

# Schlussbericht

## zum Vorhaben

Thema:

### Nährstoffmanagement im Ökologischen Gemüsebau mit neuen Düngestrategien und EDV-gestützten Tool –Nutri@ÖkoGemüse

Förderkennzeichen	Zuwendungsempfänger
2818OE013	<b>Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)</b> Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten-Forchheim
2818OE057	<b>Technische Universität München (TUM)</b> <b>Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme</b> Liesel-Beckmann-Str. 2, 85350 Freising-Weißenstephan
2818OE058	<b>Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau (LVG)</b> Diebsweg 2, 69123 Heidelberg
2818OE059	<b>Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV (LFA)</b> Dorfplatz 1 OT Gülzow, 18276 Gülzow-Prüzen
2818OE060	<b>Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (LWK NRW)</b> Nevinghoff 40, 48147 Münster
2818OE061	<b>Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum – Rheinpfalz (DLR)</b> Queckbrunnerhof, 67105 Schifferstadt
2818OE062	<b>Universität Hohenheim (UHOH)</b> <b>Zentrum für Ökologischen Landbau (309)</b> Fruwirthstr. 14, 70593 Stuttgart
2818OE063	<b>Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)</b> Galgenfuhr 21, 96050 Bamberg
2818OE064	<b>Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ)</b> Theodor-Echtermeyer-Weg 1, 14979 Großbeeren

Laufzeit:

**01.03.2019 bis 31.12.2022**

Monat der Erstellung:

**02/2023**

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Inhaltsverzeichnis

<b>I.</b>	<b>Kurzbericht .....</b>	<b>1</b>
1.	Aufgabenstellung .....	1
2.	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	2
3.	Resümee der wesentlichen Ergebnisse .....	2
	a) Arbeitspakete und Meilensteine .....	2
	b) Zusammenfassung .....	3
<b>II.</b>	<b>Ausführliche Darstellung der Ergebnisse .....</b>	<b>6</b>
1.	Erzielte Ergebnisse .....	6
2.	Verwertung .....	6
	a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen.....	6
	b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende.....	6
	c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende.....	6
	d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit .....	6
3.	Erkenntnisse von Dritten .....	6
4.	Veröffentlichungen .....	6



# I. Kurzbericht

## 1. Aufgabenstellung

Ziel des Vorhabens war es, zur Verbesserung des Nährstoffmanagements im ökologischen Gemüseanbau im Sinne ausgewogener Bilanzen für die Hauptnährstoffe sowie höherer N-Effizienz bei Freilandkulturen beizutragen. Der aktuelle Wissenstand zur Düngungspraxis im ökologischen Freiland-Gemüsebau ist eher gering. Damit war es u. a. die Aufgabe, durch exemplarische Erhebungen von Nährstoffimporten (v.a. Düngemittel) und -exporten (v.a. Produkte und deren Inhaltsstoffe) in ökologischen Gemüsebaubetrieben den aktuellen Stand des Nährstoffmanagements zu erfassen und zu beurteilen.

Um das Problem der Abhängigkeit von Düngemitteln zu verringern, die vielfach verwendet, aber kritisch gesehen werden, sollten alternative Düngemittel in Versuchen hinsichtlich ihrer Ertragswirkung und Nutzungseffizienz untersucht und bewertet werden. In einem zweiten Ansatz sollen Strategien zur Erhöhung der Nutzung der betrieblichen N<sub>2</sub>-Bindung durch Leguminosen untersucht werden. Dazu zählen die zielgerechte Etablierung von Klee gras und Verfahren zur nachfolgenden Düngernutzung wie Transfermulch, Silage etc., sowie die stärkere Nutzung von Verfahren wie die gezielte Nutzung von legumen Zwischenfrüchten und Untersaaten.

Zentrale Bedeutung für ein optimiertes Düngungsmanagement hat die Weiterentwicklung und Prüfung modellgestützter Systeme zur Düngeberechnung im ökologischen Gemüsebau. Die System NDICEA aus den Niederlanden und N-Expert vom IGEZ basieren auf unterschiedlichen Modellen zur Kalkulation der Stickstoffdüngewirkung, sowie der Wirkung von Gründüngung und Ernteresten auf die N-Freisetzung in Abhängigkeit von Standort und Witterung. Die EDV-Tools sollen die Gärtner dabei unterstützen den Verlauf und die Höhe der N-Mineralisierung im Verhältnis zum Verlauf der N-Aufnahme der Kulturen zu schätzen und daraus Düngeempfehlungen abzuleiten. Dabei sollen ausgewogene Bilanzen nicht nur für N, sondern auch für die übrigen Hauptnährstoffe berücksichtigt werden. Zur Überprüfung der Modelle und Vergleich mit anderen Düngeberechnungen (Düngebedarfsberechnung nach DüV, betriebseigene Kalkulation) wurden Versuche an verschiedenen Standorten in Deutschland durch die Projektpartner durchgeführt. Der gemüsebaulichen Beratung und Praxis soll dadurch ein Instrument übergeben werden, mit dessen Hilfe eine bedarfsgerechte und ausgewogene Düngung ermöglicht wird, die nicht nur den Nährstoff Stickstoff, sondern zugleich auch die übrigen Makronährstoffe berücksichtigt.

Ergänzend wurde in Labor- und Gewächshausversuchen die N-Dynamik und damit die Düngewirkung von Klee grasprodukten und anderer organischer Dünger untersucht. Der Fokus lag dabei auf Bodeneigenschaften – speziell der Tongehalt bzw. die Bodenart – und dem CN-Verhältnis der Düngemittel. Die Ergebnisse werden Teil einer genaueren Modellbildung in den EDV-Tools sein. Im Einzelnen wurden im Projekt folgende Arbeitsziele bearbeitet:

- Analyse und Bewertung des derzeitigen Stands der Nährstoffversorgung und -dynamik von ökologischen Gemüseanbausystemen durch Erfassung und Bilanzierung der Importe und Exporte von Nährstoffen in Betrieben mit Schwerpunkt Gemüsebau
- Anpassung von Düngungsstrategien mit dem Ziel der Erhöhung der N-Effizienz
  - o der Erfassung der Nährstoffdynamik von organischen Düngemitteln sowie Ernterückständen und Gründüngung unter spezieller Berücksichtigung von a) Wechselwirkungen mit Bodeneigenschaften, b) neueren Düngemitteln aus der Lebensmittelverarbeitung und c) optimierte Ausbringungsverfahren wie Strip-Till, Unterfußdüngung, etc.
  - o der Bewertung und Weiterentwicklung Futterleguminosen-basierter Düngungsverfahren – Optimierung von N<sub>2</sub>-Fixierung und betrieblicher N-Nutzungseffizienz durch Cut & Carry-Verfahren (Transfermulch, Silage)
- Weiterentwicklung von Düngestrategien und Kalkulationsverfahren für Bedingungen des ökologischen Gemüsebaus auf Basis der EDV-gestützten Kalkulationsverfahren N-Expert, NDICEA für die Berechnung der Düngung (N, P, K, S), Berechnung der N-Freisetzung in Abhängigkeit von Standort, Düngung, Witterung und Nährstoffbilanzen
  - o Validierung der EDV-gestützten Kalkulationsverfahren anhand von Daten aus Versuchen der verschiedenen Kooperationspartner sowie aus Praxisbetrieben aus den verschiedenen Bundesländern
  - o Anpassung der Datengrundlagen für die Modelle N-Expert und NDICEA auf die Bedingungen des ökologischen Gemüsebaus durch a) Ergänzung von Düngemitteln und Düngeverfahren und deren Wirkung auf die Nährstoffdynamik, b) Informationen aus Bodenuntersuchungen als Faktor für die Berechnung von Nährstoffverfügbarkeit und Düngewirkung
  - o Berechnung von N-, P-, K- und S-Bilanzen im Nährstoffmanagement der Schläge sowie Reduktion von möglichen P- und ggf. auch S-Überschüssen
  - o Mögliche Hürden in der Akzeptanz der Kalkulationsverfahren in der gemüsebaulichen Praxis

## 2. Planung und Ablauf des Vorhabens

Für die Durchführung wurde die Arbeit in Arbeitspakete (AP) aufgeteilt und von AP Leitern koordiniert. Die Arbeit der APs wurde über die Standorte hinweg organisiert, damit die Versuche für eine Fragestellung /Arbeitsvorhaben an verschiedenen Standorten in abgestimmter Form durchgeführt und damit der Verbund der Institutionen im Projekt optimal ausgenutzt werden konnte. Im vorbereitendem Treffen, Auftaktworkshop und dann in jährlichen Treffen wurden die Arbeits- und Untersuchungsprogramme abgestimmt und die Ergebnisse gegenseitig mitgeteilt. Für die Arbeitspakete oder spezielle Vorhaben gab es zwischenzeitlich auch Telefonkonferenzen und online Konferenzen. Unter den Bedingungen der Corona Pandemie wurde gerade die Form der Videokonferenzen für verschiedene Meetings genutzt.

Die praktische Versuchstätigkeit im Feld wurde am wenigsten durch COVID 19 beeinflusst, wo enger zusammengearbeitet werden musste wie im Labor, hat es Arbeitsausfälle gegeben, die durch die Verlängerung ausgeglichen werden konnten. Wo es um direkte Kontakte ging, wie die Befragung der Betriebe zu den gemüsebaulichen Nährstoffflüssen und –bilanzen wurde die Arbeit am stärksten behindert.

Die Abstimmung über die Versuche erfolgte zu Beginn des Projekts und dann Arbeitspaket bezogen vor jeder Anbausaison. Es wurden Versuchspläne, Kulturen, Kulturführung, Düngung und begleitende Untersuchungen abstimmt.

Bei der Auswertung der Versuche wurde versucht wo immer möglich eine gemeinsame Auswertung über Standorte hinweg zu gewährleisten. In verschiedenen Arbeitspaketen sind auch wissenschaftliche Publikationen erarbeitet worden, oder sind in Vorbereitung.

## 3. Resümee der wesentlichen Ergebnisse

### a) Arbeitspakete und Meilensteine

Arbeitspakete (AP) (lt. Planung im Antrag)	Bearbeitungszeitraum (lt. Balkenplan im Antrag)	Zielerreichung
AP 1 Koordination	03/2019 bis 02/2022	Das Zusammenwirken aller Mitarbeiter an den verschiedenen Institutionen konnte sehr gut erreicht werden. Es fanden jährliche Projekttreffen statt und zahlreiche zusätzliche AP-bezogene Treffen, Video- und Telefonkonferenzen konnten organisiert werden. Mit der Einrichtung der OLAT Projektplattform wurde der Austausch und Dokumentation strukturiert organisiert. Eine Projekt-Internet Seite wurde eingerichtet. Die Beteiligung an Öko-Feldtagen, DLG-Feldtag wurde organisiert und aktiv mitgestaltet.
AP 2 Situationsanalyse – Daten, Methoden, Nährstoffdynamik – Literatur und weitere Unterlagen	03/2019 bis 02/2022	Zur Situation des Nährstoffmanagements in der Praxis des ökologischen Gemüsebaus konnten 12 Betriebe befragt und Daten erhoben werden. Die Literaturlauswertung hat gezeigt, dass nur wenige vergleichbare Erhebungen vorliegen, sie sind im Bericht zum Vergleich herangezogen worden. Die geplanten Ziele konnten nicht im vollem Umfang erreicht werden. So sollte eine größere Anzahl von Betrieben befragt und Nährstoffnutzung in Kulturfolgen bewertet werden. Die Bereitschaft der Betriebe zur Mitarbeit war geringer als erwartet, die notwendige Verfügbarkeit bestimmter Daten und die begrenzte Kommunikation durch COVID 19 habe zur geringeren Betriebszahl geführt. COVID 19 hat Betriebsbesuche für Pflanzen- und Bodenuntersuchungen verhindert.
AP 3 Implementierung und Weiterentwicklung EDV- gestützter Systeme im gärtnerischen Düngungsmanagement	03/2019 bis 02/2022	Die Ziele konnten sehr weitgehend erreicht werden. Das System NDICEA wurde weitgehend überarbeitet und neu programmiert. N-Expert wurde erweitert und angepasst hinsichtlich P, K und S-Bilanzen. Die Systeme verglichen und in Feldversuchen zur Validierung angewendet. Am Ende stehen verwendbare Programme zur Verfügung. Eine Implementierung in der Praxis und Nutzung konnte in der Projektzeit noch nicht erreicht werden, deshalb wurde hier die weitere Arbeit in der Verlängerung geplant.
AP 4 Ansätze zur Erhöhung der N-Inputs über biologische N <sub>2</sub> -Fixierung in gärtnerischen	03/2019 bis 02/2022	Alle im Antrag aufgeführten Untersuchungsziele konnten in Feldversuchen an verschiedenen Standorten umgesetzt und ausgewertet werden.

<b>Arbeitspakete (AP)</b> (It. Planung im Antrag)	<b>Bearbeitungszeitraum</b> (It. Balkenplan im Antrag)	<b>Zielerreichung</b>
Systemen		
AP 5 Alternative N-Düngemittel: Nährstoffverfügbarkeit, -input im Boden und Einfluss des Ausbringungsverfahrens	03/2019 bis 02/2022	Alle im Antrag aufgeführten Untersuchungsziele konnten in Feldversuchen an verschiedenen Standorten umgesetzt und ausgewertet werden.
AP 6 Düngewirkung als Interaktion von Dünger und Bodeneigenschaften	03/2019 bis 02/2022	Alle im Antrag aufgeführten Untersuchungsziele wurde in Labor- und Vegetationsversuchen bearbeitet. Die Vielfalt der Versuchskombinationen und der Ergebnisse sind der Anlass für die Verlängerung, um eine bessere Zuordnung der Umsetzungseffekte zu den Bodenfaktoren und Düngereigenschaften zu erreichen.

Bearbeitungszeitraum an realen Beginn angepasst, durch Verlängerung auf 12/2022 verändert

<b>Meilensteine (M)</b> (It. Planung im Antrag)	<b>Fälligkeit</b> (It. Balkenplan im Antrag)	<b>Zielerreichung</b>
M 1 Datenerhebung	10/2019 10/2020 09/2021	Alle im Antrag aufgeführten Untersuchungsziele konnten in Versuchen von den verschiedenen Partnern bearbeitet werden.
M 2 Data-sharing und Auswertung	12/2019 12/2020 06/2021	Alle im Antrag aufgeführte AP internen und –übergreifenden Zusammenarbeit der gemeinsamen Datenerfassung und Auswertung konnte umgesetzt werden.
M 3 Berichterstattung, Wissenstransfer und Veröffentlichung	03/2020 03/2021 01/2022	Projekt-interner und –externer Wissenstransfer konnte mit Einschränkungen durch die Corona-Pandemie größtenteils umgesetzt werden, siehe 3.a).

Laut Planung im Antrag waren die Meilensteine Arbeitspaket-individuell. Daher orientieren sich die hier genannten Meilensteine an der AP übergeordnete Berichterstattung. Fälligkeit je Projektjahr, variierte für M1 und M2 je AP-individueller Versuchsdurchführung. Projektverlängerung bis 12/2022 nicht berücksichtigt.

## b) Zusammenfassung

Ziel des Vorhabens war es, zur Verbesserung des Nährstoffmanagements im Sinne hoher Nährstoffeffizienz bei ausgewogenen Bilanzen der Hauptnährstoffe im ökologischen Gemüseanbau beizutragen.

Mit einer Befragung von Ökologischen Betrieben mit Schwerpunkt Freilandgemüsebau sollte die derzeitige Situation der Nährstoffnutzung erfasst und bewertet werden. Um die Abhängigkeit von häufig verwendeten Handelsdüngemitteln zu verringern, sollten alternative Düngemittel in Versuchen hinsichtlich ihrer Ertragswirkung sowie Nutzungseffizienz untersucht und bewertet werden. In einem weiteren Ansatz sollten Strategien zur Erhöhung und verbesserten Nutzung der betrieblichen N<sub>2</sub>-Bindung durch Leguminosen untersucht werden. Ergänzend sollten die Eigenschaften der Dünger in der N-Mineralisation unter verschiedenen Bedingungen geprüft und Berechnungsgrundlagen für die Kalkulationsmodelle zu Düngung liefern. Für genauere Düngekalkulation sollten Modellgestützte Systeme NDICEA aus den Niederlanden und N-Expert vom IGZ geprüft und weiterentwickelt werden.

An der Durchführung des Projekts nahmen 12 Partner teil. Die Arbeit war in sechs Arbeitspakete strukturiert, die nach den genannten Themen organisiert waren und an denen jeweils mehrere Partner arbeiteten.

Betriebsbefragungen wurden in NRW, RPL, BW und BY durchgeführt. Kriterien waren im Schwerpunkt Freiland-Gemüsebau bzw. Feldgemüsebau und weniger als 0,2 GV ha<sup>-1</sup>. Insgesamt konnten 12 Betriebe ausgewertet werden mit Betriebsgrößen von 2 bis 363 ha, 5 bis 49 Kulturen pro Jahr, aus weitgehend allen Verbänden aber nicht in repräsentativer Zahl. Die Erhebung bezogen sich auf den Zeitraum 2017 bis 2020, mit unterschiedlichen Anzahl an erfassten Jahren, von ein bis drei Jahren pro Betrieb. Berechnet wurden Nährstoffsalden aus Hoftorbilanzen, Basis waren die Angaben aus den Betrieben über verkaufte Gemüse-Produkte (ggf. Futter) pro Jahr, die jeweiligen Anbauflächen, die Zukäufe an Düngemittel (organische und mineralische Handelsdünger, Wirtschaftsdünger, Komposte), Veränderungen der Tierbestände (wenn vorhanden) und die N<sub>2</sub>-Fixierung der Leguminosen. Die mittleren N-Salden lagen bei 67,5 kg ha<sup>-1</sup>, für Phosphor bei 2,1 kg ha<sup>-1</sup> und für Kalium bei 0,3 kg ha<sup>-1</sup>. Spannen vom niedrigsten Wert zum höchsten Wert waren insgesamt erheblich; für N von -13 bis +177 kg ha<sup>-1</sup>, für P von -11 bis +14 kg ha<sup>-1</sup>, für K von -87 bis +61 kg ha<sup>-1</sup>.

Beim Input lag der Stickstoffanteil der N<sub>2</sub>-Fixierung bei 30 %, der Anteil aus Handelsdünger tierischen Ursprungs bei 25 %. Phosphor konnte zum größten Anteil aus Wirtschaftsdüngern gedeckt werden, K aus Mineraldüngern und Wirtschaftsdüngern. Die N-Effizienz bezogen auf den gesamten Input war <0,5, bezogen auf die Düngung bei 0,8. In zwei Betrieben lagen der Salden der Nährstoffe N, P, K fast bei Null und sehr nahe beieinander, in anderen differierten sie sehr stark.

Für eine systemgerechtere Stickstoffversorgung wurden Düngemittel aus Leguminosen (Klepellets, Silagen), Komposte, Gärreste aus Haushaltsabfällen und Reststoff (Prozesswasser) aus der Tofuproduktion untersucht und mit häufig genutzten Düngemittel auf Kreatinbasis verglichen. In den Untersuchungen blieb die Düngeleistung der genannten Düngemittel hinter den Ergebnissen der Keratine (Horndünger) zurück, die N-Gehalte im Kohl und N<sub>min</sub> nach der Ernte waren vergleichbar. Mit Biogasgärresten wurden ähnlich hohe Erträge erreicht wie mit Horndüngern. Die Tofu-Molke weist im Verhältnis zu den Nährstoffexporten eine sehr ausgewogene Stöchiometrie der Nährstoffe auf, wies aber eine geringere N-Freisetzungsrates als Gärreste oder Keratine auf. Die geringere Ertragsleistung der klee- bzw. klee-grasbasierten Düngemittel wird mit dem weiteren C/N-Verhältnis begründet, das die Umsetzung im Boden nicht in dem Maße zulässt wie bei Keratinen. Dies wurde auch in den Labor- und Gewächshausversuchen zur Untersuchung der Mineralisation in Wechselwirkung von Boden und Düngemittel bestätigt.

Der weitere Untersuchungsschwerpunkt waren die Verfahren zur Nutzung der betrieblichen N<sub>2</sub>-Fixierung. Drei Verfahren wurden in unterschiedlichen Feldversuchen geprüft. Gemüsepflanzen im Lebendmulchbestand mit Leguminosen, legume Winterzwischenfrüchte mit Variation der Etablierung und „Cut & Carry“ Verfahren im Vergleich zum Mulchen und klee-grasbasierten Gärresten.

Der Anbau von Kohl im Strip-Till-Verfahren im Lebendmulch hat ertraglich ähnliche Ergebnisse erbracht wie ein herkömmliches Umbruchverfahren der Klee-Aufwüchse. Eine gewisse Konkurrenz durch den Lebendmulch konnte beobachtet werden. Zusätzliches Mulchen der Klee-Keimlinge hat die Wachstumsbedingungen für den Kohl nicht verbessert. Die Verwendung von Mikroklée hatte keinen Einfluss auf das Kohlwachstum im Vergleich zu einer herkömmlichen Kleesorte. Der Kohl benötigte während seiner Jugendentwicklung günstige Wachstumsbedingungen, damit er in die Lage versetzt war, eine hohe Konkurrenzkraft gegenüber der Untersaat im Zwischenstreifen zu entfalten. Der Lebendmulch hatte kaum eine direkte Wirkung auf den Kohlertrag. Der Gesamt-N-Ertrag von Kohlköpfen, Kohlernteresten und Klee war hoch und führte zu einer guten Vorruchtwirkung für den nachfolgenden Winterweizen. Mit den Biogasgärresten konnte ein vergleichbarer Ertrag wie mit Horndünger in der ersten Kultur erreicht werden aber mit geringerer Nachwirkung in den Nachfrüchten Spinat und Winterweizen.

Die Winterzwischenfrüchte hatten in den Versuchen eine Wachstumszeit von September bis zum Mai des Folgejahres, danach wurde der Kohl gepflanzt. Die reinen Leguminosenbestände Winterwicken, Erbsen und Ackerbohne führten zu höheren Kohlerträgen als Mischungen von Wicke und Roggen oder einer Roggenreinsaat. Der Düngeeffekt ergab sich einerseits aus der N-Menge in der Gründüngung-Biomasse und andererseits aus dem niedrigeren C/N-Verhältnis. Der Kohl hatte den verfügbaren Stickstoff im Boden weitgehend aufgenommen, denn es wurden keine höheren N<sub>min</sub>-Reste nach der Ernte gemessen. In den Saatzeitversuchen hatten die Gründüngungen aus der Frühjahrsansaat meist eine stärkere Wirkung auf den nachfolgenden Kohl als die Herbstsaatsaaten. Die Versuche zu Schnitt- versus Mulch-System in der Bewirtschaftung lieferte hinsichtlich der N<sub>2</sub>-Fixierung widersprüchliche Ergebnisse.

Die Laborversuche zu verschiedenen organischen Düngemitteln in Interaktion mit Bodeneigenschaften zeigte eine unterschiedliche, standortspezifische N-Freisetzung in Abhängigkeit von Bodenherkunft (Vorgeschichte des Düngemanagements) und Bodenart. Der Tongehalt hatte Einfluss auf Höhe und Verlauf der N-Freisetzung, aber die Ergebnisse waren uneinheitlich über verschiedene Standorte und Betriebe betrachtet. Je weiter das C/N-Verhältnis des Düngemittels, desto geringer war die N-Freisetzung mit Unterschieden in Höhe und Zeitverlauf sowie Standort und Betrieb. Der direkte Effekt bzw. die Bedeutung des Düngemittel C/N-Verhältnisses und des Tongehalts konnte somit noch nicht als allgemeine Wirkungsweise und in ihren Effektgrößen definiert werden. Weitere standortspezifische Eigenschaften wie die bisherige Bewirtschaftungsweise oder zusätzliche Düngemittelleigenschaften müssen untersucht werden. Innerhalb des Projekts konnten die Untersuchungen aus AP 6 ein Teil zur Anpassung der Algorithmen zur Berechnung der Mineralisierungsprozesse in den Modellsystemen (AP3) beigetragen, decken aber noch nicht alle Bedingungen ab.

Innerhalb des Projekts wurden Modellsysteme zu genaueren flächen- und kulturartspezifischen Düngung weiterentwickelt, verglichen und in Versuchen validiert. Die Herausforderung im ökologischen Anbau ist es, die N-Mobilisierung aus dem Boden bzw. aus der Bewirtschaftung der Vorjahre und die N-Freisetzung aus der aktuellen Düngung abzuschätzen. NDICEA ist in den Niederlanden entwickelt worden, N-Expert vom IGEZ in Großbeeren. Im Laufe des Projekts wurden die Modelle an die Bedingungen des ökologischen Anbaus angepasst. Das betraf insbesondere Algorithmen zur Umsetzung der organischen Düngemittel nach ihrer Ausbringung, Reste der Vorkultur(en) und Gründüngung zu pflanzenverfügbaren N-Verbindungen (speziell Nitrat). Organische Dünger können sich Standort- (Boden) und Betrieb- (Dünger, Kulturfolgen) bezogen unterschiedlich umsetzen, Bezüge zu standortbezogenen Wetterdaten waren notwendig. Im betrieblichen Einsatz können die Düngermengen zum Erreichen der Nährstoffversorgung berechnet werden.



Nährstoffbilanzen für N, P, K und Mg können teilflächenspezifisch berechnet werden – nach betrieblichen Ansatz oder nach DüV. Während der Projektlaufzeit ist eine Internet-basierte S-Bilanzierung hinzugekommen.

In Projekt sind die Modelle mit anderen Verfahren zu Düngebedarfsermittlung in Feldversuchen mit Weißkohl und Salat verglichen worden. Der errechnete Düngebedarf nach N-Expert bzw. NDICEA lag in drei Weißkohlversuchen z. T. deutlich unter dem Bedarf nach DüV. Für Salat war in neun Versuchen die Düngeempfehlung durchschnittlich 25 % niedriger (7-56 %) als bei einer Düngebedarfsberechnung nach DüV. Mit den Versuchen konnte aufgezeigt werden, wie einerseits ein Potential zur Düngeeinsparung besteht und andererseits Risiken gemindert und z. T. Erträge erhöht werden können.

Die Modelle stehen auf unterschiedlichen Plattformen bereit zur freien Verfügung. N-Expert <https://n-expert.igzev.de/downloads/> und NDICEA <https://api.ndicea.nl/>

## II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse

### 1. Erzielte Ergebnisse – ausführlicher Schlussbericht - Anlage

#### 2. Verwertung

##### a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen

Im AP3 wurden die Programme NDICEA und N-Expert bearbeitet. Sie stehen öffentlich zur Verfügung. Die Rechte liegen wie vor dem Projekt bei den jeweiligen Institutionen.

##### b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

Da die weiterentwickelten Programme öffentlich zur Verfügung stehen, ergibt sich keine wirtschaftliche Verwertung.

##### c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Wissenschaftliche Erkenntnisse werden noch im Nachgang des Projekts publiziert werden, einige Publikationen sind schon in Arbeit.

Die Modelle sollen in einer Verlängerung des Projekts stärker in die gärtnerische Praxis vermittelt werden. Eine Rückkopplung der Interessen und Bedürfnisse der Bewirtschafter wird ausgewertet und soll zum besseren Wissenstransfer beitragen.

##### d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

s. c). Die Erkenntnisse aus AP 2 und AP 6 führten zu einer Projektverlängerung, um die Ergebnisse zu untermauern, repräsentativere Aussagen für die Praxis generieren zu können und die in AP 3 entstandenen Modellweiterentwicklungen in die Praxis zu tragen.

### 3. Erkenntnisse von Dritten

Bento, T. da S., Carvalho, M.A.C. de, Yamashita, O.M., Dallacort, R., Silva, I.V. da, Felito, R.A., Araújo, D.V. de, 2020. Application of several green manures to produce organic cabbage (*Brassica oleracea* var. *Capitata*) and their influence on soil biological properties. *Aust J Crop Sci* 1372–1378. <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.09.p2167>

Hülsbergen, K.-J., Schmid, H., Paulsen, H.M. (Eds.), 2022. Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten: Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben, Thünen-Report. Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut, Braunschweig. <https://doi.org/10.3220/REP1646034190000>

Larkin, R.P., 2020. Effects of cover crops, rotation, and biological control products on soil properties and productivity in organic vegetable production in the Northeastern US. *Org. Agr.* 10, 171–186. <https://doi.org/10.1007/s13165-019-00257-3>

Pinto, R.; Brito, L. M.; Mourão, I.; Coutinho, J. (2020): Nitrogen balance in organic horticultural rotations (*Acta Horticulturae*, 1286). Online verfügbar unter <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85090466592&doi=10.17660%2fActaHortic.2020.1286.18&partnerID=40&md5=2b379b034477f4b27407d46440494269>.

Reimer, M., Hartmann, T.E., Oelofse, M., Magid, J., Bünemann, E.K., Möller, K., 2020a. Reliance on Biological Nitrogen Fixation Depletes Soil Phosphorus and Potassium Reserves. *Nutr Cycl Agroecosyst* 118, 273–291. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10101-w>

Reimer, M., Möller, K., Hartmann, T.E., 2020b. Meta-analysis of nutrient budgets in organic farms across Europe. *Org. Agr.* 10, 65–77. <https://doi.org/10.1007/s13165-020-00300-8>

White, K. E.; Brennan, E. B.; Cavigelli, M. A. (2020): Soil carbon and nitrogen data during eight years of cover crop and compost treatments in organic vegetable production. In: *Data in Brief* 33. DOI: 10.1016/j.dib.2020.106481.

### 4. Veröffentlichungen

#### Wissenschaftliche Veröffentlichungen

Stein, S., J. Hartung, K. Möller, G. Kayser, S. Zikeli 2022. The Effects of Leguminous Living Mulch Intercropping and Its Growth Management on Organic Cabbage Yield and Biological Nitrogen Fixation, *Agronomy*, Volume 12, Issue 5, <https://doi.org/10.3390/agronomy12051009>

Stein, S., Zikeli, S. and Möller, K. 2022. Effect of leguminous green manure crops on white cabbage in organic vegetable production in southwestern Germany. *Acta Hortic.* 1354, 9-16. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1354.2>

- Kürschner, K., 2020: Einfluss von organischen Düngemitteln und Bodenart auf die pflanzliche Stickstoffverfügbarkeit - Ein Keimpflanzenversuch. B.Sc. Arbeit, TU München Weihenstephan
- Seifert, D., 2020: Eigenbetriebliche Stickstoffversorgung in einem Demeter-Gemüsebaubetrieb, B.Sc. Arbeit, TU München Weihenstephan
- Beiträge auf wissenschaftlichen Konferenzen und Fachtagungen**
- Besand, F., Katroschan, K.-U. 2020. Nutri@Ökogemüse - Projektvorstellung und erste Ergebnisse, Arbeitskreis Ökologischer Gemüsebau, Hamburg, 11.02.2020
- Besand, F., Katroschan, K.-U. 2020. Erhöhung des N-Inputs durch biologische Stickstofffixierung, Versuchsbeirat Freilandgemüsebau, Gülzow, 03.03.2020
- Besand, F., Katroschan, K.-U. 2020. N-Versorgung im Biogemüsebetrieb durch Leguminosenanbau, WiTra-Webinar, Präsentation (online), 26.11.2020
- Besand, F., Katroschan, K.-U. 2021. Erhöhung des N-Inputs durch biologische N<sub>2</sub>-Fixierung im ökologischen Gemüsebau, 10. Arbeitskreis Ökologischer Gemüsebau, Präsentation (online), 09.02.2021
- Besand, F., Katroschan, K.-U. 2021. Stickstoffversorgung im Biogemüsebetrieb durch Leguminosenanbau, Praktikertag, Biolandbetrieb Michael Sattler, Rohrlack, 17.08.2021
- Besand, F., Katroschan, K.-U. 2021. Winterzwischenfrüchte im Gemüsebau - Vorfruchtwirkung in Abhängigkeit von Artenwahl und Umbruchtermin, Profi-Tag Gemüsebau, Präsentation (online), 16.11.2021
- Besand, F., Katroschan, K.-U. 2021. Stickstoffversorgung durch Leguminosenanbau in gemüsebaulichen Fruchtfolgen, Gäa-Fachtag ökologischer Gemüsebau, Präsentation (online), 02.12.2021
- Besand, F., Katroschan, K.-U. 2022. Evaluating different multispectral vegetation indices for assessing the nitrogen status of white cabbage (*Brassica oleracea var. capitata*) under organic farming conditions, International Horticultural Congress (IHC), Angers, Frankreich
- Besand, F., Katroschan, K.-U. 2022. Integration und Bewertung von Leguminosen in gemüsebaulichen Fruchtfolgen, BÖL-Abschlussveranstaltung Nährstoffmanagement im ökologischen Landbau, Fulda, 25.11.2022
- Besand, F.; Stein, S.; Zikeli, S.; Möller, K.; Katroschan, K.-U. 2022: N-Vorfruchtwirkung legumer Winterzwischenfrüchten im ökologischen Gemüsebau. Poster DLG Feldtage, Mein Pflanzenbau Meine Zukunft, 14. – 16. JUNI 2022, Mannheim
- Besand, F.; Stein, S.; Zikeli, S.; Möller, K.; Katroschan, K.-U. 2022: N-Vorfruchtwirkung legumer Winterzwischenfrüchten im ökologischen Gemüsebau. Poster Öko-Feldtage, 28.-30. Juni 2022, Villmar-Aumenau
- Egenolf, K., Fischer, R.; Tietjen, S.; Sradnik, A. 2021: Optimierung der N-Düngung mittels EDV-gestützter Tools. Entwicklungen im Rahmen des Projekts „Nutri@Ökogemüse“. Nährstoffmanagement im ökologischen Landbau, Technische Universität München-Weihenstephan 26. und 27. August 2021.
- Egenolf, K., Fischer, R.; Tietjen, S.; Sradnik, A. 2021. Vorstellung von NDICEA und N\_Expert, virtueller Stand online, landscape conference
- Fischer, R., Sradnick, A., 2019: Implementierung und Weiterentwicklung EDV-gestützter Systeme im gärtnerischen Düngungsmanagement. Fachberatertagung “Ökologischer Gartenbau” 07.11.2019.
- Fischer, R.; Sradnick, A., 2020: EDV-gestützte Systeme. Vorstellung NDICEA. Präsentation, Gemüsebau-Feldtag, 02.09.2020, LFA-MV
- Fischer, R.; Sradnick, A., 2020: EDV-gestützte Systeme. Vorstellung NDICEA. Präsentation, Wintertagung Bioland NRW
- Kahle, R.; Reents, H. J. 2019: Nährstoffmanagement im Ökologischen Gemüsebau mit neuen Düngestrategien und EDV-gestützten Tools- Nutri@ÖkoGemüse - Fachberatertagung “Ökologischer Gartenbau” 07.11.2019.
- Kahle, R.; Reents, H.J. 2021: Einfluss der Bodenart auf die N-Mineralisationsdynamik von organischen Düngemitteln. Nährstoffmanagement im ökologischen Landbau, Technische Universität München-Weihenstephan 26. und 27. August 2021.
- Kahle, R., 2022: Nährstoffe für Bio-Gemüse: Neue Strategien, die sich lohnen; Erkenntnisse aus dem Nutri@ÖkoGemüse-Projekt. Präsentation, DLG Feldtage, Mein Pflanzenbau Meine Zukunft, 14. – 16. Juni 2022, Mannheim
- Kahle, R., 2022: Nährstoffmanagement im Ökologischen Gemüsebau mit neuen Düngestrategien und EDV-gestützten Tools- Nutri@ÖkoGemüse. Poster DLG Feldtage, Mein Pflanzenbau Meine Zukunft, 14. – 16. Juni 2022, Mannheim
- Kahle, R., 2022: Einfluss der Bodenart auf N-Mineralisationsdynamik organischer Düngemittel. Poster DLG Feldtage, Mein Pflanzenbau Meine Zukunft, 14. – 16. Juni 2022, Mannheim

- Kahle, R., 2022: Das Nutri@ÖkoGemüse-Projekt, Nährstoffmanagementstrategien zur Vermeidung von Nährstoffverlusten und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit, Der Boden als Wirtschaftsgrundlage. Präsentation, Öko-Feldtage, 28.-30. Juni 2022, Villmar-Aumenau
- Kahle, R., 2022: Einfluss der Bodenart auf N-Mineralisationsdynamik organischer Düngemittel. Poster Öko-Feldtage, 28.-30. Juni 2022, Villmar-Aumenau
- Kahle, R., 2022: Nährstoffmanagement im Ökologischen Gemüsebau mit neuen Düngestrategien und EDV-gestützten Tools- Nutri@ÖkoGemüse. Poster Öko-Feldtage, 28.-30. Juni 2022, Villmar-Aumenau
- Kahle, R.; Schad, P. D.; Reents, H.J. Egenolf, K., 2022: Nutzen und Anwendung Modell-gestützter Düngung im intensiven ökologischen Gemüsebau. Präsentation, Fachberatertagung „Ökologischer Gartenbau“ 08.-10. November 2022, Herzberg, CH
- Katroschan, K.-U.; Besand, F. 2021. Nutri@ÖkoGemüse – Ausgewählte Zwischenergebnisse aus Arbeitspaket 4, Beiratstreffen Projekt KuN\_Gemüse, Präsentation (online), 23.03.2021
- Katroschan, K.-U.; Besand, F. 2021. Ansätze zur Erhöhung der N-Inputs über biologische N<sub>2</sub>-Fixierung in gärtnerischen Systemen, Fachtag ökologischer Gemüsebau und Treffen des AK Öko-Gemüsebau, Gäa/Bioland, Präsentation (online), 07.12.2022
- Katroschan, K.-U.; Besand, F.; Stein, S.; Zikeli, S.; Heckenberger, A.; Möller, K.; Rascher, B.; Perkons, U. 2021. Legume Winterzwischenfrüchte in gemüsebaulichen Fruchtfolgen - Zwischenergebnisse aus dem Verbundprojekt Nutri@ÖkoGemüse, 30. Fachberatertagung der Bundesfachgruppe Gemüsebau, Präsentation (online), 11.03.2021
- Reents, H.J., 2021: Nutri@ÖkoGemüse – Problemstellung und Forschungskonzept. Nährstoffmanagement im ökologischen Landbau, Technische Universität München-Weihenstephan 26. und 27. August 2021.
- Reents H J, Stein, S., 2023: Notwendigkeit der Anpassung von Datensätzen für Nährstoffbilanzen im ökologischen Gemüsebau. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau (wird publiziert)
- Schad, P. D., Timmermans, B. G. H., Burgt, G. J. H. M van der, Fischer, R. 2023. Das NDICEA-Modell zur Abbildung der Stickstoffdynamik im ökologischen Gemüsebau. Beitrag zur 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, demnächst einsehbar auf <http://orgprints.org>
- Stein, S.; Reents, H.J., 2022: Nährstoffbilanzen im ökologischen Gemüsebau. Poster DLG Feldtage, Mein Pflanzenbau Meine Zukunft, 14. – 16. JUNI 2022, Mannheim
- Stein, S., Weiler, C.; Zikeli, S.; Möller, K., 2022: Legumer Lebendmulch im Weißkohlanbau. Poster Öko-Feldtage, 28.-30. Juni 2022, Villmar-Aumenau
- Stein, S.; Reents, H.J., 2022: Nährstoffbilanzen im ökologischen Gemüsebau. Poster DLG Feldtage, Mein Pflanzenbau Meine Zukunft, 14. – 16. JUNI 2022, Mannheim
- Stein, S., Weiler, C.; Zikeli, S.; Möller, K., 2022: Legumer Lebendmulch im Weißkohlanbau. Poster Öko-Feldtage, 28.-30. Juni 2022, Villmar-Aumenau
- Stein S., Frech E., Zikeli S. 2022: Notwendigkeit der exakten TM-Bestimmung als Bezugsgröße der N<sub>min</sub>-Analyse: Einfluss von Winterzwischenfrüchten auf Wassergehalt im Boden. 133. VDLUFA Kongress 2022, 13. - 16. September 2022, Halle (Saale), Konferenzbeitrag im Druck
- Stein S., Mehring M., Möller K., Hartung J., Zikeli S. 2022: Meta-analysis on the effects of living mulches in organic and conventional vegetable production: Influence on crop yield and weed density. IHC 2022, 31<sup>st</sup> Horticultural Congress 14.-20. August 2022, Angers, France, Konferenzbeitrag im Druck
- Stein S., Zikeli S., Möller K. 2022: Effect of leguminous green manure crops on white cabbage in organic vegetable production in southwestern Germany, Acta Hortic. 1354. ISHS 2022. DOI 10.17660/ActaHortic.2022.1354.2, Proceedings of the III Int. Organic Fruit Symp. and I Int. Organic Vegetable Symp. , Eds.: F. Branca et al., Catania (Italy), December 14 - 16, 2021
- Stein, S., S. Zikeli, K. Möller 2021: Eignung verschiedener Umbruchtermine von legumen Winterzwischenfrüchten vor Pflanzung von Weißkohl im ökologischen Landbau. In: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, 132. VDLUFA-Kongress, Kongressband 2021 Speyer, Darmstadt: VDLUFA-Verlag. Bd. 77, S. 74-82
- Stein S., Gruber S., Zikeli S., Möller K. 2021: Effect of leguminous living mulches by control of their growth on N<sub>2</sub> fixation and cabbage growth in organic vegetable production. Scientific Forum “From its roots, organic inspires science, and vice versa”, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Thünen Report, Nr. 88, S. 1-236. Proceedings zu: Organic World Congress 2021, Rennes, France, September 8-10, Eds. Rahmann et al.
- Stein S., Zikeli S., Reents H. J., Möller K. 2023: Nährstoffbilanzen ökologischer Gemüsebaubetriebe in Süd-West-Deutschland, Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau (wird publiziert)
- Stein S., Weiler C., 2022: Alternative Düngestrategien für den ökologischen Gemüsebau - Erste Ergebnisse aus Feldversuchen - Organic+ & Nutri@Ökogemüse. Online-Vortrag für Anbauer am 10.03.2022, Beratung Gemüsebau Demeter e.V. Tietjen, S., Egenolf, K., Fischer, R., Schad, P., and Sradnick, A. 2022: Improving nitrogen fertilization management in organic vegetable farming with decision support systems, International Horticultural Congress 2022, Angers, 17.08.2022, oral presentation

- Stein, S.; Reents, H. J. 2022: Hoftorbilanz-Tool für die Hauptnährstoffe N, P und K im ökologischen Gemüsebau. Hrsg. Zentrum Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim und Lehrstuhl Ökologischer Landbau und Pflanzenbausysteme, TU München
- Tietjen, S.; Schad, P; Schulte-Eickhoff, E., 2022: EDV-gestützte Systeme. Poster DLG Feldtage, Mein Pflanzenbau Meine Zukunft, 14. – 16. JUNI 2022, Mannheim
- Tietjen, S.; Schad, P; Schulte-Eickhoff, E., 2022: EDV-gestützte Systeme. Poster Öko-Feldtage, 28.-30. Juni 2022, Villmar-Aumenau
- Weiler, C.; Zikeli, S.; Möller, K., 2022: Nährstoffwirkung alternativer Düngemittel und N-Transferwirkung von Klee gras (KG). Poster Öko-Feldtage, 28.-30. Juni 2022, Villmar-Aumenau
- Weiler, C.; Zikeli, S.; Möller, K., 2022: Nährstoffwirkung alternativer Düngemittel und N-Transferwirkung von Klee gras (KG). Poster DLG Feldtage, Mein Pflanzenbau Meine Zukunft, 14. – 16. JUNI 2022, Mannheim

### **Beträge in Praxiszeitschriften**

- Besand, F.; Katroschan, K.-U.: Evaluating different multispectral vegetation indices for assessing the nitrogen status of white cabbage (*Brassica oleracea var. capitata*) under organic farming conditions, *Acta Horticulturae* (submitted)
- Besand, F.; Katroschan, K.-U.: Eignung von Fernerkundungsmethoden zur Erfassung des N-Status von Weißkohl 2020 (kurz & vorab). <http://www.lfamv.de/Fachinformationen/Gemuesebau/?id=1252>
- Besand, F.; Katroschan, K.-U.: Fruchtfolgeversuch Systemvergleich Klee gras 2020, 2. Versuchsjahr (kurz & vorab). <http://www.lfamv.de/Fachinformationen/Gemuesebau/?id=1253>
- Besand, F.; Katroschan, K.-U.: Klee gras im Gemüsebau: Wann lohnt es sich? *Verbandsnachrichten Bauernverband MV*, (2019)10, 13
- Besand, F.; Katroschan, K.-U.: Klee gras in gemüsebaulichen Fruchtfolgen – Projektvorstellung. *Info-Blatt für den Gartenbau in Mecklenburg-Vorpommern*, 29(2020)5 215-222
- Besand, F.; Katroschan, K.-U.: Klee gras in gemüsebaulichen Fruchtfolgen 2019 - 2020 (kurz & vorab). <http://www.lfamv.de/Fachinformationen/Gemuesebau/?id=1106>
- Besand, F.; Katroschan, K.-U.: Klee gras in gemüsebaulichen Fruchtfolgen 2019-2021 (kurz & vorab). <http://www.lfamv.de/Fachinformationen/Gemuesebau/?id=1254>
- Besand, F.; Katroschan, K.-U.: Vorfruchtwirkung Winterzwischenfrüchte 2019 - 2020 (kurz & vorab). <http://www.lfamv.de/Fachinformationen/Gemuesebau/?id=1107>
- Besand, F.; Katroschan, K.-U.: Vorfruchtwirkung Winterzwischenfrüchte 2020-2021 (kurz & vorab). <http://www.lfamv.de/Fachinformationen/Gemuesebau/?id=1255>
- Kahle, R., Möller, K., Reents, H.J. 2019. Praxisforschung für ein effizientes Nährstoffmanagement im Öko-Gemüsebau. *Ökumenischer Gärtnerbrief* Heft 4/19, 43-44
- Lenz, N., Postweiler, K. 2020. Überprüfung der EDV-Programme NDICEA und N-Expert in Salat. *Versuche im deutschen gartenbau 2020*, *Ökologischer Gemüsebau*, hortigate.de
- Stein S., Möller K., Zikeli S. 2022. Anbau von Leguminosenuntersaaten als alternative Düngestrategie im ökologischen Gemüsebau. *Ökumenischer Gärtnerbrief* Heft 4/22, S. 36-39
- Tietjen, S., Heistermann, K., und Sradnick, A., 2021: Entscheidungsfindung mit N-Expert. *Gemüse* 57 (3), S. 35-37
- Tietjen, S., Heistermann, K., und Sradnick, A., 2021: Entscheidungsfindung mit N-Expert. *Gemüse* 57 (3), S. 35-37
- Tietjen, S. 2022. N-Expert 4.5.4 und Anwendungsunterstützung veröffentlicht. *Gemüse* 3/2022, S. 7.
- Weiler, C. S., Zikeli, S., Möller K., 2022: Mit alternativen Düngemitteln im ökologischen Gemüsebau mehr Unabhängigkeit und Ausgewogenheit in der Düngung erreichen. *Ökumenischer Gärtnerbrief* Heft 3/22, 42-44

### **Andere Veröffentlichungen online**

- N-Expert, 2022. N-Expert – Düngungsberatung und Nährstoffbilanzierung im Freilandgemüsebau. URL <https://n-expert.igzev.de/> (accessed 3.5.23).
- Tietjen, S. 2021. Klickanleitung zu N-Expert: Aufbau des Programms [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=Zy0agSSNLgM>
- Tietjen, S. 2021. Klickanleitung zu N-Expert: Anlegen eines Betriebs [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=7zawAsgREW8>
- Tietjen, S. 2021. Klickanleitung zu N-Expert: Anlegen einer Kulturfolge [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=NMUg6hs-pbc>
- Tietjen, S. 2021. Klickanleitung zu N-Expert: Düngung und Bodenanalysen [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=ETWk3VpSZ9k>

- Tietjen, S. 2021. Klickanleitung zu N-Expert: N-Düngeempfehlung nach N-Expert [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=f8xlzauNRg4>
- Tietjen, S., Heistermann, K., Feller, C., und Sradnick, A. 2022: Schwefel- und Nährstoffgehalte sowie S-Mineralisierung organischer Düngemittel, <http://nexpert.igzev.de/wp-content/uploads/2022/01/Nährstoffgehalte-und-S-Mineralisierung-organischer-Düngemittel.pdf>, Version vom 26.01.2022.
- Tietjen, S., Heistermann, K., Feller, C., und Sradnick, A. 2022: Schwefelgehalte in den Ernteprodukten von Gemüse. <http://n-expert.igzev.de/wp-content/uploads/2022/01/S-GehalteFeldabfuhr.pdf>, Version vom 26.01.2022.
- Tietjen, S., Heistermann, K., Feller, C., und Sradnick, A. 2022: Schwefel- und Nährstoffgehalte sowie S-Mineralisierung organischer Düngemittel, <http://nexpert.igzev.de/wp-content/uploads/2022/01/Nährstoffgehalte-und-S-Mineralisierung-organischer-Düngemittel.pdf>, Version vom 26.01.2022.
- Tietjen, S., Heistermann, K., Feller, C., und Sradnick, A. 2022: Schwefelgehalte in den Ernteprodukten von Gemüse. <http://n-expert.igzev.de/wp-content/uploads/2022/01/S-GehalteFeldabfuhr.pdf>, Version vom 26.01.2022.