



Schlussbericht zum Thema

**Kosten und Nutzen optimierter betrieblicher
und überbetrieblicher
Nährstoffmanagementstrategien im
ökologischen Gemüsebau**

FKZ: 2818OE019

**Projektnehmer: Johann Heinrich von
Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut
für Ländliche Räume, Wald und Fischerei**

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung
und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages im Rahmen des
Bundesprogramms Ökologischer Landbau.

Das Bundesprogramm Ökologischer Landbau Landwirtschaft (BÖL) hat sich zum Ziel gesetzt, die Rahmenbedingungen für die ökologische und nachhaltige Land- und Lebensmittelwirtschaft in Deutschland zu verbessern. Es wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) finanziert und in der BÖL-Geschäftsstelle in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in Bonn in die Praxis umgesetzt. Das Programm untergliedert sich in zwei ineinandergreifende Aktionsfelder, den Forschungs- und den Informationsbereich.

Detaillierte Informationen und aktuelle Entwicklungen finden Sie unter www.bundesprogramm.de

Wenn Sie weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel: 0228-6845-3280
E-Mail: boel@ble.de

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Schlussbericht

Kosten und Nutzen optimierter betrieblicher und überbetrieblicher Nährstoffmanagementstrategien im ökologischen Freilandgemüsebau

KuN_Gemüse

Hildegard Garming, Barbara Heinrich, Hanna Wildenhues, Henriette
Burger



| | |
|--------------------|---|
| Projektnehmer | Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei |
| Förderkennzeichen | 2818OE019 |
| Laufzeit | 01.2020-12.2022 |
| Projektleitung | Dr. Hildegard Garming |
| Projektbearbeitung | Dr. Barbara Heinrich, Hanna Wildenhues, Dr. Henriette Burger |
| Kontakt | Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, Bundesallee 63, 38116 Braunschweig hildegard.garming@thuenen.de Tel: 0531 596 5113 |



Kurzfassung

Das Ziel des Projektes KuN_Gemüse war eine ökonomische Analyse von betrieblichen und überbetrieblichen Maßnahmen für ein optimiertes Nährstoffmanagement im ökologischen Freilandgemüseanbau. Damit sollte für Anbaupraxis und Beratung eine verbesserte Informationsgrundlage geschaffen werden, die notwendig ist, um das Nährstoffmanagement zu optimieren und Ertragspotenziale im Ökogemüsebau voll auszuschöpfen. Es wurde der methodische Ansatz der typischen Betriebe angewandt. Die Datengrundlage setzte sich aus Literatur, Interviews mit Expert:innen aus Beratung und Forschung sowie einer Befragung von 23 Ökogemüsebetrieben zusammen. Die Ergebnisse zeigen zunächst einen Überblick über die Anwendung von Nährstoffmanagementmaßnahmen auf den befragten Betrieben. Anschließend wurde für neunzehn verschiedene Maßnahmen der Nutzen hinsichtlich Düngewirkung, Humusaufbau und weiteren Wirkungen auf das Produktionssystem ermittelt, sowie die Direkt- und Arbeitserledigungskosten berechnet. Die Ergebnisse wurden in Form von Steckbriefen übersichtlich zusammengefasst. Diese leisten als umfassendes Bewertungsschema mit sachbezogenen, pflanzenbaulichen, ökonomischen und praktischen Kriterien einen konkreten Beitrag zu einer verbesserten Informationsgrundlage für die Beratung und gemüsebauliche Praxis. In einem weiteren Analyseschritt wurden typische Nährstoffmanagementsysteme für vier gemüsebauliche Fruchtfolgen mit unterschiedlicher Produktionsausrichtung und -intensität der Gemüseerzeugung modelliert. Es wurden jeweils die ausgebrachten Nährstoffmengen geschätzt und die Kosten über die gesamte Fruchtfolge berechnet. Diese Modelle können als Ausgangspunkt für weitere Analysen und als Referenzszenario für die Optimierung des Nährstoffmanagements auf ähnlich strukturierten Betrieben dienen. Weiterer Forschungsbedarf wird in einer quantitativen Analyse von Nährstoffeffizienzen gesehen, um Optimierungsstrategien des Nährstoffmanagements bewerten zu können.

Abstract

The objective of the project was an economic analysis of on-farm and regional measures for an optimised nutrient management in organic open field vegetable production. The aim was to improve the information available for farming practice and advisory services, which is necessary to optimise nutrient management and to fully exploit yield potentials in organic vegetable production. The methodological approach of typical farms was applied. Data was collected from literature, interviews with experts from extension and research and a survey of 23 organic vegetable farms. The first result was an overview of the use of nutrient management measures on the farms surveyed. Then, for nineteen different measures, the benefits in terms of crop nutrient supply, the effects on soil organic matter and other effects on the production system were determined, and the direct and operational costs of the measures were calculated. The results were compiled in the form of fact sheets, representing a comprehensive evaluation scheme with agronomical, economic and practical criteria. This output is a valuable contribution to an improved information basis for advisory services and vegetable farms. In a further analysis step, typical nutrient management systems were modelled for four vegetable crop rotations with different production orientations and intensities of vegetable production. For each case, the quantities of nutrients were estimated and the costs calculated over the entire crop rotation. These models can serve as a starting point for further analyses and as a reference scenario for optimising nutrient management on similarly structured farms. Further research is needed on the quantitative analysis of nutrient efficiencies in order to evaluate nutrient management optimisation strategies.

Inhalt

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | Einführung | 1 |
| 1.1 | Gegenstand des Vorhabens | 1 |
| 1.2 | Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen | 1 |
| 1.3 | Planung und Ablauf des Projektes | 2 |
| 2 | Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde | 2 |
| 3 | Material und Methoden | 4 |
| 3.1 | Methodischer Ansatz | 4 |
| 3.2 | Datengrundlage | 5 |
| 3.3 | Charakterisierung von Nährstoffmanagementmaßnahmen in Form von Steckbriefen | 5 |
| 3.4 | Analyse von Nährstoffmanagementsystemen in mehrjährigen gemüsebaulichen Fruchtfolgen | 8 |
| 4 | Ausführliche Darstellung und Diskussion der wichtigsten Ergebnisse | 9 |
| 4.1 | Anbaustrukturen im ökologischen Gemüsebau in Deutschland | 9 |
| 4.2 | Beschreibung der Stichprobe der Betriebsbefragungen | 10 |
| 4.3 | Anwendung von Nährstoffmanagementmaßnahmen auf befragten Betrieben | 11 |
| 4.4 | Überbetriebliches Nährstoffmanagement und Kooperationen | 12 |
| 4.5 | Steckbriefe zu Nährstoffmanagementmaßnahmen | 13 |
| 4.6 | Kosten typischer Nährstoffmanagementsysteme in mehrjährigen gemüsebaulichen Fruchtfolgen | 16 |
| 5 | Diskussion der Ergebnisse | 21 |
| 6 | Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse. Wurden im Projekt praxisrelevante Ergebnisse erzielt? | 21 |
| 7 | Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen | 22 |
| 8 | Zusammenfassung | 22 |
| 9 | Literaturverzeichnis | 24 |
| 10 | Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt | 25 |
| | Anhang I: Interviewleitfaden zur Befragung von Öko-Gemüsebaubetrieben zum Thema Düngepraxis – Nährstoffmanagementstrategien | 27 |
| | Anhang II : Steckbriefe zu Nährstoffmanagementmaßnahmen . | 30 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-------------|---|
| BMEL | Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft |
| BÖL | Bundesprogramm Ökologischer Landbau |
| C | Kohlenstoff |
| CC | Cut and Carry |
| FM | Frischmasse |
| FuE | Forschung und Entwicklung |
| KG | Kleegras |
| N | Stickstoff |
| P | Phosphor |
| PPL | Potato-Protein-Liquid |
| TM | Trockenmasse |
| ZöL | Zukunftsstrategie ökologischer Landbau |

Verzeichnis der Abbildungen

| | | |
|--------------|--|----|
| Abbildung 1: | Öko-Gemüseflächen und Anteil Öko and Gesamtgemüseflächen nach Bundesländern in 2021 | 9 |
| Abbildung 2: | Einsatz von Nährstoffmanagementmaßnahmen in 23 ökologischen Gemüsebaubetrieben | 12 |
| Abbildung 3: | Zufuhr von organischer Masse bei einer Düngung von 110 kg N _{ges} /ha, für Leguminosenanbau: bei Anbau auf 1 ha Geberfläche. | 14 |
| Abbildung 4: | Zufuhr von Phosphat (P ₂ O ₅) bei einer Düngung von 110 kg N _{ges} /ha | 14 |
| Abbildung 5: | Humusreproduktionsleistung nach VD LUFA bei Düngung von 110 kg N _{ges} /ha für Leguminosenanbau: bei Anbau auf 1 ha Geberfläche | 15 |
| Abbildung 6: | Anteil kurz bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff gemäß Mindestverfügbarkeit für organische Handels- und Wirtschaftsdünger | 15 |
| Abbildung 7: | Direkt- und Arbeiterledigungskosten für Nährstoffmanagementmaßnahmen, bezogen auf jeweils 1 kg N _{ges} und N _{k-mfr} . | 16 |

Verzeichnis der Tabellen

| | | |
|------------|---|----|
| Tabelle 1: | Kategorien und Gruppen von Nährstoffmanagementmaßnahmen | 6 |
| Tabelle 2: | Anzahl befragter Betriebe nach Bundesländern | 10 |
| Tabelle 3: | Anzahl befragter Betriebe nach Größe der Gemüseanbaufläche | 10 |
| Tabelle 4: | Kriterien und Merkmale für eine systematische Charakterisierung von Nährstoffmanagement-Maßnahmen in Form von Steckbriefen | 13 |
| Tabelle 5: | Modell A: 5-jährige ackerbauliche Fruchtfolge mit Hackfrucht- und Wurzelgemüseanbau | 17 |
| Tabelle 6: | Modell B: 6-jährige Getreide-Gemüsefruchtfolge mit Klee gras und Transfermulchnutzung (KG-Mahd) | 18 |
| Tabelle 7: | Modell C: 3-jährige Fruchtfolge mit Gemüse und Getreide, Hauptnährstoffquelle Haarmehlpellets | 19 |
| Tabelle 8: | Modell D: 5-jährige Gemüsefruchtfolge mit einjährigem Klee gras (KG), Ackerbohnen (AB)-dichtsaat und ergänzend pflanzlichem Handelsdünger | 19 |
| Tabelle 9: | Kennzahlen zu Fruchtfolge, N-Quellen, Nährstoffzufuhr und Kosten von vier typischen Nährstoffmanagementsystemen | 20 |

1 Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Das Projekt KuN_Gemüse hatte die ökonomische Analyse des Nährstoffmanagements im ökologischen Freilandgemüsebau zum Gegenstand.

Die Nährstoffversorgung im ökologischen Anbau basiert grundsätzlich auf organischen Düngemitteln. Zwar können Phosphor, Kalium, Kalzium und Magnesium auch über zugelassene mineralische Dünger zugeführt werden, jedoch gilt für Stickstoff (N), dass die Zufuhr ausschließlich über organische Stoffe oder durch die legume N-Fixierung organisiert wird (EU Verordnung 18/848). Das Nährstoffmanagement im ökologischen Gemüsebau umfasst sowohl die Ausbringung von Düngemitteln als auch den Anbau von Leguminosen mit dem Ziel des N-Eintrages und Maßnahmen zur Mobilisierung und Sicherung von Nährstoffen. Für den Gemüsebau ergibt sich die Herausforderung der bedarfsgerechten Freisetzung von N für die zum Teil stark nährstoffbedürftigen Kulturen. Hohe Gehalte an nicht pflanzenverfügbarem N sowie die Phosphorgehalte können problematisch sein, da die Zufuhren von Gesamt-N sowie auch von Phosphor durch die Düngeverordnung (BMEL 2020) und die Stoffstrombilanzverordnung (BGBl, 2018) begrenzt sind.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen

Das Ziel des Projektes KuN_Gemüse war eine ökonomische Analyse von betrieblichen und überbetrieblichen Maßnahmen für ein optimiertes Nährstoffmanagement im ökologischen Freilandgemüseanbau. Das Projekt wurde im Rahmen der Bekanntmachung Nr. 18/17/31 über die Durchführung von Praxis-Forschungsnetzwerken sowie von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FuE-Vorhaben) zur „Optimierung des Nährstoffmanagements im Ökologischen Landbau“ im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) vom 31.08.2017 gefördert.

Unter Berücksichtigung der Heterogenität der Betriebe im ökologischen Gemüsebau sollten Kosten und Nutzen von Nährstoffmanagementmaßnahmen anhand von modellhaften Produktionssystemen ermittelt und dadurch die Entscheidungsgrundlage über das Nährstoffmanagement für die Betriebe verbessert werden. Kosten und Nutzen sowie die praktische Umsetzbarkeit von Nährstoffmanagementmaßnahmen hängen wesentlich vom erforderlichen Arbeitseinsatz, dem Aufwand an Düngemitteln und deren Preisen, den Anforderungen an die technische Ausstattung sowie von der Pflanzenverfügbarkeit und damit der Wirksamkeit der durch die Maßnahme zugeführten Nährstoffe ab. Dabei spielen auch die Bodennutzung und die Fruchtfolge eine wichtige Rolle, insbesondere im Hinblick auf den Anbau von Leguminosen und Zwischenfrüchten als Nährstoffmanagementmaßnahme.

Mit dem Projekt sollten die folgenden Forschungsfragen adressiert werden:

- 1) Welche Nährstoffmanagementmaßnahmen werden von Ökogemüsebetrieben eingesetzt?
- 2) Wie hoch sind die Kosten von Nährstoffmanagementmaßnahmen?
- 3) Wie hoch sind die Kosten und Nutzen des Nährstoffmanagements in ökologischen gemüsebaulichen Fruchtfolgen?

Das Projekt zielt darauf ab, betriebswirtschaftlich relevante Informationen über das Nährstoffmanagement für verschiedene Betriebstypen des Ökogemüsebaus zu erarbeiten und auf dieser Grundlage Ansatzpunkte für eine Optimierung abzuleiten. Das Projektziel dient zuerst und direkt der Anbaupraxis und der Beratung, indem

Wissenslücken zu betriebswirtschaftlichen Effekten von verbessertem Nährstoffmanagement geschlossen werden. Erst durch fundierte Analysen über die ökonomische Dimension können die betrieblichen und überbetrieblichen Potenziale eines nachhaltigen Nährstoffmanagements im ökologischen Gemüsebau voll ausgeschöpft werden. Damit trägt das Forschungsprojekt auch direkt zu den Zielen der Zukunftsstrategie für den ökologischen Landbau (ZÖL) des BMEL (2017) bei, die eine Ausweitung des ökologischen Landbaus als besonders ressourcenschonende Form der Landwirtschaft anstrebt.

Darüber hinaus sind die ökonomischen Ergebnisse auch für die pflanzenbauliche Forschung und die Weiterentwicklung mittel- und langfristiger Maßnahmen der produktionsorientierten und ressourcenschonenden Nährstoffversorgung im ökologischen Gemüsebau relevant. Damit bietet dieses Forschungsvorhaben konkrete Anknüpfungspunkte für Praxis-Forschungsnetzwerke, z. B. für das Praxis-Forschungsnetzwerk NutriNet.

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Das Projekt wurde am Thünen-Institut für Betriebswirtschaft durchgeführt. Gemüsebaulich-fachliche Informationen, neue Erkenntnisse aus laufenden Projekten zum Nährstoffmanagement im ökologischen Anbau sowie die Vernetzung mit der gemüsebaulichen Praxis und den Projekten Nutri@Ökogemüse und dem Praxisforschungsnetzwerk NutriNet wurden über einen Beirat aus Expertinnen und Experten aus Forschung und Beratung erreicht. Es wurden jährliche Projektbeiratstreffen organisiert, sowie ergänzend nach Bedarf Interviews mit und Nachfragen bei Projektbeiratsmitgliedern durchgeführt. Zusätzlich war der Landesverband Bioland für Niedersachsen und Bremen mit einem Unterauftrag involviert. Dieser unterstützte insbesondere die Datenerhebung auf Praxisbetrieben sowie durch Beratung der Projektbearbeitenden zu gemüsebaulichen Produktionssystemen im ökologischen Anbau.

Im Projektablauf wurde zunächst eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt. Parallel wurden Gespräche mit Ökogemüsebau-Spezialist*innen in fünf verschiedenen Regionen Deutschlands geführt, um die typischen Strukturen von Öko-Gemüsebaubetrieben zu erfassen. Die befragten Gemüsebau-Spezialist*innen gehörten entweder der Officialberatung oder Versuchsanstellung auf Bundesländerebene an, oder sie waren Berater*innen von Öko-Anbauverbänden.

An die Erarbeitung der Übersicht zu den Strukturen der Öko-Gemüsebaubetriebe schloss sich eine Betriebsbefragung an, wobei die Stichprobe möglichst die Bandbreite der in den Anbauregionen typischen Gemüsebetriebe hinsichtlich Gemüseanbaufläche, Produktionsausrichtung und Vermarktungsstrukturen abdecken sollte.

Aus der Datengrundlage aus Befragungen, Literatur und Gesprächen mit Expertinnen und Experten wurden als Hauptergebnisse des Projektes a) eine Übersicht über die Anwendung von Nährstoffmanagementmaßnahmen auf den Betrieben, b) Maßnahmensteckbriefe mit sachbezogenen Informationen und Modellrechnungen zu Kosten der Umsetzung, c) typische Nährstoffmanagementsysteme und d) Kostenrechnungen über mehrjährige Fruchtfolgen erarbeitet.

Der Wissenstransfer erfolgte während der Projektlaufzeit durch Vorstellungen von Ergebnissen bei Feldtagen und Gemüsebautagen sowie durch Beiträge in gemüsebaulichen Fachzeitschriften. Weitere Veröffentlichungen in Form von Praxismerkblättern sowie einem ausführlichen Thünen-Working Paper sind in Vorbereitung.

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Der ökologische Landbau ist eine Anbauform, die in besonderem Maße als ressourcenschonend gilt (BMEL, 2017) und der das Potential zugeschrieben wird, vielen Umweltproblemen sowie den Emissionen von Treibhausgasen entgegenzuwirken (Sander und Heß, 2019, Hülsbergen et al., 2023). Auch die Belastung von Gewässern mit Nitrat

kann der ökologische Landbau verringern (BMEL, 2017). Die positiven Effekte des ökologischen Landbaus werden insbesondere mit Bezug zur (Produktions-)Fläche beobachtet. Vor dem Hintergrund durchschnittlich geringerer Erträge im Ökolandbau (Hülsbergen et al., 2022) werden die positiven Effekte in Bezug auf den Output schwächer eingeschätzt. Im Hinblick auf die Flächenproduktivität gibt es im ökologischen Landbau daher noch Potentiale, um die Effizienz und auch die Beiträge zum Ressourcenschutz zu steigern (Kirchmann et al., 2008, Tuomisto et al., 2012). In der Zukunftsstrategie für den ökologischen Landbau des BMEL wurde die Steigerung der Leistungsfähigkeit als ein wichtiges Handlungsfeld definiert. Unter Beibehaltung oder einem weiteren Ausbau der Leistungen in Bezug auf die Förderung der Biodiversität, der Bodenfruchtbarkeit und der Selbstregulationsprozesse der Agrarökosysteme wird angestrebt, auch die Flächenproduktivität zu verbessern. Dabei spielt das Nährstoffmanagement eine wesentliche Rolle (BMEL, 2017).

Der Anteil des ökologischen Landbaus an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche lag in 2021 bei rund 11 % (Destatis, 2022). Im Gemüsebau ist der Anteil des Ökoanbaus bereits höher und lag in 2021 mit mehr als 18 000 ha bei rund 14 % der Gemüsebaufläche in Deutschland (Stat. Bundesamt 2022). Hinsichtlich der Erntemengen lag der Anteil des Ökogemüsebaus an der Gesamtgemüseernte in Deutschland in 2021 jedoch nur bei 11,4 %.

Eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit lässt sich sowohl durch die Steigerung der Erntemenge pro Flächeneinheit erreichen als auch durch eine Verbesserung der Nährstoffausnutzung. Dies ist im ökologischen Anbau und insbesondere im ökologischen Gemüseanbau nicht leicht, denn die Freisetzung von Nährstoffen, speziell von Stickstoff, aus der organischen Substanz des Bodens und aus organischen Düngemitteln erfolgt nicht immer synchron zum Bedarf der Gemüsekulturen. Insbesondere bei frühen Sätzen und entsprechend niedrigen Temperaturen ist dies ein Problem (Möller und Schultheiß, 2014). Viele Gemüsekulturen sind besonders nährstoffbedürftig und erfordern bei kurzen Kulturauern von wenigen Wochen bis wenigen Monaten insbesondere hohe N_{\min} -Gehalte im Boden, um hohe Erträge in vermarktbarer Qualität, d. h. ohne Blattvergilbungen und bei ausreichend hohen Kopfgewichten z. B. bei Salaten oder Kopfkohl, zu erzielen (Feller et al. 2011). Im Gegensatz zu organischen Wirtschaftsdüngern kann mit organischen Handelsdüngern die Stickstoffversorgung der Pflanze etwas besser gesteuert werden (Cuijpers et al., 2008, Zikeli et al., 2017). Keratinprodukte, beispielsweise Hornmehl, spielen dabei eine zentrale Rolle, stehen jedoch auch in der Kritik. Kritisiert wird insbesondere der lange Transportweg dieser Produkte, die häufig aus Indien oder afrikanischen Ländern stammen, und die mit dem Transport assoziierten negativen Treibhausgasemissionen. Zudem stammen diese Dünger häufig aus der konventionellen Landwirtschaft (Möller und Schultheiß, 2014).

Im Zuge der Novellierung der Düngeverordnung ist zudem der Fokus auf den Nährstoff Phosphor gelenkt worden. Im ökologischen Gemüsebau führt die Absenkung der gesetzlich zulässigen Phosphatsalden zunehmend zu Problemen. Der Grund dafür ist, dass über viele organische Düngemittel, beispielsweise Kompost, dem Boden mehr Phosphat zugeführt wird, als ihm durch Ernte und Abfuhr des Erntegutes wieder entzogen wird (Möller und Schultheiß, 2014, Möller, 2018, Reimer et al. 2020). Dadurch kommt es zu Nährstoffungleichgewichten mit der Folge, dass bei der Nutzung von Wirtschaftsdüngern der Phosphorgehalt die maximal mögliche Versorgung mit Stickstoff begrenzt (Homeister et al., 2017, Puffert, 2017). Diese Herausforderungen haben in den letzten Jahren zu vermehrten Forschungsprojekten für eine Verbesserung des Nährstoffmanagements im ökologischen Gemüsebau geführt, aus denen einige Optimierungsansätze hervorgingen (siehe beispielsweise Scheffler und Schmidtko, 2016, Xie und Lakkenborg Kristensen, 2017 oder IGZ, 2018).

In der Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktion wird neben der ökologischen Tragfähigkeit und der sozialen Verantwortung auch die ökonomische Rentabilität auf Ebene der landwirtschaftlichen Betriebe berücksichtigt (DLG, 2018, Christen, 1999). Um systematisch beurteilen zu können, für welche Kulturen, Fruchtfolgen und Betriebstypen sich die unterschiedlichen Nährstoffstrategien in der Praxis eignen, wird zunächst eine fundierte Datengrundlage hinsichtlich des Status quo des Düngemanagements, der damit assoziierten Stoffbilanzen sowie der Kosten benötigt. Insbesondere zu den Kosten des Düngemanagements im Status quo, aber auch zu den erwarteten Kostenwirkungen der Optimierungsstrategien, bestehen nach heutigem

Kenntnisstand große Wissenslücken. Durch diese Wissenslücken kann die Übernahme von Innovationen im Bereich des nachhaltigen Nährstoffmanagements erschwert sein, denn Betriebsleiter*innen benötigen ökonomische Informationen bei der Entscheidungsfindung.

Der Gemüseanbau in Deutschland ist durch eine große Vielfalt hinsichtlich Anbau- und Betriebsstrukturen gekennzeichnet, die oft charakteristisch für die verschiedenen Anbauregionen sind (Strohm et al., 2016). Für unterschiedliche Betriebsgrößen und Anbaustrukturen ergeben sich in der Regel auch unterschiedliche Kostenstrukturen in der Gemüseerzeugung (Dirksmeyer et al., 2014, Lindemann und Dirksmeyer, 2015). Diese Unterschiede sind auch für die Bewertung von Nährstoffmanagementstrategien relevant und werden über den Einbezug verschiedener Anbauregionen im Projekt berücksichtigt.

Des Weiteren werden ökonomische Analysen im Bereich regionaler Nährstoffströme benötigt (Deumlich et al., 2016). Da ökologisch wirtschaftende Gemüsebaubetriebe häufig sehr spezialisiert sind, spielen überbetriebliche Nährstoffinputs von anderen Betrieben eine große Rolle. Im Zuge der Optimierung können Kooperationen zwischen ökologischen Gemüsebaubetrieben und anderen ökologisch wirtschaftenden Betrieben (Ackerbau, Tierhaltung, Nahrungsmittelerzeugung) eine noch größere Rolle zukommen. Daher gilt es, die ökonomischen Rahmenbedingungen unterschiedlicher Formen der Kooperation für eine Optimierung des Nährstoffmanagements zu ermitteln.

3 Material und Methoden

3.1 Methodischer Ansatz

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurden im Projekt verschiedene Analyseebenen berücksichtigt. Die betriebliche bzw. auch überbetriebliche Ebene war relevant für den Überblick über die Anwendung von Nährstoffmanagementmaßnahmen sowie Austauschbeziehungen zwischen Betrieben in Form von Futter-Mist-Kooperationen. Für spezifische Modellrechnungen wurden zunächst einzelne Nährstoffmanagementmaßnahmen untersucht. In einem weiteren Schritt wurden dann auch deren Kombination im Kontext gemüsebaulicher Produktionssysteme bzw. auch mehrjähriger Fruchtfolgen analysiert.

Das methodische Konzept basierte auf dem Ansatz der ökonomischen Modellierung „typischer Betriebe“ (Deblitz und Zimmer, 2005, Goy, 2008, Chibanda et al. 2021), bei dem aufbauend auf verfügbaren Sekundärdaten und der Expertise aus Beratung und Praxis in Fokusgruppendifkussionen Betriebsmodelle entwickelt werden, die die für eine bestimmte Region und Betriebsgröße typischen Produktionssysteme eines Betriebes abbilden. Typische Betriebe sind also Modelle, die durch physische und ökonomische Variablen so definiert sind, dass sie die für den untersuchten Betriebstyp charakteristische Ausstattung mit Produktionsfaktoren und deren Verwendung sowie seine charakteristischen Produktionsverfahren widerspiegeln. Dadurch wird die Berechnung von Erträgen, Produktionskosten und Produktivitätskennzahlen ermöglicht. Durch die Berücksichtigung der Arbeitsschritte als Teil der Produktionsverfahren können auch die Auswirkungen von Veränderungen z. B. durch technische Innovationen oder die Umsetzung neuer gesetzlicher Anforderungen auf die Produktivität und die Rentabilität untersucht werden (Chibanda et al. 2021).

Das Kernprinzip dieses methodischen Ansatzes ist die Definition der „typischen“ Produktionsverfahren und Arbeitsschritte mit ihren physischen Inputvariablen sowie deren Preise anhand der verschiedenen Datenquellen und deren anschließende Validierung im Rahmen eines Diskussionsprozesses mit Fachleuten aus Praxis und Beratung in Fokusgruppen. Im Projekt wurde dieses Prinzip für die Modellierung der Kostenrechnung einzelner Nährstoffmanagementmaßnahmen und für die Analyse des Nährstoffmanagements typischer Fruchtfolgen angewandt.

3.2 Datengrundlage

Die Datengrundlage setzt sich zusammen aus Literaturangaben, aus Interviews mit Fachleuten der Officialberatung und Landwirtschaftskammern, der gemüsebaulichen Beratung der Öko-Anbauverbände, der Landesämter und Landesforschungsanstalten sowie aus einer Befragung von 23 Öko-Gemüsebetrieben in sechs Bundesländern.

Im ersten Schritt wurde aus der Gemüseerhebung (Destatis versch. Jahrgänge) und der Expertise aus dem Projektbeirat ein Überblick über die regionale Bedeutung verschiedener Betriebstypen des Ökogemüseanbaus zusammengestellt. Auf dieser Grundlage wurde die Betriebsbefragung so geplant, dass die Bandbreite der in den jeweiligen Regionen anzutreffenden Betriebe in der Stichprobe einbezogen wurden. Für die Gewinnung der Betriebe wurden Einladungen mit einer kurzen Projektbeschreibung und der Kontaktinformationen über die Gemüsebauberatung an die Betriebe weitergeleitet, die sich dann für die Teilnahme melden konnten. Auf diesem Weg konnten 23 Öko-Gemüsebetriebe in sechs Bundesländern gewonnen werden (Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Hessen, Sachsen, Bayern und Baden-Württemberg).

Die Betriebsbefragung wurde in Form eines leitfadengestützten Experteninterviews durchgeführt. Der Interviewleitfaden umfasste Fragen zu vier Themenbereichen:

- (1) Betriebsstruktur, Flächenausstattung, Bodenverhältnisse, Vermarktung
- (2) Produktionsausrichtung, Gemüsekulturen, Flächenbelegung, Fruchtfolgegestaltung und Düngung
- (3) betriebliches Nährstoffmanagement allgemein und Düngplanung
- (4) Erfahrungen, Einschätzungen und Bewertungen zu einem Katalog von Nährstoffmanagementmaßnahmen

Zur Entwicklung des Interviewleitfadens wurde Expertise aus der Beratung eingeholt. Nach einem Pretest im Rahmen der ersten drei Interviews wurden noch Anpassungen bzw. Kürzungen vorgenommen. Aufgrund der Corona-Pandemie konnten nur drei Interviews im Rahmen von Betriebsbesuchen durchgeführt werden, während die weiteren Interviews entgegen der ursprünglichen Planung in Form von Videokonferenzen online durchgeführt wurden. Die Befragung fand in den Wintermonaten 2020/21 und 2021/22 statt. Die Länge der einzelnen Interviews variierte zwischen 1 und 3 Stunden. Die Gespräche wurden protokolliert sowie mit einem MP3-Aufnahmegerät aufgezeichnet und transkribiert. Für die inhaltliche Auswertung wurde die Software MAXQDA eingesetzt. Die Auswertung der Interviews erfolgte zunächst fragenbezogen unter dem Gesichtspunkt der Modellierung typischer Produktions- bzw. Nährstoffmanagementsysteme. Bei der Auswertung der Fragen zu den einzelnen Nährstoffmanagementmaßnahmen wurden außerdem die Häufigkeiten ähnlicher Aussagen ermittelt.

3.3 Charakterisierung von Nährstoffmanagementmaßnahmen in Form von Steckbriefen

Im ökologischen Gemüsebau wird eine große Vielfalt an Nährstoffmanagementmaßnahmen angewandt, die sich zum Teil sehr stark in ihrer Kostenstruktur in der Wirkungsweise hinsichtlich der Düngewirkung und in den ökologischen Wirkungen auf den Boden und das Produktionssystem unterscheiden. Die Maßnahmen können in drei Kategorien gruppiert werden: A) Einsatz organischer Handelsdünger, B) Nutzung von Wirtschaftsdünger und C) Anbaumaßnahmen (Tabelle 1). Grundsätzlich sind innerhalb dieser Kategorien sehr viele Varianten und regional bzw. betrieblich spezifische Verfahren möglich. In Tabelle 1 sind die gängigsten Verfahren aufgeführt, die auch aufgrund der Nennungen in der Betriebsbefragung für die Analyse ausgewählt wurden.

Tabelle 1: Kategorien und Gruppen von Nährstoffmanagementmaßnahmen

| Kategorie | Gruppe | Maßnahme | |
|--------------------------------------|----------------------------|--|--------------------------------------|
| A. Organische Handelsdüngemittel | Tierische Handelsdünger | Haarmehlpellets | |
| | | Horngrieß | |
| | | Schafwollpellets | |
| | | Pflanzliche Handelsdünger | Pflanz-Pellets (ehem. Phyto-Pellets) |
| | | | Biosol |
| | Maltaflor | | |
| | Ackerbohenschrot | | |
| | Kleegrascobs | | |
| | | Vinasse (flüssig) | |
| | B. Wirtschaftsdünger | Wirtschaftsdünger | Rindermist |
| Hühnertrockenkot | | | |
| Kompost (aus Bioabfall bzw. Grüngut) | | | |
| Pilzkultursubstrat (Champost) | | | |
| Gärprodukt NaWaRo flüssig | | | |
| | Industrienebenprodukt | Kartoffelbruchwasser (flüssig) | |
| C. Anbaumaßnahmen | Klee gras mit Cut & Carry | Überjähriges Klee gras mit Cut & Carry | |
| | Anbau Körnerleguminosen | Ackerbohrendichtsaa t | |
| | (Winter-)Zwischenfrucht | Grün- oder Wickroggen | |
| | (Sommer-)Gründüngung | Phacelia | |
| | Untersaat od. Living Mulch | Ackerbohne in Kombination mit Kohl | |

Quelle: eigene Zusammenstellung.

Die ausgewählten Maßnahmen wurden hinsichtlich ihrer Düngewirkung, den Auswirkungen auf Humus, Boden und Ökologie sowie der betriebswirtschaftlichen Kosten bewertet. Auf der Grundlage von Literaturangaben, den Befragungsergebnissen und Modellrechnungen wurde so ein detaillierter Überblick über die 20 ausgewählten Maßnahmen in Form von Steckbriefen geschaffen. Diese sind gegliedert in

- (1) Sachbezogene Informationen,
- (2) Modellrechnungen und
- (3) Informationen aus der Praxis.

Die sachbezogenen Informationen beinhalten eine kurze Beschreibung und allgemeine Charakterisierung der Maßnahme, die Nährstoffgehalte und deren Pflanzenverfügbarkeit sowie die Wirkung auf den Boden, die Nährstoffbilanz und ggf. Auswirkungen auf das Ökosystem hinsichtlich Biodiversität oder Klimawirkung. Wichtige Quellen dafür waren: Möller und Schultheiß (2014), Möller und Schultheiß (2014a) sowie LTZ Augustenberg (2021) und Feller et al. (2011).

Für Nährstoffmanagementmaßnahmen, die im Rahmen der Experteninterviews besonders häufig genannt wurden, wurden außerdem Modellrechnungen erstellt, bei denen sowohl die Kosten für die Durchführung der Maßnahme als auch die ausgebrachten Nährstoffmengen pro ha geschätzt wurden.

Der Abschnitt Informationen aus der Praxis basiert auf der Inhaltsanalyse der Betriebsbefragungen und enthält Erfahrungen und Kommentare zur praktischen Umsetzung, z. B. Vor- und Nachteile einer Maßnahme unter verschiedenen betrieblichen Bedingungen.

Vorgehensweise für die Modellrechnungen zu Kosten und Nutzen

Bei den Kostenrechnungen wurden sowohl die Direktkosten als auch die Arbeits- und zurechenbaren Maschinenkosten berücksichtigt. Da die Maschinenkosten auch von der auszubringenden Menge an

Düngemitteln abhängig sind, wurde eine standardisierte auszubringende Düngegabe in Höhe von 110 kg N/ha definiert. Den Ausschlag für diese N-Menge gab die Überlegung, dass 110 kg N/ha eine vom Bioland-Verband für den Gemüsebau vorgegebene Begrenzung für die durchschnittliche jährliche Düngemittelzufuhr von außerhalb des Betriebs ist (Bioland, 2022).

Alle Modellrechnungen bestehen aus zwei Teilabschnitten.

Im **ersten Teilabschnitt** wird jeweils eine Kostenzusammenstellung für die Durchführung einer Nährstoffmanagementmaßnahme gegeben. Die Kosten werden dabei auf eine Maßnahmenfläche von 1 ha bezogen. Die Gesamtkosten werden aufgliedert in Direktkosten, Arbeitskosten, variable und fixe Maschinenkosten sowie ihre jeweiligen Bestandteile. Sofern nicht anders angegeben, sind bei dieser Kostenzusammenstellung alle Angaben zu den Arbeits- und Maschinenkosten den KTBL-Webanwendungen „Feldarbeitsrechner“ bzw. „Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau“ (KTBL 2021) entnommen. Die Maschinenkapazität wurde für durchschnittliche Schlaggrößen von 2 ha dimensioniert. Als Hof-Feldentfernung wurde eine durchschnittliche Strecke von 2 km angenommen. Die Direktkosten für Saatgut entstammen in den meisten Fälle ebenfalls aus den KTBL-Quellen, während die Schätzungen der Dünger-Direktkosten auf einer eigenen Preisrecherche vom Winter 2021/2022 beruhen. Auch für die Wirtschaftsdünger wurden in diesem Zusammenhang Marktpreise recherchiert, obwohl Wirtschaftsdünger - insbesondere solche, die aus der ökologischen Landwirtschaft stammen - in der Regel nicht in ausreichender Menge auf dem freien Markt zur Verfügung stehen.

Im **zweiten Teilabschnitt** werden die Nährstoffmengen zusammengestellt. Beim Stickstoff wird dabei sowohl die Menge an Gesamtstickstoff (in kg N_{ges} /ha) als auch die Menge an kurz- bis mittelfristig verfügbarem Stickstoff (in kg N_{kmfr} /ha) angegeben. Bei den Anbaumaßnahmen werden Nährstoffmengen für die Leguminosen geschätzt, die Winterzwischenfrüchte oder nicht-legumen Gründungen bleiben unberücksichtigt, da sie keine zusätzlichen Nährstoffe in das System eintragen.

Die Menge an **kurz-mittelfristig verfügbarem Stickstoff** pro ha ergibt sich durch die Verknüpfung der Gesamtstickstoffmenge mit der gesetzlichen Mindestverfügbarkeit im 1. Jahr. Wenn für einen Dünger keine Angabe zu einer gesetzlichen Mindestverfügbarkeit vorlag, wurde ein vergleichbarer Wert aus der Literatur oder den Herstellerinformationen gewählt.

Daneben werden Schätzwerte zu Mengen weiterer Nährstoffe aufgeführt, die bei der Durchführung einer Nährstoffmanagementmaßnahme anfallen. Im Einzelnen sind das die Mengen an Phosphat, gemessen in kg P_2O_5 /ha, organischer Masse, gemessen in t org. Masse/ha sowie die Humusreproduktionsleistung, gemessen in kg C/ha, die zusätzlich zur Stickstoffdüngung ausgebracht bzw. generiert werden.

Die Menge an **Phosphat (in kg P_2O_5 /ha)** ist Ergebnis der Verknüpfung der ausgebrachten Düngermenge (frisch) mit dem Anteil der Trockenmasse an der Frischmasse (FM) und dem P-Gehalt der Trockenmasse sowie der anschließenden Anwendung des Umrechnungsfaktors 2,29 für die Umrechnung von P nach P_2O_5 . In Einzelfällen, z. B. bei Vorliegen entsprechender Herstellerangaben, wurden die Phosphatmengen auch auf alternative Weise berechnet, indem die Düngermenge (frisch) mit einem für den frischen Dünger angegebenen Phosphatgehalt verknüpft wurde.

Die Menge an **organischer Masse** (trocken) (in t org. Masse/ha) ergibt sich durch die Verknüpfung der Düngermenge (frisch) mit dem Anteil der Trockenmasse an der Frischmasse und dem Anteil der Organischen Masse an der Trockenmasse.

Die **Humusreproduktionsleistung** (in kg C/ha) wird nur für die Wirtschaftsdünger und die Anbaumaßnahmen geschätzt, da diese Wirkung für die Handelsdünger zu vernachlässigen ist. Sie lässt sich abschätzen aus der Düngermenge (frisch) in Tonnen multipliziert mit dem Anteil der Trockenmasse an der Frischmasse und der düngerspezifischen Humusreproduktionsleistung in kg C pro Tonne des Düngers (VDLUF 2014).

Im Zusammenhang mit der Maßnahmenkategorie „Anbaumaßnahmen“ spielen Methoden zur Schätzung von Stickstoffmengen, die durch pflanzenbauliche Maßnahmen generiert werden, eine wichtige Rolle. Bei den Anbaumaßnahmen ist es grundsätzlich schwierig, Nährstoffmengen, Mengen organischer Substanz oder die Humusreproduktionsleistung mit einer guten Aussagesicherheit zu schätzen. Die Ursache dafür ist, dass alle diese Merkmale stark von der Menge und der Art des Pflanzenaufwuchses abhängen. Der Pflanzenaufwuchs wiederum wird sowohl von den allgemeinen Standortbedingungen als auch von spezifischen Jahreseffekten beeinflusst. Hierzu, sowie für die Schätzung des Anteils kurz- bis mittelfristig verfügbaren N wurde vor allem auf die Angaben aus der Literatur zurückgegriffen (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2002, Laber, 2017). Allerdings wurden Stickstoffmengen, die durch konservierende bzw. mobilisierende Anbaumaßnahmen im Frühjahr bereitgestellt werden, nicht als Stickstoffzufuhren bewertet (vgl. K.-U. Katroschan, mündliche Mitteilung vom 12.05.2022). Diese Überlegung betraf alle Winterzwischenfrüchte und den Frühljahrsaufwuchs von Klee grasbeständen im Umbruchjahr.

Da durch die Anbaumaßnahmen in der Regel kein Phosphat zugeführt, sondern nur dem umgebenden Boden entzogen wird¹, entfiel eine Schätzung der Phosphatmengen.

Im Hinblick auf das Verfahren „Klee gras mit Cut & Carry“ ist außerdem anzumerken, dass im Rahmen der vorliegenden Analysen alle Stickstoffmengen ebenso wie alle Kosten auf die stickstoffgenerierende Geberfläche bezogen wurden.

Einen Spezialfall stellte die Schätzung der Stickstoffmengen bei Ackerbohrendichtsart dar. Hier wurde zwischen früherer und späterer Einarbeitung des Aufwuchses unterschieden. Im ersten Fall wurde nur der Stickstoff aus dem Saatgut angerechnet (ca. 40 kg N_{ges}/ha). Im zweiten Fall, d. h. bei angenommener Einarbeitung Ende Juni, wurde in Anlehnung an eine Expert*innen-Aussage die doppelte Menge an Stickstoff (80 kg N_{ges}/ha) veranschlagt.

3.4 Analyse von Nährstoffmanagementsystemen in mehrjährigen gemüsebaulichen Fruchtfolgen

Aufbauend auf der Nährstoff- und Kostenschätzung für einzelne Maßnahmen wurden in einem weiteren Analyseschritt typische Nährstoffmanagementsysteme modelliert. Hierzu wurde die Kombination von verschiedenen Nährstoffmanagementmaßnahmen betrachtet, die im Laufe eines mehrjährigen Fruchtfolgezyklus von Gemüsekulturen, Zwischenfrüchten und ggf. Ackerkulturen angewandt wurden.

Anhand der Aussagen aus den Betriebsbefragungen wurden zunächst die Fruchtfolgen und angewandten Nährstoffmanagementmaßnahmen zusammengestellt und dann Betriebe mit ähnlicher Produktionsausrichtung hinsichtlich Feld- oder Feingemüse und dem Anteil an Ackerbaukulturen zusammengefasst, um typische Nährstoffmanagementsysteme abzuleiten. Diese modellhaften Nährstoffmanagementsysteme wurden mit Fachleuten aus der Beratung diskutiert und validiert. Unter Verwendung der Ergebnisse zu den einzelnen Maßnahmen wurden für die Nährstoffmanagementsysteme die zugeführten Nährstoffmengen ermittelt, sowie die Direkt- und Arbeitserledigungskosten über die gesamte Fruchtfolge als durchschnittliche jährliche Kosten bezogen auf die Fläche und auf die zugeführte Stickstoffmenge berechnet. Daneben wurde ein besonderes Augenmerk auf die Provenienz des zugeführten organischen Stickstoffs gelegt. Es wurde unterschieden zwischen Stickstoff aus Handelsdüngern, Wirtschaftsdüngern und legumer N-Fixierung. Für diese drei Provenienzen wurden die Anteile an der zugeführten Gesamtstickstoffmenge bestimmt.

¹ Ausnahmen sind die Zufuhr von Phosphat im Saatgut grobkörniger Leguminosen und das Phosphat, das bei Transfermulchvorgängen ausgebracht wird.

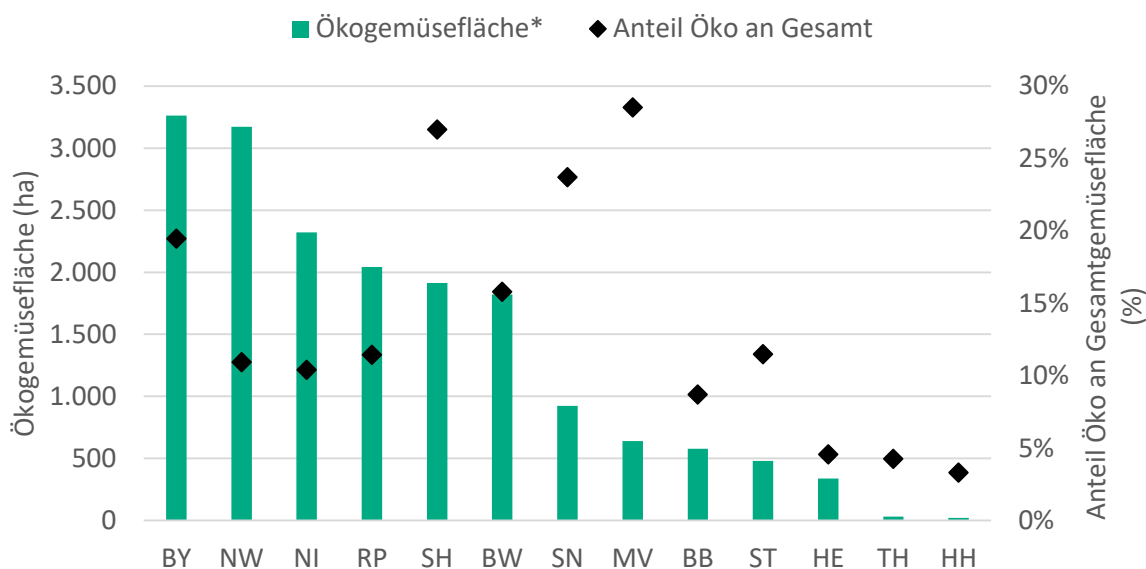
Für die ökonomische Bewertung der verschiedenen Nährstoffmanagementsysteme wurden Beispielkulturfolgen zusammengestellt, für die anhand von KTBL-Daten Deckungsbeiträge berechnet wurden. Diese wurden den Kosten der Nährstoffmanagementsysteme gegenübergestellt.

4 Ausführliche Darstellung und Diskussion der wichtigsten Ergebnisse

4.1 Anbaustrukturen im ökologischen Gemüsebau in Deutschland

Innerhalb der Projektlaufzeit von 2020 bis 2022 hat die ökologische Gemüsebaufläche in Deutschland zunächst von insgesamt 16.072 ha auf 18.221 ha in 2021 zugenommen und folgte dem seit 20 Jahren stetig steigendem Trend. In 2022 wurde erstmalig ein Rückgang in der ökologisch bewirtschafteten Gemüsebaufläche verzeichnet, so dass die Gesamtfläche dann bei 17.560 ha lag (Destatis, versch. Jahrgänge). Das Bundesland mit der höchsten Ökogemüsefläche ist Bayern, gefolgt von Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Rheinland-Pfalz. Hinsichtlich der relativen Bedeutung des Ökogemüsebaus steht Mecklenburg-Vorpommern mit einem Anteil von 30 % an der gesamten Gemüseanbaufläche an erster Stelle unter den Bundesländern, gefolgt von Schleswig-Holstein, Sachsen, Bayern und Baden-Württemberg. Durch die Befragungen in Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen, Hessen, Baden-Württemberg und Bayern sind somit wesentliche Öko-Gemüseanbauregionen aus Nord-, Süd-, West- und Ostdeutschland im Projekt berücksichtigt worden.

Abbildung 1: Öko-Gemüseflächen und Anteil Öko and Gesamtgemüseflächen nach Bundesländern in 2021



*in Betrieben, die ihre Flächen mit Gemüse vollständig ökologisch bewirtschaften. Quelle: Destatis, 2022.

Zu den Betriebsstrukturen liegen nur wenige Daten für den ökologischen Gemüsebau vor. Insgesamt ist zu beobachten, dass in Norddeutschland und Rheinland-Pfalz größere Gemüsebaubetriebe mit über 20 ha bis 100 ha und mehr häufiger vorkommen, während in Hessen, Bayern und Baden-Württemberg kleinere Betriebe die Regel sind (siehe auch Garming, 2022). Nach Einschätzung der Projektbeiratsmitglieder trifft dies auch für den ökologischen Gemüsebau zu.

Durch die Expertinnen und Experten wurden die folgenden vier Betriebstypen charakterisiert, die in verschiedenen Anteilen in allen Anbauregionen zu finden sind:

- 1) **Kleine Direktvermarkter:** Betriebe mit vielen Kulturen, Fein- und Feldgemüse, oft sowohl Säukulturen (Wurzelgemüse) als auch Pflanzkulturen (z. B. Salate, Kohlgemüse), oft neben dem Freilandanbau auch

Gewächshäuser oder Folientunnel, teils auch Obstanbau, (in Bayern, Baden-Württemberg eher 0,5 - 3 ha, in Niedersachsen und Hessen bis ca. 6 ha),

- 2) **Mittlere bis große Gemischtvermarkter:** Betriebe mit breit aufgestellter Vermarktung mit Direktvermarktung, Verkauf an Bündler oder Vermarktungszusammenschlüsse, Naturkostgroßhandel oder Selbstvermarktung an den Lebensmitteleinzelhandel, oft viele Gemüsekulturen, Größe bis ca. 20 ha.
- 3) **Mittlere bis große Betriebe:** Betriebe mit Vermarktung an Lebensmitteleinzelhandel und Großhandel, eher keine Direktvermarktung, tendenziell weniger Kulturen und Fokus z. B. auf Sä- oder Pflanzgemüse, kleine Anzahl Betriebe, keine Größenabgrenzung nach oben: 20-50 ha, 100 ha und größer, Feingemüse aber auch Feldgemüse
- 4) **Ackerbaubetriebe mit Feldgemüse:** Betriebe mit Vermarktung über Großhandel oder Erzeugerzusammenschlüsse, Größe sehr variabel wie bei 3)

Darüber hinaus nimmt nach Auskunft der Expertinnen und Experten die Anzahl der Betriebe mit gemeinschaftlichen Vermarktungs- und Finanzierungsmodellen wie z. B. der solidarischen Landwirtschaft zu.

4.2 Beschreibung der Stichprobe der Betriebsbefragungen

Der methodische Ansatz der typischen Betriebe bzw. Produktionssysteme basiert auf einer Datengrundlage aus Sekundärdaten und dem Beitrag von Expertinnen und Experten aus Forschung, Beratung und Praxis. Dementsprechend zielte die Betriebsbefragung nicht auf eine repräsentative Stichprobe ab, sondern auf eine möglichst breite Erfassung von unterschiedlich strukturierten, für ihre Region jeweils charakteristischen Ökologemüsebetrieben. Die Betriebe, die für die Befragung gewonnen werden konnten, verteilen sich wie folgt auf die Bundesländer (Tabelle 2).

Tabelle 2: Anzahl befragter Betriebe nach Bundesländern

| Bundesland | MV | NI | SN | HE | BY | BW |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|
| Anzahl Betriebe | 3 | 7 | 1 | 6 | 5 | 1 |

Quelle: eigene Darstellung.

Hinsichtlich der Betriebsgrößen sind alle Betriebstypen in der Stichprobe vertreten (Tabelle 3). Auch mit Blick auf die Produktionsausrichtungen decken die Betriebe ein breites Spektrum ab, vom Ackerbaubetrieb mit Feldgemüsebau über Feld- und Feingemüsebetriebe mit Kartoffel- und auch Getreide- und Futterbau bis hin zu ganz auf den Gemüsebau spezialisierte Marktgärtner. Auch bezüglich der Vermarktung sind alle Vermarktungsausrichtungen vertreten: kleine und mittlere Direktvermarkter und Wochenmarktbeschicker, Abo-Kistenbetriebe, Mitglieder von Erzeugerorganisationen, Selbstvermarktung an Großmarkt, Lebensmitteleinzelhandel und Naturkostfachhandel, sowie die Belieferung von Mitgliedern im Rahmen von Modellen der solidarischen Landwirtschaft.

Tabelle 3: Anzahl befragter Betriebe nach Größe der Gemüseanbaufläche

| Gemüseanbaufläche | unter 10 ha | 10 bis unter 30 ha | 30 bis unter 100 ha | 100 und mehr ha |
|-------------------|-------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| Anzahl Betriebe | 9 | 8 | 4 | 2 |

Quelle: eigene Darstellung.

4.3 Anwendung von Nährstoffmanagementmaßnahmen auf befragten Betrieben

Die Ergebnisse der Betriebsbefragung zeigen das breite Spektrum an Nährstoffmanagementmaßnahmen, das im ökologischen Gemüsebau angewandt wird. Die Befragten nennen zwischen vier und neun verschiedene Maßnahmen, die regelmäßig im Gemüsebau eingesetzt werden (Abbildung 2).

Der Anbau von Winterzwischenfrüchten ist dabei die am meisten eingesetzte Maßnahme, die mit nur einer Ausnahme von allen Betrieben genutzt wird. Die Motivation für die Befragten ist dabei der Schutz und die Belebung des Bodens (Regenwurmfutter) und die Vermeidung der Auswaschung von mineralisiertem Stickstoff über den Winter als Hauptnutzen dieser Maßnahme.

Der Kleegrasanbau als Hauptfrucht, um über die N-Fixierung Stickstoff in das System zu bringen, ist ein wichtiges Element im ökologischen Nährstoffmanagement und wurde von fast allen Betrieben in die Fruchtfolge integriert. Dabei wurde das Klee gras meist als Anfangspunkt für die Fruchtfolge gesehen und z. B. als „Motor für die Fruchtfolge“ bezeichnet. Gründüngungen werden von vielen Betrieben für die Zwischenbegrünung z. B. zwischen Gemüseernte und Aussaat von Wintergetreide oder Klee gras genutzt, z. B. als Blühmischung mit dem Ziel der Nützlingsförderung. Eine Stickstoffzufuhr über die N-Fixierung kann auch durch den Anbau von Körnerleguminosen erfolgen, was mehrere Betriebe nutzen. Bei dieser Anbaumaßnahme sind verschiedene Varianten gebräuchlich, einerseits der Anbau von Erbsen, Lupinen oder Ackerbohnen zum Drusch, andererseits die Kurzkulturen in Dichtsaat, bei denen die Nährstoffwirkung vor allem über das Saatgut erfolgt.

Fast alle Betriebe nutzen außerdem auch Handelsdünger, die zumeist als schnell verfügbare bzw. gut kalkulierbare N-betonte Dünger geschätzt werden. Ein überraschendes Ergebnis war, dass die relativ kostengünstigen Haarmehlpellets von fast der Hälfte der Befragten nicht genutzt wurden und stattdessen Handelsdünger auf pflanzlicher Basis eingesetzt wurden, für die in der Regel deutlich höhere Preise gezahlt werden müssen. Als Gründe für die Ablehnung von Haarmehlpellets wurde mehrfach deren Herkunft aus konventioneller Tierhaltung und Bedenken bezüglich möglicherweise schädlichen Inhaltsstoffen genannt. Auch praktische Erwägungen und Vorlieben waren Gründe für die Bevorzugung pflanzlicher Handelsdünger, z. B. der unangenehme Geruch, der als störend für Mitarbeitende und ggf. Kunden im Hofladen empfunden wurde, oder eine grundsätzlich vegetarische Ernährungsweise der Betriebsleitung oder der Angestellten. Die Flüssigdüngung mit Vinasse wurde regelmäßig auf drei Betrieben eingesetzt.

Der am häufigsten eingesetzte Wirtschaftsdünger war Mist, in der Regel Rindermist, der z. B. über die eigene Tierhaltung oder über Futter-Mist-Kooperationen mit tierhaltenden Betrieben bezogen wurde. Gärreste, flüssige Wirtschaftsdünger oder Champost wurden nur von wenigen Befragten genannt – hier war die Verfügbarkeit in der Region ein begrenzender Faktor.

Untersaaten, Living Mulch oder auch verschiedene Mulchverfahren mit frischem oder silierten Pflanzenmaterial wurden von einigen befragten Betrieben eingesetzt. Einschränkend ist dabei zu sagen, dass die Mulchverfahren vornehmlich im geschützten Anbau auf kleinen Flächen angewandt wurden.

Abbildung 2: Einsatz von Nährstoffmanagementmaßnahmen in 23 ökologischen Gemüsebaubetrieben

| Betrieb Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | |
|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| Tierische Handelsdünger | ■ | ■ | ■ | ■ | | | ■ | | ■ | | | ■ | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | ■ | ■ |
| Pflanzl. Handelsdünger | | | | ■ | | ■ | | ■ | | | ■ | | ■ | ■ | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| Flüssigdüngung(Vinasse, PPL) | | | | | | | | | | ■ | | | | | | ■ | | | | | | ■ | | |
| Kleegrasjahr / Hauptfrucht | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Winterzwischenfrucht | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Gründüngung | ■ | | ■ | | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | ■ |
| Mist | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Kompost | | ■ | | | | ■ | | ■ | ■ | ■ | | ■ | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Mulchverfahren | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | ■ | | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ |
| Untersaaten | | ■ | | ■ | | | ■ | | | | ■ | | | | ■ | | | | | | | | | |
| Körnerleguminosenanbau | | | ■ | | | | ■ | | ■ | ■ | | ■ | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Körnerleguminosenschrot | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | |
| Gärreste/Gülle | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Champost | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sonstiges | | ■ | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |

■ Aktuell eingesetzt ■ Sporadisch eingesetzt ■ Einsatz geplant

Quelle: eigene Erhebungen.

4.4 Überbetriebliches Nährstoffmanagement und Kooperationen

Wie in Kapitel 4.3 beschrieben, setzen viele der befragten Gemüsebetriebe Mist als Wirtschaftsdünger ein, obwohl nur fünf der Betriebe selbst Tiere halten. In der Befragung gaben neun Betriebe an, Kooperationen mit tierhaltenden Nachbarn zu unterhalten und so Zugang zu Wirtschaftsdüngern zu bekommen. Drei weitere Betriebe beschrieben betriebliche Kooperationen für die Optimierung des Nährstoffmanagements, bei denen es nicht um tierische Wirtschaftsdünger ging, sondern um Flächentausch für eine bessere Fruchtfolge. Beispielsweise wurden Flächen mit Ackerbaubetrieben getauscht, um hohe Restnährstoffmengen nach Gemüsekulturen durch Wintergetreide auszunutzen und gleichzeitig durch die aufgelockerte Fruchtfolge phytosanitäre Vorteile zu realisieren. Im Folgenden werden die Kooperationsmodelle zwischen Gemüse- und tierhaltenden Betrieben beschrieben.

Bei Futter-Mist Kooperationen erhält der Viehbetrieb Futter und liefert im Gegenzug eine vereinbarte Menge Mist an den Gemüsebetrieb. Das Futter stammt in der Regel von den Kleegrasflächen, die oft mindestens 20 % der betrieblichen Ackerfläche einnehmen. Manche Gemüsebetriebe integrieren Getreidejahre in die Fruchtfolge, um phytosanitären Problemen vorzubeugen, als Teil des Unkrautmanagements oder für eine optimale Ausnutzung der Nährstoffe und Vermeidung von Auswaschungsverlusten. In manchen Fällen wird auch Getreide als Tierfutter geliefert. In den beschriebenen Fällen waren die involvierten Tierarten zumeist Rinder, zu einem geringeren Teil auch Schweine, Schafe und Pferde. Bei Schafen und Pferden wurden als Sonderfälle die Abnahme von Sortierabfällen aus der Möhrenaufbereitung genannt, wo seitens der Gemüsebetriebe die Vermeidung phytosanitärer Probleme als Zusatznutzen geschätzt wurde. Die vereinbarten Mengen waren sehr variabel bzw. die Angaben zu den Austauschverhältnissen waren nur sehr grobe Schätzungen. Zusätzliche Absprachen konnten sich auf die Arbeit und den Maschineneinsatz für die Futterwerbung sowie die Ausbringung des Mists beziehen.

Des Weiteren wurden Pacht-Mist-Kooperationen beschrieben, bei denen die Gemüsebetriebe zeitweise Flächen zur Beweidung zur Verfügung stellten, die nicht für den Gemüseanbau nutzbar waren (z. B. Grünlandflächen, Naturschutzflächen) und im Tausch Zugang zu Wirtschaftsdüngern erhielten. In zwei Fällen wurde Mist als Mietleistung für die Nutzung von Stallgebäuden bezogen. Auch die Beweidung von Kleegrasflächen mit Rindern oder Schafen (Wanderschafhaltung) kann dieser Kooperationsform zugeordnet werden. Die Tierhaltung umfasste bei den Pacht-Mist-Kooperationen Rinder, Schafe sowie Hühner.

Eine andere Form der überbetrieblichen Kooperationen für die Optimierung des Nährstoffmanagements war die Verwertung des Kleegrasaufwuchses als Substrat für eine Biogasanlage und die Abnahme von Gärresten im

Gegenzug. In einem weiteren Sonderfall konnte Champost, abgeerntetes Substrat aus der ökologischen Pilzherzeugung, gegen die Lieferung von Stroh bezogen werden.

Da im ökologischen Anbau Wirtschaftsdünger nur aus ökologischer Tierhaltung verwendet werden dürfen² (EU Verordnung (EU) 2018/848), sind die Möglichkeiten von Kooperationen für überbetriebliche Nährstoffflüsse je nach Region sehr unterschiedlich. Von den befragten Betrieben ohne solche Möglichkeiten wurde in den meisten Fällen auf die leider fehlenden möglichen Kooperationspartner oder die zu weiten Transportwege zu entsprechenden Betrieben hingewiesen.

4.5 Steckbriefe zu Nährstoffmanagementmaßnahmen

Die Steckbriefe zur Charakterisierung ausgewählter Nährstoffmanagementmaßnahmen sind im Anhang enthalten. Tabelle 4 fasst die Gliederung der Steckbriefe und die berücksichtigten Merkmale zusammen. Nachfolgend werden wichtige Kennzahlen für die untersuchten Nährstoffmanagementmaßnahmen vergleichend in grafischer Form dargestellt.

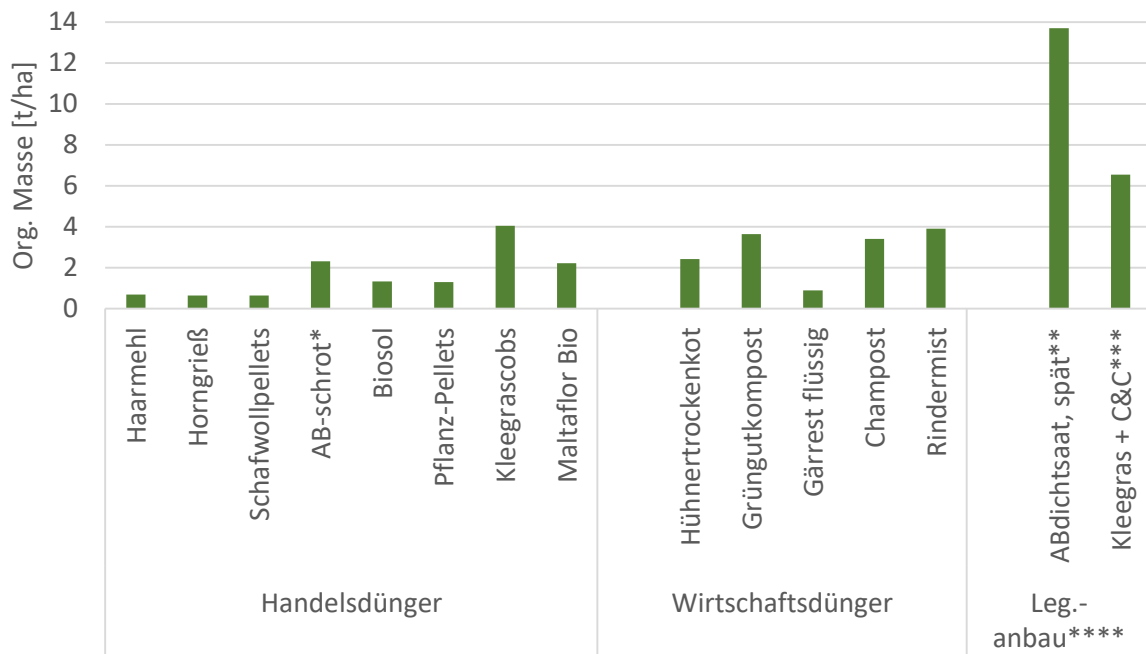
Tabelle 4: Kriterien und Merkmale für eine systematische Charakterisierung von Nährstoffmanagement-Maßnahmen in Form von Steckbriefen

| | Bewertungskriterium | Merkmale |
|------------|--|--|
| 1. | Sachbezogene Informationen | |
| 1.1 | Allgemeine Charakterisierung, wichtige pflanzenbauliche Parameter und unmittelbare Auswirkungen auf die Umwelt | Beschreibung, Nährstoffgehalte, Parameter der N-Freisetzung, Nährstoffprofil |
| 1.2 | Mittel- und langfristige Auswirkungen auf das Produktionssystem Boden-Pflanze | Wirkung auf die Nährstoffbilanz, Beitrag zum Humusaufbau, Humifizierungsrate |
| 1.3 | Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem | Klimawirkung, Förderung der Biodiversität |
| 2. | Kosten- und Nutzenrechnung | |
| 2.1 | Direktkosten | Düngerkosten, Saatgutkosten |
| 2.2 | Arbeitszeitbedarf und Arbeitskosten | Arbeitszeitbedarf, durchschn. Lohnkosten |
| 2.3 | Variable Maschinenkosten | Reparaturkosten, Kosten für Betriebsstoffe |
| 2.4 | Fixe Maschinenkosten | Abschreibungskosten, Zinskosten, sonstige Kosten |
| 2.5 | Summe der Direkt- und Arbeitserledigungskosten | Gesamtkosten pro ha, Gesamtkosten bezogen auf kg Stickstoff (Gesamt-N) |
| 2.6 | Dieselbedarf | Dieselbedarf |
| 2.7 | Ausgebrachte Stickstoffmengen | Menge Gesamt-Stickstoff, Menge kurz bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff |
| 2.8 | Organische Masse und Humusreproduktionsleistung | Organische Masse, Humusäquivalente |
| 2.9 | Ausgebrachte Phosphatmenge | Phosphatmenge |

Quelle: eigene Darstellung.

² Ausnahmen beziehen sich auf Mist aus Hobbyhaltung von Pferden und Schafen.

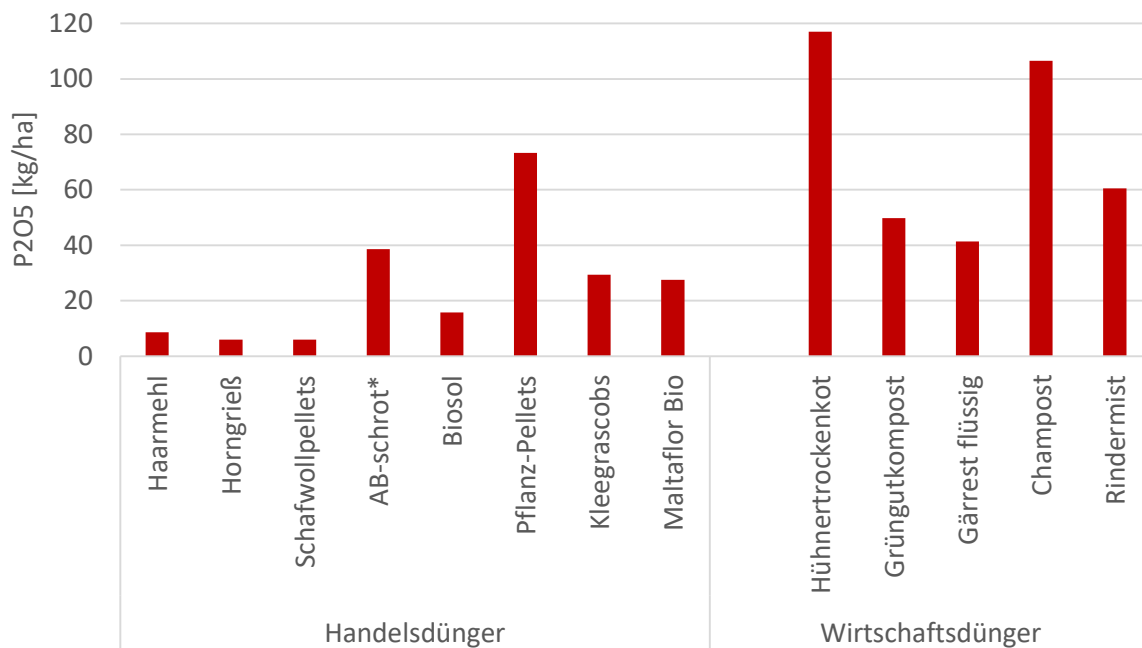
Abbildung 3: Zufuhr von organischer Masse bei einer Düngung von 110 kg N_{ges}/ha, für Leguminosenanbau: bei Anbau auf 1 ha Geberfläche.



*Ackerbohnschrot, ** Ackerbohndichtsamt, späte Einarbeitung, ***Kleegras Cut and Carry Transfermulch. ****Leguminosenanbau.

Quelle: eigene Darstellung.

Abbildung 4: Zufuhr von Phosphat (P₂O₅) bei einer Düngung von 110 kg N_{ges}/ha

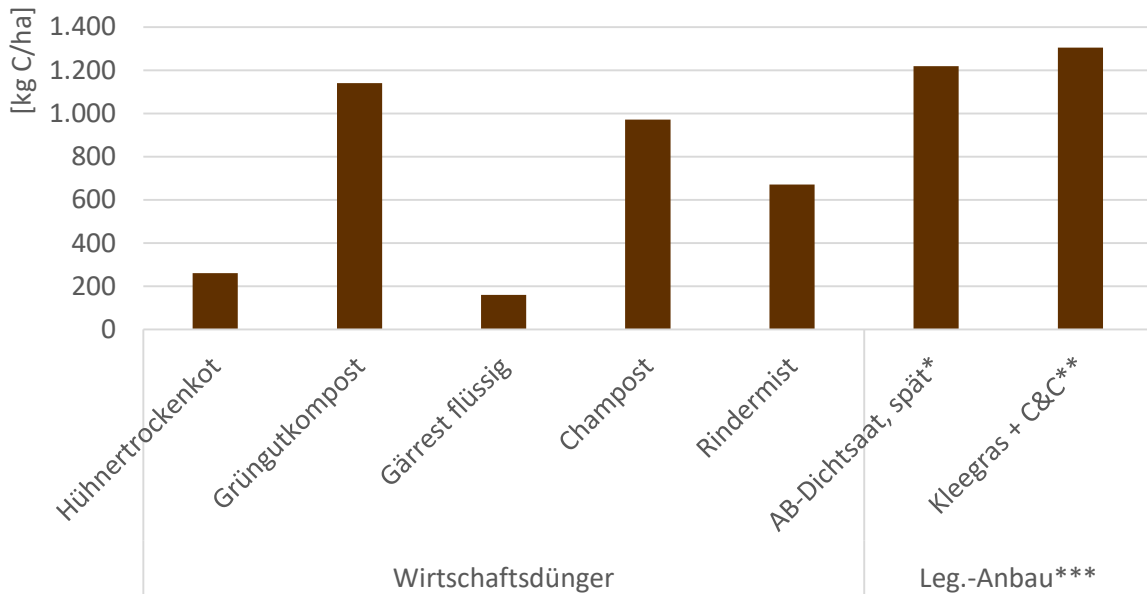


* Ackerbohnschrot, Quelle: eigene Darstellung.

Eine P-Zufuhr findet nur statt, wenn Material von außen auf die Fläche zugeführt wird. Bei den Anbaumaßnahmen liegt die Düngewirkung in der N-Fixierung, die Zufuhr von P beschränkt sich auf das Saatgut und wird in Abbildung 4 nicht berücksichtigt.

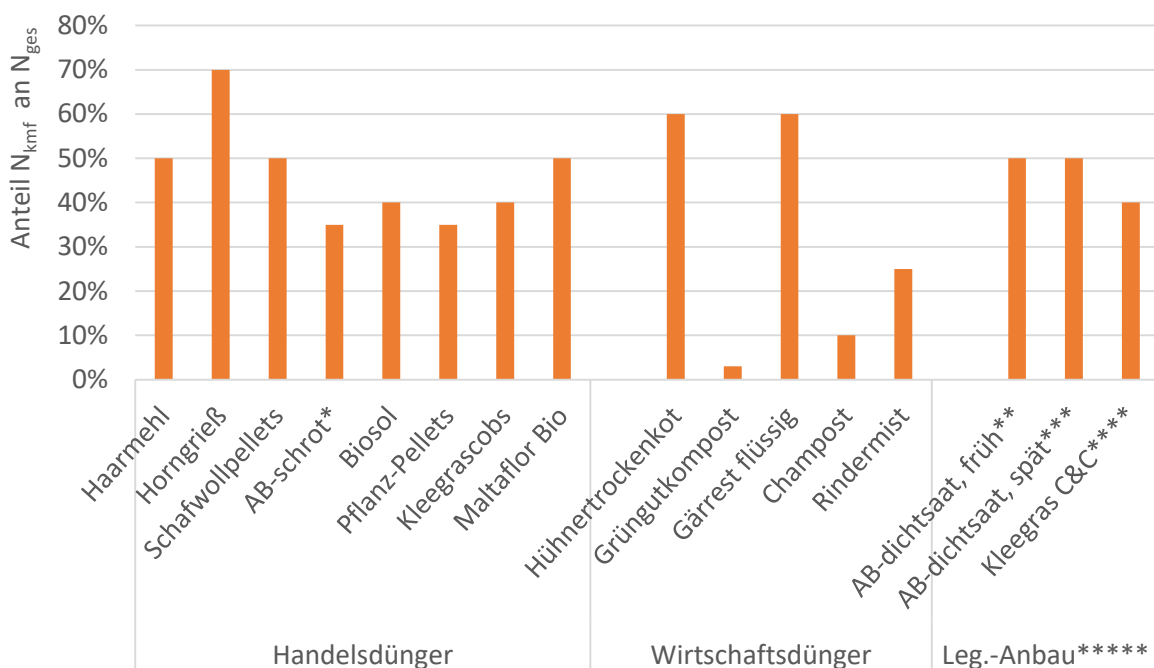
In Abbildung 5 wird die Humusreproduktionsleistung für die Maßnahmen mit relevantem Potenzial für den Humuserhalt/-aufbau dargestellt (vgl. Kap 3.3).

Abbildung 5: Humusreproduktionsleistung nach VD LUFA bei Düngung von 110 kg N_{ges}/ha für Leguminosenanbau: bei Anbau auf 1 ha Geberfläche



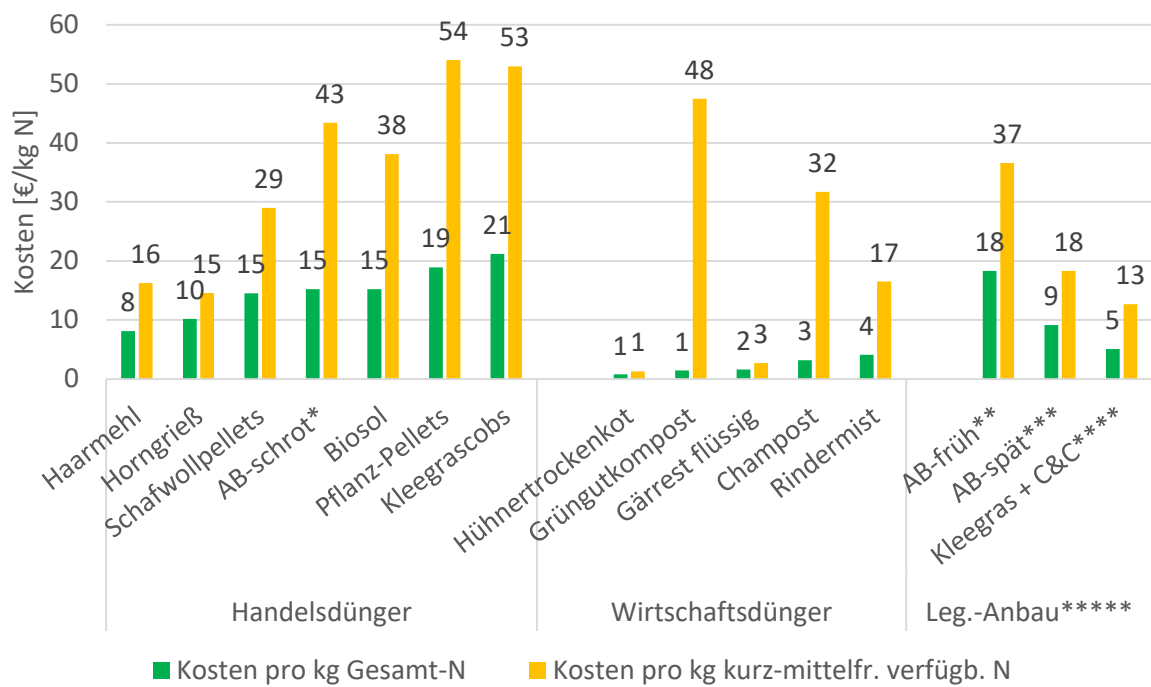
*Ackerbohrendichtsaa, späte Einarbeitung, **Klee gras Cut and Carry Transfermulch, Angaben bezogen auf die Geberfläche, ***Leguminosenanbau. Quelle: eigene Darstellung.

Abbildung 6: Anteil kurz bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff gemäß Mindestverfügbarkeit für organische Handels- und Wirtschaftsdünger



*Ackerbohenschrot, **Ackerbohrendichtsaa, frühe Einarbeitung, ***Ackerbohrendichtsaa, späte Einarbeitung, ****Klee gras, Cut and Carry Transfermulch, auf die Geberfläche bezogen, *****Leguminosenanbau. Quelle: eigene Darstellung.

Abbildung 7: Direkt- und Arbeiterledigungskosten für Nährstoffmanagementmaßnahmen, bezogen auf jeweils 1 kg N_{ges} und N_{k-mfr.}



*Ackerbohnschrot, **Ackerbohrendichtsart, frühe Einarbeitung, ***Ackerbohrendichtsart, späte Einarbeitung, ****Kleegras, Cut and Carry Transfermulch, auf die Geberfläche bezogen, *****Leguminosenanbau. Quelle: eigene Darstellung.

4.6 Kosten typischer Nährstoffmanagementsysteme in mehrjährigen gemüsebaulichen Fruchtfolgen

Entsprechend der großen Bandbreite der Strukturen und der Produktionsausrichtung der befragten Betriebe konnten sehr unterschiedliche Modelle typischer Nährstoffmanagementsysteme identifiziert werden. Im Folgenden werden beispielhaft 4 Modelle vorgestellt und miteinander verglichen. Die Intensität der Fruchtfolgen unterscheiden sich deutlich hinsichtlich des Anteiles an Gemüsekulturen sowie hinsichtlich der Nährstoffzufuhr.

Modell A (Tabelle 5) steht für eine relativ extensive ackerbauliche Fruchtfolge mit einer Hauptgemüsekultur innerhalb der fünfjährigen Rotation. Außerdem werden Mähdruschkulturen wie Getreide, Ackerbohnen oder Getreide-Erbsengemenge sowie Kartoffeln angebaut. Das Nährstoffmanagement basiert auf dem Anbau von Kleegras, welches über eine Futter-Mist-Kooperation sowie in einer Biogasanlage verwertet wird. Dadurch erhält der Betrieb Zugang zu Wirtschaftsdüngern, die einen wesentlichen Beitrag zur Nährstoffversorgung leisten. Über den Winter werden regelmäßig nicht-abfrierende Zwischenfrüchte angebaut. Die durchschnittliche jährliche N-Zufuhr liegt bei 90 kg N_{ges}/ha.

Tabelle 5: Modell A: 5-jährige ackerbauliche Fruchtfolge mit Hackfrucht- und Wurzelgemüseanbau

| Jahr | Kultur | Dünge- maßnahme | N-Zufuhr [kg N _{ges} /ha] | Kosten [€/ha] |
|-------|---|--|---------------------------------------|------------------|
| 1 | Kleegras | KG-Umbruch, Abfuhr des Aufwuchses | 60 | 1.104 |
| | | Champost, 12,5 t | 100 | 317 |
| 2 | Mähdrusch-Kultur z. B. Weizen | Hühnertrockenkot Gründüngung (Sommerwicke, Ölrettich, Rauhafer) | 60 | 85 232 |
| | | Mähdrusch-Kultur z.B. Winterweizen/-erbsen Gemenge | 60 30 | 85 97 |
| 3 | Winter-Zwischenfrucht | Hühnertrockenkot Erbsenanbau | | 232 |
| | | Ölrettich, Rauhafer | | 232 |
| 4 | Kartoffeln | Hühnertrockenkot (Kalisulfat ¹) | 60 | 85 (262) |
| | | Winter-Zwischenfrucht | | 232 |
| 5 | Wurzelgemüse (Rote Bete, Möhre, Pastinake) | Hühnertrockenkot | 80 | 113 |
| | | Kleegras-Aussaat | | 262 |
| 1 - 5 | Summe (jährlicher) Durchschnitt | kg N/Jahr €/kg N | 450 90 | 2.844 6,32 |

¹ Kaliumdünger: Kosten nicht in Summen bzw. Durchschnittsberechnung einbezogen.

Quelle: eigene Erhebungen.

Im Modell B (Tabelle 6) wird eine sechsjährige Fruchtfolge mit drei Gemüsejahren, zwei Getreidejahren sowie einem Kleegrasjahr abgebildet. In diesem Modell sind keine Tierhaltung oder Düngemittel tierischer Herkunft in das Nährstoffmanagement integriert. Der Aufwuchs des Kleegrases wird als Transfermulch genutzt, zusätzlich werden größere Mengen an Kompost zugeführt. Zu den Gemüsekulturen wird außerdem schnell verfügbarer Stickstoff in Form von pflanzlichen Handelsdüngern gegeben, so dass insgesamt durchschnittlich rund 130 kg N_{ges}/ha zugeführt werden.

Tabelle 6: Modell B: 6-jährige Getreide-Gemüsefruchtfolge mit Klee gras und Transfermulchnutzung (KG-Mahd)

| Jahr | Kultur | Dünge- maßnahme | N-Zufuhr [kg N _{ges} /ha] | Kosten [€/ha] |
|-------|---|---------------------------|---------------------------------------|------------------|
| 1 | Klee gras | Klee gras anbau | | 1.104 |
| 2 | Salat | KG-Umbruch | 60 | |
| | | Kompost | 182 | 259 |
| | | Biosol | 30 | 464 |
| | | Klee gras-Mahd (Transfer) | 62 | 49 |
| | Zwischenfrucht | abfrierend | | 231 |
| 3 | Kohlrabi/Radies/Spinat Dinkelaussaat | Biosol | 120 | 1.827 |
| 4 | Dinkel | | | |
| | | Klee gras Mahd (Transfer) | 62 | 49 |
| | | Kompost | 182 | 259 |
| | Winter-Zwischenfrucht | abfrierend | | 231 |
| 5 | Möhre/Pastinake | Biosol | 30 | 464 |
| | | Kalisop ¹ | | 341 |
| | Getreideaussaat | | | |
| 6 | Getreide | Klee gras-Mahd (Transfer) | 62 | 49 |
| | Klee gras aussaat | | | |
| Summe | | | 748 | 4.986 |
| 1 - 6 | (jährlicher) Durchschnitt | kg N/Jahr €/kg N | 132 | 6,66 |

¹ Kaliumdünger: Kosten nicht in Summen bzw. Durchschnittsberechnung einbezogen.

Quelle: eigene Erhebungen.

Das Nährstoffmanagement im Modell C basiert auf der Düngung mit organischen Handelsdüngern (Tabelle 7). Im Laufe der dreijährigen Fruchtfolge mit einem Getreidejahr und zwei Gemüsejahren wird außerdem Grünroggen als Winterzwischenfrucht angebaut. Mit einer durchschnittlichen jährlichen Düngergabe von insgesamt 175 kg N_{ges}/ha liegen die Betriebe in diesem Modell deutlich höher als bei den in A und B beschriebenen Nährstoffmanagementsystemen, aber im Vergleich zum konventionellen Gemüsebau auf einem niedrigeren Niveau (vgl. IGZ, 2011). Wirtschaftsdünger wurden in diesem Schema nicht berücksichtigt, da sie nicht als regelmäßige Maßnahme, sondern nur als mögliche zusätzliche Option genannt wurden, z. B. in Form von Kompost oder auch Mist „wenn ausnahmsweise zum passenden Zeitpunkt verfügbar“.

Tabelle 7: Modell C: 3-jährige Fruchtfolge mit Gemüse und Getreide, Hauptnährstoffquelle Haarmehlpellets

| Jahr | Kultur | Dünge- maßnahme | N-Zufuhr [kg N _{ges} /ha] | Kosten [€/ha] |
|-------|--|--------------------|---------------------------------------|------------------|
| 1 | Brokkoli | Haarmehlpellets | 336 | 2.698 |
| | | Vinasse | 23 | 282 |
| | Winterzwischenfrucht | Grünroggen | | 280 |
| 2 | Salate | Haarmehlpellets | 144 | 1.162 |
| | | Vinasse | 23 | 282 |
| 3 | Getreide | | | |
| | Winterzwischenfrucht | Grünroggen | | 280 |
| 1 – 3 | Summe | | 526 | 4.984 |
| 1 – 3 | (jährlicher) Durchschnitt kg N/Jahr €/kg N | | 175 | 9,49 |

Quelle: eigene Erhebungen.

Modell D bildet ein Nährstoffmanagementsystem ganz ohne Wirtschaftsdüngereinsatz ab (Tabelle 8). Die legume N-Fixierung durch Klee gras und Ackerbohnen stellt die Grundlage für dieses System dar. Der Aufwuchs des einjährigen Klee grasses wird zum Teil beweidet, zum Teil gemulcht. Im satzweisen Gemüseanbau werden Ackerbohrendichtsaaten mit unterschiedlichen Standzeiten genutzt, so dass bei früher Einarbeitung lediglich der N-Gehalt im Saatgut zugeführt wird, bei später Einarbeitung eine zusätzliche N-Fixierung von bis zu 40 kg N/ha berücksichtigt wird. Ergänzend werden die Gemüsekulturen mit pflanzlichen Handelsdüngern versorgt.

Tabelle 8: Modell D: 5-jährige Gemüsefruchtfolge mit einjährigem Klee gras (KG), Ackerbohnen (AB)-dichtsaat und ergänzend pflanzlichem Handelsdünger

| Jahr | Kultur | Dünge- maßnahme | N-Zufuhr [kg N _{ges} /ha] | Kosten [€/ha] |
|-------|--|--------------------|---------------------------------------|------------------|
| 1 | Klee gras | KG-Beweidung | 120 | 654 |
| | | KG-Umbruch | | |
| 2 | Kohl/Kohlrabi | AB-Dichtsaat | 60 | 733 |
| | | Phytopellets | 50 | 813 |
| 3 | Kürbis/Bohnen/Sellerie | Phytopellets | 100 | 1.626 |
| 4 | Radies/Spinat | AB-Dichtsaat | 60 | 733 |
| | | Phytopellets | 63 | 1.025 |
| | Winter-Zwischenfrucht | Grünroggen | | 280 |
| 5 | Salate | AB-Dichtsaat | 60 | 733 |
| | Klee gras-Aussa | | | |
| 1 - 5 | Summe | | 513 | 6.596 |
| 1 - 5 | (jährlicher) Durchschnitt kg N/Jahr €/kg N | | 103 | 12,81 |

Quelle: eigene Erhebungen.

Im Vergleich der Kennzahlen der Modelle zur Fruchtfolge, Nährstoffzufuhren und Kosten werden die Unterschiede zwischen den Nährstoffmanagementsystemen im Ökogemüsebau deutlich (Tabelle 9). In Modell A wird ein Nährstoffkreislauf mit Futterbau und tierischen Wirtschaftsdüngern etabliert, Modell B implementiert einen rein pflanzlichen Nährstoffkreislauf mit Kompostwirtschaft und einem relativ hohen Anteil an N-Fixierung.

Modell C organisiert die Nährstoffversorgung der Gemüsekulturen über Handelsdünger und in Modell D ist die N-Fixierung die Hauptstickstoffquelle.

Da keine Ertragserfassung über die mehrjährigen Fruchtfolgen möglich war, ist eine Beurteilung der Nährstoffeffizienz in dieser Analyse nicht möglich. Die Anzahl von Gemüsekulturen bzw. der Gemüseanteil in der Fruchtfolge kann einen Hinweis auf die Intensität der Bewirtschaftung gesehen werden. Dieser variiert bei den betrachteten Modellen zwischen 20 und 80 %. Für die Modelle A, B und C ist zu beobachten, dass ein höherer Gemüseanteil in der Fruchtfolge auch mit einer höheren Gesamtstickstoffzufuhr und höheren Kosten für das Nährstoffmanagement einhergeht (Tabelle 9), wohingegen im Modell D mit dem höchsten Gemüseanteil nur eine mittlere Stickstoffzufuhr von rund 100 kg N/ha erfolgt.

Die Kosten je kg N variieren zwischen 6,32 € und 12,80 €. Bei einem höheren Anteil von Handelsdüngern (Modelle C und D) sind diese Kosten höher als bei den Modellen mit keinem oder nur geringem Einsatz von Handelsdüngern (Modelle A und B). Für die Wahl zwischen pflanzlichen und tierischen Handelsdüngern gibt es je nach Betrieb verschiedene Gründe (siehe Kap. 4.3). Wenn im Modell C statt der Haarmehlpellets pflanzliche Pellets (z. B. Phytospellets) eingesetzt würden, lägen die Kosten der N-Düngung um rund 68 % höher, bei 16,70 €/kg N. Umgekehrt könnten die durchschnittlichen Kosten durch die Verwendung von Haarmehlpellets gesenkt werden: im Modell B auf 5,05 €/kg N, im Modell D auf 9,50 €/kg N.

Tabelle 9: Kennzahlen zu Fruchtfolge, N-Quellen, Nährstoffzufuhr und Kosten von vier typischen Nährstoffmanagementsystemen

| Merkmal | Einheit | Modell A | Modell B | Modell C | Modell D |
|---|--------------------------------------|--------------|----------------------|------------|----------------------|
| Fruchtfolge | | | | | |
| Dauer der Fruchtfolge | Jahre | 5 | 6 | 3 | 5 |
| Gemüsekulturen | | Wurzelgemüse | Feld- und Feingemüse | Feingemüse | Feld- und Feingemüse |
| Anteil Gemüse an der Fruchtfolge | % | 20 | 50 | 66 | 80 |
| Anteil Klee gras an der Fruchtfolge | % | 20 | 16 | 0 | 20 |
| N-Quellen | | | | | |
| Anteil N-Fixierung | % | 20 | 31 | | 59 |
| Anteil Wirtschaftsdünger | % | 80 | 46 | gering | sehr gering |
| Anteil Handelsdünger | % | | 23 | ca. 100 | 41 |
| Nährstoffzufuhr | | | | | |
| Gesamt N-Zufuhr | kg N/ha | 450 | 790 | 526 | 513 |
| Durchschnittliche jährliche N-Zufuhr | kg N/ha | 90 | 132 | 175 | 103 |
| Durchschnittliche jährliche P ₂ O ₅ -Zufuhr | kg P ₂ O ₅ /ha | 57 | 32 | 15 | 29 |
| Kosten | | | | | |
| Direktkosten gesamt | €/ha | 1.279 | 3.571 | 4.489 | 5.271 |
| Arbeiterledigungskosten gesamt | €/ha | 1.565 | 1.415 | 495 | 1.325 |
| durchschnittliche jährliche Kosten | €/ha | 569 | 831 | 1.661 | 1.319 |
| durchschnittliche Kosten je kg N | €/kg N | 6,32 | 6,66 | 9,49 | 12,81 |

Quelle: eigene Erhebungen

5 Diskussion der Ergebnisse

Im Projekt wurden spezifisch für den ökologischen Gemüseanbau in Deutschland detaillierte betriebswirtschaftliche Analysen zum Nährstoffmanagement erarbeitet, die in dieser Form bisher noch nicht verfügbar waren. Es konnte gezeigt werden, dass das Nährstoffmanagement auf den Ökogemüsebaubetriebe eine sehr große Vielfalt an Maßnahmen umfasst. Die unterschiedlichen Nährstoffquellen, Wirkungszeiträume und Nährstoffverfügbarkeiten, zusätzliche Wirkungen auf den Boden und die Umwelt sowie die jeweils spezifischen Anforderungen an die technische Ausstattung stellen eine Herausforderung für die Bewertung der Maßnahmen und damit für die Entscheidungsfindung dar. Mit den Steckbriefen wurde ein umfassendes Bewertungsschema mit sachbezogenen, pflanzenbaulichen, ökonomischen und praktischen Kriterien erarbeitet und ein Beitrag zu einer verbesserten Informationsgrundlage für die Beratung und gemüsebauliche Praxis geleistet.

Ein wesentlicher Teil des ökologischen Nährstoffmanagements ist der Anbau von Leguminosen, meist Klee gras, mit dem Ziel der Gewinnung von Stickstoff über die legume N-Fixierung. Damit verbunden sind weitere positive Effekte, wie die Minderung des Unkrautdruckes, phytosanitäre Vorteile und positive Auswirkungen auf die Bodenstruktur und das Bodenleben. Gleichzeitig sind mit dem Klee grasanbau nicht nur Direkt- und Arbeiterledigungskosten verbunden, sondern auch Opportunitätskosten für den Flächenanspruch. Mit dem auf die Berechnung der Maßnahmenkosten aufbauenden Analyseschritt der Modellierung von typischen Nährstoffmanagementsystemen wird der Flächenanspruch und die verschiedenen möglichen Verwertungsstrategien in der Analyse berücksichtigt. Die verschiedenen Modelle typischer Nährstoffmanagementsysteme können als Ausgangspunkt für weitere Analysen dienen und als Referenzszenario für die Optimierung des Nährstoffmanagements auf ähnlich strukturierten Betrieben.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Betriebsbefragungen nicht als repräsentative Befragung angelegt und durchgeführt wurden. Daher wurde darauf verzichtet, die Daten mit statistischen Methoden auszuwerten. Die Ergebnisse sind Modelle, die auf der Grundlage von Interviews mit Expertinnen und Experten aus Forschung, Beratung und Praxis nach den beschriebenen Methoden entwickelt wurden. Sie bilden typische Fälle aus einer sehr großen Bandbreite von Nährstoffmanagementsystemen, die in der Praxis angetroffen werden können, ab. Eine Aussage über die Häufigkeit oder regionale Verteilung der Modelle kann nicht getroffen werden.

6 Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse. Wurden im Projekt praxisrelevante Ergebnisse erzielt?

Die Projektergebnisse sind relevant für die ökologische Gemüsebaupraxis, da sie die Informationsgrundlage zum Nährstoffmanagement im Gemüsebau verbessern. Während der Projektlaufzeit wurden bereits Wissenstransferaktivitäten durchgeführt, bei denen erste Ergebnisse präsentiert wurden: Poster auf einem Gemüsefeldtag, Vortrag auf den DLG-Feldtagen, Veröffentlichung eines Artikels in der Fachzeitschrift Gemüse. Für die Erstellung von Praxismerkblättern werden zwei Themen vorgeschlagen:

- a) Die Kosten von Nährstoffmanagementmaßnahmen (Kap. 4.5) bieten für Ökogemüsebetriebe einen schnellen Überblick über die Größenordnung der zu erwartenden Kosten bei Nutzung dieser Maßnahmen. Auch kann diese Information einen Beitrag für die Planung einer Umstellung auf ökologischen Gemüseanbau genutzt werden.
- b) Die Modelle typischer Nährstoffmanagementsysteme (Kap. 4.6) stellen einen Überblick über verschiedene, in der Praxis anzutreffende Systeme dar. Praxisbetriebe und Beratung können diese Schemata als Ausgangspunkt für die Analyse des eigenen betrieblichen Nährstoffmanagements nutzen und Optimierungsansätze entwickeln.

7 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Die ursprüngliche Projektplanung zielte darauf ab, einen Status Quo zu Kosten und Nutzen des Nährstoffmanagements im Ökogemüsebau zu erheben sowie verschiedene Optimierungsstrategien ökonomisch zu bewerten.

Mit den Projektergebnissen wurden umfangreiche und detaillierte betriebswirtschaftliche Informationen insbesondere zu den Kosten von Nährstoffmanagementmaßnahmen sowie von Nährstoffmanagementsystemen im Kontext ökologischer Gemüsebaufruchtfolgen erarbeitet.

Hinsichtlich des Nutzens dieser Maßnahmen und Systeme liefern die Projektergebnisse in erster Linie qualitative Hinweise. Nutzen von Maßnahmen wurden anhand von Kennzahlen zu Nährstoffprofilen und -verfügbarkeit, geschätztem Beitrag zum Humuserhalt und der Beschreibung von Auswirkungen auf Biodiversität oder den Klimaschutz charakterisiert. Eine betriebswirtschaftliche Bewertung der Nutzen anhand von Ertragsdaten oder monetären Erlösen konnte im Rahmen des Projektes nicht vorgenommen werden. Ein Grund dafür ist, dass die Ertragsbildung außer vom Nährstoffmanagement von vielen weiteren Faktoren abhängt, die im Rahmen von Betriebsbefragungen nicht erhoben werden können. Darüber hinaus zeigte sich in den ersten Interviews mit Betriebsleitungen, dass die Erhebung von detaillierten Ertragsdaten über die mehrjährigen Fruchtfolgen nicht möglich war, da entweder diese Daten nicht vorlagen oder aber einen Zeitaufwand erfordern würden, der weit über den Zeitrahmen hinausgegangen wäre, den die Befragten als zumutbar und angemessen empfanden. Daher stellt sich die Frage, wie die Erträge im ökologischen Gemüsebau möglichst einfach und effizient erfasst werden können und so weitere Fragestellungen zum Nährstoffmanagement, zum Pflanzenschutz oder zur betriebswirtschaftlichen Situation besser beantworten zu können. Eine Verbesserung der Datengrundlage über Erträge im ökologischen Gemüsebau ist auch im Hinblick auf die angestrebte Ausweitung des ökologischen Landbaus wichtig, damit Betriebe und Beratung Ertragspotenziale besser erkennen und ausschöpfen können.

Aufgrund der fehlenden quantitativen Nutzenbewertung konnte keine ökonomische Modellierung von Optimierungsstrategien für Nährstoffmanagementsysteme vorgenommen werden. Die Modelle typischer Nährstoffmanagementsysteme in gemüsebaulichen Fruchtfolgen stellen jedoch einen Ansatzpunkt für weitergehende Analysen und die Entwicklung von Optimierungsstrategien dar. Hierin liegt auch Bedarf für weiterführende Studien, um Nährstoffeffizienzen für verschiedene Nährstoffmanagementstrategie in gemüsebaulichen Fruchtfolgen auch quantitativ zu bestimmen.

8 Zusammenfassung

Das Projekt KuN_Gemüse hatte das Ziel, betriebswirtschaftlich relevante Informationen über das Nährstoffmanagement für verschiedene Betriebstypen des Ökogemüsebaus zu erarbeiten und auf dieser Grundlage Ansatzpunkte für eine Optimierung abzuleiten. Damit sollte eine verbesserte Informations- und Entscheidungsgrundlage zur Auswahl von Nährstoffmanagementmaßnahmen für Anbaupraxis und Beratung erreicht werden, die notwendig ist, um das Nährstoffmanagement zu optimieren und Ertragspotenziale im Ökogemüsebau voll auszuschöpfen. Damit unterstützt das Projekt die Ziele der Zukunftsstrategie ökologischer Landbau (BMEL, 2017) zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit und der Wettbewerbsfähigkeit des ökologischen Landbaus und einer Erhöhung dessen Anteils an der landwirtschaftlichen Flächennutzung.

Es wurden die folgenden Forschungsfragen adressiert:

- 1) Welche Nährstoffmanagementmaßnahmen werden von Ökogemüsebetrieben eingesetzt?
- 2) Wie hoch sind die Kosten von Nährstoffmanagementmaßnahmen?
- 3) Wie hoch sind die Kosten und Nutzen des Nährstoffmanagements in ökologischen gemüsebaulichen Fruchtfolgen?

Als methodischer Ansatz wurde die Modellierung typischer Produktionssysteme ausgewählt. Die Datengrundlage setzte sich zusammen aus Betriebsbefragungen (23 Betriebe in Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Hessen, Baden-Württemberg und Bayern), Interviews mit Expert:innen aus Forschung und Beratung und einer umfassenden Literaturrecherche.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich das Nährstoffmanagement in Ökogemüsebetrieben aus einer Vielzahl von Maßnahmen zusammensetzt. Der Anbau von Klee gras und anderen Leguminosen mit dem Ziel der Stickstoffzufuhr durch die N-Fixierung findet praktisch auf allen Betrieben statt. Anbaumaßnahmen in verschiedenen Varianten, zur Vermeidung von Auswaschung oder zur gezielten Mobilisierung von Nährstoffen, sind ebenso weitverbreitet. Fast alle Betriebe nutzen zusätzlich Handelsdünger, entweder tierischer oder pflanzlicher Herkunft. Häufig werden überbetriebliche Kooperationen genutzt, um Klee gras oder Gemüsereste sinnvoll zu verwerten und Zugang zu Wirtschaftsdüngern zu erhalten.

Die Bewertung von Nährstoffmanagementmaßnahmen erfolgt anhand von Kriterien zu Nährstoffgehalten und -profilen, Humusreproduktionsleistung, möglichen Nebenwirkungen und der Direkt- und Arbeitserledigungskosten. Die Ergebnisse wurde in Form von neunzehn Steckbriefen zusammengestellt, sowie vergleichend in Abbildungen zu ausgebrachter organischer Masse, ausgebrachten Phosphatmengen, Anteilen kurz- und mittelfristig verfügbarem Stickstoff, Humusreproduktionsleistung sowie den Kosten je kg ausgebrachtem Stickstoff dargestellt. Mit den Steckbriefen wurde ein umfassendes Bewertungsschema mit sachbezogenen, pflanzenbaulichen, ökonomischen und praktischen Kriterien erarbeitet und ein Beitrag zu einer verbesserten Informationsgrundlage für die Beratung und gemüsebauliche Praxis geleistet.

Für vier gemüsebauliche Fruchtfolgen mit unterschiedlicher Produktionsausrichtung und -intensität der Gemüseerzeugung wurden typische Nährstoffmanagementsysteme entwickelt. Dabei wurden die verschiedenen Dünge- und Nährstoffmanagementmaßnahmen im Rahmen der Fruchtfolgen aus Gemüse, Klee gras und/oder anderen Fruchtfolgegliedern wie Getreide oder Kartoffelanbau identifiziert, die zugeführte Nährstoffmenge geschätzt und die Kosten berechnet. Die durchschnittlichen jährlichen N-Zufuhren innerhalb der Fruchtfolgen betragen zwischen 90 und 175 kg N_{ges} /ha. Die durchschnittlichen Kosten variierten zwischen 6,32 und 12,81 €/kg N_{ges} .

Weiterer Forschungsbedarf wird in einer quantitativen Analyse von Nährstoffeffizienzen gesehen, um Optimierungsstrategien des Nährstoffmanagements bewerten zu können.

9 Literaturverzeichnis

- Bioland (2022): Richtlinien des Bioland e.V. Verband für biologisch-organischen Anbau. Abruf am 15.12.2022 unter <https://www.bioland.de/richtlinien>
- BMEL (2017): Zukunftsstrategie Ökologischer Landbau. Februar 2017. Berlin.
- Chibanda C, Agethen K, Deblitz C, Zimmer Y, Almadani M, Garming H, Rohlmann C, Schütte J, Thobe P, Verhaagh M, Behrendt L, Tudela Staub D, Lasner T (2020) The Typical Farm approach and its Application by the Agri Benchmark Network. *Agriculture* 2020, 10, 646, doi:10.3390/agriculture10120646. <https://www.mdpi.com/journal/agriculture>.
- Christen, O. (1999): Nachhaltige Landwirtschaft ("Sustainable agriculture") - Ideengeschichte, Inhalte und Konsequenzen für Forschung, Lehre und Beratung. ILU Schriftenreihe Band 1.80 S. Institut für Landwirtschaft und Umwelt. Bonn.
- Cuijpers, W.J.M., van der Burgt, G.J.H.M., Voogt, W., (2008): Nitrogen balances in Dutch organic greenhouse production. In: Proc. of the 16th IFOAM World Congress. Modena, Italy, June 16–20, 2008.
- Deblitz, C. und Zimmer, Y. (2005): IFCN Cash Crops: A standard operating procedure to define typical farms. International Farm Comparison Network (IFCN), FAL, Braunschweig.
- Demeter (2022): Richtlinien 2022: Erzeugung und Verarbeitung. Richtlinien für die Zertifizierung »Demeter« und »Biodynamisch« Abruf am 01.12.2022 unter <https://www.demeter.de/demeter-richtlinien>
- Deumlich, M., Guido, L. und Schmidtke, K. (2016): Nährstoffmanagement im ökologischen Landbau. Abschlussbericht zum Verbundvorhaben BOELN 2811OE109. Dresden.
- Destatis (versch. Jahrgänge): Gemüseerhebung – Anbau und Gemüseerhebung – Anbau und Ernte von Gemüse und Erdbeeren. Fachserie 3 Reihe 3.1.3. Wiesbaden.
- Dirksmeyer W., Garming H., Strohm K. (eds.) (2014): Horticulture Report 2014. Johann Heinrich von Thünen- Institut. Braunschweig.
- DLG (2018): DLG-Nachhaltigkeitsindex 2018. 8 S. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Eschborn. Abruf unter: <https://www.dlg-nachhaltigkeit.info/de/publikationen>
- EU (2018): Verordnung 2018/848 des europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates.
- Feller, C., Fink, M., Laber, H., Maync, A., Paschold, P.-J., Scharpf, H. C. et al. (2011): Düngung im Freilandgemüsebau. Schriftenreihe des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau 4.
- Garming H (2022) Steckbriefe zum Gartenbau in Deutschland: Gemüsebau [online]. Braunschweig: Thünen-Institut für Betriebswirtschaft, 12 p, Braunschweig. zu finden in <https://www.thuenen.de/media/ti-themenfelder/Pflanzenproduktion/Gartenbau/2022-11-21_Steckbrief_Gemuesebau.pdf>
- Goy, I. (2008): Modelle typischer Betriebe für den ökologischen Gartenbau. Bundesweite repräsentativen Erhebung und Analyse der verbreiteten Produktions- und Vermarktungssysteme im ökologischen Gartenbau und Aufbau eines bundesweiten Praxis-Forschungs-Netzwerkes im ökologischen Gartenbau. Abschlussbericht eines Projektes im Rahmen des BÖL.
- Hülsbergen KJ, Schmidt H, und Paulsen HM (Hrsg.) (2022): Steigerung der Ressourceneffizienz durch gesamtbetriebliche Optimierung der Pflanzen- und Milchproduktion unter Einbindung von Tierwohlaspekten. Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Endbericht des Pilotbetriebe-Projektes der TUM, des Thünen-Institutes. www.pilotbetriebe.de (Thünen-Report 92)
- Hülsbergen, K.-J., Schmid, H., Chmelikova, L., Rahmann, G., Paulsen, H.M., Köpke, U., (2023): Umwelt- und Klimawirkungen des ökologischen Landbaus. Weihenstephaner Schriften Ökologischer Landbau und Pflanzenbausysteme, Band 16. Verlag Dr.Köster, Berlin.
- Homeister, H., Dümig, A., Paladey, E., Feller, C., Garming, H. (2017): Wie beeinflussen die Bestimmungen der novellierten Düngeverordnung über maximal zulässige Phosphatsalden den Einsatz organischer Wirtschaftsdünger im Gemüsebau? *VDLUFA SchrR* 74:318-325.
- IGZ (2018): N-Expert – Düngung im Freilandgemüsebau. http://www.igzev.de/projekt_type/n-expert-duengung-im-freilandgemuesebau/ (15.01.2018).

- Kirchmann, H., Kätterer, T. und Bergström, L. (2008): Nutrient Supply in Organic Agriculture – Plant Availability, Sources and Recycling. Published in: Organic Crop Production – Ambitions and Limitations, H. Kirchmann, L. Bergström, eds., 2008, p. 89-116, Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- KTBL (2021): Web-Anwendungen „Feldarbeitsrechner“ und „Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau“. <https://www.ktbl.de/webanwendungen>
- Laber, H. (2017): Düngungskalkulation. In: Eghbal, R. (Hrsg.) (2017): Ökologischer Gemüseanbau. Handbuch für Beratung und Praxis. 3. Auflage, Mainz, Bioland Verlags GmbH, S. 48-52
- Lindemann, T., Dirksmeyer, W. (2015): Typical cauliflower production systems in Germany. Acta Horti (Wageningen) 1103:197-202.
- LTZ Augustenberg (2021): Stammdatensammlung: Düngung BW (Stand 05.07.2021). https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Pflanzenbau/D%C3%BCngung/Stammdaten/Stammdatensammlung_DuengungBW.pdf?attachment=true
- Möller K (2018): Soil fertility status and nutrient input-output flows of specialised organic cropping systems: a review. Nutrient Cycling in Agroecosystems (2018) 112, pp 147-164.
- Möller, K. und Schultheiß, U. (2014): Organische Handelsdüngemittel im ökologischen Landbau. KTBL-Schrift 499. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt.
- Möller, K; Schultheiß, U. (2014a): Organische Handelsdüngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft für den ökologischen Landbau – Charakterisierung und Empfehlungen für die Praxis. Schlussbericht BÖLN, FKZ: 2811OE034. <https://orgprints.org/id/eprint/26727/1/26727-11OE034-ktbl-schultheiss-2013-organische-handelsduenger.pdf>
- Puffert, M. (2017): Phosphorentzüge werden wichtiger. ÖKOmenischer Gärtnerbrief Nr. 02-2017.
- Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2002): Kalkulation der N-Düngung im ökologischen Gemüseanbau. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Heft 6 - 7. Jahrgang 2002. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14005/documents/16451>
- Sanders J, Heß J (eds) (2019) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 398 p, Thünen Rep 65, DOI:10.3220/REP1576488624000.
- Scheffer, S. und Schmidtke, K. (2016): Entwicklung und Erprobung eines neuartigen, aus dem ökologischen Landbau stammenden stickstoffreichen Düngemittels für den ökologischen Gemüsebau. Abschlussbericht zum Verbundvorhaben BOELN 2811OE109.
- Reimer M, Möller K, Hartmann TE (2020): Meta-analysis of nutrient budgets in organic farms across Europe. Organic Agriculture (2020) 10 (Suppl 1) pp. 65-77.
- Stroh, K., Garming, H., Dirksmeyer, W. (2016): Entwicklung des Gemüsebaus in Deutschland von 2000 bis 2015: Anbauregionen, Betriebsstrukturen, Gemüsearten und Handel. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 151 p, Thünen Working Paper 56. Braunschweig.
- Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riorda, P., Macdonald, D.W. (2012): Does organic farming reduce environmental impacts? – A meta-analysis of European research. Journal of Environmental Management 112 (2012) 309-320.
- VD LUFA (2014): Standpunkt Humusbilanzierung. Eine Methode zur Bewertung der Humusversorgung von Ackerland. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. 21 S. Speyer.
- Xie, Y. und Lakkenborg Kristensen, H. (2017): Intercropping leek (*Allium porrum* L.) with dyer's woad (*Isatis tinctoria* L.) increases rooted zone and agro-ecosystem retention of nitrogen. European Journal of Agronomy 82 (2017) 21-32.
- Zikeli, S., L. Deil, K. Möller (2017): The challenge of imbalanced nutrient flows in organic farming systems: A study of Organic greenhouses in Southern Germany. Agric Ecosyst Environ 244, 1-13.

10 Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt

- Garming, H.; Wildenhues, H.; Heinrich, B.; Burger, H. (2021): Ökonomische Evaluierung von Düngemaßnahmen im ökologischen Freiland-Gemüsebau. Poster-Präsentation auf der Tagung "Nährstoffmanagement im Ökologischen Landbau", 26.08. und 27.08.2022, Weißenstephan.

- Heinrich, B.; Garming, H.; Wildenhues, H. (2021): How do German organic vegetable farmers deal with climate change, new fertiliser regulation (DüV) and Corona. 178th EAAE Seminar, 18-20 May 2012, online.
- Burger, H.; Garming, H.; Heinrich, B.; Wildenhues, H.(2022): KuN_Gemüse: Kosten und Nutzen betrieblicher und überbetrieblicher Nährstoffmanagementstrategien im ökologischen Gemüsebau. Postervorstellung am 31.08.2022 auf dem Feldtag und Branchentreff Gemüsebau, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow.
- Garming, H.; Burger, H. (2022): Nährstoffstrategien die sich lohnen - Ergebnisse aus dem Projekt KuN_Gemüse. Vortrag. DLG Feldtage 2022, 14.06.22, Mannheim.
- Garming, H.; Burger, H. (2023): Kostenschätzung für das Nährstoffmanagement in typischen Fruchtfolgen ökologischer Gemüsebetriebe. Vortrag auf der 55. Jahrestagung DGG/BHGL, 01.-03.03.2023, Osnabrück.
- Burger, H.; Garming, H.; Heinrich, B.; Wildenhues, H. (2023): Ökonomische Bewertung von typischen Nährstoffmanagement-Systemen im ökologischen Gemüsebau. Tagungsband zur 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 08.-10.03.2023 am Forschungsinstitut für biologische Landwirtschaft FIBL. Frick. Schweiz.
- Garming, H.; Wildenhues, H. (2023): Was kostet das Nährstoffmanagement im Öko-Gemüsebau? Gemüse, 59. Jahrgang, Heft 3/2023, S. 26-30.

Anhang I: Interviewleitfaden zur Befragung von Öko-Gemüsebaubetrieben zum Thema Düngepraxis – Nährstoffmanagementstrategien

Ziele der Befragung

- Erhebung von Daten zur Charakterisierung **typischer Betriebe und Produktionssysteme**, anhand derer Annahmen für **Modellrechnungen** abgeleitet werden können.
- Eine Bestandsaufnahme des **Status-Quo** der Düngepraxis für die jeweiligen typischen Produktionssysteme machen. Aus dem Status-Quo soll ein **Basisszenario** definiert werden, mit dem dann verschiedene neuere Maßnahmen hinsichtlich ihrer Kosten und Nutzen verglichen werden können.
- **Entscheidungskriterien** und **Beweggründe** erkennen und verstehen, die für Betriebsleitungen wichtig sind, wenn es um das Nährstoffmanagement und das Testen neuer Maßnahmen und Strategien geht.
- **Erfahrungen** und **Bewertungen** der Betriebe zu verschiedenen Nährstoffmanagementstrategien und zu eigenen Versuchen erheben.

Erforderliche Daten

1. Grunddaten zum Betrieb:

- Betriebszweige und Aktivitäten
- Flächenausstattung und -nutzung (Freilandgemüse, Ackerbau, Grünland, Viehhaltung, geschützter Gemüsebau, Obst)
- Bodenarten und klimatische Besonderheiten
- Größe und Anzahl der Schläge, Entfernung zum Hof
- Beregnung
- Angebaute Kulturen, Fruchtfolgen
- Vermarktung und Lagerung
- Arbeitskräfte
- Verbandszugehörigkeit

2. Diskussion mit der/dem Interviewpartner*in über eine „typische Fruchtfolge“ und „typische Kulturen“

- Gibt es eine oder mehrere grundsätzliche Fruchtfolge(n), die auf dem Betrieb eingehalten wird/werden? Wie viele Glieder umfasst diese Fruchtfolge? Werden einzelne Kulturen zu Gruppen zusammengefasst – wie genau? Warum ist die Fruchtfolge so, wie sie ist?
- Gemeinsame Identifikation sog. typischer Kulturen auf dem Betrieb. Warum werden diese Kulturen/Kulturgruppen angebaut? Wie werden diese Kulturen aktuell gedüngt?

3. Nährstoffmanagementstrategie: aktuelle Düngung und Bodenpflege

Grundsätzliches

- Wie wird die Bodengesundheit insgesamt eingeschätzt? Welche Bereiche sind gut, was kann noch verbessert werden?
- Wie wird die Nährstoffversorgung auf dem Betrieb eingeschätzt?
- Gibt es bei einigen Nährstoffen eine Überversorgung? Und sind andere ggf. unterversorgt? Wenn ja, wird gegengesteuert? Wie? Was könnten Sie noch zusätzlich tun? Wofür gibt es ggf. keine Lösung?
- Wann und wie oft werden Bodenproben gezogen? Wie sehr orientieren Sie sich daran?
- Gibt es Kooperationen im Bereich Nährstoffmanagement mit anderen Betrieben? Wie sind diese ausgestaltet? (z.B. Futter-Mist, Flächen, Biogas/Gärreste)

Fragen zu einzelnen Maßnahmen des Nährstoffmanagements

Zu den nachfolgend aufgezählten Nährstoffmanagementmaßnahmen werden jeweils folgende Fragen besprochen:

- Wenden Sie dieses Verfahren an? Ja/Nein
- Falls ja, welches genau? Wie wenden Sie das Verfahren an? Auf welchem Flächenanteil? Bei Düngemitteln: wie ist der N-Gehalt? Bei Verfahren mit Aufwuchs: wird der Aufwuchs genutzt? Wofür? Bezugsquelle?
- Welche Vorteile hat dieses Verfahren Ihrer Erfahrung/Meinung nach? (mögliche Nutzen)
- Welche Nachteile/Probleme sind mit diesem Verfahren Ihrer Erfahrung/Meinung nach verbunden? (mögliche Kosten)
- Wenn Sie dieses Verfahren nicht anwenden: warum nicht?

Die betrachteten Nährstoffmanagementverfahren:

- Keratin-basierte Düngemittel/tierische Handelsdüngemittel
- Zwischenfrüchte
- Gründüngung
- Klee grasjahr(e)
- Kompost
- Mist/Mistkooperation
- Mulchverfahren, Cut&Carry (nur Freiland)
- Untersaaten & Living Mulch-Systeme
- Anbau von Körnerleguminosen
- Körnerleguminosenschrot
- Pflanzliche Handelsdüngemittel/Phytopellets
- Gärreste, flüssiger Wirtschaftsdünger
- Champost

- Schafwollpellets
- Komposttee
- Fermente, Pufferstoffe und Präparate
- Weitere Verfahren

4. Düngeplanung, Informationsbeschaffung, Düngeverordnung

- Wie machen Sie Ihre Düngeplanung? Welche Hilfsmittel kommen zum Einsatz?
- Wann machen Sie die Düngeplanung?
- Woran orientieren Sie den Bedarf? Ziehen Sie Nmin-Proben?
- Wie dokumentieren Sie die Düngung?
- Wo informieren Sie sich zu Düngethemen und zur Bodenpflege?
- Wie häufig?
- Welche Informationen vermissen Sie?
- Mit wem tauschen Sie sich zu dem Thema aus?
- Haben Sie Ihre Düngeplanung bzw. Düngung aufgrund der neuen Düngeverordnung (von 2017) verändert?
- Liegen Ihre Gemüseflächen ganz oder teilweise in einem „Roten Gebiet“?
- Haben Sie oder erwarten Sie Einschränkungen durch die novellierten Regelungen der Düngeverordnung?

5. Innovationen

- Was haben Sie schon mal ausprobiert im Bereich der Düngung und Bodenpflege und ...
- ... für gut befunden und übernommen?
- ... nicht für gut befunden? Woran ist es gescheitert?
- Was ist Ihnen wichtig?
- Gibt es ein Thema, das Sie in nächster Zeit konkret angehen wollen?

6. Mögliche weitere Themen

- Betriebliche Perspektive
- Einstellung zu wichtigen Themen
- Agrar- und Förderpolitik
- Corona
- Klima/Klimawandel
- Biodiversität

Anhang II : Steckbriefe zu Nährstoffmanagementmaßnahmen .

1 Steckbriefe Organische Handelsdünger

Sofern nicht anders angegeben, sind im Abschnitt „Sachbezogene Informationen“ alle Informationen zu Nährstoffgehalten und -profilen den Veröffentlichungen von Möller und Schultheiß (2014a und 2014b) entnommen.

Sofern nicht anders angegeben, sind im Unterabschnitt „Kostenzusammenstellung“ alle Angaben zu Arbeits- und Maschinenkosten den KTBL-Webanwendungen „Feldarbeitsrechner“ bzw. „Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau“ (KTBL 2021) entnommen.

1.1 Haarmehlpellets

1.1.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Organische Handelsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Haarmehl ist ein typischer Vertreter keratinhaltiger organischer Handelsdüngemittel tierischer Herkunft. Keratin ist ein Strukturprotein, das in Hörnern, Haaren, Borsten, Klauen, Federn und Schuppen von Tieren vorkommt. Haarmehl wird aus Schweineborsten hergestellt, die üblicherweise aus konventionellen Schlachtereien stammen. Durch die Pelletierung des Haarmehls wird die Ausbringung mit dem Düngerstreuer erleichtert. Bei Haarmehlpellets ergibt sich eine starke Geruchsbildung nach der Ausbringung.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | |
|--|---------------|---|----|
| Trockenmasse [% in der FM]: | 93,6 | C/N-Verhältnis: | 4 |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | |
| OM: 96,0 | Ca: 1,0 | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 75 |
| C: 52,0 | Mg: 0,1 | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 80 |
| N: 13,7 | S: 1,8 | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | 50 |
| P: 0,5 | Salzgeh.: 1,4 | | |
| K: 0,3 | | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | | - |

Anm.: *Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Hohe N- und S-Gehalte kombiniert mit niedrigen P- und K-Gehalten, enges C/N-Verhältnis, hohe Freisetzung im Jahr der Anwendung. Hirte und Jakobs (2018) sehen Hinweise auf N-Auswaschung. Auf Grund der niedrigen P-Gehalte sind Haarmehlpellets gut geeignet als Ergänzungsdüngemittel für Grunddüngemittel mit einer Phosphorbetonung. Im Gewächshaus Gefahr einer S-Anreicherung, ggf. Notwendigkeit eines K-Ausgleichs.

Weitere Kommentare:

Seit einigen Jahren wird diskutiert, ob durch die Verwendung von Haarmehlpellets und anderen keratinhaltigen Düngemitteln ein Beitrag zur Massentierhaltung geleistet wird.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 0 | 0 | 0 |

1.1.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 786 kg Haarmehlpellets/ha

Einkaufspreis Dünger: 1,12 €/kg (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: 700 g/l

Annahmen zur technischen Ausstattung: Düngerstreuer: Anbauschleuderstreuer 1,5 m³, 54 kW

Dieselbedarf: 1,48 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|------|--------|---------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Haarmehlpellets: | | | 880,32 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 0,31 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 6,51 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 1,98 | | |
| Betriebsstoffe: | 1,24 | Summe: | 3,22 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 2,44 | | |
| Zinskosten: | 0,61 | | |
| Sonstige Kosten: | 0,32 | Summe | 3,37 |
| Gesamtkosten | | | 893,42 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 8,12 |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt):

| | |
|---|------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 55 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 8,56 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 0,69 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | - |

1.1.3 Einschätzungen aus der Praxis zu Haarmehlpellets und anderen keratin-basierten Handelsdüngern

Keratin-basierte tierische Handelsdüngemittel werden als kosteneffiziente Düngemittel mit günstigem N/P-Verhältnis sowie einfacher Handhabung bei Dosierung und Ausbringung beschrieben. Grundsätzlich wird eine gute Umsetzbarkeit beobachtet, resultierend in einer steuerbaren und zuverlässigen Düngewirkung, ohne unerwünschte Rückstände zu hinterlassen. Die Befragten schätzen die hohe Pflanzenverträglichkeit; zudem wird eine Repellent-Wirkung gegen Nagetiere durch die starke Geruchsbildung nach der Ausbringung beobachtet. Der Geruch wird jedoch als äußerst unangenehm von den Umfrageteilnehmern wahrgenommen. Aufgrund des sehr guten Verhältnisses von Preis und Leistung setzt etwa die Hälfte der Befragten Keratin-basierte tierische Handelsdüngemittel auf ihren Betrieben ein; meist in Form von Haarmehlpellets, seltener auch Hornprodukte. Als problematisch wird bewertet, dass es sich um ein Produkt aus der konventionellen Massentierhaltung handelt und in großen Mengen z. B. aus China importiert wird, dies widerspricht dem Zielbild der betrieblichen oder regionalen Nährstoffkreisläufe und dem Verzicht auf Betriebsmittel aus konventioneller Landwirtschaft. Allerdings fehlen jedoch bisher kostengünstige Alternativen mit vergleichbaren Düngeeigenschaften. Aufgrund der Kontroverse sei auch ein Verbot durch die Anbauverbände in Zukunft nicht auszuschließen. Insbesondere Umfrageteilnehmer mit dem Hintergrund einer veganen Lebensführung lehnen den Einsatz bewusst ab, auch wenn dadurch Mehrkosten entstehen.

1.2 Hornprodukte

1.2.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Organische Handelsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Hornprodukte (Hornmehl, Horngrieß, Hornspäne) werden aus getrockneten Hufen und Hörnern von Rindern hergestellt.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | |
|--|---------------|---|---------------|
| Trockenmasse [% in der FM]: | 88,5 | C/N-Verhältnis: | 3 |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | |
| OM: 93,7 | Ca: 1,3 | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 75 |
| C: 49,8 | Mg: 0,2 | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 80 |
| N: 14,8 | S: 2,3 | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | 50 bzw. 70 ** |
| P: 0,4 | Salzgeh.: 1,4 | | |
| K: 0,3 | | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | | - |

Anm.: *Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

** Hornmehlpellets und Hornspäne angegeben mit 50, Horngrieß mit 70, sic!

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Hornmehl wirkt am schnellsten, Hornspäne am langsamsten. Horngrieß wirkt im Vergleich mit Hornmehl nur geringfügig langsamer, ist dafür aber besser geeignet für die maschinelle Ausbringung mit einem Düngerstreuer. Nährstoffprofil ähnlich wie bei Haarmehl-Pellets: Hohe N- und S-Gehalte kombiniert mit niedrigen P- und K-Gehalten, enges C/N-Verhältnis. Auf Grund der der niedrigen P-Gehalte gut geeignet als Ergänzungsdüngemittel für Grunddüngemittel mit einer Phosphorbetonung. Im Gewächshaus Gefahr einer S-Anreicherung, ggf. Notwendigkeit eines K-Ausgleichs.

Weitere Kommentare:

Bei gedämpftem Horngrieß liegt im Gegensatz zu anderen organischen Handelsdüngern kein verringerter MwSt-Satz vor.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 0 | 0 | 0 |

1.2.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 786 kg Horngrieß/ha

Einkaufspreis Dünger: 1,41 €/kg (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: 700-800 g/l

Annahmen zur technischen Ausstattung: Düngerstreuer: Anbauschleuderstreuer 1,5 m³, 54 kW

Dieselbedarf: 1,48 l/ha

Kostenzusammenstellung³:

| | | | |
|--|------|--------|-----------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Hornprodukte: | | | 1.108,26 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 0,31 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 6,51 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 1,98 | | |
| Betriebsstoffe: | 1,24 | Summe: | 3,22 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 2,44 | | |
| Zinskosten: | 0,61 | | |
| Sonstige Kosten: | 0,32 | Summe | 3,37 |
| Gesamtkosten | | | 1.121,36 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 10,19 |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt)

| | |
|---|------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 77 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 5,92 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 0,64 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | - |

³ Sofern nicht anders angegeben, sind im Unterabschnitt „Kostenzusammenstellung“ alle Angaben zu Arbeits- und Maschinenkosten den KTBL-Webanwendungen „Feldarbeitsrechner“ bzw. „Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau“ (KTBL 2021) entnommen.

1.3 Schafwollpellets

1.3.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Organische Handelsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Schafwollpellets werden hergestellt aus Schafwolle.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | |
|--|---------------|---|-------|
| Trockenmasse [% in der FM]: | 89,5 | C/N-Verhältnis: | 6 |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | |
| OM: 77,7 | Ca: 1,0 | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 50-60 |
| C: 42,1 | Mg: 0,3 | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 75 |
| N: 7,4 | S: 1,6 | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | k.A. |
| P: 0,3 | Salzgeh.: 4,9 | | |
| K: 4,7 | | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | - | |

Anm.: Entspricht Möller und Schultheiß 2014b, S. 112, Schafwollpellets. Das in der Modellrechnung zu Grunde gelegte Handelsprodukt 'FloraPell' enthält nach Herstellerangaben 12 % N in der FM.

*Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Mittelhohe bis hohe N-Gehalte und relativ hohe K-Gehalte bei geringen bis sehr geringen Phosphatgehalten. Wirkt als Langzeitdünger. Die hohen pH-Werte (>8) sind zu berücksichtigen (Morgenstern 2021). Von verschiedenen Herstellern wird auf die große Wasseraufnahmefähigkeit des Düngers hingewiesen. Schafwollpellets werden als NK-Dünger mit Langzeitwirkung beschrieben. Der Dünger muss unbedingt eingearbeitet werden. Die Anwendung von Schafwollpellets ist günstig in Kombination mit phosphathaltigen Grunddüngemitteln.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 0/+ | 0 | 0 |

1.3.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 917 kg Schafwollpellets/ha

Einkaufspreis Dünger: 1,72 €/kg (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: ca. 500 g/l

Annahmen zur technischen Ausstattung: Düngerstreuer: Anbauschleuderstreuer 1,5 m³, 54 kW

Dieselbedarf: 2,1 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|------|--------|-----------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Schafwollpellets: | | | 1.577,24 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 0,46 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 9,66 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 2,76 | | |
| Betriebsstoffe: | 1,76 | Summe: | 4,52 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 3,16 | | |
| Zinskosten: | 0,80 | | |
| Sonstige Kosten: | 0,42 | Summe | 4,38 |
| Gesamtkosten | | | 1.595,80 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 14,51 |

Stickstoff-Fraktionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt)

| | |
|---|------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 55 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 6,01 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 0,64 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | - |

1.3.3 Einschätzungen aus der Praxis: Schafwollpellets

Schafwollpellets stellen einen Sonderfall der tierischen Handelsdüngemittel auf Basis von Keratin dar. Regionale Bezugsquellen ohne Massentierhaltung sind möglich; Nutztiere müssen für die Produktion nicht getötet werden. Daher ist die Wahrnehmung weniger problematisch als bei den anderen tierischen Handelsdüngern. Schafwollpellets weisen zudem ein hohes Wasserspeicherungspotential auf. Die Umsetzungsgeschwindigkeit wird als im Vergleich zu Haarmehlpellets als deutlich langsamer beschrieben. Aufgrund dieser besonderen Eigenschaft seien sie daher nicht für Kulturen mit kurzer Standzeit geeignet. Allerdings ist die Verfügbarkeit aus regionaler ökologischer Schafhaltung sehr begrenzt, der Import z. B. aus Neuseeland wird kritisch gesehen. Bei Schafwollpellets aus konventioneller Herkunft wird z. T. das Risiko einer Kontamination mit Insektiziden befürchtet.

1.4 Restprodukte der Stärkeherstellung aus Mais

1.4.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Organische Handelsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Maiskleber bzw. Maiskleberfutter fallen als Restprodukte der Stärkeherstellung aus Mais an und können als Düngemittel eingesetzt werden. Beim Maiskleberfutter handelt es sich üblicherweise um eine Mischung aus Maiskleber, -keimen, -kleie und -quellwasser. Im Bereich der organischen Handelsdünger ist das Düngemittel 'Pflanzpellets – ehem. Phytotellets' der Firma Beckmann und Brehm ein Beispiel für die Nutzung solcher Restprodukte. Die 'Pflanzpellets – ehem. Phytotellets' sind zu unterscheiden von den 'Phytotellets Gold', in denen neben Reststoffen aus der Maisstärkeherstellung auch fermentierte Bestandteile aus der Verarbeitung von Getreide, Kartoffeln und Zuckerrüben (Melasse) enthalten sind.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften von Maiskleberfutter:

| | | | |
|--|------|---------------------------------|-----|
| Trockenmasse [% in der FM]: | 92,5 | C/N-Verhältnis: | 6 |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | |
| OM: | 76,2 | Ca: | 4,8 |
| C: | 39,7 | Mg: | 0,9 |
| N: | 6,5 | S: | 2,6 |
| P: | 2,2 | Salzgeh.: | 4,5 |
| K: | 2,3 | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | - | |

Anm.: Entspricht Möller und Schultheiß 2014b, S. 112, Maiskleber(futter). In der Modellrechnung wurden die Daten des Handelsprodukts 'Pflanz-Pellets' zu Grunde gelegt.

*Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Mittlere N- und P-Gehalte kombiniert mit niedrigen K- und hohen S-Gehalten; damit eher ungünstiges Nährstoffspektrum. Am besten für den Einsatz zu N- und S-bedürftigen Kulturen im Freiland geeignet, weniger gut für den Einsatz im Gewächshaus. Geeignet auch für die Anwendung im Topfkräuteranbau.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 0/+ | 0/+ oder 0 | 0 |

1.4.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 1.833 kg Pflanz-Pellets/ha

Einkaufspreis Dünger: 1,12 €/kg (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: 800 g/l

Annahmen zur technischen Ausstattung: Düngerstreuer: Anbauschleuderstreuer 1,5 m³, 54 kW

Dieselbedarf: 3,12 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|------|--------|-----------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Pflanz-Pellets: | | | 2.052,96 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 0,68 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 14,28 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 4,26 | | |
| Betriebsstoffe: | 2,64 | Summe: | 6,90 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 5,48 | | |
| Zinskosten: | 1,34 | | |
| Sonstige Kosten: | 0,70 | Summe | 7,52 |
| Gesamtkosten | | | 2.081,66 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 18,92 |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt)

| | |
|---|-------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 38,5 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 73,32 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 1,29 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | - |

1.5 Biosol®

1.5.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Organische Handelsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Pilzbiomasse und Substrat aus der Penicillin-Herstellung. Das Substrat besteht aus Maissirup, Sojamehl, Baumwollsaatmehl, Maisquellwasser, Spurenelementen, Vitaminen und Bagasse (Reststoff Zuckerherstellung aus Zuckerrohr) sowie weiteren Zusätzen, die der Extraktion des Penicillins dienen. Die Düngemittel werden erhitzt, getrocknet und pelletiert in den Verkehr gebracht.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | | | |
|--|------|---------------------------------|-----|---|-------|
| Trockenmasse [% in der FM]: | 90,1 | C/N-Verhältnis: | 7 | | |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | | | |
| OM: | 94,0 | Ca: | 0,4 | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 40-50 |
| C: | 47,8 | Mg: | 0,1 | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 75 |
| N: | 7,3 | S: | 2,0 | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | 40 |
| P: | 0,6 | Salzgeh.: | 4,0 | | |
| K: | 0,5 | | | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | | | | - |

Anm.: *Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Mittlere Nährstoffgehalte und weites N/P-Verhältnis. Gut geeignet als Ergänzungsdüngemittel zu Grunddüngemitteln mit phosphorbetontem Nährstoffspektrum. N-Freisetzung im Jahr der Anwendung niedriger als auf Grund des C/N-Verhältnisses zu erwarten wäre, da ein erheblicher Anteil des Stickstoffs aus langsam abbaubarem Chitin-N besteht, einer abbaustabilen Eiweißverbindung. Gut geeignet zur Verwendung im Gemüsebau, insbesondere bei Kulturen mit langem Wachstumszyklus.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 0/+ | 0/+ | 0 |

1.5.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 1.571 kg Biosol/ha

Einkaufspreis Dünger: 1,05 €/kg (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: 675 g/l

Annahmen zur technischen Ausstattung: Düngerstreuer: Anbauschleuderstreuer 1,5 m³, 54 kW

Dieselbedarf: 2,96 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|------|--------|-----------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Biosol R: | | | 1.649,55 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 0,62 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 13,02 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 3,96 | | |
| Betriebsstoffe: | 2,48 | Summe: | 6,44 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 4,88 | | |
| Zinskosten: | 1,22 | | |
| Sonstige Kosten: | 0,64 | Summe | 6,74 |
| Gesamtkosten | | | 1.675,75 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 15,23 |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt)

| | |
|---|-------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 44 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 15,71 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 1,33 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | - |

1.6 Maltaflor Bio

1.6.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Organische Handelsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Maltaflor® besteht aus einer Mischung aus Malzkeimen, Getreide- bzw. Malzstaub und Vinasse. Es wird unterschieden zwischen Maltaflor und Bio-Maltaflor. Bio-Maltaflor ist für alle ökologischen Anbauverbände zugelassen und weist einen gegenüber Maltaflor verringerten P-Gehalt auf. Die folgenden Angaben beziehen sich auf Bio-Maltaflor.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | | | |
|--|------|---------------------------------|-----|---|-------|
| Trockenmasse [% in der FM]: | 92,7 | C/N-Verhältnis: | 9 | | |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | | | |
| OM: | 86,8 | Ca: | 0,7 | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 30-40 |
| C: | 40,7 | Mg: | 0,2 | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 65 |
| N: | 4,3 | S: | 3,3 | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | 50 |
| P: | 0,6 | Salzgeh.: | 9,1 | | |
| K: | 4,1 | | | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | - | | | |

Anm.: *Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Weniger gut geeignet als Ausgleichsdüngung von Grunddüngemitteln mit phosphorbetontem Nährstoffspektrum wie Kompost, Festmist etc. Die zugeführte Vinasse ist Ursache für hohe Na-Gehalte und schränkt die Eignung zur Verwendung im Gewächshaus ein.

Weitere Kommentare:

Beim Preisvergleich mit anderen, vor allem N-betonten organischen Handelsdüngern ist zu berücksichtigen, dass es sich bei Bio-Maltaflor eigentlich um einen NK-Mehrnährstoffdünger handelt.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 0/+ | 0/+ oder 0 | 0 |

1.6.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 2.750 kg Bio-Maltaflor/ha

Einkaufspreis Dünger: 1,41 €/kg (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: 600 g/l

Annahmen zur technischen Ausstattung: Düngerstreuer: Anbauschleuderstreuer 1,5 m³, 54 kW

Dieselbedarf: 4,68 l/ha.

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|------|--------|-----------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Bio-Maltaflor: | | | 3.877,50 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 1,02 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 21,42 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| ✓ Reparaturkosten: | 6,39 | | |
| Betriebsstoffe: | 3,96 | Summe: | 10,35 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 8,22 | | |
| Zinskosten: | 2,01 | | |
| Sonstige Kosten: | 1,05 | Summe | 11,28 |
| Gesamtkosten | | | 3.920,55 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 35,64 |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt):

| | |
|---|-------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 55 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 27,50 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 2,21 |
| Humusproduktionsleistung [kg C/ha] | - |

1.7 Ackerbohenschrot bzw. -korn

1.7.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Organische Handelsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Herstellung von Ackerbohenschrot aus Ackerbohnen. In Einzelfällen werden auch ganze Ackerbohnenkörner als Dünger verwendet.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | | | |
|--|------|---------------------------------|-----|---|-------|
| Trockenmasse [% in der FM]: | 87,6 | C/N-Verhältnis: | 10 | | |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | | | |
| OM: | 95,9 | Ca: | 0,3 | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 35-45 |
| C: | 46,9 | Mg: | 0,2 | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 70 |
| N: | 4,8 | S: | 0,2 | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | 35 |
| P: | 0,7 | Salzgeh.: | 1,8 | | |
| K: | 1,4 | | | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | | | | - |

Anm.: *Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Mittlere N- und P-Gehalte kombiniert mit niedrigen K-Gehalten. Mittlere N-Freisetzung im Jahr der Anwendung. Am besten geeignet zur Düngung von N-bedürftigen Ackerkulturen. Weniger geeignet auf intensiv genutzten Gemüsebauflächen und zum Ausgleich von Grunddüngern mit einem phosphorbetonten Nährstoffspektrum wie Kompost oder Festmist.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 0 | 0/+ | 0/+ |

1.7.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 2.750 kg Ackerbohenschrot/ha

Einkaufspreis Dünger: 0,59 €/kg (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: 400 g/la

Annahmen zur technischen Ausstattung: Düngerstreuer: Anbauschleuderstreuer 1,5 m³, 54 kW

Dieselbedarf: 5,55 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|------|--------|-----------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Ackerbohenschrot: | | | 1.622,50 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 1,2 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 25,20 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 7,50 | | |
| Betriebsstoffe: | 4,65 | Summe: | 12,15 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 9,00 | | |
| Zinskosten: | 2,25 | | |
| Sonstige Kosten: | 1,20 | Summe | 12,45 |
| Gesamtkosten | | | 1.672,30 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 15,20 |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt):

| | |
|---|-------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 38,5 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 38,62 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 2,31 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | - |

1.8 Kleegrascobs

1.8.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Organische Handelsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Kleegrascobs werden aus Klee gras gewonnen. Die Herstellung von Klee grascobs ist ursprünglich eine Methode der Futterkonservierung. Wiesengras oder Klee gras werden nach dem Mähen und kurzer Anwelkzeit in einer Futtertrocknungsanlage mit Heißluftzuführung zu einem lagerfähigen Produkt getrocknet (LfL, 2012). Klee grascobs dienen vor allem als eiweißhaltiges Futtermittel in der Rinderfütterung und werden teilweise auch als organischer Handelsdünger eingesetzt.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | | | |
|--|-------------|---------------------------------|-----|---|-------|
| Trockenmasse [% in der FM]: | (13,7-95,6) | C/N-Verhältnis: | 14 | | |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | | | |
| OM: | 86,5 | Ca: | 1,6 | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 25-50 |
| C: | 40,9 | Mg: | 0,3 | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 70 |
| N: | 3,0 | S: | 0,3 | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | k.A. |
| P: | 0,5 | Salzgeh.: | 3,1 | | |
| K: | 3,0 | | | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | | - | | |

Anm.: aus Möller und Schultheiß 2014b, S. 119/123, Leguminosengras (Mehl, Cobs, Silage)

*Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Häufig niedere N- und niedere bis mittlere P-Gehalte bei gleichzeitig relativ hohen K-Gehalten (siehe Tabelle). In Abhängigkeit von der Graszusammensetzung, dem Vegetationszeitpunkt, dem Schnittzeitpunkt sowie den Aufwuchs- und Erntebedingungen können sich allerdings erhebliche Unterschiede bei den Nährstoffgehalten ergeben. In den Modellrechnungen wird von einem N-Gehalt von 2,2 % N in der FM ausgegangen.

Weitere Kommentare:

Die Herstellung von Klee grascobs ist auf Grund der Trocknung mit Heißluftzuführung relativ energieaufwändig.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 0/+ | 0/+ | 0/+ |

1.8.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 5.000 kg/ha

Einkaufspreis Dünger: 0,45 €/kg (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: 550 g/l

Annahmen zur technischen Ausstattung: Düngerstreuer: Anbauschleuderstreuer 1,5 m³, 54 kW

Dieselbedarf: 9,06 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|-------|--------|-----------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Klee gras-Cobs (incl. K.Pura): | | | 2.250,00 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 1,92 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 40,32 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 12,24 | | |
| Betriebsstoffe: | 7,62 | Summe: | 19,86 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 15,36 | | |
| Zinskosten: | 3,78 | | |
| Sonstige Kosten: | 1,98 | Summe | 21,12 |
| Gesamtkosten | | | 2.331,30 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 21,19 |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt):

| | |
|---|-------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 44 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 29,34 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 4,04 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | - |

1.8.3 Einschätzungen aus der Praxis: pflanzliche Handelsdüngemittel

Die Umfrageteilnehmer schätzen grundsätzlich die Homogenität, einfache Ausbringung sowie Dosierbarkeit fester pflanzlicher Handelsdüngemittel. Düngemittel dieser Kategorie unterscheiden sich jedoch hinsichtlich ihrer Eigenschaften und ihren Einsatzmöglichkeiten teilweise erheblich; diese allgemeinen Vorteile treffen deshalb nicht ausnahmslos auf alle Fälle zu. Einen solchen Sonderfall stellen etwa Sonnenblumenpresskuchen

dar, welche aufgrund der eher unzuverlässigen Pelletierung als schwierig in der Ausbringung beschrieben werden. Phytoperls sowie Phytopelletts gelten hingegen als unkompliziert in der Handhabung, wobei Phytoperls jedoch ein gewisses Risiko von Abdrift durch Wind zugeschrieben wird. Als ebenfalls nachteilig werden die eher langsame Umsetzungsgeschwindigkeit sowie Steuerbarkeit der Düngewirkung im Vergleich zu der von tierischen Handelsdüngemitteln auf Basis von Keratin beschrieben.

Das Image pflanzlicher Handelsdüngemittel wird grundsätzlich als deutlich positiver wahrgenommen, als jenes tierischer Handelsdüngemittel, da es sich nicht um Nebenprodukte der Massentierhaltung handelt und der Einsatz mit einer veganen Lebensführung als vereinbar empfunden wird. Jedoch stammen pflanzliche Handelsdüngemittel häufig aus der konventionellen Landwirtschaft, was von vielen der Befragten negativ beurteilt wird, auch im Hinblick auf mögliche Pflanzenschutzmittelrückstände. Zudem ist das Herkunftsland oft nicht nachvollziehbar. Da tierische Handelsdüngemittel in der Regel deutlich preisgünstiger sind sowie in ihrer Düngewirkung als effizienter gelten, kommen auf vielen der befragten Betriebe pflanzliche Handelsdüngemittel eher nur als ergänzende Maßnahme zum Einsatz.

Maltaflor gilt, als Nebenprodukt der Lebensmittelherstellung, besonders vertrauenswürdiges pflanzliches Handelsdüngemittel. Als positiv wird die Möglichkeit regionaler Bezugsquellen bewertet. Von den Befragten werden die einfache, staubfreie Ausbringung sowie das zusätzlich enthaltene Kalium geschätzt. Es besteht jedoch das Risiko von Pflanzenschutzrückständen. Maltaflor gilt als gute Alternative zu tierischen Handelsdüngemitteln, weist jedoch einen etwa dreifach höheren Preis pro Kilogramm N im Vergleich zu Haarmehlpellets auf.

1.9 Vinasse

1.9.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Organische Handelsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Vinasse ist ein Nebenerzeugnis der Zuckerherstellung aus Melasse. Üblicherweise handelt es sich bei der als Dünger angebotenen Vinasse um ein zähflüssiges Fermentationsprodukt aus Zuckerrüben-Melasse.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | | | |
|--|------|---------------------------------|------|---|-------|
| Trockenmasse [% in der FM]: | 66,3 | C/N-Verhältnis: | 6 | | |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | | | |
| OM: | 78,0 | Ca: | 0,7 | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 50-60 |
| C: | 37,0 | Mg: | 0,1 | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 80 |
| N: | 5,8 | S: | 1,0 | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | 40 |
| P: | 0,3 | Salzgeh.: | 13,9 | | |
| K: | 7,3 | | | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | | | | - |

Anm.: *Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Hohe N- und K-Gehalte, niedrige P-Gehalte. Hohe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung. Gute Eignung zur Verwendung im Gemüsebau (Freiland). Wird auch als schnellwirkende Stickstoffquelle bei Tomaten und Gurken unter Glas eingesetzt und kann in verdünnter Form über eine Tropfbewässerung ausgebracht werden. Vinasse sollte aber unverdünnt gelagert werden. Wenn sie mit Wasser vermischt wird, sollte sie sofort gebraucht werden, da sie sonst zu gären beginnt (vgl. Koller 2002, FIBL Merkblatt zu organischen Flüssigdüngern). Bei einer Verwendung von Vinasse im Gewächshaus sind die hohen Na-Gehalte zu beachten (Versalzungsgefahr).

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 0 | 0 | 0 |

1.9.2 Modellrechnungen

Es liegen keine Modellrechnungen für Vinasse vor.

1.9.3 Einschätzungen aus der Praxis: Vinasse

Vinasse stellt als schnell wirksames Flüssigdüngemittel einen Sonderfall der pflanzlichen Handelsdüngemittel dar und hat sich vor allem bei drohender sowie akuter Nährstoffunterversorgung als zuverlässige Sofortmaßnahme auf den Betrieben bewährt. Der positive Einfluss auf den Humusaufbau sowie das Bodenleben wird aufgrund der bereits aufgeschlossenen Nährstoffe jedoch als deutlich geringer eingeschätzt, als beim Einsatz von festen pflanzlichen Handelsdüngemitteln. Zudem wird der Maßnahme ein gewisses Potential von Wurzelschädigungen zugeschrieben; ebenfalls als negativ wird der Wasserverbrauch bei der Ausbringung bewertet. Da Vinasse hauptsächlich aus der konventionellen Produktion stammt, seien Kontaminationen mit Pflanzenschutzmitteln nicht auszuschließen. Ebenfalls als problematisch wird die häufig schwierige Nachvollziehbarkeit des Herkunftslandes bewertet sowie der mögliche Einsatz von Gentechnik bei der Erzeugung.

2 Steckbriefe Wirtschaftsdünger und wirtschaftsdüngerähnliche Industrie-Nebenprodukte

2.1 Rindermist

2.1.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Wirtschaftsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Klassischer Wirtschaftsdünger, der wegen seiner günstigen Wirkung auf den Boden-Humushaushalt im Allgemeinen sehr geschätzt wird und deshalb in viehlosen Gemüsebaubetrieben häufig durch Mistkooperationen mit viehhaltenden Öko-Betrieben oder durch Zukauf erworben wird.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | |
|--|----------|---------------------------------|-----|
| Trockenmasse [% in der FM]: | 23,1 | C/N-Verhältnis: | 24 |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | |
| OM: | 76,4 | Ca: | 2,0 |
| C: | (53,6) * | Mg: | 0,4 |
| N: | 2,3 | S: | 0,3 |
| P: | 0,5 | Salzgeh.: | - |
| K: | 3,2 | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | | |
| Rindermist - Rottemist | | 160 | |
| Rindermist - Frischmist | | 132 | |
| Rindermist - Stallmistkompost | | 176 | |

Anm.: *Angabe fehlt bei Möller & Schultheiß 2014b.

**Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

***Offensichtlich abweichende Einschätzung von Möller & Schultheiß 2014 b und Land Baden-Württemberg.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Wenn der Stickstoffbedarf von Gemüsekulturen hauptsächlich über Stallmist abgedeckt werden soll, ergeben sich mittelfristig erhöhte Phosphor-Bilanzen. Das gilt insbesondere bei der Verwendung von Stallmist im Gewächshaus. In den Modellrechnungen wird von einem N-Gehalt von 0,5 % N in der FM ausgegangen.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + =gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| ++ | + | 0 |

2.1.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 22 t Rindermist/ha

Einkaufspreis Dünger: 15 €/t (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: 0,8 t/m³

Annahmen zur technischen Ausstattung: Frontlader: 1500 daN, Dungzange 1,1 m³, Stalldungstreuer: 10 t, 67 kW

Dieselbedarf: 15,67 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|-------|--------|---------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Stallmist Rind: | | | 330,00 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 2,14 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 44,94 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 26,79 | | |
| Betriebsstoffe: | 12,54 | Summe: | 39,33 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 28,69 | | |
| Zinskosten: | 7,09 | | |
| Sonstige Kosten: | 4,20 | Summe | 39,98 |
| Gesamtkosten | | | 454,25 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 4,13 |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt):

| | |
|---|-------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 27,5 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 60,52 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 3,90 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | 671 |

2.1.3 Einschätzungen aus der Praxis: Stallmist

Stallmist gilt als reich an diversen Nährstoffen und Mikroorganismen; durch den Einsatz werden Bodenleben und der Aufbau von Humus gefördert. Die Maßnahme findet auf einem Großteil der Betriebe Anwendung, am

häufigsten kommt dabei Rindermist zum Einsatz. Da die meisten der Betriebe viehlos sind, erhalten die Betriebe den Mist aus Futter-Mist-Kooperationen. Dies ist eine gute Verwertungsmöglichkeit für den Aufwuchs von Klee grasflächen, allerdings sind die Möglichkeiten der Kooperation je nach Anbauregion und Anzahl der Ökobetriebe begrenzt oder mit hohen Transportkosten verbunden. Der Einsatz von Mist, insbesondere Bio-Mist, wird dabei als vereinbar und passend im Hinblick auf die Philosophie des Bio-Gemüsebaus empfunden. Besonders geschätzt wird in diesem Zusammenhang das hohe Potential der Maßnahme in einer langfristigen Bodenverbesserung zu resultieren. Die Düngewirkung wird als der von Kompost ähnlich beschrieben und erfolgt eher langsam und kontinuierlich, wovon vor allem Kulturen mit langer Standdauer profitieren; die direkte N-Düngewirkung wird hingegen für starkzehrende Gemüsekulturen als unzureichend eingeschätzt. Besonders bei Pferd mist drohe, durch den hohen Strohanteil, zudem eine N-Festlegung; sowie Unkrautprobleme durch die fehlende Heißrotte. Gleichzeitig wird sterilisierter Stallmist von einigen Befragten abgelehnt, da so sämtliche enthaltene Mikroorganismen abgetötet werden. Die Verwendung von Pferde-, Schaf- und Ziegenmist aus Hobby-Haltung ohne Bio-Zertifizierung ist im Ökoanbau erlaubt.

2.2 Hühnertrockenkot

2.2.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Wirtschaftsdünger bzw. sonstige organische Handelsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Bei Hühnertrockenkot (HTK) handelt es sich um getrockneten Hühnermist. Es gibt Düngemittelhersteller, die kompostierten Hühnertrockenkot pelletieren und als organischen Handelsdünger für Weinbau, Gemüse- und Obstbau anbieten. Im Öko-Gemüsebau ist in jedem Falle sicherzustellen, dass der verwendete Hühnertrockenkot aus ebenfalls ökologisch wirtschaftenden Betrieben stammt.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | |
|--|-------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Trockenmasse [% in der FM]: | 43,1-98,0 * | C/N-Verhältnis: | 6 |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | |
| OM: | 77,8 | Ca: | 3,7 |
| C: | 35,0 | Mg: | 0,5 |
| N: | 5,4 | S: | 0,5 |
| P: | 1,6 | Salzgeh.: | 0,5 |
| K: | 2,6 | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | 84 | (siehe Wert von Hühnermist) |

Anm.: *Später in Rechnung verwendet: 50 % (vgl. LWK NRW).

**Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Hohe N- und P-Gehalte. Besonders geeignet für den Einsatz bei N-bedürftigen Kulturen im Ackerland auf Standorten mit geringen P-Gehalten. Verglichen mit anderen Mistarten sehr hohe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung. In den Modellrechnungen wird von einem N-Gehalt von 2,6 % N in der FM ausgegangen.

Weitere Kommentare:

Die Lagerung von Hühnertrockenkot kann am Feldrand erfolgen, wobei die gesetzlichen Bestimmungen eingehalten werden müssen. Aufgrund möglicher Geruchsbelästigung sollte die Lagerung jedoch nicht in der Nähe von Wohnsiedlungen erfolgen.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| + | 0 | 0 |

2.2.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 4,23 t Hühnertrockenkot/ha

Einkaufspreis Dünger: 10 €/t (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: 0,9 t/m³

Annahmen zur technischen Ausstattung: Frontlader: 1500 daN, Dungzange 1,1 m³, Stalldungstreuer: 10 t, 67 kW

Dieselbedarf: 5,97 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|------|--------|--------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Hühnertrockenkot: | | | 42,30 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 0,84 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 17,64 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 8,86 | | |
| Betriebsstoffe: | 4,78 | Summe: | 13,64 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 8,86 | | |
| Zinskosten: | 2,22 | | |
| Sonstige Kosten: | 1,31 | Summe | 12,39 |
| Gesamtkosten | | | 85,97 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 0,78 |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt)

| | |
|---|--------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 66 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 116,99 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 2,42 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | 262 |

2.3 Kompost

2.3.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Wirtschaftsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Bei Kompost wird je nach Zusammensetzung des Ausgangsmaterials unterschieden zwischen Kompost aus Bioabfall und Kompost aus Grüngut. Beide Arten können aus betriebseigener Produktion stammen oder zugekauft werden, z. B. von Kompostierwerken. Beim Zukauf von Komposten für die Verwendung im ökologischen Gemüsebau ist darauf zu achten, dass der Kompost eine Zulassung für den Ökolandbau hat. Informationen zu geeigneten Bezugsquellen gibt die Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. mit Sitz in Köln. Beim Zukauf von Bioabfall-Komposten ist außerdem zu berücksichtigen, dass diese nicht nur der Düngemittelverordnung unterliegen, sondern auch der Bioabfallverordnung. Daraus ergeben sich verschiedene Untersuchungspflichten sowie Vorschriften für die Einhaltung bestimmter Inhaltsstoff-Obergrenzen (z. B. bei Schwermetallen).

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

Bioabfallkompost

| | | | |
|--|------|---|------|
| Trockenmasse Bioabfall [% in der FM]: | 64,5 | C/N-Verhältnis: | 16 |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | |
| OM: | 39,5 | Ca: | - |
| C: | 22,5 | Mg: | 0,5 |
| N: | 1,5 | S: | - |
| P: | 0,3 | Salzgeh.: | 1,4 |
| K: | 1,0 | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | 116 | |
| | | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 0-10 |
| | | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 40 |
| | | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | 5 |

Anm.: *Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Grüngutkompost

| | | | |
|--|------|---|------|
| Trockenmasse Grüngut [% in der FM]: | 62,6 | C/N-Verhältnis: | 20 |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | |
| OM: | 36,9 | Ca: | 3,1 |
| C: | 22,5 | Mg: | 0,4 |
| N: | 1,2 | S: | 0,2 |
| P: | 0,2 | Salzgeh.: | 0,7 |
| K: | 0,9 | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | 116 | |
| | | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 0-10 |
| | | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 40 |
| | | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | 3 |

Anm.: *Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Kompost ist besonders geeignet zum Ausgleich von Mineralstoffexporten auf Ackerflächen. Die Verwendung zur Düngung von intensiv gemüsebaulich genutzten Flächen ist durch die P-Frachten begrenzt. Außerdem bewirkt die geringe N-Verfügbarkeit im Anwendungsjahr, dass Kompost im Gemüsebau vor allem unter Gesichtspunkten der allgemeinen Bodenverbesserung (z. B. Steigerung des Humusgehalts) eingesetzt wird. In den Modellrechnungen wird von der Verwendung von Grüngutkompost mit einem N-Gehalt von 0,7 % N in der FM ausgegangen.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| + | + | 0 |

2.3.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 15,71 t Grüngut-Kompost/ha

Einkaufspreis Dünger: 5 €/t (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: 0,65 t/m³

Annahmen zur technischen Ausstattung: Radlader 54 kW, Leichtgutschaufel 1,8 m³, Stalldungstreuer 10 t, 67 kW

Dieselbedarf: 9,83 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|-------|--------|---------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Kompost (Bioabfall, Grüngut): | | | 78,55 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 1,34 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 28,14 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 16,59 | | |
| Betriebsstoffe: | 7,86 | Summe: | 24,45 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 18,52 | | |
| Zinskosten: | 4,55 | | |
| Sonstige Kosten: | 2,56 | Summe | 25,63 |
| Gesamtkosten | | | 156,77 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 1,43 |

Stickstoff-Fraktionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt):

| | |
|---|-------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 3,3 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 49,78 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 3,63 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | 1141 |

2.3.3 Einschätzungen aus der Praxis: Grüngutkompost

Kompost wird von den Befragten als ein Düngemittel mit Langezeitwirkung hinsichtlich Nährstofffreisetzung und Bodenverbesserung, ähnlich der Wirkung von Stallmist, beschrieben. Der regelmäßige Einsatz fördert die Humusbildung im Boden, verbessert das Bodengefüge und Wasserhaltevermögen. Zusätzlich werden durch Kompost, welcher nicht sterilisiert wurde, zahlreiche Mikroorganismen in den Boden eingebracht. Qualitativ hochwertigem Kompost werden zudem phytosanitäre Vorteile zugeschrieben. Die Verfügbarkeit von ökozertifiziertem Kompost wird jedoch als gering eingeschätzt. Ein großer Teil der Befragten entscheidet sich zudem gegen den Einsatz von Kompost, da, trotz Zertifizierung, ein hohes Risiko von Kontaminationen bestehe, etwa durch Schwermetalle und Plastikteile. Die Kompostzusammensetzung wird als besonders ungewiss und risikobehaftet eingeschätzt, wenn Privatgärten die Herkunftsquelle sind. Auch sei die Einschleppung von Pflanzenkrankheiten möglich. Ein weiteres Problem stellt der relativ geringe N-Gehalt und der relativ hohe P-Gehalt dar. Die N-Düngewirkung trete zudem nicht direkt ein, die N-Anrechnung nach Düngeverordnung steht hier im Konflikt mit der tatsächlich verfügbaren N-Menge im Jahr der Ausbringung. Für den Einsatz von Kompost falle zudem hoher bürokratischer Aufwand an, auch seien große Aufwandsmengen notwendig, welche problematisch im Hinblick auf die Befahrbarkeit sowie Tragfähigkeit der Böden sein können.

2.4 Pilzkultursubstrate/Champost

2.4.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Wirtschaftsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Abgetragene Substrate von Pilzkulturen, z. B. von Champignon-Kulturen (=Champost), können als Dünger in der Landwirtschaft eingesetzt werden. In der Regel sind solche Substrate strohbasiert. Häufig ist Pferdemist Hauptbestandteil des Pilzkultursubstrats. Je nach Verfügbarkeit werden aber auch Hühnermist und Torf eingesetzt. Pilzkultursubstrate unterliegen nicht nur der Düngemittelverordnung, sondern auch der Bioabfallverordnung. Daraus ergeben sich verschiedene Untersuchungspflichten. Zur Düngung im ökologischen Gemüsebau dürfen nur Pilzkultursubstrate aus ökologisch zertifizierter Pilzproduktion eingesetzt werden.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | |
|--|------|--|-----|
| Trockenmasse [% in der FM]: | 38,0 | C/N-Verhältnis: | 16 |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | |
| OM: | 64,6 | Ca: | 4,2 |
| C: | 33,6 | Mg: | 0,9 |
| N: | 2,1 | S: | 2,4 |
| P: | 0,9 | Salzgeh.: | 2,1 |
| K: | 2,0 | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | 186 | |
| | | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): 10-20 | |
| | | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): 60 | |
| | | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): 10 | |

Anm.: *Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Hohe P- und S-Gehalte im Verhältnis zu den N-Gehalten. Hohe Aschegehalte. Besonders geeignet zur Verwendung auf P- und S-bedürftigen Ackerflächen (Kruziferen). Die Düngung von intensiv gemüsebaulich genutzten Flächen ist durch die P-Frachten begrenzt. Bei einer Verwendung im Gewächshaus sind die hohen S-Frachten zu berücksichtigen. In den Modellrechnungen wird von einem N-Gehalt von 0,8 % N in der FM ausgegangen.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| ++ | + | 0 |

2.4.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 13,75 t/ha

Einkaufspreis Dünger: 16 €/t (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: 0,5 t/m³

Annahmen zur technischen Ausstattung: Frontlader: 1500 daN, Dungzange 1,1 m³, Stalldungstreuer: 10 t, 67 kW

Dieselbedarf: 16,61 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|-------|--------|---------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Pilzsubstrat (Champost): | | | 220,00 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 2,29 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 48,05 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 27,26 | | |
| Betriebsstoffe: | 13,30 | Summe: | 40,56 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 28,69 | | |
| Zinskosten: | 7,12 | | |
| Sonstige Kosten: | 4,21 | Summe | 40,02 |
| Gesamtkosten | | | 348,62 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 3,17 |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt)

| | |
|---|--------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 11 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 106,49 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 3,40 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | 972 |

2.4.3 Einschätzungen aus der Praxis: Champost

Champost gilt, aufgrund seiner homogenen Eigenschaften sowie standardisierten Zusammensetzung, als ein besonders zuverlässiges und vertrauenswürdiges Düngemittel. Umsetzung und Düngewirkung werden auch bei dieser Sonderform des Komposts als der von Stallmist ähnlich eingeschätzt, erst durch die langfristige Umsetzung tritt eine spürbare N-Düngewirkung ein. Champost gilt als frei von Unkrautsamen und sonstigen Verunreinigungen. Der Einsatz ermöglicht den Transfer von Nährstoffen zwischen Anbauflächen, indem das Stroh abgefahren und dann in einem bestimmten Verhältnis durch Champost ersetzt wird.

Grundsätzlich besteht großes Interesse seitens der Befragten, Champost zukünftig als Maßnahme auf dem eigenen Betrieb einzusetzen, jedoch existieren vielerorts keine Bezugsquellen.

2.5 Flüssige Gärreste aus Biogaserzeugung

2.5.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Wirtschaftsdünger

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Bei der Herstellung von Biogas aus fermentiertem organischem Material entsteht ein flüssiger Rückstand der als Gärrest bezeichnet wird und als Dünger eingesetzt werden kann. Gärreste unterliegen nicht nur der Düngemittelverordnung, sondern auch der Bioabfallverordnung. Prinzipiell dürfen zur Düngung im ökologischen Gemüsebau nur Gärreste verwendet werden, die auf der Grundlage von ökologisch produzierten Fermentationsrohstoffen entstanden sind. Es gibt davon aber einige Ausnahmen, z. B. wenn eine Biogasanlage von konventionell und ökologisch wirtschaftenden Landwirten gemeinsam betrieben wird. Einzelheiten sind den Richtlinien der Anbauverbände zu entnehmen. Innerhalb des ökologischen Landbaus ist der Einsatz von Biogas-Gärresten zur Düngung nach wie vor umstritten.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | |
|--|------|---|-------|
| Trockenmasse [% in der FM]: | 6,8 | C/N-Verhältnis: | 5 |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | |
| OM: | 70,3 | Ca: | - |
| C: | 44,6 | Mg: | 0,7 |
| N: | 8,1 | S: | 0,3 |
| P: | 1,5 | Salzgeh.: | 25,4 |
| K: | 6,5 | | |
| | | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 55-65 |
| | | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 80 |
| | | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | |
| | | Ackerland: | 60 |
| | | Grünland: | 50 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | 129 | | |

Anm.: *Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Hohe N-Gehalte und ausgewogenes N/P-Verhältnis. Hohe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung. Besonders geeignet als Grunddüngemittel sowohl auf Gemüsebau- als auch auf Ackerflächen. Die Nährstoffgehalte können allerdings schwanken in Abhängigkeit vom Ausgangssubstrat der Biogaserzeugung. In den Modellrechnungen wird von einem N-Gehalt von 0,6 % N in der FM ausgegangen.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| + | 0/+ | 0 |

2.5.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Düngeziel: Ausbringung 110 kg N/ha

Auszubringende Düngermenge: 18,33 t/ha bzw. 18 m³/ha flüssiger Gärrest

Einkaufspreis Dünger: 5 €/m³ (ohne MwSt)

Schüttdichte des Düngers: 1,02 t/m³

Annahmen zur technischen Ausstattung: Ausbringung mit Pumptankwagen, Schleppschlauch, 7m³, 9 m, 67 kW

Dieselbedarf: 2,98 l/ha

Kostenzusammenstellung:

Kostenzusammenstellung

| | | | |
|--|-------|--------|---------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Gärprodukt-NawaRo flüssig: | | | 90,00 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 1,92 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 40,32 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 19,49 | | |
| Betriebsstoffe: | 2,38 | Summe: | 21,87 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 19,71 | | |
| Zinskosten: | 4,85 | | |
| Sonstige Kosten: | 2,73 | Summe | 27,29 |
| Gesamtkosten | | | 179,48 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 1,63 |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die mit der Düngung ausgebracht werden (geschätzt):

| | |
|---|-------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 110 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 66 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 41,39 |
| Organische Masse [t Org. Masse/ha] | 0,88 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | 161 |

2.5.3 Einschätzungen aus der Praxis: Gärreste

Flüssigen Gärresten aus der Biogaserzeugung wird ein höheres bodenverbesserndes Potential nachgesagt, als tierischen Handelsdüngemitteln auf der Basis von Keratin. Attraktiv ist die Möglichkeit regionaler Bezugsquellen,

Bio-Biogasanlagen befinden sich jedoch häufig nicht in Reichweite der Befragten. Die Verwendung von Gärresten aus nicht-Bio-Biogasanlagen wird durch Anbauverbände, wie etwa Bioland, untersagt. Die Gärreste gelten als reich an diversen Nährstoffen; Umsetzungsgeschwindigkeit sowie die Steuerbarkeit der Düngewirkung werden jedoch als eher unkalkulierbar beschrieben. Ebenfalls von Nachteil sei der hohe Bürokratieaufwand, die Notwendigkeit von Spezialtechnik für die Ausbringung sowie das Risiko des Auftretens von Schädlingen wie Möhrenfliegen. Die Maßnahme findet nur auf einem der befragten Betriebe sporadische Anwendung.

2.6 Kartoffelfruchtwasser und Potato Protein Liquid

2.6.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Wirtschaftsdünger bzw. wirtschaftsdüngerähnliche Industrie-Nebenprodukte

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Kartoffelfruchtwasser und sein Konzentrat, auch als Potato Protein Liquid (PPL) bezeichnet, sind Nebenprodukte der Stärkeherstellung aus Kartoffeln. Die Verfügbarkeit dieser Produkte ist regional unterschiedlich und hängt stark von der Entfernung zu Kartoffelstärke erzeugenden Betrieben ab.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | | | |
|--|------|-----------|-----------------|---|-------|
| Trockenmasse [% in der FM]: | | 56,8 | C/N-Verhältnis: | | 8 |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | | | Parameter der N-Freisetzung [%] | |
| OM: | 68,1 | Ca: | 0,2 | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 55-65 |
| C: | 34,6 | Mg: | 0,7 | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 80 |
| N: | 4,6 | S: | 1,4 | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | k.A. |
| P: | 1,1 | Salzgeh.: | 15,5 | | |
| K: | 13,0 | | | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | | - | | |

Anm.: *Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Hohe N- und K-Gehalte. Im Verhältnis zu Stickstoff und Kalium ausgewogene P-Gehalte. Hohe N-Freisetzung im Jahr der Anwendung. Gute Eignung zur Verwendung im Gemüseanbau, sowohl im Freiland als auch im Gewächshaus (niedrige Na-Gehalte). Das Kalium liegt vorwiegend in Sulfat-Form vor, dadurch sinnvoll einsetzbar bei chloridempfindlichen Kulturen (Bollmer 2021). Die Wirkung auf die Nährstoffbilanz ist ausgeglichen.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 0 | 0 | 0 |

2.6.2 Modellrechnungen

Es liegen keine Modellrechnungen für Kartoffelfruchtwasser oder Potato Protein Liquid (PPL) vor.

Steckbriefe Anbaumaßnahmen

2.7 Kleegrasanbau mit Transfermulch-Nutzung

2.7.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Anbaumaßnahmen

Herstellung und äußere Eigenschaften:

Der Anbau von Klee gras ist ein wichtiges Element im ökologischen Landbau. In traditionell landwirtschaftlich geprägten Ökobetrieben mit Ackerbau und Viehhaltung kommt dabei dem Klee gras in doppelter Hinsicht eine wichtige Bedeutung zu. Einerseits spielt das Klee gras eine wichtige Rolle als eiweißreiche Futterquelle in der Viehhaltung. Andererseits verbleibt als Folge der legumen N-Fixierung immer ein Stickstoffrest im Boden, der einen wichtigen Beitrag zur Stickstoffversorgung der nachfolgenden Ackerbaukulturen leistet. Zusätzlich steht außerdem der bei der Viehhaltung anfallende Mist als organischer Dünger zur Verfügung.

Da in viehlosen Acker- und Gemüsebaubetrieben der futterbauliche Aspekt des Klee grasanbaus in den Hintergrund rückt und gleichzeitig die Stickstoffversorgung der angebauten Kulturen eine noch größere Rolle spielt, wurden in den letzten Jahren verschiedene Verfahren zur Klee grasnutzung entwickelt, bei denen Klee grasschnitt entweder auf der Klee grasfläche selbst gemulcht wird oder aber auf andere Betriebsflächen transferiert und dort gemulcht wird (=Transfermulch). Solche Transfermulch-Verfahren werden auch als „Cut and Carry-Verfahren“ bezeichnet. Aus technischer Sicht entsteht durch den Transfer des Klee gras-Schnittguts auf andere Flächen zwar ein größerer Aufwand als beim Mulchen auf der Klee grasfläche selbst. Sowohl in der Praxis als auch in wissenschaftlichen Untersuchungen hat sich aber immer wieder gezeigt, dass Klee grasflächen deutlich höhere Stickstoff-Fixierleistungen erbringen, wenn das Klee gras-Schnittgut nach dem Schneiden von der Fläche entfernt wird und nicht dort verbleibt.

In den folgenden Modellrechnungen wird die Nutzung von Rotklee gras im Transfermulch-Verfahren abgebildet. Es wird dabei von überjährigem Klee gras ausgegangen, das im Hauptnutzungsjahr mit drei Schnitten genutzt wird. Es werden dabei 18 t, 14 t bzw. 10 t Klee gras-Frischmasse geerntet, die nach Häckseln auf der Klee grasfläche, der sog. Geberfläche, auf eine gemüsebaulich genutzte Fläche, die sog. Nehmerfläche, transportiert werden, um dort als organischer Dünger ausgebracht zu werden. Für das Umbruchjahr wird außerdem von einer Stickstoffzufuhr für die Geberfläche ausgegangen, die vor allem aus den Wurzelrückständen des umgebrochenen Klee grasses stammt.

Die Modellrechnungen basieren im Wesentlichen auf Angaben aus den KTBL-Webanwendungen „Feldarbeitsrechner“ und „Leistungs-Kostenrechnung-Pflanzenbau“ (hier insbesondere Verfahren Rotklee-Gras-Gemenge, Anwelksilage, ökologisch) sowie auf modifizierten Angaben von Laber (2017). Der Schätzung der Humusreproduktionsleistung liegen Informationen von Möller und Schultheiß (2014b) sowie von VDLUFA (2014) zu Grunde.

Aus Gründen der Vergleichbarkeit mit anderen Nährstoffmanagement-Maßnahmen werden in der vorliegenden Modellrechnung alle Stickstoffmengen und alle Kosten, die im Laufe des Verfahrens entstehen, summiert und auf die stickstoffgenerierende Geberfläche bezogen.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften:

| | | | | | |
|--|------|---------------------------------|-----------------|---|-------|
| Trockenmasse [% in der FM]: | | (13,7-95,6) | C/N-Verhältnis: | 14 | |
| Inhaltsstoffe [% in der TM] | | Parameter der N-Freisetzung [%] | | | |
| OM: | 86,5 | Ca: | 1,6 | N-Verfügbarkeit (Anwendungsjahr): | 25-50 |
| C: | 40,9 | Mg: | 0,25 | N-Effizienz (inkl. Folgejahre): | 70 |
| N: | 3,0 | S: | 0,3 | Mindestwirksamkeit (düngerechtl. Vorgabe*): | k.A. |
| P: | 0,5 | Salzgeh.: | 3,1 | | |
| K: | 3,0 | | | | |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/t TM] | | | 80 | | |

Anm.: Aus Möller und Schultheiß 2014b, S. 119/123, Leguminosengras (Mehl, Cobs, Silage).

*Vorgabe des Landes Baden-Württemberg, zum Teil unterschiedliche Vorgaben in den einzelnen Bundesländern.

Nährstoffprofil von Klee gras-Mulch und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Ausgewogenes Nährstoffspektrum (NPKS) kombiniert mit niedrigen Natriumgehalten. Gut geeignet zur Düngung von Gemüsekulturen im Gewächshaus und im Freiland. Vergärung verbessert die Düngereignung durch Erhöhung der N-Effizienz (sofern gasförmige N-Verluste bei der Ausbringung vermieden werden). Kompostierung reduziert die Eignung durch einseitige N- und ggf. K-Verluste und einer damit einhergehenden unerwünschten Verschiebung des Nährstoffspektrums (N/P-Verhältnis).

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| ++ | ++ | ++ |

2.7.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Insgesamt durch legume N-Fixierung generierte Stickstoffzufuhr (N_{ges}): 245 kg N/ha.

Davon werden 185 kg N/ha im Schnittgut von drei Schnitten von der Geberfläche auf die Nehmerfläche(n) übertragen, 60 kg N/ha verbleiben auf der Geberfläche.

Mechanisierungsgrad des Betriebs: 67 kW-Schlepper und entsprechende Anbaugeräte, Häckseln und Transportierten des Häckselguts erfolgt durch einen Dienstleister.

Dieselbedarf: 114,26 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|--------|--------|-----------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Klee gras-Saatgut: | | | 270,80 |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 12,65 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 265,65 |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 141,68 | | |
| Betriebsstoffe: | 91,38 | | |
| Dienstleistungskosten Häckseln+Transportieren: | 348,72 | Summe: | 581,78 |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 79,48 | | |
| Zinskosten: | 28,67 | | |
| Sonstige Kosten: | 15,81 | Summe | 123,96 |
| Gesamtkosten | | | 1.242,19 |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | | 5,07 |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die durch die Maßnahme generiert bzw. zugeführt werden (geschätzt):

| | |
|---|--------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | 245 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | 98 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | 57,71* |
| Organische Masse, oberirdisch [t Org. Masse/ha] | 6,54 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | 1305 |

Anm.: *Bezieht sich nur auf die Mengen, die von der Geber- zur Nehmerfläche transferiert werden.

2.7.3 Einschätzungen aus der Praxis: Klee gras

Klee grasjahre finden als Maßnahme auf einem Großteil der befragten Betrieben Anwendung, die Bodenruhe ist wichtiger Bestandteil der Fruchtfolgen. Etwa die Hälfte der Betriebe setzt dabei auf einjähriges Klee gras, die andere auf zweijähriges. Bodenstruktur, Wasserhaltevermögen und der Humusgehalt werden durch die Maßnahme verbessert. Klee gras unterdrückt zudem Unkraut und bindet Luftstickstoff, welcher nach dem Umbruch als Gründüngung für die Folgekultur verfügbar wird. Das Schnittmaterial eignet sich zudem als Transfermulch und wird auch als Tierfutter geschätzt. Die Bereitstellung von Stickstoff aus frischem Klee gras-Mulch kann jedoch häufig nicht optimal mit den Stickstoffbedarfsspitzen im Gemüsebau synchronisiert werden. Das gilt insbesondere dann, wenn Frühgemüse-Kulturen für den Betrieb eine wichtige Rolle spielen.

Probleme entstehen, wenn sich das Klee gras nicht richtig etabliert, etwa durch Trockenheit oder bei zu kurzer Standzeit, was dann häufig in Unkrautproblemen resultiert. Bei Bedarf kann eine zusätzliche Bewässerung von den Befragten aus organisatorischen Gründen in der Regel nicht gewährleistet werden. Zweijähriges Klee gras gilt als besonders effizient bei der Unterdrückung von Unkraut; mit zunehmender Standdauer gestaltet sich jedoch die Nachbereitung sich nach dem Umbruch als schwierig, da die kräftigen Wurzelballen die Maschinen

verstopfen. Als problematisch wird auch der hohe Flächenbedarf sowie die lange Belegung der Flächen gesehen, die Maßnahme eignet sich zudem nicht für Tauschflächen. Auch kann die Maßnahme das Auftreten von Schädlingen wie Drahtwürmern, Mäusen, Schnecken und Wiesenwanzen fördern. Drahtwürmer sowie das Risiko von Fehlschlägen durch Trockenheit stellen in der Befragung die häufigsten Gründe für einen Verzicht auf Klee grasjahre dar.

2.8 Anbau von Körnerleguminosen am Beispiel von Ackerbohnen, insbesondere Ackerbohrendichtsaaen

2.8.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Anbaumaßnahmen

Allgemeine Beschreibung:

Unter der Überschrift „Anbau von Körnerleguminosen als Nährstoffmanagement-Maßnahme im ökologischen Gemüsebau“ lassen sich eine Reihe recht unterschiedlicher Anbaumaßnahmen subsumieren. Wichtige Beispiele sind:

- (5) Anbau von Körnerleguminosen mit dem Ziel, die erzeugten Körner zu verkaufen oder als Tierfutter zu verwenden. In diesem Fall steht nur der Stickstoff, der in der Restpflanze und den Wurzeln zurückbleibt, für das Nährstoffmanagement zur Verfügung.
- (6) Anbau von Körnerleguminosen mit dem Ziel, den Pflanzenaufwuchs noch vor der generativen Phase in den Boden einzuarbeiten. In diesem Fall ist der Stickstoffgehalt der Gesamtpflanze incl. der Wurzeln für das Nährstoffmanagement entscheidend. Es kann dabei zwischen folgenden Fällen unterschieden werden:
 - a. klassische Gründüngung, die Körnerleguminosen enthält bzw. aus einer Mischung unterschiedlicher Körnerleguminosen besteht.
 - b. Leguminosen-Dichtsaat, z. B. Ackerbohrendichtsaat, mit dem Ziel möglichst viel Stickstoff aus der Luft zu binden. Es wird dabei mit sehr hohen Aussaatdichten gearbeitet, bei Ackerbohnen beispielsweise mit einer Aussaatdichte von 1000 kg Ackerbohnen-Saatgut pro ha (siehe untenstehende Modellrechnung)
- (7) Anbau von Körnerleguminosen mit dem Ziel, die erzeugten Körner zur Produktion von Körnerleguminosen-Schrot zu nutzen, der dann als organischer Dünger verwendet wird. Alternativ können die Körner auch ohne vorherige Zerkleinerung als Dünger ausgebracht werden, um sie dann nach Quellung und Keimung mit einem zerkleinernden Bodenbearbeitungsschritt einzuarbeiten. Unter der Voraussetzung, dass der Betrieb die als Dünger verwendeten Körner selbst produziert, steht hier Stickstoff aus den Körnern und aus der Restpflanze zur Verfügung.

Chemische und pflanzenernährungsrelevante Eigenschaften von Ackerbohnen:

Im Hinblick auf die Zusammensetzung von Ackerbohnen-Körnern geben die im Steckbrief zu Ackerbohenschrot und -korn zusammengestellten Inhaltsstoffangaben gute Anhaltspunkte. Für die Nährstoffmengen in Ganzpflanzenbeständen von Körnerleguminosen gibt es in der Literatur zwar verschiedene ertragsabhängige Faustzahlen (vgl. KTBL 2021). Diese lassen sich aber nicht direkt auf Ackerbohrendichtsaaen übertragen. In der untenstehenden Modellrechnung wurde deshalb auf die Schätzung einer erfahrenen Betriebsleiter*in zurückgegriffen. Für den Anteil an kurz- bis mittelfristig verfügbarem Stickstoff ist das C/N-Verhältnis der Gesamt- bzw. Restpflanzen maßgeblich. Ackerbohnen weisen im frischen oberirdischen Aufwuchs ein relativ enges C/N-Verhältnis auf, im Stroh dagegen zeigen sie ein weites C/N-Verhältnis.

Nährstoffprofil und Wirkung auf die Nährstoffbilanz:

Zum Nährstoffprofil von Ackerbohnen-Körnern vgl. Steckbrief zu Ackerbohenschrot und -korn. Umgebrochene Pflanzenbestände, z. B. von Ackerbohrendichtsaaen, haben in der Regel eine günstige Wirkung auf Stickstoff- und Humusbilanzen. Der Beitrag zur Stickstoffbilanz wird dabei stark vom Umbruchzeitpunkt bestimmt, da die

Menge des neu generierten Stickstoffs von der symbiontischen N-Fixierung abhängt, die im Frühsommer und Sommer viel stärker ausgeprägt ist als im Zeitraum Herbst-Winter-Frühjahr.

Weitere Kommentare:

Das Gelingen von Nährstoffmanagement-Maßnahmen, die auf dem Anbau von Körnerleguminosen basieren, ist stark abhängig von der Wasserversorgung des Standorts.

Ökologische Auswirkungen: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

| Beitrag Humusaufbau | Wirkung als CO ₂ -Senke | Förderung Biodiversität |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| ++ | ++ | + |

2.8.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Ackerbohrendichtsaat, Aussaatzeitpunkt Anfang März, Aussaatdichte: 1000 kg Ackerbohnen-Saatgut/ha aus Öko-Nachbau, unterschiedliche Einarbeitungszeitpunkte möglich, Pflanzenaufwuchs: 80 t/ha (Frischmasse) bei später Einarbeitung

Die Mengen an Stickstoff (N_{ges}), die durch legume N-Fixierung generiert werden, variieren in Abhängigkeit vom Einarbeitungszeitpunkt. Es wird von folgenden Schätzwerten ausgegangen:

Frühe Einarbeitung (z.B. April/Mai): 40 kg N/ha, dabei stammt der Hauptanteil des Stickstoffs aus den ausgesäten Körnern.

Späte Einarbeitung (z.B. Juni/Juli): 80 kg N/ha

Mechanisierungsgrad des Betriebs: 67 kW-Schlepper und entsprechende Anbaugeräte

Dieselbedarf: 33,53 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|-------|---------------------|---------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Ackerbohnen-Saatgut: | | | 510,00 |
| <hr/> | | | |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 0,31 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 98,28 |
| <hr/> | | | |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 47,89 | | |
| Betriebsstoffe: | 26,84 | Summe: | 74,73 |
| <hr/> | | | |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 35,48 | | |
| Zinskosten: | 9,28 | | |
| Sonstige Kosten: | 4,26 | Summe | 49,02 |
| <hr/> | | | |
| Gesamtkosten | | | 732,03 |
| <hr/> | | | |
| Gesamtkosten bezogen auf N-Menge [€/kg N] | | frühe Einarbeitung: | 18,30 |
| | | späte Einarbeitung: | 9,15 |
| <hr/> | | | |

Stickstoff-Fractionen und Mengen anderer Nährstoffe, die durch die Maßnahme generiert bzw. zugeführt werden (geschätzt):

| | | |
|---|---------------------|-------|
| Gesamt-Stickstoff [kg N _{ges} /ha] | frühe Einarbeitung: | 40 |
| | späte Einarbeitung: | 80 |
| Kurz- bis mittelfristig verfügbarer Stickstoff [kg N _{kmfr} /ha] | frühe Einarbeitung: | 20 |
| | späte Einarbeitung: | 40 |
| Phosphat [kg P ₂ O ₅ /ha] | | - |
| Organische Masse, oberirdisch [t Org. Masse/ha] | späte Einarbeitung: | 13,70 |
| Humusreproduktionsleistung [kg C/ha] | späte Einarbeitung: | 1.220 |

2.9 Winterzwischenfrüchte

2.9.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Anbaumaßnahmen

Allgemeine Beschreibung:

Winterzwischenfrüchten kommt durch ihre Fähigkeit, Stickstoff aus der vorhergehenden Vegetationsperiode zu konservieren und vor der Auswaschung zu schützen, eine wichtige Bedeutung für das Nährstoffmanagement zu. Daneben sind Winterzwischenfrüchte in der Lage, längerfristig gebundene Nährstoffvorräte im Boden zu mobilisieren. Leguminosenhaltige Winterzwischenfrüchte verfügen außerdem in gewissem Umfang über die Fähigkeit, Luftstickstoff zu binden. Im Winterhalbjahr kommt diese Fähigkeit der Leguminosen aber kaum zum Tragen, so dass sich die Nährstoffversorgung der Winterzwischenfrüchte zum größten Teil aus der Nutzung im Boden vorhandener Nährstoffvorräte ergibt. Da Winterzwischenfrüchte im Gemüsebau üblicherweise keiner Futternutzung zugeführt werden, spricht man im Gemüsebau auch häufig von Winterbegrünung anstelle von Winterzwischenfruchtanbau.

Neben der Konservierung bzw. Mobilisierung von Stickstoff kommen dem Winterzwischenfruchtanbau weitere wichtige pflanzenbauliche Funktionen zu, wie z.B.:

- Verhinderung von Wasser- und Winderosion
- Verhinderung von Verschlämmung
- Lockerung des Bodens durch Durchwurzelung
- Zufuhr an organischer Substanz in den Boden durch Einarbeitung der Pflanzen
- mittelfristige Steigerung des Humusgehalts
- Förderung von Kleintieren und Insekten durch die zeitliche und räumliche Bildung von „grünen Brücken“
- Ernährung und Förderung des Boden-Edaphons
- Förderung des Insektenlebens, insbesondere wenn die Zwischenfrüchte zum Blühen kommen

Winterzwischenfrüchte können in Reinsaat oder in Mischungen angebaut werden. Man kann außerdem unterscheiden zwischen abfrierenden und nicht abfrierenden Winterzwischenfrüchten. Zu den abfrierenden Winterzwischenfrüchten zählen zum Beispiel Phacelia, Rauhafer, Gelbsenf und Ökrettich. Zu den nicht abfrierenden Winterzwischenfrüchten gehören der Grünroggen oder Mischungen aus Wintergetreide mit Winterleguminosen. Die wohl bekannteste Mischung dieser Art ist der sogenannte Wickroggen, eine Mischung aus Grünroggen und Winterwicke. Im Folgenden werden Modellrechnungen für die beiden nicht abfrierenden Winterzwischenfrüchte Grünroggen und Wickroggen vorgestellt. Eine Modellrechnung für eine abfrierende Winterzwischenfrucht findet sich im Steckbrief zur Gründüngung am Beispiel der Gründüngungspflanze Phacelia.

2.9.2 Modellrechnungen

Annahmen für beide Modellrechnungen:

Mechanisierungsgrad des Betriebs: 67 kW-Schlepper und entsprechende Anbaugeräte

Dieselbedarf jeweils ca. 33 l/ha

Kostenzusammenstellung:

Grünroggensaatgut

Kostenzusammenstellung Grünroggensaatgut

| | | | |
|--|-----------------------------|--------|---------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Grünroggensaatgut*: | a) z. T. Nachbau | | 62,40 |
| | b) Protector' Bio-Z-Saatgut | | 122,40 |
| <hr/> | | | |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 4,54 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 95,34 |
| <hr/> | | | |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 47,13 | | |
| Betriebsstoffe: | 26,51 | Summe: | 73,64 |
| <hr/> | | | |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 35,00 | | |
| Zinskosten: | 9,15 | | |
| Sonstige Kosten: | 4,16 | Summe | 48,31 |
| <hr/> | | | |
| Gesamtkosten | a) z. T. Nachbau | | 279,69 |
| | b) Protector' Bio-Z-Saatgut | | 339,69 |

Anm.: *Das Saatgut gibt es in unterschiedlichen Qualitäten, hier zwei Alternativen a) und b).

Wickroggen-Saatgut

Kostenzusammenstellung Wickroggen-Saatgut

| | | | |
|--|-------|--------|---------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Wickroggensaatgut: | | | 241,80 |
| <hr/> | | | |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 4,56 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 95,76 |
| <hr/> | | | |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 47,20 | | |
| Betriebsstoffe: | 26,55 | Summe: | 73,75 |
| <hr/> | | | |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 35,05 | | |
| Zinskosten: | 9,17 | | |
| Sonstige Kosten: | 4,17 | Summe | 48,39 |
| <hr/> | | | |
| Gesamtkosten | | | 459,70 |

2.10 Gründüngung

2.10.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Anbaumaßnahmen

Allgemeine Beschreibung:

In der vorliegenden Zusammenstellung werden unter der Rubrik „Gründüngung“ sowohl abfrierende Winterzwischenfrüchte als auch im Sommer kultivierte Leguminosenarten mit kurzen Aufwuchszeiten subsumiert. Wichtige Beispiele sind Phacelia, Buchweizen, Sommerwicke, Weißklee, Perserklee etc. Gründüngungsarten können in Reinsaat oder in Mischungen angebaut werden. Ähnlich wie bei den Winterzwischenfrüchten, kommt auch diesen Arten eine wichtige Bedeutung im Nährstoffmanagement zu, indem sie die Fähigkeit besitzen, Stickstoff zu konservieren und vor der Auswaschung zu schützen. Anders als beim Winterzwischenfruchtanbau spielt beim sommerlichen Gründüngungsanbau aber die Fähigkeit der Leguminosen, Stickstoff aus der Luft zu binden, eine größere Rolle. In vielen Öko-Gemüsebaubetrieben werden in mehrjährigen Fruchtfolgen regelmäßige Sommer-Gründüngungsphasen eingeplant, um den Böden nach intensivem Hackfruchtanbau die Möglichkeit zur Ruhe und Regeneration zu geben.

Ebenfalls ähnlich wie bei den Winterzwischenfrüchten, kommen auch dem Gründüngungsanbau weitere wichtige pflanzenbauliche Funktionen zu, wie z.B.:

- Verhinderung von Wasser- und Winderosion
- Verhinderung von Verschlammung
- Lockerung des Bodens durch Durchwurzelung
- Zufuhr an organischer Substanz in den Boden durch Einarbeitung der Pflanzen
- mittelfristige Steigerung des Humusgehalts
- Förderung von Kleintieren und Insekten durch die zeitliche und räumliche Bildung von „grünen Brücken“
- Ernährung und Förderung des Boden-Edaphons
- Förderung des Insektenlebens, insbesondere wenn die Zwischenfrüchte zum Blühen kommen

2.10.2 Modellrechnungen

Annahmen:

Als Gründüngung bzw. abfrierende Winterzwischenfrucht dient Phacelia

Die Phacelia-Gründüngung stirbt durch Frosteinwirkung ab, wodurch verschiedene Zerkleinerungs- und Bodenbearbeitungsschritte am Ende der Kultivierung entfallen!

Mechanisierungsgrad des Betriebs: 67 kW-Schlepper und entsprechende Anbaugeräte

Dieselbedarf 14,37 l/ha

Kostenzusammenstellung:

| | | | |
|--|-------|--------|---------------|
| Direktkosten [€/ha] | | | |
| Kosten für Phacelia-Z-Saatgut: | | | 64,35 |
| <hr/> | | | |
| Arbeitskosten [€/ha] | | | |
| Arbeitszeit: 1,95 AKh, Lohnansatz 21 €/AKh | | | 40,95 |
| <hr/> | | | |
| Variable Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Reparaturkosten: | 20,41 | | |
| Betriebsstoffe: | 11,50 | Summe: | 31,91 |
| <hr/> | | | |
| Fixe Maschinenkosten [€/ha] | | | |
| Abschreibungskosten: | 13,91 | | |
| Zinskosten: | 3,94 | | |
| Sonstige Kosten: | 1,72 | Summe | 19,57 |
| <hr/> | | | |
| Gesamtkosten | | | 156,78 |
| <hr/> | | | |

2.11 Living Mulch und Untersaaten

2.11.1 Sachbezogene Informationen

Kategorie: Anbaumaßnahmen

Allgemeine Beschreibung:

Untersaat und Living Mulch-Systeme haben gemeinsam, dass in beiden Fällen mindestens zwei verschiedenen Pflanzenarten gezielt auf der gleichen Fläche angebaut werden, um dadurch günstige pflanzenbauliche Effekte zu erzielen. In der englischsprachigen Literatur werden beide Maßnahmen auch unter dem Stichwort Intercropping subsumiert.

Unter Untersaat versteht man üblicherweise ein Vorgehen, bei dem gleichzeitig oder nach der Aussaat einer Hauptfrucht (z.B. Getreide) eine weitere Pflanzenart ausgesät wird, die die Hauptfrucht im Hinblick auf den Nährstoffhaushalt unterstützen soll. Ein Beispiel hierfür ist die Leguminosenart Weißklee, die nachträglich in einen Getreidebestand eingesät wird. Die Hauptfrucht ist hier gleichzeitig auch Deckfrucht. Der untergesäten Leguminosenart können neben der Verbesserung des Nährstoffhaushalts auch weitere Funktionen, wie z. B. Erosionsschutz, zukommen.

Der Begriff Living Mulch-Systeme wird meistens im Zusammenhang mit gepflanzten Gemüsekulturen verwendet, die durch eine vorher oder gleichzeitig mit der Pflanzung ausgesäte Leguminose in ihrem Nährstoffhaushalt unterstützt werden. Ein Beispiel ist ein Kohlbestand, der in einem räumlich abgestimmten Bestand von vorher ausgesäten Ackerbohnen etabliert wird. Je nach Führung des gemeinsamen Bestands kommt hier der unterstützenden Leguminosenart gleichzeitig die Funktion einer Deckfrucht zu.

2.11.2 Einschätzungen aus der Praxis: Living Mulch und Untersaaten

Untersaaten und Living Mulch Systeme sind bisher nur auf wenigen der Betriebe etabliert, hauptsächlich in Getreide- und seltener in Gemüsekulturen; darüber hinaus haben einige der Umfrageteilnehmer bisher jedoch zumindest experimentelle Erfahrungswerte mit der Maßnahme gesammelt. Der Maßnahme wird grundsätzlich ein bodenverbessernder Effekt zugeschrieben. Neben dem Humusaufbau werden auch Nützlinge gefördert. Der Bewuchs verringert zudem die Verdunstung, unterdrückt Unkraut und verbessert die Regeninfiltration. Zusätzlich dient er als Schutz für die Ernteprodukte der Hauptfrucht, etwa als Spritzwasserschutz für Zucchini sowie Schutz vor Erdanhaftungen bei Kürbissen. Nach der Ernte der Hauptfrucht wird der Boden beschattet und vor Erosion geschützt; verbleibende Nährstoffe werden aufgenommen und so vor der Auswaschung bewahrt. Werden Leguminosen eingesetzt, binden diese zudem Stickstoff aus der Luft. Eine direkte Düngewirkung für die Hauptfrucht wurde jedoch noch nicht gesichert beobachtet. Die Maßnahme eigne sich besonders gut für lang stehende Kulturen, als vielversprechendes Beispiel wird etwa Klee als langfristige Nährstoffquelle in Mais beschrieben; auch bestehe bei dieser Kombination, aufgrund der unterschiedlichen Durchwurzelungstiefe, keine Konkurrenz um Wasser. Die Eignung für Gemüsekulturen wurde hingegen von vielen der Befragten angezweifelt. Problematisch sei hier die kurze Standzeit; durch den schnellen Bestandesschluss könne sich eine Untersaat oft nicht mehr richtig etablieren, was Unkrautprobleme zur Folge habe. So wurde in mehreren Fällen beobachtet, dass sich Roggen, Erbsen und Weißklee als Untersaaten in Weißkohl aufgrund der Beschattung durch die großen Blätter der Hauptfrucht nicht etablierten. Bei Living Mulch Systemen, welche bereits vor der Hauptkultur etabliert werden, wird hingegen eine Konkurrenz zur Hauptfrucht befürchtet. Zudem begünstige der zusätzliche Bewuchs Drahtwürmer und Mäuse; eine positive Auswirkung auf die Regenwurmpopulation wurde jedoch ebenfalls beobachtet.

