

OSTSEE

Nährstoff-
management
für die Ostsee

Schutz





Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,

die Ostsee ist Lebensraum, Erholungsraum und auch Nutzungsraum für unser Land. Sie steht für Natur, Wirtschaft, Fischerei, Tourismus – und sie ist ein Spiegel dafür, wie verantwortungsvoll wir mit unserer Umwelt umgehen. Doch das Ökosystem Ostsee ist auch verletzlich. In den letzten Jahrzehnten haben die Belastungen unter anderem durch Nährstoffeinträge, insbesondere durch Stickstoff und Phosphat zugenommen. Die Folgen dieser Einträge sind Algenblüten, Sauerstoffmangel im

Wasser sowie Veränderungen der Lebensräume in der Ostsee und in den Oberflächengewässern ihrer Einzugsgebiete. Die vorliegende Artikelserie richtet sich insbesondere an landwirtschaftliche Betriebe, Beraterinnen und Berater sowie weitere Akteure im Ostseeeinzugsgebiet.

Der Aktionsplan Ostseeschutz 2030 der Landesregierung gibt den Rahmen vor, um den Eintrag von Nährstoffen in die Ostsee nachhaltig zu reduzieren. Dieses Ziel wird nur erreicht werden, wenn sämtliche Akteure an einem Strang ziehen – die Landwirtschaft, die Beratung, die Wissenschaft, die Verwaltung und die Gesellschaft. Gerade wir als Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein sehen uns hier in einer besonderen Rolle: Wir stehen an der Schnittstelle zwischen landwirtschaftlicher Praxis, politischer Vorgabe und wissenschaftlichen Erkenntnissen. Unser Auftrag ist es, die Betriebe auf diesem Weg zu begleiten, praxisgerechte Lösungen zu entwickeln und Wissen in die Fläche zu bringen. Alle Beiträge dieser Serie sind praxisnah aufbereitet und geben konkrete Hinweise für die Umsetzung im Betriebsalltag.

Vor diesem Hintergrund hat die Landwirtschaftskammer im Rahmen der Zielvereinbarung für den Ostseeschutz 2030 die Aufgabe übernommen, landwirtschaftliche Betriebe in den Einzugsgebieten für den Ostseeschutz zu sensibilisieren und Maßnahmen für eine gewässerschonenden Land- und Gewässerbewirtschaftung im Rahmen von Weiterbildungsveranstaltungen zu vermitteln.

In der vorliegenden Artikelserie mit 21 Fachbeiträgen werden verschiedenste pflanzenbauliche und technische Maßnahmen beleuchtet, die Stellschrauben darstellen, um direkte und indirekte Nährstoffeinträge in Gewässer zu reduzieren. Neben Möglichkeiten zur Optimierung von Fruchtfolgen und des Düngemanagements werden auch technische Lösungen zur verlustarmen Lagerung von Futtermitteln und Wirtschaftsdüngern erläutert. Viele der vorgestellten Maßnahmen dienen nicht nur dem Gewässerschutz, sondern können zugleich die betriebliche Effizienz und Ressourcennutzung verbessern. Abgerundet wird die Artikelserie mit Beispielen für gewässerbauliche Maßnahmen zum Nährstoffrückhalt.

Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser, diese fachlich umfassende Artikelserie gibt Ihnen die Möglichkeit, sich mit gewässerschonenden Maßnahmen in Ihrem Verantwortungsbereich auseinanderzusetzen und aktiv zum Ostseeschutz beizutragen. Ziel aller Akteure soll es sein, die Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer der Ostseeeinzugsgebiete zu reduzieren. Das ist der Beitrag, den Schleswig-Holstein zur Verbesserung des ökologischen Zustands der Ostsee leisten muss.

Ute Volquardsen

Präsidentin der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein



Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Landwirtschaft bringt sich ein mit Zielvereinbarungen

Neue Artikelserie zum Ostseeschutz, Teil 1

Im März 2024 hat die Landesregierung Schleswig-Holstein den Aktionsplan Ostseeschutz 2030 (Apos 2030) beschlossen. Ziel ist es, mit verschiedenen Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustands der Ostsee beizutragen. Ein zentrales Handlungsfeld ist dabei die Begrenzung der anhaltenden Eutrophierung der Küstengewässer. Dieser Beitrag bildet den Auftakt einer Artikelserie, die in den kommenden Wochen im Bauernblatt darstellt, welche Maßnahmen aktuell umgesetzt werden, wie weit regionale Prozesse fortgeschritten sind und welche Rolle die Landwirtschaft dabei spielt.

Nach dem aktuellen Zustandsbericht der Helsinki-Kommission (Helcom) gelten über 94 % der Ostsee als eutrophiert.

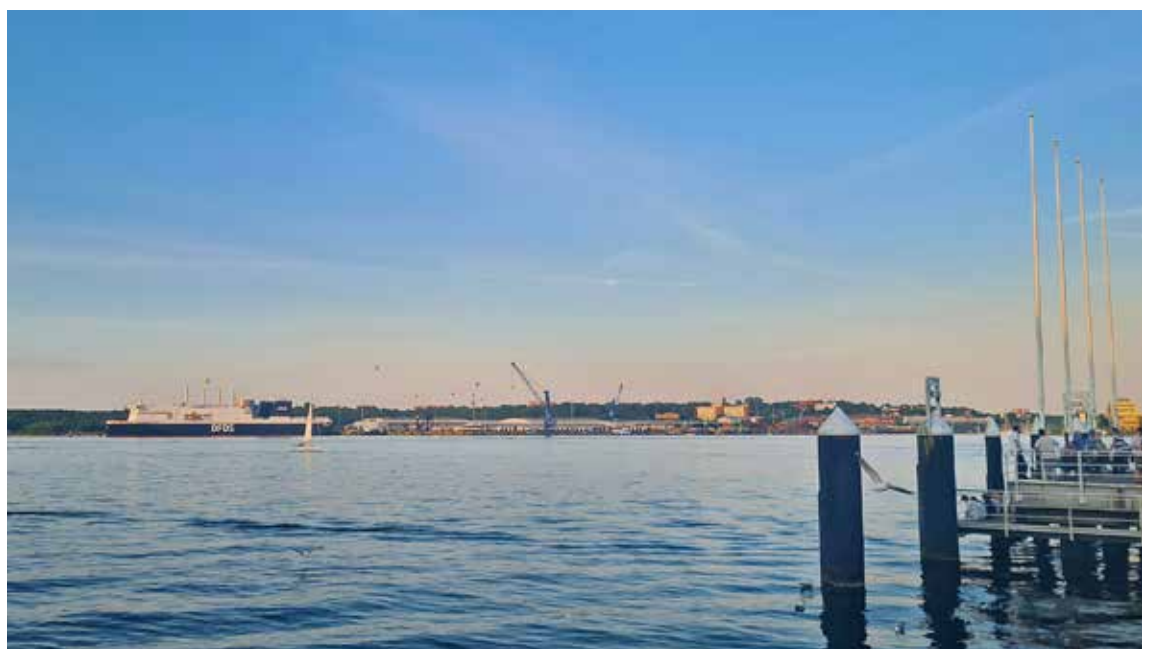
Belastung der Ostsee durch Nährstoffeinträge

Zu hohe Stickstoff- und Phosphoreinträge – insbesondere aus den Küstenregionen der Anrainer-

staaten – führen zu verstärktem Algenwachstum, eingeschränkter Lichtdurchlässigkeit und einer Ausbreitung sauerstoffarmer Zonen mit negativen Folgen für die Biodiversität.

Die Hauptquellen für Nährstoffeinträge im Einzugsgebiet der Ostsee sind die Landwirtschaft und die Kläranlagen. Für die schleswig-holsteinische Ostseeküste wurden im Jahr 2024 mo-

dellert, dass 78 % der Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft und 13 % aus der Siedlungswasserwirtschaft stammen. Für Phosphor zeigen die Ergebnisse einen Anteil von 41 % aus der Land-



Mit dem Aktionsplan Ostseeschutz 2030 der Landesregierung soll der ökologische Zustands der Ostsee verbessert werden. Ein zentrales Handlungsfeld ist dabei die Begrenzung der anhaltenden Eutrophierung der Küstengewässer. In den kommenden Wochen erscheinen im Bauernblatt immer wieder Artikel, die informieren, welche Maßnahmen aktuell umgesetzt werden. Hier zu sehen der Blick auf die Ostsee an der Kieler Innenförde Foto: Daniela Rixen

Abbildung: Die fünf Ostseebeiräte im Wassereinzugsgebiet der Ostsee



Quelle: <https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/APOS2030/index.html?lang=de#&ate> (APOS2030).

wirtschaft und 38 % aus der Siedlungswasserwirtschaft.

In den vergangenen zwei Jahrzehnten (2020 im Vergleich zu 1997 bis 2003) konnten die Gesamtbelastungen der Ostsee mit Stickstoff und Phosphor um 12 beziehungsweise 28 % gesenkt werden (Helcom-Thematic-assessment-of-eutrophication-2016-2021.pdf – siehe Seite 11). Den größten Anteil daran hatte die Modernisierung von Kläranlagen. Bei den landwirtschaftlichen Eintragspfaden konnte im gesamten Ostseeraum hingegen bislang kein ausreichender Rückgang erreicht werden.

Wie war die Entwicklung im Düngerecht?

Deutschland als einer von neun Ostsee-Anrainerstaaten hat in den vergangenen Jahren düngerechtliche Anpassungen vorgenommen, um die Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft an den deutschen Küstengewässern weiter zu reduzieren. Insbesondere die letzten Anpassungen der Düngeverordnung und die damit verbundenen landesrechtlichen Ausweisungen von sogenannten Roten Gebieten leisten einen Beitrag zum Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer. Aufgrund dieser und anderer Veränderungen, zum Beispiel Veränderungen in der Agrarstruktur oder

steigender Betriebsmittelkosten, zeigen die Flächenbilanzsalden für Stickstoff in Deutschland seit dem Jahr 2015 einen abnehmenden Trend und reduzierten sich von 85 kg N/ha auf 50 kg N/ha im Jahr 2022. Auch die Gesamtbilanz liegt derzeit unter 70 kg N/ha, was dem aktuellen Ziel der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie entspricht.

Dieser positive Trend ist auch in Schleswig-Holstein feststellbar. Aufgrund der besonderen Agrarstruktur und der im Vergleich zu anderen Flächenländern großen Bedeutung der Tierhaltung sind die Nährstoffüberschüsse regional allerdings noch zu hoch. Um die Wirkung der Düngeverordnung besser bewerten zu können, wurde im Jahr 2023 in Schleswig-Holstein ein elektronisches Meldesystem (Endo-SH) im Düngerecht eingeführt. Dieses System ist eine wichtige Grundlage, um den Verpflichtungen zur Umsetzung der EU-Nitratrikhtlinie gegenüber der EU-Kommission nachzukommen und um weitere regionale Handlungsbedarfe zu identifizieren. Auch für den Ostseeschutz lassen sich aus Endo-SH wichtige Informationen ableiten, sodass Schleswig-Holstein bei der Digitalisierung im Düngerecht eine Vorreiterrolle in Deutschland übernimmt.

Zielvereinbarung mit der Landwirtschaft

Die Umsetzung der düngerechtlichen Vorgaben wird gemeinsam mit der landesweiten Gewässerschutzberatung auch in den kommenden Jahren zur Verbesserung des Ostseeschutzes beitragen. Neben rechtlichen Vorgaben setzt der Apos 2030 auch auf freiwillige Maßnahmen. Ein zentrales Instrument ist die Zielvereinbarung mit der Landwirtschaft, die im Dezember 2024 von Landwirtschafts- (MLLEV) und Umweltministerium sowie vier landwirtschaftlichen

Verbänden (Bauernverband, Familienbetriebe Land und Forst, Land schafft Verbindung, Landesvereinigung ökologischer Landbau) unterzeichnet wurde. Sie berücksichtigt die regional unterschiedlichen Agrarstrukturen und Nährstoffeinträge. Ziel ist es, gemeinsam mit den Akteuren vor Ort passgenaue Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen.

Fünf Ostseebeiräte als regionale Plattformen

Als erster Umsetzungsschritt wurden entlang der schleswig-holsteinischen Ostseeküste fünf Ostseebeiräte gegründet – jeweils unter Vorsitz eines landwirtschaftlichen Verbandes. Sie setzen sich aus Vertretern der Landwirtschaft, der Wasser- und Bodenverbände sowie aktiven Landwirten zusammen. Auch Akteure aus dem Naturschutz sind ausdrücklich Teil des Prozesses und können aktiv in die Arbeit der Beiräte einbezogen werden, um regionale Besonderheiten und ökologische Erfordernisse zu berücksichtigen.

Die Beiräte haben sich bis Ende Februar 2025 konstituiert und bereits dreimal getagt. Im Mittelpunkt steht derzeit die Erarbeitung regionaler Umsetzungspläne auf Grundlage der Ziele des Aktionsplans Ostseeschutz 2030. Ziel ist es, durch die enge Zusammenarbeit aller relevanten Gruppen mit freiwilligen Maßnahmen bis 2035 rund 400 t Stickstoff und 13 t Phosphor einzusparen und so einen wirksamen Beitrag zum Schutz der Ostsee zu leisten.

Regionale Maßnahmen: Konkret und praxisnah

Die Zielvereinbarung enthält bereits einen umfassenden Maßnahmenkatalog. Die Ostseebeiräte sind nun beauftragt, diese Maßnahmen zu konkretisieren, zu priorisieren und zu quantifizieren – jeweils angepasst an die regionalen Gegebenheiten, um eine breite Akzeptanz zu finden.

Der Katalog umfasst sowohl bewährte Instrumente wie Fruchtfolgegestaltung, Düngemanagement oder Landnutzung als auch innovative Ansätze, etwa biologische oder technische Rückhaltmaßnahmen für Drainagen. Die Um-

setzungspläne sollen bis Oktober 2025 fertiggestellt und anschließend durch eine Steuerungsgruppe (bestehend aus Ministerien und Verbänden) bestätigt werden.

Modellregionen und Fördervorschläge

Parallel identifizieren die Beiräte aktuelle Fragestellungen und Entwicklungsbedarfe in der Praxis – etwa bei Maßnahmen, die noch nicht flächendeckend anwendbar sind. Darauf aufbauend sollen Modellregionen eingerichtet werden, in denen neue Ansätze über mehrere Jahre wissenschaftlich begleitet und mit Landesmitteln gefördert umgesetzt werden. Zudem entwickeln die Beiräte praxisnahe Empfehlungen für zukünftige Fördermaßnahmen. Aktuell steht dabei ein Förderprogramm für temporäre Gewässerrandstreifen im Fokus der Diskussion.

Öffentlichkeitsarbeit und nächste Schritte

Die Mitglieder der Ostseebeiräte engagieren sich in diesem Prozess ehrenamtlich – mit hoher fachlicher Expertise und großem Einsatz. Um den Austausch in dieser Startphase weiterzufördern, hat das MLLEV mit der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (LKSH) eine Vereinbarung zur verstärkten Öffentlichkeitsarbeit für das Jahr 2025 geschlossen. Hierzu sind in Kooperation mit den Ostseebeiräten Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen auf lokaler Ebene in Planung, die zum Ziel haben, die ortsansässigen Landwirtinnen und Landwirte noch stärker für die Belange des Ostseeschutzes zu sensibilisieren. Landwirte und Multiplikatoren sollen dabei aktiv eingebunden werden, um für die fünf Regionen der Ostseebeiräte möglichst viele Synergien herzustellen.

Auch diese Artikelserie mit gebündelten Informationen zum Thema Ostseeschutz in der Landwirtschaft, deren Auftakt hier zu lesen ist, soll ihren Beitrag zur verstärkten Wahrnehmung in der Öffentlichkeit leisten. Der erste Fachartikel zu dem Thema erscheint in der kommenden Ausgabe im Bauernblatt.

Dr. Thorsten Reinsch
MLLEV

Entwicklung bei Messstellen und Monitoring

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 2

Die Ostsee leidet unter zu hohen Nährstoffeinträgen aus dem Binnenland. In diesem Beitrag werden die Monitoringprogramme zur Erfassung der Einträge, deren Entwicklung, Methoden zur Ermittlung der Herkunft sowie Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Verminderung der Nährstoffeinträge in die Ostsee beschrieben.

Nord- und Ostsee werden nach wie vor durch zu hohe Nähr- und Schadstoffeinträge aus ihren landseitigen Einzugsgebieten belastet, sodass als Folge der Eutrophierung die Ausbildung typischer Lebensgemeinschaften und damit die Zielerreichung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) und der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (EU-MSRL) verhindert werden. Um die Nährstoffbelastung der Meere zu erfassen und die Wirksamkeit von Maßnahmen zu beurteilen, werden seit 1991 mit national und international abgestimmten Regeln und Methoden die Abflüsse und Nährstoffkonzentrationen an zunächst neun und seit Wirksamwerden der WRRL an zwölf Messstellen von Fließgewässern mit einem bedeutsamen Einzugsgebiet in Schleswig-Holstein erfasst. Für die Ermittlung der Frachten aus dem Binnenland in die Ostsee werden an diesen zwölf Frachtmessstellen jährlich in der Regel zwölfmal im Jahr die Konzentrationen von unter anderem Nitrat, Ammonium, Gesamt-Stickstoff, Ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphor gemäß der Vorgaben der Oberflächengewässerverordnung (OgewV, § 9) gemessen und ausgewertet.

Aus den monatlichen Konzentrationsmessungen werden zusammen mit den aus Pegelständen und über Schlüsselkurven ermittelten Abflüssen die Frachten berechnet. Die Frachten werden über das Umweltbundesamt jährlich an das Büro des Meeresschutzabkommens, Helcom, berichtet. Die Helcom ist eine Kommission, in der die Anrainerstaaten gemein-



Im Einzugsgebiet der schleswig-holsteinischen Ostsee gilt es, für die Nährstoffe Stickstoff und Phosphat verschiedene Eintragspfade zu beleuchten, um eine Optimierung der Gewässergüte zu erreichen. Foto: Dr. Lars Biernat

sam für den Schutz der Ostsee arbeiten.

Die Lage der Messstellen, die Konzentrationen sowie die jährlichen Frachten sind online über das Wasserkörper- und Nährstoffinformationssystem Wanis (<https://t1p.de/x7gnw>) des Landes zugänglich.

Entwicklung der Nährstofffrachten

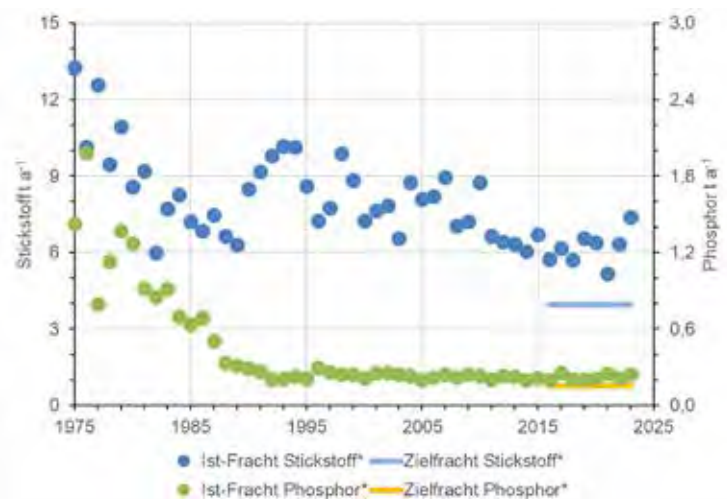
Zum Zeitpunkt der Aufstellung des Aktionsplans Ostseeschutz 2030 wurden im Mittel der Jahre 2018 bis 2022 rund 6.032 t Stickstoff und 218 t Phosphor aus Schleswig-Holstein als Nährstofffracht in die Ostsee eingetragen (Abbildung 1). Die Frachten beider Nährstoffe haben sich seit Mitte der 1970er Jahre bis zu Beginn der 1990er Jahre als Folge des Kläranlagenausbaus um mehr als die Hälfte verringert. Danach haben sich die Stickstofffrachten, bedingt durch Anpassungen der Landwirtschaft, langsam, aber stetig im Mittel weiterverringert. Bei Phosphor stagniert der Rückgang der Frachten seit Ende der 1990er Jahre, weil effektive Maßnahmen weitgehend fehlen und die hohen Phosphorvorräte in den Böden nur sehr langsam abgebaut werden.

Minderungsbedarf abschätzen

Um abzuschätzen, um wie viel die Nährstofffrachten aus dem Binnenland in die Meere verringert werden müssen, wurde von der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) eine Methode entwickelt und als Ergebnis mit einer für die Ostseezuflüsse im Über-

gangsbereich von Süß- zu Salzwasser zu erreichenden Zielkonzentration von 2,6 mg/l Gesamt-Stickstoff als Jahresmittelwert rechtlich verbindlich verankert (OGewV § 14). Bei der Methode wurden die von anderen Ostseeanliegern im Rahmen des Helcom-Meeresschutzplans zu erbringenden Minderungen als Randbedingung berücksichtigt. Danach müssen die

Abbildung 1: Entwicklung der abflussnormierten Stickstoff- und Phosphorfrachten aus Schleswig-Holstein in die Ostsee und Zielfrachten



Quelle der Daten: LfU

Stickstofffrachten im schleswig-holsteinischem Ostseeeinzugsgebiet im jährlichen Mittel um rund 2.000 t und die Phosphorfrachten um rund 65 t verringert werden; dies entspricht bei Stickstoff gegenüber der Istfracht einer Verringerung um 34 % und bei Phosphor einer Verringerung um 30 %.

Ermittlung der Nährstoffeinträge

Während Nährstoffkonzentrationen und Abflüsse gemessen werden können, kann die Herkunft von Nährstoffeinträgen nur unter Anwendung indirekter Methoden ermittelt werden. Eine Messung der Herkünfte von Einträgen ist nur im Einzelfall für einzelne Eintragspfade mit speziellen Untersuchungsmethoden möglich. Daher wird der Nährstoffeintrag für Flusseinzugsgebiete mithilfe von Modellen abgeschätzt. Für diese Modelle werden räumliche Eingangsdaten wie das Gewässernetz, die Landnutzung oder die Topografie, Informationen zu Böden und deren Eigenschaften mit Angaben zur Bewirtschaftung, zu Stickstoffüberschüssen sowie Angaben zu punktuellen Einträgen aus Kläranlagen oder Direktleitungen in einem geografischen Informationssystem nach festen mathematischen Regeln miteinander verknüpft. Mithilfe von solchen Modellergebnissen lassen sich Nährstoffeinträge in Gewässer quantitativ und räumlich differenziert für hydrologische Eintragspfade ermitteln. Diese Informationen sind für die Erarbeitung von Maßnahmen zur Minderung der Stoffeinträge eine wichtige Grundlage, weil hierfür Kenntnisse benötigt werden, an welchen Pfaden (Ansatzpunkten) und in welchen Räumen der Handlungsbedarf am größten ist. Für die Ermittlung der Nährstoffeinträge wird in Schleswig-Holstein seit mehr als 15 Jahren das Modellpaket Agrum-SH verwendet, wobei die Eingangsdaten und auch einzelne Berechnungsmethoden regelmäßig aktualisiert werden.

Nach den aktuell vorliegenden Ergebnissen des Forschungszentrums Jülich stammen die modellierten Einträge an Stickstoff zu knapp vier Fünfteln aus der Landwirtschaft, zu weniger als einem Sechstel aus Kläranlagen und der



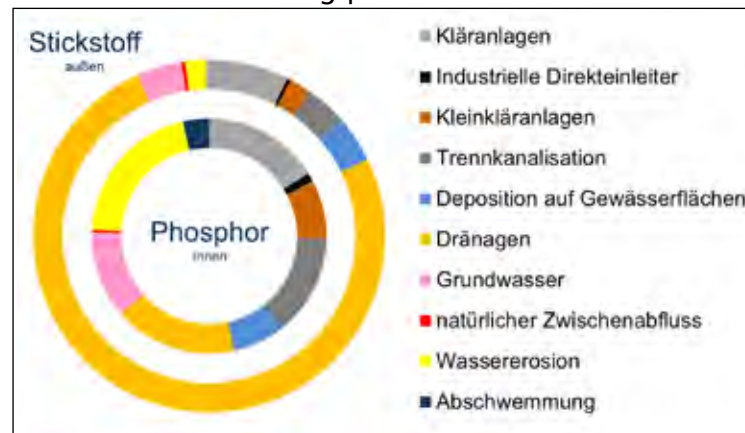
Einträge aus der Landwirtschaft können durch eine standortangepasste Bewirtschaftung inklusive Fruchtfolgegestaltung vermindert werden.

Foto: Dr. Michael Trepel

Industrie sowie zu weniger als einem Zehntel aus natürlichen Einträgen. Bei Phosphor stammen jeweils zwei Fünftel der Einträge aus Landwirtschaft oder Kläranlagen und Industrie. Abbildung 2

zeigt die Anteile der mit dem Modell berechneten Eintragspfade für Stickstoff und Phosphor für das Einzugsgebiet der schleswig-holsteinischen Ostsee. Danach erfolgt der Stickstoffeintrag zu rund drei

Abbildung 2: Modellierter Stickstoff- und Phosphoreinträge, differenziert nach Eintragspfaden



Quelle der Daten: FZ Jülich 2024

Abbildung 3: Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Verbesserung der Nährstoffverhältnisse in Gewässern



Quelle: Trepel 2016, aktualisiert

Vierteln über Drainagen. Die Einträge von Phosphor erfolgen dagegen zu jeweils geringen Mengen über unterschiedliche Eintragspfade. Bedeutsam sind hier Einträge über Erosion oder aus Kläranlagen.

Ansatzpunkte für Maßnahmen

Da Nährstoffe über unterschiedliche Pfade und Quellen in Gewässer gelangen, ist es erforderlich, die Einträge über unterschiedliche Maßnahmen unter Beachtung der spezifischen Verhältnisse in einem Betrachtungsraum zu planen und umzusetzen. Allgemein setzen Maßnahmen zur Verbesserung der Nährstoffverhältnisse in Gewässern an vier Ansatzpunkten an (Abbildung 3). Im Vordergrund steht erstens eine umweltschonende Landnutzung, bei der Nährstoffeinträge durch Düngung einerseits und Nährstoffentzug durch Ernte andererseits so weit wie möglich im Gleichgewicht stehen. Wichtige Maßnahmen sind eine standort- und bedarfsgerechte Düngung sowie eine austragsminimierende Fruchtfolge. Als Zweites ist es notwendig, dass die Niederschlagswasser- und Abwasserbehandlung dem Stand der Technik entspricht. Dies bedeutet, dass die Anlagen regelmäßig gewartet werden und die Behandlungstechnik gegebenenfalls angepasst wird. Durch die neue Kommunalabwasserrichtlinie werden die Anforderungen an die Elimination von Nähr- und Schadstoffen aus dem Abwasser erhöht. Neben der Verminderung der diffusen und punktuellen Einträge trägt die Wiederherstellung von Auen, Feuchtgebieten und Mooren sowie funktionsfähigen Gewässerrandstreifen zu einem verbesserten Stoffrückhalt bei. Hier besteht im Ostseeraum ein hohes Potenzial, nicht nur Nährstoffe zurückzuhalten, sondern mit diesen Maßnahmen auch zum vorsorgenden Hochwasserschutz, zur Förderung der Biodiversität oder zur Verringerung von Treibhausgasemissionen beizutragen. Viertens können technische Maßnahmen wie Filter zur Verbesserung der Luftreinhaltung beitragen und die Stoffeinträge über die atmosphärische Deposition vermindern.

Dr. Michael Trepel
MEKUN

Aktionsplan Ostseeschutz 2030 – Schutzmaßnahmen

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 3

Die ökologische Situation der Ostsee ist seit Jahren besorgniserregend. Die dritte turnusmäßige Zustandsbewertung gemäß der EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) für den Zeitraum 2016 bis 2021 hat erneut bestätigt, dass die deutschen Ostseegewässer den angestrebten guten Umweltzustand nicht erreichen. Hier wird beschrieben, welche Probleme es gibt und wo der Aktionsplan Ostseeschutz (APOS 2030) ansetzt.



Eine wichtige Rastvogelart in den schleswig-holsteinischen Küstengewässern ist die Eiderente.
Foto: Jan Kieckbusch

Belastungen durch menschliche Aktivitäten bleiben hoch, die biologische Vielfalt ist stark beeinträchtigt, und ökologische Funktionen sind eingeschränkt. Vor diesem Hintergrund wurde im März 2024 der Aktionsplan Ostseeschutz 2030 von der Landesregierung Schleswig-Holstein beschlossen. Ziel ist es, mit einem Maßnahmenbündel den ökologischen Zustand der Ostsee substantiell zu verbessern.

Die Ostsee leidet unter vielfältigen Belastungen. Eines der größten Probleme ist die Eutrophierung: Hohe Nährstoffeinträge aus Flüssen, der Atmosphäre und angrenzenden Landflächen führen zu einer Überproduktion von Algen, veränderter Planktonzusammensetzung, erhöhter Trübung und Sauerstoffmangel in tieferen Wasserschichten. In den warmen Monaten führen die Temperaturen unter hoher Sonneneinstrahlung zu einer verstärkten Ausbildung von Algentepichen, die sich in Häfen und an Stränden finden. Hohe Wassertemperaturen in Verbindung mit hohen Nährstoffeinträgen führen häufiger zu erhöhtem Sauerstoffverbrauch in den Gewässern, der den Fischen wortwörtlich die Luft zum Atmen nimmt.

Ein weiteres Umweltproblem der Ostsee stellen Munitionsaltsen dar. Zirka 300.000 t konventioneller und rund 5.000 t chemischer Munition befinden sich in der deutschen Ostsee.

Der Eintrag von Müll – insbesondere Plastik – ist nach wie vor

hoch. Vor allem am Meeresboden sind große Mengen zu finden. Das Plastik zerfällt zunehmend zu Mikroplastik, lagert sich in Sedimenten und Organismen ab und gelangt so in die gesamte Nahrungskette. In den Meereslebewesen der Ostsee wurden Müllteile und -fragmente, inklusive Mikromüll, nachgewiesen.

Beeinträchtigung durch Nutzung

Die Ostsee ist ein intensiv genutztes Meer. Neben den oben beschriebenen Einflüssen auf die Meeresumwelt führen Nutzungen und Aktivitäten zu direkten Störungen und Beeinträchtigungen der Lebensräume und Arten in der Ostsee. Zu nennen sind hier zum Beispiel die Fischerei, die Schifffahrt, die Gewinnung von Rohstoffen, Infrastrukturvorhaben, Tourismus und Wassersport sowie die Einschleppung nicht einheimischer Arten.

Der Unterwasserlärm etwa durch Bau- und Schiffsaktivitäten hat zugenommen und kann bei marinen Lebewesen zu Hörschäden, Kommunikationsstörungen, Verhaltensänderungen, Stressreaktionen, physiologischen Beeinträchtigungen oder sogar zum Tod führen.

Diese Belastungssituation der Meere wirkt sich dementsprechend auf die Lebensräume und Arten in der Ostsee aus.

Die kommerziellen Fischbestände sind insgesamt in einem schlech-

ten Zustand, der sich aus übernutzten Beständen, Klimawandel und Umweltverschmutzung ergibt. Besonders problematisch ist die Situation von Dorsch und Hering. Auch der Zustand der Lebensräume des Meeresbodens sowie des Freiwassers sind in ihrer Qualität beeinträchtigt. Die Ursachen liegen unter anderem in der Störung oder Zerstörung durch grundberührende Aktivitäten, der Eutrophierung und der Belastung mit Schadstoffen.

Auch bei den bewerteten Artengruppen – darunter Fische, See- und Küstenvögel sowie Meeresäuger – wurde kein guter Zustand festgestellt. Störungen, Lebensraumverlust, Beifang, Schadstoffe, Lärm sowie unzureichende Rück-

zugsräume beeinträchtigen die Populationen erheblich.

Klimawandel verstärkt Effekte

Der Klimawandel verstärkt diese Effekte zusätzlich, unter anderem durch steigende Wassertemperaturen, einen Rückgang des Sauerstoffgehalts, eine Versauerung des Wassers und eine veränderte Salzgehaltsverteilung.

Hier knüpft der Aktionsplan Ostseeschutz 2030 der Landesregierung Schleswig-Holstein an und formuliert konkrete, ressortübergreifende Maßnahmen, um die Ostsee ökologisch zu stabilisieren und ihre Biodiversität zu sichern. Die Maßnahmen setzen an den verschiedenen Belastungsquellen an, werden durch das Land Schleswig-Holstein umgesetzt und basieren auf umfangreichen Erfassungen und wissenschaftlichen Empfehlungen.

Dabei umfasst der Aktionsplan Ostseeschutz mehrere Handlungsfelder: effektive marine Schutzgebiete, aktive Maßnahmen zur Verbesserung der Biodiversität, die Reduzierung der Einträge von Nährstoffen, die Bergung von Altlasten und Müll. Weiterhin setzt der APOS auf die Einbindung aller Beteiligten sowie eine umfassende Öffentlichkeitsarbeit und Umweltbildung. →



Eine intakte Seegraswiese in der schleswig-holsteinischen Ostsee

Foto: Uli Kunz

Insgesamt sollen 12,5 % der schleswig-holsteinischen Ostsee unter strengen Schutz gestellt werden. Dazu werden drei neue Naturschutzgebiete eingerichtet: Schlei bis Gelting, südliche Hohenwachter Bucht und westlich von Fehmarn. Sie umfassen 7,94 % der schleswig-holsteinischen Ostseefläche. Zusätzlich soll in drei bestehenden Natura-2000-Gebieten der Schutz gestärkt werden: Sagas-Bank, Stoller Grund und Geltinger Bucht. Mit der Ausweisung dieser Gebiete sollen insbesondere Rückzugs- und Ruheräume für die Tiere und Pflanzen entstehen. Die umzusetzenden Maßnahmen werden speziell auf die Schutzbedürfnisse der einzelnen Gebiete abgestimmt. Zu den wesentlichen Schutzmaßnahmen gehört, dass in allen diesen Gebieten die Fischerei ausgeschlossen wird. Zudem wird es in den drei neu zu errichtenden Naturschutzgebieten saisonale Befahrensregelungen geben.

Meeresschutzstation koordiniert Maßnahmen

Die Umsetzung der Schutzgebietsverordnungen erfolgt auf Basis von § 19 des Landesnaturschutzgesetzes, wobei die Öffentlichkeitsbeteiligung im Mai 2025 eingeleitet wurde. Maßnahmen zur ökologischen Aufwertung umfassen unter anderem die Wiederherstellung von Riffen und Seegraswiesen. In den Landesgewässern wird außerdem die Industriefischerei für Fischer aller Nationen ausgeschlossen.

Zur Koordinierung der Maßnahmen wurde die Meeresschutzsta-

tion Ostsee eingerichtet. Sie übernimmt Aufgaben im Management der Schutzgebiete, in der Umweltbildung und in der Vernetzung relevanter Akteure. Es wird ein Informations- und Bildungsangebot geschaffen, das gezielt die Bevölkerung in den Küstenregionen einbindet und die Akzeptanz der Schutzmaßnahmen stärkt.

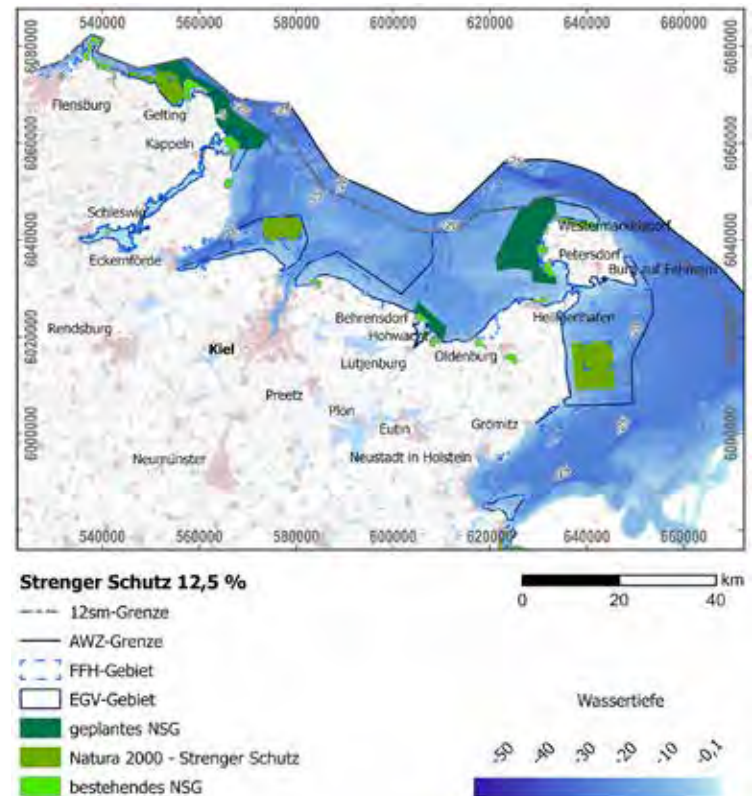
Zudem wird ein Partnerprogramm für den Ostseeschutz aufgebaut. Die Meeresschutzstation Ostsee wird dabei unterstützen, im Ostseeschutz Aktive untereinander zu vernetzen, zusammen neue Projekte zu initiieren und umzusetzen sowie nachhaltige Angebote zum Schutz der Ostsee sichtbar zu machen.

Ein zentraler Bestandteil des APOS ist die Reduktion von Nährstoffeinträgen. Dafür wurden Zielvereinbarungen mit der Landwirtschaft geschlossen, um über die Minderungsbeiträge der Landwirtschaft hinaus bis 2030 10 % und bis 2035 weitere 10 % der in Aussicht genommenen Minderungsrate von insgesamt 2.000 t Stickstoff und 65 t Phosphat zu erreichen. Außerdem werden die Einleitwerte von kommunalen Kläranlagen an den aktuellen Stand der Technik angepasst und die Förderung zur Phosphatfällung und Stickstoffeliminierung an Kläranlagen fortgeführt und erweitert.

Beirat bewertet Umsetzung des Plans

Ein wissenschaftlicher Beirat mit 16 Expertinnen und Experten be-

Abbildung: Streng zu schützende Gebiete in der schleswig-holsteinischen Ostsee gemäß Aktionsplan Ostseeschutz 2030 und bestehende Naturschutzgebiete



Quelle: MEKUN

gleitet die Umsetzung des Plans seit Juni 2025. Er bewertet die Wirksamkeit der Maßnahmen, identifiziert fachliche Handlungsbedarfe und unterstützt das Monitoring.

Im Frühjahr 2025 fanden vier öffentliche Dialogveranstaltungen unter dem Titel „ostseeschutz.sh – Informieren. Austauschen. Gestalten.“ statt. Bürgerinnen und Bür-

ger und unterschiedliche Akteursgruppen konnten sich direkt mit Verwaltung, Wissenschaft und Interessenverbänden austauschen.

Fortlaufende Informationen zur Umsetzung des Aktionsplanes Ostseeschutz 2030 sind auf der Webseite Ostseeschutz.SH zu finden.

MEKUN
Projektgruppe Umsetzung
Aktionsplan Ostseeschutz

Anforderungen des Gewässerschutzes und Silierverluste

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 4

Für die Silierung von Grundfutter stehen verschiedene Einlagerungsverfahren zur Auswahl. Die Silagelagerung muss die Anforderungen an den Umwelt- und Gewässerschutz einhalten und eine verlustarme Grundfutterlagerung und eine gute Bewirtschaftung ermöglichen. Im folgenden Beitrag sollen die Systeme Flachsilo, Siloschlauch und Rundballen für die Lagerung von Maissilage genauer betrachtet werden.

Zur besseren Veranschaulichung der verschiedenen Lagerungssysteme und ihrer Besonderheiten wird auf die Informationen in den Kästen verwiesen. Planungshinweise zum Bau einer Fahrsiloanlage können dem Artikel von Alfons Fübbeker (Ausgabe 24/2025) entnommen werden.

Wasserrechtliche Vorgaben

Grundsätzlich müssen Lagerstätten für Silage flüssigkeitsundurchlässig, standsicher und gegen zu erwartende mechanische, thermische und chemische Einflüsse widerstandsfähig sein. Für die Planung, Errichtung, Beschaffenheit und den Betrieb sind die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) und die Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS) maßgebend. Für die Lagerung von Schlauch- beziehungsweise Tunnelsilage gelten die gleichen Anforderungen wie an eine Lagerung im Flachsilo. An die Lagerflächen für Rund- oder Quaderballen werden keine Anforderungen gestellt. Neben den Lagerflächen sind auch Abfüllflächen, von denen die Entleerung der Flachsilos beziehungsweise die Befüllung des Futtermischwagens erfolgt, flüssigkeitsundurchlässig zu errichten. Rund- und Quaderballen sind auf einer Abfüllfläche zu öffnen und in den Futtermischwagen zu füllen.

Fahrsilo mit Wänden versus Lagerung auf der Siloplatte

Fahrsilo mit Wänden



Das Befüllen des Silos mittels Durchfahrt ermöglicht dünne Schichten. Da der Walzschlepper relativ dicht bis an die Wand fahren kann, ist auch in Randbereichen eine gute Verdichtung möglich. Nur die oberen Silageschichten sind in Kontakt mit Sauerstoff, dort können sich Hefen und Schimmelpilze vermehren. In den unteren, bereits anaeroben Schichten setzen schon die Gärprozesse ein. Das trägt zur Minderung der TM-Verluste bei.

Fahrsilo ohne Wände oder bei starker Überfüllung



Auch beim Befüllen mittels Heranschieben sind dünne Schichten möglich. Meist wird in den Randbereichen und Flanken eine geringere Verdichtung realisiert, da der Walzschlepper dort nicht fahren kann. Die geringer verdichteten Flankenbereiche sind bis zur Fertigstellung der Luft ausgesetzt, sodass sich Hefen und Schimmelpilze über einen längeren Zeitraum vermehren können, was in der Regel höhere Silierverluste zur Folge hat.



Anfallendes Niederschlagswasser auf der Silofolie kann neben der Siloanlage versickern.



Bei der Lagerung auf der Siloplatte ohne Wände ist die Lagerfläche größer als das Silo, Folienwasser gelangt auf die Lagerfläche und muss aufgefangen werden.

Sickersaft muss in jedem Fall aufgefangen werden. Das Beschwerungsmaterial ist gegen Abrutschen zu sichern.



Beim geöffneten Silo müssen Sickersaft und anfallendes verunreinigtes Niederschlagswasser aufgefangen und in einem Lagerbehälter gesammelt werden.

Mit sehr gutem Ernte- und Silomanagement wäre es möglich, Fehlgärungen und Nacherwärmung komplett zu vermeiden. In einem solchen Fall liegen die unvermeidbaren TM-Verluste bei 8 %.



Mit sehr gutem Ernte- und Silomanagement müssen im oberen Bereich und den Flanken wahrscheinlich etwas höhere TM-Verluste in Kauf genommen werden. Je schlechter das Management, desto höher sind die Verluste.

Fotos: Dr. Susanne Ohl

Niederschlagswasser und Silagesickersaft

Grundlegend muss sichergestellt werden, dass kein verunreinigtes Niederschlagswasser sowie Sickersaft austreten und neben der Lagerfläche im bewachsenen Boden versickern können. Dies sichert den Schutz des Grundwassers und verhindert einen möglichen Abfluss von geringen Nährstoffeinträgen in die Oberflächengewässer sowie die Ostsee. Umliegende Flächen sollten ausreichend zur Lagerfläche abgegrenzt sein, um den Zufluss von Oberflächenwasser zu verhindern und die Lagerkapazität für flüssige Wirtschaftsdünger nicht unnötig zu strapazieren.

Die zuvor genannten Flüssigkeiten sind in einem Lagerbehälter für Jauche, Gülle oder Silagesickersaft zu sammeln und landwirtschaftlich zu verwerten. Das Fassungsvermögen der Lagerbehälter muss an die Belange des jeweiligen landwirtschaftlichen Betriebes angepasst sein. Die Mindestlagerzeiten werden durch die Düngeverordnung geregelt. Zur Berechnung des Fassungsvermögens für Silagesickersaft ist die Menge des anfallenden Gärsafte mit 3 % des Silagevolumens zuzüglich der anfallenden Menge an verunreinigtem Niederschlagswasser während der Entnahme und der vollständigen Entleerung und Reinigung der Lagerfläche anzurechnen. Anfallendes

Niederschlagswasser auf der Silofolie darf seitlich der Fahrsilofläche im Boden versickern. Dies sollte bei der Planung der Fahrsiloplanlage Berücksichtigung finden, um die Menge des verunreinigten Niederschlagswassers nicht unnötig zu erhöhen. Bei der Wahl des Siliersystems sind neben den Baukosten für Siloanlage und Entwässerung aber auch die spätere Silagequalität und die während der Silierung und Entnahme auftretenden Trockenmasse (TM)- und Energieverluste zu berücksichtigen. Die Silogeometrie, Art und Weise der Befüllung, der Zeitpunkt des Siloabschlusses sowie eventuelle Zwischenabdeckungen bei Befüllpausen wirken sich bereits vor Beginn

der Silierung auf die Keimzahlen von unerwünschten Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen aus. Je länger Sauerstoff verfügbar ist, desto stärker können sich diese Schadkeime im Vorfeld der Silierung vermehren. Bei der Entnahme spielen die Größe der Anschnittsfläche, Vorschub, Abdekhäufigkeit und Entnahmetechnik ebenfalls eine entscheidende Rolle für das Verlustgeschehen. Je weiter die Luft in den Silostock eintreten kann, desto eher werden Atmungsprozesse von unerwünschten Mikroorganismen möglich, die hohe Verluste zur Folge haben. Nur weil diese Verluste für das menschliche Auge unsichtbar sind, bedeutet es nicht, dass sie nicht existent sind.

Tunnelsilagen (Beispiel Silospeed) versus Schlauchsilagen (Beispiel Budissa RT 8000 profi)	
Silospeed	Budissa RT 8000 profi
	
Der Rotor der Silospeed presst das Erntegut in einen Tunnel. Eine normale Silofolie ist unter der Silage nur an den Rändern eingeschlagen. Breite des Tunnels 3,2 m Platzbedarf etwa 0,61 m²/t FM	Das Erntegut wird über einen Rotor in spezielle Schlauchfolie gepresst, die sich dabei leicht ausdehnt. Schlauchdurchmesser variabel Platzbedarf etwa 1 m²/t FM
	
Tunnel- und Schlauchsilagen sind auf einer wasserundurchlässigen Fläche zu lagern. Anfallendes verunreinigtes Niederschlagswasser und Sickersaft müssen in jedem Fall aufgefangen werden können.	
Der Arbeitsaufwand beim Verschließen ist sehr gering. Der sofortige Luftabschluss gibt Hefen und Schimmelpilzen keine Zeit für Vermehrung, das minimiert die Verluste erheblich. Vor Beschädigungen durch Nager und Vögel schützen!	Die Anschnittsfläche ist beim Tunnel 6,5 m² groß, bei einem Schlauchdurchmesser von 2,7 m etwa 5,72 m².
Fotos: Dr. Susanne Ohl	

Wirtschaftliche Folgen von TM-Verlusten

Futtermittelfresser und Verluste bedeuten immer einen finanziellen Schaden und gehen zulasten der Nachhaltigkeit. In der Produktion werden Kosten verursacht, da mehr Fläche bestellt wird. Neben der Arbeitszeit ist auch der Einsatz von Saatgut, Dünger, Pflanzenschutzmitteln sowie Kraftstoff quasi umsonst gewesen. Verdorbene Silage kommt als Futtermittel nicht infrage und muss gegebenenfalls durch teures Zukauffutter ersetzt werden, von möglicherweise erhöhten Tierarztkosten ganz zu schweigen. Insofern beeinflussen Verbesserungen des Ernte- und Silomanagements direkt die Wirtschaftlichkeit. Zur Veranschaulichung wird im Beispiel ein Fahrsilo gewählt, in das bei der Ernte 1.150 t Silomais mit 35 % TM eingelagert wurden (siehe Tabelle). Diese Erntemenge entspricht dem Durchschnitt der letzten fünf Jahre auf dem Lehr- und Versuchsgut Futterkamp der Landwirtschaftskammer, die in einem Flachsilo (80 x 10 m) eingelagert wurde. Anhand von verschiedenen Szenarien ist aufgeführt, wie sich Nacherwärmungsprozesse auf die TM- und Energieverluste auswirken und welche Folgen das für die Milchproduktion hat. Nach einer bayerischen Untersuchung ist bei der Silierung im Fahrsilo auch bei sehr gutem Ernte- und Silomanagement mit unvermeidba-

Maisballen (Beispiel stationäre Presse Kuhn I-Bio)



(Teil-)stationäre Ballenpressen für Mais verwenden Mantelfolie statt Netz. Der sofortige Luftabschluss gibt Hefen und Schimmelpilzen keine Zeit für Vermehrung und minimiert dadurch die TM-Verluste erheblich.



Die Lagerung von Ballen ist auf unbefestigter Fläche erlaubt. Die empfohlene Stapelhöhe liegt bei maximal zwei Ballen, optimal zur Dreierpyramide gestapelt. Die Ballen sind vor Beschädigungen durch Nager und Vögel zu schützen.



Das Öffnen muss auf befestigter Fläche erfolgen. Die TM-Verluste lagen im Versuch der Landwirtschaftskammer 2019 durchschnittlich bei 1,2 %.

Fotos: Dr. Susanne Ohl

ren TM-Verlusten in Höhe von 8 % zu rechnen, die durch Restatmung und die erwünschte Milchsäuregärung verursacht werden. Fehlgärungen und Nacherwärmung haben höhere Verluste zur Folge, in der Studie lagen diese für Maissilos bei bis zu 19 %. Im gewählten Beispiel in der Tabelle stellt Szenario B den Idealfall dar, hier wurde mit den unvermeidbaren Verlusten in Höhe von 8 % kalkuliert. Im Gegensatz dazu wird in den Szenarien C und D für Teilbereiche des Silos (Rand, oberste Schichten) von höheren Verlusten ausgegangen. So steht für die Milchviehfütterung erheblich weniger Energie zur Verfügung, die definitiv nicht zur Milchproduktion genutzt wer-

den können. Davon ausgehend, dass eine Milchkuh – ohne den Anteil für den Erhaltungsbedarf – 3,3 MJ NEL für die Produktion von 1 kg energiekorrigierter Milch (ECM) benötigt (Kirchgeßner et al. 2014), hätte das zur Folge, dass im Szenario C 25.656 kg ECM (Szenario D: 53.081 kg ECM) nicht erzeugt werden könnten. Bei der alternativen Silierung von Silomais im Ballen oder Schlauch/Tunnel (Szenario A) findet der Luftabschluss sofort nach der Einlagerung statt, sodass Hefen und Schimmelpilze vor dem Siloschluss keine Zeit zur Vermehrung haben. Einen ausreichenden Vorschub bei der Verfütterung vorausgesetzt, lässt sich auch Nacherwärmung vermeiden. Insofern

sind für diese Siliersysteme geringere TM-Verluste in Höhe von maximal 4 % anzunehmen.

Johanna Köpke
Dr. Susanne Ohl
Landwirtschaftskammer SH

Fazit

Lagerstätten für Silage müssen flüssigkeitsundurchlässig, stand sicher und gegen zu erwartende mechanische, thermische und chemische Einflüsse widerstandsfähig sein. Anfallendes verunreinigtes Niederschlagswasser wie auch Sickersaft dürfen nicht neben die Lagerfläche gelangen und sind in einem Sickersaft-, Jauche- beziehungsweise Güllebehälter zu lagern und zu einem geeigneten Zeit-

punkt landwirtschaftlich zu verwerten. Potenzielle geringe Nährstoffeinträge über Drainagen oder den Oberflächenabfluss in Oberflächengewässer oder die Ostsee werden dadurch miniert. Eine Reduzierung von Verlusten bei der Silierung und der Entnahme trägt ebenfalls, wenn auch nur indirekt über eine bessere Nutzung der Ressourcen, zum Schutz der Umwelt und der Ostsee bei.

Tabelle: Auswirkungen von TM-Verlusten für den Milchviehbetrieb

Szenario ¹⁾		Ballen bzw. Schlauch	Fahrsilo	Fahrsilo bzw. Silierung auf der Platte		Fahrsilo bzw. Silierung auf der Platte	
		A	B	C		D	
Silomanagement/Verdichtung		sehr gut	sehr gut	mittel		schlecht	
Silobereiche		komplett	komplettes Silo (3/3)	Kernbereich (2/3)	Randbereich + oben (1/3)	Kernbereich (2/3)	Randbereich + oben (1/3)
FM Silomais eingelagert (50 t/ha, 35 % TM)	[t]	1.150	1.150	767	383	767	383
TM Silomais eingelagert	[t]	403	403	268	134	268	134
TM-Verluste	[%]	4	8	8	12	8	20
TM-Verluste	[t]	16	32	38		48	
Fläche vergeblich angebaut	[ha]	0,9	1,8	2,1		2,8	
Folgen für Milchviehbetrieb							
TM übrig als Futter	[t]	386	370	247	118	247	107
zusätzlicher Verlust an NEL durch Nacherwärmung ²⁾	[%]	–	–	–	6	–	9
NEL der Silage	[MJ/kg TM]	6,8	6,8	6,8	6,4	6,8	6,2
NEL im Silo	[MJ]	2.627.520	2.518.040	2.433.375		2.342.872	
Verlust NEL durch Nacherwärmung	[MJ]			84.665		175.168	
nicht erzeugbare Milch ³⁾	[kg ECM]			25.656		53.081	

Annahmen: 1) Für Szenario C und D wird für die typischen Problembereiche eines Silos von höheren TM-Verlusten und einer verminderten Qualität (Energiegehalt) ausgegangen; 2) Nacherwärmung 6 Tage 10 °C bzw. 15 °C entspricht 6 % bzw. 9 % Verlust an NEL (Hein, 1993); 3) 3,3 MJ NEL werden für 1 kg Milch (ECM) benötigt (Kirchgeßner et al. 2014) Quelle: Dr. Susanne Ohl



Bereitstellung von Kompost am Flächenrand ist in der Regel nur bis zu zwei Wochen möglich.

Foto: Lasse Hilberling

Kompost für mehr Humusaufbau im Boden

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 5

Der nachhaltige Umgang mit Boden und Nährstoffen zählt zu den zentralen Herausforderungen der modernen Landwirtschaft. In Zeiten zunehmender Wetterextreme, steigender Anforderungen an Umwelt- und Gewässerschutz sowie knapper werdender Ressourcen gewinnen organische Düngemittel und humusfördernde Maßnahmen an Bedeutung. Vor diesem Hintergrund rücken Maßnahmen in den Fokus, die die Bodenqualität dauerhaft verbessern und gleichzeitig helfen, Nährstoffverluste zu minimieren.

Der Einsatz von Kompost spielt dabei eine zunehmend wichtige Rolle: Als organischer Dünger liefert er nicht nur Nährstoffe, sondern kann gezielt zum Humusaufbau beitragen – mit positiven Effekten auf die Bodenstruktur, das Wasserrückhaltevermögen und die Nährstoffverfügbarkeit. Wie diese Wirkungen zustande kommen und welchen Beitrag Kompost zur Erreichung agrar- und umweltpolitischer Ziele, auch im Hinblick auf den Gewässerschutz, leisten kann, zeigt dieser Beitrag.

Wertvoller Bestandteil der Kreislaufwirtschaft

Kompost ist ein organischer Dünger, der aus biologischen Abfällen wie Grüngut, Landschaftspflegematerial oder Bioabfällen entsteht. In einem kontrollierten Rotteprozess wird das organische Material durch Mikroorganismen unter Sauerstoffzufuhr zersetzt und Huminstoffe, also stabile organische Verbindungen, gebildet. Das Ergebnis

ist ein humusreicher, hygienisierter und weitgehend geruchsneutraler Kompost, der als hochwertiger Bodenverbesserer in der Landwirtschaft eingesetzt werden kann. Landwirtschaftlich eingesetzter Kompost kann von anerkannten

Kompostwerken bezogen werden, die den Kriterien der RAL-Gütesicherung entsprechen. Die Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) überwacht regelmäßig die Qualität und Hygiene des Materials. Dabei werden unter anderem Schwermetallgehalte, Fremdstoffanteile und Rottegrad geprüft. Kompost mit RAL-Gütezeichen ist hygienisiert, schadstoffarm und für die landwirtschaftliche Anwendung sowohl aus agronomischer als auch umweltfachlicher Sicht unbedenklich.

Kompost enthält neben pflanzenverfügbaren Nährstoffen, ins-

besondere Phosphor, Kalium und Spurenelementen, auch eine Vielzahl organisch gebundener Verbindungen, die nur langsam umgesetzt werden. Der enthaltene Stickstoff liegt überwiegend in stabiler organischer Form vor und wird nach und nach durch Bodenorganismen mineralisiert. Dadurch werden Nährstoffe nicht schlagartig freigesetzt, sondern bedarfsgerecht über einen längeren Zeitraum. Darüber hinaus liefert Kompost wertvolle organische Substanz, die zur Bildung und Stabilisierung von Humus beiträgt. Diese humusbildenden Bestandteile wirken sich positiv auf wichtige Bodeneigenschaften aus. Gleichzeitig profitieren Mikroorganismen, Regenwürmer und andere Bodenlebewesen von der organischen Substanz, das Bodenleben wird aktiviert und das Gleichgewicht im Boden gefördert.

Was ist Humus und welche Funktionen erfüllt er?

Humus ist die stabile organische Substanz im Boden, die aus pflanzlichen und tierischen Resten hervorgeht. Diese werden durch Bodenorganismen zersetzt und in dauerhafte Humusverbindungen umgewandelt. Im Gegensatz zu frischer organischer Masse ist Humus weitgehend abbauresistent und kann über Jahre oder Jahrzehnte im Boden verbleiben. Der Auf-



Auch bei der Kompostausbringung ist auf eine gute Längs- und Querverteilung zu achten.
Fotos (2): Peter Lausen

bau von Humus ist jedoch ein langsamer Prozess. Dieser gelingt nur, wenn dem Boden regelmäßig organisches Material zugeführt wird, etwa in Form von Kompost.

Humus erfüllt im Boden gleich mehrere zentrale Funktionen. Er liefert die Nahrungsgrundlage für das Bodenleben von Bakterien und Pilzen bis hin zu Regenwürmern. Ein aktives Bodenleben ist wiederum wichtig für die Umsetzung organischer Substanz, die Bildung von pflanzenverfügbaren Nährstoffen und den Aufbau neuer Humusverbindungen. Es entsteht ein biologischer Kreislauf, der zur langfristigen Stabilisierung der Bodenfruchtbarkeit beiträgt. Ein weiterer entscheidender Effekt ist die Verbesserung der Bodenstruktur: Durch die Bildung von Ton-Humus-Komplexen, also die Verbindung von Ton und Huminstoffen, erhält der Boden eine lockere, krümelige Struktur.

Diese krümelige Struktur ist die Grundlage für mehrere bodenphysikalische Vorteile. Sie schützt den Boden vor Erosion, da Bodenpartikel besser miteinander verbunden sind und so nicht so leicht vom Wind oder Wasser abgetragen werden können. Gegen Verschlämung wirkt die stabile Struktur ebenfalls: Regenwasser kann besser in den Boden eindringen, ohne dass sich an der Oberfläche eine dichte Kruste bildet. Dadurch wird auch die Gefahr von Oberflächenabfluss reduziert. Auch die Auswaschung von Nährstoffen wird durch humusreiche Böden verringert. Durch den Verbund von Ton und Huminstoffen können Sauerstoff- und Wassermoleküle besser



Ein durchgerotteter Kompost riecht nach frischer Erde oder Waldboden und sollte keine unangenehmen Fäulnisgerüche mehr aufweisen.

gespeichert werden als in allein vorliegenden Bodenbestandteilen. Ein hoher Humusgehalt erhöht die Feldkapazität, also die Menge an Wasser, die ein Boden maximal speichern kann. So werden Pflanzen auch in Trockenphasen länger mit Wasser und darüber hinaus mit gelösten Nährstoffen versorgt.

Humusreiche Böden haben viele Vorteile

Die Kombination aus verbesserter Wasserhaltefähigkeit, einer stabilen Bodenstruktur und der Bindung von Nährstoffen erklärt die Schutzfunktion humusreicher Bö-

den. In humusreichen Böden sind Nährstoffe weniger mobil, sie bleiben stärker im Wurzelraum gebunden und gelangen seltener ins Grundwasser oder in Oberflächenengewässer. Besonders in erosionsgefährdeten Regionen, wie zum Beispiel dem Einzugsgebiet der Ostsee mit seinen zahlreichen Seen und Flüssen und den sandigen Böden auf der Geest, trägt die verbesserte Bodenstruktur zur Rückhaltung von Bodenpartikeln bei, die andernfalls Nährstoffe in Gewässer eintragen könnten.

Kompost für den Humusaufbau nutzen

Kompost spielt in diesem Zusammenhang eine besondere Rolle: Durch seinen Einsatz kann er zur Stabilisierung von Bodenaggregaten beitragen, durch seine Humuswirkung die Infiltration von Niederschlägen unterstützen und damit der Bildung von Oberflächenabfluss vorbeugen. Diese Eigenschaften machen ihn zu einem wirksamen Baustein in der vorsorgenden Wasser- und Bodenschutzstrategie, ohne dass dafür tief greifende Änderungen im Betriebsablauf notwendig wären. Für viele Betriebe im Ackerbau stellt Kompost eine willkommene Möglichkeit dar, organisches Material ge-

zielt in die Bodenbewirtschaftung zu integrieren, insbesondere dann, wenn keine Wirtschaftsdünger zur Verfügung stehen. Gleichzeitig können auch Vieh haltende Betriebe mit maisbetonten Fruchtfolgen davon profitieren, die Humusbilanzen mithilfe von Kompost wieder in ein Gleichgewicht zu bringen. Die Einbindung in bestehende Fruchtfolgen ist technisch unkompliziert und lässt sich je nach Betriebssystem flexibel gestalten. Die durch die Kompostdüngung zugeführten Nährstoffe sind in der Düngeplanung gemäß Düngverordnung zu berücksichtigen. Durch den regelmäßigen Einsatz kann der Humusgehalt des Bodens, je nach Bodenart, schrittweise gesteigert werden.

In der Tabelle wird beispielhaft die Humusbilanz einer Wintergerste-Mais-Mais Fruchtfolge mit Strohabfuhr und integrierter Kompostgabe im Herbst dargestellt. An diesem Beispiel zeigt sich deutlich, dass der Einsatz von Kompost in intensiv geführten Fruchtfolgen einen großen Teil zur Bildung von Humus beitragen kann. Gerade in Fruchtfolgen, in denen die Nutzung von betriebseigenen Wirtschaftsdüngern, wie beispielsweise Rindergülle, durch den Faktor P-Bodengehalt begrenzt ist, kann Kompost hier einen echten Mehrwert bringen. Mittelfristig sind positive Humusbilanzen > 100 kg Humus-C/ha auf humusarmen Standorten tolerierbar.

Lasse Hilberling

Peter Lausen

Landwirtschaftskammer SH

Tabelle: Beispiel einer Humusbilanz einer Getreide-Mais Fruchtfolge mit Daten des Humusbilanzrechners des LfL Bayern (Stand 09/2015)

Kultur/Maßnahme	Humusverlust (kg Humus C/ha)	Humuszufuhr (kg Humus C/ha)
Wintergerste 2022 inkl. Strohabfuhr	-400	
Rindergülle (7 % TS; 15 m³)		139
Winterzwischenfrucht		174
Kompost 20 t FM/ha		1160
Silomais 2023	-800	
Rindergülle (7 % TS; 25 m³)		231
Ackergras als Untersaat		200
Silomais 2024	-800	
Rindergülle (7 % TS; 25 m³)		231
Summe	-2.000	2.135
Saldo		135

Quelle: LKSH/LfL Bayern

Fazit

Kompost kann als organischer Dünger ein Baustein für fruchtbare, widerstandsfähige Böden sein. Durch seinen Beitrag zum Humusaufbau verbessert er die Bodenstruktur, erhöht die Wasserspeicherfähigkeit und reduziert Nährstoffverluste. Damit leistet Kompost einen wirksamen Beitrag zum Boden- und Gewässerschutz, gerade im Kontext des Ostseeschutzes. Für landwirtschaftliche Betriebe eröffnet er praxisnahe Möglichkeiten, Humusbilanzen zu stabilisieren und langfristig nachhaltig zu wirtschaften.

Weniger Stickstoffausträge durch Gülleansäuerung

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 6

Die Gülleansäuerung bietet eine Möglichkeit, Stickstoffverluste während der Ausbringung zu minimieren, und ist somit ein nützliches Verfahren zur Vermeidung von Nährstoffeinträgen in empfindliche Ökosysteme, zum Beispiel in die Ostsee. Durch die verringerten gasförmigen Stickstoffverluste steht mehr Stickstoff für die Pflanzenernährung zur Verfügung beziehungsweise im Umkehrschluss werden weniger Ammoniakemissionen in die Umwelt emittiert. So kann die Gülleansäuerung als Schnittstelle zwischen effizienter Landwirtschaft und aktivem Gewässerschutz fungieren. Im Folgenden werden die Funktionsweise der Gülleansäuerung während der Ausbringung in wachsende Bestände sowie das Potenzial der Technik, aber auch damit verbundene Grenzen näher dargestellt.

Durch das Ausbringen von Gülle als Dünger werden vor allem Stickstoff (N) und Phosphor (P) auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgebracht. Wenn diese Nährstoffe nicht effizient für das Pflanzenwachstum genutzt werden können, gelangen sie in die Umwelt. Das kann ökologische, aber auch ökonomische Folgen haben. Gerade im Hinblick auf N-Verluste kann die Ansäuerung von Gülle und Gärresten Abhilfe schaffen. Im Vergleich zwischen einzelnen Ausbringetechniken hat eine Gülleansäuerung bei der Ausbringung mit Schleppschläuchen ähnliches Reduktionspotenzial wie eine Ausbringung mit anschließender direkter Einarbeitung oder Injektion in den Boden.

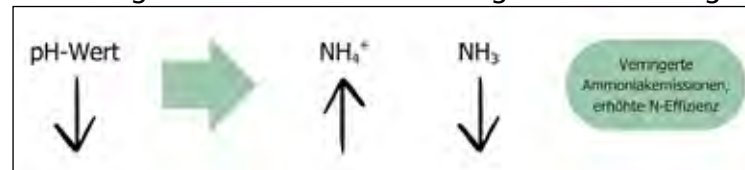
Funktionsweise der Gülleansäuerung

In der Gülle herrscht ein Dissoziationsgleichgewicht zwischen Ammoniak (NH_3) und Ammonium (NH_4^+), das von Temperatur und pH-Wert abhängig ist. Wenn Ammoniak



Die Gülleansäuerung kann ein hilfreiches Werkzeug zur Vermeidung von Nährstoffeinträgen in die Ostsee sein.

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Ansäuerung



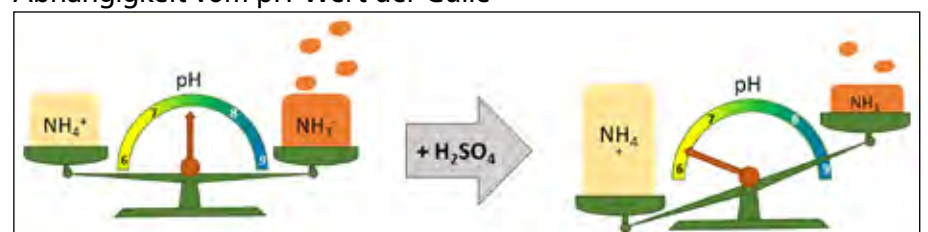
ak in die Atmosphäre entweicht, wird Ammonium zu Ammoniak umgewandelt, um das Gleichgewicht wiederherzustellen (Abbildung 2 „Säurewaage“). Der auf diese Weise entwichene Stickstoff ist nicht mehr für die Pflanzen verfügbar und gelangt durch Deposition unter anderem auch in natürliche Ökosysteme wie Wälder oder eben Gewässer wie die Ostsee. Durch eine Zugabe von Schwefelsäure (H_2SO_4) zur Gülle kann der pH-Wert abgesenkt werden. Dies hat zur Folge, dass sich das Gleichgewicht zwischen Ammoniak und Ammonium verschiebt zugunsten des Ammoniums. Das bedeutet, dass weniger gasförmiger Stickstoff als Ammoniak in die Atmosphäre verloren geht und mehr Ammonium für die Pflanzenernährung zur Verfügung steht.

Durch die pflanzenverfügbare Form des Stickstoffs (Ammonium) kann der Nährstoff direkt von den Pflanzen genutzt werden, zudem wird die Nitrifikation gehemmt. Die Gefahr der Auswaschung von Nitrat sinkt somit. Durch eine Ansäuerung des Wirtschaftsdüngers wird der in der Gülle enthaltene Stickstoff also effizient für das Pflanzenwachstum genutzt, indem Verlustpfade reduziert werden.

Durch die Gülleansäuerung kann also mehr Stickstoff im System gehalten werden im Vergleich zur

Ausbringung ohne Ansäuerung, da die gasförmigen Verluste in Form von Ammoniak auf ein Minimum begrenzt werden kann. Die N-Effizienz wird gesteigert und die Düngewirkung der Gülle erhöht sich durch den erhöhten Ammoniumanteil, sodass ein Aufdüngen mit zusätzlichem Mineraldünger, zum Beispiel KAS, reduziert werden kann. Zusätzlich positiv hervorzuheben ist, dass der Stickstoff in Form von Ammonium bereitgestellt wird, das direkt pflanzenverfügbar ist. Ein Verlust durch Auswaschung, der insbesondere beim wasserlöslichen Nitrat gegeben ist, kann eingedämmt werden. Des Weiteren entsteht durch die Zugabe von Schwefelsäure Ammoniumsulfat, was bedeutet, dass auch zusätzlicher Schwefel für die Pflanzenernährung bereitsteht. So können pro Liter Schwefelsäure

Abbildung 2: Gleichgewicht zwischen Ammoniak und Ammonium in Abhängigkeit vom pH-Wert der Gülle



Quelle: Marie-Lena Hass, LKNI

0,6 kg Sulfat angerechnet werden. Eine zusätzliche Überfahrt mit beispielsweise SSA oder Kieserit können somit entfallen.

Wie läuft die Anwendung in der Praxis?

Prinzipiell ist es möglich, flüssige Wirtschaftsdünger im Stall, Lager und während der Ausbringung anzusäuern. Dieser Artikel befasst sich mit der Ansäuerung während der Ausbringung, da dies die gängigste Methode ist. Abbildung 3 zeigt den Aufbau des SyreN-Systems, das für die Gülleinsäuerung während der Ausbringung in wachsende Bestände genutzt wird.

Das Kernstück des Systems bildet die Fronteinheit, die einen doppelwandigen IBC-Tank mit Schwefelsäure sowie einen Tank für die zusätzliche Zudosierung von Additiven (zum Beispiel Nitrifikationshemmer) und einen Wassertank zum Spülen des Systems oder für Notfälle beinhaltet. Ergänzend hierzu befindet sich die vorgeschriebene Schutzausrüstung in der Fronteinheit (ADR-Kit). Da es sich um 96%ige Schwefelsäure handelt, die hinzudosiert wird, ist ein ADR-Schein (Gefahrgutschein) für die Teilnahme am Straßenverkehr erforderlich. Um mehr Sicherheit beim Einbiegen auf die Straße zu geben, sind Kameras an der Fronteinheit installiert.

Die Schwefelsäure wird durch eine hydraulische Pumpe über säurebeständige Leitungen bis hin zur Mischeinheit transportiert. Dort erfolgt die Zugabe der Säure zum Güllestrom. Bei der chemischen Reak-



Durch die Zugabe von Schwefelsäure zur Gülle können Ammoniakemissionen minimiert werden.
Fotos: Lea-Sophie Steffensen

tion kommt es zur Schaumbildung, wodurch das Volumen der Gülle sich vergrößert. Dies kann vor allem bei großen Gestängebreiten zu einer verbesserten Querverteilung der Gülle führen. Nach der Zudosierung der Säure misst ein pH-Meter den pH-Wert des Güllestroms. Es ist möglich, kontinuierlich eine feste Säuremenge hinzuzudosieren (pH-Wert schwankt) oder einen festen Ziel-pH-Wert einzugeben, der durch Variation der Säuremenge erreicht wird. Wichtig hierbei ist zu beachten, dass die zugefügte Schwefelmenge den Bedarf der gedüngten Kultur nicht überschreitet. Erfahrungsgemäß schwanken die eingesetzten Säuremengen je nach Art und Zusammensetzung der Gülle zum Teil stark, grundsätzlich eignen sich aber sowohl Rinder- und Schweinegülle als auch Gärrest für die Ansäuerung.

Bei einem anzustrebenden Ziel-pH-Wert von 6,4 empfiehlt sich für Rinder- und Schweinegülle, eine maximale Menge von 3 l Schwefelsäure pro 1 m³ Gülle hinzuzugeben. Da Gärreste häufig eine höhere Pufferkapazität haben als andere Wirtschaftsdünger, kann hier

die Säuremenge auf bis zu 5 l/m³ erhöht werden. Die ersten Liter Säure haben immer den größten Nutzen, daher sind höhere Säuremengen sowohl aus ökonomischen als auch aus ökologischen Gründen (Schwefeleintrag) nicht empfehlenswert.

Worum geht es im Projekt „Säure+“?

Im Rahmen der Ackerbaustrategie 2035 befasst sich das Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD) „Säure+“ mit der Gülleinsäuerung während der Ausbringung in wachsende Bestände auf Praxisbetrieben. Das Projekt wird sowohl in Schleswig-Holstein als auch in sieben weiteren Bundesländern durchgeführt. Ziel des seit 2022 laufenden MuD ist es, die Gülleinsäuerung während der Ausbringung in wachsende Bestände auf Praxisbetrieben mit Einsatz von Großtechnik zu erproben. Außerdem soll die Wirkung der Gülleinsäuerung auf die Minderung von Ammoniakemissionen erprobt werden.

In Schleswig-Holstein gibt es zurzeit sieben Standorte, an denen in den Kulturen Winterweizen und Grünland On-Farm-Versuche im Rahmen des Projektes angelegt wurden. So sollen das Potenzial der Technik unter Praxisbedingungen geprüft werden und gegebenenfalls vorhandene Vorbehalte gegenüber der Technik abgebaut werden. An Feldtagen können Interessierte sich so beispielsweise die Technik näher anschauen, in den Austausch mit Anwendenden kommen und den Effekt der Ammoniak-Emissionsminderung durch Ad-hoc-Gasmessungen live miterleben.

Bisherige Ergebnisse des Projektes bestätigen das Potenzial der Emissionsminderung durch die Gülleinsäuerung: So konnten in den ersten beiden Versuchsjahren die Ammoniakemissionen durch eine

Ansäuerung auf pH 6,4 um 40 bis 75 % gegenüber nicht angesäuerter Gülle gesenkt werden (bundesländerübergreifend). Zudem waren positive Ertragseffekte in den Ackerkulturen, aber vor allem auf Grünland erkennbar. Besonders zu späteren Schnittzeitpunkten im Grünland (warme, sonnige Witterung) waren positive Ertragseffekte durch die Ansäuerung im Vergleich zu nicht angesäuerter Gülle zu erkennen. Im weiteren Verlauf des Projektes sollen auch der Einfluss einer reduzierten mineralischen Düngung in Kombination mit der Gülleinsäuerung erprobt werden sowie eine Bewertung der Technik aus ökonomischer Sicht erfolgen. Weiter Informationen hierzu sind unter www.saeureplus.de oder dem QR-Code zu finden. Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen 2821AB5420.

Lea-Sophie Steffensen
Landwirtschaftskammer SH



Fazit

Im Hinblick auf die Reduktion von Ammoniakemissionen kann die Gülleinsäuerung einen hilfreichen Baustein darstellen, um Stickstoffeinträge in natürliche Ökosysteme wie die Ostsee zu mindern. Bisher zeigten die Messungen eine Reduktion der Ammoniakemissionen durch eine Ansäuerung der Gülle auf pH 6,4 um 40 bis 75 % im Gegensatz zur nicht angesäuerten Gülle. Durch das Anwenden der Technik ist mit einer erhöhten N-Effizienz der Gülle zu rechnen, daher kann Mineraldünger eingespart werden. Demgegenüber stehen die Mehrkosten der Anwendung der Gülleinsäuerung, die zu tragen sind, und auch der zusätzliche Aufwand durch erhöhte Sicherheitsauflagen (ADR).

Abbildung 3: Aufbau des SyreN-Systems



Quelle: Lea-Sophie Steffensen, LKSH

Gewässerschutz mit Grasuntersaaten

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 7

Eine Strategie zur Reduktion von Nährstoffeinträgen in die Ostsee ist der freiwillige Anbau von Untersaaten im Silomais. Langjährige Ergebnisse der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein bestätigen die bewährte Praxis und die erfolgreiche Durchführbarkeit mit Deutschem und Welschem Weidelgras zu gleichen Teilen als Untersaat im Silomais. Dies ist also ein aktiver Beitrag zum Gewässerschutz.

In der Vergangenheit wurden bereits vierjährig Versuche im N-Projekt „Karkendamm“ von Silomais mit und ohne Untersaat bei unterschiedlichen N-Düngungsintensitäten durchgeführt und durch Sickerwasseranalysen im Versuchszeitraum begleitet. Es konnte eindeutig der Catch-Crop-Effekt der Untersaat aus Deutschem Weidelgras in Abhängigkeit von steigender mineralischer N-Düngung unter norddeutschen Bedingungen nachgewiesen werden. Dementsprechend konnten die Nitratgehalte im Sickerwasser mit Untersaat bei intensiver N-Düngung unter den Grenzwert von 50 mg/l gesenkt werden. Die Trockenmasse (TM)- und NEL-Erträge des Silomaises mit und ohne Untersaat unterschieden sich nicht. In den nachfolgenden Jahren wurden zahlreiche weitere Versuche mit Un-



Freiwilliger Anbau von Untersaaten im Silomaisanbau hilft, Nährstoffeinträge in die Ostsee zu reduzieren.

tersaaten unter schleswig-holsteinischen Bedingungen durchgeführt, in denen Aussaatstärke, Aussaatzeitpunkt, verschiedene Gemengezusammensetzungen, Ausbringung der Untersaat mit Wirtschaftsdünger im Schleppschlauch zur zweiten Gabe und Ausbringung beim letztmaligen Unkrauthacken (siehe Bild 1) erfolgreich geprüft wurden.

Die Reduzierung der Nährstoffbelastung von Gewässern ist ein

wichtiges Ziel der Gewässerschutzberatung. Mit der Beprobung von Untersaatbeständen auf Praxisflächen nach der Silomaisernte wird die Nährstoffbindung vor allem von Stickstoff (N) und Kalium (K) und zu geringeren Anteilen von Phosphor (P), Magnesium (Mg) und Schwefel (S) im oberirdischen Aufwuchs (siehe Bild 3) bestätigt. Die Beprobung einer Praxis-Testfläche mit Untersaat im

Körnermais Mitte November vergangenen Jahres wies einen Ertrag von zirka 18 dt TM/ha auf, damit konnten zirka 48 kg N/ha und 7 kg K/ha gebunden werden. Die Herbst- N_{min} -Werte aus 0 bis 90 cm Bodentiefe lagen in der Untersaatfläche unter dem Grenzwert von 50 kg N_{min} /ha. Dabei ist zu bedenken, dass der TM-Ertrag über Winter abnimmt und im Frühjahr wieder ansteigt. Die Nährstoffbin-



Untersaatbestand mit der Unkrauthacke in Reihe ausgebracht



Untersaat-Etablierung mit der Drillmaschine des Betriebes im Vier- bis Sechsstadium des Maises



Untersaat zur Körnermaisernte 2024
Fotos (4): Dr. Karen Volkers

dung erfolgt also stetig und wird im Frühjahr weiter erhöht. Dabei ist die Menge der N- und P-Bindung durch die Wurzelmasse in der Gesamtbetrachtung noch nicht berücksichtigt.

Die Nährstoffe (N, P, K, Mg S) bleiben so dem Betrieb erhalten und werden nicht der Auswaschung preisgegeben. Mineralisierter N findet sich wieder in dem anzurechnenden Frühjahrs- N_{\min} und der anzurechnenden N-Bindung durch die nicht abfrierende Untersaat in Höhe von 20 kg N/ha. Die Gewässerschutzberatung beprobt zudem Untersaaten-Flächen im Frühjahr, damit die Betriebe flächenspezifische Frühjahrs- N_{\min} -Werte erhalten. Sie führen zu einer flächeneigenen und damit genaueren Einschätzung des bodenbürtig vorliegenden mineralisierten N, der der Folgekultur im Vegetationsablauf zur Verfügung stehen wird. Die im Rahmen der DÜV zu erstellenden N-Düngebedarfe der Folgekultur reduzieren sich damit, in der Regel wird in der Praxis mineralischer N eingespart.

Weitere Vorteile von Untersaaten

Mit Untersaaten im Ackerbau ist es machbar, gesunde und fruchtbare Böden zu erhalten, auch im Sinne der Filterfunktionen zum Schutz der Gewässer. Zunehmende Wassermengen im Sommer, durch Starkregenereignisse verursacht, werden von einem durchgehend bewachsenen Boden, der mit besserem Bodengefüge und mehr Bodenleben (Regenwurmängen) ausgestattet ist, in Form höherer Infiltrierungsleistung schneller aufgenommen und in tiefere Bodenschichten abgeleitet (Bild 4). Außerdem verhindern Untersaaten im Herbst und Winter bei anhaltenden Regenereignissen den Abtrag von Boden in Hanglagen. Zum Zeitpunkt der Silomaisenernte weisen ordentlich bewachsene Ackerflächen mit Untersaat eine bessere Befahrbarkeit auf, Bodenverdichtungen können vermindert werden.

Als weiterer Vorteil einer Grasuntersaat ist das günstige Kohlenstoff-



Messung der Infiltrierung mit Doppeling-Infiltrimeter

Stickstoff (C/N)-Verhältnis von etwa 1:15 der untersuchten oberirdischen Biomasse für den folgenden späteren biologischen Abbau und somit für die Nachlieferung an die Folgekultur zu nennen, wenn die Unter-

saat zur nachfolgenden Sommerung eingearbeitet wird. Dabei bestimmt das Alter der Pflanzen das C/N-Verhältnis maßgeblich. Das heißt, junge Pflanzen haben ein engeres C/N-Verhältnis als physiologisch ältere Pflanzen. Je näher das C/N-Verhältnis an dem des Mikrobioms (Mikroorganismen-Gemeinschaften) des Bodens liegt, desto schneller wird Stickstoff umgesetzt und zur Verfügung gestellt. Das C/N-Verhältnis des Mikrobioms im Boden liegt bei zirka 1:7 bis 1:10, je nach Zusammensetzung. Gleichzeitig verbessert die Untersaat den Humusgehalt des Bodens, da die Wurzeln im Vergleich zur oberirdischen Masse ein weiteres C/N-Verhältnis aufweisen und somit langsamer verrotten. Wurzeln tragen somit mehr zum Dauerhumus bei.

Flugsaat als neues Verfahren der Ausbringung

Mit der Ausbringung der Grasaat mittels Drohne (EIP-„Flugsaat“-Projekt der Landwirtschaftskammer

Wie steht es um die Ostsee?

Mehr als 94 % des empfindlichen Binnenmeeres Ostsee gelten laut dem aktuellen Zustandsbericht der Helsinki-Kommission (Helcom) als eutrophiert. Trotz vieler Schutzbemühungen ist das empfindliche Ökosystem Ostsee fast flächendeckend in einem besorgniserregenden Zustand. Verstärktes Algenwachstum, eingeschränkte Lichtdurchlässigkeit und Ausbreitung sauerstoffarmer Zonen sind Folgen übermäßiger Nährstoffeinträge in die Meeresumwelt und eine der größten Bedrohungen für die Artenvielfalt in der Ostsee.

Hohe Nährstoffeinträge von Stickstoff und Phosphor aus dem vorigen Jahrhundert haben zur Anreicherung von Nährstoffüberschüssen in den Sedimenten am Meeresboden geführt, die unter Sauerstoffmangel in Lösung gelangen und die Eutrophierung antreiben. Zwar konnten seitdem über verschiedenste Maßnahmen die Nährstoffeinträge gesenkt werden, laut Umweltbundesamt (4. Juni 2024) haben sich seit 1995 die Stickstoff-

einträge über Flüsse aus dem deutschen Ostseeeinzugsgebiet um zirka 40 % reduziert, Einträge von Phosphor sind um zirka



Leider ist das empfindliche Ökosystem Ostsee fast flächendeckend in einem besorgniserregenden Zustand. Fotos (2): Dr. Elke Grimme

50 % geringer. Doch nach wie vor wurden im Bewertungszeitraum 2016 bis 2022 der Helcom steigende Nährstoffkonzentra-

tionen in vielen Ostseebecken der Anrainerstaaten gemessen. So zeigt sich, wie wichtig es ist, die Nährstoffeinträge ins Binnen-

meer weiter zu senken und das empfindliche Ökosystem der Ostsee zu schützen und nicht weiter zu belasten.

Für die Landwirtschaft gibt es verschiedene Maßnahmen wie unter anderem EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), Düngeverordnung 2020 und Zielvereinbarungen für zusätzliche Maßnahmen, die mit der Landwirtschaft geschlossen werden, mit denen die weitreichenden und negativen Auswirkungen der Eutrophierung gesenkt werden und somit der Ostseemeeresschutz gelingen kann. Auch freiwillige Maßnahmen, wie hier beschrieben, helfen, diffuse und punktuelle Nährstoffeinträge zu verringern und die Nährstoffrückhaltung in der Landwirtschaft zu verbessern. Zusätzlich bietet Schleswig-Holstein die freiwillige und kostenfreie Teilnahme an der gewässerschonenden landwirtschaftlichen Bewirtschaftung an. Je nach betrieblicher Ausrichtung und Erforderlichkeit kann die Gewässerschutzberatung in Anspruch genommen werden, auch zur Beratung für den Meeresschutz.

Weitere Informationen online unter www.lksh.de/landwirtschaft/umwelt-und-gewaesserschutz/gewaesserschutz

Schleswig-Holstein) im Mais wird der aktuelle technische Fortschritt auf ersten Betrieben in Schleswig-Holstein eingeführt. Der Vorteil der Drohne ist die Ausbringung der Grassaat zu einem späteren Zeitpunkt als bisher. Hier sind Praxisversuche in den vergangenen Wochen auf Betrieben der Gewässerschutzberatung in Angeln, Schwansen, Schleswiger Vorgeest und dem westlichen Angeler Hügelland angelegt worden, bei denen die Aussaat per Drohne zu verschiedenen Blattstadien des Maises mit unterschiedlichen Aussaatstärken des Grases erfolgte. Damit wird das Zeitfenster der Etablierung erweitert, ohne dass eine Befahrung der

Fläche nötig ist. Die Verteilung der Grassaat bei einer Arbeitsbreite von 3,80 m und einer Flughöhe von zirka 4 m über dem Bestand ist vielversprechend. Kontrollen direkt nach der Befliegung und Aussaat zeigten nur im geringen Maß Saat auf den Maispflanzen, die Saatkörner sind auf dem Boden angekommen. Das Projekt zielt auf praxistaugliche Empfehlungen unter schleswig-holsteinischen Bedingungen ab.

Grasuntersaaten in Roten Gebieten

Erfolgreich etablierte Grasuntersaaten im Mais werden als vorgeschriebene Zwischenfrüchte in

der Nitratkulisse anerkannt, wenn die diesjährige Silomaisernte auf Ackerflächen innerhalb von Nitratkulissen vor dem 1. Oktober abgeschlossen ist und im kommenden Frühjahr Stickstoffdüngungen zu Sommerkulturen mit Aussaaten nach dem 1. Februar geplant sind.

Eine Ausnahme von dieser Begrüpfungspflicht in Roten Gebieten besteht nur, wenn Ackerkulturen auf den betreffenden Flächen nach dem 1. Oktober geerntet werden.

Dr. Elke Grimme

Dr. Karen Volkers

Landwirtschaftskammer SH

Fazit

Es zeigt sich, dass mit dem Anbau von Untersaaten im Silomais jeder anwendende landwirtschaftliche Betrieb einen aktiven Schutz für das Binnenmeer Ostsee leistet. Dieser wertvolle Beitrag zur Verhinderung weiterer Anreicherung

von Nährstoffen dient darüber hinaus dem Schutz aller Gewässer, Meere und auch dem Grundwasser. Weitere Informationen zum Anbau von Silomais mit Untersaaten sind im Bauernblatt, Ausgabe 18 vom 3. Mai nachzulesen.

Gezielte Maßnahmen für den Gewässerschutz

Agrarumweltmaßnahmen mit Wirkung – Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 8

Die Reduzierung der Nährstoffeinträge in die Ostsee ist eines der Hauptziele im Aktionsplan Ostseeschutz 2030. Im Rahmen der im vergangenen Jahr geschlossenen Zielvereinbarung mit der Landwirtschaft sollen dafür auch verstärkt freiwillige Maßnahmen hinsichtlich einer angepassten landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet der Ostsee umgesetzt werden. Dabei können Agrarumweltmaßnahmen, richtig ausgewählt und durchgeführt, ein wirksames Instrument darstellen, um den Gewässerschutz zu stärken und gleichzeitig die Biodiversität zu fördern.

Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) sind Bewirtschaftungsformen auf Acker- oder Grünland, mit denen Landwirtinnen und Landwirte freiwillig einen Beitrag zum Schutz von Natur, Umwelt und Klima leisten. Sie setzen auf gezielte, umweltfreundliche Bewirtschaftungspraktiken und gehen über gesetzliche Mindeststandards hinaus. Die Teilnahme wird meist über mehrere Jahre vertraglich vereinbart und über öffentliche Förderprogramme honoriert. Ein häufiges Ziel ist die Förderung der Artenvielfalt, indem gefährdete und auch häufigere Arten in der Agrarlandschaft unterstützt, Nützlingspopulationen gestärkt und Biotopverbundstrukturen ausgebaut werden.

Vielen AUKM ist gemein, dass sie bei der Flächenbewirtschaftung, in Abhängigkeit von der Zielsetzung, geringere Nutzungsintensitäten erfordern. Mit der passenden Auswahl der Maßnahme sowie einer gezielten räumlichen Positionierung können AUKM auch wichtige Funktionen für den Ostseeschutz übernehmen: Puffer- und Filterwirkung landwirtschaftlicher Flächen werden gestärkt, Bodenerosion wird gemindert, und der flächenbezogene Einsatz von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln wird gesenkt. So lassen sich Nähr- und Schadstoffeinträge in angrenzende Gewässersysteme besser reduzieren. Für Schleswig-Holstein sind hier als Beispiel vor allem die Programme des Vertragsnaturschutzes zu nennen.

Ackerbrachen für den Gewässerschutz nutzen

Das Östliche Hügelland in Schleswig-Holstein ist eine von zahlrei-

Nährstoffquellen und Eintragspfade in die Ostsee bietet Teil 2 der Artikelserie (Bauernblatt, Ausgabe 28/2025). Vor diesem Hintergrund können gezielt angelegte Ackerbrachen eine wichtige Rolle im Ostseeschutz spielen. Die Flächen werden für eine bestimmte Zeit aus der regulären Bewirtschaftung genommen, oft mit vielfältigen Blühmi-

men oder Knicks, verstärkt das den positiven Effekt auf die Biodiversität und den Biotopverbund. Außerdem können Ackerbrachen helfen, Auflagen aus dem Düngemittel-, Pflanzenschutz- oder Wasserhaushaltsrecht einfacher einzuhalten – zum Beispiel als Gewässerrandstreifen.

Zur Herausstellung der positiven Synergieeffekte zwischen dem Biodiversitäts- und Gewässerschutz gilt bei der Anlage von Ackerbrachen als Gewässerrandstreifen:

- Breite Randstreifen sind wirksamer als schmale – mindestens 10 m.
- Mehrjährige Anlage ist effektiver als einjährige.
- Gräserbetonte Ansaaten verbessern den Sedimentrückhalt, die Bodenbedeckung entwickelt sich bei mehrjährigen Brachen jedoch vielfach auch ohne Gräseransaaten ausreichend dicht (siehe unten), da Gräser in der Regel in der Samenbank des Bodens vorhanden sind.
- Kräuterreiche Mischungen aus regionalem Saatgut fördern besonders die Biodiversität.
- Verzicht auf Düngemittel- und Pflanzenschutzmittel
- frei verfügbare Geodaten für die Flächenauswahl nutzen – zum Beispiel Hangneigung, Erosionsgefährdung, Gewässerverzeichnis

Landwirtschaftlichen Betrieben in Schleswig-Holstein werden für die Extensivierung von Ackerflächen mit Förderung des Landes, des Bundes oder der EU verschiedene Möglichkeiten angeboten. Eine Übersicht mit den wichtigsten Maßnahmen im Ackerland bietet die Tabelle auf Seite 50.

Bunte Gewässerränder anlegen

Besonders hervorzuheben ist die Maßnahme „Ackerlebensräu-



Selbstbegrünende feuchte Ackerbrache im Östlichen Hügelland

Foto: Dr. Helge Neumann

chen Gewässern durchzogene Moränenlandschaft mit teils deutlicher Hangneigung. Viele Fließgewässer entspringen hier oder durchqueren die Region, bevor sie in die Ostsee münden. Die gute Bodenqualität in diesem Naturraum hat dazu geführt, dass der Ackerbau heute die vorherrschende Landnutzungsform darstellt. Auf Ackerflächen mit Gefälle stellt Wassererosion allerdings ein besonderes Problem dar – vor allem weil Starkregenereignisse infolge des Klimawandels zunehmen. So steigt die Gefahr, dass Sedimente und Nährstoffe oberflächlich in die Gewässer abgeschwemmt werden. Einen Überblick über die

schungen eingesät oder der Selbstbegrünung überlassen. Der Einsatz von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln ist untersagt.

Aus betrieblicher Sicht eignen sich vor allem weniger ertragreiche Flächen oder solche mit natürlichen Bewirtschaftungshindernissen für den temporären Nutzungsverzicht. Beispiele hierfür sind Gewässerränder, feuchte Senken, Erosionsrinnen, trockene Kuppen oder sandige Stellen. Brachen können auch helfen, unregelmäßige Feldränder zu begraden und so die Bewirtschaftung zu erleichtern. Liegen sie an ökologisch wertvollen Lebensräumen wie Wäldern, Gewässern, Säu-



Beidseitig angelegte Uferrandstreifen an einem Vorfluter

me – Regiosaatgutvariante“ im Vertragsnaturschutz des Landes Schleswig-Holstein. Sie verbindet die Vorteile einer mehrjährigen Standzeit mit einer nur einmaligen Ansaat, die entsprechend für ausreichend Bodenruhe sorgt. Die Verwendung von Wildpflanzenarten aus regionaler Herkunft (zertifiziertes Regiosaatgut) stärkt heimische Pflanzen- und Tierarten. Entlang von Gewässern angelegt, können so ökologische Korridore und Trittsteine für Insekten, Amphibien und Kleinsäuger entstehen. Hinsichtlich des Sedimentrückhaltes konnte in einem Modellprojekt beim Naturpark Schlei bereits gezeigt werden, dass mit Acker-Regiosaatgut aufgewertete „Bunte Gewässerränder“ schon ab dem zweiten Jahr eine ausreichend wirksame Bodenbedeckung aufweisen.

Feuchte Ackersenken entwickeln

Eine weitere Besonderheit stellt die Fördermaßnahme „Ackersenken zeitweise aus der Nutzung nehmen“ dar. Ackersenken gehören im Östlichen Hügelland zum typischen Landschaftsbild. Sie werden üblicherweise in die Ackerbewirtschaftung mit einbezogen, erweisen sich aber häufig aufgrund periodischer Vernässungen als ertragsschwächer und nur schwierig zu bearbeiten. Vielfach sind wiederkehrende Drainagearbeiten erforderlich, um sie weiterhin ackerbaulich nutzen zu können. Nimmt man Ackersenken zeitweise aus der Produktion, entstehen zusätzliche Lebensräume und positive Vernetzungseffekte mit umliegenden Feuchtgebieten. Außerdem tragen sie zur Stabilisierung des Landschaftswasserhaushalts bei. Die Maßnahme wird im Rahmen des Angebotskataloges „Kulturlandschaft gemeinsam gestalten“ des Deutschen Verbands für Landschaftspflege (DVL) durch die Lokalen Aktionen und den DVL angeboten (siehe unten) und vom Umweltministerium finanziert.

Artenreiches Grünland schaffen

Die gezielte Umwandlung von Ackerflächen in Dauergrünland stellt in Gewässernähe eine der



„Bunter Gewässerrand“ an dem inneren Küstengewässer Schlei: mehrjährige gezielte Begrünung mit einer Regiosaatgutmischung

Fotos (2): Matthias Böldt

wirksamsten Maßnahmen dar, um unerwünschte Nährstoffausträge zu reduzieren und gleichzeitig die biologische Vielfalt zu fördern. Die ganzjährige Bodenbedeckung schützt vor Bodenabtrag, mindert Erosion und nimmt über ein dichtes Wurzelwerk Nährstoffe besonders gut auf, sodass diese nicht in angrenzende Gewässer gelangen. Zusätzlich bietet die Neuschaffung von Dauergrünland eine ef-

fektive Kohlenstoffspeicherung im Boden und zählt daher mit zu den effektivsten Klimaschutzpraktiken bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung. In Schleswig-Holstein wird die Maßnahme im Rahmen des Vertragsnaturschutzes des Landes gefördert. Die Fördersätze erfahren ab dem kommenden Jahr eine deutliche Erhöhung (Bauernblatt, Ausgabe 25/2025). Durch die Ansaat einer Regiosaatgutmi-

Tabelle: Übersicht von biodiversitätsfördernden Maßnahmen auf Ackerland in Schleswig-Holstein als Instrument des freiwilligen Naturschutzes

Maßnahme auf Ackerland	Variante	Förderhöhe (€/ha und Jahr)	Laufzeit	Förderrahmen
Ökoregelung 1	a) nichtproduktive Fläche	1.300-300 (absteigend von 1-8 % des Ackerlandes)	1 Jahr	Ökoregelungen
	b) Blühstreifen/-fläche	1.500-500 (absteigend von 1-8 % des Ackerlandes)		
Ökoregelung 6	Verzicht auf chemische Pflanzenschutzmittel auf Acker- und Dauerkulturf Flächen	150-50 (in Abhängigkeit von angebauter Kultur)	< 1 Jahr	Ökoregelungen
Ein-/Zweijährige Brache	Selbstbegrünung	970	1 - 2 Jahr(e)	Angebotskatalog DVL
	gezielte Begrünung	1.010-1.160 (je nach Variante)		
Ackersenken zeitweise aus der Nutzung nehmen	Selbstbegrünung	970	2 Jahre	Angebotskatalog DVL
	gezielte Begrünung	1.010		
Ackerlebensräume	Selbstbegrünung	970	5 Jahre	Vertragsnaturschutz Land SH
	gezielte Begrünung mit mehrmaliger Ansaat - Standardvariante	1.010		
	gezielte Begrünung mit einmaliger Ansaat - Regiosaatgutvariante	1.160		
Weite-Reihe-Getreide	mit Untersaat	550	1 Jahr	Angebotskatalog DVL
	ohne Untersaat	460-670 (je nach Variante)		

Quelle: DVL

schung und eine anschließend extensive Nutzung wird hierbei die Entwicklung besonders artenreicher Grünlandbestände begünstigt.

Kostenfreie Beratung nutzen

Die Beratung und Begleitung von Fördermaßnahmen im Agrarnaturschutz ist eine zentrale Aufgabe des sogenannten kooperativen Naturschutzes. Diesem partnerschaftlichen Ansatz folgend wird die landwirtschaftliche Naturschutzberatung je nach Region durch die lokalen Aktionen oder den DVL angeboten und durch die EU und das Land gefördert. Das Beratungsangebot ist für alle Betriebe kostenfrei. Neben ein- bis zweijährigen Kennenlernverträgen für Acker- und Grünlandflächen ist ein Beratungsschwerpunkt der Vertragsnaturschutz. Weitere Informationen zu Beratungsangeboten, Fördermaßnahmen und den zuständigen Ansprechpartnern vor Ort finden Interessierte online unter www.naturschutzberatung-sh.de

Matthias Böldt
Deutscher Verband für Landschaftspflege (DVL)

Fazit

Die Umsetzung freiwilliger Agrarumweltmaßnahmen bietet der Landwirtschaft eine gute Möglichkeit, einen Beitrag zum Gewässer- und Naturschutz im Einzugsgebiet der Ostsee zu leisten. Ob als bunte Gewässerränder, feuchte Ackersenken oder die Umwandlung von Ackerland in artenreiches Grünland: Verschiedenste Maßnahmen können dabei helfen, Nährstoff- und Sedimenteinträge zu verringern und gleichzeitig wertvolle Lebensräume zu schaffen. Damit werden nicht nur die Ziele des Aktionsplans Ostseeschutz 2030 unterstützt, sondern auch aktiv die Biodiversität in der Agrarlandschaft gefördert. Entscheidend sind eine sinnvolle Flächenauswahl, die fachgerechte Umsetzung sowie die Nutzung der vorhandenen Förderangebote und Beratungen.

Anbau von Luzerne und Klee gras

Landwirte und Umweltschutz profitieren – Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 9



Luzerne im Reinbestand

Foto: Dr. Christian Pahl

Der Anbau von Leguminosen bietet dem Landwirt vielfältige Vorteile, die zugleich einen Schutz der Umwelt mit sich bringen können. Durch den guten Vorfruchtwert und den hohen Proteinertrag können kleinkörnige Leguminosen wie Luzerne und Klee(gras) gezielt in der Fruchtfolge eingesetzt werden.

Leguminosen gehen mit Knöllchenbakterien eine Symbiose ein, die sie dazu befähigt, Luftstickstoff zu binden. Damit werden Leguminosen von der Verfügbarkeit mineralischen Stickstoffs unabhängig und benötigen keinen zusätzlichen Stickstoffdünger. Gleichzeitig reichern sie organisch gebundenen Stickstoff im Boden an und verbessern so die Nährstoffbedingungen für die Folgefrucht.

Vorteile in der Fruchtfolge

Der Anbau von Leguminosen führt im Allgemeinen zu erheblichen Mehrerträgen der Folgekulturen und trägt dazu bei, den Humusgehalt im Boden zu erhöhen. Für ökologisch wirtschaftende Betriebe stellt der Anbau von Futterleguminosen das zentrale Element der Fruchtfolge dar und steht immer an deren Beginn. Anschließend folgt in der Regel eine anspruchsvolle Kultur wie Weizen, Mais oder Hafer. Der Anbau von Luzerne oder Klee gras in der Fruchtfolge unterstützt dabei auch die Pflanzengesundheit der folgenden Ackerkulturen, da die Vermehrungszyklen von Krankheiten und Schädlingen unterbrochen werden. Leguminosen, sowohl in Reinsaat als auch im Gemenge, benötigen eine Anbaupause von fünf bis sieben Jahren, um pilzliche und tierische Schaderegere zu vermeiden. Besonders Luzerne hilft im ökologischen Landbau, Beikräuter in der folgenden Ackerkultur zu reduzieren.

Durch die Einsparung an Stickstoffdünger können Treibhausgasfreisetzungen, die bei der Herstellung von mineralischem Dünger zwangsläufig entstehen, reduziert werden. Gleichzeitig werden die Stickstoffausträge von der Fläche in Gewässer wirksam vermindert. Als regionaler Eiweißlieferant für die Rinderfütterung senken Leguminosen den Bedarf an importierten Eiweißfuttermitteln und damit wiederum den CO₂-Ausstoß. Diese Einsparung an Zukauf von Eiweißfuttermitteln stellt für den Landwirt auch einen ökonomischen Vorteil dar. Neben der traditionellen Nutzung als Futtermittel für Milchvieh und Rinder können Leguminosen als Futtermittel für Schweine, Geflügel und Pferde sowie als Dünger, Mulchauflage oder auch energetisch in Form von Biogassubstrat genutzt werden.

Die tief reichenden Wurzeln, besonders der Luzerne, verbessern die Bodenstruktur und mobilisieren Wasser aus tieferen Schichten – ein Vorteil in Trockenzeiten. Gerade in Jahren mit ausgeprägter Frühjahrstrockenheit können Luzerne und Rotklee gegenüber Grasbeständen hohe Aufwuchsergebnisse erbringen. Zudem ist die Stickstoffversorgung auch bei



Die Jungpflanzen der Luzerne zeigen bereits ein ausgeprägtes Wurzelsystem.
Foto: Liesel Grün

Trockenheit durch die Symbiose mit den Knöllchenbakterien gesichert, wohingegen reine Grasbestände organischen oder mineralischen N-Dünger in solchen Phasen nur sehr eingeschränkt aufnehmen können.

Grundsätzlich trägt eine Erweiterung der Fruchtfolge mit Klee gras oder Luzerne zu einer Erhöhung der Biodiversität und der damit einhergehenden ökologischen Vorteile wie Förderung der bestäubenden Insekten oder der Bodenfauna bei.

Umbruch und Nitratauswaschung

Beim Umbruch von Futterleguminosen können insbesondere auf leichten Standorten oder bei hohen Niederschlagsmengen erhebliche Nitratauswaschungen entstehen. Um dieser Auswaschung vorzubeugen, kann die Wahl des Umbruchzeitpunktes helfen. Bei einem Frühjahrsumbruch mit einer nachfolgenden Sommerung entstehen die geringsten Auswa-

schungen. Als Nachfrucht eignen sich Kulturen wie Mais, die den mineralisierten Stickstoff schnell umsetzen können. Ein Herbstumbruch kann auf schweren und tiefgründigen Böden und in Regionen mit geringen Niederschlägen die richtige Wahl sein. Der meist nachfolgende Winterweizen gewinnt in der Regel durch den fixierten Stickstoff an Ertrag und Qualität. Da im Einzugsgebiet der Ostsee in Schleswig-Holstein jedoch die Niederschläge hoch sind, sollte auf einen Herbstumbruch verzichtet werden. Grundsätzlich sollte der Umbruch von Klee(gras) oder Luzerne mög-

lichst schonend durchgeführt werden, um alle positiven Auswirkungen des Anbaus auf Bodenleben und -struktur zu erhalten. Andererseits muss der Umbruch so störend wie nötig stattfinden, um einen Durchwuchs in der Folgekultur zu vermeiden.

Anbaubedingungen beachten

Für den erfolgreichen Anbau von Luzerne und Klee gras sind einige Voraussetzungen zu beachten. Der pH-Wert sollte über 5,5 für Klee gras und bei 6 bis 6,5 für Luzerne liegen. Eine ausreichende Versorgung mit Phosphor, Kalium, Magnesium und Schwefel ist essenziell. Aufgrund des ausgeprägten Wurzelwachstums muss der Boden tiefgründig, gut durchlüftet, durchlässig und besonders für Luzerne leicht erwärmbar sein. Das Saatbett muss für die Feinsämereien, wie Luzerne und andere Kleearten, feinkrümelig sein. Die Saattiefe sollte 1,5 bis 2 cm betragen. Die Ansaat kann sowohl im zeitigen Frühjahr als auch im Spätsommer erfolgen. Die Saat sollte für einen guten Bodenschluss angewalzt werden. Die Etablierung als Untersaat in Getreide ist ebenfalls gut möglich. Beim Anbau von Luzerne sollte das Saatgut mit Knöllchenbakterien beimpft werden, um die Startbedingungen zu verbessern. Die Saatstärke für Luzerne in Reinsaat beträgt 25 bis 30 kg/ha und 20 kg/ha als Untersaat in Sommergetreide. Als Klee grasmischungen empfiehlt die Arbeitsgemeinschaft der norddeutschen Landwirtschaftskammern je nach angestrebter Nutzungsart und -dauer die Qualitätsstandardmischungen A3 (plus W oder plus S), A5 (spät plus W oder spät plus S), A7 und A9. Die empfohlenen Saatstärken für Klee grasmengeme liegen bei 30 bis 35 kg/ha. Die für die jewei-

Veranstaltungshinweis

Wer sich für den erfolgreichen Anbau von Luzerne interessiert, sollte den Feldtag „Luzerne – Chancen für Betrieb und Boden“ der Landwirtschaftskammer am 11. September in Klein Bennebek wahr-

nehmen. Dort gibt es Informationen über Sortenwahl, Anbau, Düngung, Nutzung und Konservierung von Luzerne in Reinsaat oder Grasmengeme. Weitere Details finden sich unter dem QR-Code.



lige Nutzung geeignete Mischung sowie die für den norddeutschen Raum empfohlenen Sorten sind in dem Faltblatt „Qualitätsstandardmischungen für den Ackerfutterbau 2025/2026“ (<https://t1p.de/p9wwwu> oder unter dem QR-Code am Ende des Artikels) zu finden. Ein Anbau von Leguminosen-Gras-Gemengen bringt einige Vorteile gegenüber der jeweiligen Reinsaat mit sich. Der durch Leguminosen gebundene Stickstoff wird auch Nichtleguminosen zur Verfügung gestellt und beide Arten erschließen sich unterschiedliche Bodentiefen. Diese Punkte führen in der Regel zu einem erhöhten Gesamtertrag. Durch die größere Artenanzahl des Gemenges reduziert sich das Ertragsrisiko. Dabei muss die gewählte Mischung an den Standort angepasst sein. Im Ansaatzjahr von Luzerne ist zur Regulierung von Unkräutern ein Schröpfschnitt bei einer Bestandeshöhe von zirka 15 cm empfehlenswert.

Düngung und Nährstoffversorgung

Für die Düngung sind grundsätzlich die Vorgaben der Düngeverordnung zu beachten. Bei einem Leguminosenanteil von über 65 % ist eine Stickstoffdüngung nicht nötig. Bei kleineren Anteilen ist in der Düngebedarfsermittlung ein Abschlag für den N-Bedarf je nach Ertragsanteil der Leguminosen vorzunehmen. Hier muss jedoch beachtet werden, dass ein höheres N-Düngungsniveau die Gräser fördert und damit die Leguminosen aus dem Bestand verdrängt. Neben der genannten guten Versorgung mit den Makronährstoffen Phosphor, Kalium, Magnesium und Kalzium ist bei dem Anbau von Leguminosen auch die Schwefelversorgung zu beachten. Schwefel ist ein wichtiger Baustein beim Aufbau von Proteinen, sodass Leguminosen einen vergleichsweise hohen Bedarf an Schwefel haben. Daneben ist auch der Bedarf an Kupfer, Bor und Molybdän für gute Erträge abzudecken.

Ernte und Nutzung

Der Schnittzeitpunkt von Klee-Gras und Luzerne hat einen wesentlichen Einfluss auf den Eiweiß-



Luzerne in der Blüte

Foto: Hans-Christian Hinrichsen

gehalt. Klee-Gras sollte deshalb in der Knospe bis Beginn der Blüte, Luzerne zu Beginn des Knospenstadiums bis zur Blüte geerntet werden. Luzerne wird auf einer Höhe von 10 cm geschnitten, um die Pflanzen zu schonen, einen schnellen Wiederaustrieb zu erreichen und eine Verschmutzung des Silos zu vermeiden. Bei Luzerne sind drei bis sechs Schnitte im Hauptnutzungsjahr möglich, für Klee-Gras ist

je nach Mengepartner eine Vierschnitt-Nutzung üblich. Klee-Gras, das Weißklee enthält, verträgt aufgrund dessen Wuchsform eine häufige Nutzung und Beweidung gut. Es wird empfohlen, die Luzerne je Nutzungsjahr einmal zur Vollblüte kommen zu lassen. So kann die Pflanze Reservestoffe in den Wurzelkopf einlagern. Da die Blätter am eiweißreichsten sind, sind bei der Ernte Bröckelverluste zu vermei-

den. Die Anzahl der Wendevorgänge sollte möglichst gering gehalten werden. Sie sollten nach Möglichkeit morgens, wenn die Blätter noch von Tau benetzt sind, erfolgen. Mit dem Bandschwader wird das Mähgut schonend geschwader. Luzerne hat aufgrund der hohen Pufferkapazität durch den höheren Eiweiß- und Mineralstoffgehalt und den niedrigen Zuckergehalt eine schlechte Silierbarkeit. Deshalb ist bei der Silierung ein Siliermittel der Wirkungsrichtung 1 zur Absicherung des Gärverlaufs empfehlenswert. Klee-Gras weist durch den Grasanteil eine bessere Siliereignung auf. Aufgrund der Gefahr des Verlustes der wertvollen Pflanzenbestandteile über Bröckel sollte Luzerne- oder Klee-Grasheu idealerweise unter Dach getrocknet werden.

Dr. Maria Hagemann
Dr. Christian Pahl
Liesel Grün
Landwirtschaftskammer SH



Weiterbildungsveranstaltungen zum Ostseeschutz

Vorträge und Praxisteil auf landwirtschaftlichen Betrieben

Die Landesregierung in Schleswig-Holstein hat den Aktionsplan Ostseeschutz 2030 beschlossen. Weitere Informationen online unter <https://t1p.de/ln7rf>. Eines der wesentlichen Ziele ist es, die in die Ostsee eingeleiteten Phosphor- und Stickstofffrachten kurzfristig zu senken.

Die Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein unterstützt im Rahmen von Fort- und Weiterbildungsveranstaltungen. Es geht darum, möglichst viele Akteure im Wassereinzugsgebiet der Ostsee hinsichtlich der Belange des Ostseeschutzes zu erreichen und insbesondere zu sensibilisieren. Weiterhin sollen praxisnahe Maßnahmen zum Gewässerschutz auf den Veranstaltungen diskutiert werden. Die Veranstaltungen

finden auf landwirtschaftlichen Betrieben statt und unterteilen sich in einen Vortragsteil und einen Praxisteil auf einer landwirtschaftlichen Fläche.

Die Kurzvorträge informieren unter anderem über die aktuelle Nährstoffbelastung der Ostsee und der relevanten Fließgewässer der Einzugsgebiete. Im Praxisteil werden an Demonstrationsflächen Themenschwerpunkte wie Zwischenfruchtanbau, Untersaaten, Boden- und Erosionsschutz und/oder Direktsaatverfahren als Maßnahmen zur Reduzierung von Nährstoffeinträgen in Gewässer diskutiert.

Eine Anmeldung je Veranstaltung ist über den Agrartermin kalender der Landwirtschaftskammer inklusive Anmeldung zu einem Imbiss möglich. Unter <https://www.lksh.de/aktuelles/>

agrartermin kalender/ im Agrartermin kalender einfach Kategorie „Ostseeschutz“ auswählen und zu einem der vier Termine anmelden.

Veranstaltungstermine in den Ostseeeinzugsgebieten (jeweils von 9 bis 13.30 Uhr):

- **Trave**
14. Oktober, Betrieb Cay-Henning Hastedt, Gut Wensin
- **Flensburger Förde/Schlei**
17. Oktober, Betrieb Philipp Hansen, Maasbüll
- **Wagrien/Fehmarn/Neustädter Bucht**
22. Oktober, Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp
- **Eckernförder Bucht**
24. Oktober, Betrieb Richard Bonse, Neudorf-Bornstein

Dr. Lars Biernat
Landwirtschaftskammer SH

Strip-Till mit Gülledepotdüngung

Präzision für Ertrag und Ostseeschutz – Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 10

Die Reduzierung von Nährstoffeinträgen in die Ostsee ist ein zentrales Ziel des Gewässerschutzes in Schleswig-Holstein. Gleichzeitig müssen landwirtschaftliche Betriebe ihre Kulturen bedarfsgerecht versorgen und die Wirtschaftsdünger effizient nutzen. Das Strip-Till-Verfahren mit Gülledepot verbindet diese Anforderungen. Durch die streifenweise Bodenlockerung und die exakte Platzierung der Nährstoffe tief im Wurzelraum werden Ammoniakverluste und Nitratauswaschung deutlich reduziert, während die Pflanzen bedarfsgerecht versorgt werden.

Die Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (LKSH) hat gemeinsam mit der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) mehrjährige Feldversuche durchgeführt, in denen zusätzlich die Einmischung von Kieserit fein in die Gülle getestet wurde. Diese führt zur Bildung von Struvit, einer stabilen Nährstoffform, die Stickstoff und Phosphor bedarfsgerecht freisetzt und so die Gefahr einer Nährstoffverlagerung ins Grund- und Oberflächenwasser weiter senkt. Die Ergebnisse zeigen: Das Verfahren kann einen wirksamen Beitrag zum Ostseeschutz leisten, ohne Ertragsseinbußen in Kauf zu nehmen.

Strip-Till-Technik und Gülledepotdüngung

Beim Strip-Till-Verfahren wird der Boden ausschließlich im Bereich der späteren Saatreihe gelockert und gleichzeitig ein Depotstreifen mit Gülle im Boden angelegt. Diese gezielte Bearbeitung, wie sie in den LKSH-Versuchen praktiziert wurde, erreicht eine Ablagetiefe von etwa 12 cm unter der Bodenoberfläche und positioniert das Nährstoffdepot rund 7 cm unterhalb des Saatkorns. Die tiefere Ablage reduziert den direkten Kontakt des Wirtschaftsdüngers mit der Atmosphäre und mindert so Ammoniakverluste unmittelbar nach der Ausbringung deutlich. Gleichzeitig sinkt die Gefahr, dass gelöste Nährstoffe bei Starkniederschlägen oberflächlich abgeschwemmt werden und von dort in die Küstengewässer der Ostsee oder über Sickerwasser in das Grundwasser gelangen. Die präzise Dosierung der Gülle

pro Streifen wird durch moderne Durchflussregelung und gleichmäßige Verteilung über den Verteilerkopf gewährleistet, sodass jede Pflanzenreihe bedarfsgerecht versorgt werden kann. Durch die Konzentration der Nährstoffe im Wurzelraum wird die Aufnahmeeffizienz erhöht, während ungenutzte Nährstoffmengen im Boden mini-

miert werden. Dies ist ein direkter Beitrag zur Reduzierung von Überschüssen, die ansonsten das Risiko von Nitratauswaschung und Phosphorverlagerung bergen. Der unbehandelte Zwischenreihenbereich bleibt vollständig mit organischer Mulchauflage bedeckt. Diese Bodendecke schützt vor Wind- und Wassererosion, erhält die Bodenstruktur und mindert den Abfluss nährstoffhaltigen Oberflächenwassers in Richtung der Vorfluter. Gleichzeitig werden durch die reduzierte Bodenbearbeitung das Bodenleben geschont, der Humusgehalt stabilisiert und die Wasserspeicherkapazität verbessert. Dies wirkt sich positiv auf den Wasserhaushalt aus, da die Bodenfeuchte länger erhalten bleibt und Nie-

derschlagswasser besser infiltrieren kann. In den Versuchsvarianten mit Kieserit fein wurde das Magnesiumsulfat-Produkt direkt während der Fassbefüllung in den Flüssigkeitsstrom gegeben, um die Magnesium-Ammonium-Phosphat- beziehungsweise Struvitbildung einzuleiten. Die Verbindung von Stickstoff (N), Phosphor (P) und Magnesium (Mg) im Struvitkristall liegt in einer zwar schwer wasserlöslichen, aber vollständig pflanzenverfügbaren Form vor und optimiert so die Nährstofffreisetzung. Die stabilisierten Nährstoffe bleiben so lange im Depotband, bis sie von den Pflanzenwurzeln erreicht, den Wurzelexsudaten gelöst und aufgenommen werden. Dadurch sinkt das Risiko, dass insbesondere die umweltrelevanten Nährstoffe N und P in Phasen geringer Pflanzenaufnahme Richtung Grundwasser verlagert oder mit Abschwemmung in die Ostsee transportiert werden. So verbindet das Strip-Till-Gülledepot nicht nur pflanzenbauliche Vorteile, sondern leistet auch einen messbaren Beitrag zur Verringerung der Bodenerosion und Nährstoffbelastung empfindlicher Küstenökosysteme.

Nährstoff-Stabilisierung für den Ostseeschutz

Die Einmischung von Kieserit fein in Gülle führt zur Bildung von Struvit, einer Verbindung aus Magnesium, Ammonium und Phosphat. In dieser Form sind Stickstoff und Phosphor pflanzenverfügbar, werden aber nur gezielt durch Wurzelkontakt freigesetzt. Das mindert das Risiko, dass überschüssige Nährstoffe ins Grundwasser oder über Abschwemmung in Oberflächengewässer und damit in die Ostsee gelangen. Struvit verhindert, dass Ammonium rasch zu Nitrat umgewandelt wird, wodurch die Auswaschungsgefahr sinkt. Gleichzeitig bleibt der Phosphor vor der Bindung an Kalzium geschützt (Schutz vor „P-Alterung“), was seine Pflanzenverfügbarkeit verlängert. Des Weiteren unterstützt die Magnesiumkomponente



Über den Domdeckel wird Kieserit fein kurz vor der Ausbringung in die Gülle eingemischt (kleines Foto). Durch die gezielte Applikation der Gülle oder des Gärrestes mit Einmischung von Kieserit fein in ein Bodendepotband werden insbesondere umweltrelevante Nährstoffe wie N und P vor Verlusten und Austrägen in sensible Gewässer geschützt. Fotos (2): Hanna Makowski



Erfolgreiche Umsetzung der Gülledepotdüngung mit Einmischung von Kieserit fein in der Praxis auf dem Betrieb in Dannewerk. Aus dem Behälter vor dem Güllefass wird das feine Kieserit in den Gülle-Zustrom des Verteilerkopfes eingemischt. Die Struvitkristallentwicklung findet dann erst im Boden statt und schützt somit vor technischen Problemen des Ausfällungsprozesses, bei dem eine sandartige Struvit-Struktur entsteht.

Foto: Christoph Weidemann

pflanzenphysiologisch die Chlorophyllbildung und damit die Ertragsleistung, während der Schwefelanteil des Kieserits den Proteinstoffwechsel fördert. Gerade in sensiblen Küstenregionen ist diese kontrollierte Freisetzung entscheidend. Nährstoffe werden so lange im Wurzelraum gehalten, bis sie von der Pflanze aufgenommen werden, anstatt in Küstengewässer zu gelangen, wo sie das Algenwachstum fördern und die Wasserqualität belasten würden.

Ertragssicherung und Nährstoffoptimierung

Die LKSH-Versuche an den Standorten Wallsbüll und Hüsby zeigten, dass das Strip-Till-Gülledepot mit Kieserit-Zumischung nicht nur die Erträge stabil hält, sondern auch die zusätzliche mineralische N- und P-Unterfußdüngung im Maisanbau obsolet machen kann. In allen Varianten wurden stets 45 m³/ha Rindergülle (Wallsbüll) beziehungsweise Gärsubstrat (Hüsby) im Depot

unterhalb der Saatreihe abgelegt. Die mengenmäßig grundsätzlich am P-Gehalt des flüssigen organischen Wirtschaftsdüngers orientierte Zugabe von Kieserit führte hier mit einer Aufwandmenge von exakt 1,92 dt/ha zur Struvitbildung und damit zu einer gleichmäßigeren Stickstoff- und Phosphoraufnahme über die gesamte Vegetationszeit. Ertragsseitig erreichte die Kieserit-Variante das Niveau der mineralisch ergänzten Unterfußdüngung, ohne dass zusätzliche Nährstoffgaben bilanziert werden mussten. Für den Gewässerschutz ist besonders relevant,

dass diese Variante keine erhöhten N_{min}-Gehalte nach der Ernte hinterließ. Das bedeutet weniger potenziell verlagerbaren Nitratstickstoff im Bodenprofil und verringerte Gefahr von Nährstoffeinträgen in die Ostsee. Die Kombination aus präziser Nährstofflokalisierung im Boden, gezielter Nährstoffstabilisierung durch den Struvit-Effekt und Verzicht auf zusätzliche mineralische Stickstoff- und Phosphor-Düngung zeigt, dass hohe Erträge und wirksamer Küstenschutz keine Gegensätze sein müssen.

Hanna Makowski
Landwirtschaftskammer SH

Praxisrelevante Schlussfolgerungen

Die mehrjährigen Versuche der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein zeigen, dass das Strip-Till-Verfahren mit Gülledepotdüngung und Kieseritfein-Zumischung nicht nur eine ertragssichere, sondern auch eine besonders gewässerschonende Düngestrategie darstellt. Durch die Kombination aus präziser Platzierung, gezielter Nährstoffstabilisierung und bodenschonender Bearbeitung lassen sich Stickstoff- und Phosphorverluste wirksam reduzieren – ein wesentlicher Beitrag zur Entlastung der Ostsee. Be-

triebe können damit ihre Wirtschaftsdünger effizienter nutzen, mineralische Unterfußgaben ersetzen und gleichzeitig die Anforderungen der Düngeverordnung und der Gewässerschutzziele erfüllen. Entscheidend für den Erfolg sind eine angepasste Technik, eine saubere Zumischung und die zeitnahe Ausbringung nach der Kieserit-Zugabe. Das Verfahren zeigt: Hohe Erträge und wirksamer Ostseeschutz sind kein Widerspruch, sondern lassen sich mit moderner, präziser Düngung in Einklang bringen.

Bedarfsgerechte Grünlanddüngung

Basis für Ertrag und Gewässerschutz – Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 11

Dauergrünland ist in Schleswig-Holstein sowohl aus produktions-technischer als auch aus umweltfachlicher Sicht von zentraler Bedeutung. Es stellt die Grundlage einer kontinuierlichen und qualitativ hochwertigen Futterproduktion dar und fungiert gleichzeitig als Puffer für den Schutz von Oberflächen- und Grundwasser. Die hohe Schutzwirkung basiert auf einer ganzjährigen Bodenbedeckung, die Nährstoffausträge und Erosion reduziert. Um die Effizienz dieser Flächen zu maximieren, ist eine standort- und nutzungsgerechte Nährstoffversorgung unter Berücksichtigung von Kalkung, Kaliumversorgung und Narbenpflege erforderlich. Diese Maßnahmen sind für eine hohe Stickstoffeffizienz ebenso maßgeblich wie die exakte Bemessung der N-Gaben.

Die aktuellen „Richtwerte für die Düngung“ (29. Auflage, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, 2025) liefern auf empirischen Daten basierende Orientierungsgrößen. Für intensiv genutzte, mehrschnittige Bestände auf Mineralböden ohne Leguminosenanteil beträgt der Richtwert bei einem Ertragsniveau von zirka 130 dt/ha Trockenmasse (TM) 320 kg Gesamtstickstoff (N) pro Hektar. Bei Erträgen um 100 dt TM liegt der Wert bei 260 kg N/ha, bei 70 dt TM bei 140 kg N/ha. Auf Moorstandorten wird aufgrund der hohen Stickstoffmineralisation aus dem Humusgehalt bei mittlerer Nutzung ein Richtwert von 180 kg N/ha, bei hoher Nutzung von 240 kg N/ha vorgegeben. Bei Beständen mit signifikantem Leguminosenanteil reduziert sich der mineralische und organische N-Bedarf deutlich. In der Regel genügen Startgaben von 40 bis 60 kg N/ha im Frühjahr in Abhängigkeit von Nutzungsrichtung und Kleeanteil. Für eine vollständige Nährstoffausnutzung ist die Erhaltung optimaler Standortbedingungen zwingend erforderlich. Eine stabile Kalkversorgung hält den pH-Wert in einem optimalen Bereich, wodurch die Pflanzenverfügbarkeit von Makro- und Mikronährstoffen gewährleistet wird. Dabei ist darauf zu achten, dass Leguminosen einen höheren Anspruch an den pH-Wert haben als Gräser. Kalium ist für die osmotische Regulation, die Enzymaktivität sowie für die Winterhärte und Krankheitsresistenz des Pflanzenbestandes essenziell. Eine intakte, geschlossene Grasnarbe stellt

sicher, dass die ausgebrachten Nährstoffe unmittelbar durch konkurrenzstarke Futtergräser aufgenommen werden und keine Effizienzverluste durch lückige Bestände und unerwünschte Arten entstehen.

Rahmenbedingungen der Düngeverordnung

Die Düngeverordnung (DÜV) schreibt für jede Düngung mit mehr als 50 kg N/ha oder 30 kg P_2O_5 /ha eine schlagbezogene Düngebedarfsermittlung vor. Neben den standort- und nutzungsspezifischen Richtwerten sind in die Berechnung Ertragsdaten der Vorjahre, Rohproteingehalte, Humusgehalt, Bodenart, Leguminosenanteil sowie die N-Nachlieferung aus organischen Düngergaben einzubeziehen. Organische Düngung aus dem Vorjahr wird pauschal mit 10 % ihres Gesamt-N angerechnet. Herbstgaben nach der letzten Nutzung werden dem Folgejahr zugeschlagen und bei Rindergülle mit einer Wirksamkeit von 60 % bewertet (seit 1. Februar 2025). Die jährliche Obergrenze von 170 kg/ha Gesamtstickstoff aus organischen und organisch-mineralischen Düngern im betrieblichen Flächendurchschnitt ist einzuhalten. Abweichend davon muss dieser Wert in der N-Kulisse schlagspezifisch eingehalten werden.

Geringe Stickstoffausnutzung bei Herbstdüngung

Unter den maritimen Klimabedingungen Schleswig-Holsteins



Eine streifenförmige Aufbringung ist notwendig für eine effiziente Ausnutzung des Stickstoffs aus der Gülle. Sie ist seit Februar 2025 verpflichtend einzusetzen.

Fotos: Hanna Makowski

begünstigen vergleichsweise hohe Bodentemperaturen im Herbst eine fortgesetzte Mineralisation und Nitrifikation, wodurch eine erhebliche Stickstoffnachlieferung aus dem Boden erfolgt. Besonders auf typischen, humusreichen Grünlandstandorten mit langjähriger organischer Düngung ist das N-Nachlieferungsvermögen entsprechend hoch. Oftmals liegen die Lufttemperaturen im Oktober sowie in der ersten Novemberhälfte deutlich im positiven Bereich. Die Folge sind eine Ausdehnung der Vegetationsperiode und weiterer Graszuwachs bis Mitte November. Die daraus resultierenden überwachsenen Bestände weisen eine erhöhte Anfälligkeit für pilzliche Erkrankungen auf und benötigen vor Wintereintritt einen Schröpschnitt oder eine Beweidung. Eine zusätzliche Applikation organischer Stickstoffdünger in der Spätherbstphase kann die Überwüchsigkeit unter milden Temperaturbedingungen weiter verstärken. Es ist jedoch darauf zu achten, dass

die Narbe nicht hungrig in den Winter geht. Zumeist ist bereits die Nachlieferung aus der Gülledüngung dafür ausreichend. Im Vergleich zur Frühjahrsdüngung ist die Stickstoffausnutzung der im Herbst ausgebrachten Gülle aufgrund der hohen bodenbürtigen N-Nachlieferung und der geringen Zuwachsraten reduziert. Neben der geringen Ertragswirksamkeit steigt zudem das Risiko, dass auswaschungsgefährdetes Nitrat in das oberflächennahe Grundwasser verlagert wird. Eine exemplarische Düngebedarfsermittlung für Stickstoff im intensiv genutzten Schnittgrünland (vier Schnitte, 100 dt TM/ha, Rohprotein 17 %) ist in der Tabelle auf Basis der „Richtwerte für die Düngung“ dargestellt.

Versuchsergebnisse aus Norddeutschland

In einer Versuchsreihe der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein auf schnittgenutztem Grünland am Standort Schuby wurde festgestellt, dass von der im Herbst ausgebrachten Stickstoffmenge in Rindergülle lediglich etwa 25 % des Gesamtstickstoffs ertragswirksam genutzt wurden. Zwar wiesen die Varianten im ersten Aufwuchs des Folgejahres leicht höhere N-Erträge auf als unbehandelte Vergleichsflächen, diese Mehrerträge lagen jedoch lediglich zwischen 20 und 40 kg N/ha. Ergänzend wurden am Versuchsgut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel im Östlichen Hügelland langjährige Untersuchungen zur Gülledüngung im Herbst und Winter (80 kg N/ha aus Rindergülle) durchgeführt, bei denen sowohl die Nitratauswaschung in den Wintermonaten als auch die

Tabelle: Beispiel für die N-Düngebedarfsermittlung für Dauergrünland auf Mineralboden

Kultur	Grünland 4 Schnitt		Bezug
Bodenart	Mineralboden		
N-Bedarfswert in kg/ ha		245	DÜV Anlage 4 Tabelle 9
Ertragsniveau (Bezugsbasis) in dt TM/ha	90		DÜV Anlage 4 Tabelle 9
Rohproteingehalt (Bezugsbasis) in %	17		DÜV Anlage 4 Tabelle 9
fünffähriges Ertragsmittel in dt/ha	100		betriebs eigene Daten
fünffähriges Mittel Rohproteingehalt in %	17		betriebs eigene Daten
Korrektur anhand von Ertragsabw. in kg N/ha		+27	DÜV Anlage 4 Tabelle 10
Korrektur anhand der Abweichung im Rohproteingehalt in kg N/ha		0	DÜV Anlage 4 Tabelle 10
N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat bei Humusgehalt bis 8 % in kg N/ha		-10	Bodenanalyse/DÜV Anlage 4 Tabelle 11
N-Nachlieferung aus org. Düngung zur Kultur des Vorjahres (10 % des Gesamtstickstoffs) in kg N/ha		-16	DÜV § 4 Absatz 1 Satz 2 Nummer 5
Ertragsanteil Leguminosen bei einem Anteil von 5-10 % in kg N/ha		-20	DÜV Anlage 4 Tabelle 7 oder 4
ergibt den N-Düngebedarf in kg N/ha*		226	

* Für Flächen innerhalb der N-Kulisse ist der N-Düngebedarf um 20 % zu reduzieren.

Quelle: Hanna Makowski, LKSH

N-Effizienz im ersten Schnitt des Folgejahres erfasst wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass bei einer Applikation Ende August nur etwas mehr als 20 % des applizierten Stickstoffs im ersten Aufwuchs wiedergefunden wurden, während Gaben zwischen Ende September und Ende November zu einer N-Effizienz von lediglich rund 30 % führten. Die höchste N-Effizienz wurde bei einer Ausbringung zwischen Ende Januar und Ende März erreicht. Eine Applikation Ende April in bereits weit entwickelte Bestände erwies sich hingegen als wenig sinnvoll, da die N-Effizienz bis zur Ernte des ersten Schnitts Mitte/Ende Mai deutlich reduziert war. Es handelt sich bei diesen Werten um scheinbare N-Wiederfindungsraten, die neben der direkten N-Aufnahme aus der Gülle auch die Mineralisation aus dem Boden sowie mögliche Beiträge von Leguminosen wie Weißklee berücksichtigen. Im direkten Vergleich ist die Güllendüngung im August derjenigen im Zeitraum September bis November vorzuziehen, da rund 25 % des im August applizierten Stickstoffs noch im letzten Aufwuchs des Jahres in Bio-

masse und Rohprotein umgesetzt und somit vor Auswaschung und gasförmigen Verlusten geschützt werden. Generell führten Gülleapplikationen im Herbst und Winter zu erhöhten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser. Die Resultate verdeutlichen, dass unter den klimatischen Bedingungen Schleswig-Holsteins durch eine Ausbringung im zeitigen Frühjahr nicht nur höhere N-Effizienzen, sondern auch geringere Nitrat auswaschungen und reduzierte potenzielle Lachgasemissionen erzielt werden können.

Optimierung der
Frühjahrsdüngung

Die zeitgerechte Frühjahrsdüngung ist unter den hiesigen Klimabedingungen der entscheidende Faktor für eine hohe Stickstoffeffizienz. Der Einsatz der digitalen Anwendung „Wann wächst das Gras?“ der Landwirtschaftskammer ermöglicht eine standortspezifische Bestimmung des Vegetationsbeginns anhand der korrigierten Grünland-Temperatursumme. Die Synchronisation der N-Gabe mit der Phase maximaler N-Aufnahmefähigkeit des Bestandes führt

zu einer signifikant höheren Nährstoffausnutzung und reduziert das Verlustpotenzial. Technisch ist die streifenförmige Ausbringung mittels Schleppschuh- oder Schleppschlauchsystemen der breitflächigen Verteilung überlegen. Diese Verfahren reduzieren Ammoniakverluste durch direkte Ablage des Wirtschaftsdüngers in den Pflanzenbestand und verbessern die Nährstoffverteilung. Die höchste N-Effizienz wird durch die Ausbringung mit der Schlitze erreicht. Seit Februar 2025 ist der Einsatz solcher Verfahren für flüssige Wirtschaftsdünger mit hohem Anteil an verfügbarem Stickstoff verpflichtend. Unter bestimmten Bedingungen kann eine Gülleansäuerung zusätzliche Emissionsminderungen erzielen. Die Gülleapplikation sollte vorzugsweise bei kühler, feuchter Witterung erfolgen, um die Infiltration zu fördern und Verluste zu minimieren. Eine angepasste Bereifung oder der Einsatz von Zwillingsreifen beziehungsweise Reifendruckregelsystemen vermindern die Gefahr von Bodenverdichtungen, die die Durchwurzelung und damit die Nährstoffaufnahme negativ beeinflussen können.

Die hohe Relevanz von
Düngemaßnahmen

Die Sicherung eines optimalen pH-Wertes durch regelmäßige Kalkung ist eine Grundvoraussetzung für die Effizienz aller Dün-

←
Unter bestimmten Bedingungen kann eine Gülleansäuerung zusätzliche Emissionsminderungen erzielen.

gemaßnahmen. Ein suboptimaler pH-Wert führt zu Nährstofffixierungen im Boden und zu einer eingeschränkten Nährstoffaufnahme der Pflanzen, selbst bei rechnerisch ausreichender Zufuhr. Die Kaliumversorgung ist insbesondere im intensiven Schnittbetrieb von hoher Relevanz, da Kalium über den Ernteprozess kontinuierlich entzogen wird und ohne Nachlieferung rasch in Defizite geraten kann. Kalium ist essenziell für Wasserhaushalt, Standfestigkeit, Winterhärte und Krankheitsresistenz der Pflanzen. Ohne genug Schwefel kann Stickstoff nicht wirken, daher sollte das N-S-Verhältnis nicht weiter als 12:1 sein. Eine dichte, vitale Grasnarbe, die durch gezielte Pflegemaßnahmen wie Striegeln, Walzen und Nachsaaten erhalten wird, ist nicht nur für die Ertragsstabilität wichtig, sondern auch für die Vermeidung von Stickstoffverlusten. Lückige Bestände mit minderwertigen Gräsern setzen den ausgebrachten Stickstoff langsamer um und erhöhen dadurch die Gefahr der Auswaschung.

Hanna Makowski
Dr. Maria Hagemann
Dr. Christian Pahl
Landwirtschaftskammer SH

Fazit

Die vorliegenden Versuchsergebnisse und aktuellen Richtwerte verdeutlichen, dass eine effiziente Stickstoffnutzung im Grünland Schleswig-Holsteins nur unter einer Kombination mehrerer Maßnahmen erreichbar ist. Zentral ist die Gabe der hauptsächlichen Nährstoffmenge im zeitigen Frühjahr in Verbindung mit einer bedarfsgerechten Bemesung nach den aktuellen Richtwerten und den Vorgaben der Düngeverordnung. Ergänzend sind eine verlustarme Ausbringungstechnik, eine gesicherte Kalk-, Schwefel- und Kaliumversorgung sowie eine konsequente Narbenpflege unverzichtbar. Unter Einhaltung dieser Grundsätze können hohe Futterqualitäten und stabile Erträge erzielt werden, während gleichzeitig die Nährstoffbelastung von Grundwasser und Ostsee minimiert wird.



N- und P-reduzierte Fütterung von Schwein und Rind

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 12

Eine bedarfsgerechte N- und P-reduzierte Fütterung kann Nährstoffüberschüsse und Ammoniakemissionen messbar verringern. Damit kann die Fütterung einen Beitrag zur Minderung von Nährstoffeinträgen, auch in die Ostsee, leisten – neben weiteren Maßnahmen wie Güllelagerung, Ausbringtontechnik oder Fruchtfolgegestaltung.

In der Schweinehaltung ist die N- und P-reduzierte Fütterung bereits gelebte Praxis. Es gilt, Rohprotein- und P-Gehalte im Futter beziehungsweise im Futtermittel zu kennen und in Abhängigkeit vom Alter nährstoffreduziert zu füttern.

In der Schweinefütterung

Monogastrier haben keinen Bedarf an Protein, sondern vielmehr an Aminosäuren. Mit stärkerer N-Reduzierung wird deshalb zunehmend vom Zusatz freier Aminosäuren Gebrauch gemacht. Neben den Aminosäuren muss auch der Phosphor dünn darmverdaulich sein. Hier ist der Zusatz des Enzyms Phytase zum Standard geworden, um den an Phytat gebundenen Phosphor für das Tier verfügbar zu machen. Mit zunehmender Lebendmasse sinkt der Bedarf an Aminosäuren und Phosphor, sodass der Gehalt im Futter reduziert werden kann. Es wird in der Mast grundsätzlich zwischen Universalmast, N- und P-reduziert, stark und sehr stark N- und P-reduziert unterschieden. Die drei letztgenannten Verfahren sind mit einer mehrphasigen Fütterung verbunden. Für alle nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) genehmigten Anlagen sind in der 2021 verabschiedeten Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) erstmalig eine mindestens dreiphasige Mastschweinefütterung und eine stark N- und P-reduzierte Fütterung vorgeschrieben.

So soll eine Ammoniakemissionsminderung von 20 % über die Fütterung erreicht werden, ohne



Mit zunehmender Lebendmasse können die Nährstoffgehalte im Futter reduziert werden.

Foto: Dr. Ariane von Mallinckrodt



Auch in der Fütterung der Jungrinder gilt, die Rationen streng am Bedarf auszurichten, um Überschüsse zu vermeiden.

Foto: Dr. Imme Dittrich

Einbußen bei Leistung oder Tiergesundheit. Schon eine Rohproteinabsenkung um 1 % senkt die Ammoniakemissionen um rund 10 %. Verschiedene Forschungsprojekte bestätigen, dass eine weitere N-/P-Reduktion hin zur sehr stark N- und P-reduzierten Fütterung möglich ist, ohne die Leistung zu gefährden. So können der N- und P-Anfall in der Gülle und die Ammoniak-Emissionen weiter gesenkt werden. Leistung und Tiergesundheit müssen dabei allerdings stetig überprüft werden.

In der Rinderfütterung

In der Rinderfütterung gilt grundsätzlich, Überschüsse zu vermeiden, dabei ist eine wichtige Stellschraube die regelmäßige Überprüfung der Futtermittel und Rationszusammensetzungen. Basierend auf Leistung und Futteraufnahme sind insbesondere Eiweiß- und Phosphorgehalte in den Rationen von Masttieren und vor allem Milchkühen streng am Bedarf auszurichten. Besonders in der Milchviehfütterung liegen große Potenziale, die auch durch die 2023 aktualisierten Bedarfsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie berücksichtigt wurden.

Werden die Änderungen der Bedarfsempfehlungen und die damit einhergehend erneuerten Bewertungsgrundlagen für zum Beispiel Energie und Eiweiß angewendet, ermöglichen sie eine präzisere Rati-

onsgestaltung. Die Bewertung der Energie erfolgt auf Basis der umsetzbaren Energie (ME), dadurch lassen sich Energieverluste über Methan beziehungsweise Kot und Harn realistischer abbilden. Darüber und über die Proteinbewertung auf Grundlage des dünn darmverdaulichen Proteins (sidP) sowie Aminosäuren (sidAA) anstatt des nutzbaren Rohproteins gewinnt die Genauigkeit. Die neue Proteinbewertung berücksichtigt also, wie viel Protein wirklich im Dünndarm aufgenommen werden kann – wie viel also verwertbar ist –, statt nur grob das Gesamtrohprotein. Das reduziert Unsicherheiten.

Das heißt: Nicht mehr allein die Gesamtmenge des Rohproteins zählt, sondern wie viel davon verwertbar ist. Damit können Überversorgung und Stickstoffverluste reduziert werden. Durch gezielte Aminosäurezugabe kann bei reduzierter Proteinmenge im Futter dennoch der Bedarf gedeckt werden – das verbessert die Stickstoffeffizienz.

Auch der Mineralstoff- und Vitaminbedarf wurden im Rahmen der Bedarfsempfehlungen überarbeitet, wobei insbesondere Phosphor in den Fokus rückte. Die Phosphorversorgung wurde in diesem Zuge in Teilen nach unten korrigiert, da nach Neubewertung eine bessere Verwertbarkeit angenommen werden kann.

Die GfE-Empfehlungen 2023 bringen eine merkliche Verbesse-

rung der Genauigkeit von N- und P-Versorgung. Durch bessere Proteinbewertung, realistischere Bewertung von Energie und Verdaulichkeit und differenzierte Behandlung von Phosphor wird es möglich, Rationen näher an den tatsächlichen Bedarf anzupassen. Damit sinken Nährstoffüberschüsse – was ökonomisch und ökologisch von Vorteil ist.

Dr. Sophie Diers

Dr. Imme Dittrich

Landwirtschaftskammer SH

Fazit

Die N- und P-reduzierte Fütterung in Schweine- und Rinderhaltung zeigt, dass durch moderne, wissenschaftlich fundierte Bedarfsempfehlungen erhebliche Fortschritte im Umwelt- und Gewässerschutz erreicht werden können. Die aktuellen Empfehlungen der GfE 2023 ermöglichen eine deutlich präzisere Anpassung der Rationen, sodass Nährstoffüberschüsse minimiert werden. Dies bedeutet nicht nur eine spürbare Entlastung der Ostsee, sondern auch betriebswirtschaftliche Vorteile durch effizientere Futterverwertung. Damit wird die Tierfütterung zu einem zentralen Baustein für eine nachhaltige Landwirtschaft, die Ökologie und Ökonomie erfolgreich miteinander verbindet.

Teilflächenspezifische Düngung als Gewässerschutz

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 13

Die Stickstoffdüngung ist ein zentraler Stellhebel im Ackerbau. Sie bestimmt maßgeblich Ertrag und Qualität, beeinflusst aber ebenso die Nährstoffbilanzen und damit auch die Umweltwirkungen. Grundlage jeder Dünge- maßnahme ist daher die Dünge- bedarfsermittlung. Sie legt unter anderem auf Basis des fünf- jährigen Ertragsdurchschnitts, der Vorfrucht und des N-Nachlie- ferungspotenzials die zulässige Stickstoff-Obergrenze fest.

Neben dieser rechnerischen Grundlage spielen auch Witterung, Bodenzustand und Bewirt- schaftung eine wichtige Rolle. Niederschlagsverteilung, Bodentem- peraturen oder der Humusgehalt entscheiden darüber, wie viel Stick- stoff tatsächlich mineralisiert wird und der Pflanze zur Verfügung steht. Das bedeutet, dass selbst bei korrekter Düngebedarfsermitt- lung Abweichungen zwischen The- orie und Praxis auftreten können. In der Praxis zeigt sich zudem, dass diese Berechnung nicht die räum- liche Variabilität innerhalb eines Schläges abbilden kann. Die Böden sind selten homogen, insbesonde- re im Östlichen Hügelland, und die Unterschiede in Bodenart und Hu- musgehalten führen zu deutlichen Schwankungen der Stickstoffver- fügbarkeit. Gerade in Betrieben



Die Ertragspotenzialkarte zeigt basierend auf Satellitenbildern die Heterogenität innerhalb einer Fläche (grün = hohes Potenzial, rot = niedriges Potenzial).
Fotos (2): Ruben Soth

mit vielfältigen Standortbedin- gungen wird damit die Herausfor- derung größer, den Nährstoffbe- darf möglichst präzise zu decken und gleichzeitig die Vorgaben der Düngeverordnung einzuhalten.

Heterogenität der Schläge

Im Östlichen Hügelland an der Ostsee ist die Vielfalt der Böden stark ausgeprägt. Auf kleinem Raum wechseln sich Moränenkuppen, Senken und glaziale Rinnen ab. Daher variieren Bodenart, Was- serspeichervermögen und Humus-

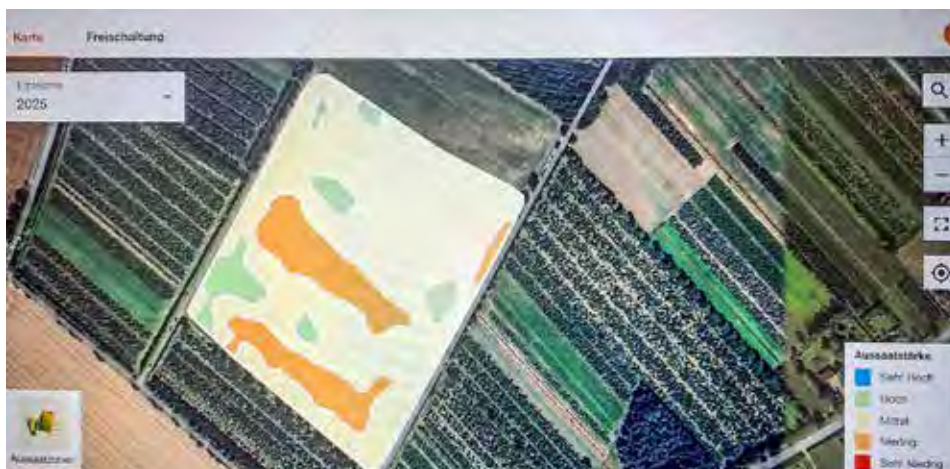
gehalt sehr häufig. Leichte Sande finden sich oft direkt neben lehmigen oder tonigen Partien. Auch die Reliefunterschiede verstärken die Heterogenität. In Hanglagen ist die Nährstoffdynamik durch Abfluss und Erosion geprägt, während sich in Senken Staunässe entwickeln kann. Für die Düngung resultiert daraus, dass die räumliche Heterogenität innerhalb eines Schläges hier besonders groß sein kann und zwischen Kuppe und Senke große Unterschiede im mineralisier- ten Stickstoff gemessen werden können. In der Beratung zeigt sich

immer wieder, dass insbesonde- re in diesen Lagen Über- und Unterver- sorgung dicht nebeneinan- der auftreten. Das macht eine teilflächenspe- zifische Vor- gehenswei- se interessant. Bevor teilflä- chenspezifisch gedüngt wer- den kann, muss die Ackerflä- che zunächst in

Teilbereiche eingeteilt werden. Da- für gibt es heute eine ganze Rei- he von Werkzeugen, die die He- terogenität sichtbar machen. Ori- entieren kann man sich entweder an den Bodenunterschieden, etwa anhand von Bodenkarten, oder an Differenzen in Pflanzenwachstum und Ertrag. In der Praxis wird meist der zweite Weg gewählt, da hierzu vielerorts aktuelle Daten vorliegen.

Flächendaten aus dem Orbit

Ein stark beworbener Trend ist derzeit die Einteilung über Satellitenbilder. Viele Saatgutunterneh- men bieten bereits Online-Tools an, mit denen Biomasse- und Ap- plikationskarten oder auch Daten zur Bestimmung des Trockensub- stanzgehaltes im Mais innerhalb weniger Minuten abgerufen wer- den können. Diese Karten basie- ren nicht auf eigenen Aufnahmen, sondern auf den frei zugänglichen Daten des europäischen Coperni- cus-Erdbeobachtungsprogramms. Die Sentinel-Satelliten dieses Pro- gramms überwachen kontinuier- lich die Erde aus rund 750 km Höhe. Für die Landwirtschaft ist Senti- nel-2 interessant, denn das Satelli- tenpaar erstellt multispektrale Auf- nahmen, die Rückschlüsse auf den Biomasseaufwuchs zulassen. Aus diesen Daten lassen sich Ertragspo- tenzialkarten ableiten – Teilflächen mit starker Reflexion von nahinfrarotem Licht weisen auf ein höheres; schwach reflektierende Flächen auf ein niedrigeres Pflanzenwachstum und damit Ertragspotenzial hin. Da die Sentinel-2-Satelliten eine Fläche etwa alle fünf Tage über- fliegen, liegen aktuelle Daten zum Pflanzenwachstum vor. Für eine zuverlässige Analyse anhand der Satellitenbilder ist es jedoch ent- scheidend, mehrere Jahre in die Betrachtung einzubeziehen, mög- lichst aus derselben Jahreszeit und mit der gleichen Kultur. Der Grund liegt in den starken Einflüssen von Jahreszeit, Bestandsentwicklung und Witterung. Schwache Ertrags- zonen sind in einem trockenen Jahr deutlicher sichtbar als in einem nas- sen Jahr. Auch die Kulturart spielt



Verschiedene Saatguthersteller bieten das Erstellen von Applikationskarten auf Basis von Satel- litenbildern innerhalb weniger Minuten an.
Foto: KWS

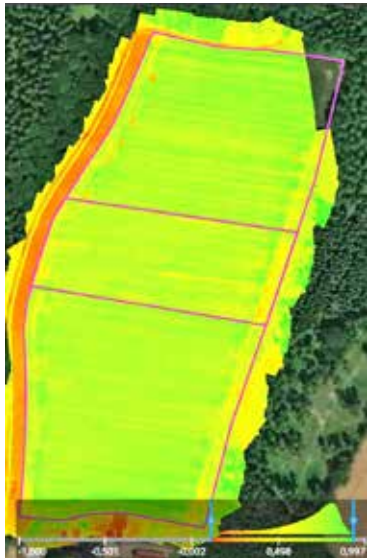
eine Rolle, da ein abgereifter Wintergerstenbestand wesentlich weniger Licht reflektiert als ein vitaler Zuckerrübenbestand zur gleichen Zeit. Hinzu kommt, dass auch die Aufnahmequalität, etwa durch Bewölkung, die Aussagekraft schmälern kann. Erst der Vergleich mehrerer Aufnahmen mit ähnlichen Bedingungen erlaubt es, stabile Unterschiede im Ertragspotenzial sicher zu erkennen.

Drohnen im Einsatz

Neben den frei verfügbaren Satellitendaten liefern auch Drohnenaufnahmen wertvolle Informationen. Mit Multispektralkameras lassen sich hochauflösende Orthofotos (Luftbildaufnahmen) erstellen, die den Pflanzenbestand detailgetreu abbilden. Ähnlich wie bei den Satellitenbildern wird über den NDVI-Index die Reflexion von rotem und nahinfrarotem Licht ausgewertet. Je mehr Biomasse vorhanden ist, desto stärker fällt die Reflexion aus. So können Unterschiede im Bestand sichtbar gemacht und der aktuelle Ernährungszustand und Aufwuchs der Pflanzen präzise bewertet werden.

Erntetechnik als Datenquelle

Auch die Erntetechnik liefert heute wichtige Daten für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Mit Ertragsmessung oder Nah-Infrarot-Sensoren (NIR-Sen-



Mit einer Drohne können Multispektralaufnahmen vom Aufwuchs gemacht werden (grün = starker Aufwuchs, rot = schwacher Aufwuchs).



Sensoren an Düngerstreuern können während der Überfahrt den Chlorophyllgehalt und die Biomasse des Bestands messen und die Düngermenge automatisch anpassen.
Foto: Hanna Makowski

soren) ausgestattete Mähdrescher und Feldhäcksler erfassen die Erntemenge direkt während der Überfahrt. So wird nicht nur ein Durchschnittsertrag für die gesamte Fläche ermittelt, sondern die Unterschiede innerhalb eines Schläges werden sichtbar. Ergänzend können Pflanzensensoren an Düngerstreuern während der Überfahrt den Chlorophyllgehalt und die Biomasse des Bestands messen, was eine zusätzliche Grundlage bildet, um die Heterogenität der Fläche zu beurteilen.

Düngermenge anpassen

Über viele Wege lassen sich die unterschiedlichen Ertragspotenziale einer Fläche sichtbar machen und Teilflächen festlegen. Anschließend ist es nur entscheidend, den richtigen Dünger in der passenden Menge zu variieren. Hierzu muss der Grund für die Heterogenität bekannt sein. Dabei wird zwischen bodenbedingten und bewirtschaftungsbedingten Ursachen unterschieden. Bodenbedingte Differenzen können durch georeferenzierte Bodenproben aufgedeckt werden. Statt einer Mischprobe für die gesamte Fläche werden einzelne Proben in den jeweiligen Teilflächen gezogen. So lassen sich etwa Nährstoffdefizite, beispielsweise in der Phosphorversorgung, aufgrund unterschiedlicher Tiefgründigkeit oder auch ein Magnesiummangel, der die N-Aufnahme verschlechtert, erkennen. Folglich ist eine teilflächenspezifische Düngung keineswegs nur auf die Variationen der Stickstoffdüngung zu beziehen. Neben den bodenbedingten Ursachen können auch bewirtschaftungsbedingte Unterschiede eine Rolle spielen. Dazu zählen etwa ein Südhang oder eine Sandlinse mit schlechter Wasserversorgung, aber auch

stark befahrene Bereiche am Ende des Keils oder die Flächen rund um Ein- und Ausfahrten. Sind die Ursachen für die Ertragsunterschiede geklärt, lässt sich die Höhe der Variation bei der teilflächenspezifischen Düngung gezielt festlegen.

Folgen für die Praxis

Eine einheitliche Gabe nach Standortbedingungen führt oft nicht zu den gewünschten homogenen Beständen. Zudem kann es auf einzelnen Teilflächen zu einer Überversorgung mit entsprechenden Nährstoffverlusten kommen, während andere Bereiche unterversorgt bleiben und ihr Ertragspotenzial nicht ausschöpfen. Die teilflächenspezifische Düngung berücksichtigt diese Unterschiede und ermöglicht es, Betriebsmittel effizienter einzusetzen, Nährstoffverluste zu verringern und gleichzeitig homogenere Bestände zu erzielen. Gerade für die Ernte ist dies von Vorteil, da eine gleichmäßige Abreife den Drusch erleichtert, die Maschinenauslastung verbessert und Verluste reduziert. Die Ergebnisse der N_{min} -Proben verdeutlichen zudem, dass die Vorräte an mineralischem Stickstoff im Boden innerhalb eines Schläges stark variieren können und es Unterschiede gibt, die mit bloßem Auge nicht erkennbar sind, sich aber unmittelbar auf die Bestandsentwicklung auswirken. Werden sie nicht berücksichtigt, verstärken sich die Differenzen im Bestand weiter. Damit kann die teilflächenspezifische Düngung nicht nur zu Nährstoffeffizienz und Umweltschutz beitragen, sondern auch zu einem reibungslosen und wirtschaftlichen Ernteablauf.

Vom Datenpool bis ins Feld

Besonders hilfreich ist der heutzutage frei zugängliche Daten-

pool des europäischen Copernicus-Erdbeobachtungsprogramms. Nahezu jeder Landwirt kann eigenständig oder über den Saatguthersteller auf Satellitenaufnahmen vergangener Jahre seiner eigenen Flächen zugreifen und so die Heterogenität meist sogar kostenfrei bewerten. Während vor wenigen Jahren noch die Beschaffung von Applikationskarten als größte Hürde galt, ist dies mittlerweile vergleichsweise einfach geworden. Die eigentliche Herausforderung liegt nun in der Technik. Systeme für die gezielte Zuteilung und Verarbeitung der Daten auf dem Feld sind teuer, lohnen sich vor allem für größere Betriebe und fehlen deshalb vielerorts noch. Dennoch ist der Einstieg auch ohne hochmoderne Maschinen möglich. Schon kleinere Anpassungen wie etwa leicht variierte Kalkgaben bei unterschiedlichen pH-Werten oder eine angepasste Fahrgeschwindigkeit des Güllelasses auf verschiedenen Teilflächen können Unterschiede ausgleichen und positive Effekte erzielen.

Hanna Makowski

Ruben Soth

Landwirtschaftskammer SH

Fazit

Teilflächenspezifische Düngung kann dabei helfen, Nährstoffe gezielter einzusetzen, dadurch Verluste zu verringern und gleichzeitig stabile Erträge zu sichern. Dank frei verfügbarer Satellitendaten und moderner Technik haben Landwirte inzwischen die Möglichkeit, die ausgeprägte Heterogenität der Böden – gerade im Östlichen Hügelland an der Ostsee – besser zu berücksichtigen.

Nährstoffe für die Folgekultur auf der Fläche halten

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 14

In puncto Zwischenfrucht oder allgemein Winterbegrünung haben der Landwirt und die Umwelt ein gemeinsames Interesse: Nährstoffe sollen nicht ausgewaschen werden, sondern für die nächste Kultur auf der Fläche verbleiben. Besonders im Ökolandbau, wo maßgeblich Stickstoff ein stark limitierter Nährstoff ist und man auf funktionierende Nährstoffflüsse aus dem Boden angewiesen ist, kann dies ein entscheidender Faktor sein.



Hier hat die Etablierung gut funktioniert: hohe Bodenbedeckungsgrade durch Weißklee und Inkarnatklee, die auch winterhart sind (17. September in Barlt). Bereits im Mai wurde vor dem letzten Striegeln die Zwischenfrucht in dieser Parzelle eingestreut. Ein Überwachsen beziehungsweise Bedrängen der Kultur kann durch langsam wachsende Komponenten (siehe Tabelle) vermieden werden.



Spitzwegerich und Chia, vor September nicht zu finden, kommen spät doch noch. Auf mehreren Standorten zeigt vor allem die sehr frühe Etablierung im September einen sehr homogenen Bestand von Spitzwegerich.

Zwischenfrüchte stehen immer wieder im Fokus. Zu Ihren positiven Eigenschaften zählen die Bildung einer grünen Brücke zwischen den Ackerkulturen, eine Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit beziehungsweise eine Wirkung gegen den Humusabbau. Auch eine Verbesserung der Bodenstruktur ist machbar, insbesondere wenn

tief wurzelnde Arten in der Mischung enthalten sind. Enthalten die Mischungen Leguminosen, ist ein weiterer Vorteil, dass durch die Stickstofffixierung einer der Hauptnährstoffe zusätzlich ins System gebracht wird. Dieser Punkt ist vor allem für Ökobetriebe interessant, die über wenig hofeigenen Dünger verfügen.

Ergebnisse des EIP-Projektes „Nährstoffmanagement und Ertragssteigerung im ökologischen Marktfruchtanbau“ untermauern die Aussage, dass Zwischenfrüchte beziehungsweise Begrünung über Winter die Nitratfrachten verringern und Erträge der Nachkultur steigern (siehe Grafik).

Etablierung der Arten

Besonders Kleearten, aber auch andere Komponenten benötigen Zeit, um sich zu einem dichten Bestand vor Winter zu entwickeln. Nur dann werden entsprechende Mengen an Nährstoffen in der pflanzlichen Biomasse gebunden. Besonders wenn Getreidestroh eingearbeitet wurde und die zu etablierenden Arten ohne Stickstoffdünger auskommen sollen, tun sie sich im Anfangswachstum schwer. Längst weiß man, dass eine lieblose

Bestellung ohne Drillmaschine meist nicht zu dem gewünschten Ergebnis führt. Bei Feldaufgängen von nicht einmal 50 % ist schnell erkannt, dass sich ein gewisser tech-

nischer Aufwand lohnt, um die Kosten für Saatgut nicht unnötig zu steigern.

Das optimale Zeitfenster für Zwischenfrüchte ist früher, als man es



Der Gelbsenf am 17. September in Barlt nach Etablierung durch Einstreuen in den Haferbestand am 8. Juli. Hier ist jegliche Vorerntesaat zu früh. Die Schnellwüchsigkeit der Kultur ist oft ein Vorteil, aber eine Samenbildung vor Winter (im Bild sind bereits Schoten am Haupttrieb zu sehen) sorgt für eine Belastung der Flächen. Kreuzblütler, vor allem Hedera und Gelbsenf, sind auf Ökobreiten zu Recht gefürchtete Ackerunkräuter.

Grafik: Ergebnisse zu Ökoversuchen in Ostenfeld im Mittel der Sickerwasserperioden 2015/16 und 2016/17

EIP-Projekt „Nährstoffmanagement und Ertragssteigerung im ökologischen Marktfruchtanbau“, M. Böldt, B. Ortmanns, F. Taube und R. Loges 2019



häufig in der Praxis sieht. Man sollte sich überlegen, wann man Raps säen würde, und dann noch einmal eine gute Woche zeitlich nach vorn gehen. Die im Oktober wirklich ausreichend entwickelten Bestände stehen in Schleswig-Holstein eigentlich immer nach Wintergerste oder GPS-Getreide. Nicht zu verachten sind auch die zahlreichen Regionen bei uns im Land, wo Weizen & Co. erst in der zweiten Augsthälfte gedroschen werden.

Die Versuchsidee

In so einer Spätdruschregion liegt auch eines der Ökoversuchsfelder der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein in Barlt. Wie man in die sechsgliedrige Fruchtfolge aus Sommergetreide, Klee-gras, Körnerleguminosen und Kohl eine Zwischenfrucht integriert, stellte uns vor Herausforderungen und sorgte dafür, dass ein Parzellenversuch mit unterschiedlichen Mischungen und Etablierungszeitpunkten 2025 erstmalig angelegt wurde. In Lundsgaard bei Flensburg – ebenfalls eine Spätdruschregion – wurde der Versuch wiederholt.

Eine sehr frühe Etablierung bietet sich für Landwirte zum letzten Termin der mechanischen Beikrautbekämpfung an – also zum Entwicklungsstadium 31 des Getreides Anfang Mai. Da bei so früher



Mit dem System Cameleon Mitte Mai etablierte Kleearten zwischen den Reihen des Winterweizens am Standort Cecilienkoog. Insgesamt hat auf diesem Standort der erste Etablierungstermin am besten funktioniert. Mögliche Ursachen sind der bessere Wasseranschluss aufgrund der Nordseenähe oder auch die im Vergleich zum Sommerhafer weniger starke Beschattung durch den Winterweizen.



Einsatz der Saadrohne am 21. Juli im abreifenden Sommerhafer der Nieharde GbR bei Steinbergkirche. Das Ergebnis zeigt – Stand September – auf den Ökoflächen noch keinen durchschlagenden Erfolg, die ausgesäten Arten sind zwar zu finden, stehen allerdings in der nach der Ernte bestellten Variante deutlich besser.

Fotos: Anna Schwinger

Tabelle: In den Versuchen zur frühen Zwischenfruchtabtablishung im Ökolandbau verwendete Mischungen

Mischungen	Voraussetzungen der Mischung
Perserklee*, Boxhornklee*, Michaelisklee*, Seradella*	mit Leguminosien, abfrierend
Weißklee*, Inkarnatklee*, Rotschwingel*	mit Leguminosien, teilweise winterhart
Ölrettich, Sommerroggen, Chia*, Spitzwegerich*	leguminosiefrei
Gelbseif, Phacelia, Sommerwicke	schnell wachsend

* langsam wachsende Arten, die sich speziell für die frühe Etablierung eignen
Die schnell wachsende Mischung sowie der Ölrettich kamen nur in den Parzellenversuchen und nicht auf den Praxisbetrieben zu Einsatz
Quelle: Michaela Schlathöller, PH Petersen; Anna Schwinger, LKSH

Etablierung im Vergleich zu einer Aussaat Ende August eine gewisse Sorge besteht, dass die Zwischenfrucht bereits in der Druschkultur zu groß wird, sind langsam wachsende Arten zu bevorzugen. Die im Versuch verwendeten Mischungen sind der Tabelle zu entnehmen. In den beiden Parzellenversuchen wurde die sehr frühe Aussaat in den Bestand des Sommer-

hafers gestreut und anschließend mit dem Zinkenstriegel Bodenkontakt hergestellt. Neben den Parzellenversuchen wurden auf zwei Betrieben die kruziferenfreien Mischungen mit dem Hackgang (System Cameleon) in den Bestand eingebracht. Auf den Praxisstandorten fand nach dem ersten Etablierungszeitpunkt Mitte Mai der zweite Etablierungstermin mit der Drohne Agras T50 des EIP-Projektes „Flugsaat“ statt. In den Parzellenversuchen wurde die Drohnen-saat durch Einstreuen mit Versuchsdüngerstreuern simuliert. Der Termin hierfür lag in der Abreife des Getreides Mitte Juli.

Ergebnisse des Versuchs

Da man sich im Moment noch innerhalb des ersten Versuchsjahres befindet, kann von aussagekräftigen Ergebnissen bisher nicht gesprochen werden. Wie zu erwarten gelingt das Unternehmen „frühe Zwischenfruchtabtablishung“

nicht ohne Probleme. Wichtige Faktoren sind die Technik, der Bodenzustand, das Wetter nach Ausbringung, die Konkurrenz der Kultur und auch die Keimfreudigkeit des Saatgutes. Im September war es teilweise überraschend, dass Arten doch noch gekommen sind, die vor der Ernte nie zu finden waren, wie der Persische Klee in der abfrierenden Mischung oder Spitzwegerich und Chia in der leguminosiefreien Mischung. Der Inkarnatklee zeigte sich in den Bonituren vor der Ernte überall am besten etabliert, Rotschwingel wurde bisher nicht gefunden. Frühe Auflaufwellen von Ölrettich und Senf fielen auch einmal Erdflöhen und Schnecken zum Opfer und waren zum nächsten Boniturtermin nicht mehr zu finden. Auch waren teilweise die allelopatischen Effekte des Hafers nicht von der Hand zu weisen.

Dank gilt für die Bereitschaft zum Experimentieren dem Team der Nieharde GbR, den Kollegen der Versuchsstation in Barlt und der Mannschaft von Dag Brodersen im Cecilienkoog, Ruben Soth vom EIP-Projekt „Flugsaat“ und auch PH Petersen für den Praxiseinsatz, das Saatgut und den fachlichen Input bei der Mischungszusammenstellung.

Anna Schwinger
Landwirtschaftskammer SH

Fazit

Zwischenfrüchte sind ein zentrales Werkzeug, um Nährstoffe im System zu halten, die Bodenfruchtbarkeit zu stärken und den ökologischen Landbau resilienter zu machen. Entscheidend für ihren Erfolg sind jedoch Zeitpunkt und Technik der Etablierung sowie die Auswahl angepasster Arten. Die ersten Versuchsergebnisse zeigen: Eine frühe Aussaat bietet große Chancen, bringt aber auch Risiken und technische Herausforderungen mit sich. Besonders im Ökolandbau kann die richtige Mischung den Unterschied machen – die Forschung und Praxisversuche bleiben daher ein wichtiger Schlüssel, um den Nutzen von Zwischenfrüchten langfristig auszu-schöpfen.



Untersaaten aus der Luft – Chance für die Umwelt

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 15

Das Anlegen von Untersaaten im Mais kann bewiesenermaßen Nährstoffeinträge sowohl im Oberflächen- als auch Grundwasser reduzieren und damit eine Strategie zur Reduktion von Nährstoffeinträgen in die Ostsee darstellen. In der Praxis gibt es jedoch große Hindernisse, insbesondere im Pflanzenschutz, mit Herbizidresistenzen und dem Aussaatverfahren, die den breitflächigen Anbau von Untersaaten ausbremsen. Die Streudrohne öffnet neue Türen und kann den Anbau entscheidend voranbringen.

Untersaaten im Mais bringen zahlreiche Vorteile mit sich. Sie schützen den Boden vor Wasser- und Winderosion und verbessern durch ihre Durchwurzelung die Bodenstruktur. Das wirkt sich positiv auf die Befahrbarkeit, die Infiltrationsleistung bei Starkregenereignissen und das Bodenleben aus. Zudem tragen Untersaaten zur Humusbildung bei und gleichen zumindest anteilig den stark humuszehrenden Effekt des Maisanbaus aus. Entscheidend ist jedoch ihre Funktion als sogenannte Catch Crop. Vor allem in den niederschlagsreichen Herbst- und Wintermonaten ist eine geschlossene Bodenbedeckung unverzichtbar, um Nährstoffe vor der Auswaschung zu bewahren. Während eine Zwischenfrucht nach Mais kaum noch genügend Biomasse entwickeln kann, da die Tage kürzer werden und die Vegetationsbedingungen schlechter sind, hat die Untersaat hier einen klaren Vorteil. Sie ist bereits etabliert und kann sofort Biomasse bilden. Bereits Versuche von 2006 belegen, dass durch den Einsatz von Untersaaten sowohl die Nitrat-N-Auswaschung als auch die Nitratkonzentration im Sickerwasser deutlich verringert werden. Besonders bei einer hohen N-Bilanz pro Hektar wirkt die Untersaat dem sonst exponentiell steigenden Auswaschungspotenzial entgegen. Richtig angelegt, lassen sich so bis zu 50 kg/ha Stickstoff über den Winter im Bestand konservieren und für die Folgekultur nutzbar machen. Damit leisten Untersaaten einen doppelten Beitrag: Sie tragen zur Nährstoffversorgung der Folgefrucht bei und können gleichzeitig die Nährstoffeinträge in die Ostsee reduzieren.



Im EIP-Projekt „Flugsaat“ der LKSH wird die Aussaat von Untersaaten und Zwischenfrüchten im späten Maisstadium erprobt.

Woran scheitert der Anbau?

Trotz dieser Vorteile ist der breitflächige Anbau von Untersaaten bislang eher die Ausnahme. Einer der Hauptgründe sind die Anpassungen im Pflanzenschutz. Bei dem Anbau einer Untersaat sollte die Pflanzenschutzmaßnahme gesplittet werden und das Bodenherbizid entfallen beziehungsweise die Aufwandmenge reduziert werden, damit die Untersaat keinen Herbizidschaden erleidet oder gar ganz entfernt/gehemmt wird. Konkret wird empfohlen, die erste Herbizidapplikation früh zu ersten Aufblühen im Ein- bis Zweiblattstadium der Unkräuter mit maximal 25 % der Aufwandmenge des Bodenherbizids zu fahren. Zur zweiten Applikation sollten dann nur noch 100 % blattaktive Herbizide eingesetzt werden. Die Aussaat der Untersaat sollte dann mindestens mit einem Abstand von fünf bis sechs Wochen zum Bodenherbizid und mit einem Abstand von

mindestens zwei Wochen nach der zweiten Herbizidanwendung erfolgen.

Diese Einschränkungen haben zur Folge, dass der Anbau von Untersaaten auf Standorten mit starkem Besatz von Storch- und Reiherschnabel oder auf Flächen mit starker Verungrasung mit Hirse-

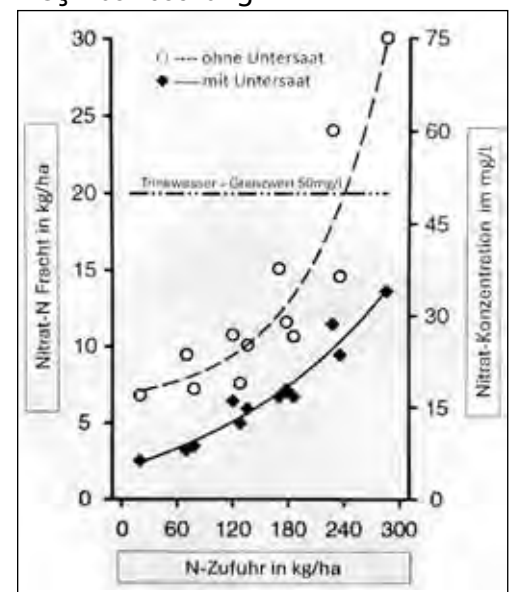
währt – der Klassiker hierbei ist die Mischung aus 50 % Deutschem Weidelgras und 50 % Welschem Weidelgras. Die Gräser sind Lichtkeimer und können daher auch ohne Bodenbedeckung im Maisbestand ausgebracht werden (Güllewagen, Pneumatikstreuer). Sie können in der Beschattung des Mais überleben, ehe sie nach der Ernte zügig Biomasse bilden. Dabei ergänzt sich die Winterhärte des Deutschen Weidelgrases mit der Wüchsigkeit des Welschen Weidelgrases. Doch beim Welschen Weidelgras werden viele Landwirte hellhörig – es wird mittlerweile nicht mehr nur als Kulturgras, sondern auch als relevantes Ungras wahrgenommen, das regional ähnlich problematisch wie der Ackerfuchsschwanz auftritt. Angesichts der starken Konkurrenzkraft und zunehmender Resistenzentwicklung wollen viele Landwirte bewusst auf die Aussaat verzichten. Aus diesem Grund gibt es inzwischen auch gräserfreie Untersaatmischungen, die etwa Spitzwegerich als Hauptkomponente enthalten.

Selbst wenn Pflanzenschutz und Saatgutmischung keine Hürden darstellen, bleibt oft die Frage nach der Ausbringung. Eine Aus-

arten, Quecken oder Ackerfuchsschwanz grundsätzlich nicht empfohlen wird. Pflanzenschutz-Nullparzellen im Mais zeigen eindrücklich, wie empfindlich die Kultur im frühen Stadium auf Konkurrenz um Wasser, Licht und Nährstoffe reagiert. Dementsprechend ist die Gefahr vielen Landwirten zu groß, dass der Pflanzenschutz zum Sauberhalten der Fläche nicht ausreicht und Einbußen in Ertrag und Qualität entstehen.

Ein weiterer Hauptgrund, der Landwirte vor dem Anlegen einer Untersaat zurückschrecken lässt, sind die zunehmenden Herbizidresistenzen bei Gräsern. Gräsermischungen haben sich als Untersaat im Mais be-

Abbildung: Untersaat senkt NO₃-Auswaschung



Eine Untersaat im Mais senkt nachweislich die Nitrat-N-Auswaschung und Nitratkonzentration im Sickerwasser und ist daher ein aktiver Beitrag zum Gewässerschutz. Quelle: Wachendorf et al. (2006)



Die späte Ausbringung der Klee-gras-Mischung per Drohne zum Rispen-schieben des Maises etablierte sich trotz betriebsüblichem Pflanzenschutz und Beschattung.

Fotos: Ruben Soth



Die frühe Drohnensaat zum Reihen-schluss zeigt einen im Vergleich zu geringen Abstand zum betriebsüblichen Herbizidmanagement und damit eine deutliche Hemmung der Untersaat.



Die Drohnensaat einer Zwischenfruchtmischung am 11. September führte bereits vor der Ernte zu einer flächigen Begrünung und legt den Grundstein für kräftigen Aufwuchs nach Ernte.

saat im Vier- bis Sechsstadium des Maises mit der Drillmaschine ist zwar technisch möglich, erfordert aber eine zusätzliche Überfahrt, die mit Pflanzenschutz und Witterung abgestimmt werden muss. Die Ausbringung per Güllewagen setzt eine organische Düngung zur zweiten Gabe voraus, während Hacke und Striegel im konventionellen Maisanbau kaum verbreitet sind. Der Pneumatikstreuer ist wegen seiner hohen Flächenleistung interessant, steht jedoch nicht überall zur Verfügung.

Flugsaat als Lösung

Die Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (LKSH) erprobt im EIP-Projekt „Flugsaat“ die Ausbringung einer Untersaat im Mais per Drohne. Die Streudrohne kann 50 kg Saatgut tragen und dieses per Schleuderstreuer aus der Luft ausbringen. Schon im ersten Versuchsjahr zeigte sich, dass sich damit das Aussaatfenster enorm vergrößert: Von Anfang Juni bis Mitte September war eine Ausbringung möglich. Dabei spielt die Drohne ihren Vorteil insbesondere bei der späten Ausbringung weit nach Reihenschluss aus. Zu diesem Zeitpunkt gab es bisher aufgrund der Wuchshöhe keine technische Möglichkeit, eine Untersaat noch auszubringen. Die größten Bedenken bei dieser späten Ausbringung waren vor allem, dass das Saatgut im geschlossenen Bestand nicht den Boden erreichen könnte und in den Blattachsen hängen bleibt oder dass die Beschattung des Maises die Keimung verhindern könnte. Dies konnten wir bereits im ersten Versuchsjahr widerlegen. Der

Schleuderstreuer kann nicht mit einem gewöhnlichen Schleuderstreuer verglichen werden. Da die Drohne voll beladen über 100 kg wiegt, entsteht während des Fluges ein massiver Abwind durch die Rotoren. Durch diesen Abwind wird der Maisbestand bei den richtigen Flugeinstellungen ins Treiben gebracht und das Saatgut mit Luftdruck zu Boden gedrückt. Verluste in den Blattachsen sind verschwindend gering. Auch die Verteilgenauigkeit überzeugte: Streuschalenprüfungen bestätigten eine gleichmäßige Ablage.

Neue Aussaatfenster mit der Drohne

Im ersten Versuchsjahr zeigte sich bereits ein wesentlicher Vor-



Die Drohne ermöglicht eine Verteilung der Untersaat/Zwischenfrucht nicht nur zwischen, sondern auch innerhalb der Reihen.

teil der Drohnensaat mit der Möglichkeit, sehr spät – etwa zum Ende des Rispen-schiebens – auszusäen. Dadurch wird der Abstand zur letzten Herbizidapplikation sehr groß, sodass betriebsüblich Pflanzenschutz betrieben werden konnte, ohne Rücksicht auf die Aussaat der Untersaat zu nehmen. Somit kann der Mais ohne jeglichen Konkurrenzdruck sein maximales Ertrags- und Qualitätspotenzial ausschöpfen und zeitgleich durch die Untersaat ein großer Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden.

Bei der Aussaat drei Wochen vor der Silomaisernte wurde der Fokus neben den klassischen Untersaatmischungen auf spätsaatverträgliche Zwischenfruchtmischungen gelegt. Der abreifende Mais wird zunehmend lichtdurchlässig und ermöglicht die Keimung einer Zwischenfrucht – bisher scheiterte es lediglich am Ausbringungsverfahren. Damit steht das Potenzial, eine Zwischenfrucht nach der späten Silomaisernte zu etablieren durch den Vegetationsvorsprung, den die Drohne ermöglicht. Bei der Zwischenfrucht setzten wir in den Versuchen auf Mischungen aus Winterrübsen, Winterfutterraps und Inkarnatklée – vollständig gräserfrei! Ein weiterer Vorteil: Die Drohne kann auch nach Regenperioden eingesetzt werden, wenn die Flächen für herkömmliche Technik nicht befahrbar sind, die Keimbedingungen für das Saatgut aber optimal wären.

Erste Ergebnisse der Drohnensaat

Die ersten Zwischenergebnisse des Versuchsjahres zeigen eindeutig, dass ein später Aussaatzeit-

punkt das Stellen einer Untersaat bei betriebsüblichem Pflanzenschutz ermöglicht. Die frühzeitigeren Drohnenaussaaten zum Reihenschluss sind dagegen durch die Herbizidanwendung sichtlich gehemmt oder ganz ausgeblieben. Des Weiteren überraschte die Verteilung positiv. Im Vergleich zur Ausbringung per Hacke oder Güllewagen steht die Drohnensaat nicht im Streifen, sondern breit verteilt sogar innerhalb der Reihe. Unterschiedliche Saatgutmischungen keimten unabhängig von der Maissorte zuverlässig und führten schon vor der Ernte zu einem begrünten Boden.

Die nächsten Schritte

Die genaue Auswertung der Versuche des ersten Jahres steht zum Ende der Vegetation an. Es werden verschiedene Saatgutmischungen, verschiedene Saatzeitpunkte und Aussaatverfahren (Drohne früh, Drohne spät, Güllewagen, Striegel) verglichen. In den jeweiligen Versuchsvarianten wird der Biomasseaufwuchs der Untersaat/Zwischenfrucht gemessen. N_{min} -Proben werden im späten Herbst und im kommenden Frühjahr gezogen, um die Nährstofffixierung zu bewerten.

Ruben Soth
Landwirtschaftskammer SH

Fazit

Untersaaten im Mais können einen wirksamen Beitrag leisten, um Nährstoffverluste zu reduzieren. In der Praxis wurde ihr Anbau jedoch bislang vor allem durch den anzupassenden Pflanzenschutz, Herbizidresistenzen bei Gräsern und fehlende Technik ausgebremst. Mit der Flugsaat eröffnet sich nun ein neuer Weg: Die Drohne ermöglicht eine späte Aussaat weit nach Reihenschluss oder direkt vor der Ernte bei betriebsüblichem Pflanzenschutz mit gräserfreien Mischungen. Damit hat die Flugsaat das Potenzial, Untersaaten im Maisanbau breiter zu etablieren und so Ertragssicherung und Ostseeschutz miteinander zu verbinden.

Optimierung von Marktfruchtfolgen

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 16

Winterraps ist seit Jahrzehnten ein fester Bestandteil vieler Marktfruchtfolgen in Schleswig-Holstein. Seine agronomischen Vorteile sind unbestritten, dennoch steht der Anbau zunehmend unter Druck. Neben schwankenden Erträgen und steigendem Schädlingsdruck rückt vor allem die Nährstoffeffizienz stärker in den Fokus. Der folgende Beitrag zeigt, wie sich Fruchtfolgen und Zwischenfrüchte gezielt anpassen lassen, um Stickstoffverluste zu verringern und die Nachhaltigkeit im Ackerbau zu verbessern.

Winterraps spielt weiterhin eine zentrale Rolle in der Fruchtfolgegestaltung. Seine Vorteile liegen in der hohen Marktleistung, der Funktion als Blattfrucht in meist getreidelastigen Systemen und in seinem sehr guten Vorfruchtwert für den nachfolgenden Winterweizen. Dieser positive Effekt beruht auf der Unterbrechung von Krankheitszyklen wichtiger Fuß- und Blattkrankheiten beim Getreide, auf einer guten Bodengare und auf einem in der Regel ausreichenden Stickstoff (N)-Angebot für die Folgefrucht. Ein Problem ergibt sich daraus, dass die im Herbst nach Winterraps teilweise erhöhten N_{\min} -Werte überwiegend als Nitrat vorliegen, das insbesondere auf sorptionsschwächeren Böden in der Sickerwasserphase über Herbst und Winter in tiefere Bodenschichten verlagert werden kann. Dadurch kann eine Belastung von Grund- und Oberflächengewässern entstehen. Erschwerend kommt hinzu, dass der Winterweizen als übliche Folgekultur nur begrenzt Stickstoff vor Winter aufnehmen kann. Besonders bei späten Saatterminen Mitte Oktober, die bei starkem Ackerfuchsschwanzdruck nötig werden, ist die N-Aufnahme gering.

Veränderungen durch die DÜV

Nach Einführung der Düngeverordnung 2017 (DÜV) mit der verbindlichen N-Bedarfswertermittlung für alle Kulturen ist das tatsächliche Düngenniveau gesunken. Damit haben sich die N-Restmengen nach der Rapsernte reduziert. Eine Absenkung der N-Düngung zu Raps um 20 % in Roten Gebieten zeigt hingegen keine bedeu-

Saat eine ausreichende Bodenfeuchtigkeit vorhanden ist, läuft der Bestand zügig auf und kann durch rasches Wachstum den Reifungsfraß des Erdflöhs weitgehend kompensieren. Neben der Witterung sind dabei auch Saatzeitpunkt und Bestelltechnik entscheidende Erfolgsfaktoren.

10 kg N/ha mehr vor Winter aufgenommen und vor Verlagerung geschützt werden. Dann stellt sich an dieser Stelle die Frage, welche Vorfrucht sich am besten für den nachfolgenden Winterraps eignet.

Die Wintergerste überzeugt durch eine hohe Ertragsstabilität in den vergangenen Jahren und durch das sehr frühe Räumen des Feldes. Dadurch bleibt ausreichend Zeit für eine sorgfältige Saatbettbereitung und eine sichere Etablierung des Rapses. Wintergerste ist daher nach wie vor die zu bevorzugende Vorfrucht für Winterraps. Hohe Stickstoffaufnahmen nach Raps erzielen vor allem bestimmte Winterzwischenfrüchte. Diese dürfen jedoch in der Fruchtfolge keine Probleme verursachen. Kreuzblütler wie Senf, Futterraps, Leindotter oder Ölrettich scheiden wegen des Risikos einer Anreicherung von Kohlhernie aus. Geeigneter sind Reinsaaten oder Mischungen aus Phacelia, Rauhafer und Futtergräsern. Ebenso können Öllein, Buchweizen oder kleinkörnige Leguminosen solche Mischungen positiv ergänzen.

Bei der Auswahl der Zwischenfrüchte sollten stets die weiteren Hauptfruchtfolgeglieder berücksichtigt werden. Buchweizen ist zum Beispiel in Zuckerrübenfruchtfolgen ungünstig, während großkörnige Leguminosen nicht vor Ackerbohnen oder Erbsen stehen sollten. Von Bedeutung ist außerdem die Winterhärte der Arten. Zwischenfrüchte, die leichte Fröste überstehen, aber in längeren Kälteperioden sicher abfrieren, erleichtern die Bodenbearbeitung im Frühjahr und verringern Stickstoffverluste. Nicht abfrierende Zwischenfrüchte sind aus Sicht des Gewässerschutzes zwar vorteilhaft, da sie Stickstoff länger festhalten, können aber den Feldaufgang der Folgekultur verzögern. Arten wie Ramtillkraut, Hirse oder Chia frieren häufig schon bei den ersten Bodenfrösten ab und tragen daher nur wenig zur Stickstoffkonservierung bei. Sie eignen sich eher als rasch wachsende Sommerzwischenfrüchte.



Die passende Integration von Winterzwischenfrüchten kann deutlich mit-helfen, ungenutzte Nährstoffe zu konservieren, und unterstützt auch bei der Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit. Allerdings kommt eine Winterzwischenfrucht nur bei der Integration von Sommerungen in die Fruchtfolge infrage.

Fotos: Achim Seidel

tenden Auswirkungen auf das folgende Verlustgeschehen, da die Hauptverluste aus der Nachlieferung und nicht aus der Düngung selbst entstehen. Ziel ist es daher, den nach der Ernte verbleibenden N möglichst effektiv zu konservieren. Die Ertragsvolatilität hat in den vergangenen Jahren zugenommen, bedingt durch Witterungsextreme und erhebliche Probleme mit Schadinsekten. Hier liegt besonders auf einer sicheren und guten Bestandesetablierung des Rapses ein Hauptaugenmerk. Die aktuellen Handlungsoptionen mit insektizidem Pflanzenschutz gegenüber dem Hauptschädling Rapserdfloh haben resistenzbedingt regional deutlich an Wirkung verloren. Nur wenn nach der

Fruchtfolgegestaltung zur Nährstoffoptimierung

Nach der Rapsernte verbleibt das Stroh in der Regel auf der Fläche. Obwohl Rapsstroh ein enges C-N-Verhältnis hat als Getreidestroh, bindet es dennoch erhebliche N-Mengen infolge des mikrobiellen Abbaus und konserviert diese damit zunächst. Im späteren Verlauf des Herbstes wird daraus jedoch wieder Stickstoff freigesetzt, den der Winterweizen vor Winter nur begrenzt aufnehmen kann. In gut entwickelten Beständen liegt die Aufnahme meist bei 20 bis 30 kg N/ha. Würde der Winterweizen nach Raps durch eine Wintergerste ersetzt werden, könnten bei frühen Saatterminen rund

Bausteine erweiterter Fruchtfolgen

Erweiterte Fruchtfolgen wirken sich in der Regel positiv auf die Nährstoffbilanz aus. Kurzfristig kann dies ökonomisch etwas schwächer erscheinen, langfristig gleichen sich die Ergebnisse jedoch aus. Gleichzeitig helfen vielfältigere Fruchtfolgen, das Anbaurisiko zu streuen und Arbeitsspitzen besser zu verteilen. Neben den ökonomischen Aspekten, die zu berücksichtigen sind, sprechen durchaus pflanzenbauliche Aspekte für eine Erweiterung der Fruchtfolge. Dazu gehören die Verringerung des Ackerfuchsschwanzdrucks, eine Entzerrung der Rapsanbaudichten und eine allgemeine Verbesserung der Pflanzenvitalität durch eine ausgewogenere Fruchtfolgegestaltung. Vorausgesetzt, Kooperationen mit tierhaltenden Betrieben oder Biogasanlagen sind möglich, kann die Integration von Silomais mit vorhergehender Winterzwischenfrucht interessant sein. Auch Körnermais bietet durch seine lang gestreckte Stickstoffaufnahme Vorteile, sofern eine geeignete Verwertung und frühe Reife gewährleistet sind. Eine mögliche Abfolge wäre Wintergerste, gefolgt von einer Zwischenfrucht und anschließendem Maisanbau.



Hafer bietet sich zur Fruchtfolgeauflockerung an, da er in Schleswig-Holstein meist ertragssicher angebaut werden kann und neben der Unterdrückungsleistung gegenüber Unkräutern und Ungräsern der Stellung einer Blattfrucht gleichkommt.

Auch Ackergras kann helfen, die N-Verlustproblematik nach Raps zu entschärfen. Mit einem Schnitt vor Winter und einem weiteren im Frühjahr vor dem Mais lässt sich zusätzlicher Futterertrag erzielen, vorausgesetzt Boden und Wasser-

versorgung sind geeignet. Alternativ können nach einer Zwischenfrucht Sommergetreide wie Hafer oder Sommergerste etabliert werden. Besonders Hafer bietet sich an, da er für den nachfolgenden Winterweizen eine gute Vorfrucht darstellt und wie eine Blattfrucht wirkt. Auf Stoppelweizen sollte grundsätzlich eher verzichtet werden. Zum einen liegt das ökonomische Dünge-N-Optimum höher als bei einer günstigen Vorfrucht, zum anderen fallen die N_{min} -Werte nach der Ernte häufig erhöht aus, da die Wurzeleistung geringer ist. Beim Anbau von Körnerleguminosen bestehen ähnliche Herausforderungen wie nach Raps. Im Fall der Ackerbohne kann Winterraps

mit reduzierter Bodenbearbeitung etabliert werden und den mineralisierenden Stickstoff aus der Bohne gut nutzen, wodurch auf eine Herbstdüngung verzichtet werden kann. Problematisch ist hier allerdings das späte Räumen der Bohne, da eine frühzeitige Rapssaat wichtig ist, um Schäden durch den Rapsdelflo zu vermeiden. Eine Alternative stellt die Körnererbse dar. Sie räumt das Feld früher, bietet ein ähnliches Ertragspotenzial und hinterlässt gute Bedingungen für den nachfolgenden Raps. Wichtig sind dabei standfeste Sorten, steinfreie Böden und eine gesicherte Vermarktung.

Achim Seidel
Landwirtschaftskammer SH

Fazit

Nährstoffverluste nach Winterraps lassen sich nicht allein durch den Austausch einzelner Früchte vermeiden. Entscheidend sind angepasste Fruchtfolgen, der gezielte Einsatz von Zwischenfrüchten und eine reduzierte Bodenbearbeitung, um den Stickstoff im System zu halten. Je nach Standort, Bodentyp und Betriebsstruktur können Zwischenfrüchte, Sommerungen oder Feldfutterbau geeignete Bausteine sein.

Solche Maßnahmen tragen nicht nur zum Gewässerschutz bei, sondern fördern langfristig auch die Bodenfruchtbarkeit und Stabilität der Erträge. Wichtig bleibt, dass jede Anpassung an die betrieblichen Voraussetzungen angepasst wird. Nur wenn technische, pflanzenbauliche und ökonomische Aspekte gemeinsam betrachtet werden, lassen sich nachhaltige Lösungen für eine bessere Nährstoffeffizienz erreichen.



Ackerfuchsschwanz spielt auf vielen Flächen im Ackerbau eine bedeutende Rolle und ist meist nur noch durch Fruchtfolge- und Saatzeitanpassungen zusätzlich zum chemischen Pflanzenschutz in den Griff zu bekommen.

Zwischenfrüchte verbessern die Bodenstrukturen

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 17

Die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und der Schutz der Grund- und Oberflächengewässer gehören zu den zentralen Herausforderungen der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein. Der Anbau von Zwischenfrüchten leistet dabei einen entscheidenden Beitrag. Zwischenfrüchte fördern biologische Prozesse, verbessern die Bodenstruktur, binden Nährstoffe und verhindern deren Auswaschung ins Grundwasser. Der folgende Artikel beleuchtet, wie der Anbau von Zwischenfrüchten nicht nur die Bodenfruchtbarkeit verbessert, sondern die ökologische Stabilität landwirtschaftlicher Systeme verbessert und einen Beitrag zum Gewässerschutz leistet.

Die Bodenfruchtbarkeit lässt sich nicht direkt messen. In der landwirtschaftlichen Praxis ist sie daher oft über die Ertragsfähigkeit der Böden definiert. Sie be-

schreibt die Fähigkeit des Bodens, Kulturpflanzen langfristig mit den notwendigen Wachstumsfaktoren in optimaler Weise zu versorgen und unter vergleichbaren Wit-

terungs- und Bewirtschaftungsbedingungen ein langfristig hohes Ertragsniveau zu erlauben.

Die Ertragsfähigkeit hängt nicht allein von der Nährstoffversorgung ab, sondern von einem komplexen Zusammenspiel chemischer, physikalischer und biologischer Faktoren. Für die bedarfsgerechte Versorgung der Kulturpflanzen sind eine ausgewogene Nährstoffverfügbarkeit, ein optimaler pH-Wert, eine hohe Kationenaustauschkapazität und gutes Puffervermögen unabdingbar. Instabile Aggregatgefüge, Verdichtungen oder Verschlammungen behindern die

Wasser- und Luftzirkulation und schränken die Aktivität der Bodenorganismen ein, die für den Abbau der Ernterückstände und den Humusaufbau sorgen. Das Bodenleben, von Mikroorganismen über Pilze bis hin zu den Regenwürmern, ist wichtiger Bestandteil im Nährstoffkreislauf. Ein biologisch aktiver Boden ist resilienter gegenüber Stressfaktoren wie Trockenheit oder Krankheiten.

Ziel moderner Ackerbausysteme sollte es sein, diese Faktoren in Balance zu halten und durch gezielte Maßnahmen zu verbessern. Nur ein ganzheitlich fruchtbarer Boden ge-

währleistet eine langfristige hohe Ertragsfähigkeit bei gleichzeitiger Schonung der natürlichen Ressourcen. Eine zentrale Rolle in diesem Zusammenhang spielt der Anbau von Zwischenfrüchten. Sie fungieren als Bindeglied zwischen den Hauptkulturen, indem sie hohe biologische Aktivität aufrecht halten, die Bodenstruktur stabilisieren und Nährstoffverluste minimieren.

Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit

Neben organischer Düngung, angepasster Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung gehört der Anbau von Zwischenfrüchten zu den ackerbaulichen Maßnahmen, mit denen sich die Bodenfruchtbarkeit gezielt verbessern lässt. Ein zentrales Problem intensiver Landwirtschaft sind Nährstoffverluste. Dies betrifft vor allem Nährstoffe, die als negativ geladene Anionen vorliegen. Insbesondere Stickstoff in Form von Nitrat und Sulfat ist im Winterhalbjahr von Auswaschung gefährdet. Zwischenfrüchte wirken dem entgegen, indem sie die Nährstoffe in ihrer Biomasse speichern. Nach ihrer Einarbeitung werden die gebundenen Nährstoffe langsam mineralisiert und stehen nach und nach den folgenden Kulturen zur Verfügung. So entsteht allmählich ein Nährstoffkreislauf, der die Effizienz der Düngung erhöht.

Die Wurzelarchitektur der Zwischenfrüchte spielt eine entscheidende Rolle in der Bodenstruktur. Tief wurzelnde Arten wie Ölrettich, Lupine oder Buchweizen durchdringen verdichtete Bodenschichten, schaffen stabile Grobporen und fördern die Durchlüftung. Nachfolgenden Kulturen ermöglicht dies eine bessere Durchwurzelung der Bodenhorizonte. Fein wurzelnde Arten wie Gräser und Phacelia stabilisieren die Bodenaggregate in den oberen Bodenschichten und verhindern Verschlammungen.

Durch kontinuierliche Wurzelexsudation während ihres Wachstums versorgen Zwischenfrüchte die Bodenmikroben mit leicht verfügbaren Kohlenstoffverbindungen. Dies regt die mikrobielle Aktivität an, was wiederum die Humusbildung, Mineralisation und Nährstoffmobilisierung stimuliert. Als Erosionsschutz ist eine durchgehende Bo-



Egal ob Flugsaat mit der Drohne als Untersaat in bestehende Bestände, Direktsaat oder konventionelle Drillsaat: Es gibt viele Möglichkeiten, Zwischenfruchtbestände zu etablieren. Am Versuchstandort Futterkamp der Landwirtschaftskammer ist es möglich, mehrere Verfahren im Vergleich zu besichtigen.

Foto: Dr. Christian Kleimeier

denbedeckung unerlässlich. Sie schützt den Boden vor Wind- und Wassererosion und minimiert die kinetische Energie von Regentropfen. Sie verhindert die Verlagerung feiner Bodenpartikel und beugt somit Verschlammung vor.

Erfolge mit durchdachten Anbausystemen

Der Erfolg des Zwischenfruchtanbaus hängt wesentlich von der Wahl geeigneter Arten, der Aussaattechnik, dem Zeitpunkt und der Integration in die Fruchtfolge ab. Nur ein durchdachtes Anbausystem kann die gewünschten Effekte auf Bodenfruchtbarkeit und Gewässerschutz nachhaltig sichern. Die Auswahl richtet sich nach Standortbedingungen, den Hauptfrüchten und der Zielsetzung. Besonders vorteilhaft sind artenreiche Mischungen, da sie mehrere Funktionen gleichzeitig erfüllen (Nährstoffbindung, Durchwurzelung verschiedener Bodenschichten, Förderung des Bodenlebens und Schutz vor Erosion).

Die Wirksamkeit von Zwischenfrüchten entfaltet sich erst im Kontext einer geplanten Fruchtfolgegestaltung. Sie dienen als funktionales Glied zwischen Hauptkulturen, indem sie Nährstoffdynamik, Bodenstruktur und Krankheitsdruck steuern. Entscheidend ist die Arten- und familienübergreifende Abwechslung, um phytosanitäre Risiken – etwa Kohlhernie bei Kreuzblütlern oder Nematodenbe-

fall bei Leguminosen – zu vermeiden. Durch den Wechsel verschiedener Wurzelarchitekturen und Nährstoffstrategien wird der Boden gleichmäßig beansprucht und regeneriert.

Die Wahl des Aussaatzeitpunkts ist entscheidend, da er die Biomassebildung, Wurzelentwicklung und Nährstoffaufnahme bestimmt. In Mitteleuropa erfolgt die Aussaat üblicherweise von Juli bis September, unmittelbar nach der Ernte der Hauptkultur. Eine frühe Saat nach Getreide oder frühen

Hackfrüchten begünstigt eine intensive Durchwurzelung und eine hohe Bodenbedeckung, während eine späte Saat nach späträumenden Kulturen vor allem dem Erosions- und Gewässerschutz dient.

Für die Etablierung stehen verschiedene Aussaatverfahren zur Verfügung. Die Direktsaat in Stoppeln gilt als besonders bodenschonend, da sie Verdunstungsverluste minimiert und die Bodenstruktur erhält. Alternativ kann die Saat durch Drillen, Schlitz- oder Streusaat erfolgen – je nach Zielart und Technik. Eine flache Bodenbearbeitung vor der Aussaat kann das Auflaufen fördern, sollte jedoch nur bei stark verfestigten oder verkrusteten Böden erfolgen.

Pflegemaßnahmen beschränken sich meist auf die Regulierung unerwünschter Begleitflora. In Zwischenfrüchten dürfen chemische Maßnahmen nur eingesetzt werden, wenn es für alle Arten der Mischung eine Zulassung des Mittels gibt. In der Regel gehören diese Maßnahmen zur Stoppelbehandlung der Vorkultur. Mechanische oder biologische Alternativen können eingesetzt werden, sollten in etablierten Beständen jedoch unterbleiben. Eine Düngung ist in der Regel nicht erforderlich, da Zwischenfrüchte vorhandene Nährstoffreste nutzen sollen. Dennoch erleichtert eine Düngegabe auf niedrigerem Niveau das Etablieren des Bestandes. Gut etablierte Be-

stände sind in der Lage, mehr Nährstoffe aus dem vorhandenen Pool aufzunehmen als schlecht etablierte. Wichtig in diesem Fall ist, dass in Schleswig-Holstein nur Zwischenfrüchte mit einem Saattermin bis Ablauf des 15. September mit Stickstoff gedüngt werden dürfen. Die Sperrfrist für die Düngung beginnt am 2. Oktober. Es gilt die 30/60-Regel (maximal 60 kg Gesamt-N oder 30 kg Ammonium). Für Festmist von Klauen- und Huftieren sowie phosphathaltige Dünger (mehr als 0,5 % P in der TS) gilt die Sperrfrist vom 1. Dezember bis 15. Januar.

In der N-Kulisse weichen die Regeln ab, genauere Informationen finden sich auf der Internetseite der Landwirtschaftskammer unter <https://t1p.de/ye1p9> und dem QR-Code.

Die Abreife und Einarbeitung erfolgen standortabhängig: Arten, die im Winter abfrieren (zum Beispiel Phacelia, Ölrettich, Buchweizen), zersetzen sich selbstständig und setzen ihre Nährstoffe gleichmäßig frei. Winterharte Arten oder Mischungen werden im Frühjahr gemulcht und/oder flach eingearbeitet, um Nährstofffreisetzung und Wasserhaushalt gezielt zu steuern.

Weitere tiefgreifende Fachinformationen gibt es in der 127-seitigen Broschüre „Zwischenfruchtanbau“, einer gemeinschaftlichen Veröffentlichung der Landwirtschaftskammern Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein sowie des KTBL, die unter der E-Mail: Zwischenfrucht@lksh.de für den Selbstkostenpreis von 5 € bei der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein bestellt werden kann.

Dr. Christian Kleimeier
Landwirtschaftskammer SH



Fazit

Zwischenfrüchte sind weit mehr als nur eine „grüne Brücke“ zwischen den Hauptkulturen – sie sind ein aktives Instrument zur Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Sie steigern die chemische, physikalische und biologische Qualität des Bodens, fördern die Nährstoffeffizienz, stärken die Biodiversität und schützen Wasserressourcen.

Stickstoffeffizienz durch Sortenwahl und Düngestrategie

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 18

Die Düngeverordnung schafft einen klaren rechtlichen Rahmen und fordert eine exakte Ermittlung des Stickstoffbedarfs. Das Ziel ist eine möglichst bedarfsge-rechte Stickstoffversorgung, die hohe Erträge und gute Qualitäten ermöglicht und gleichzeitig Umweltbelastungen vermeidet. Die Herausforderung besteht da-rin, die vorhandenen Nährstoff-mengen so zu nutzen, dass sie optimal mit der Entwicklung der Pflanze übereinstimmen.

Die Kombination aus geeigneter Sortenwahl und einer standort-angepassten Düngestrategie bil-det die Grundlage für hohe Nähr-stoffeffizienz. Sorten unterschei-den sich in ihrer Fähigkeit, aufge-nommenen Stickstoff in Ertrag und Rohprotein umzusetzen. Ebenso entscheidend ist die zeitliche Ver-teilung der Stickstoffgaben im Verlauf der Vegetation. Nur wenn Sorte, Standort, Witterung und Düngungszeitpunkt aufeinander abgestimmt sind, lässt sich das Er-tragspotenzial des Bestandes voll-ständig ausschöpfen. Welche Handlungsoptionen hier zur Verfü-gung stehen und was als praktika-bel und zielführend erscheint, soll im Folgenden beschrieben werden.

Hintergrund Weizenqualität

In Winterweizen ist trotz aller Bemühungen von Züchtung, Land-wirtschaft und angewandter For-schung hinsichtlich alternativer Bewertungsmethoden zur Wei-zenqualität nach wie vor die Roh-proteinkonzentration maßgeblich für die Weizenvermarktung. Bis auf Ausnahmen durch Anbauver-träge mit Mühlen, nach denen ge-zielt einzelne Sorten mit geeig-neten Backeigenschaften unabhän-gig von der tatsächlich erreichten Proteinkonzentration angebaut und vermarktet werden, treffen für Norddeutschland und speziell Schleswig-Holstein mit einer nicht vorhandenen Mühlenstruktur im Wesentlichen die Rahmenbedin-



Regionale Landessortenversuche in Winterweizen erlauben einen genauen Blick auf die Ertragsleistung und die erzielten Proteingehalte. Einige Sorten zeigen hierdurch eine bessere Stickstoffeffizienz, die schließlich auch ein wichtiger Hebel für den Gewässerschutz ist.

Fotos: Achim Seidel

gungen zu, wie sie für das Wei-zenexportgeschäft üblich sind. Zu-dem muss berücksichtigt werden, dass mit Ausnahme der Ernte 2025 (12,2 % Protein) über die vergan-gen Jahre die Proteinkonzentration der deutschen Ernte konti-nuierlich auf im Durchschnitt rund 11,6 % (2024) laut Besonderer Ernte- und Qualitätsermittlung (BEE) des Max-Rubner-Institutes abgesunken ist und damit ein besonderer Be-darf an protein- und qualitätsstar-ker Ware besteht, um schwäche-re Partien aufzumischen. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass einerseits seit 2019 die Proteinein-stufung einer Sorte nicht mehr Kri-terium für die Zulassung einer Wei-zensorte in einer bestimmten Qua-litätsgruppe ist. Vielmehr ist es so, dass die Gesamtheit der indirekten Qualitätseigenschaften (Hekto-litergewicht, Fallzahl, Feuchtkle-bergehalt, Sedimentationswert, Proteinkonzentration, Griffigkeit und Wasseraufnahme), sowie die Mahleigenschaften auch über die Qualitätseigenschaften des Teiges mit entscheiden. Hieraus wird er-sichtlich, dass das Rohprotein zwar

eine wesentliche Rolle spielt, aber nicht allein über die Qualität einer Weizenpartie bestimmt, was final nur über Backversuche abgebildet werden kann. Dennoch ist die Roh-proteinkonzentration des Weizens im nationalen wie auch internati-onalen Getreidehandel absolut ent-scheidend und Kernkriterium für die Abrechnung. Ziel sind aus Sicht der Landwirtschaft damit hohe Er-träge, verknüpft mit hoher Prote-inkonzentration.

Spätdüngung zur Qualitätssteigerung?

Die Düngung von Stickstoff (N) im Winterweizen erfolgt in der Re-gel in drei bis vier Teilgaben. Die erste Gabe fördert die Bestockung und legt die Grundlage für eine gleichmäßige Entwicklung des Bestandes. Sie sollte stets mit ei-ner Schwefeldüngung kombiniert werden, da Schwefel im Enzym Ni-tratreduktase enthalten sowie für die Bildung von schwefelhaltigen Aminosäuren und damit für die Ei-weißbildung im Korn notwendig ist. Ohne ausreichende Schwefel-

versorgung kann der aufgenom-mene Stickstoff nicht vollständig in Protein umgesetzt werden. Eine Gabe von etwa 20 bis 30 kg/ha Schwefel gemeinsam mit der ers-ten Stickstoffgabe wird empfoh-len. Eine gesicherte Schwefelver-sorgung verbessert die Stickstoff-ausnutzung und bildet die Basis für eine stabile Qualität. Der Start-zeitpunkt der ersten Gabe ist be-sonders wichtig. Schwache oder lückige Bestände nach dem Win-ter profitieren von einer früh ver-fügbaren Stickstoffmenge, um die Bestockung zu fördern und den Vegetationsvorsprung aufzuho-len. Die Düngung sollte möglichst zum Vegetationsbeginn einge-plant werden. Gleichzeitig ist der Bodenzustand zu beachten. Die Befahrbarkeit muss gewährleis-tet sein, um Strukturschäden zu vermeiden. Nach der Düngever-ordnung dürfen keine stickstoff-haltigen oder phosphathaltigen Düngemittel auf wassergesättig-ten, überschwemmten, gefrore-nen oder schneebedeckten Böden ausgebracht werden. Die zweite Stickstoffgabe dient dem Ertrags-

aufbau. Die dritte Gabe, auch Abschlussgabe oder Spätdüngung genannt, sichert die Qualität ab und stabilisiert den Rohproteingehalt. Sie wird im Stadium des Ährenschiebens ausgebracht, wenn die Pflanze den Stickstoff noch aktiv aufnehmen und ins Korn verlagern kann. Aufwandmengen zwischen 30 und 60 kg N/ha haben sich in der Praxis bewährt, abhängig von Sorte, Ertragserwartung und bisheriger N-Versorgung.

Die Wirksamkeit der Spätdüngung hängt stark von der Wasserverfügbarkeit ab. Nur bei ausreichender Bodenfeuchte kann der Stickstoff im Boden in Lösung gehen und über die Wurzeln aufgenommen werden. Bei Trockenheit ist die Nährstoffmobilisierung stark eingeschränkt, die Aufnahme nahezu vollständig gehemmt. Unter solchen Bedingungen kann der ausgebrachte Stickstoff nicht verwertet werden. Eine Spätdüngung ist dann sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnlos, da der Stickstoff ungenutzt im Boden verbleibt und bei späteren Niederschlägen verlagert werden kann. In Küstenregionen mit Ostseezufluss erhöht dies das Risiko von Nährstoffeinträgen in Oberflächengewässer und damit letztendlich in die Ostsee. Eine besondere Form der Spätdüngung stellt die Blattapplikation von flüssigem Stickstoff in Form von Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung (AHL) dar.

In Versuchen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen wurden Aufwandmengen von etwa 9 kg/ha Stickstoff geprüft, die zehn bis zwanzig Tage nach der Blüte appliziert wurden. Unter günstigen Bedingungen zeigten sich positive Effekte auf die Qualität. Voraussetzungen sind eine hohe Verdün-

nungen führen können. Diese Maßnahme ist daher nicht pauschal zu empfehlen. Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen konnte darüber positive Effekte von rund + 0,3 Prozentpunkten im Proteingehalt erzielen. Die spät applizierte N-Menge wurde dabei aber in der mineralischen dritten N-Gabe

Wirkung hängt jedoch von Standort, Sorte, Schwefelversorgung und Wasserverfügbarkeit ab. Unter günstigen Bedingungen kann sie zur Stabilisierung der Backqualität beitragen. Bei Trockenheit oder unzureichender Schwefelversorgung ist die Wirkung deutlich eingeschränkt und das Risiko von Nährstoffverlusten steigt.

Einfluss von Standort und Jahresverlauf

Der Erfolg einer bedarfsgerechten N-Düngung im Winterweizen wird in hohem Maße durch Standort und Jahresverlauf bestimmt. Jede Bodenart stellt eigene Anforderungen an Zeitpunkt und Umfang der N-Gaben. Leichte, sandige Böden reagieren schnell auf Düngemaßnahmen, können den Nährstoff aber nur begrenzt speichern. Auf diesen Standorten ist ein gutes Timing entscheidend, um die Nährstoffe in Phasen aktiver Aufnahme bereitzustellen. Schwere, tonige Böden besitzen dagegen ein höheres Speichervermögen und eine gleichmäßigere Nachlieferung von N, reagieren aber träger auf Witterungsänderungen.

Auch das Klima Schleswig-Holsteins beeinflusst die Nährstoffdynamik. Milde Winter und frühe Vegetationsbeginne führen zu einer raschen Mineralisation, während kühle, nasse Frühjahre den Prozess verzögern. Hitzeperioden im Mai



Weizenqualität wird durch viele Faktoren bestimmt, aber besonders das Rohprotein hat im Handel eine zentrale Rolle inne.

nung von mindestens eins zu vier mit Wasser und eine gleichmäßige, feine Benetzung. Diese Maßnahme darf ausschließlich bei absoluter Trockenheit erfolgen, da schon geringe Restfeuchte oder Tau, wie er in Schleswig-Holstein häufig vorkommt, zu Blatt- und Ährenverät-

berücksichtigt. Auch in Schleswig-Holstein wurden Versuche zu dieser Strategie angelegt, bedürfen aber noch weiterer Versuchsjahre, um belastbare Aussagen hierüber treffen zu können. Die Spätdüngung bleibt ein wichtiges Instrument zur Qualitätssicherung. Ihre

und Juni können die Aufnahme- phase deutlich verkürzen. Je nach Jahresverlauf ist es daher notwendig, die Düngung flexibel zu gestalten und Mengen oder Zeitpunkte an die aktuelle Entwicklung anzupassen. Über Blattdünger können nur geringe Mengen Stickstoff aufgenommen werden. Flüssige Bodendünger unterliegen somit denselben Einschränkungen wie feste Formen. Ohne ausreichende Feuchtigkeit bleibt der Nährstoff an der Oberfläche und wird nicht pflanzenverfügbar. Die Wirkung jeder Düngung hängt somit weniger von der Form des Düngemittels ab, sondern davon, ob zum Zeitpunkt der Ausbringung günstige Bedingungen herrschen. Eine standortgerechte und witterungsangepasste Düngestrategie ermöglicht eine bessere Ausnutzung des eingesetzten Stickstoffs. Sie trägt dazu bei, den Bedarf der Pflanzen präzise zu decken, den Ertrag abzusichern und gleichzeitig den Austrag von Nährstoffen in Richtung Ostsee zu verringern.

Sortenwahl als Stellschraube für eine hohe N-Effizienz

Grundsätzlich ist die Sortenwahl eine wesentliche Entscheidung, die auch den Grundstein für weitere Maßnahmen wie Pflanzenschutz und die Terminierung von Düngemaßnahmen legt. Auch Entwicklungsunterschiede zwischen Sorten können nicht nur im Pflanzenschutz bedeutend sein, sondern hinsichtlich ihrer Ertragsbildung deutliche Unterschiede bedeuten. In Jahren mit ausgeprägten Trockenphasen im Mai und Juni, aber sich anschließenden Niederschlägen im Juli wie im Jahr 2023 haben oftmals spätere Sorten noch spät Kornfüllung und N-Umlagerung ins Korn betreiben können. Oftmals werden aber gezielt frühe Sorten als Anpassungsoption an Trockenbedingungen beschrieben. Dies trifft jedoch insbesondere zu, wenn über einen längeren Zeitraum bis zum Ende der Kornfüllungsphase Trockenheit herrscht.

Aus betrieblicher Sicht wie auch unter Gesichtspunkten des Gewässerschutzes besteht der Wunsch, hohe Kornerträge mit hoher Proteinkonzentration zu verbinden, was gleichzeitig einer hohen N-Abfuhr

und damit N-Effizienz entspricht. Es besteht allerdings eine negative Korrelation zwischen Ertrag und Proteinkonzentration, was allgemein unter dem Begriff „Proteinverdünnung“ aus Jahren mit hohen Erträgen bekannt ist. Grundsätzlich trifft dieser Zusammenhang für alle Sorten zu, dennoch gibt es Unterschiede zwischen den Sorten. Manche neigen unter hohen Erträgen etwas weniger zur Proteinverdünnung. Aus den Versuchen in Schleswig-Holstein, aber auch überregional ist beispielsweise die Sorte ‚KWS Donovan‘ regel-

mäßig mit sehr hohen Erträgen und gleichzeitig hohen Proteinkonzentrationen aufgefallen. Insbesondere bei dieser Sorte bestehen allerdings deutliche Schwächen in der Gesundheit. Neuere Züchtungsgenerationen versprechen hier eine höhere Sortengesundheit, was es in den nächsten LSV-Jahren zu prüfen gilt. Auch andere Sorten sind wie die genannte Sorte als besonders N-effizient beschrieben. Hierzu wird seit 2024 vom Bundessortenamt explizit die Eigenschaft der N-Effizienz von Sorten beschrieben. Dieses Merk-

mal bezieht sich auf die N-Abfuhr durch das Korn (Tabelle), wobei es sich hier um Zahlen über Gesamtdeutschland aus den offiziellen Wertprüfungen handelt. Dementsprechend können regionale Unterschiede durchaus relevant sein, insbesondere wenn beispielsweise regional die Relativträge deutlich vom Bundesdurchschnitt abweichen. Zudem wird durch das Bundessortenamt auch die sogenannte Proteineffizienz beschrieben. Hieraus leitet sich ab, wie viel Backvolumen aus dem im Korn gebildeten Protein mit der jeweiligen Sorte realisiert werden kann. Entsprechend haben gerade Sorten der Qualitätsgruppen A oder auch B bei geringer Proteineinstufung in der Regel auch eine höhere Proteineffizienz.

Neben sehr hohen Erträgen zur Sicherung der N-Effizienz, idealerweise verbunden mit hoher Proteinkonzentration, sollte zudem auch über die Jahre eine ausreichende Ertragskonstanz der Sorten erreicht werden. Zusätzlich sollte aber auch das Anbaurisiko verringert werden, indem durchaus verschiedene Sorten(typen) in den Anbau genommen werden.

Hanna Makowski

Achim Seidel

Landwirtschaftskammer SH

Tabelle: Mehrjährige Ertragsleistung Winterweizensorten, Landessortenversuch und Einstufung des Bundessortenamtes hinsichtlich Protein und Effizienzeigenschaften

Ergebnisse – Stufe 2¹⁾

Sorte	Zulas- sungs- jahr	Quali- tät	Relativertrag Hügelland gesamt mehrjährig ²⁾		Einstufungen BSA**		
			2020	2025	Protein einstu- fung	N Effi- zienz	Protein effi- zienz
			114,7		Note [1 - 9]		
rel. 100 = dt/ha							
KWS Donovan	2020	A	98		4	7	4
SU Jonte*	2021	A	99		4	5	5
Polarkap	2022	A	98		5	6	5
LG Optimist*	2023	A	101		3	5	5
WPB Newton	2023	A	102		3	5	5
SU Magnetron	2024	A	99		6	7	5
Willcox*	2024	A	101		3	6	5
LG Kermit	2024	A	98		4	7	5
SU Tarroca*	2020 (EU)	A	99		–	–	–
Absint	2022	A	100		5	6	5
Ambientus	2024	A	94		6	7	5
Intensity	2025	A	100		4	6	6
Filius	2025	A	98		4	6	5
KWS Friese*	2025	A	103		1	5	6
Chevignon	2017 (EU)	B	99		3	–	–
Knut	2021	B	100		3	6	4
Debian	2022	B	103		2	6	4
SU Fiete*	2021	B	99		3	5	4
Spectral*	2023	B	102		2	5	4
RGT Kreuzer	2023	B	101		2	4	4
SU Tammo*	2023	B	98		4	6	4
SU Marathon*	2025	B	102		3	5	4
LG Tomjol	2025	B	104		3	6	4
Winner	2021 (EU)	BPS/C	102		2	–	–
RGT Konzert	2024	C	105		4	7	3
Balzac*	2021 (EU)	BPS/C	99		–	–	–
KWS Emerick	2018	E	92		7	6	4
Exsal*	2023	E	96		6	6	5
Ponticus	2015	E	95		8	6	4
Emmert	2025	E	97		7	7	5

1) Stufe 2 mit ortsüblich-intensivem Fungizid- und Wachstumsreglereinsatz; 2) mehrjähriger Relativertrag für das Anbaugelände Östliches Hügelland nach Hohenheim-Gülzower Verrechnungsmethode; * Bezugsarten; ** Einstufung laut Beschreibender Sortenliste des Bundessortenamtes 2025. Skalierung Noten von 1 (sehr geringe Ausprägung des Merkmals) bis 9 (sehr starke Ausprägung des Merkmals) Bei EU-Sorten bislang teilweise keine Einstufung für Protein vorhanden, für Effizienzeigenschaften nicht möglich; BPS = französische Brotweizeneinstufung Quelle: LKSH

Fazit

Eine hohe Nährstoffeffizienz bei der Stickstoffdüngung im Winterweizen zu erreichen, ist sowohl ökologisch wie auch ökonomisch erklärtes Ziel. Dabei hat die Witterung den größten Einfluss auf den Erfolg, ihr kann aber durch angepasste Maßnahmen wie regional abgestimmte Sortenwahl, produktionstechnische Maßnahmen und optimierte Düngestrategie begegnet werden. Weiterhin kommt dem Produktionsfaktor Boden mit möglichst optimalen Bodeneigenschaften zukünftig eine immer bedeutendere Rolle zu. Ziel ist es, nachhaltig das System Boden-Pflanze leistungsfähig zu erhalten und damit Ertragssicherheit zu generieren, die wiederum eine hohe N-Effizienz nach sich zieht.



Bauliche Anlagen für Jauche, Gülle und Silage – alles auf dem aktuellen Stand?

Fotos: Jens Christian Flenker

Jetzt investieren lohnt doppelt – für Betriebe und Umwelt

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 19

In Schleswig-Holstein sind die Anforderungen an die Lagerung von Jauche, Gülle und Silagesickersaft in den vergangenen zehn Jahren erheblich gestiegen. Anpassungen der Düngeverordnung, verschärfte Auflagen beim Neubau und Restriktionen in der Ausbringung zur Herbstdüngung, immissionsschutzrechtliche Veränderungen (Abdeckung) sowie erhöhte Ausbringungs- und Logistikkosten fordern immer wieder die Anpassungsfähigkeit der Vieh haltenden Betriebe.

Wohl dem, der rechtzeitig in Lagertechnik und somit in moderne Güllelager investierte. Durch Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben und durch freiwilligen zusätzlichen Lagerraum können nicht nur Nährstoffe optimal pflanzenverfügbar ausgebracht werden, sondern die gesetzkonforme Lagerung ist auch ein wichtiger Beitrag zum Schutz der Gewässer.

Gesetzlicher Rahmen schafft Handlungsdruck

Ziel der aktuellen gesellschaftlichen Politik im Land ist eine Reduktion von Stickstoff- und Phosphoreinträgen, die über Grundwasser, Flüsse und Gräben in die Ostsee gelangen können. Für die Landwirtschaft bedeutet das: Gülle, Gärreste und Festmist müssen nicht nur sachgerecht, sondern auch zeitlich optimal gelagert werden können. Die nur noch restriktiv mögliche Ausbringung der Gülle im Herbst stellt viele Betriebe vor technische, finanzielle und genehmigungsrechtliche Herausforderungen.

Ziel muss es sein, ausreichend Lagerraum vorzuhalten, um Dün-

gung und Witterung optimal mit den regionalen Anforderungen abzustimmen. Ziel ist, rechtzeitig vorbereitet zu sein auf aktuelle und kommende Anforderungen.

Betriebe, die rechtzeitig mit der Planung und Genehmigung beginnen, sichern sich nicht nur Handlungsspielraum, sondern gegebenenfalls auch Fördervorteile beim Bau emissionsarmer Lager und Abdeckungen.

Eine sorgfältige Planung ist entscheidend: Abdeckungen für Güllebehälter und Überdachungen von Dungplatten tragen zur Reduzie-

rung von Ammoniakverlusten bei, verlängern die mögliche Lagerdauer und sind bei Neubaumaßnahmen nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) gesetzlicher Standard. Bei geplanten Investitionen wird empfohlen, sich frühzeitig mit einem Fachberater oder Fachplaner abzustimmen. Dabei sollten insbesondere die Anforderungen an die Ausführung der Leckageüberwachung, die Frostsicherheit, die Gründungsempfehlungen aus dem Baugrundgutachten sowie der tatsächliche Nährstoffanfall und das anfallende belastete Niederschlagswasser berücksichtigt werden. Der Lagerraum sollte entsprechend großzügig bemessen werden.

Rechtliche Herausforderungen

Zugelassen ist die Ausbringung im Herbst nur noch zu bestimmten Kulturen wie Zwischenfrüch-

ten, Winterraps, Wintergerste und Feldfutter – und das ausschließlich bodennah mit einer Obergrenze von nur noch 30 kg/ha Ammoniumstickstoff oder 60 kg/ha Gesamtstickstoff, zeitlich begrenzt bis zum 1. Oktober. Gleichzeitig liegt die vorgeschriebene Lagerdauer seit 2020 von sechs bis über neun Monate für Betriebe mit mehr als 3 GV/ha. Das betrifft auch Biogasanlagen ohne eigene Flächen.

Technische Anforderungen

Die gesetzlichen Vorgaben machen zusätzlichen Lagerraum vielerorts nötig. Bevor gebaut wird, muss der Standort genau geprüft werden. Das neue Lager darf die künftige Betriebsentwicklung nicht behindern und muss immissionsschutzrechtlich genehmigungsfähig sein.

Da Landwirte und Bauherren das Baugrundrisiko in der Regel selbst tragen müssen, sollte ein Bodengutachten mit Gründungsempfehlung immer Bestandteil der Planung sein. Der Gutachter sollte die Tragfähigkeit des Bodens durch einen Lastplattendruckversuch prüfen. Nur wenn die vorgegebenen Werte eingehalten werden, ist der Untergrund ausreichend tragfähig. Bei schwachem Boden sind aufwendige Verfahren wie Bodenaustausch, Rüttelstopfverdichtung oder Pfahlgründung nötig. Die Baukosten, die durch den notwendigen Erdbau entstehen, verursachen die größten Kostenschwan-



Die Überprüfung durch Lastplattendruckversuch schafft Investitionssicherheit.

kungen zwischen den Projekten und sind je nach Standort sehr unterschiedlich.

Wie weit ein Behälter eingegraben oder oberirdisch aufgestellt werden muss, hängt von Grund- und Schichtenwasser ab. Hoher Grundwasserstand kann zu Auftrieb führen und die Leckage-Erkennung kann sich mit Grund- beziehungsweise Regenwasser füllen. Die ordnungsgemäße Befestigung der Leckageerkennung und dauerhafte Dichtigkeit werden dann zur technischen Herausforderung.

Leckage-Erkennung ist Pflicht

Seit August 2017 schreibt die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) für Lageranlagen ab 25 m³ ein Leckage-Erkennungssystem vor. Damit soll das Grundwasser vor austretender Gülle geschützt werden.

Das System besteht aus einer Dichtungsschicht – meist einer geschweißten Kunststoffbahn – und einer Ringdrainage mit Kontrollrohr. Zwischen Behältersohle und Folie wird eine 10 bis 20 cm dicke Schutzschicht aus Kies oder Drainmatte eingebaut. Anschließend folgt eine Baufolie, damit keine Zementschlämme in die Drainschicht gelangen.

Rund um den Behälter verlegte 100-mm-Drainrohre führen zu Kontrollschächten. Besonders wichtig ist eine sorgfältige Abdichtung, damit kein Oberflächenwasser eindringen kann. Beim Verfüllen muss die Folie eng anliegen und durch Noppenfolie oder Vlies vor spitzen Steinen geschützt werden.

Wichtig: Rechtzeitig an eine Verstärkung der Bodenplatte für eine Mittelstütze und einen Pumpensumpf denken.

Die Bodenplatte muss von einem Statiker berechnet und vor dem Betonieren durch einen Prüfstatiker freigegeben werden. Empfehlenswert ist, sie so zu konstruieren, dass später eine Abdeckung nachgerüstet werden kann. Dafür wird in der Mitte ein verstärkter Mittelblock eingeplant, auf dem später eine Stütze stehen kann. Der Be-

reich weist üblicherweise Abmessungen von etwa 2,5 m x 2,5 m bei 0,5 m Höhe auf. Je nach baulicher Situation kann er unterhalb oder oberhalb der Bodenplatte vorgesehen werden.

Ein Pumpensumpf wird in dem Moment wertvoll, wenn ein Behälter vollständig entleert werden muss. Das Entnahmerohr wird in diesem Pumpensumpf fest installiert und mit einem Belüftungsventil versehen, damit es im Winter nicht einfriert.

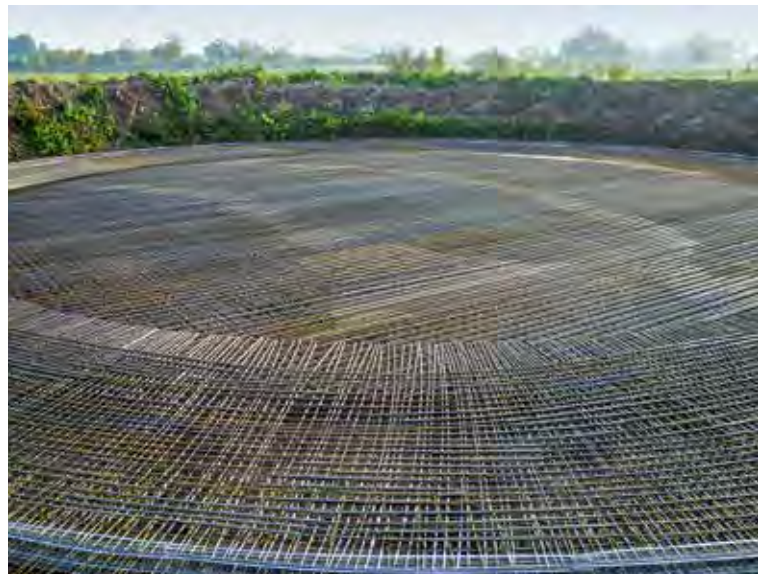
Beton, Stahl oder Edelstahl?

Beim Wandmaterial haben Landwirte die Wahl: Beton (monolithisch oder Fertigteile), Stahl oder Edelstahl. Betonbehälter eignen sich besonders bei schwierigen Bodenverhältnissen. Sie sind robust, dicht und erlauben nachträgliche Öffnungen – ein Vorteil, wenn später ein Behälter zu einer Biogasanlage umgerüstet werden könnte. Nachteilig ist, dass sie nicht aufgestockt werden können. Stahl- und Edelstahlbehälter sind leichter zu erweitern. Edelstahl gilt als langlebige Lösung, da keine Beschichtungen abplatzen und das Material nicht rostet. Besonders in windreichen Regionen wie Schleswig-Holstein haben sich gewellte Edelstahlbleche bewährt, da sie hohe Windlasten auch im leeren Zustand besser verkraften.

Abdeckungspflicht und Varianten

Häufig ist eine Abdeckung des Güllebehälters vorgeschrieben, um Ammoniakemissionen zu mindern. Das erhöht zwar die Kosten, bringt aber auch Vorteile: Die Niederschläge werden direkt abgeleitet, und das erforderliche Freibord kann von 20 cm auf 10 cm reduziert werden. Das Freibord ist der Abstand zwischen dem maximalen Güllespiegel und der Oberkante des Behälters.

Zeltdächer aus PVC-Gewebeplanen sind langlebig (über 15 Jahre) und besonders bei Betonbehältern leicht zu montieren. Wichtig ist eine ausreichende Dimensionierung nach Windlastzone. Schwachstellen zeigen sich meist an den Befestigungspunkten. Die Folie besteht meistens aus dem gleichen



Dimensionierung der Stahlmenge einer Bodenplatte mit Pfahlgründung



Leckage-Erkennung: vor Anfüllung mit Erde die Folie eng an den Behälter anschmiegen



Behälter im Bau

Material wie Lkw-Planen und hat sich in der Praxis bewährt.

Schwimmfolien oder Schwimmkörperabdeckungen sind kostengünstiger, trennen aber Regen- und Güllewasser nicht sauber, was bei der Ausbringung zu Mehrkosten führt. Für Schwimmkörper müssen zusätzlich Leitbleche eingebaut werden, um die Abdeckung beim Rühren nicht zu beschädigen. Bei-

de Systeme brauchen mehr Pflege und Wartung als das Zeltdach.

Ein Gülleentnahmeplatz ist wichtig

Durch einen entsprechenden Gülleentnahmeplatz ist sicherzustellen, dass das beim Abfüllen von Jauche oder Gülle verunreinigte Niederschlagswasser vollständig

aufgefangen und ordnungsgemäß landwirtschaftlich verwertet wird (Beispiel siehe Abbildung).

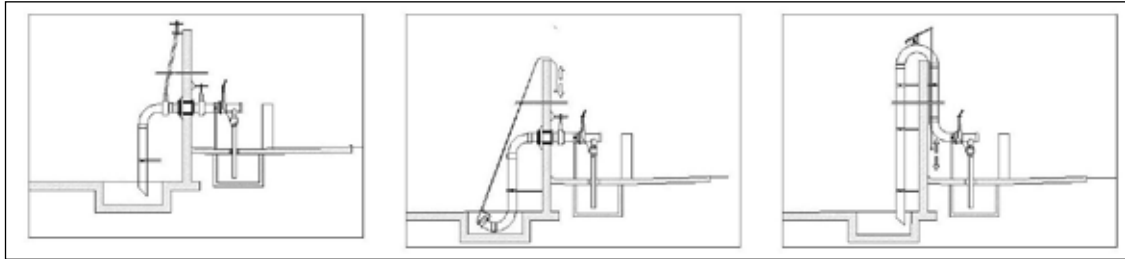
Praxis und Perspektive

Grundsätzlich gilt: Investitionen in Lagerkapazität und Technik binden viel Kapital, aber sie sind Teil eines nachhaltigen Nährstoffkreis-

laufs und hierdurch kein Selbstzweck. Nährstoffe sind kostbar und die Lagerung und Ausbringung kostenintensiv. Viele Betriebe in Schleswig-Holstein haben in den vergangenen zehn Jahren bereits einen erheblichen Anteil zur Verbesserung des baulichen Gewässerschutzes geleistet.

Jens Christian Flenker
Landwirtschaftskammer SH

Abbildung: Prinzip-Skizze Gülleentnahmeplatz



Detailansicht Gülleentnahme nach Nienhaus LK NRW

Quelle: Jens Christian Flenker

Fazit

Wer heute in Güllelager und Technik investiert, schafft nicht nur Rechtssicherheit, sondern stärkt die Zukunftsfähigkeit des eigenen Betriebs. Gleichzeitig wird spürbar, dass Landwirtschaft und Gewässerschutz keine Gegensätze sind.

Feuchtgebiete zum Schutz einsetzen

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 20: Beispiele aus Dänemark und Schweden

Dieser Beitrag zeigt, was in Dänemark und Schweden bereits getan wird – mit Beispielen zur Wiederherstellung von Feuchtgebieten und zum Bau von Klärfeuchtgebieten, um diffuse landwirtschaftliche Verschmutzung zu reduzieren und widerstandsfähigere Ökosysteme zu fördern.

Diffuse Verschmutzung durch Nährstoffe, Sedimente, Krankheitserreger und landwirtschaftliche Chemikalien beeinträchtigt die Wasserqualität und die Gesundheit aquatischer Ökosysteme. Wenn Feuchtgebiete entwässert und Ufervegetation entfernt werden, verliert die Landschaft ihre natürliche Fähigkeit, Abflüsse zu verlangsamen und Nährstoffe sowie Sedimente herauszufiltern. Auf der ganzen Welt wurden und werden Fließgewässer begradigt und zu schnellen Abflusskanälen umgebaut, die Verschmutzung rascher weiterleiten und die Reinigungsleistung der Landschaft verringern. Darunter leiden Gewässer, die Tiere und Pflanzen, die darin leben, sowie das Klima.

Die Ostsee weist die am stärksten eutrophierten Küstengewässer Europas auf, hervorgerufen hauptsächlich durch die diffusen Einträge der vergangenen Jahrzehnte. Das trägt zu Algenblüten, Sauerstoffmangel und Fischsterben bei.

Um die Ostsee sowie Binnengewässer gesund werden zu lassen, können Landwirte und Flächenbewirtschafter Schadstoffeinträge verringern und Maßnahmen umsetzen, die Abflüsse reinigen, bevor sie in die Gewässer gelangen.

Feuchtgebiete sind natürliche Filter, die Wasser reinigen, indem sie überschüssige Nährstoffe aus der Landwirtschaft zurückhalten. Die Wiederherstellung von Feuchtgebieten auf tief liegenden oder organischen Böden kann Stickstoffeinträge verringern und zur Erreichung von EU-Zielen in den Bereichen Wasserqualität, Biodiversität und Klima beitragen.

Blick nach Dänemark

Dänemarks Tripartite Green Deal ist eine weltweit einzigartige Initiative, die landwirtschaftliche Flächen in Wälder und Feuchtgebiete umwandelt, Stickstoffeinträge drastisch reduziert und letztlich vitale Küstengewässer wiederherstellen soll (siehe Tabelle). Die Vereinbarung wurde nach langen Verhandlungen zwischen der dänischen Regierung, Landwirtschafts- und Wirtschaftsverbänden, Umweltorganisationen und Gewerkschaften geschlossen. Sie gilt als ein Weg, Dänemarks Klimaziele mit den wirtschaftlichen Interessen des einflussreichen Agrarsektors in Einklang zu bringen. Anders als vie-



Beispiele für angelegte Feuchtgebiete auf Jütland, Dänemark. Gute Standorte befinden sich meist an unproduktiven Feldrändern mit hoher Schadstoffbelastung. Ein gut bewachsenes Feuchtgebiet bietet Vorteile für Wasserqualität und Biodiversität. Fotos: Dr. Brandon Goeller

le EU-Richtlinien, die stark auf Regulierung und allgemeine Ziele setzen, nutzt Dänemarks Green Deal direkte finanzielle Anreize und freiwillige Flächennutzungsänderungen, um messbare Umweltverbesserungen zu erzielen.

Beispielsweise erhalten dänische Landwirte Fördermittel, um landwirtschaftliche Flächen auf organischen Böden in überflutungsgefährdeten Flusstälern stillzulegen. So können sich Moorböden natürlich regenerieren und als Kohlenstoffspeicher wirken. Dänemark unterstützt auch den Bau von Klärfeuchtgebieten, die Stickstoff- und Phosphoreinträge in Gewässer reduzieren. Dieses Vorgehen hat ein

landesweites Ziel inspiriert: Tausende von Feuchtgebieten und andere naturbasierte Lösungen sollen entstehen.

Schon kleine Wiederherstellungen helfen, Gewässer zu schützen, die Artenvielfalt zu fördern und die Landschaft widerstandsfähiger gegen Hochwasser und Klimawandel zu machen. Damit Feuchtgebiete jedoch den größten Nutzen bringen, müssen sie strategisch und flächendeckend in Einzugsgebieten umgesetzt werden.

So geht's in Schweden

In Schweden arbeiten Forscher eng mit Einzugsgebietsplanern



Es gibt auch kombinierte Systeme aus Feuchtgebiet und Holzschnitt-Biofilter zum Abbau von Nitrat aus der Drainage.

Tabelle: Tripartite Green Deal

Thema	Details
Initiative	Tripartite Green Deal (Dänemark)
Start	Sommer 2024
Zieljahr	Bis 2030: Ziel ist eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 70 % im Vergleich zu den Emissionen von 1990. Bis 2050: Ziel ist die klimaneutrale Netto-null-Emission.
Finanzierung	5,76 Mrd. € über den Green Land Fund
Naturmaßnahmen	140.000 ha Moorflächen wiederherstellen 250.000 ha Aufforstung
Schutzgebiete	sechs neue Nationalparks, ein neuer stadtnaher Nationalpark
Wasserqualität	Maßnahmen gegen Sauerstoffmangel in Fjorden und Küstengewässern
Klimaschutz	Einführung einer CO ₂ -Steuer auf Tierhaltung
Landwirtschaft	Förderung pflanzenbasierter Produktion und Grüner Technologien
Umsetzung vor Ort	23 lokale Tripartite-Gruppen (Kommunen, Landbesitzer, Staat)
Nutzen für Landwirte	freiwillige Flächenstilllegung mit Fördermitteln, Beitrag zu Klima und Natur

zusammen, um die besten Standorte für neue oder wiederhergestellte Feuchtgebiete zu finden, je nachdem, ob Stickstoff oder Phosphor reduziert, die Biodiversität gestärkt oder Hochwasser gemanagt werden soll. Lokale Einzugsgebietsbeauftragte unterstützen Landbesitzer bei der Planung und Umsetzung, was die Umsetzung erleichtert. Schweden hat über die Jahre mehrere Förderprogramme eingeführt, um Landwirten beim Bau von Feuchtgebieten zu helfen. Ziel ist es, die Fähigkeit der Landschaft zur gleichzeitigen Bereitstellung mehrerer Leistungen wiederherzustellen – sauberes Wasser, mehr Artenvielfalt und besseren Hoch-

wasserschutz. Statt zu erwarten, dass jedes Feuchtgebiet alles leisten kann, setzt Schweden auf eine Mischung verschiedener Feuchtgebiete mit jeweils spezifischer Funktion – ein Mosaik aus naturbasierten Lösungen.

Strategisch platzierte Feuchtgebiete, unterstützt durch Fördermittel und Einzugsgebietsplanung, bringen Vorteile für Landwirtschaft und Natur. In Dänemark und Schweden arbeiten Regierungen und Wissenschaft gemeinsam daran, Feuchtgebiete dort zu fördern, wo sie am meisten bewirken.

Dr. Brandon Goeller
New Zealand Institute
for Earth Science Ltd.

Dänemark und Schweden zeigen, wie gezielte Fördermittel, Planungen auf Einzugsgebietsebene und freiwillige Änderungen der Landnutzung wirksame Umweltverbesserungen ermöglichen können. Beide Länder unterstützen Landwirte bei der Wiedervernässung oder Neuanlage von Feuchtgebieten, wo diese den größten Nutzen bringen. Auch Deutschland hat über 75 % seiner historischen Feuchtgebiete verloren, den Großteil davon für die Agrarlandnutzung. Schon die Wiederherstellung kleiner Flächen –

besonders dort, wo die landwirtschaftliche Nutzung ohnehin aufgegeben wird – kann die Wasserqualität deutlich verbessern, ohne die Produktivität zu beeinträchtigen.

Während Deutschland ähnliche Ansätze prüft, bieten diese nördlichen Nachbarn wertvolle Erkenntnisse darüber, wie sich Produktivität und ökologische Verantwortung in Einklang bringen lassen. Feuchtgebiete sind nicht nur die natürliche Kläranlage der Landschaft – sie sind eine kluge Investition in die Zukunft der Landwirtschaft.

Balance zwischen Landwirtschaft und Natur in Neuseeland

Nährstoffmanagement für die Ostsee, Teil 21

Neuseeland (Aotearoa in der Sprache der Maori) ist bekannt für seine ausgedehnten Naturlandschaften und scheinbar unberührte Wildnis. Doch das „clean and green“-Image, das viele Besucher anzieht, ist womöglich eine zu starke Vereinfachung. Zweifellos gibt es beeindruckende, schneebedeckte Berge und weiße Sandstrände. In den Tieflagen und Ebenen jedoch ist die Landschaft stark verändert, mit einem deutlich geringeren Anteil ursprünglicher Vegetation und intakter Ökosysteme im Vergleich zu den zerklüfteten Nationalparks im Landesinneren. Etwa 50 % der Landesfläche werden landwirtschaftlich genutzt, rund 83 % davon entfallen auf exotisches Weideland für Schaf-, Rind- und Milchviehwirtschaft.

Im internationalen Vergleich schneidet Neuseeland bei der Wasserqualität schlecht ab – insbesondere aufgrund hoher Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen in Flüssen und Seen sowie einer sinkenden Qualität des Grundwassers als Trinkwasserquelle in einigen Regionen. Wie in Europa besteht auch hier die Notwendigkeit, landwirtschaftliche Produktion und ökologische Nachhaltigkeit in Einklang zu bringen und sich zugleich an den Klimawandel anzupassen. Dieser Artikel bietet einen Überblick über den besonderen Kontext und die Chancen, innerhalb ökologischer Grenzen zu

wirtschaften und naturbasierte Lösungen als integrale Bestandteile landwirtschaftlicher Betriebe zu etablieren.

Anthropogene Landnutzungsänderung

Im Vergleich zu Europa erfolgte die menschliche Besiedlung Neuseelands relativ spät, doch die landschaftlichen Veränderungen

sind nicht weniger gravierend. Vor der Ankunft des Menschen waren etwa 80 % des Landes bewaldet, vielerorts reichten die Wälder von den Bergen bis zur Küste. Die ersten polynesischen Seefahrer begannen im späten 13. Jahrhundert mit der Besiedlung. Sie brachten Schweine, Hunde und Ratten mit und veränderten die Landschaft durch großflächige Brandrodungen. Bis zur europäischen Kolonisierung ab 1840 waren schätzungsweise 6,7 Mio. ha Wald – etwa 40 % der ursprünglichen Waldfläche – in Grasland, Gestrüpp und Farnvegetation umgewandelt worden.

Die Europäer brachten neue Technologien, Nutztiere sowie weitere Pflanzen- und Tierarten mit und beschleunigten damit die Landnutzungsänderung erheblich. Bis Anfang der 2000er Jahre waren schätzungsweise rund 90 % der ehemals vorhandenen Feuchtgebiete trockengelegt und in andere Nutzungsformen – vor allem Weideland – überführt worden. Dies stellt einen der weltweit höchsten Verluste an Feuchtgebieten dar. Anstelle dichter Wäl-



Gezielte Uferbepflanzungen entlang kleiner Bäche sind eine wirksame Methode zur Verbesserung der Wasserqualität. Fotos: Dr. Brandon Goeller



Landschaftskontraste: Überall, wo man hinschaut, finden sich geeignete Standorte für die Umsetzung naturbasierter Lösungen zum Gewässer- und Klimaschutz.

der und Feuchtgebiete dominiert heute Viehwirtschaft, die sich von den Bergen bis zur Küste auf Klimazonen mit weniger als 500 mm bis über 5.000 mm Jahresniederschlag erstreckt. Diese enorme Spannbreite ist vor allem auf die gebirgige Topografie Neuseelands und die vorherrschenden Westwinde zurückzuführen, die starke Niederschlagsgradienten erzeugen. Die Milchviehwirtschaft nimmt etwa 10 % der Landesfläche ein und ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor. Sie ist jedoch einer der zentralen Verursacher der Wasserkrise, da sie intensiver betrieben wird als die Schaf- und Rinderhaltung.

In der Regel werden Nutztiere in Rotationsweidehaltung gehalten; sie verbringen also den Großteil ihres Lebens im Freien. Das bedeutet, dass Urin und Kot direkt auf die Weideflächen gelangen – im Gegensatz zur Stallhaltung, wo Exkrememente gesammelt und über Abflusssysteme beziehungsweise Güllebehälter geklärt werden

können. In Kombination mit variablen hydrologischen Fließwegen, etwa durch Starkregen, Entwässerungsgräben und Grundwasserbewegungen, gestaltet sich das Management von diffusen Nährstoffeinträgen, Sedimenten und fäkalen Krankheitserregern äußerst anspruchsvoll.

Maßnahmen zur Minderung von Schadstoffen

In den letzten zwanzig Jahren wurden, vor allem auf Milchviehbetrieben, bedeutende Fortschritte erzielt, insbesondere durch das Einzäunen kleiner Bäche und Gräben (zum Beispiel über 1 m breit und über 30 cm tief), um den Zugang von Nutztieren zu Gewässern zu verhindern. Dies reduziert direkte Einträge von Sedimenten, Nährstoffen und Krankheitserregern in die Gewässer. Zusätzlich tragen Pflanzungen von Seggen, Sträuchern und Bäumen entlang der Uferzonen zur Verschattung

und damit zur Kühlung des Wassers, zur Filterung von Schadstoffen sowie zur Schaffung wertvoller Lebensräume für die Biodiversität bei.

Wo jedoch Hotspots mit übermäßigen Nährstoff- oder Sementeinträgen die Ufervegetation umgehen – etwa durch Drainagen oder konzentrierten Oberflächen-

abfluss bei Starkregen –, sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Damit solche Maßnahmen wirksam sind, müssen sie so positioniert sein, dass sie die hydrologischen Fließwege abfangen, die Schadstoffe transportieren. Beispiele für naturbasierte Lösungen, die gezielt zur Behandlung solcher Hotspots eingesetzt werden können, sind künstlich angelegte Feuchtgebiete zur Wasseraufbereitung, Holzspan-Biofilter, Sedimentfallen und Rückhaltebecken. Diese Maßnahmen bieten vielfältige Zusatznutzen und werden meist am Feldrand oder in wenig produktiven Bereichen installiert, um Produktionsverluste zu minimieren. Wissenschaftliche Fachkräfte und Berater helfen bei der Gestaltung der Maßnahmen, damit sie ordnungsgemäß konstruiert und passend dimensioniert werden, um eine zuverlässige Funktion zu gewährleisten.

Dr. Brandon Goeller
New Zealand Institute
for Earth Sciences Ltd.

Ausblick

Was motiviert Landwirte, naturbasierte Lösungen zur Verbesserung der Wasserqualität umzusetzen?

In den letzten Jahrzehnten haben gesellschaftliche Werte politische Veränderungen angestoßen, die zu Regulierungen und besseren Praktiken geführt haben. Doch im Vergleich zu Europa gibt es in Neuseeland deutlich weniger Umweltvorschriften und kaum Subventionen zur Förderung umweltfreundlicher Landwirtschaft. Die landwirtschaftlichen Branchen selbst verfolgen ein starkes Interesse an der langfristigen Tragfähigkeit ihrer Betriebe. Daher wurden Branchenstandards für gute landwirtschaftliche Praxis in verschiedenen Sektoren eingeführt und freiwillig umgesetzt.

Auch die indigene Kultur hat großen Einfluss. Maorigeführte Betriebe sind oft Vorreiter einer nachhaltigen Bewirtschaftung und betonen die langfristige Gesundheit von Land und Wasser für kommende Generationen. Die kulturelle Identität der Maori ist eng mit der Natur und ihren Ressourcen verbun-

den. Sie verstehen sich als „Kaitiaki“ (Hüter) und praktizieren „Kaitiakitanga“ (Umweltschutz) – in dem Bewusstsein, dass ihr eigenes Wohlergehen untrennbar mit dem Zustand der Umwelt verknüpft ist.

Der massive Biodiversitätsverlust in Gewässer-Ökosystemen und die zunehmende Belastung von Trinkwasser haben sich größtenteils in den letzten fünfzig Jahren vollzogen – einer Zeitspanne, in der ältere Generationen sich noch gut an frühere Zustände erinnern können. So bleiben die Verluste im kollektiven Gedächtnis lebendig. Viele positive Initiativen stammen von Landwirten, die ihr Land selbst besitzen und deren Familien seit Generationen dort leben. In jüngerer Zeit haben sich Einzugsgebietsgruppen und gemeinschaftliche Initiativen stark entwickelt. Sie fördern soziale Netzwerke und Zusammenhalt, um bessere Umweltpraktiken zu etablieren.

Am Ende ist das Erfolgsrezept einfach: Wer das Land pflegt, sorgt dafür, dass es auch zukünftige Generationen ernähren kann.



Beispiel eines kleinen, künstlich angelegten Feuchtgebiets, das Nitrat aus Drainagen und Grundwasser abbaut und zugleich die Biodiversität fördert

Impressum

bauern
blatt

Bauernblatt GmbH
Grüner Kamp 19-21
24768 Rendsburg
Telefon: 04331-12 77-0
Fax: 04331-26 105
Web: www.bauernblatt.com
E-Mail: shop@bauernblatt.com



Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Landwirtschaftskammer
Schleswig-Holstein
Grüner Kamp 15-17
24768 Rendsburg
Projektverantwortlicher: Lars Biernat
Tel.: 04331 9453-0
www.lksh.de

Layout Titel, Vorwort: www.idee-fix.de
Foto Titel: ideefix
Stand: Dezember 2025

© 2026 Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein/Bauernblatt GmbH

Alle Inhalte dieses PDFs sind urheberrechtlich geschützt.

Eine Vervielfältigung, Verbreitung oder sonstige Nutzung – auch auszugsweise – ist ohne vorherige schriftliche Zustimmung nicht gestattet.