



Teilflächenspezifische Wachstumsreglerapplikation



Katharina Traphan

Teilflächenspezifische Wachstumsreglerapplikation

September 2007

Katharina Traphan ist Mitarbeiterin am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Uni Kiel. Vorher war sie 2 Jahre Innovationsassistentin bei AgriCon (Entwicklung des Wachstumsregler-Moduls für den YARA N-Sensor, Entwicklung einer Düngungsstrategie für sensorgesteuerte Stickstoff-düngung in Braugerste, Entwicklung einer Versuchsmethodik für Precision Farming „On Farm Research“, Betreuung des gesamten Versuchswesens). Tel. 0431-880-3790, Email: katharinatraphan@hotmail.com.

Diese Arbeit wurde aus Mitteln der Prof.-Udo-Riemann-Stiftung gefördert. Ziel der Prof.-Udo-Riemann-Stiftung ist angewandte Forschung und praktische Erfahrungen auf dem Gebiet der landwirtschaftlichen Verfahrenstechnik zu unterstützen.

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Prof. Dr. Yves Reckleben

Am Kamp 13, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-847940, Fax: 04331-847950

Internet: www.rkl-info.de; E-mail: mail@rkl-info.de

Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung 4.1.0

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers

Was ist das RKL?

Das Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft ist ein bundesweit tätiger Beratungsring mit dem Ziel, Erfahrungen zu allen Fragen der Rationalisierung in der Landwirtschaft zu vermitteln. Dazu gibt das RKL Schriften heraus, die sich mit jeweils einem Schwerpunktthema befassen. In vertraulichen Rundschreiben werden Tipps und Erfahrungen von Praktikern weitergegeben. Auf Anforderung werden auch einzelbetriebliche Beratungen durchgeführt. Dem RKL sind fast 1400 Betriebe aus dem ganzen Bundesgebiet angeschlossen.

Wer mehr will als andere, muss zuerst mehr wissen. Das RKL gibt Ihnen wichtige Anregungen und Informationen.

Gliederung	Seite
1. Einleitung und Ziel.....	1311
2. Möglichkeiten zur variablen Wachstumsreglerapplikation.....	1312
3. Anforderungen an die Spritztechnik	1317
4. Versuch.....	1319
5. Fazit	1326

1. Einleitung und Ziel

Die teilflächenspezifische Bewirtschaftung hat sich bei verschiedenen produktionstechnischen Maßnahmen, wie z. B. der Düngung (vgl. RKL-Schrift 4.1.0; Seite 1181 und 4.1.0; Seite 1247), Aussaat oder Bodenbearbeitung als praxistauglich erwiesen.

Doch wie sieht es mit der variablen Applikation von Wachstumsreglern aus? Gibt es aus pflanzenbaulicher Sicht heterogen auftauchende Merkmale in einem Bestand, auf die mit unterschiedlichen Wachstumsreglermengen sinnvoll reagiert werden kann? Gibt es technische Möglichkeiten mit denen in diesem Bereich gearbeitet werden kann?

Ziel einer Wachstumsreglerbehandlung ist es, das Getreide vor Lager zu schützen, denn Lager kostet nicht nur Ertrag, sondern es bringt auch erschwerte Erntebedingungen und Qualitätsverluste mit sich. Daher spielen Wachstumsregler im intensiven Ackerbau eine bedeutende Rolle. Eine einmalige Anwendung von Wachstumsreglern zwischen EC 29-31 ist die Mindestanwendung, die im produktionstechnischen Gesamtablauf unerlässlich geworden ist. Eine Folgebehandlung im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode ist in der Praxis nicht unüblich.

Versuche und auch Erfahrungen, die fast jeder Landwirt bestätigt, zeigen jedoch, dass der Wachstumsreglereinsatz nicht nur positive Effekte hat. In Jahren mit Lagervorkommen zeigt sich ein Mehrertrag in Beständen, die vor Lager geschützt werden konnten. Tritt jedoch kein Lager auf, können auch Mindererträge durch Wachstumsregler im Vergleich zu unbehandelten Parzellen verzeichnet werden.

Dieses kann wie folgt erklärt werden:

Besonders lagergefährdet sind dichte, üppige Bestände. Eine Behandlung mit Wachstumsreglern ist hier unumgänglich.

Es besteht jedoch nicht jeder Schlag nur aus üppigen, gut entwickelten Pflanzen. Es gibt immer wieder Stellen, mit weniger gut entwickelten, schwachen Pflanzen. Die Lagergefahr an diesen Stellen ist nur gering. Hier ist die Gefahr größer, dass die Pflanzen durch eine zu hohe Wachstumsreglerapplikation physiologisch negativ beeinflusst werden.

Jedes Jahr geht der Landwirt bei der Wachstumsreglerapplikation denselben Kompromiss ein: Das Getreide mit einer bestimmten Ausbringungsmenge vor Lager schützen, dabei aber eventuelle Mindererträge in Kauf nehmen.

Ziel der variablen Wachstumsreglerapplikation ist es, diesen Kompromiss zu umgehen und auf diesen unterschiedlichen Bedarf der Pflanzen zu reagieren. Dichte, gut entwickelte Pflanzenbestände sollen mit einer höheren Aufwandmenge von Wachstumsreglern vor Lager geschützt werden. In dünnen Beständen mit weniger Bewuchs dagegen, soll nur soviel Wachstumsregler eingesetzt werden, dass Lager vermieden werden kann, die Pflanzen aber nicht durch eine zu hohe Dosis in ihrem Stoffwechselhaushalt beeinträchtigt werden.

In dieser Schrift sollen technische Lösungen vorgestellt werden, mit denen diese Heterogenität erfasst werden kann, so dass dann die Wachstumsreglermenge teilflächenspezifisch variiert werden kann. Erste Erfahrungen aus der Praxis sollen die Informationen zu diesem Thema vervollständigen.

2. Möglichkeiten zur variablen Wachstumsreglerapplikation

Auf dem Markt sind heute verschiedene Verfahren zur differenzierten Wachstumsreglerapplikation verfügbar. Die Basis dieser unterschiedlichen Methoden stammt in den meisten Fällen aus dem Bereich der differenzierten N-Düngung. So ist auch hier zwischen Systemen die „Offline“ oder in Echtzeit („Online“) arbeiten zu unterscheiden. Das jeweilige Messprinzip der einzelnen Systeme bleibt bei der Anwendung im Bereich der Wachstumsregler dem der variablen N-Ausbringung gleich. Darin ist ein Vorteil zu sehen, kann ein Gerät bei mehreren verschiedenen Arbeitsgängen eingesetzt werden, so erhöht sich damit Wirtschaftlichkeit dieses Gerätes.

Das Grundprinzip der Verfahren besteht aus verschiedenen Schritten:

1. **Messen** der Heterogenität
2. **Berechnen** der Aufwandmenge
3. **Regelung** der Aufwandmenge

Bei den Echtzeitverfahren finden alle drei Schritte unmittelbar hintereinander statt. Dieses geschieht direkt während des eigentlichen Arbeitsganges.

Die Offline-Verfahren sind dadurch charakterisiert, dass die Erfassung der Heterogenität, die Bestimmung der Aufwandmenge und die Applikation zeitlich voneinander getrennt stattfinden.

Bei diesem Verfahren kann die Aufwandmenge je nach System anhand von aktuellen Biomassedaten (Fernerkundung) oder langjährig gesammelten Daten (z.B. Ertrag, Biomasse) bestimmt werden. Anhand dieser Informationen werden Applikationskarten erstellt, welche dann während des Arbeitsganges abgearbeitet werden.

Aus dem Bereich der Offline-Verfahren sollen an dieser Stelle das System LORIS Maps der Fa. Kemira GmbH und das Prinzip der Fa. Agro-Sat Consulting GmbH vorgestellt werden.

Das System LORIS Maps kommt aus dem Bereich der Fernerkundung. Im EC-Stadium 30/31 werden Luftbilder mit einem Infrarotfilm aus 1-7 km Höhe aufgenommen. Diese Aufnahmen sind die Grundlage für die Erstellung einer Biomassekarte. Die Biomasse wird aus den unterschiedlichen Farbbereichen der Luftbilder abgeleitet (vgl. Abbildung 1). Helle Stellen bedeuten wenig Biomasse, dunklere Stellen weisen auf viel Biomasse und damit auf einen dichten, gut entwickelten Bestand hin. Der gemessenen Biomasse wird eine Aufwandmenge an Wachstumsreglern zugeordnet. Diese Informationen werden auf einer Applikationskarte gespeichert, welche während des Arbeitsganges abgearbeitet wird.

Luftbild**Biomassekarte**

Abbildung 1: Luftbild und Biomassekarte nach dem Offline-Verfahren Loris Maps der Fa. Kemira

Ein zweites System aus dem Bereich der Offline-Verfahren wird von Agro-Sat Consulting GmbH angeboten. Auch hier wird mit Fernerkundungsmethoden gearbeitet. Über Satelliten oder Flugzeuge wird eine Chlorophyllkarte erstellt. Diese gibt die N-Versorgung und aktives Chlorophyll wieder. Bei der Erstellung einer Applikationskarte fließen noch Informationen aus einer Potentialkarte (langjährige Ertragsdaten) mit ein.

Im Bereich der Online-Verfahren sind auf dem deutschen Markt zwei Systeme mit unterschiedlichem Messprinzip bekannt: Der YARA N-Sensor und das CROP-Meter der Firmen agrocom GmbH & Co Agrarsysteme KG und Müller-Elektronik GmbH & Co. KG.

Die Arbeit des CROP-Meters (vgl. Abbildung 2) beruht auf einem mechanischen Messprinzip. Ein Pendel, angebracht an der Fronthydraulik des Schleppers, misst während der Fahrt durch den Pflanzenbestand die Kraft, die das Auslenken des Pendels aus seiner Ruhestellung bewirkt. Je stärker diese Auslenkung ist, desto größer ist der Widerstand der Pflanzen und damit auch die Pflanzendichte. Die Applikationsmenge wird in Abhängigkeit von der Pflanzendichte variiert. Über eine Kalibrierfahrt, welche an Stellen eines Bestandes mit höchster und an Stellen mit niedrigster Pflanzenmasse durchgeführt wird, erhält der Anwender einen Referenzwert. Diesem Wert wird vom Landwirt eine Aufwandmenge zugeordnet. Verändert sich nun die Biomasse und weicht vom gemessenen Referenzwert ab, variiert die Wachstumsreglermenge. Das Prinzip der Regelung ist bei allen Systemen, Online und Offline, vom Ansatz gleich, so gilt auch hier: wenig Biomasse bedeutet weniger Wachstumsregler, viel Biomasse bedeutet eine höhere

Aufwandmenge. Bei diesem System erhält der Landwirt keine Empfehlung für die Aufwandmenge, er bestimmt diese selber.



Abbildung 2: CROP-Meter der Fa. agrocom und Fa. Müller-Elektronik im Frontanbau

Das Messprinzip des YARA N-Sensors ist ein optisches Verfahren, welches mittels Reflexionsmessungen arbeitet. Gemessen werden die Sonneneinstrahlung und das vom Pflanzenbestand reflektierte Licht. Anhand der Differenz dieser Parameter können zum einen Rückschlüsse auf den Chlorophyllgehalt und damit den Ernährungszustand (N-Aufnahme) der Pflanze gemacht werden. Diese Informationen spielen hauptsächlich bei der N-Düngung eine Rolle. Dabei werden auch Informationen über die aktive Biomasse und damit über die Bestandesdichte erfasst. Diese Information ist bei der differenzierten Wachstumsreglerapplikation von Interesse. Sie wird als Sensorwert wiedergegeben.



Abbildung 3: YARA N-Sensor auf dem Schlepperdach montiert (Foto: Agri Con)

Bisher konnte für die Wachstumsregleranwendung eine Regelfunktion aus dem Bereich der N-Düngung erfolgreich angewendet werden. Die Regelfunktion für die Qualitätsgabe erfolgt nach dem Prinzip, welches auch für die Wachstumsreglerapplikation zweckmäßig erscheint: Stellen im Bestand mit hoher Bestandesdichte und gut entwickelten Pflanzen (viel Biomasse) bekommen weniger Dünger aber mehr Wachstumsregler, Stellen mit schwachem Pflanzenbewuchs erhalten mehr N aber weniger Wachstumsregler. Seit dem Frühjahr 2007 ist eine spezielle Software, das Wachstumsregler-Modul, für die variable Wachstumsreglerapplikation mittels N-Sensor auf dem Markt verfügbar. Die Anforderung und Regelung wurden in einer Zusammenarbeit der Firmen proPlant GmbH und Agri Con GmbH auf die Wachstumsregler abgestimmt. Mit diesem Modul bekommt der Landwirt zunächst eine Empfehlung. Anhand von Angaben zu Kulturart, Sorte, Saatzeitpunkt, EC-Stadium, N-Düngung, Wasserversorgung, Witterungsbedingungen und gewünschtem Mittel erhält der Landwirt eine Empfehlung. Diese Empfehlung gilt für einen dichten, üppigen Pflanzenbestand mit hohem Lagerrisiko. Im nächsten Schritt erfolgt die Kalibrierung des Systems: Der Landwirt macht eine Kalibrierfahrt an einer repräsentativen Stelle des Schlags. Er erhält einen mittleren Sensorwert für die abgefahrene Strecke, welcher eine Wachstumsreglerdosis zugeordnet wird.

Zum Modul gehören bestimmte Zusatzfunktionen, wie z. B. die Berechnung der Flächen, welche mit einer Tankfüllung behandelt werden können und die Berücksichtigung von Restmengen im Tank. Außerdem kann zwischen

verschiedenen Abregelverhalten gewählt werden, je nach dem ob sich ein Fungizid im Tank befindet oder nicht.

Für den Landwirt ist es nicht zwingend, der vorgeschlagenen Empfehlung zu folgen. Es ist möglich dem System andere Aufwandmengen vorzugeben, somit bleibt der Anwender frei in der Entscheidung über die Applikationsmenge.

Auf eine ausführlichere Beschreibung der verschiedenen Verfahren zur teilflächenspezifischen Bestandesführung wird an dieser Stelle verzichtet. In der RKL-Schrift 4.1.0; S. 1181 wurden hierzu detaillierter Informationen gegeben. Es empfiehlt sich, diese Informationen zu beachten, hier werden u. a. Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren genannt und die unterschiedlichen Messprinzipien erläutert.

3. Anforderungen an die Spritztechnik

Neben geeigneten Möglichkeiten auf die Heterogenität im Pflanzenbestand zu reagieren muss auch ein Blick auf die Spritztechnik geworfen werden.

Um eine differenzierte Wachstumsreglerapplikation durchführen zu können, müssen bestimmte Anforderungen an diese erfüllt werden:

1. Ein- und Ausschalten von Teilbreiten
2. elektronisch ansteuerbare Pflanzenschutzspritze
3. Veränderung der Applikationsmenge (l Spritzbrühe/ha)
4. Offline-Steuerung über GPS und Applikationskarten
5. Veränderung der Applikationsmenge verschiedener Pflanzenschutzmittel

Die elektronische Ansteuerung einer Spritze stellt heute kaum noch ein Problem dar. Eine GPS-gesteuerte Teilbreitenschaltung ist ebenso Stand der Technik. Sie wird von verschiedenen Herstellern angeboten (z.B. Amazone, Hardi, John Deere, LH-Agro, Müller-Elektronik). Die Möglichkeit einer Abschaltung von Einzeldüsen ist ebenfalls bei einigen Fabrikaten (z.B. Dammann, Hardi) gegeben. Diese erfolgt entweder auf elektromotorischem oder pneumatischem Weg.

Eine Variation der Applikationsmenge über weite Bereiche (z.B. 0 bis 400 l/ha) ist grundsätzlich über die Veränderung des Spritzdrucks möglich. Heute sind auf dem Markt Mehrfachdüsenstöcke verfügbar. Hier können mehrere Düsen an einer Düsenposition unabhängig von einander geschaltet werden. Eine Regelung über die Fahrgeschwindigkeit ist nicht mehr notwendig. Diese Düsen sind besonders

vorteilhaft, wenn die Applikationsmenge innerhalb eines Schlages variiert werden soll.

Soll der Wachstumsregler in Kombination mit anderen Pflanzenschutzmitteln ausgebracht werden, muss beachtet werden, dass nicht alle Mittel die gleiche agronomische Regelung haben. In diesem Fall ist die Anforderung an die Spritztechnik besonders hoch. Ein Spritzsystem mit Direkteinspeisung bietet hier die Möglichkeit verschiedene Mittel mit verschiedener Ausbringmenge zu kombinieren. Diese Technik ist dadurch gekennzeichnet, dass Wasser und Mittel in getrennten Behältern geführt werden und erst an der Düse zusammengebracht werden (Mehrkammerspritze).

Mit einer Direkteinspeisung ist das Problem der Restmengenproblematik gelöst, denn im Behälter befindet sich Klarwasser, getrennt von den einzelnen Mitteln. Diese Technik konnte sich bisher noch nicht auf dem Markt etablieren.

Dennoch kann auch ohne eine Mehrkammerspritze die Wachstumsreglerapplikation variabel erfolgen. Die heute auf dem Markt verfügbare Spritztechnik hat sich für eine teilflächenspezifische Applikation als praxistauglich erwiesen. Dabei muss lediglich beachtet werden, dass bei einer Tankmischung nicht jedes Pflanzenschutzmittel mit Wachstumsreglern kombiniert ausgebracht werden kann, wenn variabel appliziert werden soll.

Dazu sollen kurz einige Aspekte angemerkt werden, die aus pflanzenbaulicher Sicht im Praxiseinsatz nicht außer Acht gelassen werden sollten:

Eine Kombination von AHL ist nicht möglich, da die Regelung gegenläufig stattfindet. Ebenso wird von Herbiziden als Mischungspartnern abgeraten.

Nach bisherigen Erfahrungen scheint eine kombinierte Ausbringung mit Fungiziden dagegen problemlos. Für endgültige Aussagen hierzu müssen jedoch weitere Versuche durchgeführt werden. Bei den Mischungspartnern Wachstumsregler und Fungizid muss in jedem Fall gewährleistet sein, dass eine Minimaldosis an Fungiziden überall ausgebracht wird. Eine Reduzierung der Menge auf 0l/ha, wie sie für Wachstumsregler möglich ist, darf nicht eintreten.

4. Versuch

Um erste eigene Eindrücke und Erkenntnisse von einer variablen Wachstumsreglerapplikation zu bekommen, hat das RKL im Jahr 2006 mehrere Versuche auf verschiedenen Standorten angelegt. Von diesen Versuchen konnte leider nur einer bis zum Ende durchgeführt werden. Dieser Versuch wurde auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Universität Kiel im östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins angelegt.

Ziel war es, bei verschiedenen Ansätzen zur teilflächenspezifischen Wachstumsreglerapplikation in Winterweizen den Einfluss auf den Ertrag zu testen. Darüber hinaus sind die Verteilung der ausgebrachten Applikationsmenge und die Gesamtaufwandmenge von Interesse. So kann das Einsparungspotential des Betriebsmittels Wachstumsregler bei variabler Applikation mit beurteilt werden.

Für den Versuch standen zwei der auf dem Markt angebotenen Systeme zur teilflächenspezifischen Wachstumsreglerapplikation zur Verfügung: der YARA N-Sensor und LORIS Maps der Fa. Kemira. So konnten Erfahrungen sowohl im Bereich der Offline-Verfahren als auch im Bereich der Echtzeitverfahren gesammelt werden. Neben der Anwendung dieser beiden Systeme wurden zum Vergleich eine konstante und eine reduzierte, konstante Applikation durchgeführt. Alle anderen produktionstechnischen Maßnahmen wurden betriebsüblich und über alle Varianten hinweg gleich ausgeführt.

Der Versuch und die dazugehörigen Ergebnisse sollen an dieser Stelle vorgestellt werden.

Versuchsanlage

Die Versuchsanlage orientierte sich an dem Grundprinzip des On Farm Research orientiert, d. h. dass die Gesamtfläche des Schlags genutzt wurde (vgl. Abbildung 4). Dabei erstrecken sich die einzelnen Parzellen über die gesamte Schlaglänge, denn nur so kann die Heterogenität erfasst und auf diese reagiert werden, wie es bei einer variablen Applikation gewünscht wird.

Der Versuch wurde auf einer Fläche von ca. 3ha Größe durchgeführt. Dabei wurden folgende Varianten angelegt:

- Variante 1: konstante, betriebsübliche Applikation (Konstant)
- Variante 2: variable Applikation mit dem YARA N-Sensor (Sensor)
- Variante 3: variable Applikation nach Kemira LORIS Maps (Kemira)
- Variante 4: konstante, reduzierte Variante: -30% der üblichen Aufwandmenge (Konstant -30%)

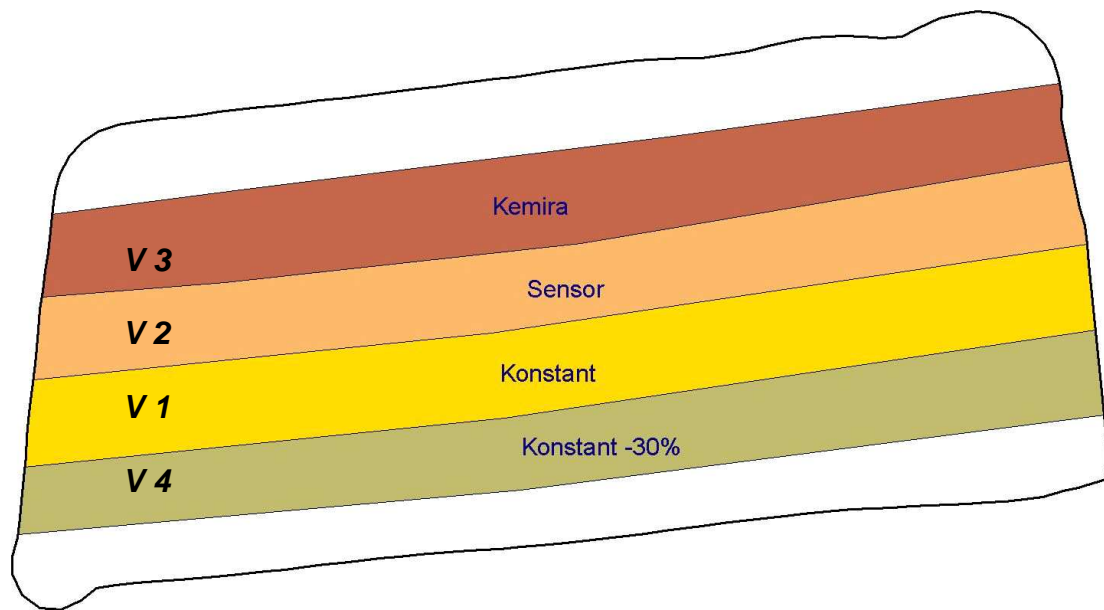


Abbildung 4: Anordnung der Varianten

Bestimmung der Applikationsmenge

In der Variante mit konstanter Applikation (Variante 1) entsprach die Aufwandmenge der betriebsüblichen Menge, diese lag im Versuchsjahr 2006 bei 190l/ha.

In Variante 4 (Konstant -30%) wurde diese Menge um ca. 30% reduziert und betrug somit ca. 140l/ha. In dieser Variante wurden die Wachstumsregler ebenfalls konstant appliziert.

Für die Berechnung der Aufwandmenge für die Varianten 2 und 3 wurde zunächst die Biomasse des Schlages erfasst. Anhand der aufgezeichneten Biomassedaten wurde die jeweilige Applikationsmenge berechnet. Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

Im EC-Stadium 31/32 (26.4.2007) sind die Luftbildaufnahmen zur Erfassung der Biomasse für die Variante 3 (Kemira) gemacht worden. Für die Variante 2 (Sensor) wurde zum gleichen Zeitpunkt eine Biomassemessung mit dem YARA N-Sensor durchgeführt (vgl. Abbildung 5). Hierbei muss beachtet werden, dass es sich bei den Biomassewerten um Relativwerte handelt. Da die Werte mittels verschiedener Messmedien erfasst wurden, sind diese nicht direkt vergleichbar.

In beiden Fällen wurde der Mittelwert des Schlages für die Biomasse berechnet. Diesem Mittelwert wurde die betriebsübliche Aufwandmenge (190l/ha) als Referenzwert zugeteilt und als 100% Aufwandmenge festgelegt. Verändert sich nun

bei der Überfahrt der Biomassewert, verändert sich prozentual auch die Applikationsmenge.

In beiden Varianten wurde die Wachstumsreglermenge so geregelt, dass in Bereichen mit hoher Biomasse mehr Wachstumsregler ausgebracht wurde, als an Stellen mit weniger Biomasse.

Zum Zeitpunkt des Versuches war das oben erwähnte Wachstumsregler-Modul für den YARA N-Sensor noch nicht auf dem Markt verfügbar. Daher wurde mit der YARA Qualitätsfunktion aus dem Bereich der N-Düngung gearbeitet.

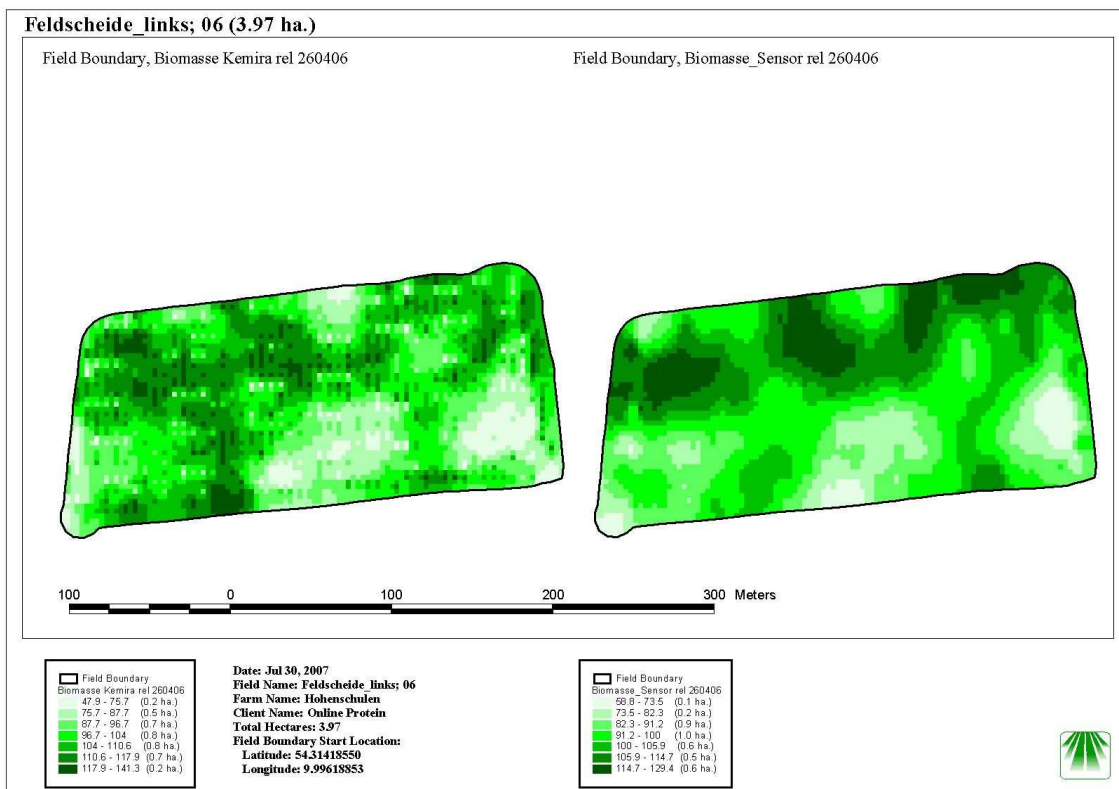


Abbildung 5: Ergebnis der Biomassemessung (%) nach Kemira (links) und YARA N-Sensor (rechts)

Applikationstermin und eingesetzte Mittel

Die Wachstumsregler wurden betriebsüblich zu zwei Applikationsterminen ausgebracht. Es wurde eine für die Region praxistypische Kombination der Mittel gewählt. Die erste Applikation wurde über den gesamten Schlag konstant durchgeführt.

Tabelle 1: Applikationsdaten

	1. APPLIKATION	2. APPLIKATION
Strategie	konstant	teilflächenspezifisch
Applikationszeitpunkt	12.05.2006	30.05.2006
Aufwandmenge und eingesetzte Mittel	0,75 l/ha Medax top + Turbo	0,7 l/ha CCC + 0,2 l/ha Moddus

Ergebnisse

Die erfassten Daten wurden zunächst in Bezug auf den Ertrag ausgewertet (vgl. Tabelle 2). Dieser wurde über eine Ertragskartierung während des Mähdruschs ermittelt. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Ertragssteigerung bei den beiden Varianten mit der variablen Wachstumsreglerapplikation gegenüber den Varianten mit konstant gehaltener Aufwandmenge. Ein Vergleich der konstanten Varianten lässt keinen Ertragsunterschied erkennen. Eine Reduzierung der Aufwandmenge zeigt demnach keine Wirkung auf den Ertrag. Die berechnete Standardabweichung (Stabw.) zu den Ertragsdaten zeigt keine nennenswerten Unterschiede. Eine Homogenisierung des Bestandes durch eine variable Wachstumsreglerapplikation ist aus pflanzenbaulicher Sicht auch nicht zu erwarten gewesen.

Als zweiter Aspekt soll nun die Gesamt-Aufwandmenge betrachtet werden. Im Vergleich zu der konstanten Applikation mit betriebsüblicher Aufwandmenge (Variante 1) wurde bei variabler Applikation die Aufwandmenge erhöht. Die Standardabweichung zeigt hier, dass bei der Applikation nach Kemira die Variation höher war, als bei der Applikation mit dem YARA N-Sensor. Dieses kann auf die unterschiedliche Verteilung der Biomasse in der jeweiligen Parzellen zurückgeführt werden.

Da kein Unterschied der Ertragshöhe zwischen den beiden Varianten mit konstanter Applikation zu sehen ist, lässt sich daraus schließen, dass die positiven Ertragseffekte durch variable Applikation auf die Umverteilung des Wachstumsreglers zurückzuführen sind. Die Umverteilung erfolgt mit dem Ziel bedarfsgerecht zu applizieren. So sollen schwächere Pflanzen vor möglichen negativen Einflüssen durch Wachstumsregler durch eine reduzierte Aufwandmenge geschützt werden. Bei üppigem Pflanzenbewuchs soll das Lagerrisiko durch eine hohe Aufwandmenge minimiert werden. Die Ergebnisse des Versuches zeigen, dass dieses Ziel in diesem Jahr erreicht werden konnte.

Tabelle 2: Versuchsergebnisse 2006 (Versuch Hohenschulen)

Variante	Ertrag		Stabw. Ertrag	Aufwandmenge		Stabw. Aufwandmenge
	dt/ha	rel. %		l/ha	rel. %	
Konstant	78	100,0	12	190	100,0	0
YARA N-Sensor	80	102,5	14	208	109,5	15
Kemira	83	106,5	13	219	115,3	24
Konstant -30%	77	98,7	12	140	73,68	0

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass die Versuchsanlage mit nur einer Parzelle je Variante für eine abschließende, sichere Aussage nicht geeignet ist. Hier kann nur die Tendenz festgehalten werden, dass eine angepasste Wachstumsreglerapplikation zu höheren Erträgen führt, im dargestellten Beispiel um mindestens 2 dt/ha. Für ein aussagefähiges Ergebnis ist eine Wiederholung des Versuches über mehrere Jahre und auf mehreren Standorten erforderlich. Obwohl nicht alle der angelegten Versuche bis zum Ende durchgeführt werden konnten, sind dennoch erste eigene Erfahrungen im Bereich der variablen Wachstumsreglerapplikation gemacht worden.

Die erzielten Ergebnisse stimmen mit anderen Versuchsergebnissen überein.

Mehrjährige Versuche mit dem YARA N-Sensor zeigen nicht nur eine Ertragssteigerung, es konnte auch eine Reduzierung der Aufwandmenge von 10–30 % erreicht werden. Ob eine Reduzierung oder eine Erhöhung der Aufwandmenge stattfindet kann von den jeweiligen Jahresbedingungen abhängen.

Mit dem YARA N-Sensor konnten in den vergangenen Jahren ein Vorteil von 25–44 €/ha durch Wachstumsregleranpassung erzielt werden. Versuche mit dem CROP-Meter im Pflanzenschutzbereich ergaben eine durchschnittliche Mitteleinsparung von ca. 12 %.

Kosten

Es soll ein kurzer Überblick über die Kosten der einzelnen Systeme zur teilflächenspezifischen Wachstumsreglerapplikation gegeben werden (vgl. Tabelle 3 und 4). Dabei sind die Offline-Verfahren von den Echtzeitverfahren zu unterscheiden. Der Unterschied besteht darin, dass es bei den Offline-Verfahren keine einmaligen Anschaffungskosten gibt, da die Luftaufnahmen und die Erstellung der Applikationskarten als Dienstleistung angeboten werden. Bei den Echtzeitverfahren wird dagegen von einer Anschaffung für einen landwirtschaftlichen Betrieb ausgegangen, wie es in der Praxis üblich ist.

Die hier durchgeführten Kostenkalkulationen beschränken sich auf die Seite der Kosten. Betriebsmitteleinsparungen und Ertragssteigerungen (vgl. Tabelle 2) wurden nicht monetär erfasst.

Tabelle 3: Kostenübersicht verschiedener Offline-Verfahren

	KEMIRA LORIS MAPS	AGRO-SAT
Mindestfläche (ha)	50	-
Befliegung (€/ha)	8,0	0,99
Bearbeitungszeit (h)	48	48
Applikationskarte (€/ha)	inklusive	1,50

Einige Ergänzungen sollen die Kostenübersicht der Offline-Verfahren abrunden:
Bei der Arbeit mit Offline-Verfahren wird zusätzlich ein DGPS-Empfänger benötigt.

Die erstellten Biomassekarten können zusätzlich noch bei anderen produktions-technischen Maßnahmen Verwendung finden. So können auch Applikationskarten für die N-Düngung oder für Fungizidmaßnahmen anhand der Biomassekarte erstellt werden. Hierbei ist zu bedenken, dass die Biomasse einmalig zu EC 30/31 gemessen wird. Die Applikationskarte kann grundsätzlich auch für Maßnahmen zu einem späteren Behandlungstermin, z. B. N3- oder N4-Gabe, benutzt werden. Veränderungen im Bestand, welche im Laufe der Vegetationsperiode durch Mineralisation, Witterung oder andere Einflüsse stattgefunden haben, können dann allerdings nicht mehr mit berücksichtigt werden.

Die Kostenübersicht für die Echtzeitverfahren wurde ohne die Berücksichtigung eines Restwertes durchgeführt. Der Grund dafür liegt in dem schnellen technischen Fortschritt auf diesem Gebiet.

Tabelle 4: Kostenübersicht verschiedener Online Verfahren

	YARA N-SENSOR	CROP-METER
Anschaffung (€)	22.000	7.500
Restwert (€)	0	0
Nutzungsdauer (Jahre)	5	5
jährliche Abschreibung	4.400	1.500
jährliche Reparaturen, Updates	600	890
Zinsanspruch 5% (€)	250	119,50
jährliche Kosten inkl. Zins (€)	5.250	2.509,50
Fläche (ha)	500	500
jährliche Kosten/ha (€)	10,50	5,20

Auf einen DGPS-Empfänger kann bei den Sensoren der Echtzeitverfahren verzichtet werden. Soll die Applikationsmenge jedoch dokumentiert werden, ist auch bei diesen Verfahren ein DGPS-Empfänger notwendig. Eine Dokumentation der Applikationsdaten erscheint in jedem Fall sinnvoll, um die durchgeführten Maßnahmen jederzeit nachvollziehen zu können.

Genau wie die Offline-Verfahren können die Systeme, die in Echtzeit arbeiten nicht nur für die Wachstumsreglerapplikation sondern auch für weitere Maßnahmen wie N-Düngung oder Fungizidanwendungen benutzt werden. Dieses ist entscheidend, denn damit steigert sich die Gesamtfläche (ha), auf der das Gerät zum Einsatz kommen kann.

Im Gegensatz zu den Offline-Verfahren können Veränderungen im Bestand, die im Laufe der Vegetation stattfinden, bei allen Applikationen berücksichtigt werden. Das heißt, dass bei jeder einzelnen Maßnahme auf die aktuelle Bestandessituation reagiert werden kann.

Die Kosten des YARA N-Sensors erscheinen auf den ersten Blick im Vergleich zum CROP-Meter sehr hoch. Die unterschiedliche Betriebsweise der beiden Systeme sollte hier berücksichtigt werden (vgl. RKL-Schrift 4.1.0; S. 1181). Die weite Verbreitung des YARA N-Sensors in der Praxis zeigt, dass bei einem Vergleich mit den Kosten eine anspruchsvolle Betriebsweise überzeugend sein kann.

Bei beiden Verfahren, Offline und Echtzeit, müssen die oben erwähnten Anforderungen an die Spritztechnik gewährleistet sein.

5. Fazit

Auf dem Markt sind verschiedene technische Lösungen für eine teilflächenspezifische Wachstumsreglerausbringung verfügbar. Diese werden bereits in der Praxis eingesetzt und haben sich bewährt.

Erste eigene Erfahrungen haben gezeigt, dass eine teilflächenspezifische Wachstumsreglerapplikation aus pflanzenbaulicher Sicht sinnvoll erscheint. Diese Einschätzung wird von vielen Versuchsergebnissen aus diesem Bereich unterstützt. Durch eine bedarfsgerechte Wachstumsreglerapplikation kann nicht nur der Ertrag gesteigert werden, sondern es können auch Betriebsmittel eingespart werden (AgriCon). Im eigenen Versuch konnten die Erträge um 6,5 % gesteigert werden.

Mit der Möglichkeit Wachstumsregler teilflächenspezifisch zu applizieren, ist der Bereich des teilflächenspezifischen Pflanzenbaus um eine produktionstechnische Maßnahme erweitert worden. Können immer mehr pflanzenbauliche Maßnahmen mit einem System durchgeführt werden, so erscheint es richtig, sich mit dem Thema teilflächenspezifische Bewirtschaftung auseinander zu setzen.

Landwirtschaftliche Betriebe, die bereits Technik aus diesem Gebiet einsetzen, können den Nutzen ihrer Geräte steigern, je mehr Anwendungsmöglichkeiten gegeben sind.