



Hochschule Neubrandenburg  
University of Applied Sciences

# Bachelorarbeit

Fachbereich Agrarwirtschaft und  
Lebensmittelwissenschaften

Teilflächenspezifische Düngung im Maisanbau anhand  
eines Praxisbetriebes in Mecklenburg-Vorpommern

von

*Hannes Kuhnwald*

März 2013

Erstprüfer:

Prof. Dr. sc. agr. Bernhard Seggewiß

Zweitprüfer:

Dipl.-Ing. agr. Bernd Schulze

## **Abstract**

In dieser Bachelorarbeit geht es um die Durchführung der teilflächenspezifischen Düngung im Maisanbau. Dazu wurden Bodenuntersuchungen, Applikationskarten und Ertragskartierung eines Betriebes in Mecklenburg-Vorpommern ausgewertet. Es galt zu untersuchen in wie weit es möglich ist im Maisanbau teilflächenspezifisch zu Düngen, und wie hoch der eventuelle ökonomische Vorteil dieser Variante hingegen der konventionellen ist. Als Ergebnis konnte festgestellt werden das sich durch den Einsatz von Precision Farming Kosten senken lassen und Nährstoffmengen sinnvoller verteilt werden.

This Bachelor's thesis covers the application of fertilizers to specific sub areas in corn cultivation. Therefor soil analyses, application maps and yield mappings of a Mecklenburg-West Pomeranian company were evaluated. Aim of the thesis was to examine to wich degree site-specific fertilisation in corn cultivation is possible. Furthermore how high the potential economical advantage of this process in contrast to conventional method is. The evaluation showed that by establishing Precision Farming cost will decrease and nutrients will be more reasonable distributed.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>1</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>4</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>6</b>
1.1 Problemstellung .....	7
<b>2. Precision Farming</b> .....	<b>8</b>
2.1 Funktionsweise der teilflächenspezifischen Grunddüngung .....	8
2.2 Funktionsweise der Bodenuntersuchung .....	9
2.2.1 Leitfähigkeitsmessung mit EM38 .....	9
2.2.2 Bodenbeprobung und Erstellung der Nährstoffkarten.....	10
2.3 Funktionsweise Ertragskartierung in Feldhäckslern .....	10
2.4 Ökonomischer Aufwand bei Einsatz der Technik. ....	14
<b>3. Betriebsprofil der Kuhnwald GbR</b> .....	<b>16</b>
3.1 Betrieb .....	16
3.2 Technik im Betrieb .....	18
3.2.1 Technik allgemein.....	18
3.2.2 Precision Farming Technik im Betrieb .....	19
<b>4. Maisanbau im Betrieb</b> .....	<b>21</b>
4.1 Bodenbearbeitung und Aussaat .....	21
4.2 Düngung und Pflanzenschutz.....	22
4.3 Ernte.....	23
4.4 Agri Con Precision Farming Company .....	23
<b>5. Ergebnisse</b> .....	<b>24</b>
5.1 Ertragsdaten .....	24
5.2 Düngedaten .....	30
5.3 Bodenuntersuchungen.....	32
5.3.1 Phosphorbilanz.....	42
5.3.2 Kaliumbilanz .....	43
5.4 Kostenvergleich zwischen herkömmlicher und Precision Farming Düngung .....	44

---

<b>6. Diskussion .....</b>	<b>47</b>
<b>7. Zusammenfassung .....</b>	<b>49</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>50</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>56</b>

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Kostenaufwand für teilflächenspezifische Düngung .....	15
Tabelle 2 ausgebrachte Nährstoffmengen auf den Feldern .....	31
Tabelle 3 zeigt die ausgebrachten Mineraldünger Mengen .....	31
Tabelle 4 Phosphorentzüge, ausgebrachte Phosphormenge auf den einzelnen Feldstücken .....	42
Tabelle 5 zeigt Kaliumentzug, Kaliumdüngung sowie die Kaliumbilanz .....	44
Tabelle 6 Bedarfsermittlung der herkömmlichen Düngung .....	44
Tabelle 7 Kostendarstellung bei herkömmlicher Düngung .....	45
Tabelle 8 Düngemittelkosten bei Precision Farming .....	46
Tabelle 9 Kostendifferenz zwischen herkömmlicher und PF Düngung .....	46

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Beispiel für ein ISOBUS-Terminal.....	8
Abbildung 2 Befestigungsort des HarvestLab am John Deere Feldhäcksler.....	12
Abbildung 3 Funktionsweise des NIR-Sensors.....	13
Abbildung 4 Darstellung der Rohdaten aus dem Feldhäcksler.....	13
Abbildung 5 unbearbeitete Ertragskarte.....	14
Abbildung 6 Ertragskartierung des Feldstückes Jungfernholz.....	25
Abbildung 7 Ertragskartierung des Feldstückes Stall groß.....	27
Abbildung 8 Ertragskartierung des Feldstückes Windmühle.....	29
Abbildung 9 Leitwertverteilung auf dem Feldstück Jungfernholz.....	33
Abbildung 10 PH-Wert und Magnesium Verteilung des Feldstückes Jungfernholz.....	34
Abbildung 11 Phosphor und Kalium Verteilung des Feldstückes Jungfernholz.....	35
Abbildung 12 Leitwertmessung des Feldstückes Stall groß.....	36
Abbildung 13 PH-Wert und Magnesium Verteilung des Feldstückes Stall groß.....	37
Abbildung 14 Phosphor und Kalium Verteilung des Feldstückes Stall groß.....	38
Abbildung 15 Leitwertmessung des Feldstückes Windmühle.....	39
Abbildung 16 PH-Wert und Magnesium Verteilung des Feldstückes Windmühle.....	40
Abbildung 17 Phosphor und Kalium Verteilung des Feldstückes Windmühle.....	41

---

## Abkürzungsverzeichnis

GPS	Global Positions- System
GIS	Geoinformationssystem
NIR	Nah- Infra-Rot
FM	Frischmasse
TS	Trockensubstanz
TM	Trockenmassen
%	Prozent
PF	Precision Farming
DAP	Diammonphosphat
ha	Hektar

---

## 1. Einleitung

In der folgenden Bachelorarbeit geht es um die Bewertung der Ertragskartierung und die teilflächenspezifische Düngung im Maisanbau anhand eines Landwirtschaftsbetriebes in Mecklenburg Vorpommern und soll Aufschluss über den Ökonomischen Nutzen dieser Technik geben.

Precision Farming umfasst die Erzeugung qualitativ hochwertiger Nahrungsmittel bei teilflächenbezogener Optimierung des Einsatzes der Produktionsressourcen. (Ludowicy S. , 2002)

Durch Einsatz moderner Technik ist es möglich unterschiedliche Ertragszonen auf einem Feld, differenziert mit Nährstoffen zu versorgen. Grundlage hierfür ist eine Untersuchung des Bodens durch eine Leitwertmessung, eine Beprobung und damit verbundene Ermittlung der Nährstoffverteilung. Die vom Feldhäcksler aufgezeichneten Daten dienen Hierbei der Auswertung und der Erstellung der sogenannten Ertragskartierung. Das Verfahren der Teilflächenspezifischen Düngung ist bereits in der Praxis zu finden, dort wird aber Augenmerk auf die Produktion von Druschfrüchten gelegt, diese Technik ist in Mähdreschern schon seit mehreren Jahren zu finden und ist deshalb in der Praxis häufiger vertreten. Durch Fortschritte in der Landtechnik ist es seit einiger Zeit auch möglich im Futteranbau speziell Maisanbau Erträge durch den Feldhäcksler zu ermitteln und diese durch eine Kartierung darzustellen, zusätzlich ist es möglich Unterfußdünger teilflächenspezifisch auszubringen. Höhere Anbauintensitäten, Preise für Düngemittel und Erlöse für Silomais machen eine Nutzung moderner Produktionstechniken auch in diesem Bereich interessant.

Durch wachsende Rinderbestände und Erneuerbare Energien ist der Bedarf an Silomais immer weiter gestiegen, betrug der Anteil an der gesamten Ackerfläche im Jahr 1999 lediglich 10,2%, so ist der Anteil bis heute auf 17,2% gestiegen. Somit ist die Anbaufläche für Silomais um 61,4% gestiegen und betrug 2012 2,038Millionen Hektar. (Statistisches Bundesamt)

Durch steigende Produktionskosten und Erlöse für andere Kulturen wird es immer wichtiger auch im Maisanbau Intensitäten zu prüfen und Ökonomisch



---

zu betrachten damit er auch zukünftig kostengünstig und gewinnbringend angebaut werden kann.

## **1.1 Problemstellung**

In Betrieben in denen Silomaisanbau stattfindet, fällt oftmals Wirtschaftsdünger an, wenn diese über mehrere Jahre ausgebracht werden, häuft sich die standortunterschiedliche Nährstoffversorgung der Böden. Meist werden Wirtschaftsdünger auf den Feldern eingesetzt, bei denen die Entfernung und damit verbunden Kosten am geringsten sind. Um Betriebsmittel effizienter einzusetzen, müssen Düngemaßnahmen standortspezifisch durchgeführt werden. In der vorliegenden Arbeit soll die Problematik der Teilflächenspezifischen Düngung aufgegriffen werden, insbesondere wird die teilflächenspezifische Grunddüngung von Phosphor und Kalium untersucht. hinsichtlich dieses Themas gibt es einige Fragen, welche erläutert und erklärt werden müssen. Diese sind wie folgt:

Welche Vor- und Nachteile ergeben sich aus dem Einsatz der Teilflächenspezifischen Düngung?

Wie groß ist der Ökonomische Aufwand dieses Systems?

Wie groß ist der Ökonomische Nutzen dieses Systems?

Lassen sich damit die Düngermittelkosten im Maisanbau senken?

Mit Hilfe des Landwirtschaftsbetrieb Kuhnwald GbR und der Zusammenarbeit mit Agri Con, welche für die Bodenbeprobung und Erstellung der Düngekarten zuständig ist, wird versucht Lösungsansätze für die oben aufgeführten Fragen zu finden. Dazu werden Beispielhaft 3 Feldstücken und die dazu bekannten Daten verwendet. Mit Hilfe der Ertragskartierung soll untersucht werden ob es Zusammenhänge zwischen der Düngung und den Erträgen gibt.

---

## 2. Precision Farming

### 2.1 Funktionsweise der teilflächenspezifischen Grunddüngung

Damit teilflächenspezifisch Grunddünger ausgebracht werden kann, müssen zunächst Applikationskarten erstellt werden. Dies kann von einem Dienstleister übernommen werden oder durch entsprechende Verarbeitungsprogramme kann dies auch in Eigenarbeit geschehen. Es muss in dem Fahrzeug welche die Applikation durchführt ein Terminal vorhanden sein welches die Steuerung des Ausbringgerätes übernimmt. In der Firma Kuhnwald GbR wurde ein ISOBUS-Terminal von der Firma Agri Con Precision Farming Company verwendet. Als Betriebssystem wird Windows verwendet. Damit die Daten von dem Terminal verarbeitet werden können, muss auf diesen ein entsprechendes Programm sein. Die Streukarten werden in diesem Terminal mit einem Datenträger Übertrage. Durch ein einen GPS-Empfänger wird immer die aktuelle Position des Fahrzeugs ermittelt. Zu jeder Position sind in den Applikationskarten die Ausbringmengen hinterlegt. Bei der Nährstoffausbringung werden die Düngermengen sekundlich an dem Steuercomputer des Ausbringgerätes übermittelt, und entsprechend ausgebracht. Der Steuercomputer des Ausbringgerätes übermittelt im Gegenzug die tatsächlich ausgebrachten Mengen, diese werden im ISOBUS-Terminal genutzt um eine Streukarte zu erstellen. Weiterhin ist es möglich eine obere und untere Grenze der Ausbringmengen festzulegen. Zudem hat der Fahrer Jederzeit die Möglichkeit die Streumengen zu beeinflussen.



**Abbildung 1 Beispiel für ein ISOBUS-Terminal**

(Quelle: Agri Con Precision Farming Company)

---

## 2.2 Funktionsweise der Bodenuntersuchung

### 2.2.1 Leitfähigkeitsmessung mit EM38

„Die elektrische Leitfähigkeit ist eine physikalische Größe, welche die Fähigkeit eines Materials elektrische Ladung weiterzuleiten beschreibt“ (LÜCK & MEISENREICH, 1999)

Bei der Leitfähigkeitsmessung mit einem Bodenscanner handelt es sich um eine einmalige Maßnahme zur Untersuchung des Bodens, die ermittelten Werte können dann jahrelang verwendet werden um sie für Precision Farming zu nutzen. Bei der Messung, wie sie von der Firma Agri Con GmbH durchgeführt wird, wird mit Hilfe eines elektromagnetischen Messgeräts ( EM 38) die elektrische Leitfähigkeit des Bodens ermittelt. Die von dem Gerät ausgegeben Daten werden in Mikrosiemens angegeben. Die Messung erfolgt dabei bis in eine Tiefe von 1,5m. Die Leitfähigkeit wird von der Bodenzusammensetzung und Bodenart bestimmt. Diese wird zu 80-85% von dem Tongehalt bestimmt und zur 10-15% von Ionen des Wassers und der darin gelösten Salze und Nährstoffe. Mit Hilfe einer Senderspule wird ein elektromagnetisches Wechselfeld in den Boden induziert, welches von der Empfängerspule registriert wird. Aus dem Verhältnis lässt sich die Leitfähigkeit des Bodens berechnen. (Ludowicy, Schwaiberger, & Leithold, 2002)

Für die Messung der Flächen wird das Messgerät hinter einem Fahrzeug in einem Abstand von 6-7m gezogen. Dabei können Fahrspuren verwendet werden, diese sollten aber nicht weiter als 20m auseinander liegen. Bei sehr heterogenen Standorten empfiehlt es sich einen Abstand von 10m einzuhalten. Um beste Ergebnis zu erzielen, sollte darauf geachtet werden das die Böden nicht gefroren, abgetrocknet und unbearbeitet sind. Während der Überfahrt werden im Sekundentakt die GPS-Position und die Messwerte registriert. (Agri Con Precision Farming Company)

Anhand dieser Daten kann nun eine Kartierung der Fläche erfolgen, diese gibt Auskunft über die jeweiligen Zonen des Bodens.

Nährstoffspeicherung und –Freisetzung, Wasserspeichervermögen und natürliche Ertragsfähigkeit korrelieren eng mit dem Feinerdanteil bzw. der Bodenscannerzone (Agri Con Precision Farming Company).

---

Deshalb ist es sinnvoll mithilfe dieser Daten ein Raster für die Bodenbeprobung zu erstellen um somit eine bessere Kartierung für die Nährstoffverteilung zu erhalten.

### 2.2.2 Bodenbeprobung und Erstellung der Nährstoffkarten

Bei der Bodenbeprobung handelt es sich um einen Vorgang der alle 3-4 Jahre wiederholt werden sollte um Unterschiede in der Nährstoffverteilung zu ermitteln und somit die entsprechenden Düngemaßnahmen anzupassen. Wenn für das entsprechende Feld eine Untersuchung der Leitfähigkeit durchgeführt wurde, kann ein entsprechender Beprobungsplan erstellt werden um eine genauere Nährstoffverteilung zu ermitteln.

Die Beprobung erfolgt meist maschinell mit einer elektrisch hydraulischen Probeentnahmetechnik und einem Geländefahrzeug, eine Beprobung dieser Art erzielt meist genauere Ergebnisse da durch die maschinelle Unterstützung Fehler minimiert werden. Mithilfe des Beprobungsplans werden pro Beganglinie 10-15 Proben gezogen und die jeweiligen Standorte via GPS dokumentiert, diese ergeben dann eine Mischprobe. Je häufiger das jeweilige Feld beprobt wird umso genauer und aussagekräftiger sind die daraus gewonnenen Daten. Es ist üblich das Feld in 1 - 5ha Raster zu beproben, dies hängt von der Beschaffenheit des Bodens ab. Ist das Feld sehr homogen so empfiehlt sich ein 5 ha Raster, beim heterogenen Feld ist ein kleineres Raster vorzuziehen.(Agri Con Precision Farming Company)

Die jeweilige Mischprobe wird im Labor nach dem zu untersuchenden Stoff analysiert und den entsprechenden Koordinaten zugeordnet. Die dabei entstehende Tabelle kann im GIS weiterverarbeitet und somit eine Nährstoffkarte erstellt werden.

### 2.3 Funktionsweise Ertragskartierung in Feldhäckslern

Als Ertragskartierung wird ein Verfahren bezeichnet, bei dem die Erntemaschine während der Überfahrt die Ertragsdaten misst und dem jeweiligen Standort mittels GPS Empfänger zuordnet.

Bei den heutigen Ertragsmessungen handelt es sich prinzipiell um eine Volumenstrommessung, diese ist unabhängig von dem Fabrikat.

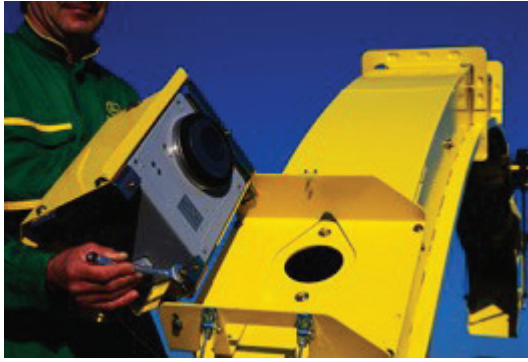
---

Das Volumen wird bei Feldhäckslern vor dem Häckselaggregat ermittelt. Im Einzug befinden sich Vorpresswalzen, diese drücken das Material zusammen und schaffen somit eine homogene Material Verteilung , da die Breite des Einzug Kanals und die Einzugsgeschwindigkeit bekannt ist, kann somit ein Volumen von dem Bordcomputer ermittelt werden. Damit die Volumen-Daten von dem Bordcomputer entsprechend ausgewertet werden können muss im Vorfeld die Fruchtart im Terminal hinterlegt werden, damit das spezifische Gewicht des Erntegutes bekannt ist. Mit Hilfe dieser Daten, der Arbeitsbreite und der Arbeitsgeschwindigkeit kann der Häcksler den Durchsatz pro Stunde und Ertrag pro Hektar ermitteln.

Um eine möglichst hohe Genauigkeit bei der Messung zu erzielen, empfiehlt es sich bei wechseln des Schlages oder veränderten Erntebedingungen erneut eine Kalibrierung vorzunehmen. Hierzu wird im Bordcomputer des Häckslers das Kalibrieremenü aufgerufen und gestartet. Anschließend wird ein leerer Anhänger befüllt und die Kalibrierung beendet. Nun sind die gemessenen Daten im Terminal hinterlegt. Anschließend muss der Transportfahrer, welcher bei der Kalibrierung befüllt wurde, auf der Waage die Masse des Erntegutes bestimmen und dem Häckslerfahrer mitteilen. Dieser ruft im Terminal erneut das Kalibrieremenü auf und gleicht die gewogene Menge mit der gemessenen ab. Alle Daten die nach der Kalibrierung gemessen wurden, werden entsprechend angeglichen.

Damit ebenfalls die Trockenmasse ermittelt werden kann, wird der Trockensubstanzgehalt benötigt. Dieser wird bei Claas mithilfe des Leitwertes bestimmt. Der Sensor befindet sich am Auswurfkrümmer, dieser ermittelt 100mal pro Sekunde den Leitwert und die Temperatur des Erntegutes. Aus diesen Daten kann der Trockensubstanzgehalt ermittelt und den Ertragsdaten zugeordnet werden. Der Trockensubstanzgehalt bei diesem System kann bei Gras zwischen 28-55% und bei Mais zwischen 30-55% ermittelt werden.(Claas)

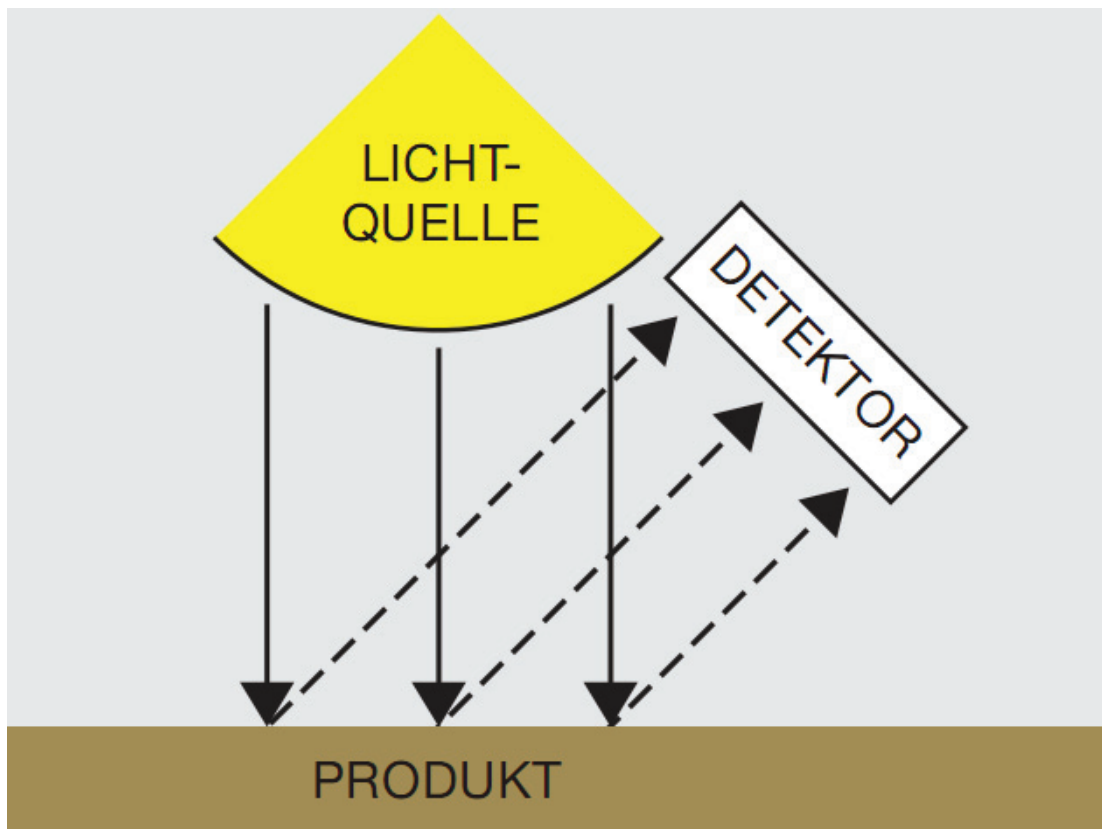
Bei John Deere wird der Trockensubstanzgehalt mithilfe der Nah-Infrarot-Technik Gemessen. Dazu sind ein Spektrometer und eine Lichtquelle erforderlich, diese befinden sich am Auswurfkrümmer und messen den vorbeilauenden Gutstrom.



## **Abbildung 2 Befestigungsort des HarvestLab am John Deere Feldhäcksler**

(Quelle: John Deere)

Bei diesem System wird die Zellfeuchte des Erntegutes bestimmt. Eine Lichtquelle sendet ein Lichtsignal 17-mal pro Sekunde auf das vorbeilaufende Erntegut, die auf das Erntegut treffende Strahlung wird von diesem zum Teil absorbiert und zum Teil reflektiert. Der Reflektierte Teil wird mit Hilfe eines Prismaglas in verschiedenen Farben aufgeteilt. Für jede Zellfeuchte ist eine andere Farbkombination in der Messtechnik vorhanden. Um eine hohe Genauigkeit zu gewährleisten sind tausende Kalibrierkurven hinterlegt. Aus den ermittelten 17 Werten pro Sekunde, wird der Mittelwert errechnet und im Sekundentakt am Bordcomputer ausgegeben.(DLG-PRÜFBERICHT 5913F)



**Abbildung 3 Funktionsweise des NIR-Sensors**

(Quelle:DLG-Prüfbericht 5913 F)

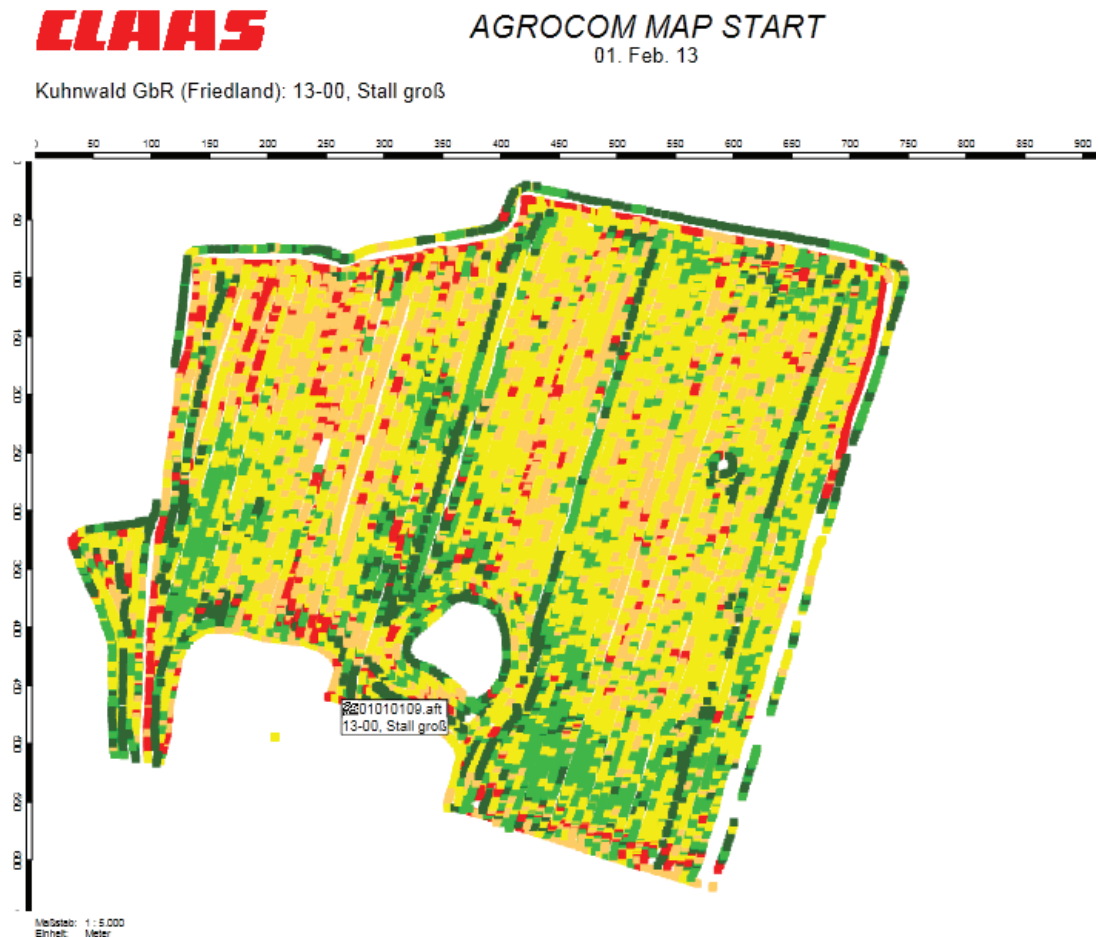
Mithilfe einer GPS-Antenne wird die aktuelle Position des Erntefahrzeugs ermittelt. Der Bordcomputer speichert nun in bestimmten abschnitten den Ertrag pro Hektar, TS-Gehalt und die GPS-Position. Diese Daten können anschließend mit einem entsprechenden Programm ausgewertet und eine entsprechende Ertragskartierung erstellt werden.

#	Ertrag	Höhe	Arbeitsbreite	Kalibrierungsfaktor	Litergewicht	Ernteleistung	Flächenleistung	Verbrauch pro Fläche	Momentanverbrauch
15	82,60	14,75	750	1,89	700	186	0,0013	72,4	161
16	68,80	14,75	750	1,89	700	186	0,001	72,4	161
17	112,60	14,625	750	1,89	700	304,2	0,001	72,4	161
18	112,60	14,625	750	1,89	700	304,2	0,001	72,4	161
19	112,60	14,625	750	1,89	700	304,2	0,001	72,4	161
20	87,70	14,625	750	1,89	700	237	0,001	72,1	162
21	87,70	14,625	750	1,89	700	237	0,001	72,1	162
22	75,20	14,625	750	1,89	700	237	0,0011	72,1	162
23	77,50	14,75	750	1,89	700	244,2	0,0011	72,1	162
24	77,50	14,75	750	1,89	700	244,2	0,0011	72,1	162
25	77,50	14,75	750	1,89	700	244,2	0,0011	72,1	162
26	80,10	14,875	750	1,89	700	252,6	0,0011	72,1	162
27	80,10	15,0	750	1,89	700	252,6	0,0011	71,8	162
28	93,50	15,25	750	1,89	700	252,6	0,001	71,8	162

**Abbildung 4 Darstellung der Rohdaten aus dem Feldhäcksler**

(Quelle: Agrocom Verarbeitungsprogramm)

Mit Hilfe der Rohdaten kann in einem entsprechenden Programm eine Ertragskarte erstellt werden. Zunächst wird die Karte vereinfacht und unbearbeitet dargestellt so wie es von dem Feldhäcksler aufgezeichnet wurde, diese kann jedoch bearbeitet werden und stellt dann eine auswertbare Ertragskartierung da.



**Abbildung 5 unbearbeitete Ertragskarte**

(Quelle: Agrocom Verarbeitungsprogramm)

## 2.4 Ökonomischer Aufwand bei Einsatz der Technik.

Die Nachfolgenden Kosten beziehen sich auf die von der Firma Agri Con Precision Farming Company angebotene Technik, sowie Dienstleistung für die Beprobungen und kosten zu Berechnung der Applikationskarten. Als Bezugsbasis für die Preisermittlung wurde von einer Betriebsgröße von 500ha Ackerland ausgegangen. Ebenso wird vorausgesetzt das ein Düngerstreuer auf dem Betrieb existiert der in der Lage ist von dem Agri Con Terminal angesteuert zu werden, dies ist auf den meisten Betrieben der Fall.



Für die Leitwertmessung entstehen Kosten in Höhe von 7,05€/ha, danach erfolgt die Beprobung im 3ha Raster, diese kostet 5,80€/ha, die Analyse der Bodenprobe schlägt mit 6,80€/ 3ha zu Buche, das entspricht 2,27€/ha. Zusammengefasst ergeben sich Kosten von 15,12€/ha. Das ISOBUS-Terminal zur Ausbringung kostet einmalig 2600€ und die Berechnung der Applikationskarten 0,75€/ha/Jahr. (Agri Con Precision Farming Company)

Da die Leitwertmessung einmalig ist, wird mit einem Bezugszeitraum von 5 Jahren gerechnet, ebenfalls wird die Nutzungsdauer des Terminals auf 5 Jahre veranschlagt. Es wird davon ausgegangen das, das Terminal ohne Fremdkapital angeschafft wird. Zu besserer Übersicht werden alle Kosten auf Bezugsgröße Hektar und Jahr kalkuliert. Damit ergeben sich Kosten für die Leitwertmessung im Höhe von 1,41€/ha/Jahr und für das Terminal betragen sie 1,04€/ha/Jahr. Die Bodenbeprobung schlägt mit 2,69€/ha/Jahr zu Buche, es wird davon ausgegangen das diese Alle 3 Jahre wiederholt wird. Zu Berechnung für die Applikationskarten werden 0,75€/ha/Jahr fällig. Somit belaufen sich die gesamten Kosten in Höhe von 5,89€/ha/Jahr. In der nachfolgenden Tabelle sind noch einmal die Kosten als Übersicht dargestellt.

	Kosten Hektar und Jahr
Leitwertuntersuchung	1,41 €
Bodenuntersuchung	2,69 €
Applikationskarten Erstellung	0,75 €
Terminal	1,04 €
<b>Gesamt</b>	<b>5,89 €</b>

**Tabelle 1 Kostenaufwand für teilflächenspezifische Düngung**

(Quelle: eigene Darstellung, nach Agri Con Precision Farming Company)

---

## 3. Betriebsprofil der Kuhnwald GbR

### 3.1 Betrieb

Der Landwirtschaftsbetrieb Kuhnwald GbR liegt im östlichen Teil von Mecklenburg Vorpommern in dem Ort Friedland, dort wurde er von den Eheleuten Peter und Marlies Kuhnwald 1990 gegründet und beschäftigt nun 4 Mitarbeiter. Der Betrieb bewirtschaftet eine Fläche von 816ha, darunter sind 470ha Ackerland und 346ha intensiv Grünland. Zusätzlich zu dem Ackerbau und der Grünlandwirtschaft werden 400 Mastbullen mit einer durchschnittlichen Tageszunahme von 1500g/Tier/Tag gehalten und eine Biogasanlage mit 600Kw elektrische Leistung betrieben.

Bei den Ackerflächen handelt es sich um einen sehr leichten und sandigen Standort mit durchschnittlichen 27 Bodenpunkten, durch eine häufig auftretende Vorsommertrockenheit und durchschnittlich 540mm Jahresniederschlag muss besonders auf den Wasserhaushalt des Bodens geachtet werden. Um die Flächen schneller, kostengünstiger und verdunstungsärmer bei der Bodenbearbeitung zu bewirtschaften, wird seit 2001 ausschließlich pfluglos gearbeitet.

Um für die Tiere und der Biogasanlage genügend Mais zur Verfügung stellen zu können, wird auf dem Großteil der Flächen Mais angebaut. Die Anbauflächen umfassen zwischen 180-220ha Mais Pro Jahr, damit liegt der Maisanteil zwischen 38-47% auf dem Betrieb. Zum Einsatz kommen sehr späte Maissorten, mit einer Siloreifezahl von 250-300, die sich hauptsächlich für den Einsatz in Biogasanlagen eignen und sehr hohe Erträge bei geringeren Stärkeanteil erzielen. Um dem Energie-Defizit in der Maissilage und dem damit verbundenen Defizit in der Futterration der Bullen entgegen zu wirken, werden jährlich 150t Weizen geschrotet und mit Propionsäure versetzt in Siloschläuchen eingelagert und dem Bullenfutter beigemischt. Auf den übrigen Flächen wird C-Weizen, Brot-Weizen, Brotroggen und Hybrid-Raps angebaut. Da die Maisernte meist Anfang bis Mitte Oktober erfolgt, stellte sich die anschließende Bestellung mit C-Weizen als sehr vorteilhaft heraus, dieser erzielt auch bei sehr später Saat noch stabile und Wirtschaftliche Erträge. Etwa 300t des Produzierten Futterweizens werden eingelagert und durch den Futtermittelhandel Kuhnwald vermarktet, 150t werden in der Bullenmast ver-

---

arbeitet und der Rest wird über den Landhandel verkauft. Durch den leichten Standort und der Vorsommertrockenheit ist es schwierig über mehrere Jahre hohe Qualitäten in der Weizenproduktion zu erreichen. Auf den besseren Standorten wird Rapsanbau betrieben und auf den sehr leichten wird Brotroggen erzielt. Durch die Unterschiedlichen Bodenbedingungen und den zum Teil 15km weiten Entfernung zum Betriebs-Stützpunkt und die damit verbunden Transportkosten findet der Maisanbau auf den dichteren Flächen statt und somit gibt es keine einheitliche Fruchtfolge.

Bei den Grünlandstandorten handelt es sich hauptsächlich um Niedermoorstandorte, etwa 150ha werden seit 2010 intensiv bewirtschaftet. Durch die Teilnahme an Fördermaßnahmen für naturschutzgerechtes Grünland ist es erst ab 2013 möglich auf den übrigen Flächen intensiv zu wirtschaften.

Auf etwa 100ha wird das Futter für die Mastbullen Produziert, das auf den restlichen Flächen produzierte Gras wird in der eigenen Biogasanlage verwertet.

Die Mastbullen werden im Stall auf Stroh gehalten. Die Tiere werden mit einem Alter von etwa 6 Monaten zugekauft und über einen Zeitraum von 12 Monaten gefüttert. Bei den Rassen handelt es sich ausschließlich um Fleischrinder, da diese unter anderem die Besten Fleischqualitäten, Tageszunahmen und Futterwertung haben. Die Tiere werden 3mal am Tag gefüttert wobei die Rationen sich mit der Länge der Mastdauer verändern. Außer Sojaextraktionsschrot werden nur selbst Produzierte Futtermittel eingesetzt. Der von den Rindern Produzierte Mist wird Komplette der Biogasanlage zugeführt.

Bei der Biogasanlage handelt es sich um eine Anlage mit Fermenter, Nachgärer und Gärrestlager. Diese hat eine Gärrvolumen von 5000m<sup>3</sup> und ein Gärrestlager von 4500m<sup>3</sup>. Die Verweilzeit ist abhängig von den eingesetzten Substraten und beträgt zwischen 90 und 110 Tage. Bei der Planung der Biogasanlage war es wichtig das in dieser der anfallende Mist und Gras komplett verwertet werden kann, daher wird die Anlage mit einen hohen Mist und Grasanteil gefahren, welcher über 50%liegt. In der Anlage werden Jährlich 6000t Maissilage, 4000t Grassilage und 3000t Mist für die Biogasproduktion verwertet. Damit das Gärsubstrat Pump- und Rührfähig bleibt wird Wasserzuggeführt. Das anfallende Gärrest wird dann mit dem Güllefass auf die ent-

---

sprechenden Flächen ausgebracht und dient somit der Nährstoffversorgung der Pflanzen.

## **3.2 Technik im Betrieb**

### 3.2.1 Technik allgemein

Da die Kuhnwald GbR als Betriebszweig ein Lohnunternehmen hat, verfügt dieser Betrieb über eine sehr Großdimensionierte und moderne Maschieneinrichtung. Alle anfallenden Arbeiten werden von den eigenen Maschinen übernommen. Der Betrieb verfügt über 6 Traktoren, 2 New Holland mit einer Leistung von 150 PS, ein New Holland mit 220PS, ein Fendt mit 270PS, ein Fendt mit 390PS und ein Claas Xerion mit 380PS je nach Einsatzbereich sind diese unterschiedlich ausgestattet. Die New Holland Traktoren sind mit einer kleineren Bereifung ausgestattet da diese hauptsächlich Pflegearbeiten übernehmen. Die Fendt Traktoren verfügen über eine sehr Breite und damit Bodenschonende Bereifung, zusätzlich zu dieser ist es möglich beide mit Zwillingsbereifung zu fahren. Die Zwillingsbereifung wird immer bei der Saat verwendet um besonders Bodenschonend zu arbeiten und ein gleichmäßig abgesetztes Saabett zu gewährleisten. Bei der Grünlandpflege wird die Zwillingsbereifung meist zum Frühjahr eingesetzt da ohne diese auf den Nassen Moorböden kein Walzen möglich wäre. Da im Betrieb sehr viele Transportarbeiten anfallen, haben sich die Fendt Traktoren als sehr Vorteilhaft erwiesen. Der Claas Xerion wird bei schwerer Bodenbearbeitung und als Walzschlepper beim silieren eingesetzt. Da seit 2001 Pfluglos gearbeitet wird ist die Bodenbearbeitungstechnik entsprechend darauf abgestimmt, zur tiefen Bodenbearbeitung dient ein 4breiter Grubber und zur Aussaat von Getreide, Raps und Zwischenfrüchten eine 4,5m breite Drillmaschine mit vorgebauter Saabettbereitung und Scheibenscharen welche mit Ernterückständen keine Probleme hat. Zur Beerntung der Getreide und Raps Flächen wird ein New Holland CX 840 eingesetzt. Der Betrieb verfügt über eine komplette Häckselkette, mit drei Transportfahrzeugen, ein Mähwerk mit einer Arbeitsbreite von 8m, ein 4 Kreiselschwader mit einer Arbeitsbreite von 13,5m und als Erntefahrzeug wird seit 2011 ein Claas Jaguar 960 eingesetzt, dieser ist im Grünland mit einer Pick-Up und im Mais mit einem 7,5m breiten reihenunabhängigen Schneidwerk ausgestattet. Der Teil der Technik welcher für die Si-

---

lomaiproduktion eingesetzt wird, wird unter 4. Maisanbau im Betrieb noch einmal ausführlicher vorgestellt.

### 3.2.2 Precision Farming Technik im Betrieb

Bereits 2008 wurde im Betrieb ein Parallelfahrssystem angeschafft, welches zwischen den Traktoren ausgetauscht werden konnte. Der Grund für die Anschaffung war das Ziel Pflanzenschutzmaßnahmen und Düngemaßnahmen im Grünland besser durchführen zu können. Die Genauigkeit dieses Gerätes beträgt  $\pm 30\text{cm}$  und war damit für diese Maßnahmen ausreichend. Durch geringere Überlappung sowie Vermeidung von nicht behandelten Flächen konnte man somit Kosten senken und schaffte homogenere Bestände. Ein weiterer Anwendungsbereich war die Totalherbizid Maßnahme bei Ausfallgetreide oder Raps. Zusätzlich zu den Pflanzenschutz und Düngemaßnahmen wurde das Parallelfahrssystem bei allen Anwendungen eingesetzt wo es von Nutzen war. Darunter zählt beispielsweise das Mähen der Grünlandflächen, durch diesen Einsatz sind in Folge dessen auch die Schwade gerade, was wiederum die Futterbergung erleichtert. Weiterhin wird das System bei der Gülleausbringung angewandt um Doppelte bzw. fehl Ausbringung zu vermeiden. Seit Frühjahr 2012 wird auf dem Betrieb ein Claas Xerion eingesetzt, dieser ist mit einem Autopilot ausgestattet welcher eine Genauigkeit von  $\pm 15\text{cm}$  hat. Zu Beginn des Jahres 2013 wurde der Fendt 927 mit einem Autopilot ausgestattet welches ein RTK-Signal empfängt und somit eine Genauigkeit von  $\pm 2\text{cm}$  hat. Dieser Autopilot besitzt 2 GPS-Empfänger, einer wird auf dem Traktor angebracht und einer auf das entsprechende Anbaugerät. Somit kann auch bei Gerätedrift eine absolut hohe Genauigkeit Erreicht werden. Diese Maschine soll bei der Aussaat für minimale Überlappung sorgen und den Aufwand für Saatgut und in Folge der geringeren Überlappung auch für Pflanzenschutz und Dünger Reduzieren. Zusätzlich ist es geplant permanente Fahrgassen anzulegen und somit die minder Erträge welche durch Bodenverdichtungen in den Fahrgassen verursacht werden zu reduzieren.

Mit dem Ziel Betriebsmittelkosten weiter zu senken wurde 2009 ein aktiver Yara N-Sensor mit entsprechendem Bedienterminal angeschafft. Dieser Sensor sollte min Getreide und Raps bei der Stickstoff Applikation eingesetzt werden. Da auf dem Betrieb viel mit Wirtschaftsdünger gearbeitet wird und die Böden auf einem Feld starke Unterschiede aufweisen, stellte sich die

---

Investition als eine sehr sinnvolle heraus. Es konnte im Durchschnitt 30kg/ha Stickstoff pro Jahr gespart werden, zudem gab es kein Lagergetreide mehr. Die Getreide und Raps bestände sind viel homogener geworden. Nach der Ernte 2009 wurden dann die ersten Flächen mit dem Bodenscanner von der Firma Agri Con gescannt und beprobt, diese erstellten dann anschließend mit den ausgewerteten Bodenproben die Nährstoffkarten und die jährlichen Applikationskarten für Calcium, Phosphor, Kalium und Magnesium. Es fiel auf das es eine sehr unterschiedliche Verteilung der einzelnen Nährstoffe auf den Feldern gibt, so gibt es Beispielsweise auf einem Feld Zonen mit einer Phosphor Gehaltsklasse A, welche eine Phosphorkonzentration von unter 3mg/100g Boden aufweist und Zonen mit der Gehaltsklasse E, welche eine Phosphorkonzentration von über 12mg/100g Boden aufweist. Bei den anschließenden Düngungen wurde ausschließlich mit den Applikationskarten gearbeitet und somit die Nährstoffe Teilflächenspezifisch ausgebracht. Die Applikationskarten werden dann in das Terminal geladen welcher sich in dem Schlepper befindet, dieses Steuert den Streucomputer des Düngerstreuers, oder der anderer Geräte, und damit verbunden den Düngerstreuer mit den verschiedenen Ausbringmengen.

Zu erwähnen ist noch das die Maislegemaschiene in der Lage ist die Unterfußdüngung ebenfalls teilflächenspezifisch auszubringen. Ab Frühjahr 2013 wird zusätzlich zu der Düngung der N-Sensor auch bei der Ausbringung von Wachstumsregler eingesetzt.

Als 2011 die Anschaffung eines neuen Feldhäckslers anstand entschied man sich für einen Claas Jaguar diese wurde mit Ertragsmessung, Trockensubstanzmessung und entsprechender Kartierung dieser Daten ausgestattet. Somit ist es möglich bei der Mais und Grasernte Ertragskartierung zu erstellen und auszuwerten.

---

## 4. Maisanbau im Betrieb

### 4.1 Bodenbearbeitung und Aussaat

Nachdem das Getreide im Sommer abgeerntet wurde, erfolgt eine flache Bodenbearbeitung mit der Scheibenegge und eine abschließende Aussaat einer Zwischenfrucht. Diese friert im Winter ab und wird im Frühjahr mit einem Kuhn Rotormulcher bearbeitet. Dieser hat eine Arbeitsbreite von 4,5m und zerkleinert den Zwischenfruchtaufwuchs damit dieser bei der anschließenden Bodenbearbeitung besser eingearbeitet werden kann. Erfolgt die Aussaat von Mais nach Mais, wurden die Maisstoppeln auf dieser Fläche bereits im Herbst gemulcht und es wurde ein flacher Stoppelsturz vollzogen. Wenige Tage vor der Aussaat, wird mit einem Güllefass der Marke Samson PG25 der Gärrest ausgebracht. Das Fass verfügt über eine 18m Schleppschlauchverteilung und eine Geschwindigkeitsabhängige Ausbringautomatik. Durch die Computer gestützte Ausbringung und die Reduzierung der Überlappung durch ein Parallelfahrssystem kann sichergestellt werden, dass der Gärrest sehr homogen auf das Feld ausgebracht wird. Um Stickstoffverluste zu vermeiden wird der Gärrest unmittelbar nach dem Ausbringen mit einem Grubber eingearbeitet und gleichzeitig das Saatbett bereitet. Bei dem Grubber handelt es sich um einen Väderstad Cultus mit einer Arbeitsbreite von 4,20m und 19 Grubberscharen, welche eine Scharbreite von 80mm haben. Dieser Grubber ist für die tiefe Bodenbearbeitung konzipiert. Die Bearbeitungstiefe beträgt 25cm und durch eine Fahrgeschwindigkeit von 10-12km/h ist eine gute Durchmischung des Bodens gegeben, welche durch die am Gerät angebrachte Gummiwalze wieder rückverfestigt wird. Als Zugmaschine dient ein Claas Xerion, welche ebenfalls mit einem Parallelfahrssystem ausgestattet ist. Nach der Bodenbearbeitung erfolgt die Aussaat mit einem Fendt 927 und einer Amazone EDX 6000 mit einem Reihenabstand von 50cm, welche über eine Ausrüstung verfügt, die es erlaubt, Unterfußdünger auszubringen und den Dünger teilflächenspezifisch zu dosieren. Die Unterfußschare befinden sich 5cm neben den Saatscharen und werden so eingestellt, dass sich die Unterfußdüngung 5cm unter dem Mais Korn befindet. Die Saatgutablage erfolgt in einer Tiefe zwischen 4 und 6cm. Als Unterfußdünger dient dabei Diammonphosphat, welches unter 4.2 ausführlicher beschrieben wird. Auf den drei

---

Feldstücken welche zur Betrachtung in dieser Arbeit heran gezogen wurde, wurde kein Gärrest ausgebracht.

## **4.2 Düngung und Pflanzenschutz**

Um die Ackerfläche voll ausnutzen zu können wird auf das Anlegen von Fahrgassen verzichtet, da diese bei einem Reihenabstand von 50cm und das Abschalten von einer Reihe pro Spur 1m breit wären und somit viel zu groß ausfallen würden. Die Düngung im Bestand würde zu Schäden führen da der Schlepper eine Reifenbreite von 62cm hat und somit mindestens 2 Reihen pro Überfahrt beschädigen würde. Somit entschied man sich die Komplette Düngung direkt nach der Aussaat durchzuführen und somit Beschädigung an den Pflanzen zu verhindern. Eine hohe Schlagkraft ist hier von großer Bedeutung, da alle Düngersorten ausgebracht werden müssen bevor es zu Schäden an den Keimen durch Bodendruck kommen kann. Ausgebracht wird der Dünger mit einem Tellerstreuer von der Marke Amazone ZGB-5500 Drive, mit einer Arbeitsbreite von 18m.

Um den Stickstoffbedarf zu decken wird Alzon46 von der Firma skw Piesteritz eingesetzt, welcher ein Stickstoffgehalt von 46% als Carbamidstickstoff hat. Als Nitrifikationshemmstoff wurde dem Dünger ein Gemisch von Dicyandiamid und 1H-1,2,4 Triazol zugesetzt. (skw Piesteritz)

Für den Magnesium und Schwefelbedarf wird ESTA Kieserit gran. von der Firma K+S KALI GmbH eingesetzt. Dieser besteht zu 25% aus wasserlöslichem Magnesiumoxid und zu 20% aus wasserlöslichem Schwefel. (K+S KALI GmbH)

Um den Kaliumbedarf zu decken wird 60er Kali gran. eingesetzt welcher ebenfalls von der Firma K+S KALI GmbH hergestellt wird. Dieser besteht zu 60% aus wasserlöslichem Kaliumoxid. (K+S KALI GmbH)

Für die Unterfußdüngung wird DAP eingesetzt, dieser enthält 18% Gesamtstickstoff in Ammonium- Form und 46% ammoncitratlösliches Phosphat, welches zu etwa 90% wasserlöslich ist. (YARA GmbH & Co. KG, 2. Auflage)

Im 4-6 Blattstadium erfolgt eine einmalige Herbizid Behandlung mit einer Feldspritze der Marke Hardi Commander 4200, mit einer Arbeitsbreite von 18m. Das eingesetzte Herbizid ist abhängig von den Standortbedingungen und unterscheidet sich oft von Feld zu Feld.



---

### **4.3 Ernte**

Wenn bei den Pflanzen ein Trockensubstanzgehalt von 33% eingetreten ist, wird mit der Ernte begonnen. Als Häcksler dient dabei ein Claas Jaguar 960 mit einer Arbeitsbreite von 7,5m und einer Motorleistung von 653PS. Die Häcksellänge beträgt 5mm um einen schnellen Aufschluss in der Biogasanlage und im Pansen der Rinder zu gewährleisten. Zum Abtransport dienen 3 Schlepper mit Anhänger, welche ein gesamtes Transportvolumen von 140m<sup>3</sup>. Um eine möglichst hohe Qualität bei der Maissilage zu erreichen, werden zwei Walzschlepper eingesetzt, zum einen ein Fendt 939 mit einem 5m breiten Schiebeschild, welcher zusätzlich mit Wasser in den Reifen ballastiert wurde und ein Gesamtgewicht von 19,8t aufweist. Der zweite Schlepper ist ein Claas Xerion 3800, dieser ist mit einem 3m breiten Schiebeschild ausgestattet und hat ein Gesamtgewicht von 16t.

### **4.4 Agri Con Precision Farming Company**

Da die Firma Agri Con Precision Farming Company die Grundlage für die Teilflächenspezifische Düngung bei der Firma Kuhnwald GbR geschaffen hat, werden diese und ihre Dienstleistungen kurz vorgestellt.

Das Unternehmen wurde 1997 gegründet, beschäftigt aktuell 50 Mitarbeiter und erwirtschaftet einen Jahresumsatz von 6,5Mio.€. Ihr Aufgabenbereich erstreckt sich von der Konzeption über die Einführung von Precision Farming Technologien bis hin zur Anwendung dieser Technik. Das Unternehmen bietet einzelne Dienstleistung an sowie das komplette Programm, von dem Scannen des Bodens und der Beprobung mit Erstellung der entsprechenden Nährstoffkarten bis hin zu der Auswertung dieser und Erstellung der entsprechenden Streukarten. Zudem werden alle dazugehörigen Geräte angeboten die nötig sind um die Daten zu verarbeiten. ( Agri Con Precision Farming Company)

Bei der Firma Kuhnwald GbR wurden die Flächen gescannt, Beprobte und die Nährstoffkarten erstellt. Zusätzlich werden jährlich die Streukarten für Phosphor, Kalium und Kalk angefertigt. Das Terminal zur Verarbeitung der Daten und Steuerung des Düngerstreuers ist seit dem Kauf des Yara-N-Sensors vorhanden.

---

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Ertragsdaten

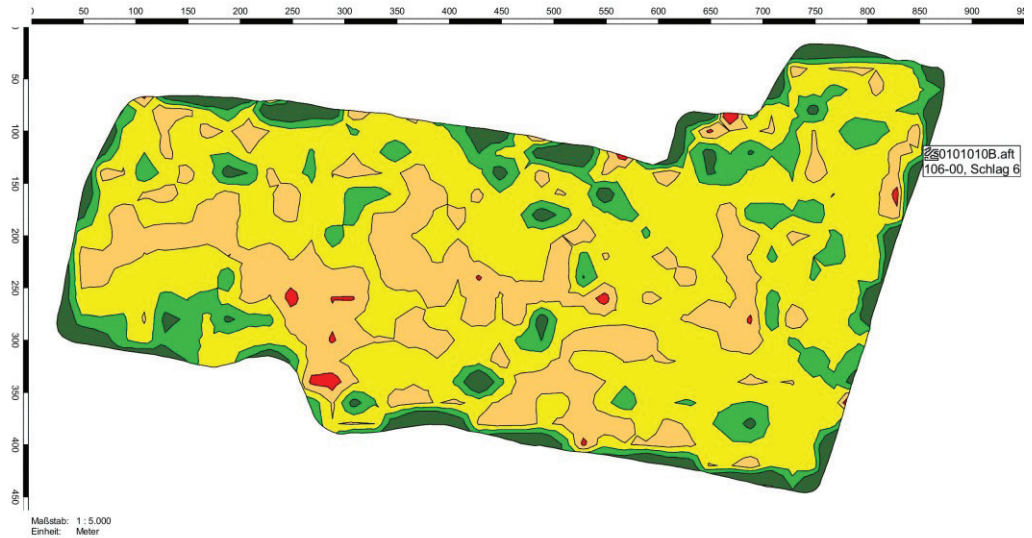
Ausgewertet werden die Ertragskarten von drei verschiedenen Feldern. Auf allen drei Feldern wurde die Maissorte Atleteco S 280 (KWS Saat) angebaut. Als Grundlage für die Ertragsdaten dient die Messung des Claas Jaguar 960. Die Ertragsmessung wurde zweimal am Tag kalibriert, um eine genaue Messung sicherzustellen, dabei war zu beobachten, dass es kaum zu Abweichungen zwischen der vom Häcksler und der von der Waage erfassten Masse gab. Zum Erntezeitpunkt hatte das Häckselgut auf allen drei Feldern einen durchschnittlichen Trockensubstanzgehalt von 35%

Die ersten beiden Felder liegen an der B197 Ortsausgang Friedland, Richtung Anklam.

Das erste Feld ist 23,5ha groß und hat die Feldblocknummer DEMVLI076CC40015. Im Betrieb der Kuhnwald GbR und auf den Abbildungen wird dieses als „Jungfernholz“ bezeichnet.

In der folgenden Abbildung ist die Ertragskartierung zu erkennen. Aus dieser geht hervor, dass auf dem Feld 1.512,398t Frischmasse geerntet wurde. Daraus ergibt sich ein entsprechender Ertrag von 64,28t/ha FM, beziehungsweise 22,5t/ha Trockenmasse. Dabei schwanken die Erträge auf dem Feld sehr stark, so konnte auf 8% der Fläche nur ein Ertrag unter 39t/ha FM erzielt werden. Diese niedrigeren Ertragszonen sind hauptsächlich am Vorgehende Vorzufinden, was auf Beschattung durch Bäume, Bodenverdichtung und Wendebögen der Fahrgassen zurück zu führen ist. Auf 11,8% der Fläche wurde ein Ertrag von 39,1 – 50,3t/ha FM, auf 50,8% ein Ertrag von 50,3-61,5t/ha Frischmasse. Aus diesen Zahlen geht hervor, dass 70,6% der Fläche unter dem Ertragsdurchschnitt liegen. Die restlichen 29,4% lassen sich in zwei weitere Ertragszonen zusammenfassen, zum einen der Bereich zwischen 61,3-72,7t/ha FM, welcher zu einem Anteil von 27,3% vorhanden ist und zum anderen der Bereich in dem ein Ertrag von über 72,7t/ha FM erzielt wurde, dieser aber mit 2% sehr gering ausfällt.

Kuhnwald GbR (Friedland): 106-00, Schlag 6



**Rohdaten '0101010B.af'**

Kunde: Kuhnwald GbR (Friedland)  
Schlag: 106-00, Schlag 6

GPS-Datum: 04.10.2011 16:20:14

**Legende 'Standard Ertrag' [t/ha]:**

- Bis 39,10
- 39,10 - 50,30
- 50,30 - 61,50
- 61,50 - 72,70
- Über 72,70

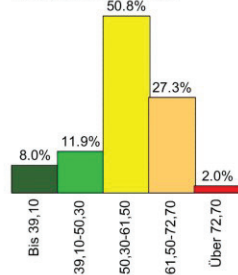
**Werte aus Auftrag:**

Fläche: 28,6342 ha  
Durchschnitt: 52,82 t/ha  
Gesamtmenge: 1.512,398 t  
Durchschnittskornfeuchte: 0,00 %

**Werte aus Karte:**

Feldumrandung: 23,5266 ha  
Durchschnitt (Ertrag): 55,53 t/ha  
Gesamtmenge (Ertrag): 1.306,33 t  
**Durchschnitt aus Feldumrandung:**

1.512,398 t / 23,5266 ha = 64,28 t/ha  
**Histogramm für Ertrag:**



**Abbildung 6 Ertragskartierung des Feldstückes Jungfernholz**

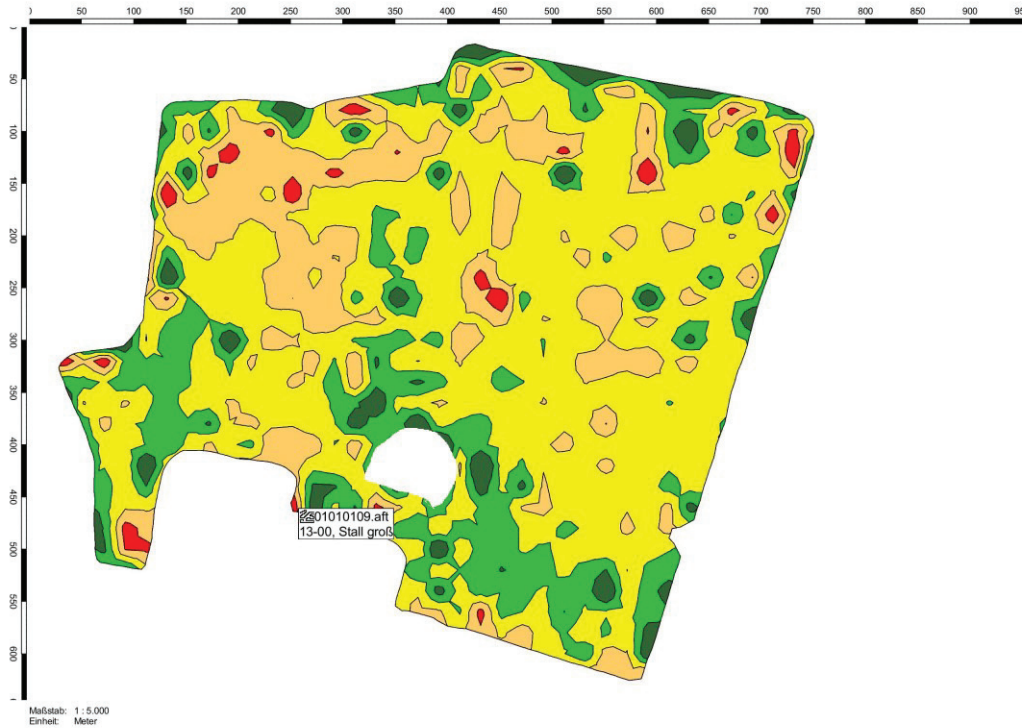
(Quelle: Eigene Darstellung aus dem Agrocom Verarbeitungsprogramm)

---

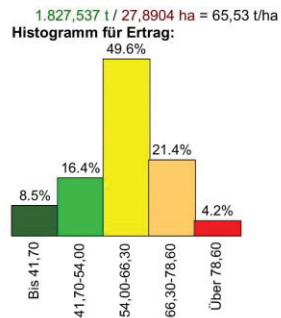
Das zweite Feld liegt unmittelbar neben dem ersten beschriebenen. Es hat eine Größe von 27,9ha und hat die Feldblocknummer DEMVLI076CC40010, sowie den Namen „Stall groß“.

Auf der folgenden Abbildung ist die entsprechende Ertragskartierung zu der Fläche zu finden, aus dieser ist ersichtlich das auf der gesamten Fläche 1.827,537t FM Mais geerntet wurden, das entspricht einen Hektar-Ertrag von 65,53t/ha FM, beziehungsweise 22,94t/ha TM. Wie schon auf dem anderen Feld zu sehen ist, sind die Bereiche mit den niedrigeren Ertragszonen, welche unter 41,7t/ha FM liegen, vermehrt am Vorgewende zu finden, Des Weiteren findet man im unteren Bereich der Karte ein Wasserloch, um dieses herum sind ebenfalls Bereiche zu finden deren Ertrag sich im unteren Bereich ansiedelt. Obwohl die Bedingungen um dieses besagte Wasserloch besser als auf dem Rest des Feldes sind, führte der hohe Niederschlag im Sommer 2011 zu Ertragseinbußen an diesen Stellen. Im Gesamten sind die Prozentualen Anteile ähnlich verteilt wie in der vorigen Flächen, zu erwähnen ist aber das die Einteilung der jeweiligen Ertragszonen höher ist . So umfasst der Hauptbereich, welcher 49,6% der Fläche ausmacht, einen Ertrag von 54-66,3t/ha FM. Des Weiteren wurde auf 4% der Fläche ein Ertrag von über 78t/ha FM geerntet wurde.

Kuhnwald GbR (Friedland): 13-00, Stall groß



**Rohdaten '01010109.afk'**  
**Kunde:** Kuhnwald GbR (Friedland)  
**Schlag:** 13-00, Stall groß  
**GPS-Datum:** 01.10.2011 14:12:11  
**Legende 'Standard Ertrag' [t/ha]:**  
 Bis 41,70      66,30 - 78,60  
 41,70 - 54,00      Über 78,60  
 54,00 - 66,30  
**Werte aus Auftrag:**  
 Fläche: 31,7077 ha  
 Durchschnitt: 57,64 t/ha  
 Gesamtmenge: 1.827,537 t  
 Durchschnittskornfeuchte: 0,00 %  
**Werte aus Karte:**  
 Feldumrandung: 27,8904 ha  
 Durchschnitt (Ertrag): 59,46 t/ha  
 Gesamtmenge (Ertrag): 1.658,29 t  
**Durchschnitt aus Feldumrandung:**



**Abbildung 7 Ertragskartierung des Feldstückes Stall groß**

(Quelle: eigene Darstellung aus dem Agrocom Verarbeitungsprogramm)

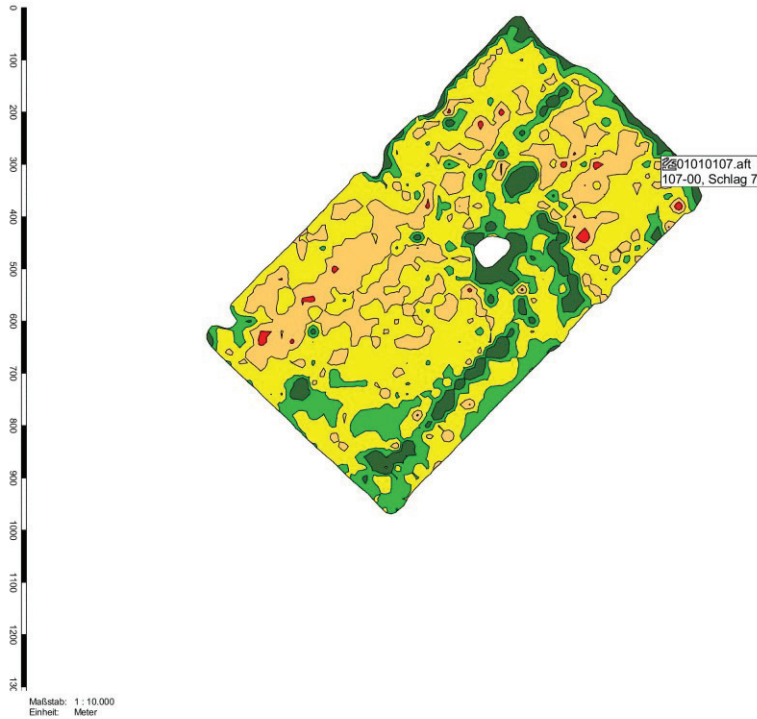
---

Das dritte Feldstück ist 42,9ha groß und liegt an der L273, Ortsausgang Friedland Richtung Bresewitz. Es hat die Feldblocknummer DEMVLI076CC30132 und trägt den Namen „Windmühle“.

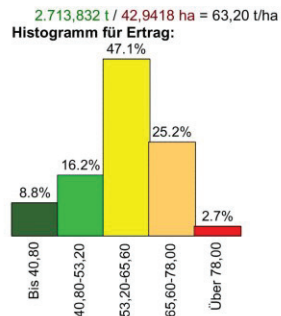
In der nachfolgenden Abbildung ist ebenfalls die entsprechende Ertragskartierung von dem Feldstück zu sehen. Auf diesem Feldstück wurde ein Ertrag von 63,2t/ha Frischmasse bzw. 22,1t/ha TM erzielt, das entspricht einer Gesamten Erntemenge von 2.713,832t. Die Ertragszonen gestalten sich ähnlich wie denen der anderen Felder. Der untere Ertragsbereich ist vermehrt am Vorgewende bzw. in der Mitte des Schlages zu finden, wo auch wie bei dem Feldstück „Stall groß“ eine Senke mit besserem Boden ist und ebenfalls hohe Niederschlagsmengen zu Ertragsrückgängen führten.

Obwohl bei allen Feldstücken, sowie auf einzelnen Bereichen, Phosphor und Kalium unterschiedlich ausgebracht wurden, lassen sich optisch keine Zusammenhänge zwischen den Ertragskarten und den Düngekarten feststellen.

Kuhnwald GbR (Friedland): 107-00, Windmühle



**Rohdaten '01010107.af'**  
**Kunde:** Kuhnwald GbR (Friedland)  
**Schlag:** 107-00, Schlag 7  
**GPS-Datum:** 05.10.2011 09:50:25  
**Legende 'Standard Ertrag' [t/ha]:**  
 Bis 40,80      65,60 - 78,00  
 40,80 - 53,20      Über 78,00  
 53,20 - 65,60  
**Werte aus Auftrag:**  
 Fläche: 48,3976 ha  
 Durchschnitt: 56,07 t/ha  
 Gesamtmenge: 2.713,832 t  
 Durchschnittskornfeuchte: 0,00 %  
**Werte aus Karte:**  
 Feldumrandung: 42,9418 ha  
 Durchschnitt (Ertrag): 58,47 t/ha  
 Gesamtmenge (Ertrag): 2.510,88 t  
**Durchschnitt aus Feldumrandung:**



**Abbildung 8 Ertragskatriierung des Feldstückes Windmühle**

(Quelle: eigene Darstellung aus dem Agrocom Verarbeitungsprogramm)

---

## 5.2 Düngedaten

Wie schon zuvor erwähnt, wurde auf den drei vorgestellten Flächen kein Gärrest ausgebracht. Demnach wurden alle Nährstoffe als Mineraldünger appliziert. Als Bezug zur Berechnung notwendigen Nährstoffe wurde ein zu erwartender Ertrag von 50t/ha zugrunde gelegt. Als Vorfrucht wurde auf allen drei Flächen Silomais angebaut, dieser hat dementsprechend keine Ernterückstände verlassen und sind somit für die Folgekultur keine Nährstoffe anzurechnen. Die Nährstoffe Phosphor und Kalium wurden Teilflächenspezifisch nach der Berechnung der Firma Agri Con Precision Farming Company ausgebracht. Diese berücksichtigten die Nährstoffverteilung auf den Flächen sowie die Leitwertmessungen und wie bereits zuvor erwähnt ein zu erwartenden Ertrag von 50t/ha.

Der Nährstoff Phosphor wurde mit DAP als Unterfußdünger bei der Aussaat und Kalium direkt nach der Saat mit einem Schleuderstreuer als Kali60 ausgebracht

Im Anhang befinden sich die Applikationsberechnung für die jeweiligen Felder, da nach ihnen gearbeitet wurde, entsprechen sie auch der Applikation. Bei allen drei Feldern war die Applikation von Phosphor und Kalium unterschiedlich hoch. So wurde beispielsweise auf dem Feldstück „Stall groß“ Phosphor in Höhe von 30kg/ha ausgebracht, aber das nur auf einer Fläche von 14,9ha. Als zweites Beispiel wird die Kaliumdüngung auf der Fläche „Windmühle“ herangezogen, hier ist der Unterschied auf den einzelnen Teilstücken noch höher. In einem Bereich bewegt sich die Ausbringungsmenge bei 0kg/ha K und auf einigen Bereichen bis hin zu 180kg/ha K.

Zur Ermittlung der Auszubringenden Stickstoffmenge wurde von dem Wert 237,5kg/ha N ausgegangen, welcher dem Entzug bei einem Ertrag von 50t/ha entspricht. Dazu wurde der Nmin Wert abgezogen welcher mit 40kg/ha N angenommen wurde und der mit dem Unterfußdüngung im Mittel ausgebrachten Stickstoffmenge. Die so ermittelte zu Streuende Stickstoffmenge wurde mit Alzon46 ausgebracht. Zur Deckung des Schwefel und Magnesium Bedarfs wurden 150kg/ha ESTA Kieserit gran. Gestreut. Das entspricht 30kg/ha Schwefels, sowie 22,5kg/ha Magnesium.



In der ersten nachfolgenden Tabelle sind die ausgebrachten Düngermengen in Elementarform zusammengefasst. In der zweiten folgenden Tabelle findet man die daraus resultierenden Mineraldünger Mengen. Die ausgebrachten Nährstoffmengen sind auf den drei Feldern relativ gleich, lediglich bei Phosphor und Kalium gibt es signifikante Unterschiede. Diese sind durch verschiedene Bodenversorgung und mit der entsprechenden Applikationsberechnung zu begründen.

	Feldname		
	Jungfernholz	Stall groß	Windmühle
Kaliumdüngung in kg/ha	170	153	152
Phosphordüngung in kg/ha	38	16	22
Magnesiumdüngung in kg/ha	23	23	23
Schwefeldüngung in kg/ha	30	30	30
Stickstoffdüngung durch DAP in kg/ha	33	14	19
Stickstoffdüngung durch Alzon46 in kg/ha	165	183	178

**Tabelle 2 ausgebrachte Nährstoffmengen auf den Feldern**

(Quelle: eigene Berechnung und Darstellung)

	Ausgebrachter Minderdünger in kg/ha		
	Jungfernholz	Stall groß	Windmühle
Kali60	340	305	303
DAP	181	77	103
Kieserit	150	150	150
Alzon46	274	305	297

**Tabelle 3 zeigt die ausgebrachten Mineraldünger Mengen**

(Quelle: eigene Darstellung)

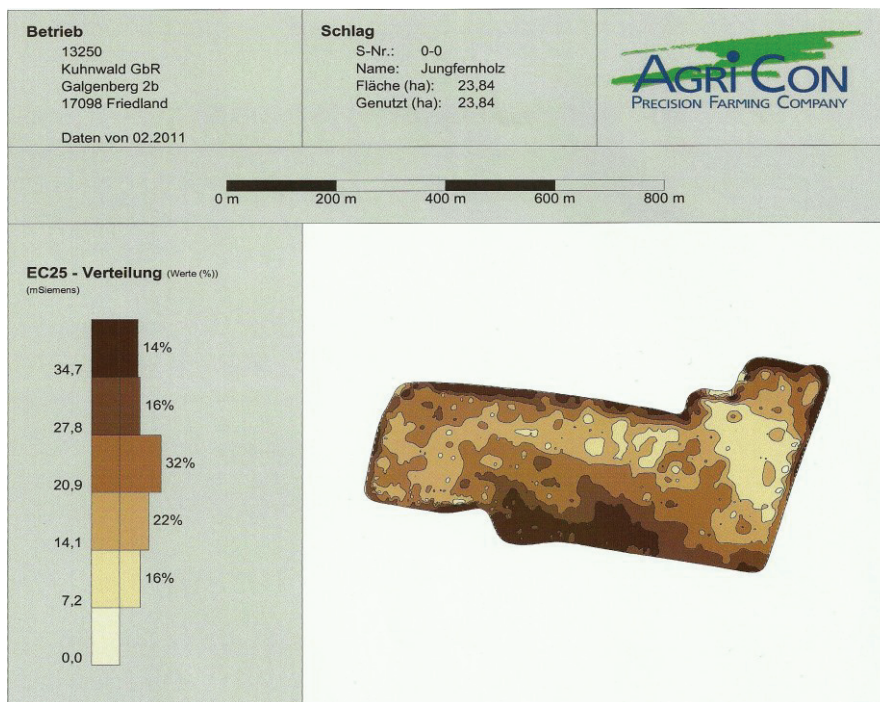
---

### 5.3 Bodenuntersuchungen

Unter diesem Punkt werden nachfolgend die Bodenuntersuchungen der drei Feldstücken vorgestellt, welche von der Firma Agri Con Precision Farming Company durchgeführt, und anschließend mit der entsprechenden Auswertung als Kartierung dargestellt wurde. Zu allen drei Feldstücken wird die Leitwertverteilung auf den jeweiligen Feldern, sowie die Nährstoffkarten für Phosphor, Kalium, Magnesium und die PH-Wert Verteilung, gezeigt und kurz erläutert. Diese Bodenuntersuchungen wurden bei der Düngeplanung berücksichtigt.

Bei den Nährstoffen Phosphor, Kalium, Magnesium und beim PH-Wert ist die Versorgungsstufe C anzustreben. Sind höhere Versorgungsstufen vorhanden müssen bei der Düngung entsprechende Abschläge gemacht werden, ebenfalls müssen bei geringeren Versorgungsstufen Zuschläge bei der Düngemenge gemacht werden. (KTBL, 2009)

Wie auch bei den Ertragsdaten werden zuerst die Bodenuntersuchen des Feldstückes „Jungferholz“ vorgestellt. Die erste folgende Abbildung zeigt die Bodenuntersuchung mit dem Leitwert-Messgerät (EM38). Auf dieser ist die Verteilung der verschiedenen Bodenqualitäten zu sehen, je höher der Wert, umso höher ist die Bodenqualität bzw. das Ertragspotenzial des Bodens. Deutlich zu erkennen sind die wechselnden Bodenverhältnisse, dies zeigt auch die Prozentuale Verteilung, welche kaum einen Hauptbereich zu erkennen lassen. Mit 32% bildet der Bereich zwischen 20,9-27,8 Mikrosiemens den größten und gleichzeitig mittleren Wert. Die besseren Bodenzonen mit Gehalten von über 27,8 Mikrosiemens machen 30% der Ackerfläche aus, wiederum ist der Anteil der Fläche mit Gehalten unter 20,9 Mikrosiemens kaum geringer und beträgt 28%.



**Abbildung 9 Leitwertverteilung auf dem Feldstück Jungferholz**

(Quelle: Agri Con Precision Farming Company)

Auf der ersten folgenden Abbildung ist im oberen Bereich die Verteilung des PH-Wertes auf dem Feld zusehen, direkt darunter findet man die Darstellung der Magnesium Verteilung. Betrachtet man zunächst die PH-Verteilung so ist zu erkennen das 66% der Ackerfläche in der Versorgungsstufe C, sowie 11% in der Versorgungsstufe D liegt. Lediglich 22% der gesamten Ackerfläche weist eine Versorgungsstufe von B auf und müsste bei der Kalkung einen entsprechenden Zuschlag angerechnet bekommen. Bei der Magnesiumversorgung ist zusehen das die Gesamte Fläche eine Versorgungsstufe von C oder besser aufweist. Bei den Bereichen mit einer Nährstoffkonzentration von über 11mg/100g Boden sollte darauf geachtet werden bei der Düngung entsprechende Abzüge mit einzukalkulieren.

Auf der zweiten nachfolgenden Abbildung ist die Nährstoffverteilung von Phosphor und Kalium dargestellt. Auch hier ist bei beiden Nährstoffen eine Versorgungsstufe von C oder besser festzustellen. Bei Phosphor liegen 22% im Bereich D und bei Kalium sind es 78% der Fläche, Versorgungsbereich von D und E liegen.

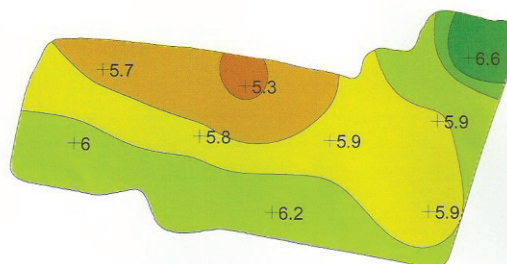
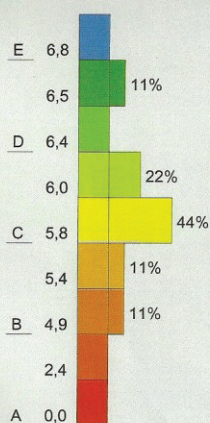
Betrieb  
 13250  
 Kuhnwald GbR  
 Galgenberg 2b  
 17098 Friedland  
 Daten von 03.2011

Schlag  
 S-Nr. : 0-0  
 Name : Jungfernholz  
 Fläche (ha) : 23,84  
 Genutzt (ha) : 23,84

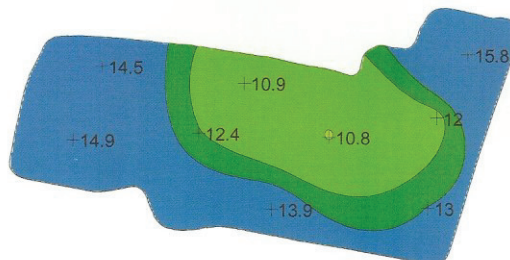
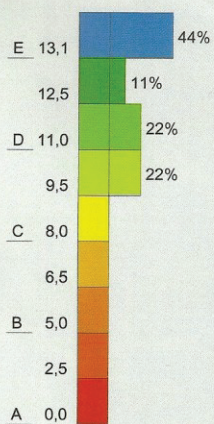


Mecklenburg-Vorpommern , Bodengruppe 2 , Ackerland

pH - Verteilung (Messwerte (%) )

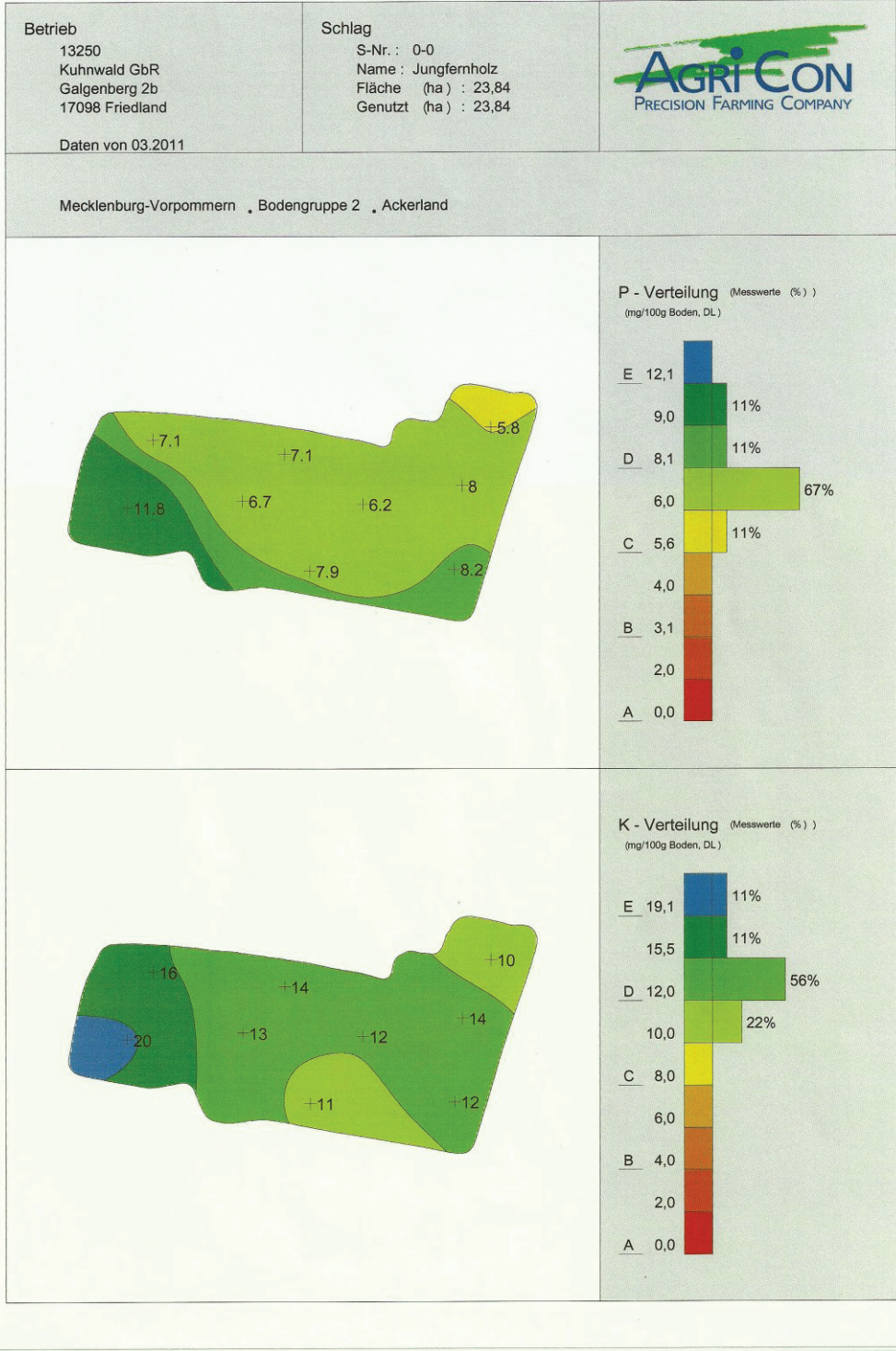


Mg - Verteilung (Messwerte (%) )  
 (mg/100g Boden, DL)



**Abbildung 10 PH-Wert und Magnesium Verteilung des Feldstückes Jungfernholz**

(Quelle: Agri Con Precision Farming Company)

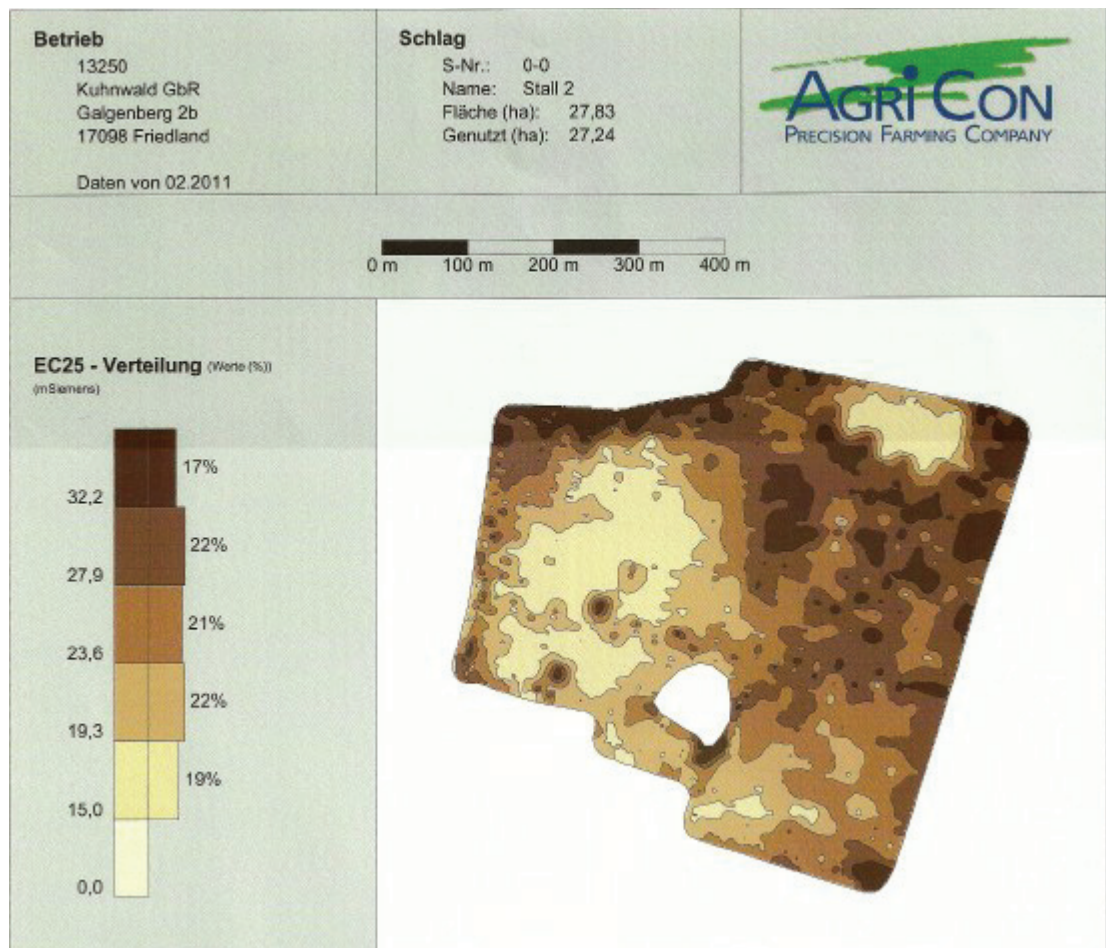


**Abbildung 11 Phosphor und Kalium Verteilung des Feldstückes Jungfernholz**

( Quelle: Agri Con Precision Farming Company)

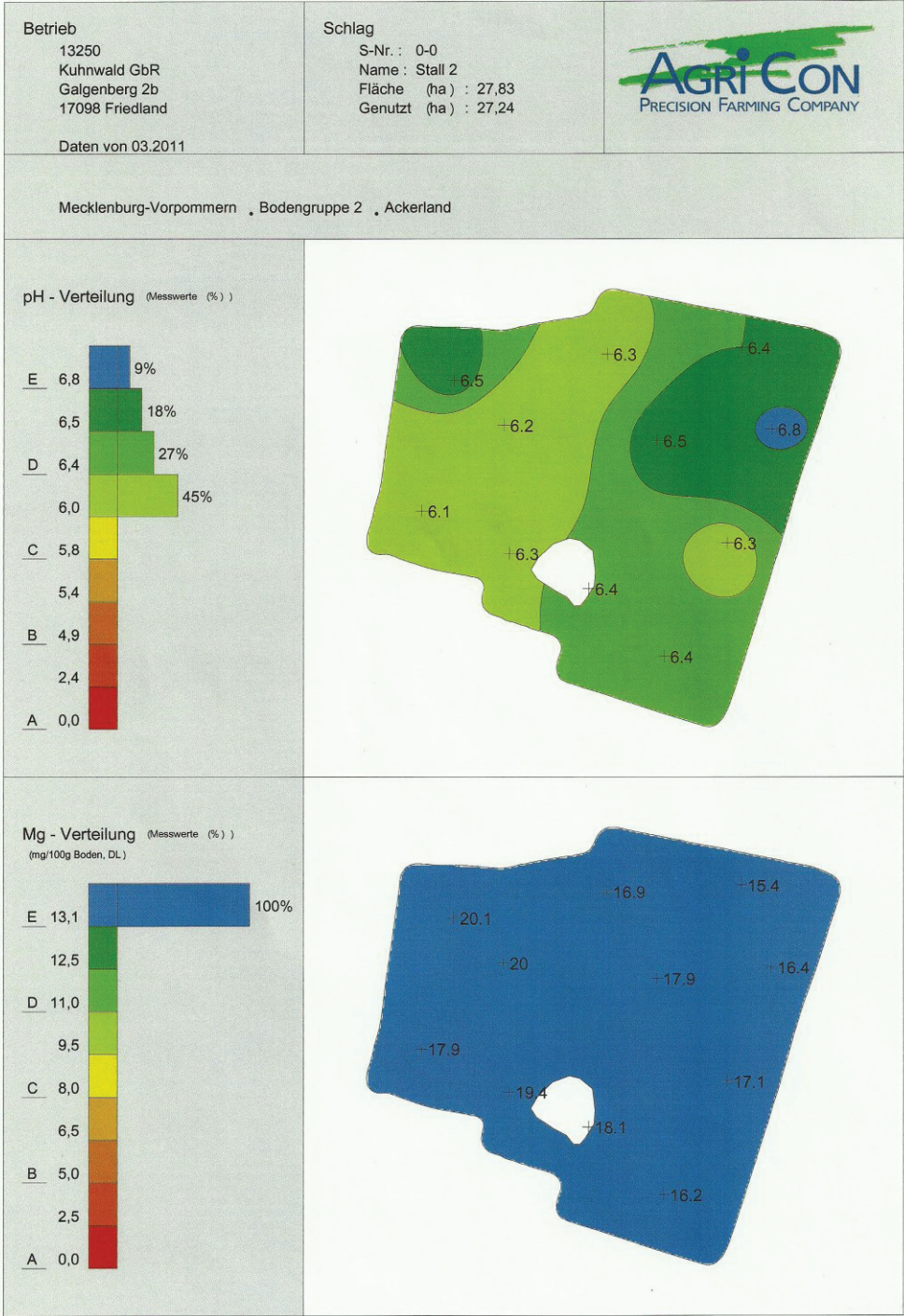
Wie schon bei dem Feldstück zuvor werden nun Nachfolgen die entsprechenden Untersuchungen für das Feldstück Windmühle auf den Abbildungen dargestellt. Auf der ersten Abbildung ist die Leitwert-Messung zu sehen, die Verteilung der unterschiedlichen Bodenzonen ist sehr ausgeglichen, im gesamten ist aber zu erwähnen das Messergebnisse höher ausfallen, da kein Bereich vorhanden ist der einen Wert von unter 15 Mikrosiemens hat, diese Messwerte konnte man hingegen bei dem Feldstück Jungfernholz vorfinden.

Auf der zweiten und dritten Abbildung Erkennt man die Nährstoffversorgung mit Phosphor, Kalium und Magnesium. Auch hier ist zu erkennen das der Boden ausreichend mit Nährstoffen versorgt ist, alle Werte liegen in der Versorgungsstufe von C oder besser. Bei Magnesium hat sogar die gesamte Ackerfläche die Versorgungsstufe E.



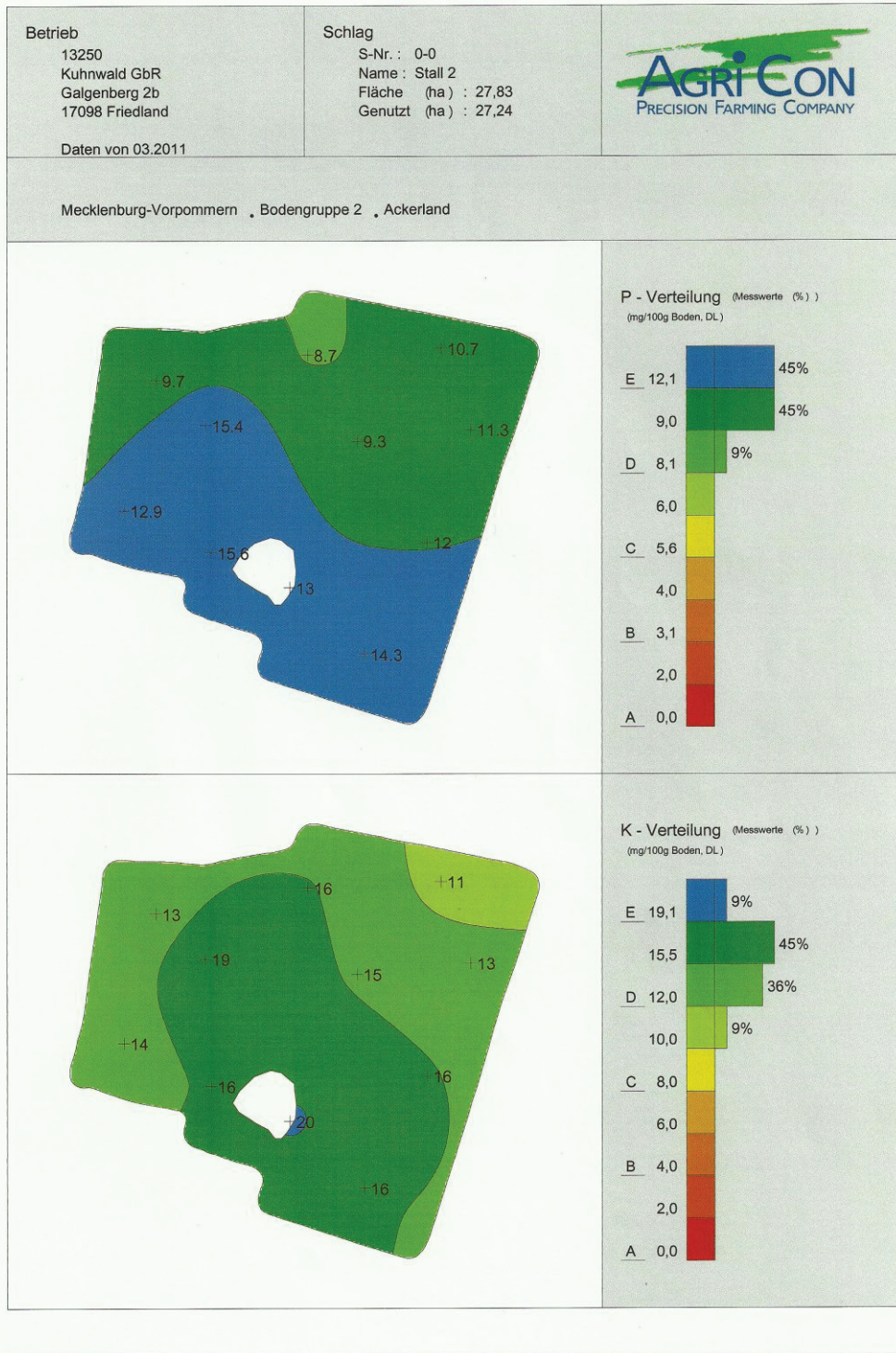
**Abbildung 12 Leitwertmessung des Feldstückes Stall groß**

( Quelle: Agri Con Precision Farming Company)



**Abbildung 13 PH-Wert und Magnesium Verteilung des Feldstückes Stall groß**

( Quelle: Agri Con Precision Farming Company)



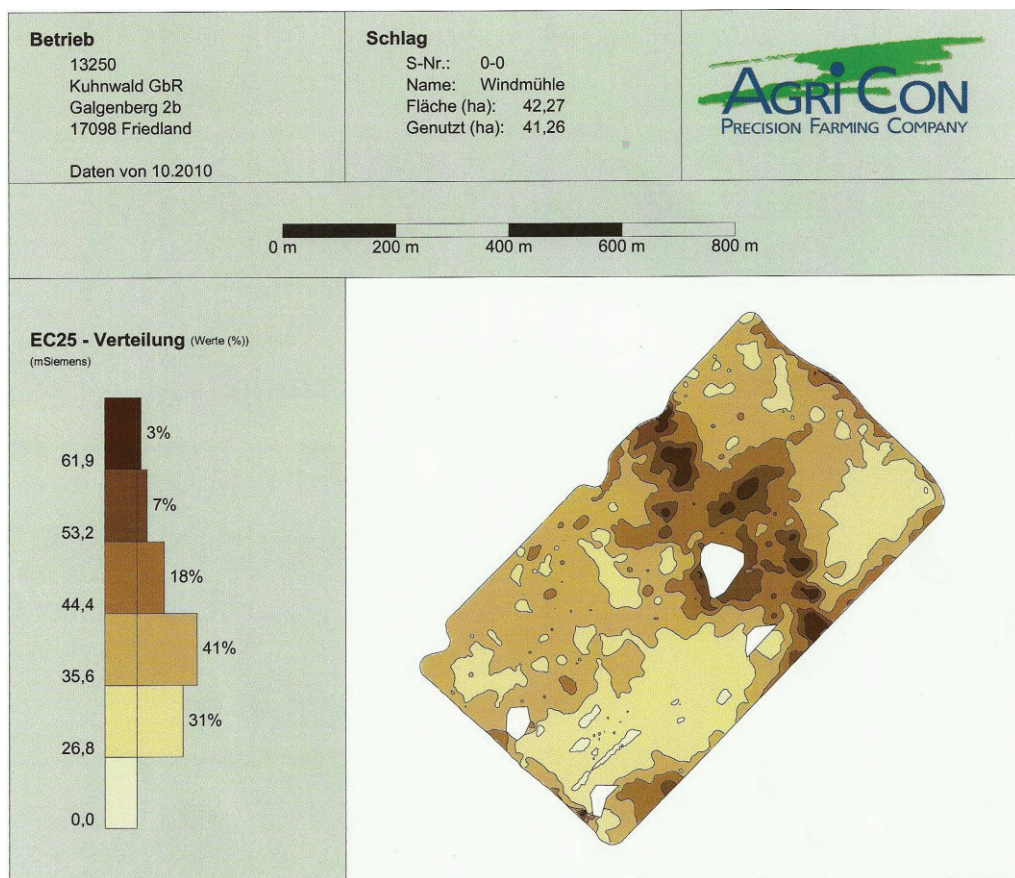
**Abbildung 14 Phosphor und Kalium Verteilung des Feldstückes Stall groß**

(Quelle: Agri Con Precision Farming Company)

Abschließend sind nun die Bodenuntersuchung des Feldstückes „Windmühle“ auf den drei folgenden Abbildungen zu finden. Dieses Feldstück weist die

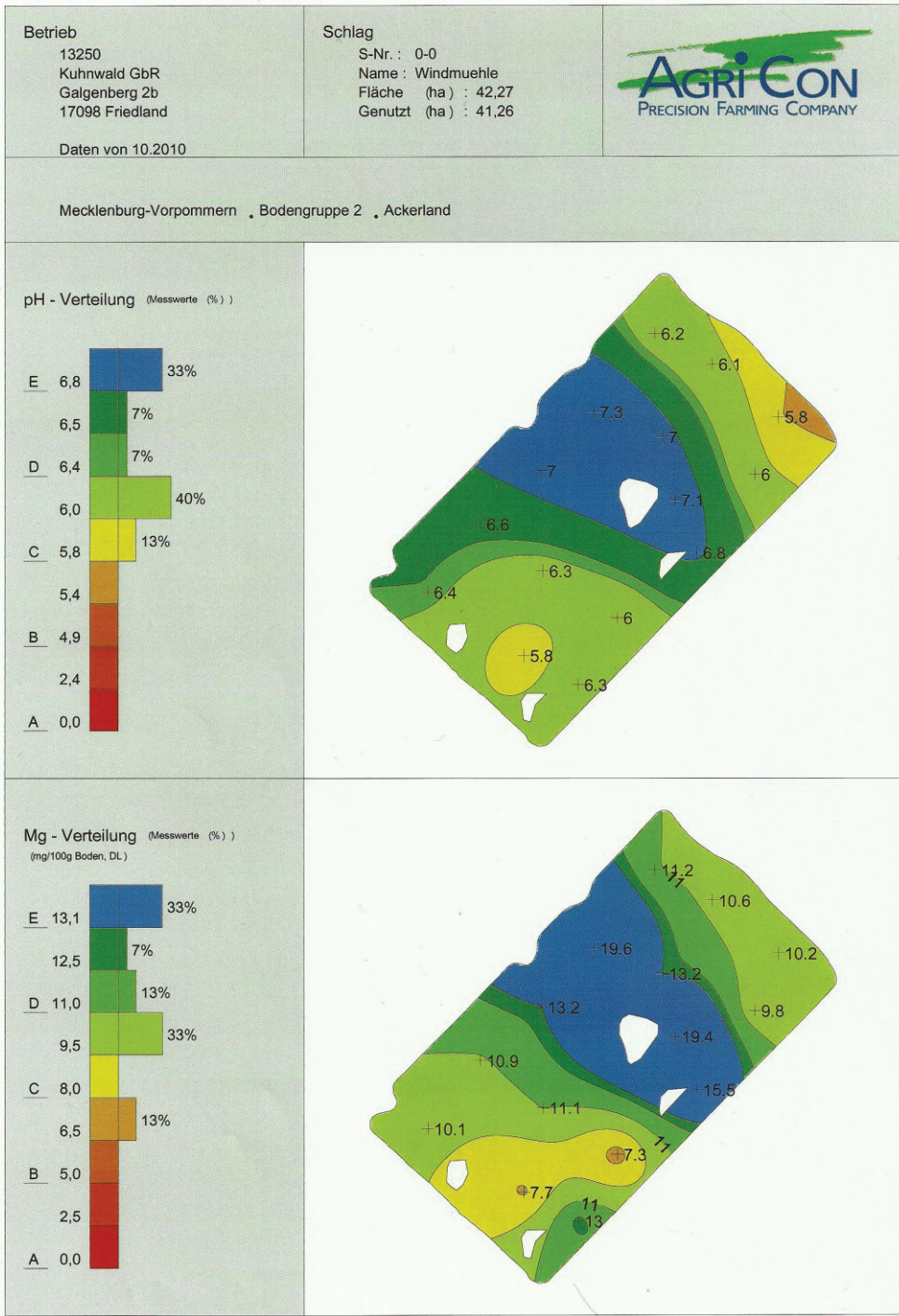


höchsten Leitwertmesswerte aus allen drei Feldstücken hervor und damit gleichzeitig die besten Bodenverhältnisse. Während bei den anderen beiden Feldern die höchsten Werte bei 34 Mikrosiemens Lagen, erreicht das Feld „Windmühle“ auf 69% des Feldes Messwerte die darüber liegen. Die Nährstoffverteilung und der PH-Wert ist auf diesem Feld ähnlich gut wie auf den anderen beiden Feldern, dies kann man auf der zweiten und dritten folgenden Abbildung erkennen. Lediglich die Magnesiumversorgung ist an einigen Stellen nicht genügend und somit weisen 13% der Fläche eine Versorgungsstufe von B auf.



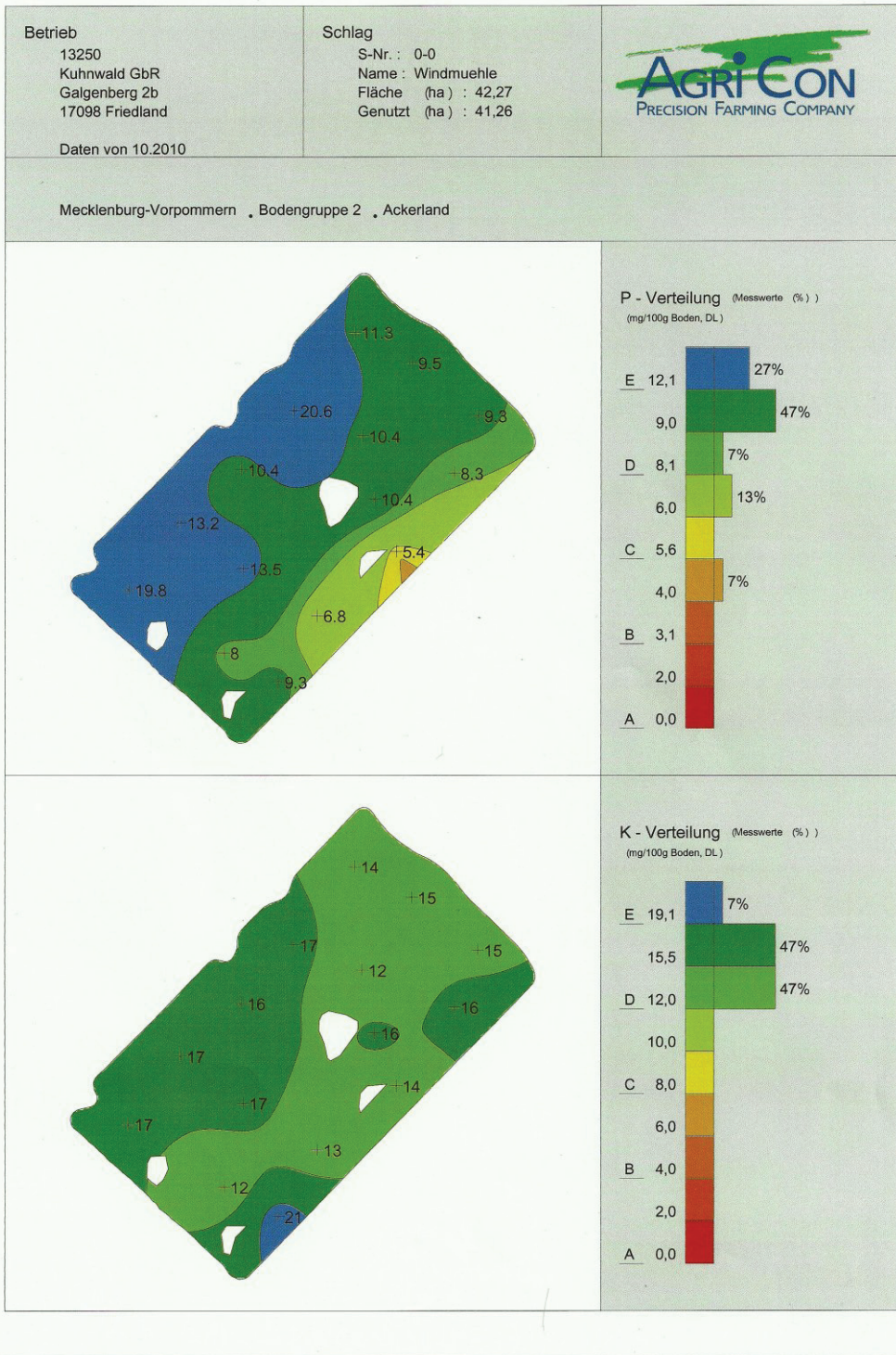
**Abbildung 15 Leitwertmessung des Feldstückes Windmühle**

( Quelle: Agri Con Precision Farming Company)



**Abbildung 16 PH-Wert und Magnesium Verteilung des Feldstückes Windmühle**

( Quelle: Agri Con Precision Farming Company)



**Abbildung 17 Phosphor und Kalium Verteilung des Feldstückes Windmühle**

( Quelle: Agri Con Precision Farming Company)

### 5.3.1 Phosphorbilanz

Zunächst soll die Phosphorbilanz ermittelt werden. Entsprechend dazu werden die Nährstoffentzüge für alle drei Felder im Durchschnitt ermittelt. Es wird mit einem Phosphorgehalt von 0,0875kg/dt Silomais bei einem Trockensubstanzgehalt von 35% gerechnet. (umgerechneter Wert nach (KTBL, 2009))

Um eine für den Gesamten Schlag eine Einheitliche Bilanz zu erstellen wird die Gesamte Nährstoffmenge durch die Größe des Feldes dividiert. Als Beispiel wäre das Feld „Stall groß“ zu nennen, hier wurde nur auf 14,9ha Phosphor in Höhe von 30kg/ha appliziert. Das entspricht einer Gesamtmenge von 447,9kg Phosphor. Bezieht man nun diese Gesamtmenge auf die Feldgröße so erhält man einen Wert von 16,11kg/ha Phosphor.

In der Tabelle 1 sind die jeweiligen Entzüge, die ausgebracht Phosphormenge und die Phosphorbilanz aufgeführt. Diese Nährstoffentzüge wurden mit dem Durchschnittsertrag auf dem Hektar für das jeweilige Feld berechnet. Da der Ertrag bei allen drei Feldern ähnlich ist, unterscheiden sich die Entzüge dementsprechend kaum. So tritt zum Beispiel bei dem Feldstück „Windmühle“ ein Phosphorentzug von 55,3kg/ha auf.

	Feldname und Ertrag		
	Jungfernholz 64,28t/ha	Stall groß 65,53t/ha	Windmühle 63,2t/ha
Phosphor entzug in kg/ha	56,25	57,34	55,30
Phosphor düngung in kg/ha	37,9	16,11	21,52
Phosphorbilanz in kg/ha	-18,35	-41,23	-33,78

**Tabelle 4 Phosphorentzüge, ausgebrachte Phosphormenge auf den einzelnen Feldstücken**

(Quelle: eigene Berechnung und Darstellung nach KTBL,2009)

Nimmt man nun die ausgebrachte Phosphormenge die man den Empfehlungskarten in dem Kapitel Düngung entnehmen kann, so lassen sich zusammen mit den Entzügen die Phosphorbilanzen der jeweiligen Felder er-

---

mitteln. Bei den ausgebrachten Mengen sind Unterschiede zwischen den Feldern festzustellen die sich mit den Unterschiedlichen Phosphorgehalten im Boden und damit verbundenen Ab- bzw. Zuschläge bei der Ausbringung auf dem jeweiligen Feld begründen lassen. Sieht man sich nun die Bilanzen der drei Felder an, ist festzustellen, dass alle negativ sind. Um auf allen Flächen die Versorgungsstufe C zu erreichen, hat die Fläche mit der höchsten Phosphorversorgung auch gleichzeitig auch die mit  $-41,23\text{kg/ha}$  niedrigste Bilanz. Auf Feldern deren Versorgungsstufe schlechter als C ist sollte die Bilanz positiv und auf Flächen deren Versorgungsstufe C ist Null betragen.

### 5.3.2 Kaliumbilanz

Bei der Kaliumbilanz wird ähnlich vorgegangen wie bei der Phosphorbilanz, die Werte der Düngung wurden den Empfehlungskarten aus dem Kapitel Düngung entnommen und beziehen sich auf den Durchschnitt der auf dem gesamten Feld ausgebrachte Nährstoffmenge. Ebenfalls dient der Durchschnittsertrag des jeweiligen Feldes als Berechnungsgrundlage für die Ermittlung des durchschnittlichen Nährstoffentzuges. Gerechnet wird mit einem Kaliumgehalt von  $0,4625\text{kg/dt}$  Silomais bei einem Trockensubstanzgehalt von 35% (Entzugswert umgerechnet nach (KTBL, 2009))

Auf der Nachfolgenden Tabelle findet man die einzelnen berechneten Werte zum Nährstoffentzug, ausgebrachten Nährstoffen sowie die Nährstoffbilanz zu Kalium.

Den Erträgen entsprechend, sind auch die Kaliumentzüge dementsprechend hoch. So beträgt er beispielsweise bei dem Feld „Stall groß“  $303,08\text{kg/ha K}$ . Werden nun Applikationsmengen der Kaliumdüngung genommen um sie von den Kaliumentzügen zu subtrahieren, erhält man die Kaliumbilanz. Somit ergibt sich bei allen drei Feldern eine negative Bilanz die sehr hoch ausfällt. Das Feldstück „Stall groß“ hat ebenfalls wie in der Phosphorbilanz mit  $-150,48\text{kg/ha K}$  den geringsten Wert.

	Feldname und Ertrag		
	Jungfernholz 64,28t/ha	Stall groß 65,53t/ha	Windmühle 63,2t/ha
Kalium entzug in kg/ha	297,30	303,08	292,30
Kalium düngung in kg/ha	170,1	152,6	151,62
Kalium in kg/ha	-127,20	-150,48	-140,68

**Tabelle 5 zeigt Kaliumentzug, Kaliumdüngung sowie die Kaliumbilanz**

(Quelle: eigene Berechnung und Darstellung nach KTBL,2009)

#### 5.4 Kostenvergleich zwischen herkömmlicher und Precision Farming Düngung

Damit ein Vergleich angefertigt werden kann müssen Daten zur herkömmlichen Düngung ermittelt werden. Auch hier wurde ebenfalls mit einen Ertrag von 50t/ha FM Silomais gerechnet, und aus den daraus resultierenden Entzügen wurde ein Nährstoffbedarf ermittelt. ( Entzugswerte nach KTBL,2009) Die errechneten Werte sind in der Nachfolgenden Tabelle dargestellt. Es wird davon ausgegangen das mit denselben Mineraldüngern gearbeitet wird wie bei der Precision Farming Variante.

	Bedarfsberechnung herkömmliche Düngung				
	Nährstoff				
	K	P	Mg	S	N
Bedarf in kg/ha	231	44	30	40	297

**Tabelle 6 Bedarfsermittlung der herkömmlichen Düngung**

(Quelle: Eigene Berechnung nach KTBL,2009)

Um die entsprechenden Kosten zu ermitteln, wurden die auszubringenden Nährstoffmengen in denen der entsprechenden Minearliendünger umgerechnet. So entsprechen beispielsweise 231kg/ha Kalium einer Mineraliendüngermenge von 460kg/ha Kali60. Wird dieser Wert mit den Kosten für Kali60 multipliziert, erhält man die Ausgabe für Kalium, welche 179,40€/ha ent-

spricht. Die nachfolgende Tabelle schafft einen Überblick über die auszubringenden Mineraldüngermenge, die Kosten für den jeweiligen Dünger, sowie die Kosten je Hektar für den jeweiligen Nährstoff. Werden die einzelnen Kosten aufaddiert, erhält man die gesamten Düngerkosten je Hektar. Dieser wurde mit 456€/ha berechnet. Die Kosten für die entsprechenden Düngermittel wurden beim Landhandel angefragt. (Fugema Auskunft 15.03.2013)

	Kosten bei herkömmlicher Düngung		
	Menge als Mineraldünger in kg/ha	Kosten je t Mineraldünger	Kosten in €/ha
Kali 60	460	390	179,40
DAP	210	457	95,97
Kieserit	150	270	40,50
Alzon 46	346	405	140,13
Summe			456,00

**Tabelle 7 Kostendarstellung bei herkömmlicher Düngung**

(Quelle: eigene Darstellung)

Um die Kosten bei der Düngung mit Precision Farming zu ermitteln, wurden für die einzelnen Felder ebenfalls die Nährstoffmengen in die entsprechenden Mineraldüngermengen umgerechnet. Es wurden die gleichen Düngermittelkosten zugrunde gelegt, zusätzlich wurden die Kosten für Precision Farming aufaddiert und somit die Kosten für die drei Felder zu ermitteln. In der nachfolgenden Tabelle sind die entsprechenden Düngermengen, sowie die daraus resultierenden Kosten für die drei Felder dargestellt. Da die Düngermengen der drei Felder ähnlich sind, sind auch die Kostendifferenzen der drei Felder untereinander nicht sonderlich hoch. Die höchsten Ausgaben für Düngermittel gibt es bei dem Feldstück „Jungfernholz“ mit 372,74€/ha und die geringsten bei „Stall groß“ mit 324,2€/ha.

Kosten bei Düngung mit Precision Farming							
Ausgebrachter Minderaldünger in kg/ha				Kosten in €/ha			
	Jungfernholz	Stall groß	Windmühle	Jungfernholz	Stall groß	Windmühle	
Kali60	340	305	303	132,68	119,03	118,26	
DAP	181	77	103	82,63	35,12	46,92	
Kieserit	150	150	150	40,50	40,50	40,50	
Alzon46	274	305	297	111,04	123,66	120,22	
Kosten durch PF				5,89	5,89	5,89	
Summe				372,74	324,20	331,80	

**Tabelle 8 Düngemittelkosten bei Precision Farming**

(Quelle: eigene Darstellung)

Um einen eventuellen Unterschied zwischen den Kosten der Precision Farming und der herkömmlichen Düngung zu ermitteln, wurden die Ausgaben der beiden Varianten in der folgenden Tabelle gegenüber gestellt und die Differenz ermittelt. Es fällt auf das bei allen drei Varianten der Precision Farming Düngung die Ausgaben geringer sind als bei der herkömmlichen. Betrachtet man die Differenzen, stellt man fest, dass alle Signifikant sind. So lassen sich bei dem Feldstück „Jungfernholz“ 83,26€/ha sparen. Bei den Feldstück „Stall groß“ reduzieren sich die Ausgaben um 131,80€/ha und bei „Windmühle“ um 124,20€/ha. Begründet sind die geringeren Ausgaben bei der Precision Farming Düngung durch entsprechend geringere Nährstoff Aufwendungen. Diese drei Beispiele belegen das man durch Precision Farming kosten sparen kann, die die Wirtschaftlichkeit verbessern und dahingehend durch die Reduzierung des Düngemittelaufwandes einen positiven Effekt auf die Natur und Umwelt hat.

Kostenvergleich zwischen herkömmlicher Düngung und der mit Precision Farming			
	Feldname		
	Jungfernholz	Stall groß	Windmühle
Düngekosten in €/ha mit PF	372,74	324,20	331,80
Düngekosten in €/ha herkömmliche Variante	456,00	456,00	456,00
Kosten Differenz in €/ha	-83,26	-131,80	-124,20

**Tabelle 9 Kostendifferenz zwischen herkömmlicher und PF Düngung**

(Quelle: eigene Darstellung)



---

## 6. Diskussion

Nachfolgend werden nun Argumente für und gegen Precision Farming angeführt. Als Nachteile sind zu nennen das die Einführung von Precision Farming, insbesondere teilflächenspezifische Grunddüngung, zu Beginn mit einem höheren Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist. Als erstes müssen die entsprechenden Böden beprobt und ausgewertet werden. Die Bodenbeprobung sollte alle 3-4 Jahre wiederholt werden damit die Nährstoffkarten aktuell gehalten werden können. Sind langjährige Ertragskartierung vorhanden kann auf eine Leitwertmessung verzichtet werden, zu empfehlen ist sie aber trotzdem da durch ihr eine Beprobungsoptimierung stattfinden kann. Zudem muss ein entsprechendes Terminal angeschafft werden welches die Steuerung des Ausbringgerätes übernimmt. Zu der richtigen Bedienung muss vorausgesetzt sein, dass der Fahrer entsprechend geschult wurde und entsprechende Kompetenzen mitbringt. Ferner entsteht ein höherer Zeitaufwand da für jedes Feld Applikationskarten berechnet werden müssen, diese werden zumeist von Dienstleistern erstellt, bei eigener Erstellung von Applikationskarten sind weitere Rechenprogramme von Nöten. Bei der Düngermittelbeschaffung ist darauf zu achten das Applikationskarten berücksichtigt werden. Zu Beginn kann es bei teilflächenspezifischen Düngung auch zu höheren Kosten kommen wenn die Felder des Betriebes entsprechend schlecht versorgt sind und mit einer höheren Nährstoffapplikation gearbeitet werden muss. Ein weiterer Nachteil ist das man auf Kombinationsdünger verzichten muss, da die Nährstoffverteilung von den einzelnen Nährstoffen auf den Feldern sehr unterschiedlich ist. Demzufolge müssen beispielsweise P+K Gesplittet und einzeln gestreut werden was höhere Kosten mit sich führt. Sollte auf dem Betrieb kein Düngerstreuer vorhanden sein welcher nicht elektronisch gesteuert werden kann, muss dieser ebenfalls getauscht werden. Weiterhin ist zu hinterfragen wie die Phosphorapplikation erfolgen soll wenn bei der Maislegemaschine ebenfalls keine elektronische Steuerung des Unterfußdüngers vorhanden ist. Ein weiterer Manko ist das nur wenige Feldhäcksler auf den Betrieben mit einer Ertragskartierung ausgestattet sind und bei nicht vorhanden sein von Fahrzeugwaagen auch unzureichend kalibriert werden können. Ertragskartierung ist zur Nutzung der teilflächenspezifischen Düngung nicht zwingen notwendig, ist aber bei der Auswertung schlagbezogener Daten

---

sehr hilfreich. Es muss auch analysiert werden wie sich die Kosten von Precision Farming bei kleinen Betrieben verhalten.

Die Nutzung von Precision Farming insbesondere die teilflächenspezifische Düngung bringt auch Vorteile mit sich. Sind die Böden erstmals Beprobte schaffen sie einen Überblick über die Nährstoffversorgungen der einzelnen Felder und Bodenzonen. Es ist keine Auflistung der Streumengen für die jeweiligen Felder mehr von Nöten. Der Fahrer des Ausbringergeräts bekommt die Applikationskarten über einen Datenträger überreicht und ruft diese selbstständig im Steuerrungsterminal auf und dieses übernimmt nun automatisch die Mengendosierung des Ausbringergerätes. Alle ausgebrachten Mengen werden von dem Gerät kartiert und schaffen somit eine Protokollierung der Applikationsmengen. Des weiterem findet eine sinnvollere Nährstoffverteilung statt die sich nach dem Versorgungszustand des Bodens richtet. Somit ist gewährleistet das sich die Versorgungsstufen nach gewisser Zeit bei der Gehaltsklasse C einpegeln. Durch Ertragskartierung bekommt man eine direkt Auswertung der Erträge auf den Feldern, ertragsschwache Zonen können eventuell analysiert und behoben werden. Andererseits können direkte Feldversuche im sogenannten „On Farm Research“ ausgewertet werden. Als Hauptvorteil für die teilflächenspezifische Düngung ist zu nennen das sich die Kosten bei entsprechender Betriebsgröße reduzieren lassen und somit wirtschaftlicher produziert werden kann. Sollten die Düngemittelkosten weiter steigen erhöhen sich auch demzufolge die Einsparung welche durch Einsatz dieses Verfahrens erreicht werden können. Zuletzt ist noch festzuhalten, dass durch den intelligenteren Einsatz von Düngemittel und die Einsparung dieser auch das Ansehen der Landwirtschaft in Bevölkerung sicherlich verbessert wird.

---

## 7. Zusammenfassung

Teilflächenspezifische Düngung ist keineswegs mehr Pionierarbeit in der Landwirtschaft. Es gibt eine Reihe von Produkten aus der Industrie die die Umsetzung dieses Verfahrens erleichtern und Dienstleister die einen bei der Einführung dieses Verfahrens unterstützen. In dieser Arbeit wurden Anbau-daten der Firma Kuhnwald GbR aus dem Maisanbau verwendet, diese Arbeitet bei der teilflächenspezifischen Düngung mit Agri Con Precision Farming zusammen.

Bevor die teilflächenspezifische Grunddüngung Anwendung in den Landwirt-schaftlichen Betrieben finden kann, muss eine Reihe von Vorkehrungen ge-troffen werden. Es muss zunächst eine Leitwertmessung der Böden erfolgen, um eine bessere Planung der Beprobung zu gewährleisten und einen Auf-schluss über die Ertragszonen zu bekommen. Mit Hilfe dieser Daten wurden von der Firma Agri Con Precision Farming Company Applikationskarten für die Ausbringung des Grunddüngers erstellt. Die Ertragskartierung des Feld-häckslers wurde genutzt um eventuelle Zusammenhänge zwischen der Dün-gung und den Ertragszonen festzustellen. Es wurde festgestellt, dass es kei-ne optischen Zusammenhänge zwischen der Düngung und den Ertragszo-nen gab. Mit den Ertragsdaten wurden die Nährstoffentzüge und Bilanzen für Phosphor und Kalium ermittelt. Zuletzt wurde ein ökonomischer Vergleich gegenüber der herkömmlichen Düngevariante angefertigt, dazu wurden die kosten der verwendeten Düngermittel mit dem Precision Farming Verfahren und mit der herkömmlichen Variante ermittelt und ausgewertet. Es konnte festgestellt werden das sich Düngermittel und damit verbunden Kosten ein-sparen lassen. Damit wurde bewiesen, dass sich unter diesen vorgestellten Voraussetzungen der Einsatz von teilflächenspezifischer Düngung im Maisanbau wirtschaftlich lohnt.

# Anhang

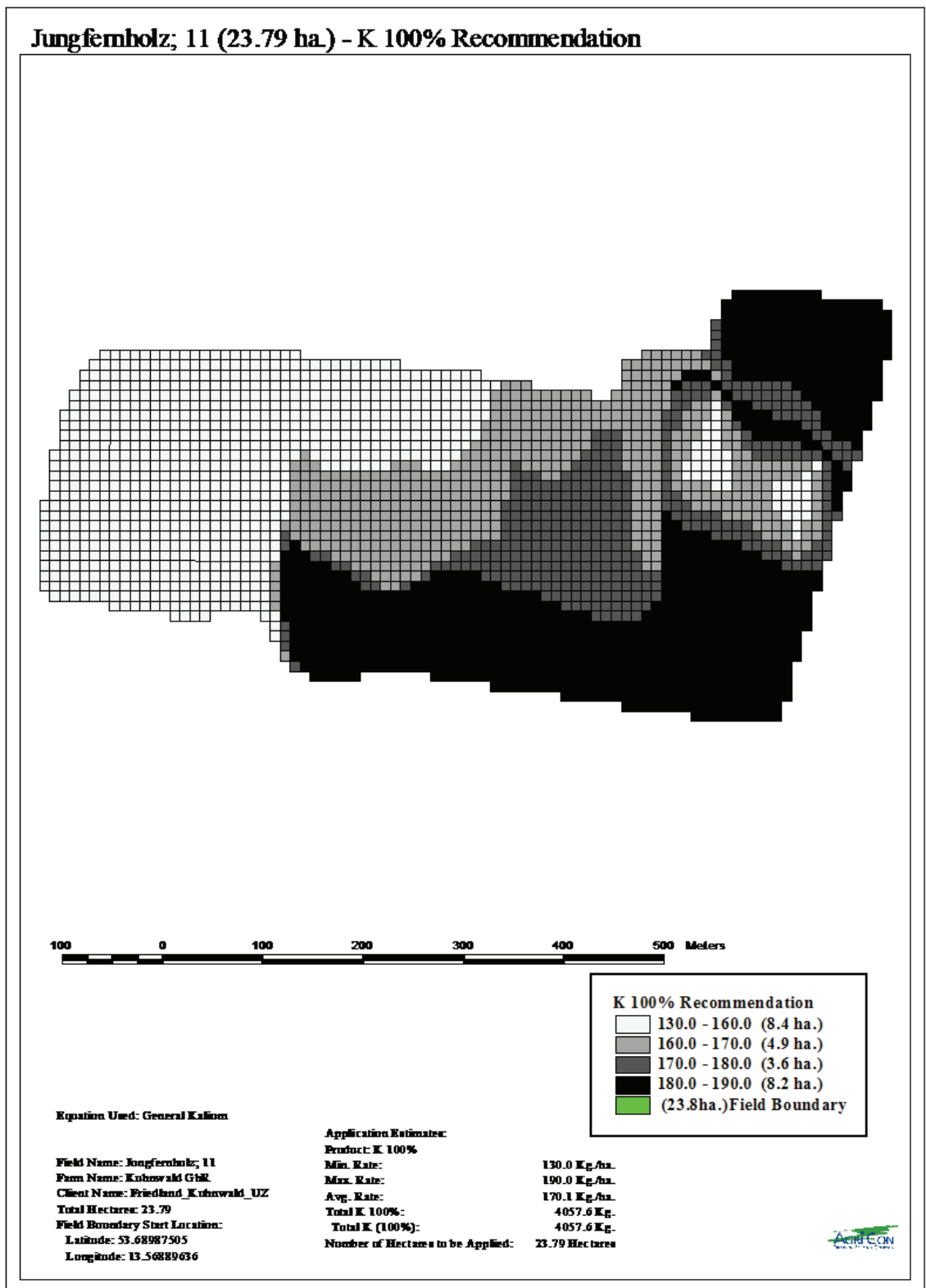
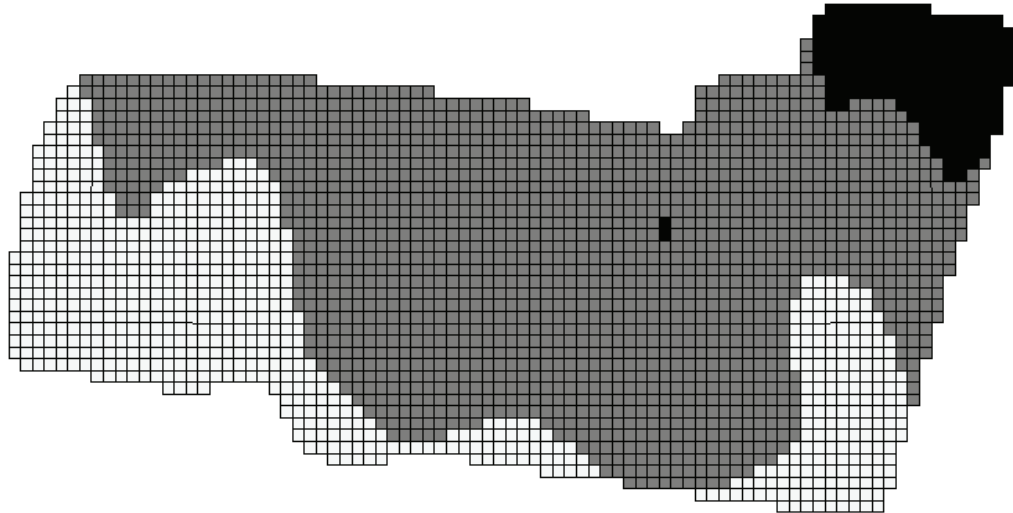






Abbildung Applikationsberechnung für das Feldstück Jungferholz  
 (Quelle: Agricon Precision Farming Company)

## Jungferholz; 11 (23.79 ha.) - P 100% Recommendation



100 0 100 200 300 400 500 Meters

P 100% Recommendation	
	30.0 (7.1 ha.)
	30.0 - 40.0 (16.3 ha.)
	40.0 - 50.0 (1.7 ha.)
	(23.8ha.)Field Boundary

Equation Used: General P

Field Name: Jungferholz; 11  
 Farm Name: Kuhnwald GmbH  
 Client Name: Friedland\_Kuhnwald\_UZ  
 Total Hectares: 23.79  
 Field Boundary Start Location:  
 Latitude: 53.68987505  
 Longitude: 13.56889636

Application Estimates:

Product: P 100%  
 Min. Rate: 30.0 Kg./ha.  
 Max. Rate: 50.0 Kg./ha.  
 Avg. Rate: 37.9 Kg./ha.  
 Total P 100%: 904.3 Kg.  
 Total P (100%): 904.3 Kg.  
 Number of Hectares to be Applied: 23.79 Hectares



Abbildung Applikationsberechnung für das Feldstück Jungferholz  
 (Quelle: Agricon Precision Farming Company)

### Stall 2; 11 (27.78 ha.) - K 100% Recommendation

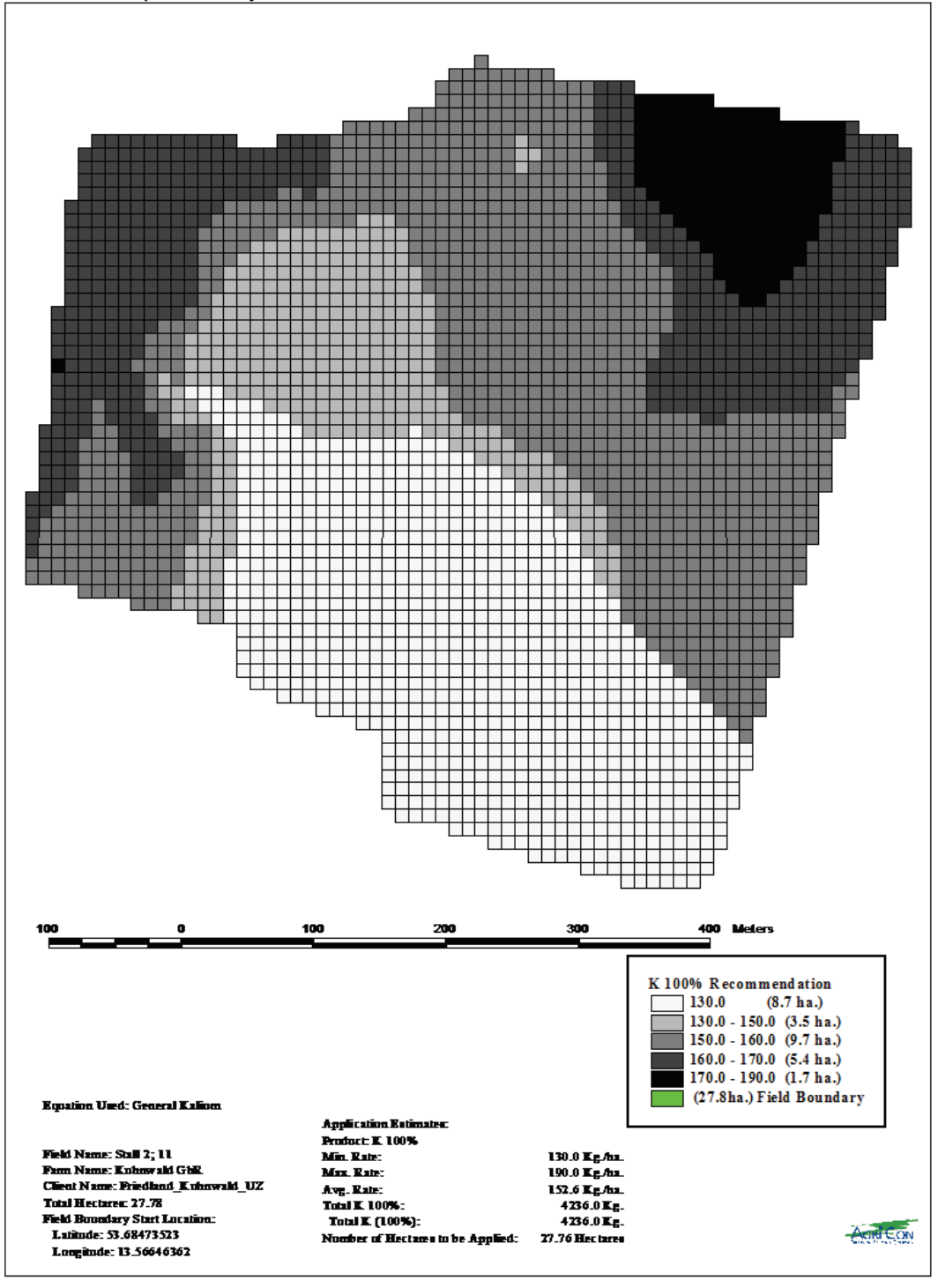
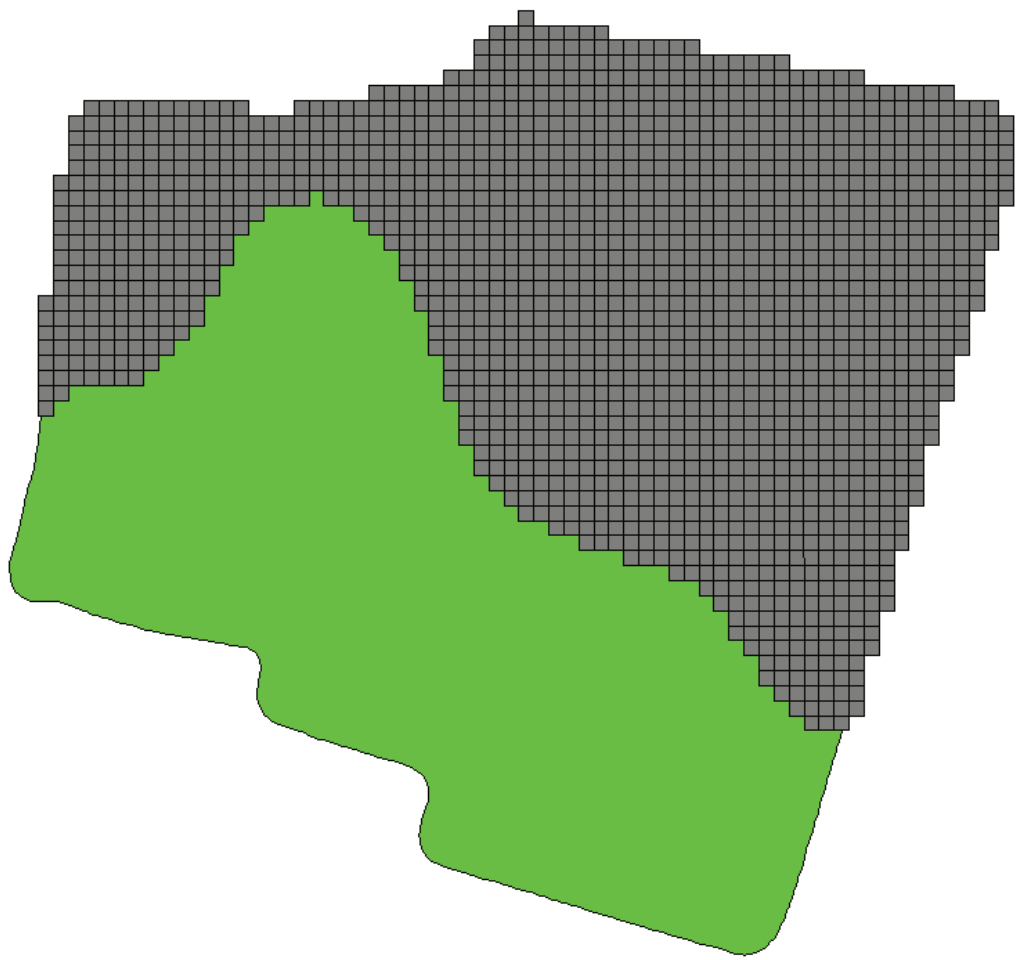


Abbildung Applikationsberechnung für das Feldstück Stall groß  
 (Quelle: Agricon Presicion Farming Company)

**Stall 2; 11 (27.78 ha.) - P 100% Recommendation**



100 0 100 200 300 400 Meters

**P 100% Recommendation**  
 ■ 30.0 (15.7 ha.)  
 ■ (27.8ha.)Field Boundary

**Equation Used: General P**

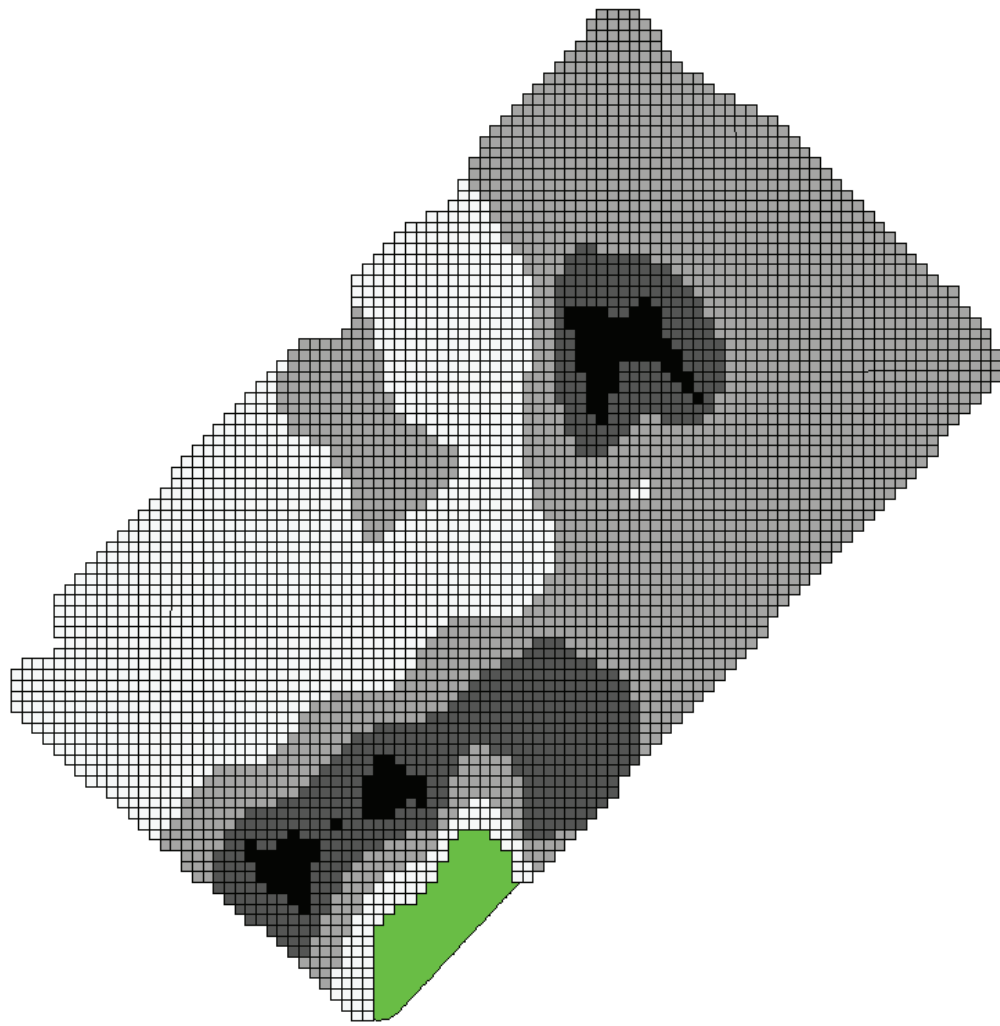
**Field Name:** Stall 2; 11  
**Farm Name:** Kuhnwald GmbH  
**Client Name:** Friedland\_Kuhnwald\_UZ  
**Total Hectares:** 27.78  
**Field Boundary Start Location:**  
**Latitude:** 53.68473523  
**Longitude:** 13.56646362

**Application Estimates:**  
**Product:** P 100%  
**Min. Rate:** 30.0 Kg./ha.  
**Max. Rate:** 30.0 Kg./ha.  
**Avg. Rate:** 30.0 Kg./ha.  
**Total P 100%:** 447.9 Kg.  
**Total P (100%):** 447.9 Kg.  
**Number of Hectares to be Applied:** 14.93 Hectares



Abbildung zeigt die Applikationsberechnung für das Feldstück Stall groß (Quelle: Agricon Presicion Farming Company)

## Windmühle; 11 (42.18 ha.) - K 100% Recommendation



100 0 100 200 300 400 500 Meters

### K 100% Recommendation

150.0	(14.3 ha.)
150.0 - 160.0	(21.4 ha.)
160.0 - 170.0	(5.8 ha.)
170.0 - 180.0	(1.2 ha.)
(42.2ha.)	Field Boundary

Equation Used: General Kalium

Field Name: Windmühle; 11  
 Farm Name: Kuhnwald GmbH  
 Client Name: Friedland\_Kuhnwald\_UZ  
 Total Hectares: 42.18  
 Field Boundary Start Location:  
 Latitude: 53.6897591  
 Longitude: 13.52397217

### Application Estimates:

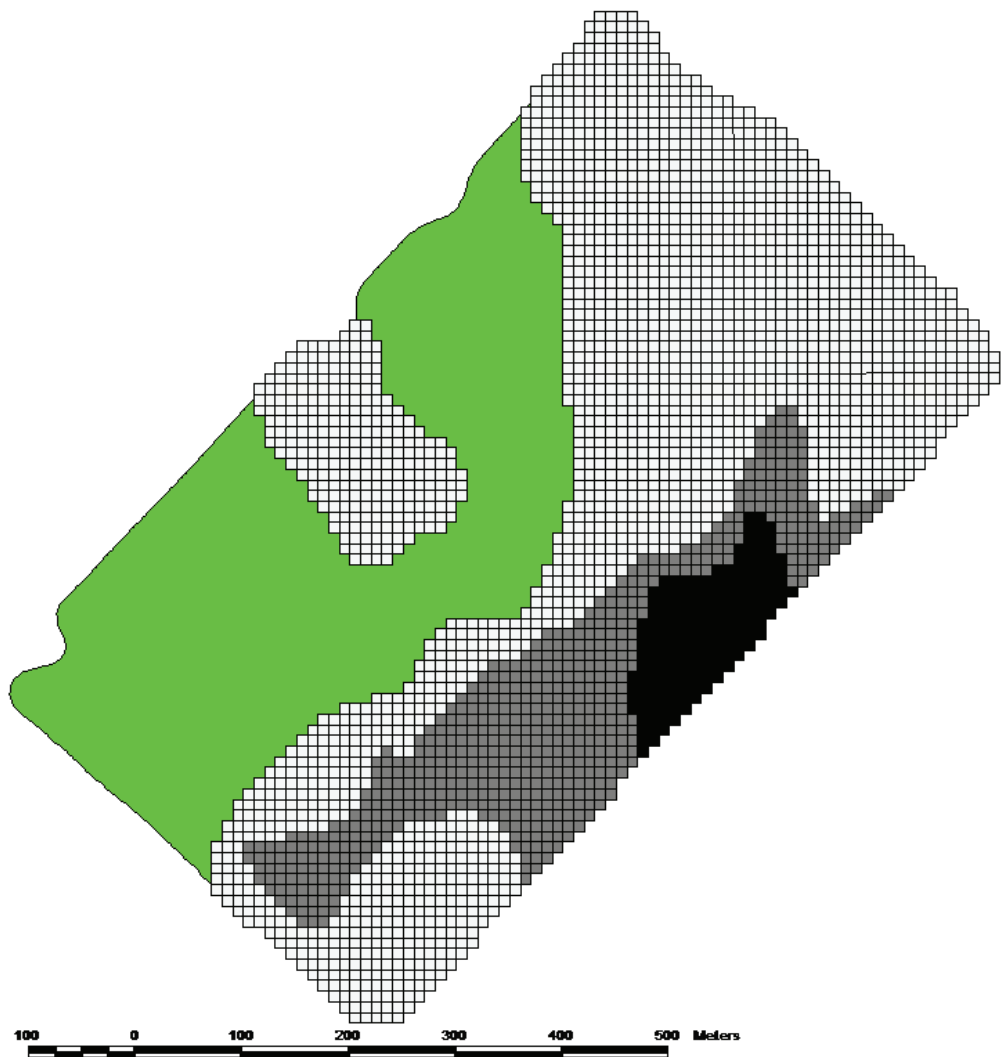
Product: K 100%  
 Min. Rate: 150.0 Kg./ha.  
 Max. Rate: 180.0 Kg./ha.  
 Avg. Rate: 158.6 Kg./ha.  
 Total K 100%: 6504.9 Kg.  
 Total K (100%): 6504.9 Kg.  
 Number of Hectares to be Applied: 41.01 Hectares



Abbildung Applikationsberechnung für das Feldstück Windmühle  
 (Quelle: Agricon Precision Farming Company)



## Windmühle; 11 (42.18 ha.) - P 100% Recommendation



100 0 100 200 300 400 500 Meters

### P 100% Recommendation

Light Gray	30.0	(21.5 ha.)
Medium Gray	30.0 - 40.0	(5.9 ha.)
Dark Gray/Black	40.0 - 50.0	(1.7 ha.)
Green	(42.2ha.) Field Boundary	

Equation Used: General P

Field Name: Windmühle; 11  
 Farm Name: Kuhnwald GmbH  
 Client Name: Friedland\_Kuhnwald\_UZ  
 Total Hectares: 42.18  
 Field Boundary Start Location:  
 Latitude: 53.6897591  
 Longitude: 13.52397217

### Application Estimates:

Product: P 100%  
 Min. Rate: 30.0 Kg./ha.  
 Max. Rate: 50.0 Kg./ha.  
 Avg. Rate: 33.1 Kg./ha.  
 Total P 100%: 923.3 Kg.  
 Total P (100%): 923.3 Kg.  
 Number of Hectares to be Applied: 27.86 Hectares



Abbildung zeigt die Applikationsberechnung für das Feldstück "Windmühle"  
 (Quelle: Agricon Precision Farming Company)

## Literaturverzeichnis

Häcksler misst Ertrag und Trockenmasse. (April 2011). *Top Agrar*.

CLAAS Vertriebsgesellschaft mbH, Marketing Produktmanagement  
Harsewinkel. (April 2012). *Ertrags- und Trockensubstanzmessung auf dem Feldhäcksler*.

*DLG-Prüfbericht 5913F HarvestLab-Feuchtemessung in Mais*.

KTBL. (2002). *Precision Agriculture Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis*. Bonn.

KTBL. (2009). *Faustzahlen für die Landwirtschaft, 14. Auflage*.

Ludowicy, Schwaiberger, & Leithold. (2002). *Precision Farming Handbuch für die Praxis*. Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH.

Schubert, S. (2006). *Pflanzenernährung Grundwissen Bachelor*.

YARA GmbH & Co. KG. (2. Auflage). *Düngefibel*.

Internetquellen:

Skw Piesteritz

URL:<http://www.skwp.de/uploads/media/ALZONFLUESSIG-D004.pdf>

Stand: 07.03.2013

KALI GmbH

URL:[http://www.kali-gmbh.com/dede/fertiliser/products/kieserite\\_gran.html](http://www.kali-gmbh.com/dede/fertiliser/products/kieserite_gran.html)

URL:[http://www.kali-gmbh.com/dede/fertiliser/products/mop\\_granulate.html](http://www.kali-gmbh.com/dede/fertiliser/products/mop_granulate.html)

Stand: 07.03.2013

DLG e.V

URL: <http://www.dlg-test.de/pbdocs/5913F.pdf>

Stand: 20.02.2013

Statistisches Bundesamt

URL:[https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForschtwirt-schaft/Bodennutzung/Tabellen/AckerlandHauptfruchtgruppenFruchtarten.htm](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForschtwirt-schaft/Bodennutzung/Tabellen/AckerlandHauptfruchtgruppenFruchtarten.html)  
l

Stand:07.02.2013

Agri Con Precision Farming Company

<http://www.agricon.de/nc/produkte-leistungen/kartierung-agronomie?cid=2274&did=388&sechash=cb2d54ab>

<http://www.agricon.de/nc/produkte-leistungen/kartierung-agronomie?cid=2274&did=1731&sechash=af9f2a68>

<http://www.agricon.de/nc/produkte-leistungen/kartierung-agronomie?cid=2274&did=1733&sechash=d5ede7d7>

Stand: 29.01.2013

John Deere

[http://www.deere.de/de\\_DE/docs/product/equipment/agricultural\\_management\\_solutions/i\\_solutions/spfh\\_solutions/brochure/harvestlab\\_brochure/de\\_harvest\\_lab\\_0814807.pdf](http://www.deere.de/de_DE/docs/product/equipment/agricultural_management_solutions/i_solutions/spfh_solutions/brochure/harvestlab_brochure/de_harvest_lab_0814807.pdf)

Stand : 15.02.2013

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, Hannes Kuhnwald, an Eides statt, dass ich diese Bachelorarbeit selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe erstellt habe. Ich habe lediglich, die in der Arbeit angegebenen Hilfen genutzt. Sämtliche Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus schon veröffentlichten oder nicht-veröffentlichten Literaturquellen stammten, habe ich deutlich gekennzeichnet. Diese Bachelorarbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und wurde noch nicht veröffentlicht.

---