt: die drei GRUD-Methoden (Norm, N_{min} und Korrigierte Norm), eine Nullparzelle und ein Teil, der als Standard vom Betrieb gedüngt wurde (Abb. 13, links). Das Feld wurde mit Brotweizen der Sorte «Montalbano» (Schweiz) am 15.10.2021 gesät und am 18.07.2022 gedroschen. Für die Analyse wurden Handproben vor der Ernte genommen (Abb. 13, rechts).

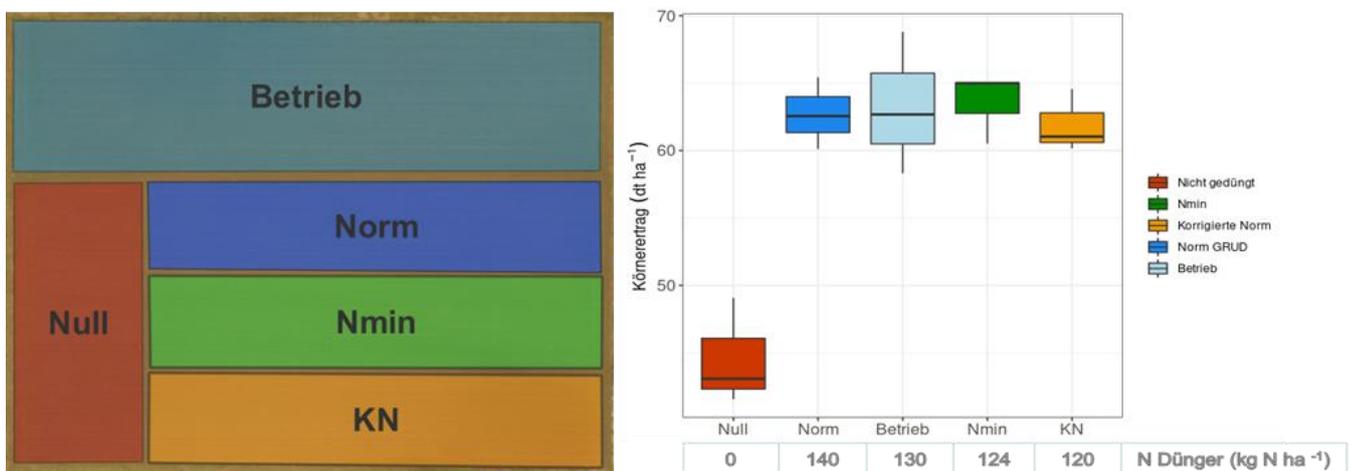


Abbildung 13: Aufbau des Weizenfeldes (links) mit den 5 Parzellen: Norm, N_{min}, Korrigierte Norm, Betrieb und Null, und die Ergebnisse der Ertragsanalyse basiert auf Handproben vor der Ernte (dt ha⁻¹, rechts) pro Variante (n = 3). Unter jede Variante ist die entsprechende Menge des ausgebrachten N-Düngers (kg N ha⁻¹) angegeben.

Der Düngereinsatz wurde bei der N_{min}- und Korrigierten Norm-Variante um 10 beziehungsweise 15% der Norm für Winterweizen reduziert. Dies ohne einen signifikanten Unterschied im Ertrag zwischen den gedüngten Varianten. Die Nullparzelle war signifikant ertragsärmer, was zu einer Gesamt-N-Aufnahme von 116 kg N ha⁻¹ führte (Tab. 2). Dies deutet auf das potenzielle N-Angebot hin, das hauptsächlich aus dem Boden und der atmosphärischen Deposition stammt. Aufgrund des Einsatzes von Mineraldünger (Ammonsalpeter 27% N) in Kombination mit einer guten Saison mit konstanten Niederschlägen und optimalen Temperaturen war die Effizienz in Bezug auf die Scheinbare

Ausnutzungseffizienz (SAE) bei allen Behandlungen hoch und lag durchschnittlich im Bereich von 70-90%, was als optimal angesehen wird. Betrachtet man die Produktionseffizienz (PE), so scheinen die Varianten mit reduziertem Dünger eine effizientere Kornproduktion pro kg ausgebrachtem N zu haben.

Tabelle 2: Parameter, die während der Saison und bei der Ernte auf dem Feld erhoben werden: Ausgebrachter N-Dünger, Ertrag, Nmin, N- Abfuhr und Berechnung des Wirkungsgrads. Die Werte für Output und Effizienz sind als Mittelwert angegeben (n = 3).

Variante	Input	Nmin		Output		Effizienz	
	N Düngung	Frühjahr	Ernte	Ertrag	N Abfuhr	SAE	PE
	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹	t ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹	%	kg kg N ⁻¹
Null	0	18	57	4.46	116	-	-
N_{min}	124	23	76	6.35	224	81	51
KN	120	15	56	6.19	210	77	52
Norm	140	23	72	6.27	225	85	45
Betrieb	130	23	70	6.33	238	94	45

Zur Berechnung des potenziellen N-Verlustes und der Nettoveränderungen des N-Pools auf der Grundlage der N-Düngung und der N- Abfuhr aus dem Feld durch die Pflanzen wurde die in den Methoden beschriebene N-Bilanzmethode verwendet (Tab. 3). Das Verlustpotenzial umfasst auch den Nmin bei der Ernte. Die Werte zeigen, dass das Verlustpotenzial bei der Variante Norm am höchsten war, während es bei den anderen Varianten unter 100 kg N ha⁻¹ lag. Die nicht gedüngte Parzelle hatte wie erwartet das geringste Verlustpotenzial. Die negativen Veränderungen im N-Pool deuten darauf hin, dass eine Lücke zwischen dem gedüngten und dem vom Feld entnommenen N bestand. Diese Lücke wird durch N-Nachlieferung aus dem Boden geschlossen. Eine kleinere Lücke (negativer), die näher an den Werten der 116 kg N ha⁻¹ der Nullparzelle liegt, deutet in diesem Fall darauf hin, dass die Wirkung der N-Nachlieferung aus dem Boden gut vorhergesagt wurde.

Tabelle 3: Indikatoren für die ökologische und wirtschaftliche Bewertung. Die Werte sind als Mittelwert angegeben (n = 3).

Variante	Umwelt		Ökonomie		
	N Verlustpotential	N Saldo	Protein Gehalt	Saldo1*	Saldo2**
	kg N ha ⁻¹	kg N ha ⁻¹	%	CHF ha ⁻¹	CHF ha ⁻¹
Null	57	-116	10.7	2318	2318
N_{min}	92	-100	12.8	3251	2853
KN	82	-90	12.9	3169	2784
Norm	126	-85	13.4	3202	2753
Betrieb	88	-108	13.7	3231	2818

* Körner Erlöse – N Kosten (Durchschnittliche Dünger Preise 2018-2021 = 42.5 CHF 100 kg⁻¹)

** Körner Erlöse – N Kosten (Aktuelle Dünger Preise Dezember 2022 = 93.3 CHF 100 kg⁻¹). Sieht Anhang.

Die wirtschaftliche Bewertung erfolgt durch einen relativ einfachen Vergleich des Saldos, der sich aus dem Bruttoertrag abzüglich der Düngemittelkosten errechnet. Zwei verschiedene Saldos mit

unterschiedlichen Düngemittelpreisen (Durchschnitt der Preise 2018-2021-Saldo1) und der aktuellen Preise-Saldo2). In beiden Fällen sind die Unterschiede zwischen den Varianten nicht signifikant. Bei den aktuellen Preisen ist der Saldo2 jedoch um 350-450 CHF ha⁻¹ tiefer. Mit höheren Düngerkosten sind die angepassten Varianten leicht mehr profitabel: z.B. der Saldo1 der N_{min} Variante ist 1.6% höher als Saldo1 der Norm und der Saldo2 ist 3.6% höher als Saldo2 der Norm.

Zusammengefasst zeigt der Vergleich, dass sich die angepassten Varianten in diesem Jahr positiv auswirkten und die potenziellen Verluste verringerten, ohne den Ertrag und die Wirtschaftlichkeit für den Landwirt zu beeinträchtigen. In diesem Jahr und auf diesem Feld schnitt auch der Betriebsstandard sehr gut ab. Wenn weitere Daten über mehr Felder und Jahre vorliegen, können weitere Schlussfolgerungen gezogen werden.

4.3.2 Demoversuch Silomais

Das Feld, ca. 3 ha gross (Abb. 14, links), wurde in 4 Unterparzellen unterteilt: die drei GRUD-Methoden (Norm, N_{min} und Korrigierte Norm) und eine Nullparzelle. Zusätzlich wurde ein Teil als Standard vom Betrieb gedüngt. Das Feld wurde mit Silomais am 06.05.2022 gesät und am 18.09.2022 siliert. Für die Analyse wurden Handproben vor der Ernte genommen (Abb. 14, rechts).

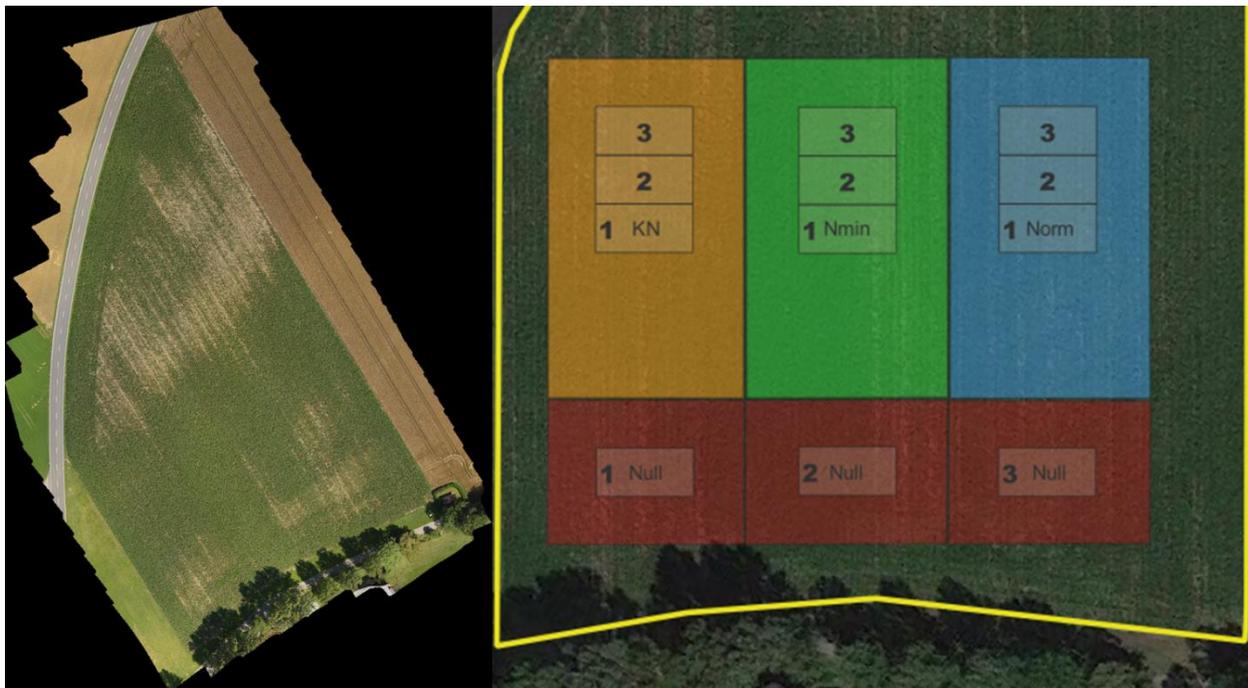


Abbildung 14: Luftbild von Demoversuch (links) mit den 4 Parzellen: Norm, N_{min}, Korrigierte Norm, und Null (rechts). Die kleinen Polygone entsprechen den Teilflächen, auf denen die Biomasseproben entnommen und die Auswaschung gemessen wurde.

Der Düngereinsatz wurde bei der N_{min}- und Korrigierten Norm-Variante um 5 beziehungsweise 12% der Norm für Winterweizen reduziert. Dies ohne einen signifikanten Unterschied im Ertrag (gesamte Biomasse) zwischen den gedüngten Varianten. Die Erträge der angepassten Varianten erscheinen höher als die der Norm und des Betriebs. Dies wird eher auf die In-Field-Variabilität als auf die Düngieranwendung zurückgeführt (Abb. 14, links). Die Nullparzelle war signifikant ertragsärmer, was zu einer Gesamt-Biomasse von 19 t N ha⁻¹ führte (Abb. 15). Dies deutet auf das potenzielle N-Angebot hin, das hauptsächlich aus dem Boden und der atmosphärischen Deposition stammt.

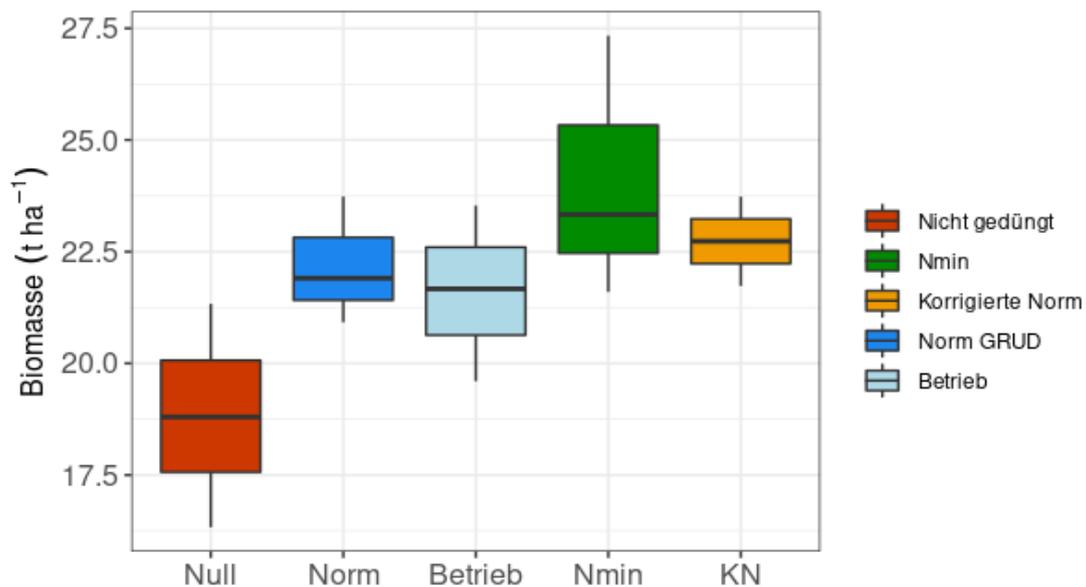


Abbildung 15: Ergebnisse der Ertragsanalyse basierend auf Handproben im Silomais vor der Ernte ($t\ ha^{-1}$) pro Variante ($n = 3$).

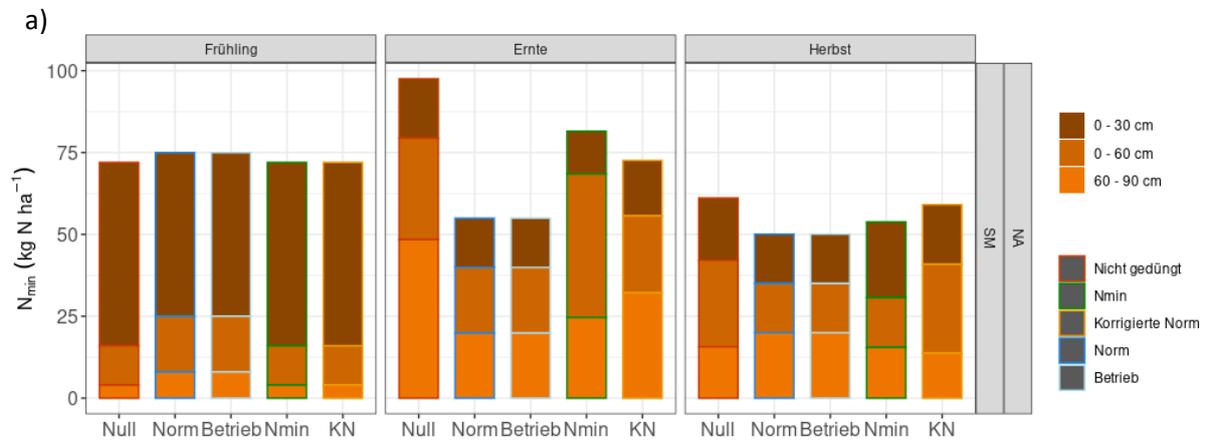
Die Scheinbare Ausnutzungseffizienz (SAE) war bei allen Behandlungen hoch und lag durchschnittlich bei 90-180%, was auf den hohen Einfluss der N-Nachlieferung des Bodens hinweist. Betrachtet man die Produktionseffizienz (PE), so scheinen die Varianten mit reduziertem Dünger eine effizientere Kornproduktion pro kg ausgebrachtem N zu haben.

Tabelle 4: Parameter, die während der Saison und bei der Ernte auf dem Feld erhoben werden: ausgebrachter N-Dünger, Ertrag, N-Abfuhr, scheinbare Ausnutzungseffizienz (SAE) und Produktionseffizienz (PE) für die Berechnung des Wirkungsgrads und Indikatoren für die ökologische Bewertung: N Verlustpotential und N-Auswaschung (nur Sommer berücksichtigt). Die Werte für Output, Effizienz und Umwelt sind als Mittelwert angegeben ($n = 3$).

Verfahren	Input	Output		Effizienz		Umwelt	
	N Düngung	Ertrag	N Abfuhr	SAE	PE	N Verlustpotential	N Auswaschung
	$kg\ N\ ha^{-1}$	$t\ ha^{-1}$	$kg\ N\ ha^{-1}$	%	$kg\ kg\ N^{-1}$	$kg\ N\ ha^{-1}$	$kg\ NO_3-N\ ha^{-1}$
Null	0	19	209	-	-	98	3
N_{min}	104	24	350	115.0	101.1	45	4
KN	96	24	241	180.9	109.0	3	2
Norm	110	22	186	98.7	81.0	69	3
Betrieb	110	22	171	87.6	83.2	81	NA

Zur Berechnung des potenziellen N-Verlustes und der Nettoveränderungen des N-Pools auf der Grundlage der N-Düngung und der N- Abfuhr aus dem Feld durch die Pflanzen wurde die in den Methoden beschriebene N-Bilanzmethode verwendet (Tab. 4). Das Verlustpotential umfasst auch den N_{min} bei der Ernte. Die Werte zeigen, dass das Verlustpotential bei der Variante Null am höchsten war, während es bei der Variante KN um 3 $kg\ N\ ha^{-1}$ lag. Die nicht gedüngte Parzelle hatte das höchste Verlustpotential, wegen ein höhere N_{min} nach der Ernte (Abb. 16 a). Die N Auswaschung war in allen Verfahren sehr tief $< 10\ kg\ Nitrat-N\ ha^{-1}$ (Tab. 4, Abb. 16 b), wobei zu bedenken ist, dass in der Vegetationsperiode sehr wenig Sickerung stattfindet, und daher auch der Nitrataustrag sehr gering ist.

Die Hauptauswaschungen im Ackerbau werden im Winter verbunden mit der erheblichen Grundwassereubildung von ca. 400 mm erwartet.



Nitrat-Auswaschung Sommer 2022
Sandmatt

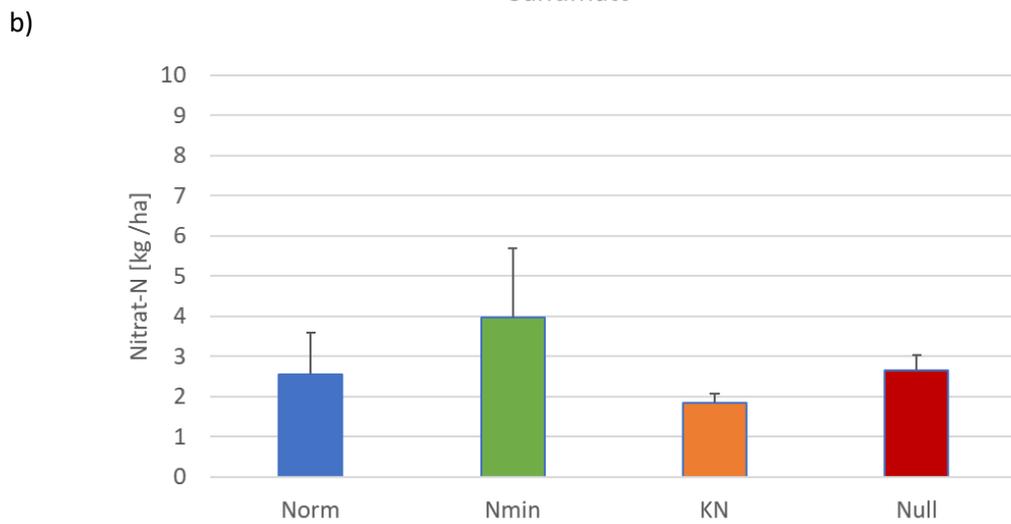


Abbildung 16: a) Nmin-Ergebnisse der drei Schichten 0-30, 30-60 und 60-90cm für drei Zeiträume im Frühjahr (Blattstadium 4-6 am 05.06.2022), nach der Ernte (04.10.2022) und im späteren Herbst (02.12.2022) für die 5 Behandlungen: Null, Norm, Betrieb, N_{min} und Korrigierte Norm (kg N ha⁻¹). b) Messung der Nitratauswaschung unter dem Silomais **während der Vegetationsperiode** (Mai bis September) mit Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA) (kg Nitrat-N ha⁻¹) pro Variante (n = 12).

5 Literaturverzeichnis

- AfU Solothurn, 2022. [Das Nitratprojekt Niederbipp-Gäu-Olten - Amt für Umwelt - Kanton Solothurn](#)
- Argento, F., Liebisch, F., Anken, T., Walter, A. and El Benni, N. 2022. Investigating two solutions to balance revenues and N surplus in Swiss winter wheat. *Agricultural Systems* 201, 103451. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103451>.
- Bürge, D. und Agroscope. 2020. Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope. Version 1.2. Agroscope Reckenholz, Zurich (Switzerland).
- Frick, H. 2022. Nitrate leaching from animal manure - Insights from on-farm and greenhouse studies using 15N labelled cattle slurry (PhD thesis). ETH Zurich, Zurich (Switzerland). <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000545812>.
- Grossrieder J., Ringger C., Argento F., Grandgirard R., Anken T. und Liebisch F. 2022. Stickstoff-Einsatz dank standortangepasster Düngung effizienter. *Agrarforschung Schweiz* 13, 103–113. [Stickstoff-Einsatz dank standortangepasster Düngung effizienter - Agrarforschung Schweiz](#)
- Maltas, A., Charles, R., Pellet, D., Dupuis, B., Levy, L., Baux, A., Jeangros, B. and Sinaj, S. 2015. Evaluation zweier Methoden für eine optimale Stickstoffdüngung im Ackerbau. *Agrarforschung Schweiz* 6(3), pp. 84-93. https://www.agrarforschungschweiz.ch/wpcontent/uploads/2019/12/2015_03_2049.pdf
- Sinaj, S., Richner, W., 2017. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). *Agrarforschung Schweiz* 8(6).

6 Anhang

6.1 Preisliste für Düngung bei Landor im Dezember 2022.



Preisliste 1. bis 31. Dezember 2022



Name	Vorname
Strasse	Plz, Ort
Telefon	Datum

Preise: Alle Preis inkl. 2.5% MwSt

Konditionen: Anbruchpalette + Fr. 2.50 / 100 kg
 1 - 7 Paletten Basispreis + Lieferpauschale Fr. 60.00
8 Paletten Basispreis
 ab 12 Paletten Rabatt Fr. 1.00 / 100 kg
 ab 17 Paletten Rabatt Fr. 1.50 / 100 kg
 ab 23 Paletten Rabatt Fr. 2.00 / 100 kg

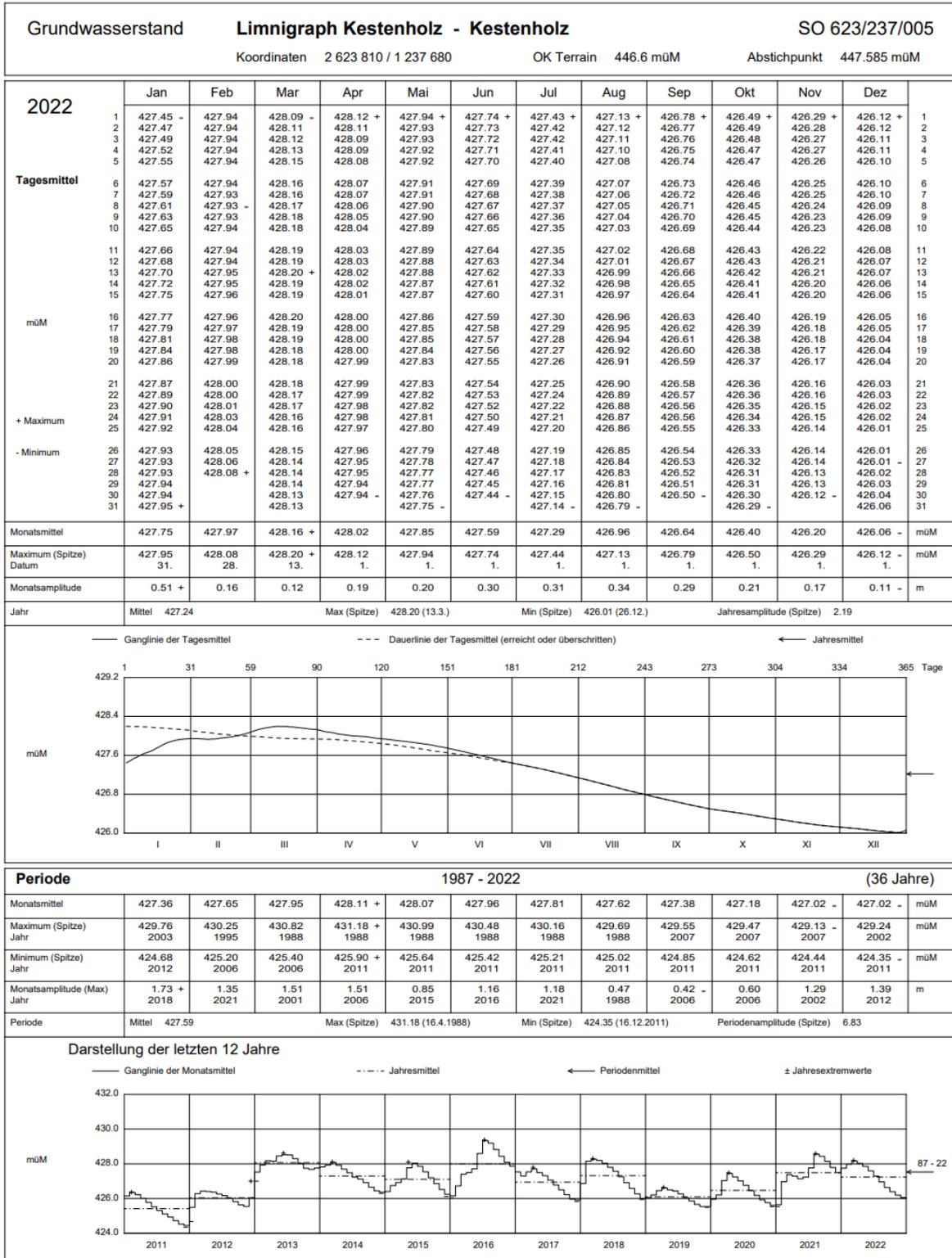
Düngersortiment Landor												
	N	P	K	Mg	S	Ca	Na	Bor	Mn	Preis / 100 kg	Bestellung	
											gesackt	Big-Bag
Ammonsalpeter ohne Mg	27					9				92.20		
Ammonsalpeter	27			2,5		5				93.30		
MG-Ammonsalpeter	24			5	6					102.00		
Bor-Ammonsalpeter	26				14					105.10		
Kalk-Ammon+Mg	20			4,5		13				93.30		
Sulfamid	30			3	10					103.00		
Ammonsulfat gran (wasserlöslich)	21				24					93.50		
Harnstoff granuliert	46									107.10		
Harnstoff gepirllt	46									144.00		
Landor 20.10.10	20	10	10		3	5				108.60		
Nitroplus mit Natrium	20	5	8	2	6		3			103.50		
Suplesan	20	8	8	2	8		2	0.1	0.2	110.70		
Landor 15.15.15	15	15	15		2	5				109.70		
Landor 13.13.21	13	13	21		2	5				111.20		
Rübedünger (Carodor)	5	9	27	4	6	4		0,3	0,2	115.30		
Kartoffeldünger (Patador)	5	9	30	2	8	4		0,1	0,1	125.60		
Polyvalent (Maisdünger)	5	10	28	2	6	4		0,1		109.20		
Rapsdünger (Colzador)	5	12	24	2	5	6		0,2		108.60		
Geldor	8	12	20	1,8	8	5				105.10		
ENTEC perfekt	14	7	17	1,2	9						Aktuell kein Angebot	
Terbona (chlorfrei)	15	5	20	1,2	8	2				115.80		
No-Till 20.20.0	20	20			2					121.50		
Landor Nitrophos rapide 20.10.0	20	10		3	8					105.60		
DAP (Diammonphosphat)	18	46								128.60		
PK-Bor		13	26	3	6	9		0.2		104.60		
Landor 0.20.30		20	30		1,5	8				108.50		
Patentkali (Kalimagnesia)			30	6	17					93.80		
Kali 60			60							109.20		

Stallhygiene			
Desical			49.20
Kalkstroh Mischung lose			auf Anfrage

Herzlichen Dank für Ihre Bestellung.

LANDI Schleinikon, Dorfstrasse 18, 8165 Schleinikon Tel. 058 476 54 15 / Fax 058 476 54 11 agro.schleinikon@landisurb.ch
 LANDI Klingnau, Zelgli 6, 5313 Klingnau Tel. 058 476 54 35 / Fax 058 476 54 31 agro.klingnau@landisurb.ch
 LANDI Weiach, Kaiserstuhlerstr. 44, 8187 Weiach Tel. 058 476 54 40 / Fax 058 476 54 41 agro.schleinikon@landisurb.ch

6.2 Grundwasserstand im Gäu (Kestenholz) im 2022



6.3 Korrigierte Nmin Werte mit Faktor x2 und berechnete Empfehlungen

Bei Weizen hätte sich die korrigierte Empfehlung im Vergleich zu den empfohlenen Mengen nicht wesentlich verändert (0-15% weniger als die Norm). Bei Mais (sowohl Silo als auch Körner) lagen die berechnigten Empfehlungen dagegen um ca. 30-60% unter der Norm.

