



Hochschule Neubrandenburg  
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Landschaftsarchitektur

Fachgebiet Pflanzenernährung

Prof. Dr. Seggewiß

Dr. Verch

**Bachelor-Studienarbeit**

**Einfluss eines simulierten Blattverlustes (Frostwirkung Winter) auf die Ertragswirkung der Stickstoffdüngung zu Winterraps**

von

*Hanka Mittelstädt*

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2009-0219-9

September 2009

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Unterschrift

„Ich bin damit einverstanden, dass meine Bachelorarbeit in der Hochschulbibliothek eingestellt und damit der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.“

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	8
<b>2</b>	<b>Literaturteil</b> .....	9
2.1	Raps .....	9
2.1.1	<i>Ertragsstruktur</i> .....	9
2.1.2	<i>Anforderungen an Boden und Witterung</i> .....	11
2.1.3	<i>Blattverluste und BFI (Blattflächenindex)</i> .....	12
2.2	Stickstoff .....	14
2.2.1	<i>Stickstoffaufnahme und - stoffwechsel in Pflanzen</i> .....	14
2.2.2	<i>Stickstoffkreislauf</i> .....	15
2.2.3	<i>Wirkung der Stickstoffdüngung bei Rapspflanzen</i> .....	16
2.3	Allgemeine Düngungsstrategie für Winterraps.....	17
2.4	CETIOM-Modell .....	20
2.4.1	<i>Allgemein</i> .....	20
2.4.2	<i>Methoden und Verfahren zur Erfassung des in der Biomasse enthaltenen Stickstoffs</i> 21	
2.4.2.1	<i>Visuelle Schätzungsmethode</i> .....	21
2.4.2.2	<i>Das Wiegeverfahren</i> .....	21
2.4.2.3	<i>Auswertung von Satellitenbildern</i> .....	22
2.4.2.4	<i>Laboranalysen</i> .....	22
2.4.3	<i>Berechnung des Stickstoffgesamtbedarfs nach CETIOM</i> .....	23
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	24
3.1	Standorte .....	24
3.1.1	<i>Betriebsvorstellung und Versuchslage Dedelow</i> .....	24
3.1.2	<i>Betriebsvorstellung und Versuchslage Kleptow</i> .....	25
3.1.3	<i>Witterung des Versuchsjahres 2009</i> .....	25
3.2	Versuchsplan Dedelow und Kleptow .....	26
3.3	Düngungs - und Kulturmaßnahmen in Dedelow .....	28
3.4	Düngungs - und Kulturmaßnahmen Kleptow .....	29
3.5	Messungen .....	31
3.5.1	<i>Biomasse (Berechnung nach Cetiom)</i> .....	31
3.5.2	<i>Wuchshöhe</i> .....	32
3.5.3	<i>Ertrag</i> .....	32
3.5.4	<i>LAI</i> .....	33
3.5.5	<i>Nmin-Messung</i> .....	33

<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	34
4.1	Ertrag .....	34
4.1.1	<i>Ertrag Dedelow</i> .....	34
4.1.2	<i>Ertrag Kleptow</i> .....	35
4.2	Wuchshöhe .....	36
4.2.1	<i>Wuchshöhe Dedelow</i> .....	36
4.2.2	<i>Wuchshöhe Kleptow</i> .....	37
4.3	Blattflächenindex (LAI) Dedelow und Kleptow .....	38
4.4	Beziehung Blattflächenindex und Ertrag.....	40
4.5	Nmin .....	41
4.5.1	<i>Dedelow</i> .....	41
4.5.2	<i>Kleptow</i> .....	42
4.6	Ölgehalte Dedelow und Kleptow.....	43
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	44
5.1	Einfluss eines simulierten Blattverlustes (Frostwirkung Winter) auf die Ertragswirkung der Stickstoffdüngung .....	44
5.2	Einfluss eines simulierten Blattverlustes (Frostwirkung Winter) auf die Wuchshöhe .....	45
5.3	Einfluss eines simulierten Blattverlustes (Frostwirkung Winter) auf den Blattflächenindex.....	46
5.4	Einfluss eines simulierten Blattverlustes (Frostwirkung Winter) auf die Nmin - Werte .....	47
5.5	Einfluss eines simulierten Blattverlustes (Frostwirkung Winter) auf den Ölgehalt .....	48
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	49
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	50
<b>8</b>	<b>Anhang</b> .....	52

## Abkürzungsverzeichnis

AHL	Ammonium – Harnstoff – Lösung
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
°C	Grad Celsius
cm	Zentimeter
C:N	Kohlenstoff – Stickstoff – Verhältnis
d.h.	das heißt
dt	Dezitonne
g	Gramm
GD	Grenzdifferenz
H	Wasserstoff
ha	Hektar
K	Kalium
KAS	Kalkamonsalpeter
kg	Kilogramm
l	Liter
m	Meter
mm	Millimeter
N	Stickstoff
N <sub>2</sub>	molekularer Stickstoff
NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	Ammoniak
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium
Nmin	mineralischer Stickstoff
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrit
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat
O	Sauerstoff
P	Phosphor

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	<i>Formel zur Berechnung des Rapsertages</i> .....	9
Abbildung 2:	<i>Verlauf des Blattflächenindex (BFI) und des Schotenflächenindex (SFI) des Rapsbestandes im Vegetationsverlauf</i> .....	12
Abbildung 3:	<i>Stickstoffkreislauf</i> .....	15
Abbildung 4:	<i>Verlauf der N – Aufnahme bei Winterraps und der N<sub>min</sub> – Gehalte im Boden</i> .....	18
Abbildung 5:	<i>Berechnung ortsüblicher N – Düngungsmenge im Frühjahr</i> .....	19
Abbildung 6:	<i>Rapsertäge in Abhängigkeit von N – Aufnahme in der Pflanze und Frühjahrsdüngung</i> .....	20
Abbildung 7:	<i>Beziehung zwischen der oberirdischen Biomasse nach Winter und der N – Aufnahme von Winterraps</i> .....	20
Abbildung 8:	<i>Kornertrag in dt/ha mit unterschiedlicher Düngungsmenge bei verschiedenen Blattfallterminen in Dedelow</i> .....	34
Abbildung 9:	<i>Kornertrag in dt/ha mit unterschiedlicher Düngungsmenge bei verschiedenen Blattfallterminen in Kleptow</i> .....	35
Abbildung 10:	<i>Wuchshöhe gemessen in m vom Versuch in Dedelow</i> .....	36
Abbildung 11:	<i>Wuchshöhe gemessen in m vom Versuch in Kleptow</i> .....	37
Abbildung 12:	<i>Blattflächenindex in Dedelow und in Kleptow</i> .....	38
Abbildung 13:	<i>Beziehung zwischen Blattflächenindex und dem Ertrag</i> .....	40
Abbildung 14:	<i>N<sub>min</sub> – Verlauf bei unterschiedlichen Terminen in Dedelow</i> .....	41
Abbildung 15:	<i>N<sub>min</sub> – Verlauf bei unterschiedlichen Terminen in Kleptow</i> .....	42
Abbildung 16:	<i>Ölgehalte des Kornes in % der Versuche in Dedelow und Kleptow</i> .....	43

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	<i>Zu – und Abschläge zum Sollwert</i> .....	19
Tabelle 2:	<i>Wiegeverfahren nach Cetiom im Frühjahr und Herbst</i> .....	22
Tabelle 3:	<i>Vergleich Berechnung der N – Düngungsmengen ortsüblich und nach Cetiom</i> .23	
Tabelle 4:	<i>Temperaturen und Niederschlag in Dedelow bis Juli 2009</i> .....	24
Tabelle 5:	<i>Temperaturen und Niederschläge in Kleptow bis Juli 2009</i> .....	25
Tabelle 6:	<i>Versuchsaufbau Varianten in Dedelow und Kleptow</i> .....	26
Tabelle 7:	<i>Versuchsanordnung Dedelow</i> .....	27
Tabelle 8:	<i>Versuchsanordnung Kleptow</i> .....	27
Tabelle 9:	<i>Versuchsvarianten des Versuchs in Dedelow</i> .....	28
Tabelle 10:	<i>Pflanzenschutz – und sonstige Düngungsmaßnahmen in Dedelow</i> .....	28
Tabelle 11:	<i>Versuchsvarianten des Versuchs in Kleptow</i> .....	29
Tabelle 12:	<i>Pflanzenschutz und sonstige Düngungsmaßnahmen in Kleptow</i> .....	30
Tabelle 13:	<i>Rohdaten Ertrag Dedelow und Kleptow</i> .....	52
Tabelle 14:	<i>Rohdaten LAI Dedelow und Kleptow</i> .....	53
Tabelle 15:	<i>Rohdaten Ölgehalt Dedelow und Kleptow</i> .....	53
Tabelle 16:	<i>Rohdaten Wuchshöhe Dedelow und Kleptow</i> .....	54
Tabelle 17:	<i>Rohdaten Nmin Kleptow</i> .....	55
Tabelle 18:	<i>Rohdaten Nmin Dedelow</i> .....	56

## 1 Einleitung

Die steigende Nachfrage nach Raps zog eine neue Situation in Deutschland mit sich. Laut Schätzung der ZMP, stieg die Anbaufläche von 1,49 auf 1.54 Mill. ha an. Ein Grund dafür war die große Nachfrage von Raps für die Biodieselherstellung und den damit steigenden Preisen auf dem Rapsmarkt. Ein weiterer Grund für die Ausdehnung der Anbauflächen war die Zahlung einer Energieprämie von 45 €/ha, wenn man Raps auf Stilllegungsflächen anbaut.

Neben den guten Preisen für Raps, sieht sich der Landwirt auch mit steigenden Stickstoffpreisen konfrontiert. Nicht nur steigende Stickstoffkosten, sondern auch immer schärfere Cross – Compliance - Regelungen bezüglich der N – Bilanz, führen zu einer besonderen Berücksichtigung der Düngung im Rapsanbau. Diese Bilanzen sind in den Düngesystemen der landwirtschaftlichen Betriebe häufig stark positiv und müssen deutlich ausgeglichener gestaltet werden. Gerade nach der Ernte von Raps verbleibt ein Großteil der organischen Substanz auf dem Feld und kann von der Nachfolgekultur nicht optimal ausgenutzt werden. Stickstoffmengen gelangen durch Auswaschung ins Grundwasser und belasten die Ökologie, aber auch gleichermaßen die Ökonomie des Betriebes. Ein System aus Frankreich, genannt CETIOM, ist eine Möglichkeit für die Optimierung der Stickstoffdüngung im Raps. In Zusammenarbeit mit dem ZALF Müncheberg, wird seit 2005 die Übertragbarkeit des Stickstoffdüngemodells auf Deutschland, getestet. Dabei wird die in der Biomasse aufgenommene N – Menge bis zum Vegetationsbeginn im Frühjahr geschätzt und als Betrag in die Düngerbedarfsrechnung miteinbezogen. Das heißt, dass gute Rapsbestände nach Winter mit weniger Stickstoff auskommen, als es bei der konventionellen Düngung in Deutschland der Fall ist. Aus diesem Grund hat das Modell ein erhebliches Sparpotential. Um mehr Informationen über das Verhalten des Rapses bei Anwendung des CETIOM – Modells zu bekommen, wurden 2008 in Dedelow wie auch in Kleptow Versuche angelegt. Dabei wird der Einfluss eines simulierten Blattverlustes auf die Ertragswirkung der Stickstoffdüngung untersucht. Gerade in den Wintermonaten kann es zu Kahlfrösten kommen und als Folge verliert der Raps sehr früh Blattmasse. Wird dann nach CETIOM gedüngt, kommt man zur Annahme, dass der Winterraps im Frühjahr weniger Blattmasse hat und gleichermaßen deutlich weniger assimilieren kann. Dadurch kann in Folge auch der Ertrag negativ beeinflusst werden.



## 2 Literaturteil

### 2.1 Raps

#### 2.1.1 Ertragsstruktur

Die Ertragsstruktur ist nach OEHMICHEN (1986) und CRAMER (1990) abhängig von der Anzahl der Pflanzen je Flächeneinheit, die Anzahl der Schoten je Pflanze sowie die Zahl der Körner je Schote. Dazu kommt das mittlere Samengewicht (TKG). Daraus lässt sich mathematisch mit folgender Formel der Rapsertag hypothetisch berechnen.

$$\text{Samenertrag Raps } dt/ha = \frac{\text{Pflanze je } m^2 \times \text{Schoten je Pflanze} \times \text{Samen je Schote} \times \text{TKG}}{1000}$$

**Abbildung 1: Formel zur Berechnung des Rapsertages**  
Quelle: CRAMER (1990)

Die Ausprägung jeder einzelnen Ertragskomponente ist genetisch fixiert, jedoch müssen Umweltfaktoren (wie Trockenheit), aber auch produktionstechnische Maßnahmen miteinbezogen werden. Einzelne Ertragskomponenten können sich gegenseitig beeinflussen. So kann z.B. eine hohe Bestandesdichte zu einer niedrigen Schotenzahl je Pflanze führen. Doch nicht die Maximierung der einzelnen Komponenten wird zu Höchstertagen führen, sondern, nach Meinung von LÜDKE ENTRUP & OEHMICHEN (2000) die Optimierung des Zusammenwirkens der einzelnen Ertragskomponenten. Nach CRAMER (1990) hat ein „idealer“ Rapsbestand folgende Eigenschaften:

- 55 Pflanzen je  $m^2$
- gesunde Pflanzen mit 7 – 10 Verzweigungen/Pflanze
- ca. 100 Schoten je Pflanze
- etwa 22 Samen je Schote
- ein TKG von  $\varnothing$  4,8

Jede einzelne Komponente beeinflusst die darauffolgende Komponente, sie stehen zueinander in Abhängigkeit. Nach OEHMICHEN (1986) hängt die Anzahl der Schoten je Pflanze von der Verzweigungsfähigkeit ab. Diese wird wiederum von der Bestandesdichte bestimmt. Diese Bestandesdichte ist abhängig von der Anzahl der ausgebrachten Samen/Fläche. Dabei spielen ebenfalls die Keimfähigkeit und der Feldaufgang eine entscheidende Rolle, die wiederum durch Saatmenge und Saatzeitpunkt beeinflusst werden.

Nach GEISLER (1983) sollte bei einer verzögerten Herbstaussaat die Saatmenge entsprechend erhöht werden. Witterungsbedingte Einflüsse, wie die Überwinterungsbedingungen, sind weitere Faktoren, welche die Bestandesdichte beeinflussen. Aus diesem Grund ist es wichtig mit entsprechend gutem Bestand in den Winter zu gehen, optimal wären 6 - 8 Blätter. Es sollten etwa 40 – 60 Pflanzen je m<sup>2</sup> über den Winter kommen, um einen entsprechenden Ertrag zu erhalten.

Die Verzweigungsfähigkeit, die Bildung von Seitensprossachsen mit Samenbildung, ist eine weitere Ertragskomponente, aber auch ein sehr wichtiger Faktor zur Stabilisierung des Ertrages. Es wird dabei in Haupttrieb sowie in Seitentrieb 1. und 2. Ordnung unterschieden. Nach CRAMER (1990) sollten sich möglichst 40 – 60 Schoten am Haupttrieb befinden. Etwa 30 – 40 % mehr als an den Seitentrieben. Diese Werte kann eine Einzelpflanze bei ausreichendem Standraum erreichen, folglich wird die Anzahl der Seitentriebe durch Erhöhung der Bestandesdichte negativ beeinflusst. Die Bildung von Anlagen der generativen Organe ist ein nächster Schritt, welcher sich über einen längeren Zeitraum erstreckt. Unter Norddeutschen Bedingungen beginnt die Pflanze 6 – 8 Wochen nach der Aussaat damit, in die generative Phase über zu gehen. Bereits vor dem Winterbeginn sind erste Blütenprimordien zu erkennen, im Januar weisen diese schon deutlich erkennbare Einzelteile der Blüte auf. Während der Streckungsphase findet ebenfalls eine weitere Entwicklung der generativen Organe statt. Die Blütenzahl nimmt von Seitentriebe der 1. Ordnung zu den Seitentrieben höherer Ordnung kontinuierlich ab. Letztlich reduziert die Pflanze ihre Blütenanlagen aufgrund der Witterung oder des Konkurrenzdruckes. Nach GEISLER (1983) entwickelt eine Rapspflanze 2000 – 4000 Blütenanlagen, von denen nur 10 – 20 % befruchtungsfähige Blüten werden. Daraufhin werden von diesen 200 – 800 voll ausgebildeten Blüten nur etwa 40 - 60 befruchtet und bilden eine Schote.

Die Kornzahl je Schote ist, nach OEHMICHEN (1986), abhängig vom Sitz am Haupt – oder Seitentrieb und bildet letztlich die Endphase der Ertragskomponenten. Eine entsprechend gute Pflanze kann 2000 bis 3000 Samen oder einen Ertrag von 12 – 18 g produzieren. (CRAMER,1990). Dabei wird die Samenzahl durch den Konkurrenzdruck, als Folge einer überhöhten Bestandesdichte, stark negativ beeinflusst. Besonders die Seitentriebe ab 2. Ordnung bilden nur noch sehr wenige Samen.

Das TKG unterliegt nur geringen Schwankungen. Jedoch unter extremen Umweltbedingungen, wie Trockenheit und dem daraus resultierenden Wassermangel, kann das TKG erheblich reduziert werden. Nach Meinung von LÜDKE ENTRUP & OEHMICHEN (2000) liegt das optimale Tausendkorngewicht im Winterraps bei ca. 5 g.

### 2.1.2 Anforderungen an Boden und Witterung

Nach OEHMICHEN (1986) und CRAMER (1990) setzen hohe und vor allem sichere Rapsertträge entsprechende Tiefgründigkeit und guten Garezustand des Bodens voraus. Speziell der Wurzeltiefgang kann in kritischen und ertragsentscheidenden Witterungsphasen die Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen sicherstellen. Der Raps reagiert auf jede geringste Bodenverdichtung empfindlich und verträgt ebenso wenig Staunässe. (OEHMICHEN, 1986). Nach CRAMER (1990) sind mittelschwere, humus - und nährstoffreiche Böden, aber auch sandige bis humose Lehme mit ausreichender Niederschlagsverteilung geeignet für den Rapsanbau. Der günstige pH – Wert des Bodens für den Anbau liegt bei 6,5 – 7. (OEHMICHEN, 1986).

Raps ist eine Langtagspflanze und stark witterungsabhängig. Sie sollte vor allem im Herbst noch genügend Zeit haben, eine starke Rosette, d.h. eine möglichst kräftige, vegetative Pflanze mit 6-8 Blättern, zu entwickeln. Damit erreicht die Rapspflanze eine hohe Winterfestigkeit bis etwa  $-18^{\circ}\text{C}$ . Der Winterraps hat ein ausgeprägtes Vernalisationsbedürfnis. Schon nach etwa 3 Wochen mit Temperaturen um den Gefrierpunkt, kann im Frühjahr das Streckenwachstum induziert werden. (CRAMER, 1990). Mit zunehmender Tageslänge im Frühjahr werden das Schossen und die Blütenbildung begünstigt. Spätfröste bis in den Mai können zum Platzen der Stängel, zum Absterben einzelner Blüten oder bis hin zum Absterben der ganzen Blütenanlagen führen. Die Wunden durch das eventuelle Aufplatzen der Stängel dienen, gerade für schädliche Mikroorganismen, als einfache Schnittstelle zum Eindringen in die Pflanze und können diese dann schädigen. Das würde sich entsprechend negativ auf den Ertrag auswirken. Raps bevorzugt während der Wachstumszeit kühl bis gemäßigte Temperaturen. Aber auch in der generativen Phase sind vergleichsweise niedrige Temperaturen vom Vorteil, da der Raps auch bei kälterer Witterung eine hohe Assimilationsleistung erreichen kann. (CRAMER,1990).

Nach CRAMER (1990) wird ein Jahresniederschlag von 600 bis 800 mm für ein befriedigendes Ertragsniveau gefordert. Taubildung in Küstennähen oder Flusstälern können ausbleibenden Regen oder fehlende Feldkapazität ersetzen.

### 2.1.3 Blattverluste und BFI (Blattflächenindex)

Der Raps ist eine sehr winterharte Pflanze, wenn dieser mit ausreichend Blattmasse in den Winter eintritt. Abhängig vom Aussattermin und Witterungsbedingungen sollte der Raps 6 - 8 Blätter gebildet haben. Nach BARTELS; BLOCK; BOSSE; et. al. (1991) kommt es, je nach Witterung, zu unterschiedlich hohen Blattverlusten, die im Durchschnitt etwa 50% der im Herbst gebildeten Sproßtrockenmasse betragen, nach strengem Winter aber auch etwa 80% erreichen können. Ist der Vegetationskegel durch den Frost nicht beschädigt, kann im Frühjahr mit einer Regeneration und normalen Weiterentwicklung gerechnet werden.

Nach LÜDKE ENTRUP & OEHMICHEN (2000) wird die Ausnutzung des Wachstumsfaktors Licht durch die Größe und Struktur der Assimilationsfläche und deren Ausrichtung zum Licht bestimmt. Die meisten Kulturpflanzen erreichen ihren Sättigungswert für die maximale Photosyntheseleistung erst durch mehrfache Bedeckung der Bodenoberfläche mit Blattfläche. Der Blattflächenindex oder auch LAI (leaf area index) genannt, beschreibt das Verhältnis der gesamten Blattoberfläche eines Bestandes zur gesamten Bestandsgrundfläche:

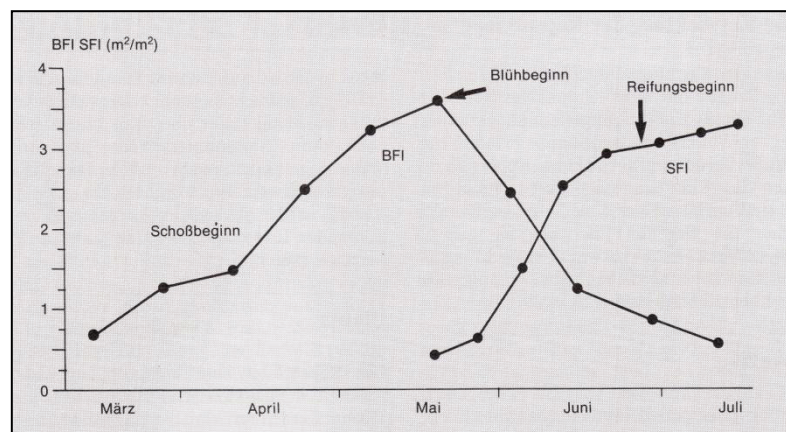
$$LAI = \text{Blattfläche des Bestandes} / \text{Grundfläche des Bestandes} [m^2/m^2]$$

Allgemein gesagt ist es ein Index, der die prozentuale Bodenbedeckung angibt und im Zusammenhang mit der Biomasse, der photosynthetischen Aktivität und Produktivität steht. Existieren keine Blätter beträgt der LAI = 0, entspricht die Blattfläche der horizontalen Bodenfläche ist er = 1, ist die Blattfläche doppelt so groß wie die Bodenfläche ist er = 2 usw. Der maximale Wert des LAI beträgt 16. Mit zunehmender Dichte des Bestandes, erhöht sich ebenfalls die Photosyntheseleistung.

Blätter, die sich in Bodennähe befinden, haben oft nur eine geringere

Photosyntheseintensität als

vollbelichtete Blätter. Aufgrund des geringeren Stoffgewinns werden sie nach einiger Zeit von der Pflanze abgestoßen. (LÜDKE ENTRUP & OEHMICHEN, 2000). Nach CRAMER (1990)



**Abbildung 2: Verlauf des Blattflächenindex (BFI) und des Schotenflächenindex (SFI) des Rapsbestandes im Vegetationsverlauf**  
Quelle: CRAMER (1990)

sollten der Blattflächenindex und der Schotenflächenindex 3 bis 4:1 betragen, um eine volle Ausnutzung des Lichtes zu erlangen und damit eine maximale Ertragsleistung zu erzielen. In der Abbildung 2 ist zu erkennen, dass der BFI mit dem wachsenden Bestand zwischen März und April ansteigt und seinen höchsten Punkt etwa Mitte Mai, zur Rapsblüte, erreicht. Danach kommt es zu einer Abnahme der BFI, jedoch gleichzeitig zu einer Zunahme der Schotenflächenindex. Ab dem Zeitpunkt reduziert die Pflanze die unteren Blätter und die Photosyntheseleistung wird durch die gebildeten Schoten bis zum Reifebeginn kompensiert. Folglich ist die Höhe des Blattflächenindex, also die Ausnutzung des Sonnenlichtes für die Bildung von Assimilate, abhängig von der Bestandesdichte. Es besteht somit eine Abhängigkeit zwischen dem BFI und den Ertragskomponenten (siehe 2.1.1. Ertragsstruktur).

## 2.2 Stickstoff

### 2.2.1 Stickstoffaufnahme und -stoffwechsel in Pflanzen

Die Aufnahme des Stickstoffs über die Wurzeln erfolgt teils passiv, teils aktiv, vornehmlich als  $\text{NO}_3^-$  bzw.  $\text{NH}_4^+$  - Ion im Austausch gegen  $\text{OH}^-$  und  $\text{HCO}_3^-$  bzw.  $\text{H}^+$  und andere Kationen. (AMBERGER, 1988). Unter passiven Transport versteht man den Massenfluss und die Diffusion. Dabei ist der Massenfluss das Produkt aus Nährstoffkonzentration in der Bodenlösung und dem Wasserfluss zu den Wurzeln. Das heißt, die Pflanze nimmt nährstoffgesättigtes Wasser auf. Der Wasserfluss zu den Wurzeln ist abhängig von der Biomassebildung und dem Transpirationskoeffizienten (l Wasserverbrauch pro kg Trockenmassebildung). Die Diffusion hingegen ist eine Wanderung der Ionen innerhalb einer Lösung, vom Ort der hohen Konzentration zum Ort der niedrigen Konzentration. Es entsteht ein Unterschied in der Bodenlösungskonzentration zwischen wurzelnahen und wurzelfernen Bodenzonen. Dieser Konzentrationsunterschied bewirkt eine Nährstoffdiffusion, entweder zur Wurzel hin oder von der Wurzel weg. Beide Mechanismen werden von der Pflanze genutzt, um weiter entfernte Nährstoffe in der Bodenlösung an die Wurzel zu transportieren und anschließend umzusetzen bzw. aufzunehmen. Nach AMBERGER (1988) würden hauptsächlich die  $\text{NO}_3^-$  - Ionen durch den Massenfluss aufgenommen, während  $\text{NH}_4^+$  - Ionen am Ton-Humuskomplex sorbiert werden.

Unter dem aktiven Transport versteht AMBERGER (1996) den Transport entgegen eines Konzentrationsgradienten. Dabei werden, mit Hilfe von ATP – Energie, Nährstoffe entgegen eines elektrochemischen Gradienten aufgenommen. Demnach würde es ein  $\text{H}^+/\text{NO}_3^-$  - Cotransport existieren. Der aktive Transport würde mit Hilfe eines  $\text{H}^+$  - ATPase – Carriers hauptsächlich als  $\text{NO}_3^-$  - bzw.  $\text{NH}_4^+$  - Ions im Austausch gegen  $\text{OH}^-$  - und  $\text{HCO}_3^-$  - bzw.  $\text{H}^+$  und anderen Kationen von statten gehen.

Sind Nitrat, Ammonium und Harnstoff von der Wuzel aufgenommen, geht ein Teil des aufgenommenen  $\text{NO}_3^-$  von der Wurzel in den Spross über den Xylemtransport. Der andere Teil wird in der Wuzel zu  $\text{NH}_4^+$  reduziert. Die Hydrolyse des Harnstoffs liefert weitere  $\text{NH}_4^+$  - Ionen. Die Gesamt  $\text{NH}_4^+$  - Menge ist die Summe aus:

- *dem bereits aufgenommenen  $\text{NH}_4^+$*
- *der Harnstoffhydrolyse produzierten Ammoniums*
- *dem in der Wuzel reduzierten Ammonium.*

Bereits in der Wurzel wird aus dem  $\text{NH}_4^+$  - Stickstoff erste Aminosäuren und Amide gebildet. Das Ammonium, die Aminosäuren, die Amide und das nicht reduziert Nitrat werden dann über das Xylem und Phloem zu den jung wachsenden Organen transportiert. An den Zellen angekommen werden sie dem Gefäßsystem entnommen und es werden weitere Aminosäuren gebildet. (SCHILLING, 1990). Diese Aminosäuren werden danach zur Bildung



Bodenbakterien Ammonium, Nitrit sowie Nitrat auf und werden durch Reduktion assimiliert. Damit ist der Stickstoff nicht mehr pflanzenverfügbar. bei der abiotischen Immobilisierung handelt es sich um einen physiko – chemischen Prozess. Dabei wird das  $\text{NH}_4^+$  - Ion in den Zwischenschichten von 2:1 Tonmineralen spezifisch gebunden werden. Dieser Prozess wird durch Trockenheit begünstigt. (SCHUBERT, 2006). Der entstandene Nitratstickstoff kann gleichfalls auch ausgewaschen werden oder aber durch die Denitrifikation als  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{N}_2$  an die Luft abgegeben werden. Bei diesem Prozess kann, unter anaeroben Bedingungen, Nitrat, mit Hilfe von Bakterien, schrittweise bis zu  $\text{N}_2$  reduziert werden. Nach AMBERGER (1996) stellt die Ammoniakverflüchtigung, gerade bei unsachgemäßer Ausbringung von Gülle, ein Umweltbelastung und einen erhöhten N-Eintrag, in Form von „sauren Depositionen“, dar.

### **2.2.3 Wirkung der Stickstoffdüngung bei Rapspflanzen**

Die Wirkung des Stickstoffs in der Pflanze ist sehr vielfältig. Nach LÜDKE ENTRUP & OEHMICHEN (2000) ist Stickstoff ein besonders wirksamer Produktionsfaktor, er ist der Motor des Wachstums. Demnach spielt dieses Nichtmetall keine unbedeutende Rolle bei der Düngung von Pflanzen. Nach AMBERGER (1996) weisen Pflanzen einen unvergleichlich höheren Bedarf an Stickstoff auf, als an anderen Nährelementen. Dieser Nährstoff ist ein wesentlicher Bestandteil der Proteine und Proteide, des Chlorophylls sowie von Wirkstoffen (Vitamine, Enzyme, Hormone). Stickstoff fördert ebenfalls das vegetative Wachstum. (LÜDKE ENTRUP & OEHMICHEN, 2000). Die N-Düngung beeinflusst einige Ertragskomponenten. Nach GEISLER (1983) gibt es eine positive Korrelation zwischen N-Düngung und Verzweigung. Dabei ist auf die geringere Bestandesdichte zu achten, um eine Kompensation zu erreichen. Es gibt viele positive Korrelationen, die sich im Endeffekt aufeinander aufbauen. Durch die Stickstoffdüngung kommt es zu einer Zunahme der Blattfläche, daraus resultierend die Zunahme der Verzweigungen. Aus den Verzweigungen heraus entstehen ebenfalls mehr Blüten, die sich folglich positiv auf die Schotenanzahl und damit auf die Samenanzahl je Pflanze auswirken. Eine weitere positive Korrelation besteht zwischen der N-Düngung und dem Eiweißgehalt. Jedoch wirkt sich der steigende Eiweißgehalt negativ auf das Rohfettgehalt aus. (GEISLER, 1983).

Eine weitere Wirkung des Stickstoffs ist die Hemmung und das Verzögern von Reduzierungsprozessen. Die Pflanze bleibt länger grün und die Reduzierung von Blüten, Blättern und Verzweigungen wird entgegengesetzt bewirkt.



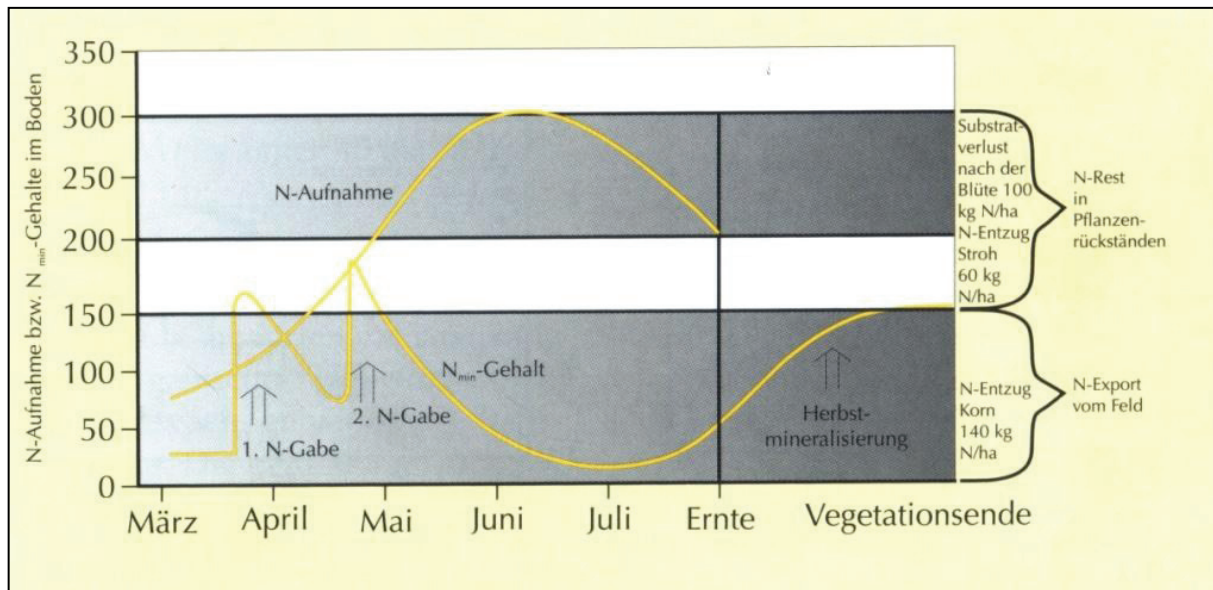
### 2.3 Allgemeine Düngungsstrategie für Winterraps

Unter Düngung versteht man das gezielte Zuführen von Nährstoffen, und damit die Beeinflussung des Angebots an stofflichen Wachstumsfaktoren. Diese zugeführten Nährstoffe werden als Dünger oder Düngemittel bezeichnet.

In der Regel werden im Raps über die Fruchtfolgeperiode 2 – 3 Stickstoffgaben durchgeführt. Im Herbst ist generell keine Stickstoffdüngung vorzusehen, da unter normalen Auflaufs- und Witterungsbedingungen für die Vorwinterentwicklung ausreichend Stickstoff im Boden vorhanden ist. Trotzdem sollte man im Herbst das Auflaufen und die Entwicklung der Pflanzen beobachten, um bei Minderwuchs entsprechenden Düngereinsatz zur Stabilisierung der Blattmassebildung gezielt auszubringen. Gründe für das schwache Wachstum im Herbst sind häufig:

- *schlechte N-Verfügbarkeit in tonige, kalte Böden (häufig nach Stroheinarbeitung)*
- *späte Saat (in nördlichen Region nach dem 25. August)*
- *früher Schädlingsbefall (Fliegen, Mücken, Schnecken)*
- *schlechter Witterung*
- *Wuchshemmungen durch Herbizide*

Diese Faktoren können zum verzögerten Auflaufen der Saat führen und damit zur verspäteten Entwicklung der Pflanze. Aufgrund dessen sollte schlagspezifisch über eine Herbsdüngung entschieden werden. Es ist hier eine Düngung von 30 – 50 kg N/ha zu empfehlen. (BACHTHALER; DIETZ; POMMER et. al., 1992). Ziel dieser Düngungsmaßnahme ist das Erreichen des Rosettenstadiums der Pflanzen vor Vegetationsstopp im Winter. Etwa 4 - 8 Blätter wären optimal. Ebenfalls soll eine kräftige Wurzelentwicklung gefördert werden. Die dafür benötigte Stickstoffaufnahme wird mit etwa 70 kg/ha beziffert. (CRAMER, 1990). Eine übermäßige Düngung von Stickstoff im Herbst führt zu einem Überwachsen der Bestände. Stängelwachstum und das Entfernen des Vegetationskegels vom Boden weg, führt zu Frost - und Fäulnisschäden. Diese können im Frühjahr nur schwer oder gar nicht regeneriert werden. Auf diese Weise kann das Ertragspotential schon im Herbst begrenzt werden. Für die Herbsdüngung eignen sich besonders ammoniumnitrathaltige Stickstoffdünger, aufgrund des schnellverfügbaren Stickstoffs für die Pflanzen. Dazu zählen NP – und NPK – Dünger.



**Abbildung 4: Verlauf der N – Aufnahme bei Winterraps und der N<sub>min</sub> – Gehalte im Boden**  
 Quelle: CHRISTEN & FRIEDT (2007)

Die Düngung im Frühjahr sollte meist zeitig ablaufen, um den geschwächten Raps, vorwiegend durch Blattverluste, wieder Antrieb zum Wachstum zu geben. Dabei ist darauf zu achten, dass bei milden Wintern die Rapsbestände im Frühjahr sehr üppig sein können. Bei einer frühzeitigen N-Düngung ist die Frostresistenz des Bestandes bei einem Kälteeinbruch herabgesetzt, es kann zu Auswinterungserscheinungen kommen. Häufig wird die Düngung auf gefrorenen Boden, möglichst Ende Februar – Anfang März, ausgebracht. Somit ist gewährleistet, dass den Pflanzen zum Wachstumsbeginn entscheidende Nährstoffe zur Verfügung stehen. Die Menge des zu streuenden Stickstoffs beläuft sich bei der ersten Gabe auf 80 – 100 kg N/ha. Es dient hauptsächlich zu Blattneubildung und zur Unterstützung der Streckungsphase im März/April (siehe Abbildung 4). 4 – 6 Wochen später sollte eine weitere 2. N - Gabe erfolgen. Oft wird etwa 40 – 80 kg N/ha ausgebracht. Die Höhe ist jedoch abhängig von dem Pflanzenwachstum. Oft wird AHL in Kombination mit Pflanzenschutzmaßnahmen als Blattdüngung ausgebracht. Vorteile bietet diese Maßnahme nur bei kalten, tonigen oder leichten Böden, bei denen die N-Nachlieferung begrenzt und die Auswaschungsgefahr erhöht ist. Nach CRAMER (1990) birgt die Teilung der Frühjahrsdüngung in 2 Gaben gewissen Vorteil:

- *frühzeitiges Lager wird vermieden*
- *Auswaschungsgefahr auf leichten Böden wird umgangen*
- *Anpassungsfähigkeit der Gesamt – N – Gabe an sich ändernde Witterungsverhältnisse und den Kulturzustand wird gewahrt*

Die zu streuende N - Menge setzt sich aus mehreren Gliedern zusammen:

<p><b>N - Sollwert</b></p> <p style="margin-left: 40px;">– <b>Nmin</b></p> <p style="margin-left: 40px;">± <b>Zu – und Abschläge (siehe Tab. 1)</b></p> <hr style="width: 50%; margin: 10px auto;"/> <p><b>N – Düngungshöhe Frühjahr</b></p>
--

**Abbildung 5: Berechnung ortsüblicher N – Düngungsmenge im Frühjahr**  
*Quelle: eigene Zusammenstellung*

Dabei beschreib der Sollwert das vom Raps, für die gesamte Vegetationsperiode, benötigtes N-Angebot (aus Boden-N und Dünger-N). Dieser wird errechnet durch die Multiplikation vom dem zu erwartenden Ertrag mit dem Erzeugungswert von 6,5 kg N je dt Rapssamen (Ertragerwartung). Von dem Sollwert wird dann der mineralisch verfügbare Stickstoff im Boden, folglich der N-min-Wert abgezogen. Dieser wird durch eine Laboranalyse in unterschiedlichen Bodenhorizonten ermittelt. Weiterhin werden vom Sollwert Zu- und Abschläge abgezogen bzw. addiert (siehe Tabelle 1). Jedoch sollte die Summe der Zu – und Abschläge 40 kg /ha N nicht überschreiten. Dies wird auch als Sollwertkorrektur bezeichnet.

**Tabelle 1: Zu – und Abschläge zum Sollwert**

<b>Sollwertkorrektur</b>	<b>Korrekturwert kg/ha</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nach Ertragsniveau</b></li> </ul>	
Erträge über 40 dt/ha	+ 30
Erträge unter 25 dt/ha	- 30
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nach Standort</b></li> </ul>	
humusarme, leichte Sandböden (S)	+ 20
kalte, umsetzungstrage Böden (utL, tL, T)	+ 20
stark humose Böden	- 20
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nach Viehbesatz</b></li> </ul>	
je GV/ha	- 10
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nach Bestandsentwicklung</b></li> </ul>	
schlecht entwickelte Bestände	+ 20
sehr gut entwickelte Bestände	- 20

*Quelle: Rahmenempfehlung zur Düngung im Land Brandenburg (1997)*

## 2.4 CETIOM-Modell

### 2.4.1 Allgemein

Beim CETIOM-Modell, auch das „Französische Modell“ genannt, wird die, in der Biomasse aufgenommen Stickstoffmenge bis zu Vegetationsbeginn im Frühjahr berücksichtigt. Die Entwicklung und Erprobung des Verfahrens begann in Frankreich. Auch in Deutschland wird seit einigen Jahren dieses Stickstoffdüngungsmodell

geprüft. Schon in den 80-ziger Jahren erkannte man die Grundelemente des Modells. Nach den Meinungen von REAU R., WAGNER D. und PALLEAU J.P. (1994), würde die optimale Stickstoffdüngermenge im

Frühjahr, von der über Winter aufgenommenen

Stickstoffmenge in der Frischmasse abhängen. Es ist

jedoch schwierig die optimale Düngungsmenge exakt zu ermittelt. Die Abbildung 6 von RAPOOL (2007) nach HEBINGER zeigt, dass die optimale Stickstoffgabe mit der N-

Aufnahme ausgehend vom Winter, negativ korreliert.

Weiterhin heißt es nach HERBINGER, je höher die aufgenommenen

Stickstoffmengen eines Rapsbestandes sind, desto niedriger ist das N-Düngungsoptimum.

Die Abbildung 7 von HEBINGER zeigt eindeutig das mit zunehmenden Biomassen, die Stickstoffaufnahmen des

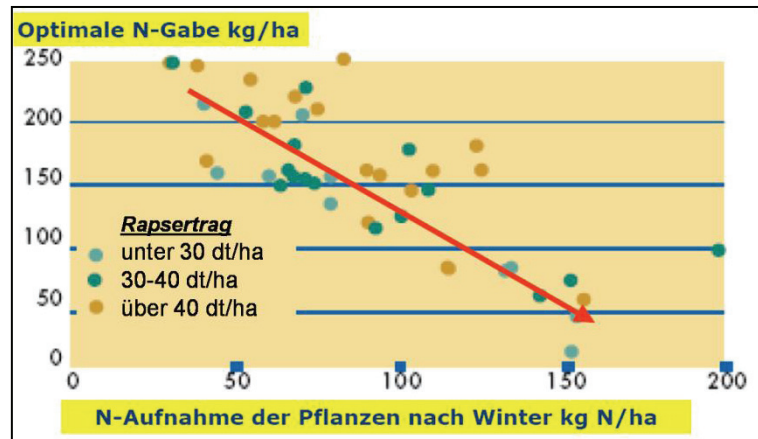


Abbildung 6: Rapsertträge in Abhängigkeit von N – Aufnahme in der Pflanze und Frühjahrsdüngung

Quelle: RAPOOL

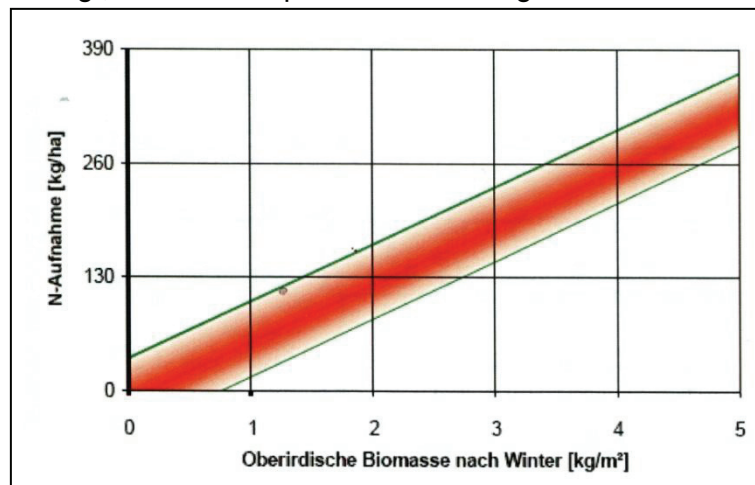


Abbildung 7: Beziehung zwischen der oberirdischen Biomasse nach Winter und der N – Aufnahme von Winterraps

Quelle: HERBINGER (2005)

Bestandes steigen. Das technische Zentrum für Forschung und Entwicklung von Ölsaatenproduktion in Frankreich untersuchte diese Abhängigkeiten auf mehr als 100 französischen Praxisbetrieben und kam zu der Schlussfolgerung, dass mit zunehmender Blattmasse im Frühjahr, die Stickstoffdüngungsmengen reduziert werden kann.

## **2.4.2 Methoden und Verfahren zur Erfassung des in der Biomasse enthaltenen Stickstoffs**

### **2.4.2.1 Visuelle Schätzungsmethode**

Bei der visuellen Schätzungsmethode fungiert das Auge als Sensor. Demnach wird mit dem Auge abgeschätzt, wie viel Biomasse sich auf dem Feld befindet. Als Vergleichsmöglichkeit werden Tafeln benutzt, welche Bilder mit verschiedenen stark entwickelten Rapsbeständen zeigen. Im Folgenden wird anhand dieser Bilder, die Menge des gebundenen Stickstoffs in der Biomasse geschätzt. Es ist eine sehr ungenaue Erfassung und kann nur für kleine bis mittelgroß gewachsene Bestände eingesetzt werden. Andernfalls zeichnet sich diese Schätzung durch ihre einfache Handhabung sowie durch Schnelligkeit aus und ist nach wie vor eine sehr begehrte Methode unter den Landwirten.

### **2.4.2.2 Das Wiegeverfahren**

Das Wiegeverfahren ist eines der genauesten Verfahren zur Ermittlung des aufgenommenen N-Gehaltes in Rapspflanzen. Auch bei den Versuchen, welche in dieser Arbeit ausgewertet werden, wurde dieses Verfahren angewandt. Im Herbst, zur Vegetationsruhe, werden 3 x 1m<sup>2</sup> oberirdische Pflanzenmasse abgeschnitten und einzeln verwogen. Das gleiche Procedere erfolgt im Frühjahr zum Vegetationsbeginn. Es ist darauf zu achten, dass repräsentative Stellen auf dem Feld für den Biomasseschnitt ausgewählt werden. Man berechnet als nächsten Schritt den Mittelwert aus den Gewichten des Herbstschnittes und des Frühjahrschnitts. Die Summe beider wird in Folge durch 2 dividiert und man erhält das Gesamtgewicht. Um verfallene bzw. abgeworfene Blätter mit zu berücksichtigen werden die 2 Schnitte, im Herbst und im Frühjahr, durchgeführt.

**Tabelle 2: Wiegeverfahren nach Cetiom im Frühjahr und Herbst**

<b>Herbst (ab Vegetationsruhe)</b>	<b>Frühjahr (ab Vegetationsbeginn)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>– 3 x 1m<sup>2</sup> Pflanzenmasse beschneiden</li><li>– Wiegung der Pflanzenmasse</li><li>– Bildung des Mittelwertes aus den 3 Gewichten</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– 3 x 1m<sup>2</sup> Pflanzenmasse beschneiden</li><li>– Wiegung der Pflanzenmasse</li><li>– Bildung des Mittelwertes aus den 3 Gewichten</li></ul>

*Quelle: eigene Zusammenstellung*

Ist das Gesamtgewicht berechnet, multipliziert man dieses mit den Faktor 50 (für die nördliche Region) und erhält die gebundene Stickstoffmenge bezogen auf ein Hektar.

#### **2.4.2.3 Auswertung von Satellitenbildern**

Es werden bei diesem Verfahren Satellitenbilder von Rapsschlägen aufgenommen, welche darauffolgend mit mathematische Programmen weiter verarbeitet werden. Letztendlich entstehen Abbildungen von Feldern, wovon man die Menge an gebildeter, oberirdischer Pflanzenmasse ablesen kann. Anhand dessen kann man ebenfalls auf die Menge des gebundenen Stickstoffs schließen. Dieses Verfahren ist sehr schnell und sehr genau. Die daraus resultierenden Daten können für weitere Maßnahmen genutzt werden. Jedoch ist das Verfahren sehr aufwändig und dementsprechend kostenintensiv.

#### **2.4.2.4 Laboranalysen**

Bei der Laboranalyse wird das abgeschnittene Blattmaterial einer bestimmten Fläche im Labor untersucht. Das Material wird dort auf den Stickstoffgehalt untersucht. Einerseits ist dieses Verfahren sehr genau, jedoch andererseits auch aufwändig und kostenintensiv.

### 2.4.3 Berechnung des Stickstoffgesamtbedarfs nach CETIOM

Nachdem die Biomasse vor und nach dem Winter verwogen und ein Mittelwert gebildet ist, wird der geschätzte Wert mit dem Faktor 50 multipliziert. Das Ergebnis ist die bereits gebundene Stickstoffmenge in den Pflanzen. Dieser Wert wird von dem N-Sollwert abgezogen. Dabei ist der N-Sollwert das Produkt aus dem zu erwartenden Ertrag und dem N-Erzeugungswert von 6,5 kg N/dt Rapssamen. Dieser Sollwert steht als Ausgangspunkt. Davon werden dann die bereits gebundene Stickstoffmenge, der mineralisch vorliegende Stickstoff und die N-Nachlieferung des Bodens, abgezogen. Der daraus resultierende Wert ist dann die N-Gesamtbedarfsmenge. Um die Berechnung zu vereinfachen wurde ein Raps-Rechenschieber (règlette Azote colza) in Frankreich entwickelt. Man gibt die Biomasse an und dem Anwender wird folglich die Gesamtbedarfsmenge angezeigt.

Tabelle 3: Vergleich Berechnung der N – Düngungsmengen ortsüblich und nach Cetiom

Deutschland	Frankreich
<p><b>N - Sollwert</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nmin</li> <li>- N-Nachlieferung Boden</li> </ul>	<p><b>N - Sollwert</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nmin</li> <li>- N-Nachlieferung Boden</li> <li>- N-Aufnahme bis Ausgang Winter</li> </ul>

Quelle: HERBINGER (2005)

<b>Ertragserwartung:</b>	40 dt
<b>N-Erzeugungswert:</b>	6,5 kg N/ dt Rapssamen
<b>in der Frischmasse gebundenen Stickstoff:</b>	122 kg N
<b>Nachlieferung Boden:</b>	20 kg N
<b>Nmin:</b>	30 kg
40 dt x 6,5 kg N	= 260 kg N Sollwert
	- 30 kg Nmin
	- 122 kg N (Frischmasse)
	- 20 kg Bodennachlieferung
	<u>88 kg N/ha</u>
	<b>Gesamtbedarfsmenge</b>

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Standorte

##### 3.1.1 Betriebsvorstellung und Versuchslage Dedelow

Die Forschungsstation Dedelow ist Teil des Leibnitz - Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. (ZALF) mit dem Hauptsitz in Müncheberg bei Berlin. Dedelow liegt im Nord-Osten Brandenburgs, an der Grenze zu Mecklenburg Vorpommern. Der Außenstelle in der Uckermark stehen etwa 51 ha Ackerland für Forschungszwecke zur Verfügung. Bei der Bodenart handelt es sich um sandigen Lehm bis lehmigen Sand mit durchschnittlichen Ackerwertzahlen von 42 Bodenpunkten. Die langjährigen Mittel von Temperatur und Niederschlag liegen am Standort bei 8,8°C und 480 l/m<sup>2</sup> (siehe Tabelle 4).

**Tabelle 4: Temperaturen und Niederschlag in Dedelow bis Juli 2009**

	<b>Temperatur °C</b>					<b>Niederschlag (mm)</b>				
	langj. Mittel 85-08	2006	2007	2008	2009	langj. Mittel 85 - 08	2006	2007	2008	2009
Januar	0,2	-4,7	4,4	2,5	-2,2	34	12	63	54	7
Februar	0,7	-0,8	1,5	3,9	-0,1	26	22	34	13	15
März	3,2	0,0	6,3	3,7	4,5	30	30	42	51	36
April	7,9	8,1	9,7	7,3	12,3	27	27	1	49	3
Mai	13,1	12,6	14,3	13,4	12,3	51	43	97	8	46
Juni	16,0	17,0	17,4	16,4	15,5	71	47	249	48	68
Juli	18,4	21,9	17,4	18,0	18,4	57	29	101	33	65
August	17,9	16,9	17,5	17,6		51	104	54	40	
September	13,8	16,6	12,9	12,7		51	25	52	47	
Oktober	9,1	11,7	7,9	8,9		31	29	15	57	
November	4,4	6,7	3,5	4,9		30	37	31	21	
Dezember	1,3	5,3	1,9	1,2		22	10	22	19	
<b>Mittelwert</b>	<b>8,8</b>	<b>9,3</b>	<b>9,6</b>	<b>9,2</b>		<b>480</b>	<b>415</b>	<b>761</b>	<b>440</b>	<b>240</b>

Quelle: ZALF Dedelow



### 3.1.2 Betriebsvorstellung und Versuchslage Kleptow

Der Versuchsstandort in Kleptow befindet sich im Nord-Osten Brandenburgs, etwa 15 km von der Kreisstadt Prenzlau entfernt. Die Versuchsstation gehört zu der Hybro Saatzucht GmbH & Co. KG. Bei der Bodenart handelt es sich um sandigen Lehm mit einer Ackerwertzahl von 55 Bodenpunkten. Die langjährigen Mittel von Temperatur und Niederschlag liegen im Kleptow bei 9,5° und 500 l/m<sup>2</sup> (siehe Tabelle 5).

**Tabelle 5: Temperaturen und Niederschläge in Kleptow bis Juli 2009**

	<b>Temperatur °C</b>					<b>Niederschlag l/m<sup>2</sup></b>				
	langj. Mittel 61-08	2006	2007	2008	2009	langj. Mittel 61 - 08	2006	2007	2008	2009
Januar	0,0	-4,6	4,8	3,0	-2,3	38	18	68	52,5	8
Februar	1,0	,0,5	1,9	4,6	0,2	29	31	44,5	13	25
März	4,0	0,5	6,9	4,3	4,3	36	30	55	54	22
April	10,0	10,0	10,6	8,2	12,1	24	39,5	0	62	4,5
Mai	14,0	14,5	14,9	14,3	13,2	49	34,5	68	4	68
Juni	17,0	17,8	20,0	17,6	14,8	56	53	88,5	36	80
Juli	19,0	22,9	17,9	19,0	19,0	69	25	122,5	66,5	69,5
August	17,0	17,1	17,9	18,2		61	80	100	39	
September	15,0	17,2	13,2	13,4		39	34	51,5	50	
Oktober	10,0	11,9	8,2	9,5		33	21	28	71	
November	5,0	7,1	3,6	5,5		40	46	33	21	
Dezember	2,0	5,4	2,0	1,7		26	16	29	23	
<b>Mittelwert</b>	<b>9,5</b>	<b>10,9</b>	<b>10,2</b>	<b>9,9</b>		<b>500</b>	<b>428</b>	<b>688</b>	<b>492</b>	<b>277</b>

Quelle: Hybro Saatzucht GmbH & Co.KG

### 3.1.3 Witterung des Versuchsjahres 2009

Generell war die Witterung entsprechend gut verlaufen, der Raps hat den Winter ohne große Fehlstellen gut überstanden. Es gab nur wenig Phomabefall. Aufgrund der gut ausgebildeten Wurzel überstanden die Pflanzen auch das trockene Frühjahr (im April 3 mm Niederschlag in Dedelow und 4,5 l/m<sup>2</sup> in Kleptow). Des Weiteren gab es eine lange Blühphase und wenig Probleme mit Schädlingen. Niederschläge, gerade Mai und Juni zur Schoten - und Kornbildungsphase, waren sehr günstig und wirkten sich positiv auf den Ertrag aus. Es kam zur einen gleichmäßigen Abreife des Rapses.

### 3.2 Versuchsplan Dedelow und Kleptow

Bei dem Versuch in Dedelow handelt es sich um einen Blockversuch mit 5 Varianten. Variante 1 ist ohne Blattabfall und mit ortüblichen Stickstoffmengen (200 kg N/ha) gedüngt worden. Die Varianten 2 bis 4 hatten zu unterschiedlichen Zeitpunkten einen simulierten Blattabfall (es wurden die Blätter bis zur Knospe entfernt und als Biomasse auf jeder entsprechenden Parzelle liegengelassen). Diese düngte man mit 120 kg N/ha. Es wurde mit Absicht ein geringeres N-Niveau gewählt, um die Wirkung des Blattfalls nicht durch zu hohe N-Gaben zu überdecken. Variante 5 ist, wie Variante 1, ohne Blattabfall, jedoch nach Cetiom gedüngt. Zum Vergleich legte man noch eine zusätzliche Nullvariante (N=0) an. Es wurden jeweils 4 Wiederholungen gemacht. Die Parzellen haben eine Größe von 10,14 m<sup>2</sup> und sind nach dem Zufall angeordnet. Die Tabelle 6 gibt eine Auflistung der unterschiedlichen Varianten aus Dedelow wie auch aus Kleptow.

Bei dem Versuch in Kleptow handelt es sich ebenfalls um einen Blockversuch, jedoch mit 7 Varianten. Die Variante 1 ist, zum Vergleich, eine Nullvariante (N=0). Die Varianten 2 bis 4 hatten zu unterschiedlichen Terminen einen simulierten Blattabfall und wurden mit 120 kg N/ha gedüngt, wie es auch in Dedelow der Fall war. Die Varianten 5 bis 7 erlitten keinen Blattabfall und wurden in unterschiedlicher Höhe gedüngt, darunter einmal auch nach dem Cetiom - Modell. Es wurden 4 Wiederholungen angelegt. Die Aussaatfläche (Einzelparzelle) hat eine Größe von 27 m<sup>2</sup>, die Ernteparzellengröße bei diesem Standort beträgt 12,6 m<sup>2</sup>. Die Anordnung der einzelnen Varianten auf beiden Standorten ist willkürlich und in den Tabellen 7 und 8 übersichtlich dargestellt.

**Tabelle 6: Versuchsaufbau Varianten in Dedelow und Kleptow**

<b>Variante</b>	<b>Dedelow</b>		<b>Kleptow</b>	
1	Ohne Blattabfall	<b>200 kg N</b>	Ohne Blattabfall	<b>0 kg N</b>
2	Blattabfall (11.12.08)	<b>120 kg N</b>	Blattabfall (11.12.08)	<b>120 kg N</b>
3	Blattabfall (20.01.09)	<b>120 kg N</b>	Blattabfall (20.01.09)	<b>120 kg N</b>
4	Blattabfall (03.03.09)	<b>120 kg N</b>	Blattabfall (03.03.09)	<b>120 kg N</b>
5	Ohne Blattabfall	<b>120 kg N</b>	Ohne Blattabfall	<b>120 kg N</b>
6			Ohne Blattabfall	<b>160 kg N</b>
7			Ohne Blattabfall	<b>200 kg N</b>

Quelle: eigene Zusammenstellung

**Tabelle 7: Versuchsanordnung Dedelow**

4	1	5	3
5	4	2	1
1	5	3	2
3	2	1	4
2	3	4	5
<b>Block D</b>	<b>Block C</b>	<b>Block B</b>	<b>Block A</b>

Quelle: eigene Zusammenstellung

- 1 = Variante 1      4 = Variante 4  
 2 = Variante 2      5 = Variante 5  
 3 = Variante 3

**Tabelle 8: Versuchsanordnung Kleptow**

6	4	1	5	2	7	3	<b>Block D</b>
5	7	2	3	4	1	6	<b>Block C</b>
5	2	4	1	6	3	7	<b>Block B</b>
7	6	5	4	3	2	1	<b>Block A</b>

Quelle: eigene Zusammenstellung

- 1 = Variante 1      5 = Variante 5  
 2 = Variante 2      6 = Variante 6  
 3 = Variante 3      7 = Variante 7  
 4 = Variante 4

### 3.3 Düngungs - und Kulturmaßnahmen in Dedelow

Der Versuch in Dedelow wurde am 20. August 2008 mit einer Aussaatstärke von 50 Körner / m<sup>2</sup> gedreht. Es handelt sich dabei um die Hybridsorte Visby und die Vorfrucht war Hafer. Der Aufgang betrug am 28. August 2008 etwa 45 Pflanzen / m<sup>2</sup> (vor Winter). Die N-Düngung wurde in Dedelow in 2 Gaben aufgeteilt. Zum 1. Termin am 04.03.2009 (EC 17) wurde 50 kg N in Form von KAS appliziert. Am 18.03.2009, zum 2. Termin (EC 31/32) wurde 70 kg N bzw. 110 kg N/ha und 150 kg N/ha in Form von Harnstoff gestreut. Auf allen Parzellen wurde zusätzlich noch 2 dt Kieserit gegeben. Pflanzenschutz und sonstige Düngungsmaßnahmen sind in einer weiteren Tabelle (Tab. 10) aufgelistet.

**Tabelle 9: Versuchsvarianten des Versuchs in Dedelow**

Varianten		Behandlung	Düngerform	EC	Datum
<b>1</b>	N – Gabe ortsüblich	1. 50 kg N/ha	KAS	17	04.03.2009
		2. 150 kg N/ha	Harnstoff	32/33	18.03.2009
<b>2</b>	N – Gabe nach Cetiom - Berechnung mit Blattfall am 11.12.08	1. 50 kg N/ha	KAS	17	04.03.2009
		2. 70 kg N/ha	Harnstoff	32/33	18.03.2009
<b>3</b>	N – Gabe nach Cetiom - Berechnung mit Blattfall am 20.01.09	1. 50 kg N/ha	KAS	17	04.03.2009
		2. 70 kg N/ha	Harnstoff	32/33	18.03.2009
<b>4</b>	N – Gabe nach Cetiom - Berechnung mit Blattfall am 03.03.08	1. 50 kg N/ha	KAS	17	04.03.2009
		2. 70 kg N/ha	Harnstoff	32/33	18.03.2009
<b>5</b>	N – Gabe nach Cetiom - Berechnung	1. 50 kg N/ha	KAS	17	04.03.2009
		2. 70 kg N/ha	Harnstoff	32/33	18.03.2009

Quelle: eigene Zusammenstellung

**Tabelle 10: Pflanzenschutz – und sonstige Düngungsmaßnahmen in Dedelow**

<b>Düngung</b>	2 dt Kieserit 2 kg Nutribor 2 kg Nutribor	10.03.2009 08.10.2008 15.04.2009
<b>Herbizid</b>	Butisan Top 0,2 l/ha Agil 0,8 l/ha	05.09.2008 13.09.2008
<b>Fungizid/MBP</b>	0,6 Folicur 0,6 Folicur Cantus Gold 0,5 kg/ha	08.10.2008 15.04.2009 15.05.2009
<b>Insektizid</b>	Biscaya 200 ml/ha	07.04.2009

Quelle: ZALF Dedelow

### 3.4 Düngungs - und Kulturmaßnahmen Kleptow

Der Versuch in Kleptow wurde am 21.08.2008 mit einer Aussaatstärke von 45 Körner/m<sup>2</sup> gedrillt. Bei der vorangegangenen Bodenbearbeitung verzichtete man auf das Pflügen. Der Acker wurde am 18.08.2008 gegrubbert. Bei der Rapsorte handelt es sich um eine Hybridsorte mit dem Namen Visby. Als Vorfrucht setzte man Körnererbsen ein, wobei diese eine entsprechend gute Vorfrucht darstellt. Der Aufgang war am 25. August 2008. Die Stickstoffdüngung erfolgte wie in Dedelow. Zum ersten Termin am 04.03.2009 (EC 17) wurde 50 kg N in Form von KAS auf allen Parzellen gedüngt. Am 18.03.2009, zum zweiten Termin (EC 31/32) wurde 70 kg N bzw. 110 kg N/ha oder 150 kg N/ha in Form von Harnstoff gestreut. Pflanzenschutz und sonstige Düngungsmaßnahmen sind in einer weiteren Tabelle (Tab. 12) aufgelistet.

**Tabelle 11: Versuchsvarianten des Versuchs in Kleptow**

Varianten		Behandlung	Düngerform	EC	Datum
<b>1</b>	Nullvariante	0 kg N/ha			
<b>2</b>	N – Gabe nach Cetiom - Berechnung mit Blattfall am 11.12.08	1. 50 kg N/ha 2. 70 kg N/ha	KAS Harnstoff	17 32/33	04.03.2009 18.03.2009
<b>3</b>	N – Gabe nach Cetiom - Berechnung mit Blattfall am 20.01.09	1. 50 kg N/ha 2. 70 kg N/ha	KAS Harnstoff	17 32/33	04.03.2009 18.03.2009
<b>4</b>	N – Gabe nach Cetiom - Berechnung mit Blattfall am 03.03.08	1. 50 kg N/ha 2. 70 kg N/ha	KAS Harnstoff	17 32/33	04.03.2009 18.03.2009
<b>5</b>	N – Gabe nach Cetiom - Berechnung	1. 50 kg N/ha 2. 70 kg N/ha	KAS Harnstoff	17 32/33	04.03.2009 18.03.2009
<b>6</b>	N – Gabe nach Cetiom - Berechnung	1. 50 kg N/ha 2. 110 kg N/ha	KAS Harnstoff	17 32/33	04.03.2009 18.03.2009
<b>7</b>	N – Gabe ortsüblich	1. 50 kg N/ha 2. 150 kg N/ha	KAS Harnstoff	17 32/33	04.03.2009 18.03.2009

Quelle: eigene Zusammenstellung

**Tabelle 12: Pflanzenschutz und sonstige Düngungsmaßnahmen in Kleptow**

<b>Düngung</b>	40 kg S/ha Kieserit	11.09.2008
	2 kg/ha Hydro Plus micro Raps	29.04.2009
	2 kg/ha Hydro Plus micro Raps	15.05.2009
<b>Herbizid</b>	0,3 l/ha Effigo	02.09.2008
	2,0 l/ha Butisan Top	05.09.2008
<b>Insektizid</b>	75 ml/ha Karate Zeon	08.10.2008
	300 ml/ha Biscaya	04.04.2009
	75 ml/ha Karate Zeon	30.04.2009
<b>Fungizid</b>	0,3 l/ha Caramba	12.09.2008
	1,0 l/ha Folicur	08.10.2008
	1,0 l/ha Caramba	04.04.2009
	0,5 l/ha Caramba	29.04.2009
	0,5 l/ha Caramba	15.05.2009

Quelle: Hybro Kleptow

### 3.5 Messungen

#### 3.5.1 Biomasse (Berechnung nach Cetiom)

Die Berechnung der Düngungsmenge nach Cetiom erfolgt durch die Erfassung oder Wiegung der Biomasse zum Vegetationsende im November und zum Vegetationsbeginn im darauffolgenden Frühjahr. In diesem Versuch wurden am 10. November 2008 die Biomassen der verschiedenen Parzellen auf einem viertel Quadratmeter gewogen und auf einen Quadratmeter hochgerechnet. Die Biomasse vor dem Winter hatte ein Gewicht von 2,8 kg/m<sup>2</sup>. Über dem Winter erfolgte zu unterschiedlichen Terminen ein vorzeitiger Blattabfall. Um auch nach dem Winter eine Biomassewiegung zu erfassen, wick man auf gleichwertige Parzellen aus. Die Biomassewiegung im Frühjahr ergab 2 kg Frischmasse/m<sup>2</sup>. Aus den beiden erfassten Zahlen nahm man den Mittelwert, 2,4 kg. Dieser Wert, multipliziert mit dem Faktor 50, ergibt die in der Frischmasse gebundene N-Menge, d.h. 120 kg N sind bereits vom Raps adsorbiert. Folgende Berechnung vollzog sich im Versuch:

<b>Ertragserwartung:</b>	50 dt/ha
<b>N-Erzeugungswert:</b>	6,25 kg N/ dt Rapssamen
<b>in der Frischmasse gebundenen Stickstoff:</b>	120 kg N
<b>Nachlieferung Boden:</b>	35 kg N
<b>Nmin:</b>	20 kg
50 dt x 6,25 kg N	= 325 kg N Sollwert
	- 20 kg Nmin
	- 120 kg N (Frischmasse)
	<u>- 25 kg Bodennachlieferung</u>
	<b>160 kg N/ha</b>
	<b>Gesamtbedarfsmenge</b>

Man berechnet demnach den N – Sollwert. Das ist die Multiplikation aus dem Faktor der Ertragsersparung und dem Faktor des N-Erzeugungswertes. Von diesem Sollwert subtrahiert man dann den N<sub>min</sub> – Wert, berechnete Stickstoffmenge in der Frischmasse und den Wert der Bodennachlieferung. Letzterer ist immer „die große Unbekannte“ und muss geschätzt werden. Entsprechend dieser Berechnung sollte nach Cetiom noch 160 kg N/ha gedüngt werden. Um aber einen besseren Vergleich zwischen den Blattfallvarianten ziehen zu können, wurde die Menge auf 120 kg N/ha reduziert. Es konnte aber in auch zwischen 3 verschiedene Düngungsintensitäten, einmal das Minimum mit 120 kg N/ha, nach Cetiom mit 160 kg N/ha und das Maximum (ortsüblich) mit 200 kg N/ha, verglichen werden.

### **3.5.2 Wuchshöhe**

Zur Erfassung der Wuchshöhe wurde ein handelsüblicher Zollstock genutzt. Es war dabei zu beachten, dass man bei unterschiedlicher Höhe der Pflanzen, mit dem Auge, einen geschätzten Durchschnitt erfasste. Pro Parzelle wurde eine Messung durchgeführt. Mit 4 Wiederholungen in Dedelow und Kleptow hat man pro Variante 4 Werte erfasst. Daraus wurde der Mittelwert berechnet und in entsprechender Darstellung abgebildet (siehe Abbildungen 10 und 11)

### **3.5.3 Ertrag**

Die Messung des Ertrages erfolgt mittels einer integrierten elektronischen Erfassung im Drescher. Bei diesem handelt es sich um einen entsprechenden Parzellendrescher. Die Daten wurden auf einem PC übertragen und verrechnet, sodass pro Parzelle ein Wert ermittelt wurde. Demnach sind in Dedelow, wie auch in Kleptow, bei 4 Wiederholungen pro Variante 4 Werte berechnet worden.



### **3.5.4 LAI**

Zur Messung des BFI's wurde ein Sensorgerät benutzt (Typ: LAI 2000; Plant Company Analyzer). Es besteht aus ein Bedienelement und einem Sensor. Der Sensorstab ist mit einer Libelle versehen, die sich direkt zum Messzeitpunkt in einem vorgegebenen Kreis befinden muss, um zu gewährleisten, dass alle Sensoren die exakte Ausrichtung zum Boden und Blatt haben. Dann drückt man, nach der elektronischen Einstellung von Parzellennummer, Variantenummer und Wiederholungsnummer, einen roten Knopf am Sensorstab. 2 Pieptöne sollen folgen. Erklingen diese, ist die erste Teilmessung erfolgt. Um eine richtige Messung zu erhalten, hält man den Sensorstab einmal über den Bestand und macht eine Teilmessung, danach 4 Teilmessungen im Bestand und nochmals eine über dem Bestand. Ist das erfolgt, werden alle Daten zusammengerechnet und man erhält einen Wert, den Blattflächenindex.

Diese Messung erfolgte in Dedelow pro Parzelle 2 mal, sodass pro Variante 8 Werte für Vergleiche zur Verfügung stehen. In Kleptow wurde die Messung 3 mal pro Parzelle durchgeführt, sodass 12 Werte für Vergleiche zur Verfügung stehen. In der Abbildung 12 sind die entsprechenden Werte verrechnet und dargestellt.

### **3.5.5 Nmin-Messung**

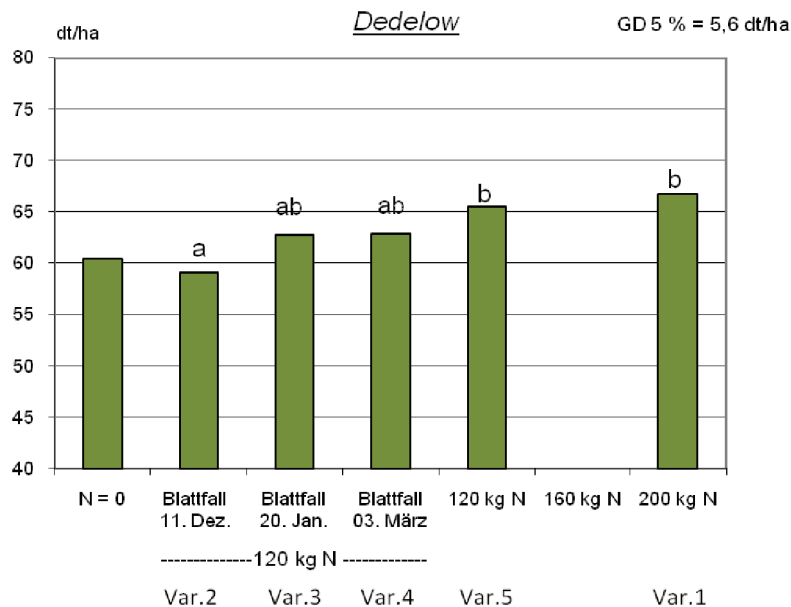
Die Nmin – Werte werden als Hilfestellung für die Berechnung der N – Düngermengen im Frühjahr genutzt. Bei der Nmin – Messung handelt es sich um die Feststellung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden. Für die Nmin - Messung wurden zu unterschiedlichen Termin entsprechende Bodenproben mit einen N-min-Bohrer und einem Schlaghammer gezogen. Dabei war auf die unterschiedlichen Tiefen des Bodens zu achten, die gängigen Tiefen sind 0 – 30 cm, 30 – 60 cm und 60 – 90 cm. In diesem Fall wurden nur 2 Tiefen beprobt (0 – 30 und 30 – 60 cm). Die entsprechenden Proben wurden in beschriftete Tüten verstaut und ins Labor geschickt. Die Ergebnisse kamen einige Tage später und wurden den jeweiligen Parzellen mit der laufenden Nummer zugeordnet. In diesem Versuch wurde zu 5 unterschiedlichen Terminen N-min Proben gezogen und Analysen eingeholt. Pro Parzelle wurde jeweils 1 Probe gezogen, sodass in Dedelow und Kleptow, bei 5 Terminen und 4 Wiederholungen 20 Werte je Parzelle herauskommen. Jedoch wurde bei einigen Terminen nur eine bzw. 2 Varianten beprobt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ertrag

#### 4.1.1 Ertrag Dedelow

Der Erntetermin in Dedelow war am 22.07.2009. Die Erträge sind in einem Säulendiagramm dargestellt. Dabei beschreibt die x – Achse die einzelnen Varianten und die y – Achse die Erträge in dt/ha. Die Blockanlage wurde verrechnet und die Signifikanzen herausgestellt. Problematisch war die Berechnung der Nullvariante, da diese sich außerhalb der Blockanlage befand. Somit ist die Nullvariante statistisch nicht berücksichtigt.



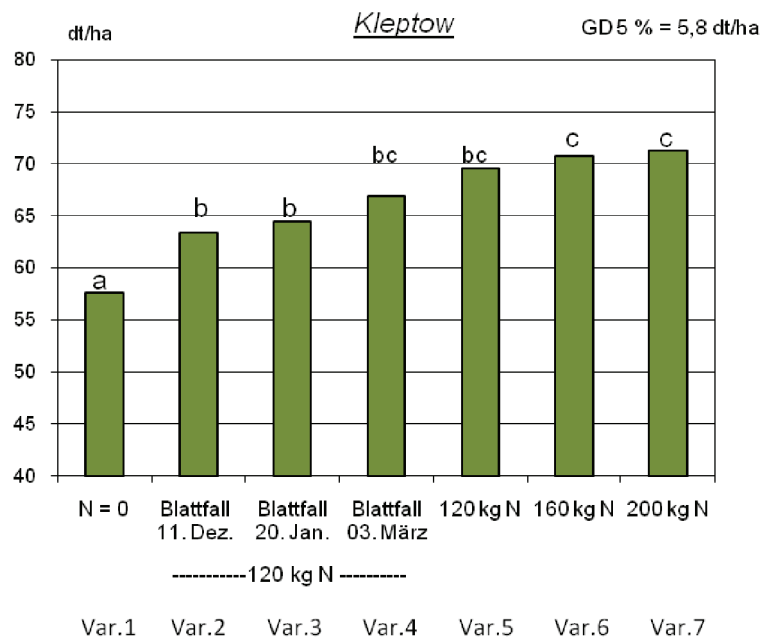
**Abbildung 8: Kornenertrag in dt/ha mit unterschiedlicher Düngungsmenge bei verschiedenen Blattfallterminen in Dedelow**  
Quelle: eigene Zusammenstellung

Es ergibt sich eine Grenzdifferenz (nach Tukey, 5%) von 5,6 dt/ha. Die einzelnen Buchstaben beschreiben die statistischen Unterschiede. Sind 2 Buchstaben gleich, so unterscheiden sich diese Varianten statistisch nicht. Bei 2 zusammengesetzten Buchstaben, wie es z.B. bei „ab“ der Fall ist, unterscheiden sich die Varianten statistisch weder von dem einen („a“) noch von dem anderen („b“).

In der Abbildung 8 hebt sich die Variante 2 von den Varianten 1 und 5 signifikant ab. Die Varianten 3 und 4 wiederum unterscheiden sich weder von der Variante 2, noch von den Varianten 1 und 5. Beachtlich ist, dass es bei den Varianten 120 kg N und 200 kg N statisch gesehen keine Unterschiede gibt. Des Weiteren ist auffallend, dass je früher der Blattfall vollzogen wurde, der Ertrag sich verringerte.

#### 4.1.2 Ertrag Kleptow

Der Erntetermin des Versuchs in Kleptow war am 13.07.2009. Die Erträge sind in einem Säulendiagramm dargestellt. Dabei beschreibt die x – Achse die einzelnen Varianten und die y – Achse die Erträge in dt/ha. Die Blockanlage wurde verrechnet und Signifikanzen herausgestellt. Daraus ergibt sich eine Grenzdifferenz (nach Tukey, 5%) von 5,8 dt/ha. Die statistischen Unterschiede sind, wie in Dedelow, mit verschiedenen Buchstaben dargestellt. Auch hier gilt die gleiche Funktionsweise.



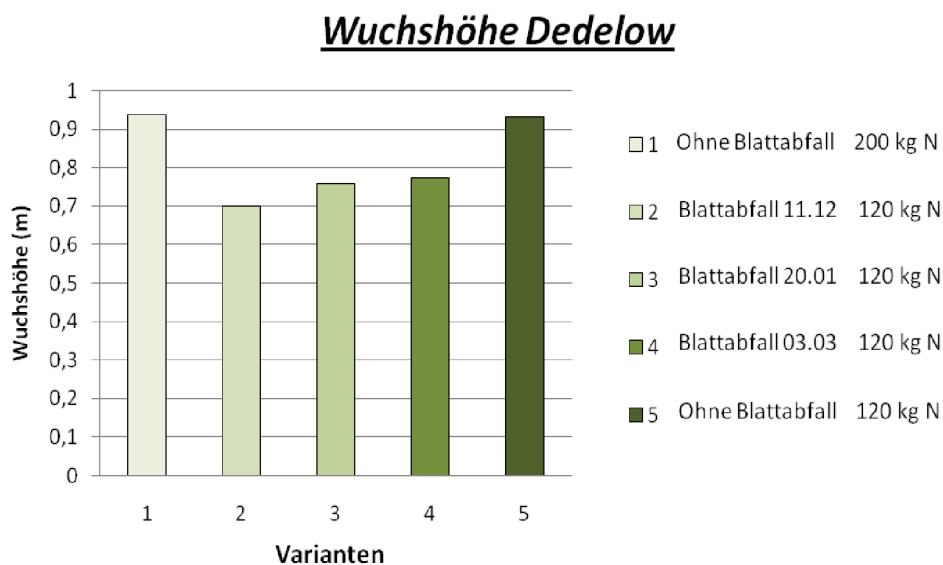
**Abbildung 9: Kornertrag in dt/ha mit unterschiedlicher Düngungsmenge bei verschiedenen Blattfallterminen in Kleptow**  
*Quelle: eigene Zusammenstellung*

In der Abbildung 9 ist zu erkennen, dass sich Variante 1 statistisch klar von den anderen Varianten abhebt. Des Weiteren unterschieden sich die Varianten 2 und 3 von den Varianten 6 und 7. Die Varianten 4 und 5 hingegen heben sich statistisch weder von den Varianten 2 und 3, noch von den Varianten 6 und 7 ab. Erstaunlich ist, dass es zwischen den Varianten ohne Blattfall (Var.5 bis 7) keine signifikanten Unterschiede gibt. Das Gleiche gilt auch für die Varianten mit Blattabfall zu unterschiedlichen Terminen (Var.2 bis 4). Wie auch in Dedelow fällt auf, dass je früher der Blattfall vollzogen wurde, der Ertrag sich verringerte.

## 4.2 Wuchshöhe

### 4.2.1 Wuchshöhe Dedelow

Die Wuchshöhe wurde am 17.04.2009 gemessen (siehe Punkt 3.5.2). Dabei sind auf der x – Achse die einzelnen Varianten und auf der y – Achse die Wuchshöhe in m dargestellt. Variante 1 (0,93 m) und Variante 5 (0,9 m) unterscheiden sich dabei nur gering. Auffällig sind die Varianten 2 – 4 mit 70 – 76 cm, die sich von den Varianten 1 und 5 entsprechend abheben. Auch bei den Varianten mit dem Blattabfall heben sich untereinander ab. Die Tendenz ist dahingehend, je früher der Schnitttermin war, umso kleiner ist die Pflanze.



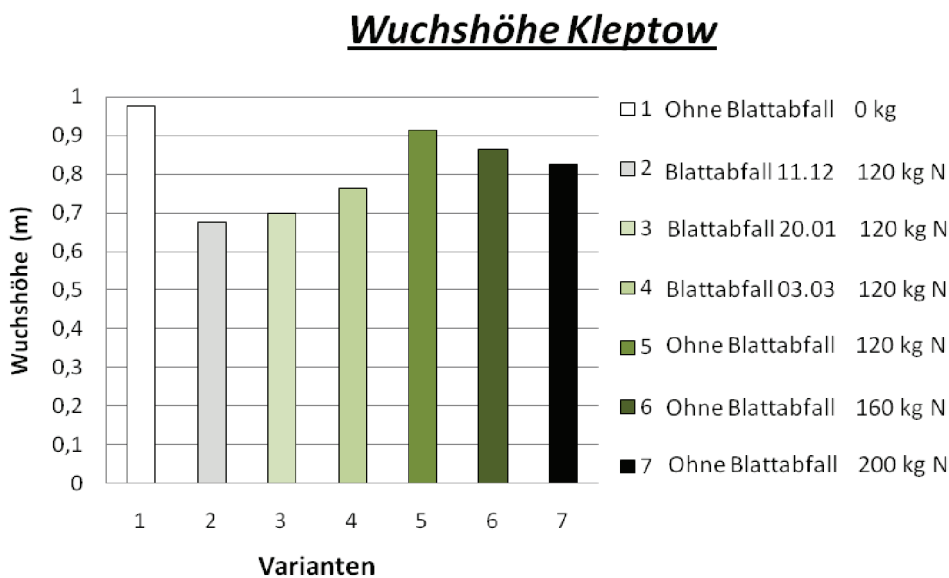
**Abbildung 10: Wuchshöhe gemessen in m vom Versuch in Dedelow**

*Quelle: eigene Zusammenstellung*

## 4.2.2 Wuchshöhe Kleptow

Die Wuchshöhe wurde, wie auch in Dedelow, am 17.04.2009 gemessen. Auf der x – Achse befinden sich die einzelnen Varianten und auf der y – Achse ist die Wuchshöhe in m dargestellt.

Die Varianten 2 – 4 weisen untereinander Ähnlichkeiten auf. Bei den Varianten mit Blattfall zeigt sich die gleiche Tendenz wie in Dedelow, je eher der Schnitt war, umso geringer ist die Pflanzenhöhe. In der Abbildung 11 ist zu sehen, dass die Variante 1 die höchsten Pflanzen besaß (0,97 m). Generell kann man erkennen, dass sich bei den Varianten ohne Blattfall (Var. 1 und 5 bis 7) ein Trend abzeichnet. Je mehr Stickstoff gegeben wird, umso kleiner sind die Pflanzen.

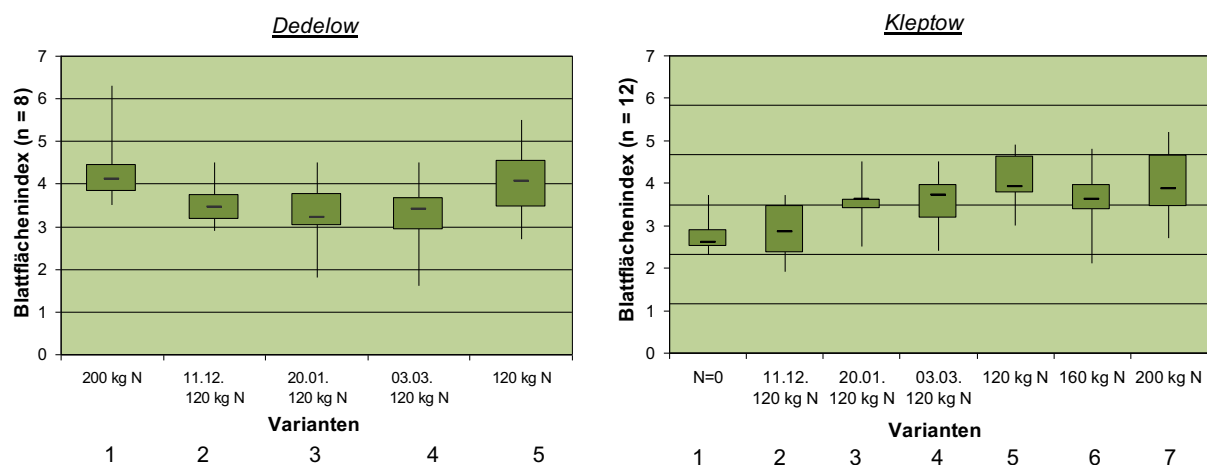


**Abbildung 11: Wuchshöhe gemessen in m vom Versuch in Kleptow**  
*Quelle: eigene Zusammenstellung*

### 4.3 Blattflächenindex (LAI) Dedelow und Kleptow

Auf beiden Versuchsstandorten wurde der Blattflächenindex am 17.04.2009 gemessen und mit Boxplots dargestellt. Die Box entspricht dabei dem Bereich, in dem die mittleren 50 % der Daten liegen. Des Weiteren wird der Median als Strich in der Box eingezeichnet. Durch die Whisker werden die außerhalb der Box liegenden Werte dargestellt. Die Länge des Whiskers wird durch den maximalen und minimalen Wert festgelegt. Innerhalb der äußeren Begrenzungslinien oben und unten befinden sich 99% aller Werte.

In Dedelow wurden pro Parzelle 2 Werte und in Kleptow pro Parzelle 3 Werte gemessen. Demnach standen für die Berechnung pro Variante 8 bzw. 12 Werte zur Verfügung.



**Abbildung 12: Blattflächenindex in Dedelow und in Kleptow**  
Quelle: eigene Zusammenstellung

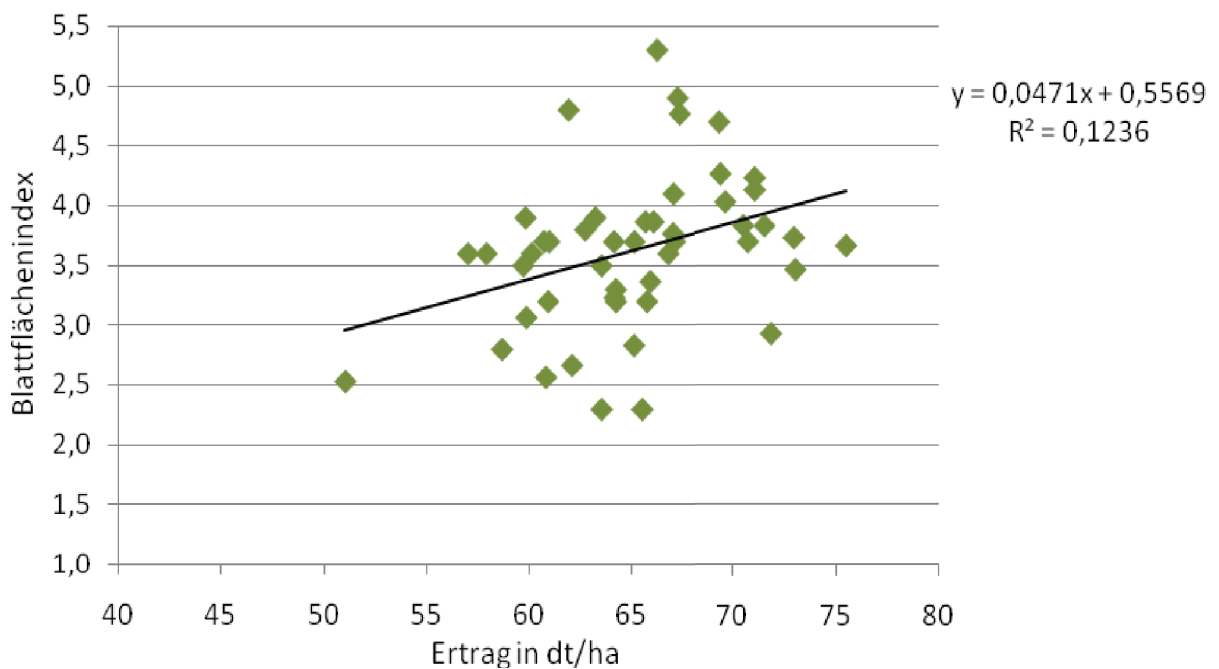
Bei den Ergebnissen in Dedelow (siehe Abbildung 12, linke Seite) ist zu erkennen, dass alle Boxen in etwa die gleiche Größe haben. Daraus resultierend ist die Streubreite der mittleren Werte fast gleich. Es ist zu sehen, dass sich die Varianten mit dem Blattfall deutlichen von den anderen Varianten abheben. Der Median dieser 3 Varianten befindet sich in etwa auf der gleichen Höhe, um den Wert 3. Das Gleiche ist bei den Varianten 1 und 5 zu erkennen, dort liegt der Median um den Wert 4. Die Whisker sind bei allen Varianten unterschiedlich. Bei der Variante 2 ist die Streubreite sehr gering, jedoch bei Variante 1 sehr hoch. Die Varianten 3 bis 5 gleichen sich in der Länge der Whisker.

Bei den Ergebnissen in Kleptow ist zu erkennen (siehe Abbildung 12, rechte Seite), dass sich alle Boxen in der Größe voneinander unterscheiden. Die geringste Streuung hat die Variante 3. Des Weiteren ist ein leichter Trend von Variante 2 bis zur Variante 4 zu erkennen: je früher der Blattabfall umso geringer der Blattflächenindex. Den geringsten BFI hat die Variante 1, welche die Nullvariante darstellt. Den größten BFI hingegen hat die Variante 7 (200 kg N), wobei diese sich kaum von den Varianten 4 und 5 (120 kg N bzw. 160 kg N) abhebt. Nach dem Median, unterscheiden sich die letzten 5 Varianten kaum voneinander, die Werte liegen zwischen 3,5 und 4,0. Variante 1 und 2 heben sich diesbezüglich klar ab. Der Median befindet sich zwischen 2,5 und 3,0.

#### 4.4 Beziehung Blattflächenindex und Ertrag

In dieser Darstellung ist die Beziehung zwischen dem Blattflächenindex und dem Ertrag beider Standorte wiedergegeben. Auf der x – Achse befindet sich der Ertrag, gemessen in dt/ha und auf der y – Achse der Blattflächenindex.

Die Genauigkeit der eingezeichneten Trendlinie ist gering, da  $R^2$  sehr niedrig ist.  $R^2$  ist das Symbol für das Bestimmtheitsmaß. Nähert sich das Bestimmtheitsmaß dem Wert 1, umso genauer ist die Trendlinie. Man spricht in dieser Abbildung also nicht von einem Trend. Es ist keine Beziehung zwischen dem Ertrag und dem Blattflächenindex zu erkennen.



**Abbildung 13: Beziehung zwischen Blattflächenindex und dem Ertrag**  
*Quelle: eigene Zusammenstellung*

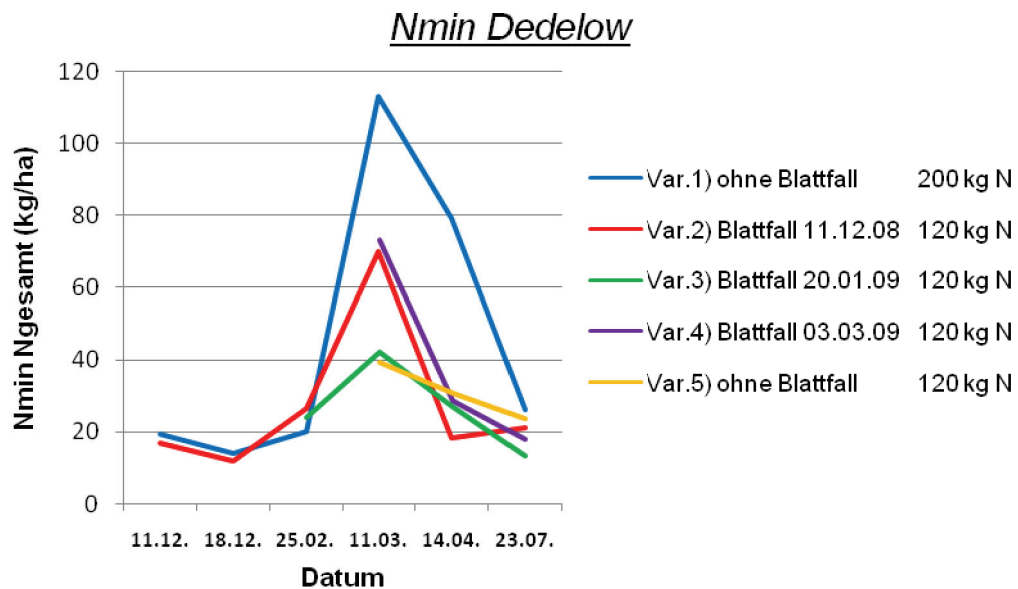


## 4.5 Nmin

### 4.5.1 Dedelow

Es wurden zu 6 unterschiedlichen Zeitpunkten, in 2 verschiedenen Tiefen (0 – 30 cm und 30-60 cm) Nmin-Proben gezogen. Bei einer Vielzahl von Werten, wurden die 2 Tiefen zusammengefasst und Mittelwerte daraus gebildet (0-60 cm). In der x – Achse ist das Datum der Probenahme dargestellt und in der y – Achse der Stickstoffgesamtgehalt im Boden in kg/ha. Zu den ersten Terminen wurden ausschließlich die Varianten 1 und 2 beprobt, ab dem 25.02.09 kam die Variante 3 dazu. Varianten 4 und 5 wurden erst ab dem 11.03. beprobt.

Zu erkennen ist, dass die Nmin – Werte über den Winter unter 20 kg/ha abfallen. Jedoch im Frühjahr, zur ersten Gabe, wieder ansteigen. Dabei hat die Variante 1 im Frühjahr den höchsten Nmin – Wert. Bis zum Juli sinken die Werte auf 20 kg/ha. Eine Tendenz ist dahingehend zu erkennen, dass je mehr Stickstoff gegeben wurde, umso höher sind auch die Nmin – Werte. Weiterhin ähneln sich die Werte der Varianten 2 und 4, sowie 3 und 5 bei dem Termin im April.

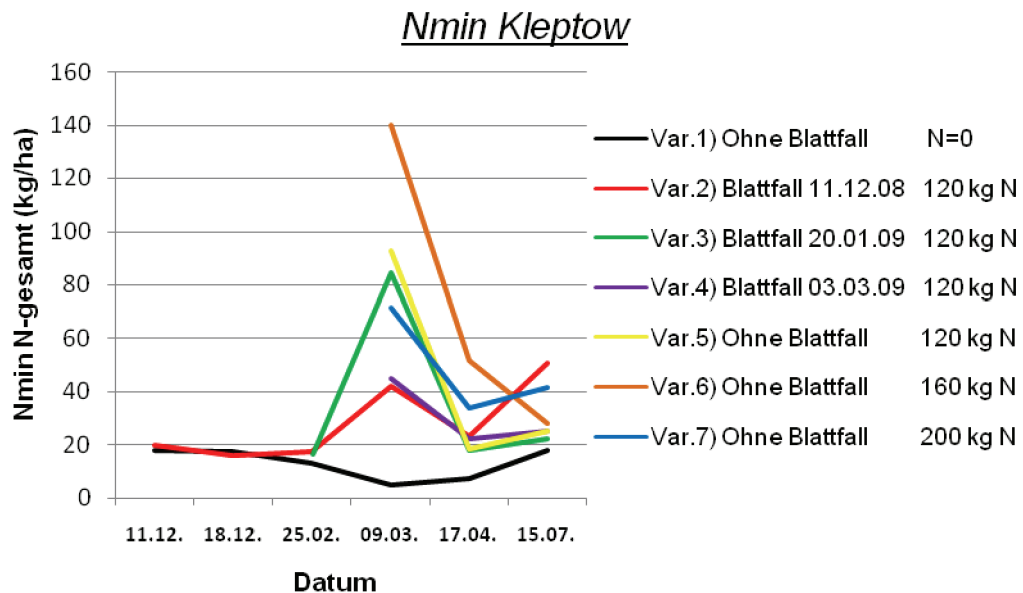


**Abbildung 14: Nmin – Verlauf bei unterschiedlichen Terminen in Dedelow**  
*Quelle: eigene Zusammenstellung*

#### 4.5.2 Kleptow

Es wurden in Kleptow zu 6 unterschiedlichen Zeitpunkten in 2 verschiedenen Tiefen (0 – 30 cm und 30 – 60 cm) Nmin-Proben gezogen. Bei einer Vielzahl von Werten fasste man die 2 Tiefen zusammen und bildete daraus Mittelwerte. In der x – Achse ist das Datum der Probenahme dargestellt, in der y – Achse der Stickstoffgesamtgehalt im Boden in kg/ha. Zu den ersten Terminen wurden ausschließlich die Varianten 1 und 2 beprobt, ab dem 25.02.09 kam die Variante 3 und ab dem 09. März die restlichen 4 Varianten hinzu.

Bemerklich ist, dass sich die Variante 1 gegensätzlich der anderen Varianten zum Termin im März verhält. Den höchsten Wert erreicht in dieser Zeit die Variante 6 mit 160 kg gegebenen Stickstoff. Wie auch in Abbildung 14 (Nmin Dedelow), verhalten sich die Nmin – Gehalte des Bodens von März bis Juli rückläufig. Bis auf Variante 1, welche leicht ansteigt. Besonders auffällig ist die Variante 3 (Blattfall 11.12.08; 120 kg N), die erheblichen Schwankungen unterliegt. Bis zum März steigt diese leicht an, danach kommt es zu einem Abfall. Jedoch zu den Sommermonaten hin ist wieder ein Anstieg zu sehen.

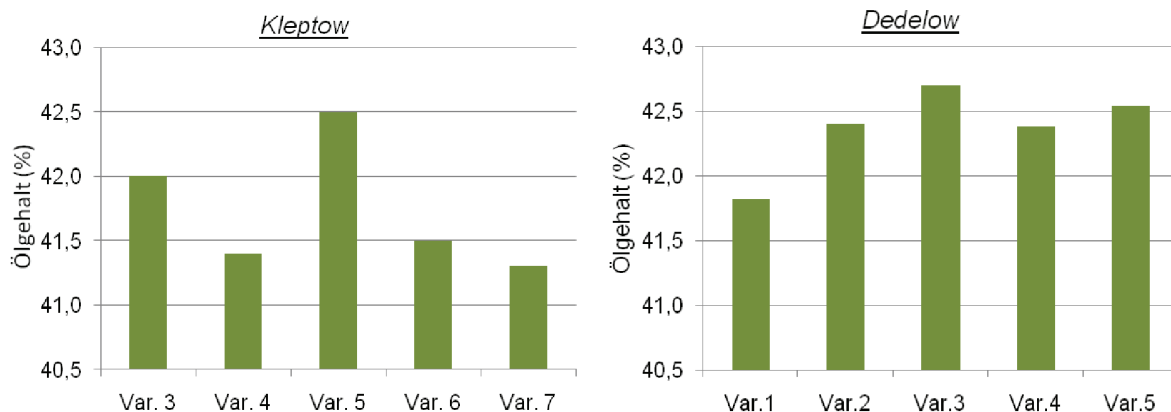


**Abbildung 15: Nmin – Verlauf bei unterschiedlichen Terminen in Kleptow**  
Quelle: eigene Zusammenstellung

#### 4.6 Ölgehalte Dedelow und Kleptow

Der Ölgehalt von den Rapskörnern ist in der Industrie ein Qualitätsfaktor. In beiden Abbildungen befinden sich auf der x – Achse die Varianten und auf der y – Achse die Ölgehalte. Es ist darauf zu achten, dass in Kleptow die Ölgehalte der ersten beiden Varianten nicht gemessen wurden.

Eine gewisse Tendenz ist bei beiden Abbildungen zu erkennen, je mehr Stickstoff gegeben wurde, umso geringer sind die Ölgehalte. Den höchsten Ölwert mit 42,5% haben bei beiden Versuchsstandorten die Varianten mit der Düngungshöhe von 120 kg N/ha, die niedrigsten im Gegensatz dazu mit 41,8% in Dedelow und 41,3% in Kleptow, die Varianten mit der Düngungshöhe von 200 kg N/ha. Es ist also eine negative Korrelation zwischen Ertrag und Stickstoffmenge ersichtlich. Des Weiteren erkennt man, dass die Variante 3 höhere Ölwerte erreicht als die Variante 4. Besonders auffällig ist dies in Dedelow. Den höchsten Wert erreichte dort mit 42,70% die Variante 3.



**Abbildung 16: Ölgehalte des Korns in % der Versuche in Dedelow und Kleptow**  
Quelle: eigene Zusammenstellung

## 5 Diskussion

### 5.1 Einfluss eines simulierten Blattverlustes (Frostwirkung Winter) auf die Ertragswirkung der Stickstoffdüngung

Schaut man sich die Erträge der Blattfallvarianten in den Abbildung 8 und 9 an, so erkennt man einen Trend: je früher der Blattfall stattfand desto geringer sind die Erträge. Die Pflanzen der Variante 2 waren über eine längere Zeitspanne der Kälte ausgesetzt. Umso mehr Energie wurde dazu eingesetzt, die Pflanzen vor der Kälte zu schützen und damit das Überleben zu sichern. Man kann vermuten, dass diese Energie nicht mehr kompensiert werden konnte und letztlich bei der Ertragsbildung fehlte. Um die fehlende Energie zu ersetzen, wäre eine eventuelle Erhöhung der N-Menge bei der Düngung eine sinnvolle Option. Es ist jedoch nicht geklärt, ob eine entsprechende Erhöhung der Stickstoffmenge den Ertrag bei kahlfrostopgeprägten Beständen kompensiert. Dies wäre ein guter Ansatz für eine weitere Untersuchung.

Betrachtet man die Erträge der Varianten ohne Blattabfall, so erkennt man keinen statistischen Ertragsunterschied trotz differenzierter Düngungsintensität. So unterscheiden sich die Varianten 5 bis 7 in Kleptow sowie die Varianten 1 und 5 in Dedelow nicht voneinander. Es wurde unter anderem auch das Cetiom - Modell zur Berechnung der zugebenen N-Menge angewandt.

Die Stickstoffmenge, welchen der Rapsbestand bis zum Vegetationsbeginn im Frühjahr aufnimmt, kann bei der N – Düngung eingespart werden. Bestätigt wird diese Aussage auch von HENKE et al (2007) sowie von LIERMANN (2007), deren Untersuchungen ähnliche Ergebnisse hervorbrachten. Auch in diesem Jahr hatte die Strategie entsprechende Vorteile. Man kann jedoch nicht von einer generellen Funktionalität des Modells sprechen. Es gibt ebenfalls auch andere Anbaubedingungen, welche die N-Bedürfnisse eines jeden Rapsbestandes verändern.

Die Nullvariante in Kleptow hat einen überdurchschnittlich hohen Ertrag von 57,6 dt/ha. Als Vorfrucht wurden Körnererbsen angebaut. Diese gehören zu den Körnerleguminosen. Nach OEHMICHEN (1986) ist der Wert der Leguminosen für die Bodenfruchtbarkeit von größter Bedeutung. Diese haben die Fähigkeit Luftstickstoff zu binden. Aufgrund dessen kann mit Hilfe der Knöllchenbakterien pflanzenverfügbarer Stickstoff im Boden angereichert werden. Es lässt sich also vermuten, dass der relativ hohe Ertrag aufgrund der Vorfruchtwirkung zustande kam.

## **5.2 Einfluss eines simulierten Blattverlustes (Frostwirkung Winter) auf die Wuchshöhe**

Die Wuchshöhe wurde in Dedelow und Kleptow am 17.04. 2009 gemessen. Es ist eindeutig zu erkennen, dass die Pflanzen der Blattfallvarianten in Gegensatz zu den Pflanzen der normalen Varianten kleiner sind. Betrachtet man bei beiden Standorten die Varianten 2 bis 4, so ist ein Trend zu erkennen: die Pflanzen sind umso kleiner, je früher der Blattfall stattfand. Man kann auch hier das Gleiche vermuten, wie beim Ertrag. Die Variante 2 war demzufolge einer längeren Zeitspanne der Kälte ausgesetzt. Die Energie wurde für das Überleben der Pflanzen genutzt. Die geringere Wuchshöhe könnte eine negative Auswirkung der fehlenden Energie sein.

Betrachtet man die Varianten ohne Blattfall in Dedelow, ist kaum ein Unterschied festzustellen. In Kleptow hingegen, kann man einen Trend erkennen: je mehr Stickstoff gedüngt wird, umso kleiner sind die Pflanzen. Stickstoff ist nach CRAMER (1990) unter anderem verantwortlich für die Blattmassebildung. Je mehr Stickstoff also in Kleptow appliziert wurde, desto üppiger war die Blattmasse. Die Pflanze wuchs eher in die Breite als in die Höhe. Bei nicht ausreichender N Versorgung stehen die Bestände steil nach oben, wie es bei der Nullvariante in Kleptow erkennbar ist. Nach CRAMER (1990) sind die Schoten dann dem Angriff der Witterung mit Regen und Hagel voll ausgesetzt. Es kann zum Platzen der Schoten kommen.

### **5.3 Einfluss eines simulierten Blattverlustes (Frostwirkung Winter) auf den Blattflächenindex**

Betrachtet man die Ergebnisse in Dedelow sowie in Kleptow, so ist deutlich zu erkennen, dass sich die Blattfallvarianten von den anderen Varianten negativ unterscheiden. Ebenfalls ist ein Trend innerhalb der Blattfallvarianten zu sehen: je früher der Schnitt vollzogen wird, desto geringer ist der Blattflächenindex. Auch hier kann die Erklärung mit der längeren Verweildauer von Variante 2 innerhalb der Kälte vermutet werden. Die entsprechend fehlende Energie wirkte sich nicht nur negativ auf den Ertrag und die Wuchshöhe aus, sondern auch auf den Blattflächenindex.

Die Nullvariante in Kleptow ist wegen des geringen Blattflächenindex auffällig. Dabei kann man einen Zusammenhang zwischen der Wuchshöhe und dem Blattflächenindex vermuten. Wie schon bei der Wuchshöhe erwähnt, ist Stickstoff unter anderem für die Blattmassebildung verantwortlich. Je weniger Stickstoff der Pflanze zur Verfügung steht, umso weniger Blattmasse wird gebildet. Der daraus resultierende verminderte Blattflächenindex könnte sich nun auch negativ auf den Ertrag auswirken, da die Photosyntheseleistung hinsichtlich der verminderten Blattfläche entsprechend negativ beeinflusst wird.

Eine Gleichheit besteht zwischen den Varianten ohne vorzeitigen Blattfall. Bei einer Einsparung von 80 kg N/ha hat man in etwa den gleichen Blattflächenindex. Trotz Stickstoffhöhung kommt es nicht zwingend zu einem höheren Blattflächenindex. Es lässt sich vermuten, dass ein weiterer begrenzender Faktor, wie der Wassergehalt im Boden, gewirkt hat.

In der Abbildung 13 wird der Ertrag mit dem Blattflächenindex beider Standorte in Beziehung gesetzt. Die BFI – Werte haben eine sehr große Streuung, sodass es keine Beziehung zwischen dem Ertrag und dem Blattflächenindex erkennbar ist. Nach den Aussagen von CRISTEN und FRIEDT (2007) ist nicht die Blattmasse für den Ertrag entscheidend, sondern die Schoten, da diese in erster Linie die wachsenden Samen mit Assimilaten versorgen. Zudem wurde der Blattflächenindex auch nur zu einem Termin gemessen. Es sind eventuell mehrere Werterfassungen notwendig um dahingehend weitere Aussagen treffen zu können.

#### **5.4 Einfluss eines simulierten Blattverlustes (Frostwirkung Winter) auf die Nmin - Werte**

Bei den Nmin – Werten wurden in den Abbildungen 14 und 15 bis in 60 cm gemessen. Es ist zu erkennen, dass die Nmin – Werte bei der ersten Gabe am 04.03.09 ausschlagen. Dabei gilt in Dedelow, je höher die Düngungsmenge, umso höher ist auch der N-min Gehalt. Bei den Ergebnissen beider Versuchsstandorte ist die Kurve der 1. Gabe deutlich zu erkennen. Nimmt man die Abbildung 4 nach CHRISTEN und FRIEDT (2007) zum Vergleich, fehlt ein weiterer Anstieg, und zwar der der 2. Gabe. Es wurden jedoch zu diesem Zeitpunkt keine Nmin-Proben gezogen. Bei beiden Standorten ebenfalls zu erkennen, ist das Abfallen des Nmin – Wertes zum Sommer hin.

Auffällig in Dedelow ist, dass sich die Varianten 2 und 4 im Kurvenverlauf sehr ähneln. Das Gleiche gilt für die Varianten 3 und 5, bei denen sich die Werte noch unterhalb der anderen beiden befinden. Durch die Rottung der geschnittenen Blätter wird dem Boden zusätzlich Stickstoff zugeführt, welches der Pflanze zu Verfügung stehen kann. Es lässt sich vermuten, dass dieser Stickstoff, den Pflanzen der Varianten 2 und 4 verfügbar war und aus diesem Grund die Nmin-Werte höher sind. Sieht man zum Vergleich die Ergebnisse vom Versuch in Kleptow, so erkennt man eine Umkehrung. Die Varianten 3 und 5 haben einen höheren Nmin – Wert als die Varianten 2 und 4.

Einen sehr hohen Wert erreichte in Kleptow zur ersten Gabe die Variante 6. Die Variante 7, mit der höchsten N – Gabe, befindet sich im Mittelfeld. Des Weiteren ist der Kurvenverlauf der Nullvariante genau umgekehrt zu den anderen. Gerade zur Zeit der ersten Gabe, also bei der Streckung der Pflanze nimmt der Nmin –Gehalt deutlich bis 10 kg N/ha ab, stabilisiert sich aber danach wieder auf etwa 20 kg N/ha. Dieser Verlauf lässt sich wie folgt erklären. Zum Zeitpunkt der Streckung benötigt die Pflanze den Stickstoff. Die Pflanzen der Nullvariante stand nur die Menge an Stickstoff zur Verfügung, die im Boden mineralisiert war. Aus diesem Grund sinkt die Kurve ab. Da aber die Mineralisierung ein ständiger Prozess ist, wird mehr und mehr Stickstoff verfügbar, den die Pflanze jedoch zu einem späteren Zeitpunkt (ab EC 80) nicht mehr aufnimmt. Aus diesem Grund stabilisiert sich die Kurve wieder.

## **5.5 Einfluss eines simulierten Blattverlustes (Frostwirkung Winter) auf den Ölgehalt**

Die Ölwerte der Blattfallvarianten haben einen keinen Trend, wie es bei den anderen Untersuchungen immer der Fall war. Auffällig ist die Variante 3, welche unter den Blattfallvarianten den höchsten Ölgehalt hat. Es könnte zur Annahme kommen, dass der Blattfall im Januar keine Auswirkung auf den Ölgehalt hat. Um wirklich klare Aussagen über so ein Phänomän machen zu können, müsste dieser Aspekt in weiteren Versuchen untersucht werden.

Eine eindeutige Beziehung ist zwischen den Varianten ohne Blattfall zu erkennen. Auf etwa 80 kg N/ ha Einsparung hat man eine Erhöhung des Ölgehaltes um fast 1%. Diese Aussage wird durch ALPMANN et. al. (2006) bestätigt. Das wirkt sich infolge auch auf die Qualität und den damit verbundenen ökonomischen Aspekt positiv aus. Nach LIERMANN (2007) wird ein Ölgehalt von 40% als Basis angesehen. Für diesen Basisgehalt wird der ausgehandelte Preis gezahlt. Es gibt für höhere Ölgehalte Preisaufschläge, für niedrigere demzufolge Abzüge. Nach CHRISTEN und FRIEDT bedeutet eine Erhöhung des Ölgehaltes um 1% einen Preisaufschlag von 1,5% des Basispreises. Ist der Ölgehalt um 1% unter der Basis von 40% so wird 1,5% von dem Basispreis abgezogen.



## 6 Zusammenfassung

In dieser Bachelorarbeit wurde der Einfluss eines simulierten Blattverlustes (Frostwirkung Winter) auf die Ertragswirkung der Stickstoffdüngung zu Winterraps untersucht. Des Weiteren wurden ebenso der Blattflächenindex, die Wuchshöhe, die Nmin-Werte und der Ölgehalt in die Untersuchung miteinbezogen.

Der Ertrag bei den Blattfallvarianten hob sich deutlich negativ von den normalen Varianten ab. Kommt es im Winter zu einem Kahlfrost, was einen erheblichen Blattfall zur Folge hat, könnte man die N-Menge innerhalb der Düngung erhöhen, um die fehlende Energie innerhalb der Pflanze zu kompensieren. Diese Option müsste jedoch in einer weiteren Untersuchung entsprechend abgesichert werden. Die restlichen Varianten sind in unterschiedlicher N – Menge gedüngt worden. Unter anderem auch nach dem Cetiom – Modell. Dieses hat sich, wie auch schon in den Jahren zuvor, bewährt und brachte auch in diesem Jahr entsprechende Vorteile.

Bei der Wuchshöhe war ein Trend zwischen den Blattfallvarianten zu erkennen: je früher der Blattabfall stattfand, umso kleiner waren die Pflanzen. Die Varianten ohne Blattfall hatten einen anderen Trend: je mehr Stickstoff gedüngt wurde, umso kleiner waren die Pflanzen. Beim Blattflächenindex hinsichtlich der Blattfallvarianten konnte man den gleichen Trend wie bei der Wuchshöhe erkennen. Eine Beziehung zwischen dem Ertrag und dem Blattflächenindex besteht jedoch nicht. Die Nmin-Werte mit den entsprechenden Kurven zur 1. und 2. Gabe ließen sich gut anhand der Abbildung 4 erklären.

Bei den Ölwerten war auf beiden Versuchsstandorten eine klare negative Korrelation bezüglich der Düngungshöhe und dem Ölgehalt zu erkennen. Bei 80 kg N/ha Einsparung hatte man einen 1 % höheren Ölgehalt. Diese Erhöhung kann sich infolge auch positiv auf die Ökonomie auswirken.

## 7 Literaturverzeichnis

ALPMANN, L./ BENNIGER, M./ BOCKEY, D./ et.al.: Raps – Anbau und Verwertung einer Kultur mit Perspektive. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag/BASF Aktiengesellschaft, 2006.

AMBERGER, A.: Pflanzenernährung: ökologische und physiologische Dynamik und Stoffwechsel der Nährelemente (3. überarbeitete Auflage). Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag, 1988.

AMBERGER, A.: Pflanzenernährung: ökologische und physiologische Dynamik und Stoffwechsel der Nährelemente (4. überarbeitete Auflage). Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag, 1996.

BACHTALER, G./ DIEZ, T./ POMMER, G./ et. al.: Pflanzliche Erzeugung, 10. unbearbeitete Auflage. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH, 1992.

BARTELS, M./ BLOCK, K./ BOSSE, W./ et. al.: Rapsanbau für Könner. In: Top Agrar extra (1991), S. 13-41.

CRAMER, N.: Raps: Züchtung, Anbau und Vermarktung von Körnerraps. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag, 1990.

CHRISTEN, O./ FRIEDT, W.: Winterraps, Das Handbuch für Profis. Frankfurt am Main: DLG – Verlag, 2007.

ENTRUP, L. / OEHMICHEN, J.: Lehrbuch des Pflanzenbaues Band 1: Grundlagen. Gelsenkirchen: Th. Mann Verlag, 2000.

ENTRUP, L. / OEHMICHEN, J.: Lehrbuch des Pflanzenbaues Band 2: Kulturpflanzen (2. überarbeitete Auflage). Gelsenkirchen: Th. Mann Verlag, 2000.

GEISLER, G.: Ertragsphysiologie von Kulturpflanzen des gemäßigten Klimas. Hamburg; Berlin: Paul Parey Verlag, 1983.

HENKE, J.: Entwicklung und Bewertung von Strategien zur Verbesserung der Stickstoffeffizienz im Winterrapsanbau. Kiel, 2007.

HERBINGER, H.: Vortrag: Optimierung der Rapsertträge durch Stickstoff-Düngemodelle in Frankreich. 22.03.2005. Online in Internet. URL: [http://www.pflanzenbau.uni-kiel.de/ufop/hebinger\\_vortrag\\_cetiom.pdf](http://www.pflanzenbau.uni-kiel.de/ufop/hebinger_vortrag_cetiom.pdf) (Stand 01.05.2009).

LIERMANN, T.: Optimierung der N-Düngung zu Winterraps unter Berücksichtigung der Stickstoffaufnahme bis Vegetationsbeginn Frühjahr. Neubrandenburg, 2007.

LVL BRANDENBURG: Vortrag: 7. Brandenburger Rapstag. 05.11.2007. Online in Internet. URL: [http://www.mlub.brandenburg.de/cms/media.php/2331/rapst\\_07.pdf](http://www.mlub.brandenburg.de/cms/media.php/2331/rapst_07.pdf). (Stand 01.05.2009).

OEHMICHEN, J.: Pflanzenproduktion Band 2: Produktionstechnik. Berlin; Hamburg: Paul Parey Verlag, 1986.

RAPOOL: Artikel: Die optimierte N-Düngung in Winterraps. 20.12.2008. Online in Internet.  
URL: <http://www.rapool.de/data/documents//Tagungsunterlagen%20N-Symposium.pdf>  
(Stand 01.05.2009).

REAU R. / WAGNER D. / PALLEAU J.P.: End of winter diagnosis: winter rapeseed (*Brassica napus*) and nitrogen fertilization. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Congress. In: Padova European Society of Agronomy (1994), pp 220-221.

SCHILLING, G.: Pflanzenernährung und Düngung Teil 1: Pflanzenernährung. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1990

SCHUBERT, S.: Pflanzenernährung: Grundlagen Bachelor. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag, 2006.

## 8 Anhang

Tabelle 13: Rohdaten Ertrag Dedelow und Kleptow

Dedelow		Kleptow	
Var.	Ertrag	Var.	Ertrag
1	70,7	1	59,8
1	67,2	1	58,7
1	63,2	1	51,0
1	66,2	1	60,8
	<b>66,8</b>		<b>57,6</b>
2	60,9	2	65,5
2	57,9	2	62,1
2	57	2	65,1
2	60,7	2	61,0
	<b>59,1</b>		<b>63,4</b>
3	62,7	3	67,0
3	60,1	3	59,7
3	63,5	3	64,1
3	65,1	3	66,7
	<b>62,9</b>		<b>64,4</b>
4	64,2	4	70,5
4	63,5	4	65,9
4	59,8	4	65,6
4	64,2	4	65,7
	<b>62,9</b>		<b>66,9</b>
5	61,9	5	69,4
5	69,3	5	66,0
5	67	5	71,0
5	64,1	5	71,5
	<b>65,6</b>		<b>69,5</b>
		6	72,9
		6	71,0
		6	67,1
		6	71,8
			<b>70,7</b>
		7	75,5
		7	69,6
		7	67,3
		7	73,0
			<b>71,3</b>

Quelle: ZALF Dedelow & Hybro Kleptow

**Tabelle 14: Rohdaten LAI Dedelow und Kleptow**

**Dedelow**

Wdh	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5
1	3,9	3,1	3,1	3	5,5
1	3,5	3,3	4,5	3,6	4,1
2	4,2	3,4	3,9	2,5	4,4
2	5,5	3,8	3,3	4,5	5
3	3,8	3,5	1,8	3,4	3,6
3	4	3,6	2,7	4,3	4,6
4	4,3	2,9	3,1	2,9	3,4
4	6,3	4,5	4,2	3,4	4
5	3,8	2,9	3	3,7	3,4
5	4,5	4,1	3,4	1,6	2,7

**Kleptow**

Wdh.	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7
1	3,7	1,9	3,6	3,8	4,3	3,9	3,1
1	2,9	2,5	3,5	3,2	4,6	3,9	4,6
1	2,6	2,5	4,2	4,5	3,9	3,4	3,3
2	2,5	3,4	3,1	2,9	3,9	3,4	4,8
2	3,3	2,4	2,9	3,1	3,8	4,5	3,5
2	2,6	2,2	4,5	4,1	3,9	4,8	3,8
3	2,7	3,2	3,6	3,8	4,7	3,7	5,2
3	2,4	2	3,6	4,2	3	3,3	5,2
3	2,5	3,3	2,5	3,6	4,7	4,1	3,9
4	2,3	3,7	3,6	2,4	3,6	2,1	3,8
4	2,9	3,7	3,6	3,3	3	3,2	3,9
4	2,5	3,7	3,6	3,9	4,9	3,5	2,7

Quelle: ZALF Dedelow & Hybro Kleptow

**Tabelle 15: Rohdaten Ölgehalt (%) Dedelow und Kleptow**

**Dedelow**

Variante	Öl 9%
Var.1	41,82
Var.2	42,40
Var.3	42,70
Var.4	42,38
Var.5	42,54

**Kleptow**

Variante	Öl 9%
1	nicht gemessen
2	nicht gemessen
Var. 3	42
Var. 4	41,4
Var. 5	42,5
Var. 6	41,5
Var. 7	41,3

Quelle: ZALF Dedelow

**Tabelle 16: Rohdaten Wuchshöhe (m) Dedelow und Kleptow**

**Dedelow**

<b>Var. 1</b>	<b>Var. 2</b>	<b>Var. 3</b>	<b>Var. 4</b>	<b>Var. 5</b>
0,95	0,7	0,75	0,8	0,9
0,9	0,7	0,8	0,8	0,95
0,95	0,65	0,75	0,7	0,95
0,95	0,7	0,8	0,8	0,9

**Kleptow**

<b>Var. 1</b>	<b>Var. 2</b>	<b>Var. 3</b>	<b>Var. 4</b>	<b>Var. 5</b>	<b>Var. 6</b>	<b>Var. 7</b>
1	0,65	0,7	0,7	0,9	0,8	0,85
1,05	0,7	0,65	0,85	0,9	0,95	0,8
0,9	0,7	0,75	0,7	0,95	0,8	0,85
0,95	0,65	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8

*Quelle: ZALF Dedelow & Hybro Kleptow*

**Tabelle 17: Rohdaten Nmin Kleptow**

Var.	Wdh.	Tiefe	11.12.	18.12.	25.02.	09.03.	17.04.	15.07.
1	1	0-15	10	15	8	3	5	17
1	1	15-30	8	8	8	3	4	10
1	2	0-15	9	9	3	2	4	6
1	2	15-30	9	7	8	2	3	9
1	3	0-15	9	10	4	2	4	8
1	3	15-30	9	6	7	2	3	7
1	4	0-15	9	8	8	3	4	6
1	4	15-30	8	7	7	3	3	8
2	1	0-15	11	10	8	4	9	27
2	1	15-30	10	8	9	12	7	16
2	2	0-15	10	7	3	16	8	16
2	2	15-30	9	8	12	5	3	7
2	3	0-15	11	8	7	65	52	21
2	3	15-30	11	8	11	5	4	97
2	4	0-15	8	7	12	55	5	11
2	4	15-30	9	8	8	6	4	8
3	1	0-15			9	48	6	14
3	1	15-30			9	6	6	8
3	2	0-15			5	159	9	7
3	2	15-30			9	7	5	10
3	3	0-15			10	42	27	17
3	3	15-30			9	5	7	8
3	4	0-15			8	59	7	17
3	4	15-30			7	12	5	9
4	1	0-15				82	7	17
4	1	15-30				6	7	8
4	2	0-15				18	5	12
4	2	15-30				4	14	8
4	3	0-15				49	12	16
4	3	15-30				5	13	9
4	4	0-15				12	25	20
4	4	15-30				4	6	10
5	1	0-15				84	13	20
5	1	15-30				6	5	8
5	2	0-15				197	17	7
5	2	15-30				6	5	6
5	3	0-15				13	13	16
5	3	15-30				3	5	9
5	4	0-15				56	10	24
5	4	15-30				5	5	10
6	1	0-15				258	14	21
6	1	15-30				21	7	9
6	2	0-15				58	8	18
6	2	15-30				6	10	13
6	3	0-15				13	91	15
6	3	15-30				2	7	7
6	4	0-15				195	66	21
6	4	15-30				7	5	9
7	1	0-15				98	31	18
7	1	15-30				3	6	30
7	2	0-15				9	27	29
7	2	15-30				2	13	12
7	3	0-15				125	23	25
7	3	15-30				5	6	11
7	4	0-15				38	24	26
7	4	15-30				5	6	15

Quelle: ZALF Dedelow

**Tabelle 18: Rohdaten Nmin Dedelow**

Var.	Wdh.	Tiefe	11.12.	18.12.	25.02.	11.03.	14.04.	23.07.
1	1	0-15	7	5	9	119	21	7
1	1	15-30	10	7	13	9	8	10
1	2	0-15	14	5	5	119	239	11
1	2	15-30	9	7	11	9	50	8
1	3	0-15	8	6	12	12	9	7
1	3	15-30	8	14	12	3	4	8
1	4	0-15	6	5	6	152	22	26
1	4	15-30	9	7	14	5	29	12
1	5	0-15	9	7	9	131	11	18
1	5	15-30	17	7	9	7	4	24
2	1	0-15	7	7	9	17	8	10
2	1	15-30	9	6	17	8	8	8
2	2	0-15	7	6	7	79	8	17
2	2	15-30	8	7	23	10	6	12
2	3	0-15	8	5	16	92	9	12
2	3	15-30	14	5	17	6	7	15
2	4	0-15	7	4	9	54	12	6
2	4	15-30	6	6	20	11	8	8
2	5	0-15	9	8	7	58	19	7
2	5	15-30	10	6	8	16	8	11
3	1	0-15			13	15	20	5
3	1	15-30			19	4	7	5
3	2	0-15			11	37	10	7
3	2	15-30			15	33	5	9
3	3	0-15			8	6	10	4
3	3	15-30			10	7	5	9
3	4	0-15			6	8	53	9
3	4	15-30			13	6	6	10
3	5	0-15			12	88	14	3
3	5	15-30			14	7	7	6
4	1	0-15				93	13	6
4	1	15-30				5	13	10
4	2	0-15				41	6	7
4	2	15-30				4	5	9
4	3	0-15				160	15	5
4	3	15-30				3	11	6
4	4	0-15				5	15	12
4	4	15-30				4	5	11
4	5	0-15				44	53	10
4	5	15-30				8	8	14
5	1	0-15				15	9	8
5	1	15-30				3	6	8
5	2	0-15				35	8	7
5	2	15-30				4	9	10
5	3	0-15				78	75	19
5	3	15-30				4	11	17
5	4	0-15				27	5	16
5	4	15-30				9	7	12
5	5	0-15				18	16	12
5	5	15-30				4	8	10

Quelle: ZALF Dedelow