

Ulfrid Obenauf, Imke Borchardt, Christoph Lubkowitz, Carsten Kock

N-Sensor im praktischen Einsatz Erfahrungen und Ergebnisse aus dem Projekt On Farm Research*

N sensor in practical use
Experiences and results from
the on farm research project

Zusammenfassung

Im Projekt On Farm Research der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein und der Gutsverwaltung Helmstorf werden in großflächigen Versuchen langjährig Verfahren des teilflächenspezifischen Acker- und Pflanzenbaus erprobt und verglichen. Dabei hat sich gezeigt, dass die teilflächenspezifische Bewirtschaftung ein erhebliches Maß an technischen, personellen und monetären Voraussetzungen erfordert.

Nicht in jedem Fall konnten im bisherigen Projektverlauf wirtschaftliche Vorteile teilflächenspezifischer Bewirtschaftungsstrategien nachgewiesen werden. Das traf auch für die teilflächenspezifische Stickstoffdüngung mittels N-Sensor zu. Der alleinige Online-Ansatz – Bewertung des Stickstoffbedarfes der Pflanzen über den N-Sensor – war nur anteilig erfolgreich. Zukünftig wird eine Verbesserung des Verfahrens der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung über die Kombination von N-Sensor und Ertragspotenzialkarte angestrebt. Auch die Einmaldüngung wird in Zukunft nicht mehr konstant, sondern teilflächenspezifisch am Ertragspotenzial der Teilfläche orientiert, ausgebracht (Map-Overlay-Prinzip).

Die inferenzstatistische Bewertung der Ergebnisse zum Vergleich teilflächenspezifischer Bewirtschaftungsverfahren steht im Projekt noch aus. Dies ist bei dem multivariaten Ansatz „teilflächenspezifisches Produktionsverfahren“ und dem sich daraus ableitenden Erfordernis, die Effekte solcher Einflussgrößen wie zum Beispiel Boden-

unterschiede, differenzierte Saatmengen und teilflächenspezifische Grunddüngung im „System“ zu quantifizieren, nicht einfach.

Der vorliegende Beitrag soll auch auf die Probleme solcher komplexer Lösungsansätze, wie sie in der Praxis bei teilflächenspezifischer Bewirtschaftung stattfinden, aufmerksam machen. Hier geht es nicht mehr um den „Erfolg“ monokausaler Ansätze, sondern um den Versuch der Bewertung komplexer Produktionssysteme, die in ihren Einzelbestandteilen auf erfolgreichen Erkenntnissen und „Bestvarianten“ aus Exaktversuchen beruhen.

Stichwörter: Teilflächenspezifische Stickstoffdüngung, N-Sensor, Praxiserprobung, On Farm Experiment, Wirtschaftlichkeit, Winterraps, Winterweizen, Wintergerste

Abstract

The Landwirtschaftskammer Schleswig Holstein and the Helmstorf estate are testing precision farming technologies in the framework of the “on farm research project”. Precision farming requires a significant level of technical, human and monetary resources.

The economic benefits of precision farming could not be shown in every case within the project; this was also

* Der Artikel basiert auf einem Vortrag anlässlich des 1. Julius-Kühn-Symposiums „Sensorik im Pflanzenbau“.

Institut

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abt. Pflanzenbau, Pflanzenschutz und Umwelt, Referat Marktfruchtbau – Getreide, Rendsburg

Kontaktanschrift

Dr. Ulfrid Obenauf, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abt. Pflanzenbau, Pflanzenschutz und Umwelt, Referat Marktfruchtbau – Getreide, Grüner Kamp 15-17, 24768 Rendsburg, E-Mail: uobenauf@lksh.de

Zur Veröffentlichung angenommen

15. November 2013

true for site-specific nitrogen fertilization using the N-sensor. Using only the online approach with the N-Sensor was partially successful. Improvements are expected while using the combination of N-sensor and yield potential maps. In future constant fertilization will no longer be applied but based on site-specific yield potential in an offline approach.

The statistical evaluation of the results for site specific management against conventional practice is still ongoing. The complex multivariate “site-specific production” approach requires quantifying the effects of additional factors like soil variability, different seed rates and site-specific fertilization.

This paper will focus on the problems of complex solutions as they occur in site-specific management.

Key words: Site specific nitrogen fertilization, N-Sensor, On Farm Research, cost effectiveness, oilseed rape, winter wheat, winter barley

Einleitung und Zielstellung

Mit dem Projekt On Farm Research sollen Entscheidungshilfen für eine zukunftsfruchtige Entwicklung des Marktfruchtbaus in Schleswig-Holstein erarbeitet werden. Es geht um die Erprobung intelligenter Technik zur Reduzierung des Betriebsmitteleinsatzes, zur Reduzierung der Kosten der Arbeiterledigung und zur Verbesserung der Produktionsverfahren (Ertragsoptimierung, Umweltwirkung, Qualitätssicherung) im typischen Marktfruchtbetrieb. Versuchsinhalte sind die Erprobung und Umsetzung teilflächenspezifischer Bewirtschaftungsverfahren auf den Gebieten:

- Grunddüngung (P, K, Mg, Kalk) und
- Aussaat,
- **Stickstoffdüngung (Betriebsüblich, N-Sensor, Einmaldüngung),**
- und zukünftig auch Pflanzenschutz.

Ebenfalls erprobt wird in Großversuchen die Wirkung differenzierter Bodenbearbeitungsverfahren (Pflug-, Mulch-, Direktsaat).

Die Bewertung des Erfolges der teilflächenspezifischen Produktionsverfahren erfolgt anhand von Ertrags- und Qualitätsmerkmalen des Erntegutes. Daran schließt sich die betriebswirtschaftliche Bewertung der Produktionsverfahren und deren Umsetzung im Betrieb als Beispiel leistungsfähigen Marktfruchtbaus in Schleswig-Holstein an, auch als Betriebsbeispiel mit bundesweitem Vorbildcharakter. Der Projektstart erfolgte mit der Herbstsaat 2007.

Der Projektbetrieb und die Versuchsflächen

Der Projektbetrieb liegt im typischen Marktfruchtanbaugbiet Schleswig-Holsteins (Östliches Hügelland) und ist

mit ausgeprägter Bodenheterogenität ausgestattet (Quelle: Reichsbodenschätzung, EM-38 Karten).

Detailangaben zum Betrieb wie Betriebsgröße, Boden, Klima, Anbauverhältnisse, personelle und technische Ausstattung können dem Betriebspiegel unter www.lksh.de/landwirtschaft/pflanze/on-farm-research/entnommen werden. Das Projekt wird auf insgesamt 300 Hektar der Betriebsfläche durchgeführt, hat eine Laufzeit von zehn Jahren und erfasst alle im Betrieb angebauten typischen Fruchtarten und Vorfrucht-Nachfruchtcombinationen.

Bodenheterogenität und Versuchsdesign

Basis für die Bewertung der Bodenheterogenität der Versuchsschläge (und aller Schläge des Gesamtbetriebes) war die Kartierung über EM 38 und die Umsetzung der ermittelten differenzierten elektrischen Leitfähigkeit in „pragmatische“ drei Bodenklassen – leicht – mittel – schwer (Abb. 1).

Anpassungen wurden mittels Betriebsleiterkenntnissen vorgenommen, wenn es um die Unterscheidung von Lehm- und Tonkuppen und humosen Senken und deren Zuordnung zu Bodenscannerklassen mit gleicher elektrischer Leitfähigkeit, aber unterschiedlicher Bodenzustände ging. In Einzelfällen wurde ein ergänzender Abgleich mit Angaben aus der Reichsbodenschätzung vorgenommen.

Die Anlage der Versuche orientierte sich an der betrachteten Problemstellung: Vergleich von 3 N-Düngungsvarianten (Betriebsüblich, N-Sensor, Einmaldüngung). Für diese Versuche wurden die Versuchsschläge aus Gründen der technischen Durchführbarkeit unter Praxisbedingungen in drei Teilstücke ohne Wiederholungen auf dem Einzelschlag unterteilt (Abb. 2). Für die konkrete Festlegung der Größe, Form und Lage der Teilstücke waren drei Überlegungen ausschlaggebend: (1) Nutzung des existierenden Fahrgassensystems, (2) Anlage der Teilstücke so, dass in jedem die zuvor ermittelten Bodenscannerklassen vertreten sind und (3) Wahl der Teilstückgröße so, dass relativ neue Varianten mit schwer kalkulierbarem finanziellen Erfolg das Risiko für den Landwirt überschaubar halten. Die Anlage der Versuche erfolgte im ersten Versuchsjahr auf mehreren Schlägen und wurde in den Folgejahren auf den gleichen Schlägen fortgeführt. Dabei wurden die Fruchtarten entsprechend der betriebsüblichen Fruchtfolgen (1. Raps – Winterweizen – Winterweizen und 2. Raps – Winterweizen – Gerste) angebaut. Da kumulative Wirkungen der Düngung geprüft werden sollen, wurden die Varianten den Teilstücken nur im ersten Versuchsjahr – vergleichbar einem Dauerversuch – randomisiert zugeordnet. Die Anzahl der gewählten Schläge orientierte sich an der Überlegung, dass in jedem Versuchsjahr jedes Fruchtfolgeglied auf einem Schlag vertreten sein soll. Damit existiert in den Versuchen für jedes Fruchtfolgeglied und jede Variante nur eine echte Wiederholung in jedem Jahr.

Innerhalb der Parzellen werden Aussaat und Grunddüngung teilflächenspezifisch, jedoch nach einem einheitlichen Algorithmus für alle Stickstoffdüngungsvarianten,

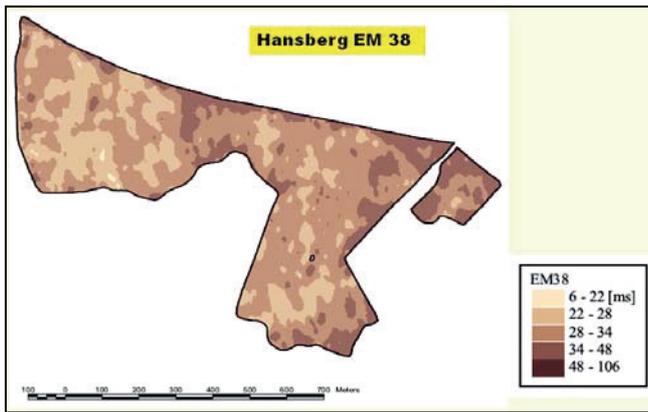


Abb. 1. Die Bodenheterogenität des Standortes, gemessen als elektrische Leitfähigkeit (EM 38), bildet eine Grundlage für teilflächenspezifische Produktionsverfahren.

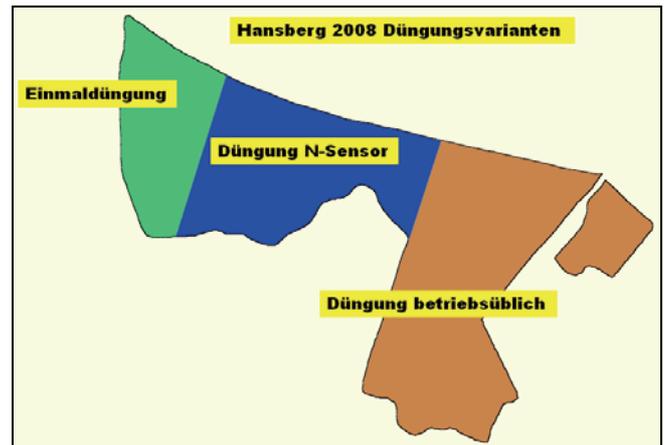


Abb. 2. Für die Bewertung der teilflächenspezifischen N-Düngung (Ertrag, Qualität, Wirtschaftlichkeit) mittels N-Sensor wurden die Versuchsschläge in 3 Großteilstücke geteilt. Vergleichsvarianten sind die betriebsübliche Stickstoffdüngung und eine Einmaldüngung mit stabilisiertem Stickstoff (Alzon S) zu Vegetationsbeginn.

umgesetzt. Diese teilflächenspezifischen Applikationen werden nicht randomisationsbasiert vorgenommen, sie sind ausschließlich an der existierenden Heterogenität innerhalb der Parzellen orientiert.

Da in beiden Versuchen in jedem Jahr nur eine Wiederholung der Varianten in Kombination mit dem Fruchtfolgeglied vorhanden ist, können diese Varianten je Jahr nur mittels der Methoden der beschreibenden Statistik verglichen werden. Erst nach einer oder mehreren vollständigen Rotation(en) kann auf der Basis kumulativer Berechnungen je Teilstück und Schlag mit Methoden der Inferenzstatistik gearbeitet werden. Diese Analysen stehen im Projekt noch aus; bisher wurde generell nur mit beschreibenden Verfahren gearbeitet. So wird zum Beispiel in den Abbildungen zur Wirtschaftlichkeit der Stickstoffdüngungsvarianten für eine vollständige Rotation (kumulative Betrachtung) unter Nutzung beschreibender Methoden dargestellt.

Für die Bewertung der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung stehen hier immer ganze Produktionssysteme zum Vergleich. Die Auswahl und die inhaltliche Ausgestaltung der Maßnahmen in den einzelnen Produktionssystemen („Bestvarianten“) erfolgt:

- auf der Basis mehrjähriger validierter Exaktversuchsergebnisse aus klassischen ein- und mehrfaktoriellen (Parzellen)Versuchen in der Region bzw. unter vergleichbaren Anbaubedingungen oder
- gegebenenfalls durch Modifizierung und Anpassung unter Zuhilfenahme von Betriebsleiter- und Expertenwissen (z.B. Festlegung teilflächenspezifischer Aussaatmengen in Anpassung an die Bodenklassen leicht – mittel – schwer).

An dieser Stelle sei mit Nachdruck darauf hingewiesen, dass diese Verfahrensvergleiche vorausgehende und nachgelagerte Exaktversuche nicht ersetzen können! Man ist damit bestenfalls in der Lage (großtechnisch) drei Best-

varianten zu vergleichen, oder bei einfaktorieller Fragestellung – dieses Versuchsdesign erfreut sich für „Entscheidungen“ zur Sortenwahl auf Praxisbetrieben zunehmender Beliebtheit – für drei bis fünf Sorten eine „betriebspezifische“ Auswahl zu treffen. Dabei wird vergessen, dass für eine sinnvolle und möglichst treffsichere Auswahl dieser drei bis fünf Prüfglieder (Verfahren oder Sorten) Vorleistungen aus Exaktversuchen nötig sind.

Erfassung der Versuchsdaten

Die Erhebungen und Versuchsdaten aller Versuchsschläge werden detailliert in einer handgeführten Ackerschlagkartei (Übertragung aus der betrieblichen Ackerschlagkartei) geführt. Nur so wird eine exakte Dokumentation aller Maßnahmen in jeder Versuchsvariante und im Jahresverlauf gewährleistet (Abb. 3). Diese Daten sind Basis für alle weiteren Bewertungen der Ergebnisse (z.B. Nährstoffbilanzen, Wirtschaftlichkeit der Produktionssysteme etc.).

Neben den Produktionsdaten werden die Erntedaten aus den exakten Wägungen der Versuchsvarianten (auf Basis der Teilstücke, Daten aus dem Wiegebuch) und aus der Ertragskartierung (Daten vom Mähdröschler) erhoben und den Bodenscanner-/Aussaatklassen zugeordnet. Die kartierten Ertragsdaten sind als wiederholte Messungen innerhalb der Teilstücke zu verstehen, wobei ihre Zuordnung zu den Aussaatklassen und Grunddüngungsrasterzellen gegebenenfalls zu berücksichtigen ist. Die Qualitätsdaten (Protein- bzw. Ölgehalte) werden als Durchschnittsproben aus den Teilstücken im Ernteverlauf an der Fuhrwerkswaage erhoben (Abb. 4).

Um neben der Bewertung auf der Basis der Teilstücke kleinteilige Informationen zum Zusammenhang zwischen dem „Erfolg“ der Versuchsvariante und den Bodenscanner-/Aussaatklassen zu bekommen, werden bei Getreide zusätzlich Quadratmeterproben zum Verlauf der Ertragsbildung, zum Ertrag und zur Qualität erhoben.

Datum	Betriebsüblich	Einmaldüngung	Sensor	EC
06.07.08.2009	Klärschlamm ohne Kalkanteil			
07.08.09	Kanten abschlepfeln			
07.08.08.2009	Spurlockerer			
08.09.08.2009	1. Stoppelbearbeitung Centaur 5 - 8 cm			
27.08.08.2009	2. Stoppelbearbeitung Centaur 7 - 10 cm			
21.02.09.2009	Saattvorbereitung Centaur 12 - 15 cm			
21.02.09.2009	14 255 K/m ² (100%) = 152 kg, TKG 56.2 (100%, 150%, 200%)			
23.09.09	12 m Walze			
24.09.09	1/ha Triple Phosphat per GPS			
28.09.09	1/ha PK 7/40 per GPS			
02.10.09	33 I AHL = 12 N			
01.11.09	5 kg Bitter			
24.03.10	574 kg		230 N	25
25.03.10	375 kg/ha Hydro Sulfan 24-6 = 90 N		375 kg/ha Hydro Sulfan 24-6 = 90 N	25
29.03.10			1.5 ha mit 500 gr/ha Atlantis + 1	25
12.04.10	302 kg/ha KAS = 82 N		1 FHS + 30 I AHL = 11 N	27
15.04.10	5 kg BS, 2 kg Mn, 0.2 kg Kupfer soil WG, 0.1 I Tan...		20 kg/ha KAS = 59 N	29
26.04.10		1.6 I CCC, 0.3 I Medax top		30
10.05.10	0.5 I CCC + 0.3 I Medax top + 0.4 I Champion + 0.4 I Input + 0.1 I Tallius			32
02.06.10	0.5 I Diamant, 0.25 I Input, 0.25 I Achat, 0.3 I Medax top, 3.3 kg L...			39
03.06.10	243 kg KAS = 66 N		197 kg	39
17.06.10		0.75 I Prosaro		55
Herbst-N [kg N/ha]	24	24	24	
Frühjahrs-N [kg N/ha]	249	241	218	
N-Gesamt [kg N/ha]	273	265	242	
Ertrag [dt/ha]	89,4	95,5	94,4	
Protein [%]	12,9	12,9	13,9	
N-Entzug [kg N/ha]	174	186	198	
N-Bilanz [kg N/ha]	99	79	44	
N-Bilanz [kg N/ha]	75 (ohne Herbst-N)	55 (ohne Herbst-N)	20 (ohne Herbst-N)	

Dokumentation Ackerschlagkartei

Abb. 3. Die Dokumentation der Versuchsdaten erfolgt in der Ackerschlagkartei für jeden Versuchsschlag je Versuchsjahr.

Variante	Größe [ha]	Ertrag gewogen [kg]	rel. F [%]	Ertrag 14% [kg]	Ertrag [dt/ha]	Anteil [%]
Betrieb	17,5	150180	14,3	44295	35,9	36
Einmal	8,0	77760	14,3	95,9	24	24
Sensor	11,7	99770	13,6	45,7	22	22
Vorgewende	13,3	96500	15,4			
Gesamt	51	424210	14,3	42295		100

Variante	Aussa. [%]	Durchschnittsertrag [dt/ha]	Anzahl	Minimum [dt/ha]	Maximum [dt/ha]	Ertrag gewichtet	Fläche [ha]	Durchschnittsertrag [dt/ha]
Betrieb	100	94,1	842	11,3	132,4	1157,6	18,4	94,5
Betrieb	150	81,1	416	1,9	160,8	961,4		
Betrieb	200	9,3	22	17,5	114,9	72,5		
Einmal	100	7,7	14	14,4	216,1	19,0		
Einmal	150	9,8	96,4	21,4	111,5	22,3	8,6	98,5
Sensor	100	9,0	94,1			147,1		
Sensor	150	2,6	87,2	186		16,8		
Sensor	200	0,4	27			12,8		
Vorgewende	100	4,9	58,9	283	0,2	289,5		
Vorgewende	150	4,0	58,7	204	0,1	236,3	11,3	57,4
Vorgewende	200	2,4	52,1	99	4,4	107,4		

Daten aus Agronet
SWW_02.08.2008 11:22:00
Anzahl Punkte: 6313

Werte aus Auftrag:
Fläche: 32,7 ha
Gesamtmenge: 2906,52 dt
Durchschnitt: 88,88 dt/ha
mittl. Kornfeuchte: 14,00 %

Anzeige: Ertrag
Durchschnitt: 84,97 dt/ha
Histogramm

Exaktes Verwiegen Versuchsvarianten
Ertragskartierung nach Bodenscannerklassen

Abb. 4. Zusätzlich erfolgt eine Erfolgsbewertung der geprüften Stickstoffdüngungsmaßnahmen über die Erträge aus der Wägung der Großteilstücke; die Erträge aus der Ertragskartierung am Mähdröschler und bei Getreide werden zusätzlich über Quadratmeterproben (Ertrag, Ertragsstruktur, Qualität) aus Kleinteilstücken, den entsprechenden Bodenscannerklassen zugeordnet.

N-Düngungsversuche – Ergebnisse 2008 bis 2010

Um die Stickstoffdüngung teilflächenspezifisch zu gestalten, bedient man sich in der praktischen Umsetzung vor allem sensorgestützter Lösungen. Im Projekt kam der Yara-N-Sensor der Firma agricon zum Einsatz. Neben der Sensor-Variante wurde die Düngung „Betriebsüblich“ und in einer „Einmaldüngung“ mit stabilisiertem Stickstoff – nicht teilflächenspezifisch zu Vegetationsbeginn ausgebracht – erprobt. Die beschriebene Dreiteilung der Ver-

suchsschläge und anschließende Zuordnung der Varianten ist beispielhaft in Abb. 2 dargestellt, wobei je Versuchsschlag die Varianten den Teilstücken randomisiert zugeordnet wurden, aber über die Jahre und Fruchtarten mit konstanter Schlagteilung gearbeitet wird, um über die Projektlaufzeit möglicherweise auflaufende kumulative Effekte der differenzierten Stickstoffdüngungsstrategien zu erfassen.

Es sei an dieser Stelle explizit darauf hingewiesen, dass die Variante „Betriebsüblich“ nicht konstant gedüngt wird,

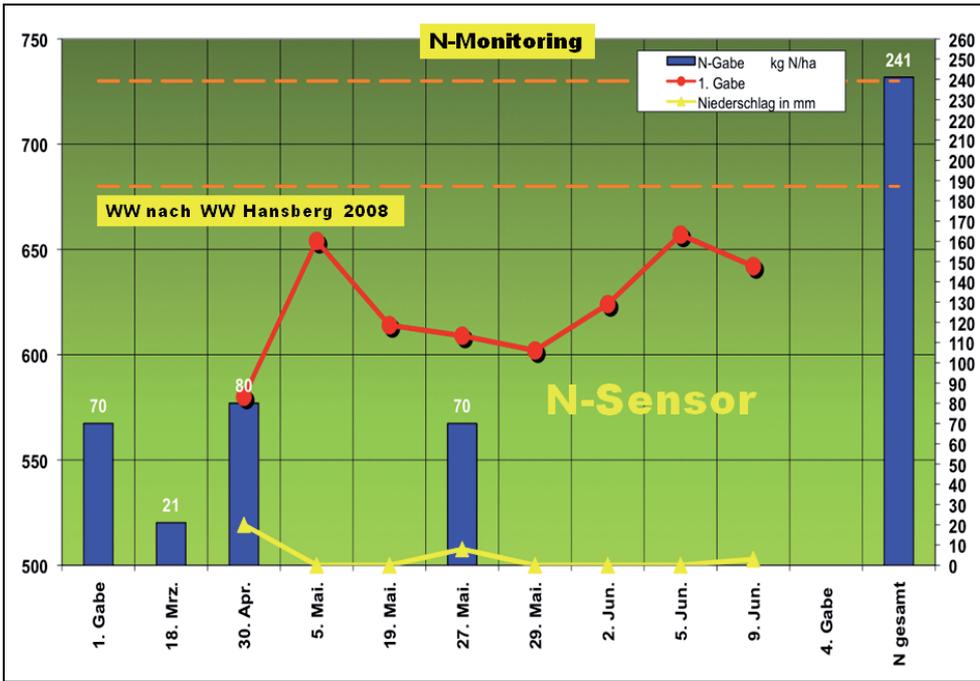


Abb. 5. Am Beispiel des N-Monitorings (Verlauf der Stickstoffaufnahme gemessen mittels N-Tester) wird gezeigt, dass es in Jahren mit ausgeprägter Vorkommertrockenheit bei geteilter Stickstoffgabe mittels N-Sensor nicht gelang, den optimalen Versorgungsbereich der Pflanzen zu erreichen (Bereich zwischen den gestrichelten, orangen Linien).

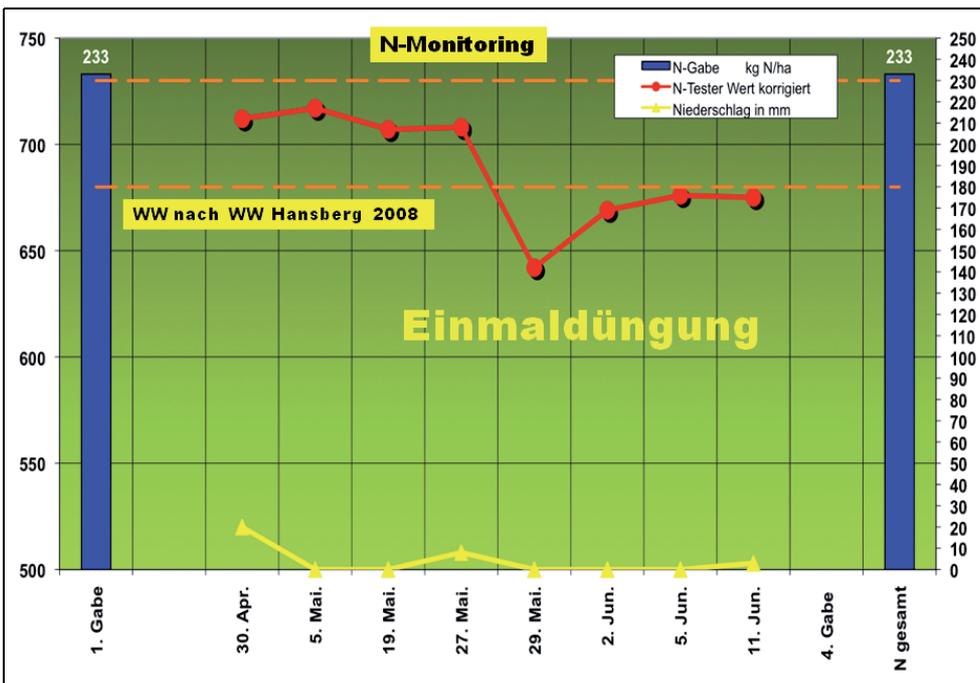


Abb. 6. Dagegen konnte in solchen Fällen mittels Einmaldüngung zu Vegetationsbeginn (stabilisierter Stickstoff in Form von Alzon S) schon mit dem Start der Düngung zu Vegetationsbeginn das Versorgungsoptimum der Pflanzen erreicht werden. Dies führte zu einem Mehrertrag von 11,2 dt/ha Winterweizen im Vergleich zur Stickstoffdüngung mittels N-Sensor.

sondern der Streuerfahrer auf Grund seiner langjährigen Erfahrung und detaillierten Schlagkenntnis „steuernd“ über die Plus/Minus-Taste bei der Ausbringmenge in Abhängigkeit vom Bestandesbild und den aktuell befahrenen Schlagteilen (Lehmkuppe, humose Senke) entsprechend eingreift. Es war beim Strategievergleich nicht das Ziel, den Betrieb „in die Steinzeit zurück zu versetzen“ und betriebsüblich ein flächenkonstantes Streuen im Vergleich zum N-Sensor zu organisieren, wie das bei der Darstellung diverser Ergebnisse zum N-Sensor oft getan wird.

Auf alle methodischen Details beim Einsatz des N-Sensors, alle Einzelergebnisse des im Projekt intensiv durchgeführten N-Monitorings, Probleme des Sensoreinsatzes und der daraus abgeleiteten N-Empfehlungen in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf, der Stickstoffaufnahme des Pflanzenbestandes, z.B. beim Raps, die Möglichkeit der sicheren technischen teilflächenbezogenen Platzierung der empfohlenen Stickstoffmenge und der erreichten Erträge, Qualitäten und Stickstoffbilanzen kann hier im Einzelnen nicht eingegangen werden. Auch hier sei an dieser Stelle auf weiterführende Veröffentlichungen zum

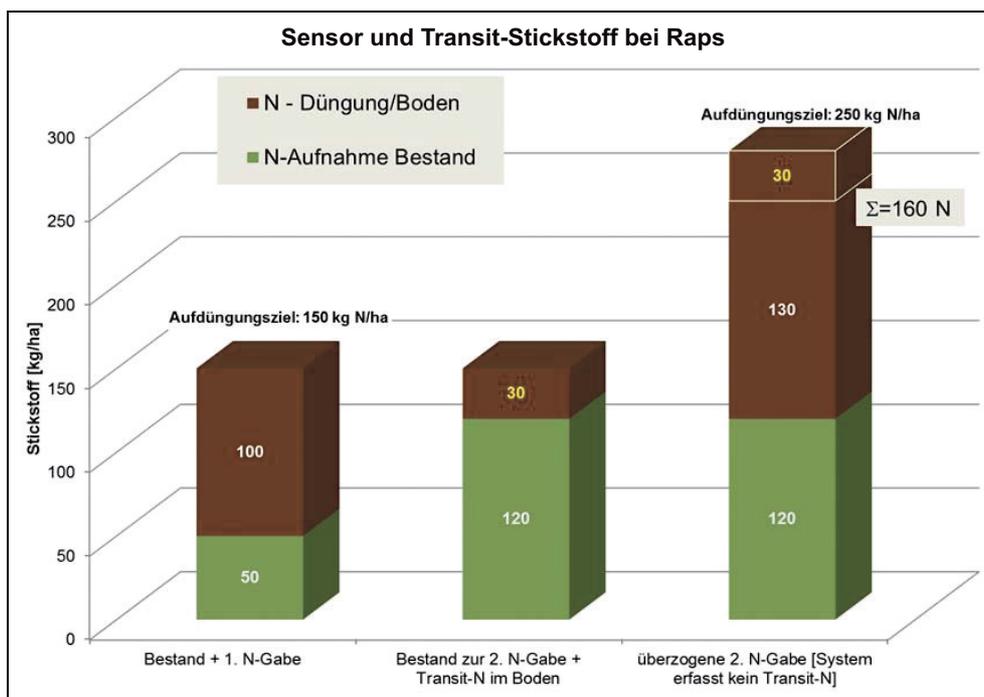


Abb. 7. Die bei der absoluten Kalibrierung des N-Sensors zur Stickstoffdüngung von Winterrapen zum Zeitpunkt der 2. Stickstoffgabe noch im System Bodenpflanze befindliche Stickstoffmenge aus der 1. Stickstoffgabe ist schwer kalkulierbar und wird vom N-Sensor „nicht erkannt“. Das führt zwangsläufig zur Überdüngung der Bestände um die noch im „Transit“ befindliche Stickstoffmenge, im Berechnungsbeispiel ca. 30 kg N/ha.

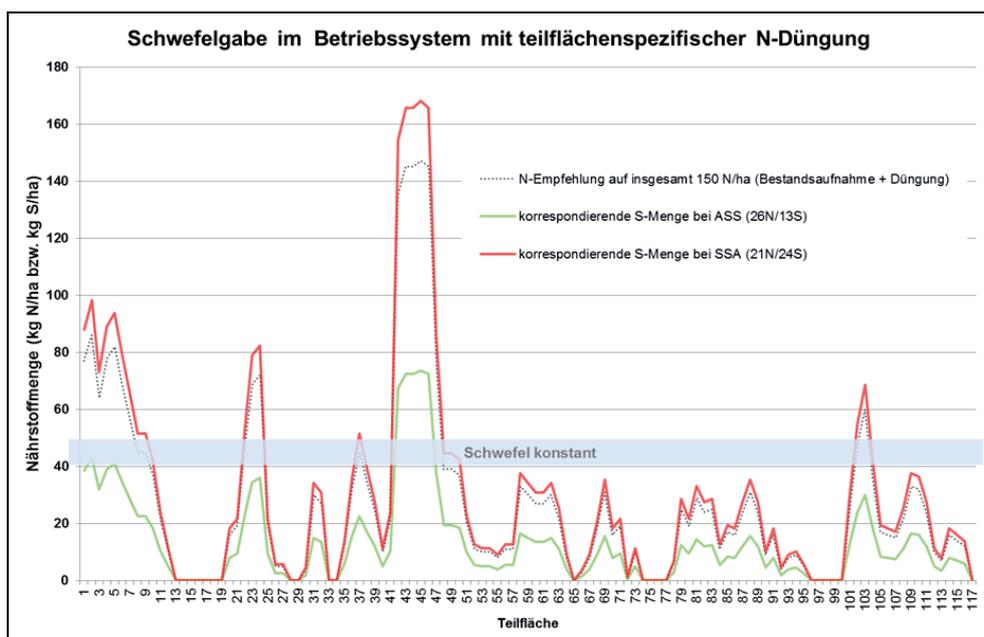


Abb. 8. In Verbindung mit der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung zu Raps kommt es bei der Wahl eines schwefelhaltigen Stickstoffdüngers zur Über- oder Unterdüngung mit Schwefel, je nach auszubringender Stickstoffmenge auf der Teilfläche. Hier bleibt für diese Teilgabe nur die konstante Stickstoffgabe für eine einheitliche Schwefeldüngung ohne N-Sensor.

Projekt und die Ergebnisdarstellung im Internet unter www.lksh.de/landwirtschaft/pflanze/on-farm-research/ verwiesen. Gleiches gilt für Methodik, Inhalte und Ergebnisse der Variante „Betriebsüblich“ und „Einmaldüngung“.

Schwerpunktmäßig sollen einige Probleme beim praktischen Einsatz des N-Sensors genannt werden:

1. Die Applikation der für die Teilfläche aus der Online-messung des Sensors bei Überfahrt ermittelten Stickstoffmenge auf die konkrete „Bedarfsfläche“ blieb zu ungenau. In Abhängigkeit von der Fortschrittsgeschwindigkeit des Düngerstreuers – 12 bis 16 km/h sind praxis-

üblich – entstanden z.T. erhebliche Streuverhältnisse. Die über das Terminal ausgegebene Applikationskarte entspricht 1:1 der Empfehlungskarte für die Stickstoffapplikation aus der Sensormessung, aber nicht der konkreten Umsetzung der teilflächenspezifischen N-Düngermengen durch den Streuer. Mit dem im Einsatz befindlichen Rauch AGT 24 m – Streuer war kein echtes „Zurückschreiben“ der tatsächlich gefallenen Stickstoffdüngermenge auf der Teilfläche möglich. Die Empfehlung von Seiten des Sensorherstellers für die teilflächenspezifische Stickstoffdüngung deshalb die Arbeitsgeschwindigkeit auf 6 bis 8 km/h, und damit die Flächen-

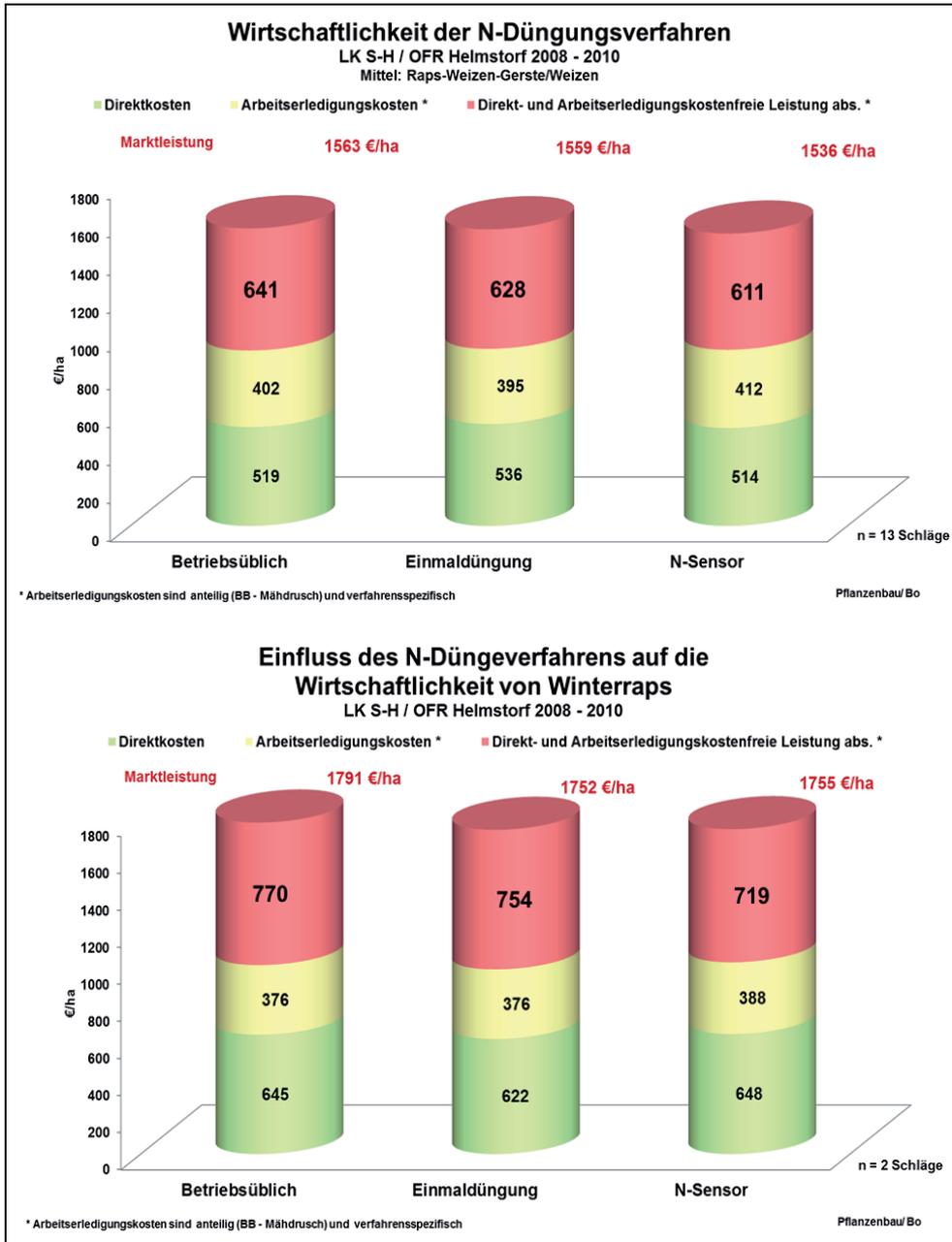


Abb. 9 bis 12. Am Ende steht der wirtschaftliche Vergleich der erprobten Stickstoffdüngungsverfahren im landwirtschaftlichen Betrieb. Der Erfolg einer Maßnahme muss sich im Betriebsergebnis im Verhältnis von Aufwand und Nutzen widerspiegeln. In den drei Versuchsjahren 2008 bis 2010 konnte die teilflächenspezifische Stickstoffdüngung mittels N-Sensor wirtschaftlich nicht überzeugen.

leistung um die Hälfte zu reduzieren, ist für einen wirtschaftlichen Arbeitsablauf im Großbetrieb wenig hilfreich. Mit dem jetzt im Einsatz befindlichen Rauch AGT 36 m – Streuer soll ein „Zurückschreiben“ der tatsächlich auf der Teilfläche ausgebrachten Stickstoffdüngermenge möglich werden. Dies befindet sich zurzeit in der Erprobung. Auch musste der Regelbereich für die Ausbringung der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngermenge deutlich begrenzt werden, um beim Düngerstreuer ein sinnvolles, technisch machbares Regelverhalten zuzulassen. Ein eingangs empfohlenes „Durchregeln“ von 0 bis 120 kg N/ha für eine teilflächenspezifische Stickstoffdüngung war praktisch nicht umsetzbar. Technisch machbare Regelbereiche lagen bei plus/minus 20 bis 40 kg N/ha um die emp-

fohlene mittlere Stickstoffdüngermenge zum jeweiligen Stickstoffdüngetermin.

- Die vor allem in den Versuchsjahren 2008 bis 2010 im Vegetationsverlauf typischen Vorsommertrockenheiten lieferten bei Getreide (Winterweizen, Wintergerste) über das N-Monitoring des N-Testers in Abhängigkeit von den erreichten Entwicklungsstadien zum Zeitpunkt der Stickstoffdüngung (2. und 3. N-Gabe) entsprechende Bedarfswerte. Die sichere Umsetzung in Ertrag blieb aber wegen länger ausbleibender Niederschläge nach der sensorgerechten Stickstoffapplikation aus. In diesen Jahren waren Einmaldüngungsstrategien zu Vegetationsbeginn erfolgreich (Abb. 5 und 6). In anderen Fällen führten entsprechend der N-Tester-messung – ausreichende Stickstoffversorgung des Be-

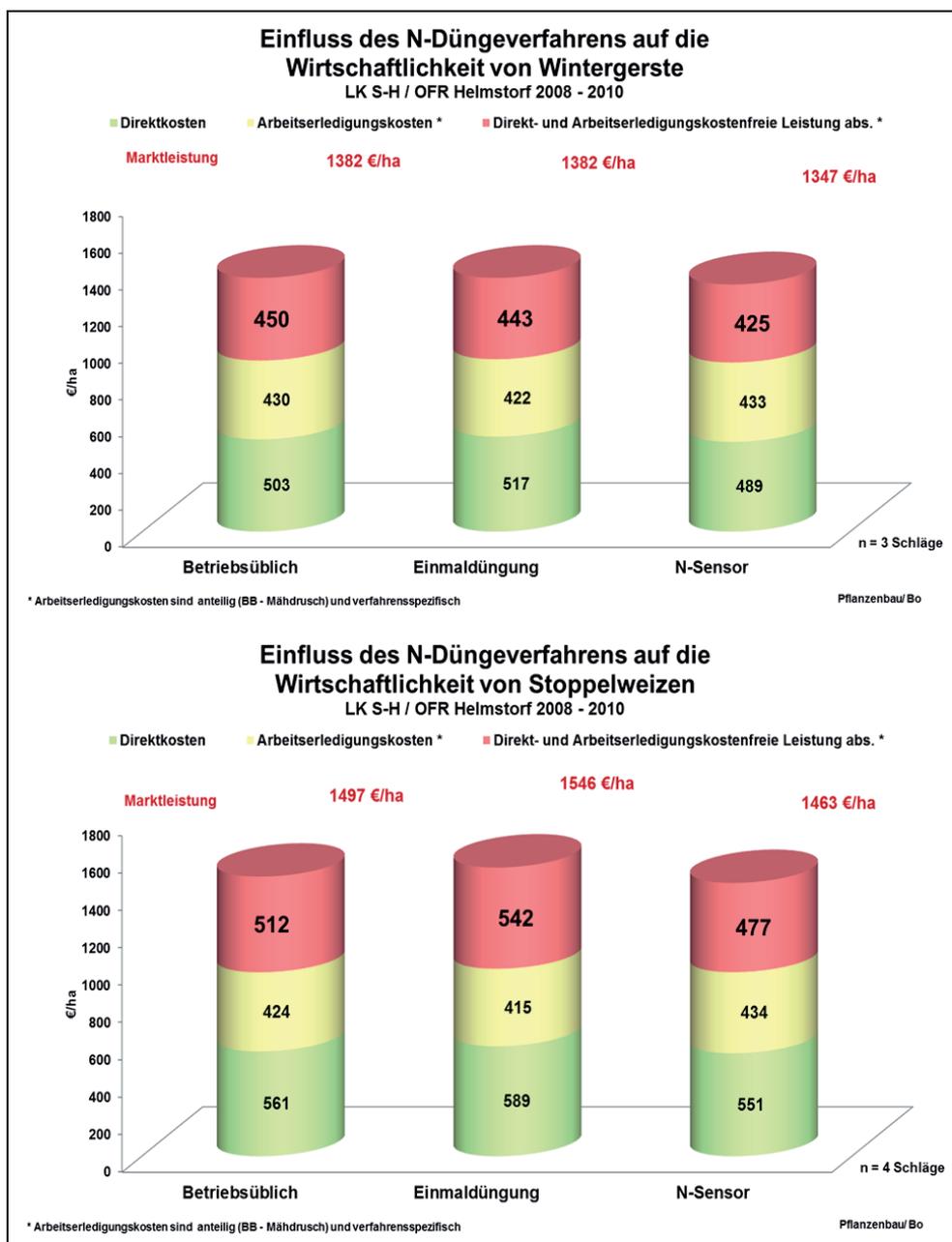


Abb. 9 bis 12. Fortsetzung

standes gegeben, keine Düngung mehr erforderlich – z.B. bei einer entsprechend der Empfehlung ausgelassenen dritten Stickstoffgabe in Wintergerste zu wirtschaftlichen Ertragseinbußen.

- Mit an die Bodenunterschiede im Schlag angepassten teilflächenspezifischen Aussaatmengen konnten weitestgehend homogene, in der Biomasse kaum differenzierte Getreidebestände etabliert werden. In diesem Fall gibt es im weiteren Vegetationsverlauf kaum Regelbedarf für den N-Sensor, wie auch die aufgezzeichneten Biomassekarten belegten.
- Bei Verwendung der absoluten Kalibrierung des N-Sensors im Raps, der N-Sensor bestimmt auf Grund des Bestandesbildes für die 2. Stickstoffgabe den Stickstoffbedarf, bleibt die aus der 1. Stickstoffgabe noch

- im „Transit“ befindliche Stickstoffmenge, d.h. der gedüngte Stickstoff befindet sich anteilig noch im Boden und ist vom Raps noch nicht aufgenommen, unberücksichtigt. Dies führt dann zwangsläufig zu einer zu hohen Gesamtstickstoffmenge bei der Rapsdüngung (Abb. 7). Eine praktikable Abschätzung dieses „Transit-Stickstoffs“, um diese Menge bei der zweiten sensorgestützten Stickstoffgabe abzuziehen, ist kaum möglich.
- Eine Einbeziehung der Schwefeldüngung zu Raps – 40 bis 50 kg Schwefel/ha sind unter unseren Anbaubedingungen erforderlich – ist über eine teilflächenspezifische Sensordüngung nicht möglich. Eine an die vom N-Sensor empfohlene teilflächenspezifische Stickstoffdüngermenge angepasste Schwefelmenge würde je nach Düngerform zur Unter- oder Überversorgung

mit Schwefel im Bestand führen. Weder die Ertragswirkung noch die gegebenenfalls auftretenden Auswaschungsverluste in der Teilfläche stark differenzierter Schwefelgaben sind bewertbar (Abb. 8). Für die praktische Umsetzung bleibt die konstante Stickstoffdüngung in der 1b-Gabe mit 40 kg Schwefel über schwefelsauren Ammoniakdünger (SSA). Damit gehen auch 40 kg/ha Stickstoff für ein „Regeln mit dem N-Sensor“ von der Gesamtstickstoffmenge zu Raps verloren.

6. Die nötige Frost- und Taufreiheit der Bestände für die Arbeit mit dem N-Sensor brems gerade bei der ersten Stickstoffgabe zu Raps den Einsatz des N-Sensors unter praktischen Bedingungen oft aus. Die sichere Befahrbarkeit der überfrorenen Böden, oft gekoppelt mit raureifen Beständen in den frühen Morgenstunden, könnte dann, im Betrieb arbeitswirtschaftlich aber relevant, nicht genutzt werden.

Die Ergebnisse subsumieren sich letztendlich in einer Bewertung der Wirtschaftlichkeit der verglichenen Düngungsstrategien. Hierzu wurde nach aufwendiger Datenerhebung – im Projektbetrieb und in Anpassung und Abgleich mit vergleichbaren Betrieben aus der Marktfruchtberatung Schleswig-Holsteins über:

- die Leistung (Ertrag, Qualität, Preis),
- die Direktkosten (Saatgut, Düngemittel, Pflanzenschutzmittel, Hagelversicherung, Zinsansatz Umlaufvermögen) und
- die Arbeiterledigungskosten (Maschinen- und Personalkosten für Bodenbearbeitung, Aussaat, Pflanzenschutz, Düngung, Ernte, Management, Zinsansatz Maschinenvermögen, Zinsansatz variable Kosten gesamt) –

die Direkt- und Arbeitskostenerledigungsfreie Leistung der Produktionsverfahren ermittelt.

Für die erprobten Düngungsstrategien hat sich im Mittel des Betriebes und der angebauten Fruchtarten Raps-Weizen-Gerste die Variante „Betriebsüblich“ als wirtschaftlichste Verfahren, gefolgt von der „Einmaldüngung“ erwiesen. Dagegen fiel die Sensordüngung im wirtschaftlichen Erfolg ab (Abb. 9).

Auch bei Raps schnitt die Variante „Betriebsüblich“ am wirtschaftlichsten ab, „Einmaldüngung“ und „N-Sensor“ lagen gleich auf (Abb. 10). In Wintergerste lagen „Betriebsüblich“ und „Einmaldüngung“ gleich auf, die N-Sensor-Variante fiel dagegen auch hier wirtschaftlich ab (Abb. 11). Besonders erfolgreich war die „Einmaldüngung“ in Weizen nach Weizen (Abb. 12). Unter diesen Anbaubedingungen und den in den letzten Jahren sich verändernden Witterungsabläufen, lang anhaltende Vorsommertrockenheiten mit unzureichender Stickstoffwirkung bei geteilten Stickstoffgaben nehmen zu, war eine ausreichend hohe Stickstoffversorgung zu Vegetationsbeginn unter Nutzung der aus dem Winter verbliebenen Wasserreserven ertragsentscheidend. Es ist davon auszugehen, dass sich unter diesen Verhältnissen zunehmend vereinfachte Düngungsstrategien durchsetzen werden. Wenn das Wasser in wichtigen Abschnitten des Vegetationsverlaufes fehlt, nutzt es weder etwas mit mehrfacher Gabenteilung zu versuchen „der Pflanze ins Maul zu düngen“, noch sich mit aufwendiger N-Tester- und Sensortechnik an einem erhofften Entwicklungsverlauf der Pflanzen entlang zu tasten.

Ein Gemeinschaftsprojekt der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein und der Gutsverwaltung Helmstorf, Kreis Plön; Finanzielle Förderung: Landwirtschaftliche Rentenbank Frankfurt am Main, Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft.