

a) Kalkmarsch

i. Naturraum

Dithmarscher Marsch einschließlich Nordstrand, westliche Naturraumhälfte

Geologie

Jüngere Ablagerung von Meeressedimenten nach der Großen Sturmflut von 1634, meist in Verbindung mit Landgewinnungsmaßnahmen und relativ kurzer Vorlandphase, Böden sind noch nicht kalkfrei/ nicht entkalkt, Kalk stammt von marinen Muschel-/ Schneckenschalen

Bodentyp

Kalkmarsch

Betriebsformen

Ackerbau mit dominierendem Getreide- und Kohlanbau, ein Betrieb mit Schweinehaltung

Körnung

Im Oberboden 18% T, 50% U, 32% S, mit großer Schwankungsbreite von 11 bis 31% Ton innerhalb der Feldschläge.

Kalkgehalt: 1,5 % CaCO₃ (0,5-1,9%)

Bodenart

schluffiger Lehm (uL) bis toniger Schluff (tU)

Gehalt an organischer Substanz

Oberboden (0 – 30 cm): 2,1% (1,6-3,4%)

im Unterboden (30 - 60 cm): 1,6% (0,9-3,0%)

Die Oberböden sind durch die Flugtiefe/ Bearbeitungstiefe von 30 cm vom Unterboden abgegrenzt mit einem farblichen Übergang bis zu einer Sturmflutschichtung im Untergrund.

Humusqualität

C/N – Verhältnis: 8 (8 – 9)

Gesamtstickstoff: Oberboden (0-30 cm): 6100 kg N/ha

Unterboden (30-60 cm): 4200 kg N/ha

Die Ermittlung der Bodenart durch Schlämmanalyse und der organischen Substanz durch Bestimmung des organischen Kohlenstoffs im Labor ist einmalig – für einen sehr langen Zeitraum gültig – durchzuführen. Die Werte sind Grundlage für die Beurteilung von Nährstoffversorgungsdaten.

Austauschkapazität (geschätzt)

18 mval/100g Boden

Bodenstruktur

Bewertet im Frühjahr 2016 und Herbst 2018: Die schluffreichen Oberflächen der Kalkmarschböden zeigten im Frühjahr 2016 nach einem nassen Winter eine starke Neigung zur Verschlammung. Die Pflughorizonte weisen eine überwiegend feinpolyedrische bis krümelige Struktur auf. Diese geht zum Unterboden in Abhängigkeit vom Tongehalt in Grobpolyeder- bis Bröckelstrukturen über. An drei von fünf Projektflächen waren in 40 bis 50 cm Bodentiefe Verdichtungen mit plattigen Strukturen und farblichen Anzeichen von Staunässe erkennbar. Gegenüber Frühjahr 2016 hatten sich die Strukturen bis Herbst 2018 verbessert. Die extreme Austrocknung im Sommer 2018 hatte sich nach den Quellungsprozessen im Winter 2017/2018 durch untergrundtiefe Schrumpfrisse günstig ausgewirkt. Um den Wurzeltiefgang nicht zu beeinträchtigen, ist auf ein Befahren bei angemessener Bodenfeuchte sowie auf möglichst geringem Achsen-/ Reifendruck zu achten. Auch ist der Anbau von Pflanzen, die die Verdichtungszone leichter durchdringen, förderlich. Anhand von Ackerbohnen ließ sich erkennen, dass deren Wurzeln schwache Schrumpfrisse nutzen können, um in die Tiefe zu gelangen. Für Zwischenfrüchte reicht die zwischen Ernte und Folgekultur verbleibende Vegetationszeit kaum aus, Bohnenuntersaat kam jedoch 2018 positiv zum Tragen. Hohe Druckbelastung der Böden bereitet die Kohlernte im Spätherbst.

Grunduntersuchung auf pH, P₂O₅, K₂O und Mg

Drei Untersuchungstermine im Herbst 2015, Frühjahr 2016 und Herbst 2018 im Oberboden (0-30 cm):

Tabelle 1 Durchschnittswerte der Grunduntersuchung auf den Kalkmarschböden in 0-30 cm Bodentiefe

mg/ 100 g Boden				
	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Herbst 2018	7,1	30	19	57
Frühjahr 2016	7,2	30	15	50
Herbst 2015	7,2	32	19	51

Die Unterschiede von Herbst 2015 zum Frühjahr 2016 und auch zum Projektende im Herbst 2018 waren ausgesprochen gering. Das bedeutet, dass eine Probennahme nach der Ernte bis vor einer folgenden Kalk-, P₂O₅-, K₂O- und Mg-Düngung durchgeführt werden kann und Folgeuntersuchungen brauchen nicht kurzfristig, können mit einer Zeitspanne von 5 bis 6 Jahren durchgeführt werden. Innerhalb der Schläge besteht eine erhebliche Spanne der Werte, so dass eine teilflächenspezifische Düngung ratsam sein kann. Zugleich reicht es nicht aus, nur eine Probe auf den Feldstücken zu nehmen, vielmehr sind mehrere über die Fläche zu verteilen. Die über die Anbaufläche verteilten Analysendaten lassen sich auch in Karten der Versorgungszustände abbilden und für entsprechende Düngungsmaßnahmen nutzen. Für die Bewertung des Nährstoffhaushaltes sind auch Unterböden von Kalkmarschen von Bedeutung. Entstehungsbedingt sind Kalkmarschen nährstoffreich an Phosphat und nachlieferungsstark. In 30 – 60 cm Bodentiefe wurden folgende Durchschnittswerte ermittelt:

Tabelle 2 Durchschnittswerte im Unterboden der beprobten Kalkmarschflächen

mg/ 100 g Boden			
pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
7,2	23	13	59

Kalkung und Magnesiumversorgung

Für eine Stabilisierung der Struktur der schluffreichen Kalkmarschen ist es erforderlich, dass die Bodenlösung zu jeder Zeit eine hohe Calciumverfügbarkeit aufweist. Die Calciumcarbonate im Boden stammen aus vor vielen Jahren sedimentierten Meeresmuschel- und Schneckenschalen, deren am leichtesten löslichen Anteile sich inzwischen zersetzt haben, so dass die Calcium-Nachlieferung in die Bodenlösung eingeschränkt ist. Deshalb ist es ratsam, zu kalkliebenden Kulturen hochreaktive Kalke auszubringen, auch um der Kohlhernie entgegenzuwirken. Die Magnesium-Werte sind mit bis über 50 mg/ 100 g Boden extrem hoch. Und dieses überreichliche, noch aus der Meeresphase stammende Magnesium beeinträchtigt die Strukturstabilität, Calcium hat eine wesentlich größere Aggregierungsstärke. Jegliche Magnesiumzufuhr ist deshalb zu vermeiden. Somit sollten für eine Aufkalkung dolomitfreie, reine calcitische Kalke mit höchster Reaktivität verwendet werden, und das sind in Schleswig-Holstein Kreidekalke, der dänische Faxe-Korallenkalk sowie der Carbokalk aus der Zuckerrübenverarbeitung. Um eine oberflächliche Verschlammung möglichst gering zu halten, erscheint eine Ausbringung des Kalkes nach der Herbstbestellung auf die Bodenoberfläche ohne Einarbeitung vorteilhaft.

Phosphatdüngung

Die Phosphatgehalte lagen nach den bisherigen Richtwerten im mittleren Versorgungsbereich, übersteigen diesen nun aber nach heutigen, geänderten Vorgaben. Das dürfte für die viehlosen Betriebe dieser Kalkmarschgruppe kaum Schwierigkeiten bereiten, indem die Anforderungen durch Herabsetzung der mineralischen Phosphatzufuhr gewährleistet werden kann. In den Betrieben mit Schweinehaltung kann dies durch angepasste Güllezufuhr erfüllt werden. Auch eine begrenzte Übernahme von Rinder-/ Schweinegülle von viehhaltenden Betrieben durch viehlose Betriebe bereitet keine Schwierigkeiten. Für das Vegetationsjahr 2016 wurden anhand der Erträge sowie der mineralischen und organischen Düngung Phosphatbilanzen berechnet. Im Durchschnitt der fünf Projektflächen wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Tabelle 3 Phosphatdurchschnittswerte der Kalkmarschflächen

Angaben in kg P ₂ O ₅ je ha						
Jahr	Anbau	Nährstoffbedarf (Entzug)	2 Düngung			Nährstoffüberschuss/ -unterschuss
			min.	org.	Gesamt	
2016	1 x Kohl 1 x Kartoffel 2 x WW 1 SW	77	50	10	60	-17

Dem hohen Versorgungsniveau trägt eine zurückhaltende Phosphatzufuhr Rechnung, so dass die Gehalte im Boden nicht weiter angehoben werden. Innerhalb der Fruchtfolge wird eine leicht erhöhte Phosphatzufuhr zu Blatt- und Hackfrucht durch verringerte bis verzichtete Phosphatgabe beim Anbau von Getreide mehr als ausgeglichen.

Kalidüngung

Die Kaliwerte liegen an der Grenze vom niedrigen bis mittleren Versorgungsbereich. Das bedeutet, dass anspruchsvolle Kulturen wie Raps, Kohl, Zuckerrüben und Kartoffeln ausreichend mit Kalium versorgt werden sollten.

Mineralischer Stickstoff im Boden – N_{min}

Durch Ermittlung des mineralischen Stickstoffs (N_{min}) im Boden sollen:

- Stickstoffverluste durch Auswaschung und Denitrifikation im Zeitraum „nach der Ernte im Herbst, bis Vegetationsbeginn im Frühjahr“ abgeschätzt,
- im Frühjahr pflanzenverfügbarer mobiler, bei der Düngeplanung anrechenbarer Stickstoff bestimmt
- ungenutzte Rest-N-Mengen nach der Ernte im Boden erfasst sowie
- N-Bilanzen erstellt werden.

Dazu werden auf den Projektflächen von November 2015 bis Ende 2018 jährlich zu Vegetationsbeginn im Frühjahr und nach der Ernte im Herbst Bodenproben aus Tiefen von 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm entnommen und auf deren Nmin-Gehalt analysiert. Pro Fläche erfolgte über den gesamten Projektzeitraum die Beprobung an zwei mittels GPS gekennzeichneten Entnahmepunkten, die auf jeweils einer Hälfte der Projektfläche festgelegt waren. Die Analysenwerte der beiden Entnahmepunkte wiesen in der Kalkmarsch teilweise deutliche Unterschiede auf. Zur Absicherung dieser Ergebnisse wurden auf den Projektflächen ein bis mehrere Entnahmepunkte zusätzlich beprobt; dabei zeigte sich, dass in den Kalkmarschen wie in Kleimarschen durch auf engem Raum wechselnde Bodenunterschiede auch die Nmin-Werte mehr oder weniger stark über die Fläche variieren. Die angewendete 2-Punkte-Probenahme, ermöglicht gegenüber einer 1-Punkt-Probenahme, unplausible Werte zu erkennen und unerwartete Ergebnisse wie ein extrem niedriges Gehaltsniveau im Frühjahr 2018 und extrem hoher Rest-N-Wert im Herbst 2018 abzusichern. Vorteilhafter – wenn auch arbeitsaufwendiger – wäre die Untersuchung einer Mischprobe nach Bodenentnahme an mehreren über die Fläche festgelegten Punkten. Ein Vergleich von einer Mischprobe mit dem Durchschnittswert von Einzelproben ergab eine befriedigende Übereinstimmung.

Im Durchschnitt der fünf Kalkmarschen wurden folgende Nmin-Mengen je ha und 0-90 cm Bodentiefe ermittelt:

Tabelle 4

Durchschnittliche Nmin Werte in kg N/ha und 0-90 cm Bodentiefe auf den Kalkmarschflächen

Jahr	Frühjahr		Herbst	
	Bodentiefe cm	Nmin kg/ha	Bodentiefe cm	Nmin kg/ha
2015			0-30	26
			30-60	22
			60-90	22
			0-90	70
2016	0-30	20	0-30	38
	30-60	20	30-60	41
	60-90	13	60-90	35
	0-90	53	0-90	114
2017	0-30	50	0-30	34
	30-60	41	30-60	27
	60-90	44	60-90	22
	0-90	135	0-90	83
2018	0-30	13	0-30	46
	30-60	11	30-60	26
	60-90	7	60-90	20
	0-90	31	0-90	92

Die Nmin-Werte sind nach der Ernte überwiegend im Oberboden am höchsten, aber auch in den Unterböden noch beträchtlich. Im Frühjahr ist in den Jahren 2016 und 2018 eine deutliche Abnahme mit der Profiltiefe erkennbar, während sich der mobile Stickstoff im Jahr 2017 nahezu gleichmäßig auf das Profil verteilt. Im Herbst der beprobten Jahre übertreffen die N-Mengen mit einer Spanne von 70 bis 114 kg N/ha und 90 cm Bodentiefe den angestrebten Wert von <40 kg N/ha. Es dominiert der Anbau von Getreide, daneben werden Kohl, Zuckerrüben und Ackerbohnen angebaut. Dabei zeigt der Anbau von Zuckerrüben und Kohl die niedrigsten Rest-N-Mengen, der von Getreide höhere und von Ackerbohnen die höchsten Werte.

In allen vier Jahren wurden unterdurchschnittliche, unter den Erwartungen liegende Getreideerträge erzielt, so dass ein Düngungsüberschuss den Rest-N im Boden wesentlich erhöhte. In den Jahren 2016 und 2018 bewirkten darüber hinaus trockene Sommer auch eine erhöhte Mineralisierung von N-reicher organischer Substanz (C/N=8) im Ober- und Unterboden. Dies konnte durch eine weitere Probenahme im November 2016 auf den Flächen, die im August/ September abgeerntet wurden, festgestellt werden.

Im Jahr 2017 wurden auf einer Fläche mit Ackerbohnen und einer mit Winterweizen über die gesamte Vegetationszeit Nmin-Bestimmungen durchgeführt mit folgenden Ergebnissen:

Tabelle 5 Nmin-Verlauf in Weizen und Ackerbohnen auf einer Kalkmarschfläche

	Bodentiefe	Kg Nmin/ha			
		25.04.2017	26.06.2017	19.09.2017	20.10.2017
Ackerbohne	0-30cm	52	36	33	38
	30-60cm	51	39	23	37
	60-90cm	40	45	22	38
	0-90cm	143	110	78	113
Winterweizen	0-30cm	172	24	26	36
	30-60cm	29	9	19	35
	60-90cm	23	23	6	31
	0-90cm	224	56	51	102

Es wird deutlich, wie im Vegetationsverlauf die Nmin-Werte durch die Nährstoffaufnahme bis zur Ernte im September, beim Winterweizen bereits zur beginnenden Abreife Ende Juni abnehmen, danach aber bis in den Spätherbst – besonders in den Unterböden wesentlich ansteigen. Zuckerrüben und Kohl zeigen sich weniger von Trockenphasen im Sommer betroffen, ihr Wurzelsystem geht stärker in die Bodentiefe und das Wachstum setzt sich unter stetiger Nährstoffaufnahme bis zur Ernte im Oktober fort.

Zu Vegetationsbeginn im Frühjahr wurden im Mittel der fünf Betriebsflächen 31 bis 135 kg N/ha und 0-90 cm Bodentiefe ermittelt. Im Winter 2015/16 verringerte sich die Nmin-Menge um 17 kg oder ein Viertel (-24%) auf 53 kg Nmin/ha und im Winter 2017/18 um 52 kg N/ha oder zwei Drittel (-63%) auf einen besonders niedrigen Wert von 31 kg N/ha. Dagegen stiegen die Werte von Herbst 2016 (114 kg N/ha) bis Frühjahr 2017 (135 kg N/ha) weiter an. Eine vergleichbare Entwicklung wird bis zum Vegetationsbeginn 2109 erwartet.

Die Veränderungsraten spiegeln sich in den korrespondierenden Niederschlagsmengen Dithmarschens vom September bis Januar wider:

- 2015/16: 507 mm
- 2016/17: 259 mm
- 2017/18: 601 mm
- 2018/19: 320 mm

Die überdurchschnittlichen Niederschläge im Herbst/Winter 2015/16 und 2017/18 bewirkten eine Auswaschung, aber auch Denitrifikation von mobilem Nitrat. Ein Vergleich der fünf Einzelflächen in diesen Winterperioden zeigt, dass mit steigendem Nmin-Gehalt im Herbst absolut und relativ höhere Nmin-Verluste auftreten. Zwischen Nmin-Wert im Herbst und Nmin-Wert im Frühjahr besteht eine nur unwesentliche Beziehung. Die Sommer- und Herbstmonate 2016 waren niederschlagsarm und mild, dies förderte die Mineralisierung von organischer Substanz im Ober- und Unterboden, so dass bei nur geringer Verlagerung überdurchschnittlich hohe Nmin-Werte im gesamten Bodenprofil zu Vegetationsbeginn 2017 vorhanden waren.

Stickstoffüberschüsse im Herbst lassen sich in der Marsch nur begrenzt nutzen und vor einem Verlust über Winter bewahren. Die Zeit zwischen häufig relativ später Ernte und früher Wiederbestellung von Winterfeldfrüchten (Getreide, Raps) reicht im Allgemeinen kaum für den Anbau von Zwischenfrüchten, diese binden auch überwiegend Stickstoff aus dem Oberboden. Gleiches gilt für Winterfeldfrüchte vor dem Winter. Vor Sommerfeldfrucht (Zuckerrübe, Kohl) könnte die Vegetationszeit von Zwischenfrüchten bis in den Wintereinbruch ausgeweitet werden. Das würde jedoch bedeuten, auf eine Pflugfurche unter günstigen Bodenverhältnissen im Herbst zu verzichten und sie stattdessen auf das Frühjahr zu verlagern. Hauptaugenmerk ist deshalb auf eine Reduzierung von Düngungsüberschüssen im Herbst zu richten.

N-Bilanzen

Für die auf fünf Kalkmarschflächen in den Projektjahren angebauten Kulturen (überwiegend Getreide) wurden anhand

- aus Erträgen abgeleiteten N-Sollbedarfswerten (Entzüge),
- der mineralischen und organischen N-Düngung sowie
- der N_{min}-Werte zu Vegetationsbeginn im Frühjahr und nach der Ernte im Spätsommer bis Herbst
- N-Bilanzen errechnet.

Vom Gülle-/Gärs substratstickstoff wurden 70% angerechnet. Nicht erfassen und damit nicht berücksichtigen lassen sich N-Verluste während der Vegetationszeit durch Abdrift, Denitrifikation und Verlagerung. Für die einzelnen Jahre sind die Durchschnittswerte aus den Einzelwerten der fünf Kulturflächen in kg N je ha und 0-90 cm Bodentiefe angegeben:

Tabelle 6 Nmin Durchschnittswerte für die Fünf Kalkmarschflächen

1	2	3	4	5	6	7	8
Anbaujahr	N-Sollbedarfs wert	N-Düngung min.+org.	Frühjahrs-Nmin	N verfügbar Düng.+Frühjahr Nmin 3+4	N-Überschuss/Unterschuss 5-2	Herbst-Nmin	Nachlieferung aus Boden * 7-6
2015	216	227	40	267	51	70	19
2016	197	190	53	243	46	114	58
2017	221	181	135	316	95	85	-10
2018	176	198	31	229	53	92	39

Die N-Sollbedarfswerte/Entzugswerte spiegeln für alle Projektjahre ein unterdurchschnittliches Getreideertragsniveau (<100 dt/ha Weizen = N-Bedarfswert <240 kg N/ha) wider. 2016 und 2018 beeinträchtigte Sommertrockenheit die Ertragsentwicklung, die feuchten Jahre 2015 und 2017 wirkten zwar günstiger, aber das langjährige Ertragsziel wurde auch nicht erreicht. Dementsprechend waren die N-Nährstoffüberschüsse durch Düngung einschließlich Frühjahrs-Nmin erheblich, die vornehmlich zu den hohen Herbst-Nmin-Werten beitrugen. Die „rechnerische“ Nachlieferung aus dem Boden durch Mineralisierung zeigte höhere Werte in den Trockenjahren 2016 und 2018 mit entsprechender Auswirkung auf den Herbst-Nmin-Wert. Demgegenüber errechnet sich für die Feuchtjahre 2015 und 2017 ein geringer bzw. negativer Nachlieferungswert. Die erhöhten Niederschläge in der jeweils zweiten Jahreshälfte dürften durch Quellungsprozesse/ Luftabschluss in den bindigen Böden N-Verluste durch Denitrifikation verursacht haben und mineralisierter N ging hierdurch verloren.

Aus den Ergebnissen der ausgewerteten Projektjahre, die durch extreme Witterungsverläufe (Trockenheit, Nässe) geprägt waren, sind Nmin-Werte zu Vegetationsbeginn schwer abzuschätzen und in die Düngeplanung aufzunehmen. Bei „normalem“ Witterungsverlauf dürften diese in einer Größenordnung von 40 bis 50 kg N/ha liegen, nach mildem Herbst/Winter erheblich darüber, nach starker Nässephase deutlich tiefer.

Sofern keine eigene Nmin-Beprobung erfolgt, sollten Messergebnisse der Landwirtschaftskammer – unter Berücksichtigung von Region, Bodentyp und Vor-/Hauptfrucht – einbezogen werden. Dabei sind Ergebnisse von Praxisflächen denen von Versuchsfeldern vorzuziehen. Auch können Beratungsringe Nmin-Untersuchungen über ihren Bezirk verteilt durchführen und deren Ergebnisse ihren Mitgliedern zuleiten. Auch die Nachlieferung des Bodens ist schwer abzuschätzen, dürfte in Nässejahren nicht mehr als 20 kg N/ha betragen, aber unter günstigen Witterungsbedingungen auf 40 bis 60 kg N/ha ansteigen.

Zusammenfassung

- Bodenart: uL bis tU, im Durchschnitt 18% T, 50% U, 2% organische Substanz, C/N=8, 1,5% CaCO₃; Erfassung einmalig notwendig
- Grunduntersuchung auf pH, P₂₀₅, K₂₀, Mg: kann in mehrjährigem Abstand in Zeitraum nach der Ernte bis zu folgender Düngungsmaßnahme erfolgen, wegen großer Schwankungsbreite auf Fläche nicht nur an einem Beprobungspunkt.
- Struktur: Vermeidung von plattigen Unterbodenverdichtungen durch bodenangepasstes Befahren; starke Austrocknung mit tiefgründiger Schrumpfrissbildung kann Verdichtungen vermindern, bei Anbau von Ackerbohnen (robuster Tiefwurzler) gelangen Wurzeln durch feine Bodenrisse in den Untergrund.
- Kalkung und Mg-Versorgung: natürlicher Kalkvorrat (Muschel-/Schneckenschalenreste aus Sedimentation) ist ausflösungsschwach, deshalb Strukturstabilisierung durch hochreaktive Kalke: sehr hohe strukturbeeinträchtigende Mg-Gehalte erfordern Verzicht auf jegliche Mg-Zufuhr und die Verwendung Mg-armer bis -freier calcitischer Kalke (Kreide, Faxe-Korallenkalk, Carbokalk), Vermeidung von Verschlämmung der ton-/schluffreichen Böden durch Kalkung im Herbst auf Bodenoberflächen nach Aussaat ohne Einarbeitung vorteilhaft.

- Phosphat: Gehalte im mittleren Versorgungsbereich ermöglichen eine dem Bedarf der Kultur angepasste Zufuhr, aufgrund überwiegender Mineraldüngung besteht Möglichkeit einer Güllaufnahme aus viehstarken Betrieben, auch eine reduzierte Phosphatdüngung bei erhöhten Bodengehalten bereitet keine Schwierigkeiten.
- Kali: Bei Gehalten an der Grenze niedriger bis mittlerer Versorgungswerte ist Bedarf anspruchsvoller Kulturen zu beachten.
- Nmin: Hauptaugenmerk ist auf möglichst geringe Rest-N-Mengen nach der Ernte zu richten. Diese werden im Wesentlichen durch Nährstoffüberschüsse aus Düngung einschließlich Frühjahrs-Nmin verursacht. N-Verluste durch Auswaschung und Denitrifikation hängen von der Niederschlagsintensität ab. Auch die Nachlieferung im Boden wird durch Feuchtigkeitsverhältnisse im Frühjahr und Spätherbst beeinflusst.
- N-Düngeplanung: benötigt Daten zu Ertragserwartung, Frühjahrs-Nmin und Nachlieferung des Bodens; Nmin-Werte aus eigener Frühjahrsbeprobung besser als Vergleichswerte aus Nitratmeßnetz der Landwirtschaftskammer ergänzt durch Anhaltspunkte aus EIP-Projekt und diese besser als allgemeine Faustzahlen. Abschätzen der Nachlieferung ist witterungsbedingt recht unsicher. Nachlieferung aus Vegetationsrückständen getreidereicher Marschfruchtfolgen erscheint begrenzt.