

# **Hohe Nitratgehalte in Rukola und Möglichkeiten der Verminderung**

**Forschungsprojekt Nr. 05HS13**

## **Abschlussbericht**

Vertragspartner, ausführende Stelle: Dienstleistungszentrum  
LändlicherRaum (DLR) –  
Rheinpfalz  
Breitenweg 71  
67435 Neustadt/Wstr.

Projektleiter: Dr. Norbert Laun  
Projektbearbeiter Birgit Piro

Laufzeit / Berichtszeitraum: 01.05.2006 bis 30.06.2009

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. <u>ZIELE UND AUFGABENSTELLUNG DES PROJEKTS</u></b>	<b>2</b>
<b>2. <u>STAND DES WISSENS</u></b>	<b>3</b>
<b>3. <u>MATERIAL UND METHODEN</u></b>	<b>5</b>
3.1 <u>STANDORT</u>	5
3.2 <u>WITTERUNGSVERLAUF IN DEN VERSUCHSJAHREN</u>	5
3.3 <u>VORBEREITUNG DER BEETE UND AUSSAAT</u>	6
3.4 <u>GENOTYPEN</u>	6
3.5 <u>PFLANZENSCHUTZ</u>	6
3.6 <u>BEWÄSSERUNG</u>	6
3.7 <u>STICKSTOFFDÜNGUNG</u>	7
3.7.1 <u>Versuche zur Ermittlung eines Stickstoff - Sollwert</u>	7
3.7.2 <u>Versuche zu verschiedenen Stickstoff - Düngerformen</u>	7
3.7.3 <u>Versuche zu verschiedenen Stickstoff - Düngeterminen</u>	8
3.7.4 <u>Versuche zu verschiedenen Rukola - Genotypen</u>	8
3.8 <u>VERSORGUNG MIT ANDEREN NÄHRELEMENTEN</u>	8
3.9 <u>ERNTE</u>	8
3.10 <u>PFLANZENPROBEN</u>	8
3.11 <u>BODENPROBEN</u>	9
3.12 <u>ERMITTLUNG DER CHLOROPHYLLGEHALTE</u>	9
3.13 <u>LABORANALYTIK</u>	9
3.13.1 <u>Nitratgehalte im Erntegut</u>	9
3.13.2 <u>Nmin - Messungen im Boden</u>	9
3.14 <u>VERSUCHSANLAGE</u>	9
3.15 <u>STATISTISCHE AUSWERTUNG</u>	9
3.16 <u>ÜBERPRÜFUNG DES ANBAUSYSTEMS AUF PRAXISBETRIEBEN</u>	10
<b>4. <u>ERGEBNISSE</u></b>	<b>10</b>
4.1 <u>NITRATGEHALTE IN HANDELSWARE</u>	10
4.2 <u>VERSUCHE ZUR ERMITTLUNG EINES STICKSTOFFSOLLWERTS</u>	11
4.3 <u>VERSUCHE ZU VERSCHIEDENEN STICKSTOFFDÜNGERFORMEN</u>	12
4.4 <u>VERSUCHE ZU UNTERSCHIEDLICHEN STICKSTOFFDÜNGETERMINEN</u>	13
4.5 <u>VARIATION DES ERNTETERMINS</u>	16
4.6 <u>VERSUCHE ZU UNTERSCHIEDLICHEN GENOTYPEN</u>	19
4.7 <u>UNTERSUCHUNGEN ZU NITRATGEHALTEN IN BLATT UND STÄNGEL</u>	21
4.8 <u>ERPROBUNG DES OPTIMIERTE ANBAUSYSTEMS AUF PRAXISBETRIEBEN</u>	22
4.9 <u>VORAUSSICHTLICHER NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE</u>	30
<b>5. <u>ZUSAMMENFASSUNG</u></b>	<b>30</b>
<b>6. <u>GEGENÜBERSTELLUNG GEPLANTER UND ERREICHTER ZIELE</u></b>	<b>31</b>
<b>7. <u>LITERATURVERZEICHNIS</u></b>	<b>33</b>
<b>8. <u>ANHANG</u></b>	<b>35</b>

## 1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Ziel des Projekts war es, Beratungs- und Entscheidungshilfen zu Nitratgehalten in Rukola zu erarbeiten. Es sollte eine Situationsanalyse vorgenommen werden, ursächliche Einflussfaktoren für hohe Nitratgehalte waren zu charakterisieren und Möglichkeiten für eine Verminderung aufzuzeigen.

Für die Bearbeitung des Projekts war ursprünglich der Zeitraum Januar 2006 – Dezember 2008 vorgesehen. Da erst ab Mai 2006 eine Bearbeiterin zur Verfügung stand, wurde der zeitliche Rahmen für die Bearbeitung auf Mai 2006 – Juni 2009 verschoben.

Zur Erreichung des Projektziels waren folgende Aktivitäten geplant:

Im Jahr 2006 war eine monatliche Erfassung der in Rukola auftretenden Nitratgehalte in Handelsware vorzunehmen (etwa 5 Proben/Monat).

Weiterhin war eine monatliche Messung der Nitratgehalte in der Ernteware sowie die Erfassung weiterer Informationen während der Vegetationszeit in etwa 7 Praxisbetrieben geplant.

In zwei Feldversuchen (jeweils ein Versuch im Frühsommer und im Herbst) sollten mögliche Unterschiede in der Nitratakkumulierung bei etwa 10 Rukolagenotypen (Diploaxis-, Eruca- und Zwischentypen) ermittelt werden.

Bei den Düngungsversuchen war für 2006 in einem ersten Schritt die Eingrenzung der optimalen Stickstoffdüngermenge vorgesehen. Hierzu war die Durchführung von vier Feldversuchen mit abgestufter Stickstoffdüngung geplant.

Aufbauend auf dem ermittelten Sollwert waren in den Jahren 2007 und 2008 jeweils zwei Versuche mit unterschiedlichen Stickstoffdüngerformen und unterschiedlichen Stickstoffdüngeterminen durchzuführen. Bei den Versuchen zu unterschiedlichen Düngerformen war zu klären, ob und in welchem Umfang (I) durch einen höheren Ammoniumanteil bei der Düngung und (II) durch zusätzliche Chloriddüngung niedrigere Nitratgehalte im Erntegut erreicht werden können.

Die Versuche mit verschiedenen Stickstoffdüngeterminen sollten klären, ob unterschiedliche Ausbringungszeitpunkte bzw. Aufteilung der Stickstoffgaben sich auf die Höhe der Nitratgehalte auswirken.

Die Genotypenversuche sollten 2007 analog zum Vorjahr einmal im Frühsommer und einmal im Herbst fortgesetzt werden.

Für das Jahr 2008 war die Erprobung der in den Versuchen ermittelten Anbausysteme, die sich für die Einhaltung niedriger Nitratgehalte als günstig erwiesen hatten, auf den Praxisbetrieben geplant.

Die Beprobung der Handelsware im Jahr 2006 lief planmäßig und wurde 2007 fortgesetzt, so dass das vorgesehene Probenvolumen von etwa 60 Proben erreicht wurde.

Die Probenahme auf den Praxisbetrieben erfolgte nach Abstimmung mit dem Projektbetreuer der BLE in verringertem Umfang, da die ersten Ergebnisse ähnliche Werte wie die Handelsware zeigten.

Die Feldversuche konnten im Wesentlichen wie geplant durchgeführt werden. Auf Grund des 2006 ermittelten Sollwertbereichs zwischen 100 und 150 kg/ha N (s. u.) wurden sämtliche Versuche in den folgenden Jahren als zweifaktorielle Versuche in zwei Stickstoffdüngungsstufen angelegt. Die 2007 begonnenen Genotypenversuche wurden im Jahr 2008 fortgesetzt. Aufgrund der vorjährigen Ergebnisse und der am Markt absolut dominierenden Diplotaxis-Typen, wurde die Prüfung auf sechs dieser Genotypen eingegrenzt.

Auf Basis der erarbeiteten Ergebnisse wurde ein Gesamtkonzept zur Reduktion der Nitratgehalte erstellt, das im Herbst 2008 auf verschiedenen Praxisbetrieben überprüft wurde.

## **2. Stand des Wissens**

Der Rukolaverzehr hat in den letzten Jahren stetig zugenommen und auch zu einem deutlich zunehmenden Anbau geführt. Im Winterzeitraum wird die essbare Rauke vor allem in Italien produziert, während in der Vegetationsphase die Versorgung zunehmend aus deutscher Produktion erfolgt, die auf etwa 300 ha Fläche geschätzt wird. Der Anbau konzentriert sich auf den Rheingraben mit der Pfalz als größtem Anbaugelände (ca. 210 ha). Neben einer dominierenden Freilandproduktion wird auch in sehr geringem Umfang ein Gewächshausanbau durchgeführt. Überwiegend wird *Diplotaxis tenuifolia* (*Rucola selvatica*) kultiviert, die Geschmacksvorteile gegenüber der großblättrigeren und grober gezahnten *Eruca sativa* (*Rucola coltivata*) besitzt. Während in Deutschland die Blätter in der Regel mit ca. 10 - 15 cm Länge vermarktet werden, wird im europäischen Ausland teilweise Ware mit 6 - 8 cm Länge angeboten, was erhebliche Einflüsse auf den Nitratgehalt haben kann.

Versuche verschiedener Versuchsansteller im Freiland zeigten einen hohen Stickstoffbedarf bei der Rukolakultur. Während in einzelnen Versuchen eine Einmaldüngung zu Kulturbeginn Vorteile aufwies, war in anderen eine zweimalige Stickstoffdüngung erfolgreicher. Höchsterträge wurden im Bereich von 160 bis 200 kg N/ha erzielt (Degen, 2000 a,b; Kell, 1999; Maync, 2003). Die in der Frischmasse von Rukola gemessenen Nitratwerte lagen sowohl in Handelsware als auch in ersten eigenen Düngungsversuchen im Freiland häufig um und über 5.000 mg/kg, selbst in ungedüngten Parzellen mit deutlichen Ertragsnachteilen waren teilweise Werte über 3.000 mg/kg messbar (Maync, 2003).

Untersuchungen zur Minimierung der Nitratgehalte in Rukola wurden in Italien bei erdelosen Kulturverfahren durchgeführt. In diesem Anbauverfahren wurden Spitzenwerte bis 9.200 mg/kg gemessen (Santamaria et al., 2002a). Eine Reduzierung der Nitratgehalte war durch eine Erhöhung des Ammoniumanteils an der Stickstoffernährung (Santamaria et al., 1998 a) und ein drastisches Absenken der Nährlösungskonzentration kurz vor der Ernte möglich (Santamaria et al., 1998). Im Blatt liegen die höchsten Nitratgehalte im Bereich der Blattadern vor, durch Kürzung der Stiele um 3 cm konnte der Nitratgehalt um 30 % gesenkt werden (Lenzi et al., 2002). Unterschiede zwischen Genotypen konnten unter diesen Kulturbedingungen zwischen *Diplotaxis*- und *Eruca*-Formen belegt werden. Die am Markt dominierenden *Diplotaxis*-Genotypen wiesen eine höhere Nitratkonzentration und eine schlechtere N-Ausnutzung auf (Santamaria et al., 2002). Seither wurde von verschiedenen Saatzuchtfirmen eine gezielte Rukolazüchtung begonnen. Erste Sorten aus diesen Züchtungsprogrammen sind auf dem Markt verfügbar.

Die WHO hat einen ADI-Wert für Nitrat von 3,7 mg/kg Körpergewicht abgeleitet. Je nach Ernährungsgewohnheit kann bei intensivem Rukola-Verzehr dieser Grenzwert periodisch erreicht oder überschritten werden (Stellungnahme BfR 004/2005).

Vor Projektbeginn wurde vom BfR die Einführung eines Nitratgrenzwertes diskutiert, der im Bereich der für Kopfsalat festgelegten Grenzwerte oder knapp darüber liegen könnte.

Die Einflussfaktoren auf die Höhe der Nitratgehalte sind grundsätzlich bekannt und anhand anderer Gemüsearten breit beschrieben. Zusammengefasst wurden sie unter anderem von Scharpf (1991) und Schenk (2004). Sie weisen darauf hin, dass das Auftreten zu hoher Nitratwerte oft auf eine Überversorgung mit Nitrat zurückzuführen ist und empfehlen als zentrale Maßnahme eine am Pflanzenbedarf orientierte Nährstoffversorgung, die auch die vorhandenen Bodenvorräte berücksichtigt. Neben der Nitratverfügbarkeit durch Mineralisation aus organischer Substanz oder Düngung beeinflusst insbesondere die Lichtintensität die Nitratreduktion und den Einbau von reduziertem Stickstoff in organische Stickstoffverbindungen. Demnach haben neben der Düngepraxis die Jahreszeit, Witterungsfaktoren und auch die Größe der Pflanzen zum Erntezeitpunkt einen erheblichen Einfluss auf die Nitratgehalte.

Ein erhöhter Ammoniumanteil an der Stickstoffernährung trägt ebenfalls zu einer Verminderung der Nitratgehalte im Ernteprodukt bei, wobei aber ein hoher Ammoniumanteil an der Stickstoffernährung je nach Pflanzenart nur begrenzt verträglich ist. In Nährlösungskulturen waren bei Rukola Maximalerträge bei einem  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ -Verhältnis von 50:50 zu erzielen, eine reine Ammoniumernährung zeigte Unverträglichkeiten (Santamaria et al., 1998).

Die Erhöhung des Ammoniumanteils in der Stickstoffernährung kann im Freiland auf verschiedenen Wegen erfolgen. In der gärtnerischen Praxis hat sich aufgrund der einfachen Handhabung die Verwendung ammoniumstabilisierter Dünger (Handelsname u.a. ENTEC) breit durchgesetzt, da sie mit Standardgeräten ausgebracht werden können und somit wesentlich einfacher zu handhaben sind als das technisch sehr aufwändige Cultan-Verfahren. Verfügbar sind ammonium-stabilisierte Dünger mit einem 50 %-igen Ammoniumanteil, reine Ammoniumdünger mit Nitrifikationshemmer befanden sich zu Projektbeginn in der Entwicklung und sind seit 2008 auf dem deutschen Markt verfügbar.

Nitrat kann in der Pflanze in seiner Funktion als Osmotikum teilweise durch Chlorid ersetzt werden. Hähndel und Wehrmann (1986) gelang es, durch zusätzliche Düngung von Chlorid, die Nitratgehalte in Spinat und Kopfsalat zu senken.

Aus Spinat ist bekannt, dass die angestrebten niedrigen Nitratgehalte für Babynahrung nur bei suboptimaler N-Zufuhr erzielbar sind. Pflanzenbaulich geht damit ein Ertragsverlust und eine hellere, zum Teil gelbliche Blattfarbe einher. Analog gilt das für alle Kulturen mit starker Nitratakkumulation (Schenk, 2004). Die Selektion nitratärmerer Genotypen und das Verwerfen hochnitrathaltiger Pflanzenteile wie Stiele (bei Spinat) oder Umblätter (bei Eissalat) sind weitere Maßnahmen, die eine deutliche Senkung der Nitratgehalte ermöglichen.

Klare Einflüsse entsprechender Maßnahmen auf die erzielbaren Nitratgehalte waren auch in Rukola zu erwarten. In welchem Umfang eine Verminderung der Nitratgehalte in dieser Kultur möglich ist, sollte durch das Projekt geklärt werden.

### 3. Material und Methoden

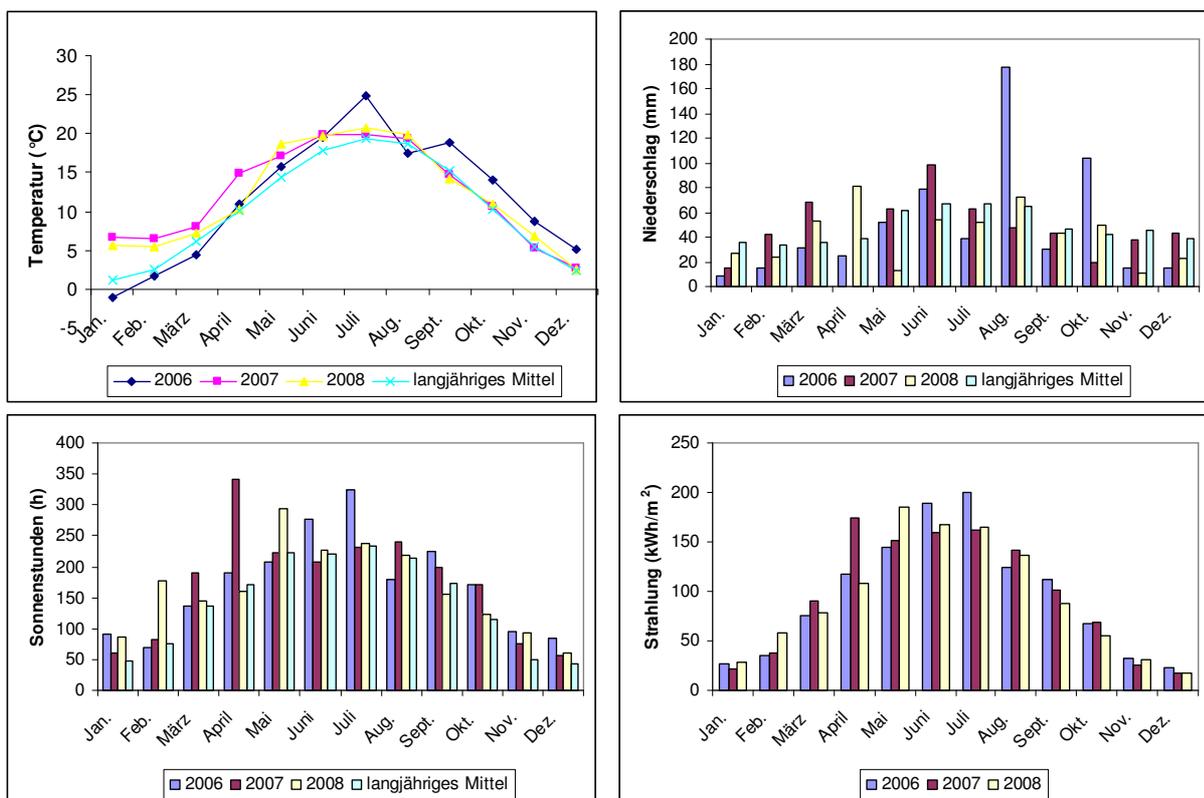
#### 3.1 Standort

Die Versuche wurden auf Flächen des zum Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinpfalz (DLR) zugehörigen Versuchsbetriebs Queckbrunnerhof in Schifferstadt durchgeführt. Der 100 m über NN gelegene Versuchsstandort befindet sich in einem intensiven Gemüseanbaugebiet im Rheingraben (Vorderpfalz), in dem der größte Teil der deutschen Rukolaproduktion erfolgt. Auf Grund einer relativ hohen Jahresdurchschnittstemperatur (9,8 °C) und milden Wintern ist die Freilandaussaat von Rukola von März (unter Vlies) bis September möglich. Die jährliche Niederschlagsmenge von durchschnittlich nur 570 mm macht eine Zusatzbewässerung erforderlich. Die vorherrschende Bodenart ist sandiger Lehm (sL).

#### 3.2 Witterungsverlauf in den Versuchsjahren

In Abb. 1 sind die Monatsmittelwerte der wichtigsten Klimaparameter der Versuchsjahre 2006 – 2008 dargestellt. Für Durchschnittstemperatur, Niederschlagssumme und Summe der Sonnenstunden ist der Vergleich mit dem langjährigen Mittel (1951 – 1980, Daten der Wetterstationen Worms und Mannheim) mit angegeben.

Durch die im Vergleich zu 2006 kühleren Herbsttemperaturen in den Jahren 2007 und 2008 zeigten die Pflanzen geringe Zuwächse auf, was spätere Erntetermine und deutlich niedrigere Erträge zur Folge hatte.



**Abb.1: Durchschnittstemperatur (°C), Niederschlagssumme (mm), Strahlungssumme (kWh/m<sup>2</sup>) und Summe der Sonnenstunden (h) in den Monaten Januar – Dezember der Jahre 2006 – 2008**

Quelle: Fachportal Agrarmeteorologie der Dienstleistungszentren Ländlicher Raum Rheinpfalz [www.am.rlp.de](http://www.am.rlp.de)

### 3.3 Vorbereitung der Beete und Aussaat

Eine bis zwei Wochen vor der Aussaat wurden mit einer Beetfräse 1,60 m breite Beete angelegt und dabei das Herbizid Treflan (1 l/ha) eingearbeitet. Die Rukolaaussaat erfolgte 6-reihig mit einem Reihenabstand von 25 cm. Die Düngungsversuche wurden maschinell mit einer Sembdner Bürstenradsämaschine ausgesät, bei den Genotypenversuchen wurde ein Sembdner-Handsägerät verwendet. Die Aussaatstärke betrug für *Diplotaxis tenuifolia* 250 Pflanzen pro m<sup>2</sup>, bei *Eruca sativa* wurden 100 Pflanzen pro m<sup>2</sup> ausgesät. Genaue Angaben zur Durchführung der einzelnen Versuche (Vorfrucht, Nmin-Wert im Boden zu Versuchsbeginn, Aussaat- und Erntetermin) sind den Tabellen 12 – 14 im Anhang zu entnehmen.

### 3.4 Genotypen

In sämtlichen Düngungsversuchen wurde Saatgut von *Diplotaxis tenuifolia* (Herkunft Enza) verwendet. Dabei waren bei *Diplotaxis tenuifolia* neben wenig klar definierten Herkünften erste Zuchtsorten verfügbar. Bei *Eruca sativa* waren drei Sorten verfügbar, darüber hinaus zwei Zwischentypen zwischen beiden Arten. Die für die Genotypenversuchen verwendeten Sorten bzw. Herkünfte sind in Tabelle 1 aufgelistet.

**Tab. 1: Verwendete Sorten bzw. Herkünfte für Genotypenversuche (2006 – 2008)**

<b>Art</b>	<b>Sorte bzw. Herkunft</b>	<b>Versuchszeitraum</b>
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	Hk. Enza	2006 – 2008
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	Hk. HILD	2006 - 2008
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	Hk. Agri	2006 - 2008
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	'Sierra' (Agri)	2006 - 2008
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	Hk. Nebelung	2006 - 2008
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	'Montana' (Fresh Herbs)	2006 - 2008
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	Hk. Voltz	2006 - 2007
<i>Eruca sativa</i>	'Runway' (Nebelung)	2006 - 2007
<i>Eruca sativa</i>	'Mayway' (Nebelung)	2006 - 2007
<i>Eruca sativa</i>	'Flash' (Voltz)	2006 - 2007
Zwischentyp	HI 1501(HILD)	2006 - 2007
Zwischentyp	Speedy (Fresh Herbs)	2006 - 2007

### 3.5 Pflanzenschutz

In allen Versuchen wurden neben der Unkrautbekämpfung mit Treflan (s. 2.3) prophylaktische Pflanzenschutzmaßnahmen gegen Falschen Mehltau und gegen Erdflöhe getroffen. Dazu wurde etwa 10 Tage nach der Saat eine Mischung aus Ridomil Gold MZ (2 kg/ha) und Karate Zeon (0,075 l/ha) sowie etwa am 20. Tag nach Saat eine Mischung aus Acrobat plus (2 kg/ha) und Fastac FC (0,09 l/ha) ausgebracht.

### 3.6 Bewässerung

Von der Aussaat bis zum Feldaufgang wurde bei ausbleibenden Niederschlägen täglich beregnet. Im Anschluss erfolgte eine Beregnung nach klimatischer Wasserbilanz.

### 3.7 Stickstoffdüngung

Bei allen Versuchen wurde der in der Schicht 0 – 30 cm enthaltene mineralische Stickstoff ( $N_{\min}$ ) bei der Berechnung der Stickstoffdüngermenge berücksichtigt. Die Ausbringung der Dünger erfolgte breitwürfig von Hand.

#### 3.7.1 Versuche zur Ermittlung eines Stickstoff - Sollwert

Für die Erarbeitung eines Stickstoffsollwerts für Rukola wurde die Düngermenge im ersten Versuchsjahr 2006 wie folgt variiert (Tab. 2):

**Tab. 2: Stickstoffversorgung (kg/ha N) in den drei Versuchen zum geeigneten Stickstoffsollwert 2006**

Variante	Versuch 22. 06. 06	Versuch 24. 08. 06	Versuch 31. 08. 06
1	56 (= $N_{\min}$ (0 - 30 cm), keine Düngung)	27 (= $N_{\min}$ (0 - 30 cm), keine Düngung)	14 (= $N_{\min}$ (0 - 30 cm), keine Düngung)
2	100	50	50
3	150	100	100
4	200	150	150
5	250	200	200
6	300	250	250

Als Düngemittel wurde ausschließlich Kalkammonsalpeter verwendet. Die Ausbringung des Stickstoffdüngers erfolgte kurz vor der Saat mit einer leichten Einarbeitung.

#### 3.7.2 Versuche zu verschiedenen Stickstoff - Düngerformen

Die Versuchsvarianten bei dieser Fragestellung waren die folgenden (Tab. 3):

**Tab. 3: Versuchsvarianten bei den Versuchen zu unterschiedlichen Stickstoff – Düngerformen**

Variante	Dünger
1	Kontrolle
2	Kalkammonsalpeter (KAS), 27 % N, jeweils zur Hälfte $NO_3$ - N und $NH_4$ - N
3	Entec 26 (Ammonsulfatsalpeter + $NH_4$ -Stabilisator DMPP), 26 % N, (7,5 % $NO_3$ - N und 18,5 % $NH_4$ - N), enthält 13 % S
4	Entec solub 21 (Ammoniumsulfat + $NH_4$ -Stabilisator DMPP), 21 % N, ausschließlich als $NH_4$ - N, enthält 21 % S
5	Kalkammonsalpeter + Chlorid ( $CaCl_2$ )
6	Entec 26 + Chlorid

Die Versuche wurden in 2 Stickstoffdüngungsstufen (100 kg/ha N bzw. 150 kg/ha N) durchgeführt. Die Düngemittel wurden kurz vor der Saat ausgebracht und leicht eingearbeitet.

### 3.7.3 Versuche zu verschiedenen Stickstoff - Düngeterminen

Die Versuchsvarianten zu dieser Fragestellung sind in Tab. 4 dargestellt. Die Versuche wurden in 2 Stickstoffdüngungsstufen (100 kg/ha N bzw. 150 kg/ha N) durchgeführt.

**Tab. 4: Versuchsvarianten bei den Versuchen zu unterschiedlichen N-Düngeterminen (prozentuale Aufteilung der N-Düngermenge)**

Variante	Düngung vor Saat	Nach Auflauf (14 Tage nach Saat)	Blattdüngung (21 u. 28 Tage nach Saat)
1	-	-	-
2	KAS, 100 %	-	-
3	KAS, 50 %	KAS, 50 %	-
4	KAS, 75 %	KAS, 25 %	-
5	KAS, 75 %	-	Harnstoff, 2x12,5 %
6	-	KAS, 100 %	-

### 3.7.4 Versuche zu verschiedenen Rukola - Genotypen

Im Versuchsjahr 2006 wurden alle Genotypen einheitlich mit 150 kg/ha N versorgt. In den beiden kommenden Versuchsjahren wurden die Genotypenversuche in zwei Stickstoffdüngungsstufen (100 kg/ha N bzw. 150 kg/ha N) durchgeführt. Als Dünger wurde Kalkammonsalpeter kurz vor der Saat ausgebracht und leicht eingearbeitet.

### 3.8 Versorgung mit anderen Nährelementen

Alle Versuchsflächen waren bezüglich des P-, K- und Mg- Vorrats ausreichend versorgt. Bei den Versuchen zu verschiedenen Düngerformen wurde zusätzlich eine Schwefeldüngung mit 30 kg/ha S in Form von CaSO<sub>4</sub> vorgenommen, um mögliche Effekte der Schwefelgehalte der Entec-Dünger zu kompensieren.

### 3.9 Ernte

Die Ernte erfolgte bei einer Blattlänge zwischen 16 – 18 cm (Grobware). In den Versuchen zu verschiedenen N - Düngeterminen des Jahres 2008 wurden zusätzlich ein zweiter Erntegang eine Woche früher durchgeführt. Geerntet wurde zwischen 9 und 12 Uhr vormittags. Hierzu wurden in jeder Versuchspartizelle an repräsentativen Stellen 2 x 1 lfm Rukola in der Reihe mit einem Erntemesser dicht über der Bodenoberfläche abgeschnitten. Die geernteten Pflanzen wurden zügig ins Kühlhaus gebracht.

### 3.10 Pflanzenproben

Am Nachmittag des Erntetages wurde die Frischmasse der Pflanzenproben erfasst. Anschließend wurde ein Teil der Probe, der für die später folgenden Nitratanalysen vorgesehen war, tiefgefroren.

### **3.11 Bodenproben**

Vor der Stickstoffdüngung und Aussaat wurde bei allen Versuchen der Nmin-Bodenvorrat aus einer Bodenmischprobe der Versuchsfläche bestimmt. Nach der Ernte wurde der Nmin-Rest in allen Versuchspartellen ermittelt. Zur Bodenprobenahme diente im Jahr 2006 ein Spiralbohrer der Firma Bolap. Auf Grund der schwierigen Handhabung bei trockenen Böden erfolgte die Bodenprobenahme in den Jahren 2007 und 2008 mit einem Pürkhauer- Bohrstab. Beprobte wurden zwei Schichten (0 - 30 cm und 30 – 60 cm Tiefe).

### **3.12 Ermittlung der Chlorophyllgehalte**

Die Grünfärbung als Maß für den Chlorophyllgehalt wurde mit einem mobilen N-Tester der Firma Yara bestimmt. Die Werte werden im Folgenden als "Chlorophyllgehalte" angesprochen.

### **3.13 Laboranalytik**

#### **3.13.1 Nitratgehalte im Erntegut**

Im Jahr 2006 wurden die Nitratmessungen im Erntegut nach der damaligen Standardmethode der LUFA Speyer gaschromatographisch durchgeführt.

##### Prinzip der Methode:

Nach der Extraktion der fein zerkleinerten Probe mit Wasser sowie Klärung und Filtration der Lösung wird ein aliquoter Teil des Filtrats mit Schwefelsäure und p-Xylol versetzt, wobei sich Nitrat mit p-Xylol zu 1,4-Dimethyl-2-Nitrobenzol umsetzt. Anschließend erfolgt die quantitative Bestimmung des im überschüssigen p-Xylol gelösten 1,4-Dimethyl-2-Nitrobenzols am Gaschromatographen mit Hilfe eines inneren Standards.

Auf Grund des relativ hohen Aufwands dieser Methode und an Betrachtung des sehr großen Probenvolumens wurde in den Jahren 2007 und 2008 für die Nitratmessungen auf die ionenselektive Elektrode im Nitratlabor der Firma Bolap GmbH in Speyer zurückgegriffen. Das Prinzip dieser Methode ist die Bestimmung des Elektrodenpotenzials zwischen der ionenselektiven Elektrode und einer Referenzelektrode. Ein Vergleich der beiden Methoden ergab ein hohes Maß an Übereinstimmung ( $r^2 = 0,99$ ).

#### **3.13.2 Nmin - Messungen im Boden**

Die Nmin-Messungen im Boden wurden von der Firma Bolap GmbH in Speyer nach einer Extraktion des Bodens mit  $\text{CaCl}_2$  und der beschriebenen ionenselektiven Elektrode durchgeführt.

### **3.14 Versuchsanlage**

Die Versuche wurden als einfaktorielle (2006) bzw. zweifaktorielle (2007 und 2008) Blockanlagen mit 4 Wiederholungen angelegt.

### **3.15 Statistische Auswertung**

Die Ergebnisse der Feldversuche wurden varianzanalytisch mit dem Programm XLStat verrechnet. Bei signifikanten Auswirkungen eines Faktors wurden Mittelwertvergleiche mit dem Tukey-Test bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit vorgenommen.

### 3.16 Überprüfung des Anbausystems auf Praxisbetrieben

Nach Abschluss und Auswertung der Feldversuche wurden die Einzelfaktoren auf ihre Wirkung hinsichtlich der Nitratgehalte in Rukola bewertet und ein optimiertes Anbausystem vorgeschlagen. Zur Überprüfung dieses Anbausystems wurden im Herbst 2008 Vergleichsflächen auf Praxisbetrieben angelegt und mit den betrieblichen Standardsystemen verglichen. Erfasst wurden: Ertrag, Chlorophyllgehalt und Nitratgehalt von Rukola sowie der Nmin-Rest im Boden zur Ernte.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Nitratgehalte in Handelsware

Die für Rukola im Vergleich zu anderen Gemüsearten sehr hohen Nitratgehalte werden durch die Untersuchungen bestätigt. Klar erkennbar sind die durch die unterschiedlichen Lichtverhältnisse hervorgerufenen jahreszeitlichen Schwankungen: in den Herbst- und Wintermonaten liegen die Mittelwerte deutlich über 5.000 ppm, in den Frühjahrs- und Sommermonaten liegen niedrigere Werte vor. Sichtbar werden auch die starken Schwankungen um den Mittelwert – so wurden auch in der helleren Jahreszeit vereinzelt Nitratgehalte deutlich über 5.000 ppm gemessen (Abb.2).

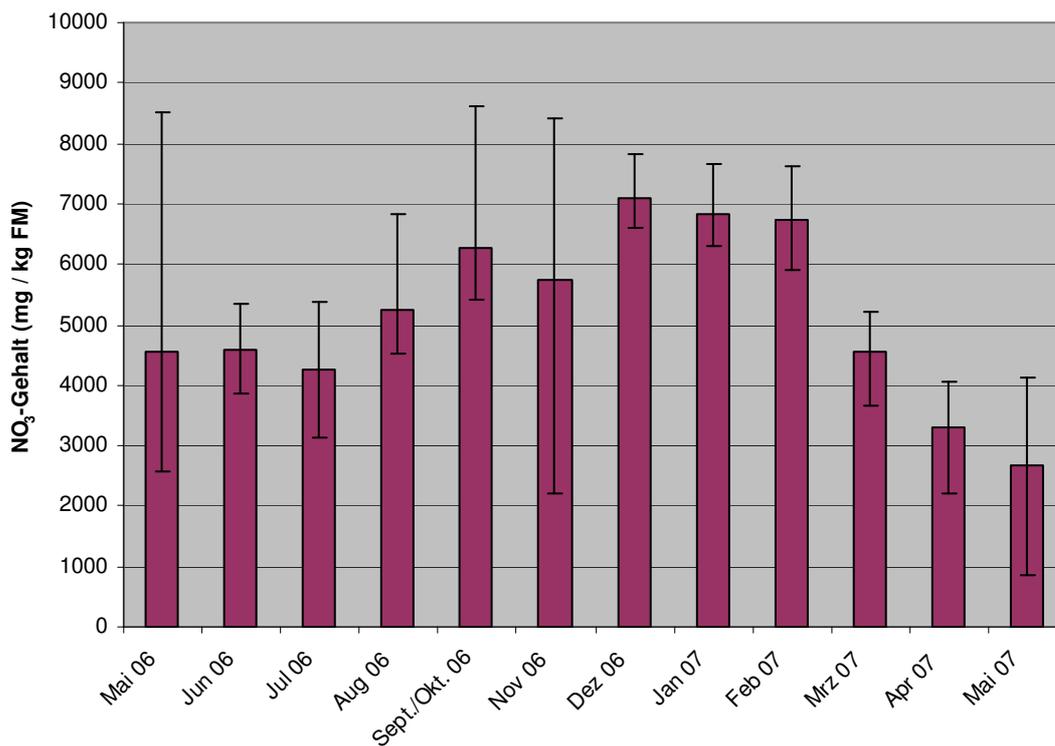


Abb. 2: Nitratgehalte (Mittelwerte und Spannbreiten) in Rukola-Handelsware von Mai 2006 – Mai 2007

## 4.2 Versuche zur Ermittlung eines Stickstoffsollwerts

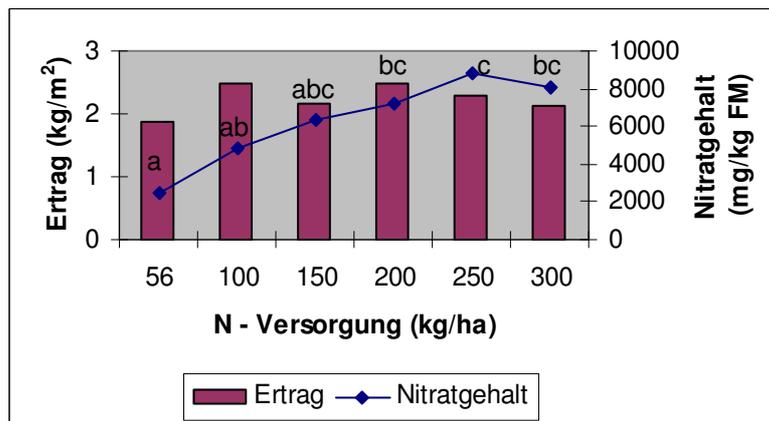
Das Ertragsoptimum variierte je nach Versuch, bei Gemüsevorfrucht wurde bereits ab 100 kg/ha N, bei Getreidevorfrucht ab 150 kg/ha N der Maximalertrag erreicht (Abb. 3). Die Nitratgehalte stiegen in allen Versuchen mit zunehmender Düngung stark an und zeigten zwischen der knapp suboptimalen und der optimalen N-Versorgung einen deutlichen Sprung nach oben (Abb. 3). Die Untergrenze der Nitratgehalte, bei denen die Erzeugung marktfähiger Ware möglich war, schwankte stark zwischen den Versuchen und lag im ersten Herbstversuch bei 5.266 mg/kg.

Die hohe Stickstoffnachlieferung aus dem Boden nach Gemüsevorfrucht machte sich stark bemerkbar und beeinflusste die Versuchsergebnisse.

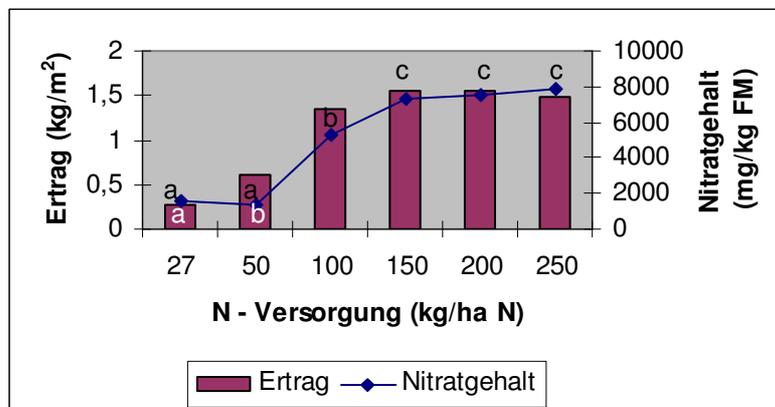
Bei den beiden Versuchen mit Getreidevorfrucht zeigte sich bei der Kontrolle deutlich der Effekt einer fehlenden Stickstoffdüngung, da dem Boden durch das Getreide der Stickstoff weitgehend entzogen worden war. Durch das auf dem Feld verbliebene Stroh wurde zusätzlich Stickstoff festgelegt, so dass die Nachlieferung während der Vegetationszeit nur sehr gering war.

Für die Chlorophyllgehalte spielte die Stickstoffversorgung keine Rolle (Tab. 15-17).

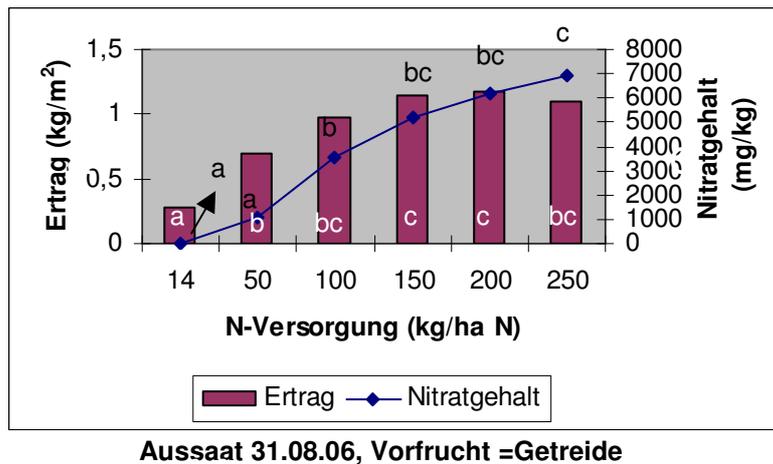
Die vollständigen Ergebnisse der drei im Jahr 2006 durchgeführten Versuche zur Ermittlung eines geeigneten Stickstoffsollwerts auf die im Zwischenbericht 2006 ausführlich eingegangen wurde, sind den Tabellen 15 – 17 im Anhang zu entnehmen.



Aussaat 22.06.06, Vorfrucht = Bundzwiebeln



Aussaat 24.08.06, Vorfrucht = Getreide

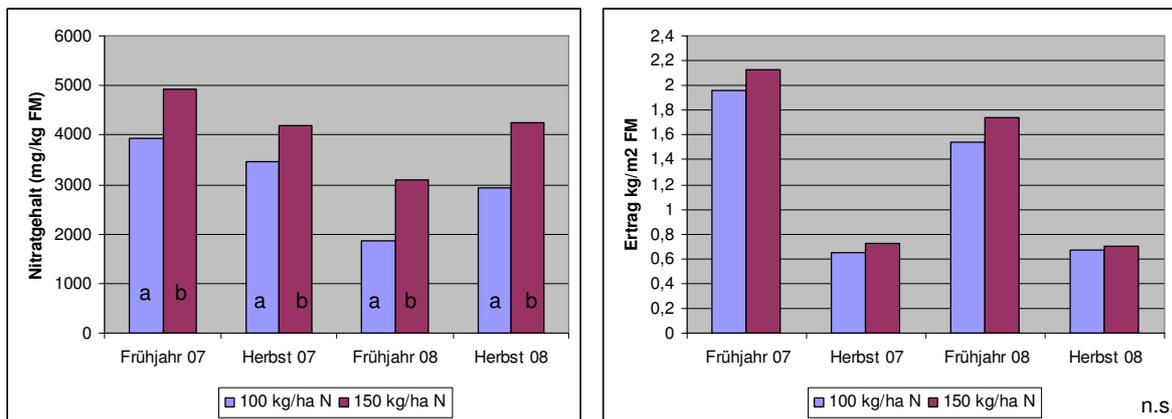


**Abb. 3: Ertrag und Nitratgehalte von Rukola in Abhängigkeit von der Stickstoffversorgung (3 Versuche 2006 zum N-Sollwert)**

### 4.3 Versuche zu verschiedenen Stickstoffdüngerformen

In keinem der Einzelversuche war ein signifikanter Ertragseffekt der höheren Düngung von 150 kg/ha N gegenüber der reduzierten Düngung von 100 kg/ha festzustellen. In allen Einzelversuchen lag der Ertrag jedoch etwas (3 – 15 %) höher, im Mittel um 8,5 % (Abb. 4).

Klare Unterschiede zwischen den beiden Düngungsstufen waren jedoch im Hinblick auf die Nitratgehalte nachzuweisen, die in allen 4 Versuchen durch die höhere N-Gabe signifikant anstiegen (um 24 – 110 %), im Durchschnitt um 52 % bzw. 1370 mg/kg.

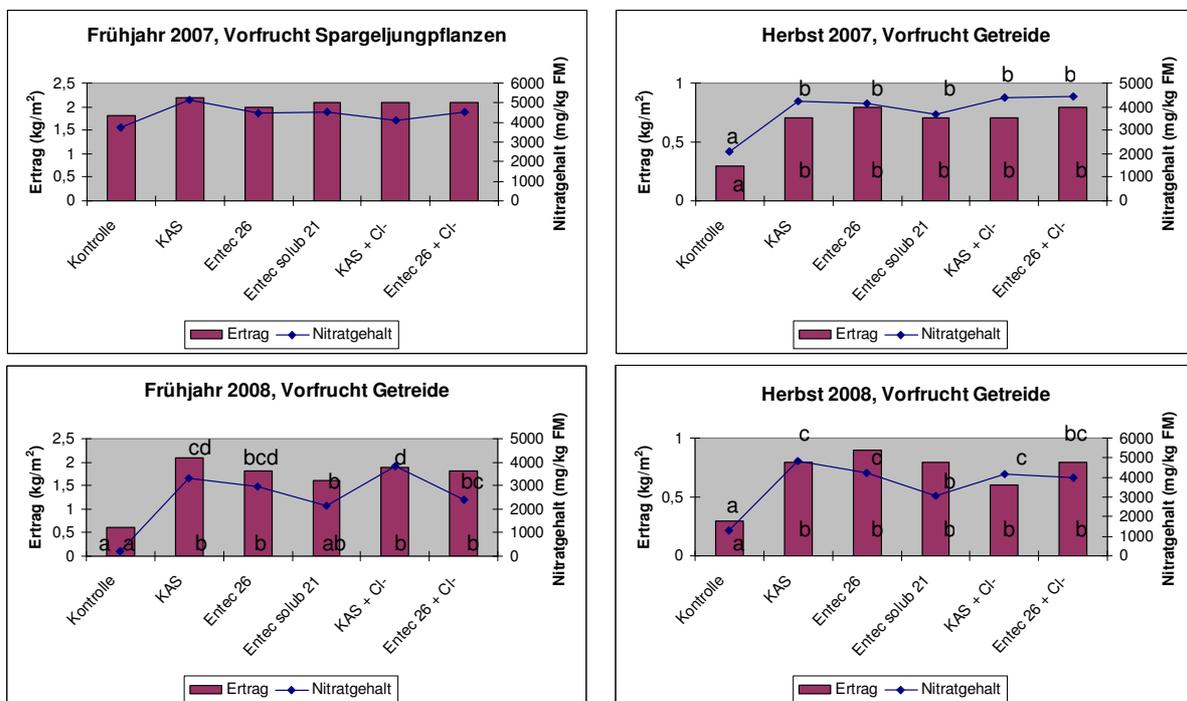


**Abb. 4: Ertrag (rechts) und Nitratgehalte (links) von Rukola in Abhängigkeit von der Stickstoffversorgung (Mittelwerte der Düngerformen in 4 Versuchen)**

Im Jahr 2007 wirkte sich die Düngerform weder auf den Ertrag noch auf den Nitratgehalt signifikant aus (Abb. 5). Im Frühjahrsversuch dürfte die Nachlieferung aus der Gemüsevorfrucht auch zu hoch gewesen sein, um eine Ammonium-betonte Pflanzenernährung zu erreichen. Die Nitratgehalte lagen in diesem Versuch trotz der günstigeren

Lichtverhältnisse auf einem ähnlich hohen Niveau wie im Herbstversuch mit der Getreidevorfrucht.

Im Jahr 2008 traten zwischen den verschiedenen Düngerformen signifikante Unterschiede bzgl. der Nitratgehalte auf (Abb. 5). Bei dem Dünger Entec solub 21 (N liegt hier zu 100 % stabilisiert als Ammonium vor) waren die Nitratgehalte im Erntegut sowohl im Frühjahrs- als auch im Herbstversuch signifikant niedriger als bei Kalkammonsalpeter. Im Frühjahrsversuch lagen zusätzlich signifikant niedrigere Nitratgehalte bei der Variante Entec 26 + Chlorid gegenüber der Variante Kalkammonsalpeter + Chlorid vor. Im Herbstversuch waren die Nitratgehalte bei einer Düngung mit Entec solub 21 signifikant niedriger als bei einer Düngung mit Entec 26, wo der Stickstoff nur teilweise in der Ammoniumform vorliegt. In diesem Jahr war somit ein Vorteil einer Ammonium-betonten gegenüber einer Nitrat-betonten Düngung im Hinblick auf die Nitratgehalte in Rukola sichtbar. Der Zusatz von Chlorid zu Kalkammonsalpeter bzw. Entec 26 führte lediglich in den beiden differenzierenden Versuchen im Jahr 2008 zu einer leichten tendenziellen Verminderung der Nitratgehalte gegenüber einer reinen Düngung mit Kalkammonsalpeter bzw. Entec 26. Negative Effekte der verschiedenen Düngemittel auf Ertrag und Chlorophyllgehalt waren nicht zu beobachten, auch der Nmin-Gehalt im Boden nach der Ernte war nicht signifikant beeinflusst.



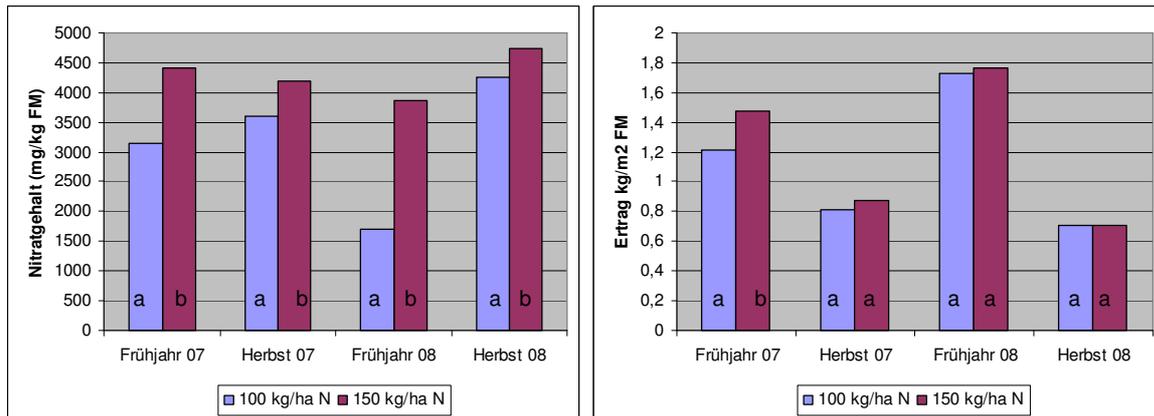
**Abb. 5: Ertrag und Nitratgehalte von Rukola in Abhängigkeit von der Düngerform (Mittelwerte der N-Stufen)**

Die vollständigen Ergebnisse der 4 Versuche zu verschiedenen Stickstoffdüngerformen sind in den Tabellen 18 – 21 im Anhang dargestellt. Auf die Ergebnisse des Jahres 2007 wird zudem ausführlich im entsprechenden Zwischenbericht eingegangen.

#### 4.4 Versuche zu unterschiedlichen Stickstoffdüngeterminen

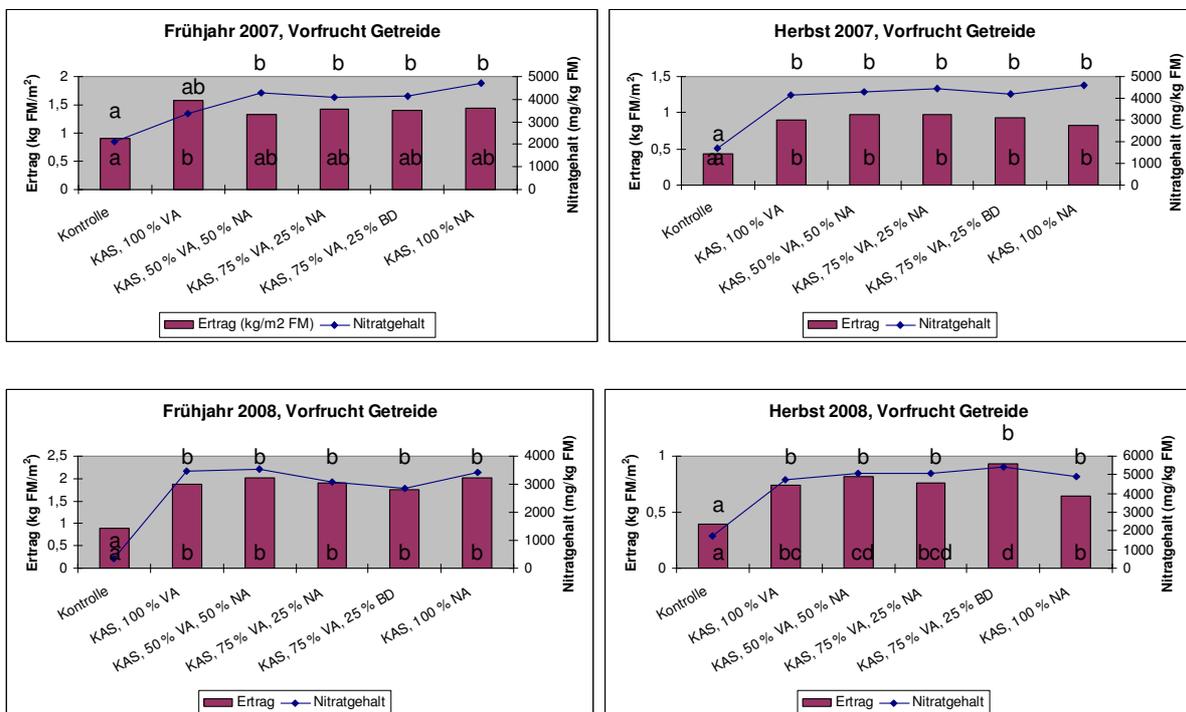
Auch bei den Versuchen zu unterschiedlichen Düngeterminen ließen sich die höheren Nitratgehalte in der höheren Düngungsstufe (150 kg/ha N) gegenüber der niedrigeren Düngungsstufe (100 kg/ha N) in allen vier Versuchen statistisch absichern (Abb. 6).

Ein höherer Ertrag bei einer Stickstoffversorgung von 150 kg/ha N war nur im Frühjahrsversuch 2007 signifikant.



**Abb. 6: Ertrag (rechts) und Nitratgehalte (links) von Rukola in Abhängigkeit von der Stickstoffversorgung (Mittelwerte der Düngeterminvarianten)**

Aus den vier Einzelversuchen zu Düngeterminierung lassen keine klaren Effekte auf den Ertrag erkennen. In keinem der Versuche traten signifikanten Unterschiede im Nitratgehalt zwischen den verschiedenen Düngeterminen auf (gedüngte Varianten) (Abb. 7). Auffällig waren allerdings die bis auf den Frühjahrversuch 2007 deutlich höheren Nmin-Gehalte im Boden nach der Ernte bei alleiniger Kopfdüngung (im Jahr 2008 signifikant) (Tab. 5). Offensichtlich wurde ein Großteil des gedüngten Nitrats von den Pflanzen hier nicht aufgenommen.



**Abb. 7: Ertrag und Nitratgehalte von Rukola in Abhängigkeit vom N-Düngetermin (Mittelwerte der beiden N-Stufen)**

**Tab. 5: Einfluss des Stickstoffdüngetermins auf den Nmin-Gehalt im Boden zur Ernte (Mittelwerte der N-Stufen)**

	Frühjahr 2007		Herbst 2007		Frühjahr 2008		Herbst 2008	
N-Düngetermin	Nmin-Gehalt (kg/ha min. N, 0 - 60 cm)							
Kontrolle	66	a	32	a	21	a	31	a
KAS, 100 % VA	71	a	73	ab	52	ab	55	ab
KAS, 50 % VA, 50 % NA	81	a	78	ab	59	b	79	abc
KAS, 75 % VA, 25 % NA	77	a	82	ab	54	ab	64	ab
75 % KAS VA, 25 % BD	80	a	77	ab	50	ab	120	bc
KAS, 100 % NA	78	a	113	b	116	c	137	c

Die vollständigen Ergebnisse der 4 Versuche zu unterschiedlichen Stickstoffdüngeterminen sind den Tabellen 22 - 27 im Anhang zu entnehmen. Auf die Ergebnisse des Jahres 2007 wird im entsprechenden Zwischenbericht ausführlich eingegangen.

#### **4.5 Variation des Erntetermins**

Im Jahr 2008 wurden bei den beiden Versuchen mit unterschiedlichen Stickstoffdüngeterminen zwei Erntetermine berücksichtigt, die eine Woche auseinander lagen. Da mit verzögertem Erntetermin der Nitratgehalt in einer Pflanze normalerweise abnimmt, sofern das Stickstoffangebot sich zu Kulturrende verringert (Schlaghecken et al, 2006), wurden zum 2. Erntetermin geringere Nitratgehalte erwartet. Dies war, wie aus Tab. 6 hervorgeht, im Frühjahrsversuch der Fall. Im Durchschnitt nahm der Nitratgehalt in den gedüngten Versuchsvarianten hier um 768 mg/kg, bzw. 22 % ab.

Im Herbstversuch dagegen war eine durchschnittliche Zunahme des Nitratgehalts um 358 mg/kg (8 %) zu beobachten (Tab. 7). Eine Erklärung könnte sein, dass zu und kurz vor dem zweiten Erntetermin im Herbst deutlich ungünstigere Lichtverhältnisse herrschten als noch eine Woche davor. Da die Einstrahlung besonders großen Einfluss auf die Nitratreduktion in der Pflanze hat, dürfte dies die Nitratverminderung durch den verzögerten Erntetermin überlagert haben. Zudem waren die Pflanzen im Herbstversuch älter, was die Aktivität der Nitratreduktase in den Blättern herabsetzt (Marschner, 1985). Auf Grund des weiterhin hohen N-Angebots (s.Nmin-Reste zur Ernte Tab. 30) und des witterungsbedingt geringen Zuwachses fand anstatt einer Verstoffwechselung des gespeicherten Nitrats eine weitere Anreicherung in der Pflanze statt.

**Tab. 6: Ertragszuwachs und Veränderung der Nitratgehalte bei Rukola zwischen zwei Ernteterminen im Frühjahr 2008**

<b>Frühjahr 2008</b>							
<b>N - Versorgung = 100 kg/ha N</b>							
	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> ) 17.06.08	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> ) 24.06.08	Ertrags- zuwachs (kg/m <sup>2</sup> )	Nitratgehalt (mg/kg FM) 17.06.08	Nitratgehalt (mg/kg FM) 24.06.08	Veränderung Nitrat- gehalt	
						(mg/kg FM)	(%)
<b>Kontrolle</b>	0,63	0,87	0,24	270	235	- 35	- 13
<b>KAS, 100 % VA</b>	1,59	1,86	0,27	2865	2203	- 662	- 23
<b>KAS, 50 % VA, 50 % NA</b>	1,72	1,92	0,2	3475	1860	- 1615	- 46
<b>KAS, 75 % VA, 25 % NA</b>	1,76	1,78	0,02	3255	2028	- 1227	- 38
<b>75 % KAS VA, 25 % BD</b>	1,77	1,94	0,17	3355	1958	- 1397	- 42
<b>KAS, 100 % NA</b>	1,73	2,01	0,28	3428	1873	- 1555	- 45
<b>N - Versorgung = 150 kg/ha N</b>							
	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> ) 17.06.08	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> ) 24.06.08	Ertrags- zuwachs (kg/m <sup>2</sup> )	Nitratgehalt (mg/kg FM) 17.06.08	Nitratgehalt (mg/kg FM) 24.06.08	Veränderung Nitrat- gehalt	
						(mg/kg FM)	(%)
<b>Kontrolle</b>	0,69	0,89	0,2	390	448	+ 58	+ 15
<b>KAS, 100 % VA</b>	1,83	1,89	0,06	4998	4685	- 313	- 6
<b>KAS, 50 % VA, 50 % NA</b>	1,98	2,12	0,14	4473	5205	+ 732	+ 16
<b>KAS, 75 % VA, 25 % NA</b>	1,78	2,04	0,26	4555	4100	- 455	- 10
<b>75 % KAS VA, 25 % BD</b>	1,57	1,56	-0,01	4003	3725	- 278	- 7
<b>KAS, 100 % NA</b>	2,25	2,05	- 0,2	5885	4970	- 915	- 16
<b>Durchschnittliche Veränderung der Nitratgehalte Frühjahr 2008 zwischen den beiden Ernteterminen (nur gedüngte Varianten)</b>						<b>- 769</b>	<b>- 22</b>

**Tab. 7: Ertragszuwachs und Veränderung der Nitratgehalte bei Rukola zwischen zwei Ernteterminen im Herbst 2008**

<b>Herbst 2008</b>							
<b>N - Versorgung = 100 kg/ha N</b>							
	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> ) 21.10.08	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> ) 28.10.08	Ertrags- zuwachs (kg/m <sup>2</sup> )	Nitratgehalt (mg/kg FM) 21.10.08	Nitratgehalt (mg/kg FM) 28.10.08	Veränderung Nitratge- halt	
						(mg/kg FM)	(%)
<b>Kontrolle</b>	0,46	0,39	- 0,07	2178	1898	- 280	- 13
<b>KAS, 100 % VA</b>	0,69	0,70	0,01	4410	3915	- 495	- 11
<b>KAS, 50 % VA, 50 % NA</b>	0,75	0,83	0,08	4663	4783	+ 120	+ 3
<b>KAS, 75 % VA, 25 % NA</b>	0,70	0,70	0	4195	4600	+ 405	+ 10
<b>75 % KAS VA, 25 % BD</b>	0,78	0,99	0,21	4715	5355	+ 640	+ 14
<b>KAS, 100 % NA</b>	0,68	0,67	- 0,01	4728	4975	+ 247	+ 5
<b>N - Versorgung = 150 kg/ha N</b>							
	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> ) 21.10.08	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> ) 28.10.08	Ertrags- zuwachs (kg/m <sup>2</sup> )	Nitratgehalt (mg/kg FM) 21.10.08	Nitratgehalt (mg/kg FM) 28.10.08	Veränderung Nitratge- halt	
						(mg/kg FM)	(%)
<b>Kontrolle</b>	0,38	0,39	0,01	2440	1595	- 845	- 35
<b>KAS, 100 % VA</b>	0,71	0,78	0,07	4640	5498	+ 858	+ 18
<b>KAS, 50 % VA, 50 % NA</b>	0,72	0,81	0,09	4883	5403	+ 520	+ 11
<b>KAS, 75 % VA, 25 % NA</b>	0,74	0,83	0,09	5235	5583	+ 348	+ 7
<b>75 % KAS VA, 25 % BD</b>	0,72	0,87	0,16	4930	5490	+ 560	+ 11
<b>KAS, 100 % NA</b>	0,63	0,61	- 0,02	4483	4855	+ 372	+ 8
<b>Durchschnittliche Veränderung der Nitratgehalte Herbst 2008 zwischen den beiden Ernteterminen (nur gedüngte Varianten)</b>						<b>+ 358</b>	<b>+ 8</b>

## 4.6 Versuche zu unterschiedlichen Genotypen

In den Versuchsjahren 2006 und 2007 wurden Sorten/Genotypen von *Diplotaxis tenuifolia* und *Eruca sativa* bzw. Zwischentypen berücksichtigt. Auf dem deutschen Markt findet man jedoch fast ausschließlich *Diplotaxis tenuifolia*, da diese vom Verbraucher aufgrund der gezahnteren Blattform, des intensiveren Geschmacks und des ausgeprägten Grüntons bevorzugt wird. Tab. 8 gibt einen Überblick, wie sich die beiden Rukolatypen bezüglich des Ertrags, Nitratgehalts, Chlorophyllgehalts, und N<sub>min</sub>-Rests im Boden zur Ernte in den 4 Versuchen unterschieden.

*Eruca sativa*, die mit einer geringeren Aussaatstärke gesät wird und eine kürzere Entwicklungszeit hat, zeigte in allen Versuchen niedrigere Erträge als *Diplotaxis tenuifolia*. Der deutlich hellere Grünton bei *Eruca sativa* spiegelte sich in den Chlorophyllgehalten wieder, die in allen Versuchen deutlich unter denen von *Diplotaxis tenuifolia* lagen.

Die Nitratgehalte waren bei *Eruca sativa* in 3 Versuchen höher als bei *Diplotaxis tenuifolia*. Offenbar wäre bei den *Eruca*-Typen eine niedrigere Stickstoffversorgung angebracht gewesen, worauf auch die hohen N<sub>min</sub>-Reste im Boden zur Ernte hindeuten. Möglicherweise ist die große Differenz zwischen Stickstoffversorgung und Stickstoffbedarf der *Eruca*-Typen die Ursache für die von anderen Quellen abweichenden Ergebnisse: Bei Lenzi und Tesi (2000), Santamaria et al. (2001) sowie Cavarianni et al. (2008) lagen bei *Diplotaxis tenuifolia* höhere Nitratgehalte als bei *Eruca sativa* vor.

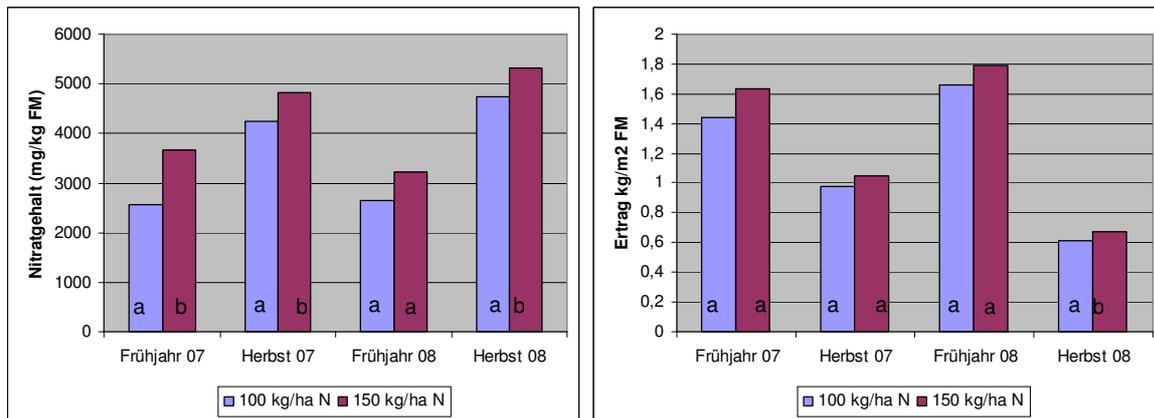
**Tab. 8: Ertrag, Nitratgehalt, Chlorophyllgehalt und N<sub>min</sub>-Rest im Boden bei *Diplotaxis tenuifolia* und *Eruca sativa* in 4 Versuchen**

	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )		Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)		Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)		N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha), 0- 60 cm	
	DT*	ES**	DT	ES	DT	ES	DT	ES
<b>Frühjahr 06</b>	2,38	1,69	6904	6160	599	483	n.e.	n.e.
<b>Herbst 06</b>	1,08	0,78	4513	6415	528	363	51	105
<b>Frühjahr 07</b>	1,84	1,11	2814	3532	473	424	37	92
<b>Herbst 07</b>	1,05	0,95	4256	4955	453	377	116	143

\* DT = *Diplotaxis tenuifolia*, \*\*E.S. = *Eruca sativa*

Im Folgenden soll noch einmal näher auf 6 *Diplotaxis*-Genotypen eingegangen werden, die in allen 6 Versuchen berücksichtigt wurden.

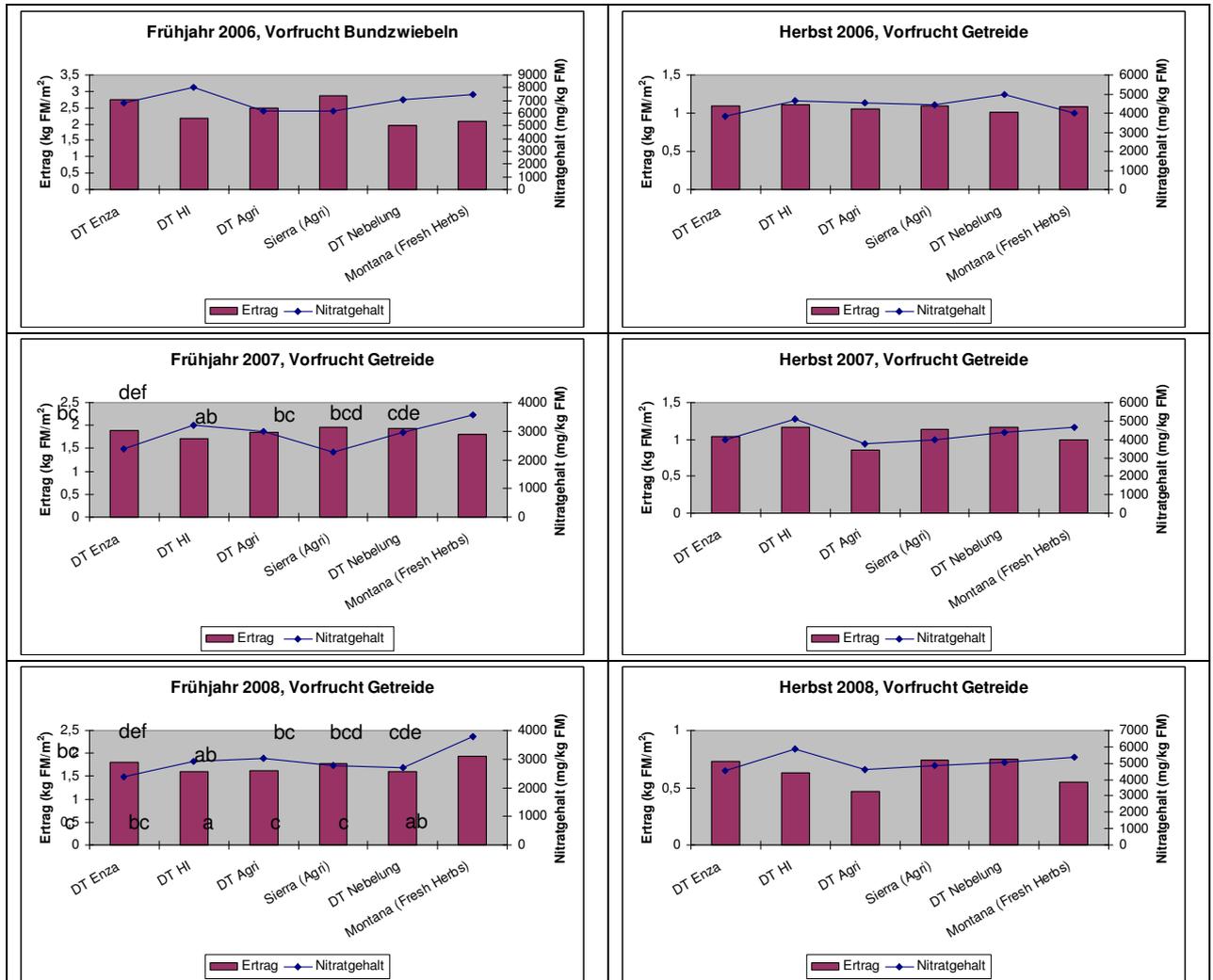
Wie bei den Versuchen zu Düngeformen und Düngeterminen hatte die Höhe der Stickstoffversorgung bei den Genotypenversuchen einen deutlichen Einfluss auf die Nitratgehalte (Abb. 8). Die höheren Nitratgehalte bei einer Stickstoffversorgung von 150 kg/ha N waren außer im Frühjahrsversuch 2008 immer signifikant. Der höhere Ertrag bei einer Stickstoffversorgung von 150 kg/ha N ließ sich nur im Herbstversuch 2008 statistisch absichern.



**Abb. 8: Ertrag (rechts) und Nitratgehalte (links) von *Diplotaxis tenuifolia* in Abhängigkeit von der N-Versorgung (Mittelwerte der Genotypen)**

Signifikante Ertragsunterschiede im Einzelversuch traten nicht immer auf. Die Nitratakkumulation über alle Versuche hinweg ließ jedoch genotypische Unterschiede erkennen (Abb. 9). Bei Betrachtung aller 6 Versuche lagen bei DT Enza die niedrigsten Nitratgehalte vor (Tab. 9). Als Genotypen mit höherer Nitratanreicherung ließen sich DT (Hild) und die Sorte Montana (Fresh Herbs) identifizieren. Die gleichen Genotypen zeigten relativ hohe Chlorophyllgehalte (Tab.10). Im Mittel aller Versuche betrug der Unterschied zwischen DT Enza als Herkunft mit geringeren Nitratgehalten zu DT Hild als der Herkunft mit den höchsten Werten etwa 970 ppm.

Wie bei den Versuchen zu Düngeformen und Düngeterminen hatte die Höhe der Stickstoffversorgung bei den Genotypenversuchen einen deutlichen Einfluss auf die Nitratgehalte (Abb. 8). Die höheren Nitratgehalte bei einer Stickstoffversorgung von 150 kg/ha N waren außer im Frühjahrsversuch 2008 immer signifikant. Der höhere Ertrag bei einer Stickstoffversorgung von 150 kg/ha N ließ sich nur im Herbstversuch 2008 statistisch absichern.



**Abb. 9: Ertrag und Nitratgehalte von Rucola in Abhängigkeit vom Genotyp (Mittelwerte der N-Stufen)**

Die vollständigen Ergebnisse der 6 Versuche zu unterschiedlichen Genotypen sind in den Tabellen 28-35 im Anhang enthalten, weiterhin wird in den Zwischenberichten 2006 und 2007 ausführlich auf die Versuchsergebnisse dieser Jahre eingegangen.

**Tab. 9: Chlorophyllgehalt (N-Tester-Einheiten) bei 6 Rukolagenotypen (Mittelwerte der N-Stufen) in 6 Versuchen**

Genotyp	Frühjahr 2006	Herbst 2006		Frühjahr 2007		Herbst 2007	Frühjahr 2008	Herbst 2008	Mittelwert
DT Enza	595	520	ab	421	a	439	508	506	498
DT Hild	615	531	ab	513	b	465	555	518	533
DT Agri	606	451	a	486	ab	463	508	507	504
Sierra (Agri)	589	532	ab	468	ab	448	523	502	510
DT Nebelung	601	585	b	483	ab	459	554	509	532
Montana (Fresh Herbs)	610	567	b	497	b	459	555	502	532

**Tab. 10: Rangfolge der Genotypen bezüglich niedriger Nitratgehalte**

Genotyp	DT Enza		DT Hild		DT Agri		Sierra		DT Nebelung		Montana	
	NO <sub>3</sub> -Gehalt (mg/kg)	Rang										
FJ* 06	6813	3	8000	6	6188	1	6201	2	7075	4	7498	5
He** 06	3854	1	4623	5	4563	4	4445	3	4961	6	4013	2
FJ 07, 100***	1820	2	2580	5	2310	4	1438	1	2163	3	3338	6
FJ 07, 150****	2905	1	3830	6	3698	3	3113	2	3735	4	3825	5
He 07, 100	3945	3	4690	5	3570	2	3153	1	4078	4	4713	6
He 07, 150	3988	2	5520	6	3890	1	4793	5	4668	4	4603	3
FJ 08, 100	2153	1	3220	6	2965	4	2303	3	2253	2	3038	5
FJ 08, 150	2623	1	2643	2	3058	3	3240	5	3188	4	4528	6
He 08, 100	3888	1	5788	6	4693	3	4185	2	4823	4	5103	5
He 08, 150	5145	2	5933	6	4458	1	5528	4	5288	3	5635	5
<b>Mittel</b>	<b>3713</b>	<b>1,7</b>	<b>4683</b>	<b>5,3</b>	<b>3939</b>	<b>2,6</b>	<b>3840</b>	<b>2,8</b>	<b>4223</b>	<b>3,8</b>	<b>4629</b>	<b>4,8</b>

\*FJ = Frühjahr, \*\*He = Herbst, \*\*\*100 = N-Versorgung von 100 kg/ha N, \*\*\*\*150 = N-Versorgung von 150 kg/ha

## 4.7 Untersuchungen zu Nitratgehalten in Blatt und Stängel

Nitrat wird von der Pflanze in höherem Maße im Stängel als in den Blättern gespeichert. Lenzi et al. (2002) stellten bei *Eruca sativa* eine Verteilung des Nitrats zwischen Blatt und Stängel im Verhältnis von 42 : 58 fest. Für eine Quantifizierung einer möglichen Nitratverminderung bei *Diplotaxis tenuifolia* wurden an ausgewählten Proben 2007 und 2008 die Nitratgehalte von Blättern und Stängeln getrennt ermittelt.

**Tab. 11: Ertrag und Nitratgehalte von Blättern und Stängeln bei Rukola**

Nr.	N-Ver-sorgung (kg/ha N)	Ertrag (kg/ m <sup>2</sup> )	Ertrag Blatt (kg/m <sup>2</sup> ) (%)	Ertrag Stiel (kg/m <sup>2</sup> ) (%)	NO <sub>3</sub> -Gehalt gesamt (mg/kg) *	NO <sub>3</sub> -Gehalt Blatt (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -Gehalt Stiel (mg/kg)	NO <sub>3</sub> -Ver-minderung bei Ent-fernung d. Stiele (mg/kg)
<b>Frühjahr 2007, Vorrucht Spargeljungpflanzen</b>								
1	0	2,21	1,70 (77)	0,51 (23)	5630	5110	7360	520
2	100	1,95	1,50 (77)	0,45 (23)	5950	5120	8720	830
3	150	2,36	1,70 (75)	0,56 (25)	7590	7020	9310	570
<b>Herbst 2007, Vorrucht Getreide</b>								
1	0	0,54	0,41 (76)	0,13 (24)	2350	1870	3870	480
2	100	0,99	0,74 (75)	0,25 (25)	4090	3460	5990	630
3	150	1,10	0,83 (75)	0,27 (25)	4660	4140	6230	520
<b>Frühjahr 2008, Vorrucht Getreide</b>								
1	0	0,83	0,63 (76)	0,20 (24)	180	120	380	60
2	100	1,95	1,46 (75)	0,49 (25)	1830	1220	3650	610
3	150	2,39	1,79 (75)	0,60 (25)	5350	4500	7880	850
4	0	0,72	0,54 (75)	0,18 (25)	240	180	400	60
5	100	1,65	1,22 (74)	0,43 (26)	2660	1870	4900	790
6	150	1,95	1,44 (74)	0,51 (26)	4770	3920	7200	850
7	0	0,87	0,66 (76)	0,21 (24)	220	170	370	50
8	100	1,99	1,49 (75)	0,50 (25)	2290	1810	3740	480
9	150	2,08	1,54 (74)	0,54 (26)	4470	3910	6070	560
10	0	0,88	0,67 (76)	0,21 (24)	230	180	390	50
11	100	1,66	1,23 (74)	0,43 (26)	2370	1850	3860	520
12	150	1,80	1,35 (75)	0,45 (25)	5180	4460	7320	720
<b>Herbst 2008, Vorrucht Getreide</b>								
1	0	0,45	0,34 (76)	0,11 (24)	1990	1510	3500	480
2	100	0,87	0,65 (75)	0,22 (25)	4380	3950	5650	430
3	150	0,90	0,67 (74)	0,23 (26)	6360	5780	8010	580
4	0	0,37	0,28 (75)	0,09 (25)	1560	1120	2890	440
5	100	0,64	0,47 (74)	0,17 (26)	4350	3820	5870	530
6	150	0,73	0,55 (75)	0,18 (25)	5300	4750	6950	550
7	0	0,28	0,21 (76)	0,07 (24)	1330	1000	2380	330
8	100	0,68	0,50 (74)	0,18 (26)	3520	2740	5730	780
9	150	0,85	0,62 (73)	0,23 (27)	6410	6110	7220	300
10	0	0,41	0,31 (75)	0,10 (25)	1690	1020	3680	670
11	100	0,88	0,66 (75)	0,22 (25)	3740	2980	6020	760
12	150	0,96	0,71 (74)	0,25 (26)	4780	4020	6950	760
Durchschnittliche NO <sub>3</sub> -Verminderung bei Entfernung d. Stiele (mg/kg)								525
<b>Durchschnittliche NO<sub>3</sub>-Verminderung bei Entfernung d. Stiele (mg/kg)</b> – nur gedüngte Parzellen								631

\*errechnet

Aus Tabelle 11 gehen die deutlich höheren Nitratgehalte im Stiel gegenüber den Gehalten in den Blättern hervor. Die Differenz betrug im Durchschnitt der gedüngten Parzellen 2.490 mg/kg. Der Ertrag verteilte sich zu etwa drei Vierteln auf die Blätter und zu einem Viertel auf die Stiele. Durch eine nahezu vollständige Entfernung der Stiele konnte bei Ertragseinbußen von knapp 25 % in den marktfähigen Proben der gedüngten Parzellen eine Reduzierung der Nitratgehalte um durchschnittlich rund 630 mg/kg erreicht werden.

#### **4.8 Erprobung des optimierten Anbausystems auf Praxisbetrieben**

In ein optimiertes Anbausystem zur Absenkung der Nitratgehalte in Rukola konnten auf Grund der durchgeführten Untersuchungen folgende Anbaumaßnahmen integriert werden:

- Stickstoffversorgung: N-Sollwert von 100 kg/ha N
- Stickstoff-Form: Ammonium-betonte Stickstoffdüngung (bei niedrigen NO<sub>3</sub>-Bodengehalten)
- Genotyp: *Diplotaxis tenuifolia*, Herkunft Enza

Die Düngung erfolgte vor der Saat, da durch eine Aufteilung der Düngung keine niedrigeren Nitratgehalte erzielbar waren und dieser Düngungstermin praxisüblich und einfach zu handhaben ist.

Die Überprüfung des optimierten Anbausystems auf Praxisbetrieben erfolgte nach Abschluss und Auswertung aller Versuche im Herbst 2008. Von den 7 Rukola-erzeugern im Anbaugebiet konnten 5 mit einbezogen werden. Sie setzten auf einer Teilfläche eine Düngung nach den optimierten Kriterien ein, zur Verwendung einer anderen Sorte auf dieser Teilfläche waren sie auf Grund des Aufwands nicht bereit. Ein Anbauer verwendete ohnehin *Diplotaxis tenuifolia* mit Herkunft Enza, so dass sich bei den beiden Vergleichsflächen nur die Charge des verwendeten Saatguts unterschied. Somit konnte der Einfluss des Genotyps bei diesen Systemvergleichen nicht erfasst werden.

Von 7 Systemvergleichen konnten 6 ausgewertet werden, auf einer Fläche wurde im Herbst kein ausreichender Aufwuchs mehr gebildet.

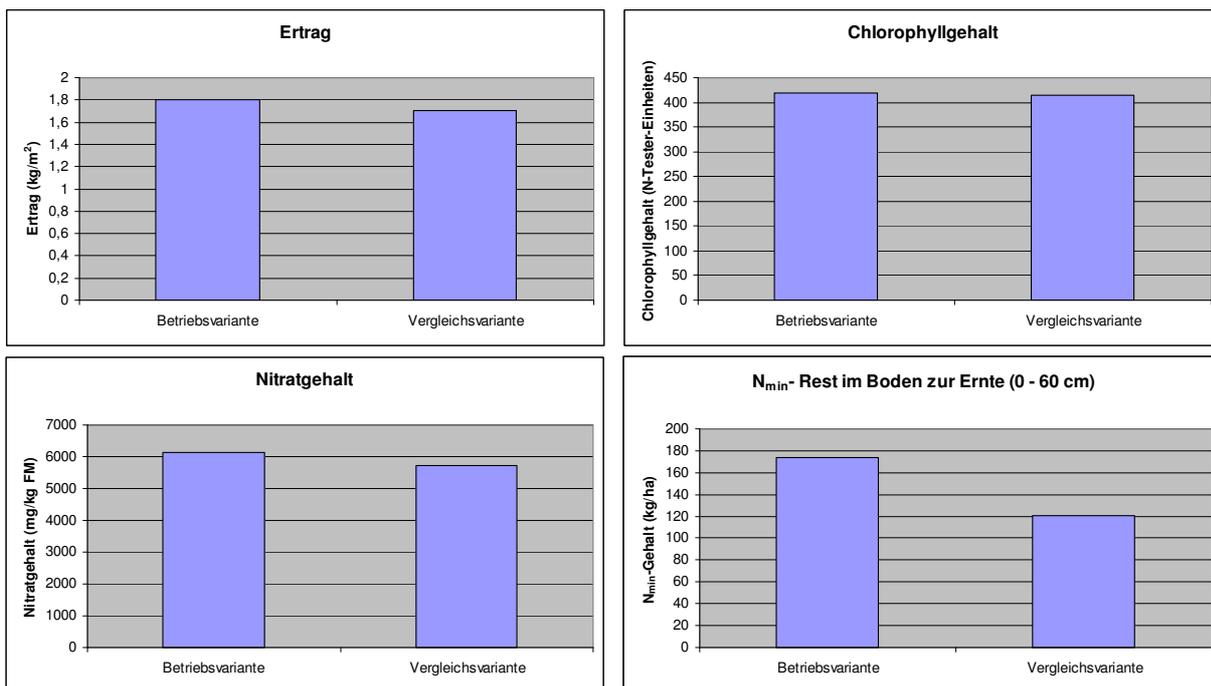
Die betriebsübliche Anbautechnik bei Rukola beschrieben die Betriebsleiter wie folgt:

- Stickstoffversorgung: Keine Berücksichtigung des im Boden vorhandenen mineralische Stickstoffs (N<sub>min</sub>-Wert)
- Stickstoff-Form: In der Regel Verwendung von Entec-Düngern (Entec perfect oder Entec 26).  
Nur in einem Fall wurde dieser als zu teuer eingestuft.
- Düngungstermin: In der Regel zur Saat.  
Nur auf dem Betrieb, wo keine Auswertung erfolgen konnte, ist die Stickstoffdüngung im Nachauflaufverfahren üblich.

Im Folgenden sollen in den Abbildungen 10 - 15 die Ergebnisse des Systemvergleichs auf den 6 Flächen dargestellt werden.

## Fläche 1:

<b>Vorfrucht:</b>	Sellerie
<b>Aussaat:</b>	29. 08. 2008
<b>Ernte:</b>	23. 10. 2008
<b>N<sub>min</sub> im Boden vor Aussaat:</b>	43 kg/ha N (0 - 30 cm)
<b>Sorte:</b>	Grazia (Enza)
<b>Düngungsvariante Betrieb:</b>	
Düngung:	112 kg/ha N (Entec perfect zur Saat)
Gesamt N-Angebot	155 kg/ha N
<b>Düngungsvariante Vergleichsfläche:</b>	
Sollwert:	100 kg/ha N (Entec solub 21 zur Saat)

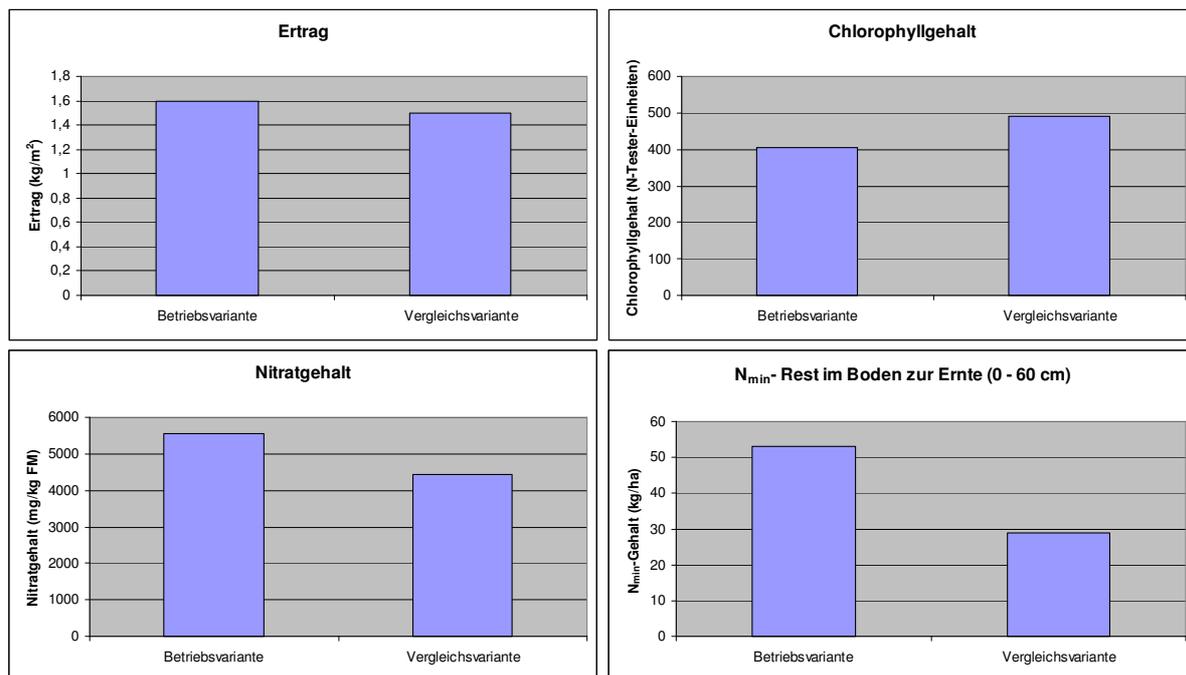


**Abb. 10: Systemvergleich auf Fläche 1: Ertrag, Nitratgehalt, Chlorophyllgehalt und N<sub>min</sub>-Rest im Boden zur Ernte von Rucola in Abhängigkeit vom Düngungssystem**

Sowohl bei der betriebsüblichen als auch bei der Vergleichsvariante wurden hohe Nitratgehalte gemessen. Ebenso lagen in beiden Fällen hohe N<sub>min</sub>-Reste im Boden vor. Die Vergleichsvariante führte im Vergleich zur Betriebsvariante zu etwas niedrigerem Ertrag (- 6 %), niedrigeren Nitratgehalten und unbedeutend geringeren Chlorophyllgehalten.

## Fläche 2:

<b>Vorfrucht:</b>	Getreide
<b>Aussaat:</b>	30. 08. 2008
<b>Ernte:</b>	24. 10. 2008
<b>N<sub>min</sub> im Boden vor Aussaat:</b>	12 kg/ha N (0 - 30 cm)
<b>Genotyp:</b>	DT Enza (Charge 242871)
<b>Düngungsvariante Betrieb:</b>	
Düngung:	156 kg/ha N (Entec 26 zur Saat)
Gesamt N-Angebot:	168 kg/ha N
<b>Düngungsvariante Vergleichsfläche:</b>	
Sollwert	100 kg/ha N (Entec solub 21 zur Saat)



**Abb. 11: Systemvergleich auf Fläche 2: Ertrag, Nitratgehalt, Chlorophyllgehalt und N<sub>min</sub>-Rest im Boden zur Ernte von Rukola in Abhängigkeit vom Düngungssystem**

Auf dieser Fläche lagen trotz Getreidevorfrucht relativ hohe Nitratgehalte im Erntegut vor. Durch die optimierte Düngung konnte im Vergleich zur Betriebsvariante eine Verminderung des Nitratgehalts um über 1.000 mg/kg erreicht werden. Damit war eine Ertragseinbuße von rund 6 % verbunden. Der Chlorophyllgehalt war dagegen in der optimierten Variante etwas höher.

### Fläche 3:

**Vorfrucht:** Getreide  
**Aussaat:** 30. 08. 2008  
**Ernte:** 09. 11. 2008  
**N<sub>min</sub> im Boden vor Aussaat:** 31 kg/ha N (0 - 30 cm)  
**Genotyp Betrieb:** DT Enza (Charge 2428708)

### Düngungsvariante Betrieb:

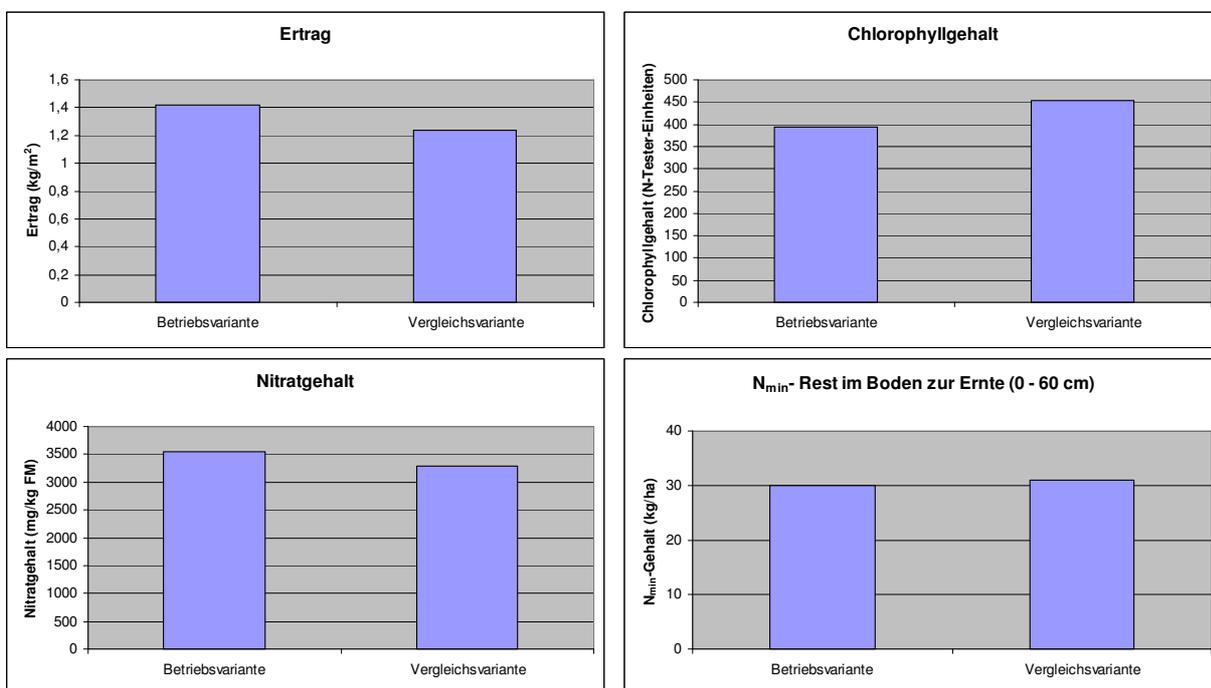
Düngung: 70 kg/ha N  
(NPK - Mischdünger, 18 % N zur Saat)

Gesamt N-Versorgung: 111 kg/ha N

**Genotyp Vergleichsfläche:** DT Enza (Charge 242871)

### Düngungsvariante Vergleichsfläche:

Sollwert: 100 kg/ha N (Entec solub 21 zur Saat)

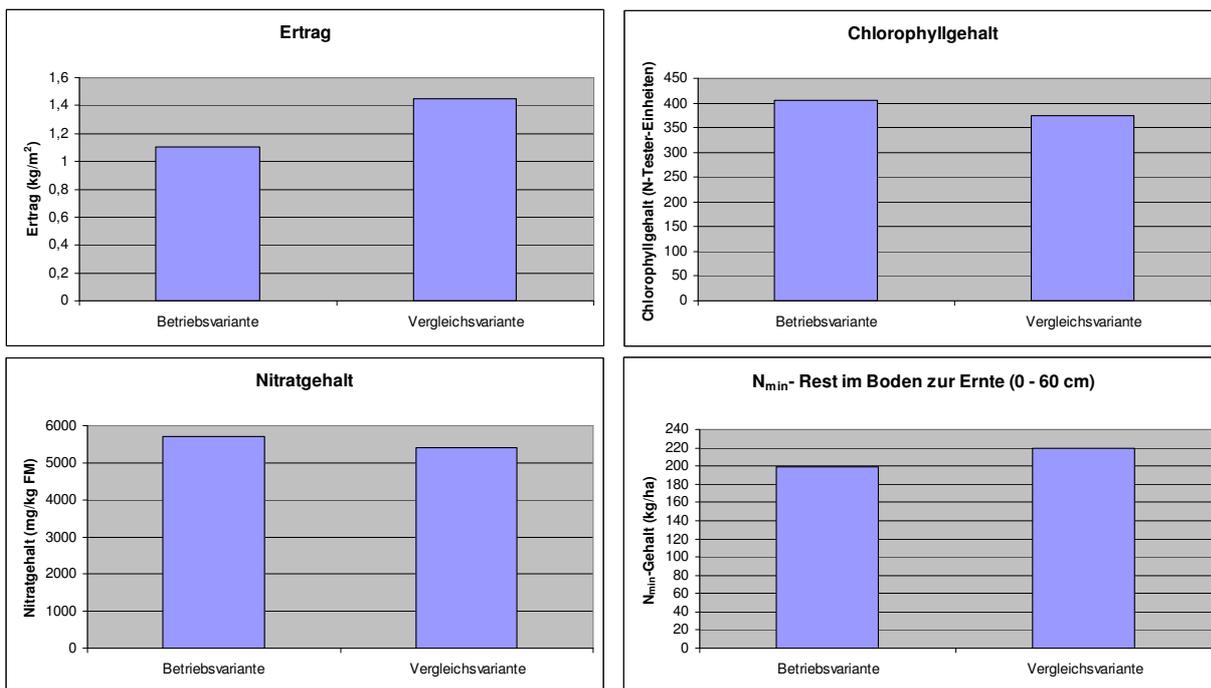


**Abb. 12: Systemvergleich auf Fläche 3: Ertrag, Nitratgehalt, Chlorophyllgehalt und N<sub>min</sub>-Rest im Boden zur Ernte von Rucola in Abhängigkeit vom Düngungssystem**

Fläche 3 war die einzige Fläche, auf der relativ niedrige Nitratgehalte und N<sub>min</sub>-Reste im Boden vorlagen, und zwar sowohl bei der Betriebsvariante als auch bei der optimierten Variante. Die Stickstoffversorgung war auch bei beiden Varianten ähnlich hoch. Bei der Betriebsvariante wurde ein höherer Ertrag (+ 15 %), bei der optimierten Variante ein etwas geringerer Nitratgehalt im Produkt und ein höherer Chlorophyllgehalt erreicht.

#### Fläche 4:

<b>Vorfrucht:</b>	Lauch
<b>Aussaat:</b>	08. 09. 2008
<b>Ernte:</b>	24. 10. 2008
<b>N<sub>min</sub> im Boden vor Aussaat:</b>	32 kg/ha N (0 - 30 cm)
<b>Sorte:</b>	Grazia (Enza)
<b>Düngungsvariante Betrieb:</b>	
Düngung:	112 kg/ha N (Entec perfect zur Saat)
Gesamt N-Versorgung:	144 kg/ha
<b>Düngungsvariante Vergleichsfläche:</b>	
Sollwert:	100 kg/ha N (Entec solub 21 zur Saat)

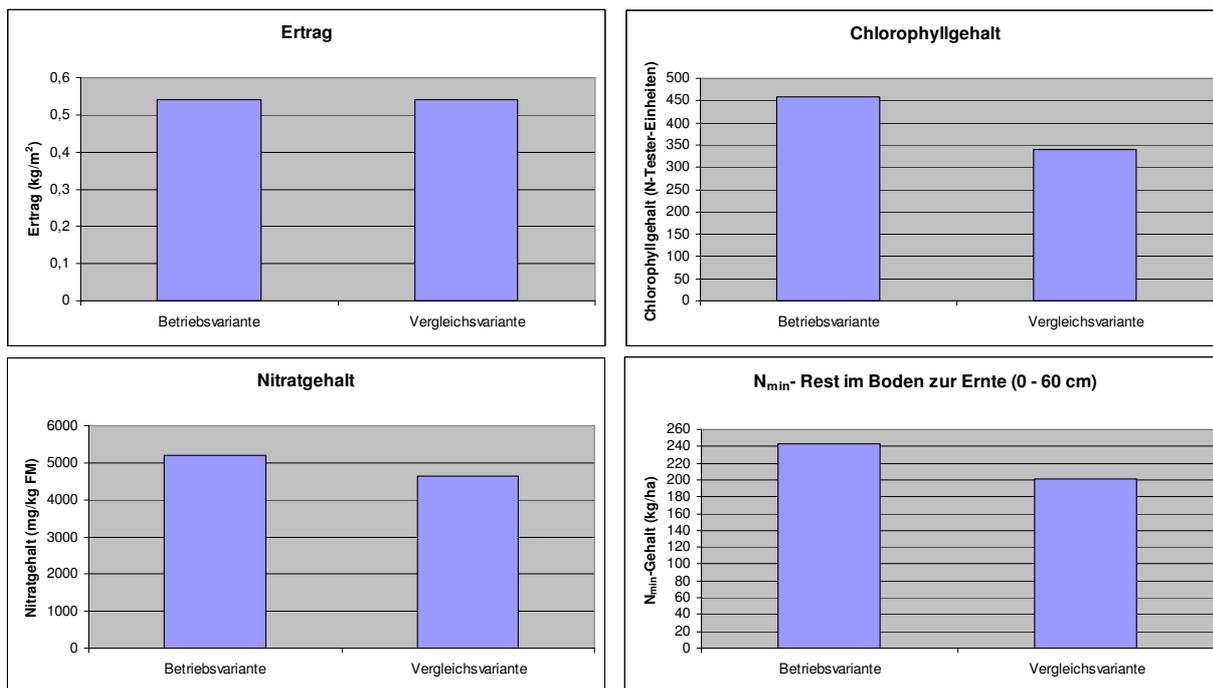


**Abb. 13: Systemvergleich auf Fläche 4: Ertrag, Nitratgehalt, Chlorophyllgehalt und N<sub>min</sub>-Rest im Boden zur Ernte von Rukola in Abhängigkeit vom Düngungssystem**

Auf dieser Fläche traten hohe Nitratgehalte auf, auch eine optimierte Düngung konnte im Vergleich zur Betriebsvariante die Nitratgehalte nur um rund 300 mg/kg senken. Die Stickstoffnachlieferung aus der Gemüsevorfrucht war offenbar sehr hoch, worauf auch die sehr hohen N<sub>min</sub>-Reste im Boden hinweisen. Auf den Ertrag wirkte sich die optimierte Düngung positiv aus (8 % Mehrertrag), die Chlorophyllgehalte waren etwas niedriger als bei der Betriebsvariante, was jedoch die Qualität der Ware äußerlich nicht sichtbar beeinträchtigte.

## Fläche 5:

**Vorfrucht:** Feldsalat  
**Aussaat:** 12. 09. 2008  
**Ernte:** 26. 11. 2008  
**N<sub>min</sub> im Boden vor Aussaat:** 140 kg/ha N (0 - 30 cm)  
**Sorte:** Grazia (Enza)  
**Düngungsvariante Betrieb:**  
Düngung: 50 kg/ha N (NPK – Dünger, 18 % N zur Saat)  
Gesamt N-Versorgung: 190 kg/ha  
**Düngungsvariante Vergleichsfläche:**  
Keine Düngung

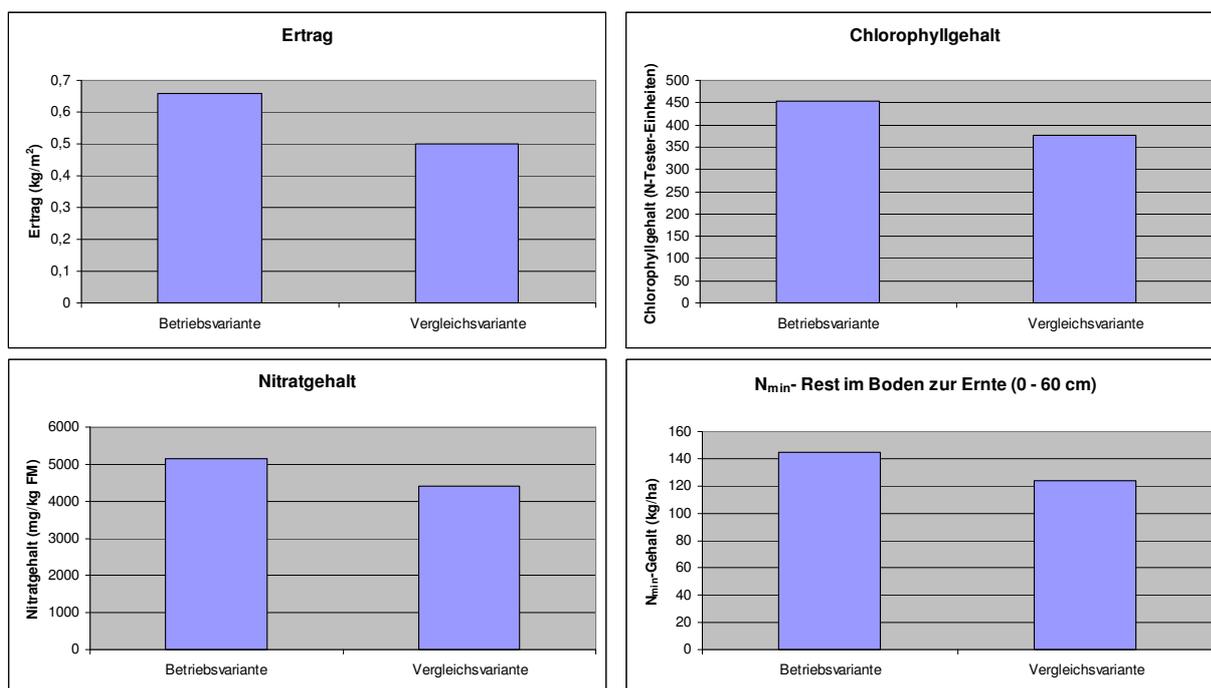


**Abb. 14: Systemvergleich auf Fläche 5: Ertrag, Nitratgehalt, Chlorophyllgehalt und N<sub>min</sub>-Rest im Boden zur Ernte von Rukola in Abhängigkeit vom Düngungssystem**

Auf dieser Fläche wurde aufgrund des hohen N-Angebots im Boden in der Vergleichsvariante auf eine Stickstoffdüngung ganz verzichtet. Der Ertrag war bei beiden Varianten äußerst niedrig, was auf einen sehr späten Aussaattermin mit anschließender kalter Witterung zurückzuführen war. Die Stickstoffaufnahme war unter diesen Bedingungen vermutlich ebenfalls beeinträchtigt, sonst wären bei der hohen Stickstoffversorgung bei der Betriebsvariante eventuell noch höhere Nitratgehalte aufgetreten. Nach der Ernte wurde bei beiden Varianten ein sehr hoher N<sub>min</sub>-Rest im Boden gemessen. Durch den Verzicht auf die Düngung konnte erreicht werden, dass der Nitratgehalt im Erntegut bei dieser Variante um 700 mg/kg niedriger als bei der Betriebsvariante lag. Dies hatte keine Auswirkung auf den Ertrag, der Chlorophyllgehalt war jedoch deutlich niedriger als bei der Betriebsvariante.

## Fläche 6:

<b>Vorfrucht:</b>	Blumenkohl
<b>Aussaat:</b>	11. 09. 2008
<b>Ernte:</b>	25. 11. 2008
<b>N<sub>min</sub> im Boden vor Aussaat:</b>	97 kg/ha N (0 - 30 cm)
<b>Sorte:</b>	Tiger
<b>Düngungsvariante Betrieb:</b>	
Düngung:	120 kg/ha N (Entec perfect zur Saat)
Gesamt N-Versorgung:	217 kg/ha
<b>Düngungsvariante Vergleichsfläche:</b>	
Sollwert:	120 kg/ha (Entec solub 21 zur Saat)



**Abb. 15: Systemvergleich auf Fläche 6: Ertrag, Nitratgehalt, Chlorophyllgehalt und N<sub>min</sub>-Rest im Boden zur Ernte von Rukola in Abhängigkeit vom Düngungssystem**

Die Rahmenbedingungen und Ergebnisse waren auf Fläche 6 ähnlich wie auf Fläche 5: Auch auf dieser Fläche lag nach Gemüsevorfrucht zu Versuchsbeginn bereits ein hoher N<sub>min</sub>-Wert im Boden vor, weshalb bei der optimierten Variante auf einen Sollwert von 120 kg/ha N aufgedüngt wurde.

In der Betriebsvariante wurde der hohe N<sub>min</sub>-Wert nicht berücksichtigt, weshalb es hier zu einer Stickstoffversorgung über 200 kg/ha N kam. Der Ertrag war wie auf Fläche 5 auf Grund eines sehr späten Aussattermins mit anschließend kalter Witterung sehr niedrig, wurde aber durch das hohe N-Angebot gefördert. Ebenso lag analog zu Fläche 5 bei beiden Varianten ein sehr hoher N<sub>min</sub>-Rest im Boden nach der Ernte vor. Auch hier ist von einer verminderten Stickstoffaufnahme durch die ungünstigen Witterungsverhältnisse auszugehen. Die Nitratgehalte lagen in einem ähnlichen Größenbereich wie bei Fläche 5. Auch auf dieser Fläche brachte die optimierte Düngung eine Verminderung der Nitratgehalte um etwa 700 mg/kg FM.

## **Zusammenfassung und Fazit Systemvergleich:**

Die Produktion von Rukola mit geringeren Nitratgehalten im Herbst gestaltete sich ausgesprochen schwierig. Hohe Werte waren zu beobachten, wenn entweder zur Saat bereits ein sehr hohes N-Angebot vorlag oder die Flächen aufgrund der Gemüsevorrucht in starkem Umfang N nachlieferten.

So wurden bei einer Stickstoffversorgung über 140 kg/ha N immer Nitratgehalte über 5.000 mg/kg in diesen Herbstversuchen erreicht. Auf stark nachliefernden Gemüsevorruchtfeldern wurde dieser Wert auch bei einem N-Angebot zur Saat von 100 kg/ha N und reiner Ammoniumdüngung überschritten! Nur bei Sollwertbezogener Düngung und Getreidevorrucht waren Nitratgehalte unter 4.500 mg/kg möglich.

Durch die optimierte Düngung wurde eine Reduzierung der Nitratgehalte gegenüber der Betriebsvariante zwischen 240 und 1.1200 mg/kg erreicht. Dabei spielte wohl vor allem die Einschränkung der Stickstoffmenge eine Rolle: bei annähernd gleich hoher Stickstoffversorgung (100 vs. 111 kg/ha N) bei Getreidevorrucht führte eine ausschließliche Ammoniumdüngung im Vergleich zur Nitrat betonten Düngung nur zu einer Verminderung des Nitratgehalts um 240 mg/kg (Fläche 3). Ebenso war der Unterschied zwischen optimierter Variante und Betriebsvariante dort relativ gering, wo durch eine starke Stickstoffnachlieferung bei Gemüsevorrucht die Einschränkung der Düngermenge relativiert wurde (Flächen 1 und 4).

In den meisten Fällen war die optimierte Düngung mit einer leichten Ertragseinbuße verbunden, die im Mittel 5 % betrug. Bedeutend niedrigere Chlorophyllgehalte lagen in der optimierten Variante gegenüber der Betriebsvariante nur in den Fällen vor, in denen auf Grund eines sehr hohen Ausgangs- Nmin-Gehaltes im Boden kein oder unbedeutend wenig Mineraldünger ausgebracht wurde und eine Kaltwetterphase nach später Aussaat folgte.

Die Systemvergleiche auf Praxisflächen zeigten wie auch schon die Versuche auf dem Queckbrunnerhof den nicht zu unterschätzenden Einfluss der Stickstoffnachlieferung aus dem Boden auf die Nitratgehalte. Auch mit einer optimierten Düngung mit eingeschränkter Stickstoffmenge, die gänzlich als Ammonium gedüngt wurde, waren unter den kritischen Witterungsbedingungen des Herbstes 2008 Nitratgehalte unter 5.000 mg/kg nicht sicher erzielbar.

Allerdings lassen sich die Nitratgehalte durch Berücksichtigung des Ausgangs Nmin-Wertes des Bodens und entsprechend verminderter Stickstoffdüngung (Sollwert 100 kg/ha N) im Vergleich zur Variante mit hoher Stickstoffdüngung ohne Einbeziehung des Nmin-Wertes klar verringern. Böden mit sehr hohem Ausgangs Nmin-Wert sind jedoch problematisch, da bei einer sehr geringen mineralischen Düngung nicht nur der Ertrag, sondern unter Umständen auch die Qualität beeinträchtigt wird. Das Ausweichen auf Getreidevorruchtfeldern im Herbst ist somit zur Erzielung geringerer Nitratgehalte, sofern möglich, sinnvoll.

## **4.9 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse**

In dem Projekt wurden Fragen zur N-Düngung (Menge, Terminierung, Form), der Nitratakkumulierung verschiedener Genotypen und der Erntegestaltung (Termin, Stielanteil) bearbeitet. Die Ergebnisse können als Hilfe für die Beratung der Rukolaerzeuger herangezogen werden, die schon jetzt vom Handel auf die Einhaltung niedriger Nitratgehalte gedrängt werden. Aus dem Projektergebnissen geht hervor, dass lediglich begrenzte Handlungsspielräume für die Verminderung der Nitratgehalte in Rukola gegeben sind. Diese aufgezeigten Möglichkeiten können jedoch von den Betriebsleitern genutzt werden, um die innere Qualität ihrer Ware zu verbessern, Kosten für Düngemittel einsparen und die Umwelt durch geringere Nmin-Verluste entlasten. Es hat sich gezeigt, dass bei der Stickstoffdüngung auf jeden Fall ein Einsparungspotenzial besteht, welches von den Rukolaerzeugern bisher nicht genutzt wird.

Die erwähnte Begrenztheit der Möglichkeiten, die Nitratgehalte zu senken, kann für den Gesetzgeber als Entscheidungshilfe bei der Einführung eines Grenzwerts für Nitrat in Rukola dienen. Da technisch unvermeidbare Nitratmengen in der Pflanze bei Rukola jahreszeitlich bedingt deutlich über 5000 ppm liegen können, sind in der Diskussion möglicher Grenzwerte deshalb auch jahreszeitlich differenzierte Obergrenzen in Betracht zu ziehen.

## **5. Zusammenfassung**

Rukola als Blattgemüse der Cruziferen-Familie mit hohem Adern- und Stielanteil speichert Nitrat in sehr hohem Maße.

In einem dreijährigen Projekt sollte geklärt werden, welche produktionstechnischen Maßnahmen dazu geeignet sind, die Nitratgehalte in Rukola zu senken und in welchem Umfang eine Verminderung der Nitratgehalte in dieser Kultur zu erreichen ist. Dazu wurden in den Jahren 2006 - 2008 Feldversuche auf dem Versuchsbetrieb für Gemüsebau des Dienstleistungszentrums Ländlicher Raum Rheinpfalz (DLR) in Schifferstadt durchgeführt und aus den Ergebnissen ein optimiertes Anbaukonzept abgeleitet, welches im Herbst 2008 auf einigen Praxisbetrieben der Region überprüft wurde.

Als geeigneter Stickstoffsollwertbereich stellte sich für *Diplotaxis tenuifolia* eine Stickstoffversorgung zwischen 100 und 150 kg/ha N heraus. Unter 100 kg/ha war bei Getreidevorfrucht die Erzeugung marktfähiger Ware nicht möglich, der Höchstertrag wurde bei 150 kg/ha N realisiert. Die Steigerung der Stickstoffmenge von 100 auf 150 kg/ha N war allerdings verbunden mit signifikant höheren Nitratgehalten. Durch eine Ammoniumbetonte Düngung ließen sich die Nitratgehalte etwas vermindern. Die Effekte des N-Angebots und der N-Form werden durch eine starke Nitratnachlieferung aus dem Boden, wie sie bei vielen Gemüsevorfrüchten vorliegt, allerdings stark eingeschränkt.

Eine Aufteilung der Stickstoffgaben wirkte sich nicht signifikant auf die Nitratgehalte aus, tendenziell war eine einmalige Stickstoffgabe zur Saat günstiger zu bewerten, insbesondere im Hinblick auf niedrigere Nmin-Reste im Boden zur Ernte.

Es bestehen deutliche genotypische Unterschiede in der Nitratakkumulierung.

Der Nitrat vermindern Effekt einer späteren Ernte kann durch die Auswirkungen anderer Faktoren, z.B. ungünstigerer Lichtverhältnisse, überlagert werden.

Durch die komplette Entfernung der Stielanteils von 25 % ließ sich eine Verminderung der Nitratgehalte um durchschnittlich 630 mg/kg erreichen.

Die wichtigsten Anbauempfehlungen zur Einhaltung niedriger Nitratgehalte sind folglich:

- N-Versorgung: Sollwertbezogene N-Düngung  
(Sollwert *Diplotaxis tenuifolia*: 100 kg/ha N)
- N-Form: Ammoniumstabilisierte Dünger
- Fruchtfolge: Getreidevorfruchtflächen bevorzugen
- Genotypen: Typen mit niedrigerer Nitratakkumulierung
- Ernte: möglichst kurzstielig

Insgesamt hat sich gezeigt, dass die Möglichkeiten für eine Verminderung der Nitratgehalte in Rukola relativ begrenzt sind. Vor allem im Herbst wurden auch bei optimierter Düngung auf stark Stickstoff nachliefernden Flächen oft Nitratgehalte über 5.000 mg/kg erreicht.

## 6. Gegenüberstellung geplanter und erreichter Ziele

Im Rahmen des durchgeführten Projektes wurde eine Situationsanalyse der Rukolaproduktion erstellt. Sie umfasste die Spannweite der Nitratgehalte in Handelsware mit Einfluss von Jahreszeit und Herkunft, sowie die Nitratgehalte der Ware der für den größten Teil der deutschen Produktion verantwortlichen und in der Region ansässigen Rukolaerzeuger. Deren Produktionstechnik wurde erfasst und dokumentiert.

Neben der Situationsanalyse waren Einflussfaktoren auf die Nitratgehalte in Rukola zu charakterisieren und Möglichkeiten zu ihrer Verminderung zu bewerten. Klare Einflüsse besaßen die Höhe der Stickstoffversorgung, die Vorfrucht, die Jahreszeit (Lichtverhältnisse), die verwendeten Genotypen und der Stielanteil des Ernteguts. Der Einfluss des Ammoniumanteils des N-Angebots war bei niedrigen NO<sub>3</sub>-Gehalten des Bodens nachweisbar. Die Terminierung der Düngung hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Nitratgehalte. Ursachen für die beobachteten genotypischen Unterschiede in der Nitratakkumulation sind derzeit nicht bekannt.

Als sinnvoller Stickstoffsollwertbereich konnte für Rukola die Spanne zwischen 100 und 150 kg/ha festgelegt werden. Dieser Bereich gilt jedoch nur für Genotypen von *Diplotaxis tenuifolia*. Für die in einigen anderen EU-Ländern auch bedeutsame *Eruca sativa* ist dieser Sollwertbereich anzupassen. Auf Grund der an *Diplotaxis tenuifolia* orientierten Düngung und dem geringeren N-Bedarf von *Eruca sativa*, lassen sich an Hand der Projektergebnisse keine Aussagen über den technisch unvermeidbaren Nitratgehalt bei diesem Rukolatyp machen.

Aus den Versuchsergebnissen konnte ein Gesamtkonzept entwickelt werden, welches reduzierte Nitratgehalte im Rukolaanbau ermöglicht. Dieses Gesamtkonzept wurde im Herbst auf Praxisbetrieben in der Region überprüft und führt zwar zu geringeren Nitratgehalten als das praxisübliche Vorgehen, der Spielraum war jedoch wie bei anderen nitratakkumulierenden Kulturen gering. So waren auch bei eingeschränkter Stickstoffversorgung und reiner Ammoniumdüngung im Herbst auf stark Stickstoff nachliefernden Flächen hohe Nitratgehalte (über 5.000 mg/kg) zu beobachten. Eine Überprüfung des Konzepts im Frühjahr, um festzustellen, welche Nitratgehalte in der helleren Jahreszeit bei Optimierung der Anbaubedingungen auf Praxisbetrieben realistisch sind, steht noch aus.

Darüber hinaus gehende Möglichkeiten die Nitratakkumulation stärker zu begrenzen, sind derzeit nicht absehbar. Die Verwendung und Selektion weniger stark Nitrat anreichernder Genotypen für die Züchtung erscheint jedoch sinnvoll. Die Einflussfaktoren, die die Höhe des Nitratgehalts in Rukolapflanzen sind ebenso wenig bearbeitet wie deren Vererbung oder Möglichkeiten der Frühselektion geeigneter Genotypen.

## 7. Literaturverzeichnis

- Cavarianni, R.L., Filho, A.B.C., Gazetta, J.O., May, A., Marotti Corradi, M. (2008):  
Nutrient contents and production of rocket as affected by nitrogen concentrations in the nutritive solution.  
*Scientia Agricola* **65** (6), 652 - 658
- Degen, B. und K. Rather (2000 a):  
Stickstoffsteigerung bei Rukola.  
Gartenbauversuche Baden-Württemberg, LVG Heidelberg.
- Degen, B. und K. RATHER (2000 b):  
Stickstoff-Aufnahme bei Rukola (*Diplotaxis tenuifolia*).  
Gartenbauversuche Baden-Württemberg, LVG Heidelberg.
- Hähndel, R. und Wehrmann, J. (1986):  
Einfluss der CI-Ernährung auf Ertrag und Nitratgehalt von Spinat und Kopfsalat.  
*Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* **149**, 303 - 313
- Kell, K. (1999):  
Der Anbau von Rukola – Thema beim Weihenstephaner Gemüsebautag.  
*Gemüse* **35** (10), 606-608.
- Lenzi, A. und Tesi, R. (2000):  
Effect of some cultural factors on nitrate accumulation in rocket [*Diplotaxis tenuifolia* (L.) D.C. - *Eruca sativa* Mill.]  
*Rivista di Agronomia* **34** (4), 419 - 424
- Lenzi, A., Tesi, R. und V. Vento (2002):  
Variazione del contenuto di nitrati nella rucola e strategie di controllo.  
*Culture protette* **31** (3), 85 - 93
- Marschner, H. (1985):  
Einfluss von Standort- und Wirtschaftsbedingungen auf die Nitratgehalte in verschiedenen Pflanzenarten.  
*Landwirtschaftliche Forschung: Zeitschrift des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten/Sonderheft*, 16 – 33
- Maync, A. (2003):  
Absenkung des artspezifisch hohen Nitratgehaltes von Rucola durch Maßnahmenbündelung.  
*Versuchsberichte im deutschen Gartenbau* 2003.
- Santamaria, P., Elia, A., Papa, G. und Serio, F. (1998a):  
Nitrate and ammonium nutrition in chicory and rocket salad plants.  
*Journal of Plant Nutrition* **21** (9), 1779-1789.
- Santamaria, P., Elia, A., Parente, A. und Serio, F. (1998b):  
Fertilization strategies for lowering nitrate content in leafy vegetables: Chicory and rocket salad cases.  
*Journal of Plant Nutrition* **21** (9), 1791-1803

- Santamaria, P., Gonnella, M., Elia, A. und Serio, F. (2001):  
Ways of reducing rocket salad nitrate content.  
*Acta Horticulturae* **548**, 529 – 536
- Santamaria, P., Elia, A. und Serio, F. (2002):  
Effect of solution nitrogen concentration on yield, leaf element content, and water and nitrogen efficiency of three hydroponically –grown rocket salad genotypes.  
*Journal of Plant Nutrition* **25** (2), 245–258.
- Scharpf, H.-C. (1991):  
Stickstoffdüngung im Gemüsebau.  
AID-Heft 1223.
- Schenk, M.K. (2004):  
Agricultural practices to minimize nitrate accumulation in edible parts of crop plants.  
In I. Cakmak (ed):  
Theme 5.21: Impacts of agriculture on human health and nutrition,  
*Encyclopedia of Life Support Systems*, Unesco, 1 - 20.
- Schlaghecken, J., Ziegler, J., Munschauer, M, Hege, N. und Strohmeier, K. (2006):  
Praktikeranleitung Rucola (*Diplotaxis tenuifolia*): Bodenfruchtbarkeit und Düngung mit Schwerpunkt Nitratreduzierung  
DLR Rheinpfalz, 67435 Neustadt/Weinstraße und Bolap GmbH, 67346 Speyer

## 8. Anhang

**Tab. 12: Angaben zur Versuchsdurchführung bei den Düngeversuchen und Genotypenversuchen auf dem Queckbrunnerhof 2006**

	Düngeversuch I	Düngeversuch II	Düngeversuch III	Genotypenversuch I	Genotypenversuch II
<b>Vorfrucht</b>	Bundzwiebeln, Sudangras	Getreide	Getreide	Bundzwiebeln, Sudangras	Getreide
<b>N<sub>min</sub> im Boden zu Versuchsbeginn</b>	56 kg/ha	27 kg/ha	14 kg/ha	69 kg/ha	18 kg/ha
<b>Aussaattermin</b>	22.06.2006	24.08.2006	31.08.2006	23.06.2006	01.09.2006
<b>Erntetermin</b>	24./25.07.2006	10.10.2006	16.10.2006	17.07.2006 ( <i>Eruca sativa</i> und Zwischentypen) 24.07.2006 ( <i>Diplotaxis tenuifolia</i> )	26.09.2006 (V3, V7, V10 u. V12) 04.10.2006 (V6) 16.10.2006 ( <i>Diplotaxis tenuifolia</i> )

**Tab. 13: Angaben zur Versuchsdurchführung bei den Versuchen zu Düngereform, Düngetermin und Genotypen auf dem Queckbrunnerhof 2007**

	Düngerform I	Düngerform II	Düngetermin I	Düngetermin II	Genotypen I	Genotypen II
<b>Vorfrucht</b>	Spargeljungpflanzen	Getreide	Getreide	Getreide	Getreide	Getreide
<b>N<sub>min</sub> im Boden zu Versuchsbeginn (0 - 30 cm)</b>	48 kg/ha	19 kg/ha	43 kg/ha	19 kg/ha	44 kg/ha	92 kg/ha
<b>Aussaattermin</b>	20.06.07	28.08.07	22.05.07	29.08.07	23.05.07	29.08.07
<b>Erntetermin</b>	26.07.07	29.10.07	26.06.07	30.10.07	14.06.07 (V3, V7, V10, V12) 19.06.07 (V6) 27.06.07 ( <i>Diplotaxis</i> )	05.10.07 (V3, V7, V10, V12); 08.10.07 (V6) 23.10.07 ( <i>Diplotaxis</i> )

**Tab. 14: Angaben zur Versuchsdurchführung bei den Versuchen zu Düngereform, Düngetermin und Genotypen auf dem Queckbrunnerhof 2008**

	Düngerform I	Düngerform II	Düngetermin I	Düngetermin II	Genotypen I	Genotypen II
<b>Vorfrucht</b>	Getreide	Getreide	Getreide	Getreide	Getreide	Getreide
<b>N<sub>min</sub> im Boden zu Versuchsbeginn (0 - 30 cm)</b>	17	18	23	18	19	18
<b>Aussaattermin</b>	06.05.08	26.08.08	14.05.08	26.08.08	14.05.08	27.08.08
<b>Erntetermin</b>	16.06.08	28.10.08	17.06.08, 24.06.08	20.10.08, 27.10.08	25.06.08	29.10.08

**Tab. 15: Einfluss der Stickstoffmenge auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt im Boden zur Ernte (Frühjahr 2006, Vorrucht = Bundzwiebeln)**

Verfügbare Stickstoff (kg/ha) (0 – 30 cm)	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha) (0 – 30 cm)	Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
56	1,86	31	2474	543
100	2,48	36	4791	594
150	2,15	45	6322	526
200	2,48	44	7170	620
250	2,28	46	8857	586
300	2,14	77	8040	600

**Tab. 16: Einfluss der Stickstoffmenge auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt im Boden zur Ernte (Aussaat 24.08.06, Ernte 10.10.06, Vorrucht = Getreide)**

Verfügbare N (kg/ha)	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
27	0,26	0 - 30	11	5	16	1589	347
		30 - 60	8	5	13		
		0 - 60	18	10	28		
50	0,60	0 - 30	13	1	14	1345	420
		30 - 60	7	2	9		
		0 - 60	20	3	23		
100	1,35	0 - 30	16	5	21	5266	403
		30 - 60	10	6	16		
		0 - 60	25	11	37		
150	1,55	0 - 30	26	13	39	7315	416
		30 - 60	27	11	38		
		0 - 60	53	24	77		
200	1,56	0 - 30	28	4	33	7489	412
		30 - 60	63	8	71		
		0 - 60	92	12	104		
250	1,49	0 - 30	44	2	46	7813	408
		30 - 60	75	3	78		
		0 - 60	119	6	124		

**Tab.17: Einfluss der Stickstoffmenge auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den Nmin-Gehalt im Boden zur Ernte (Aussaat 31.08.06, Ernte 16.10.06, Vorfrucht =Getreide)**

Verfügbarer N (kg/ha)	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
		Tiefe (cm)	NO3	NH4	Ges.		
14	0,28	0 - 30	10	4	14	39	410
		30 - 60	6	3	8		
		0 - 60	16	6	22		
50	0,7	0 - 30	10	3	13	1064	436
		30 - 60	8	5	13		
		0 - 60	18	7	25		
100	1,0	0 - 30	13	5	18	3539	450
		30 - 60	9	10	16		
		0 - 60	22	15	33		
150	1,15	0 - 30	21	7	28	5222	473
		30 - 60	24	8	31		
		0 - 60	44	14	59		
200	1,18	0 - 30	30	7	36	6155	415
		30 - 60	47	6	54		
		0 - 60	77	13	89		
250	1,1	0 - 30	55	2	57	6908	460
		30 - 60	100	2	102		
		0 - 60	155	4	131		

Tab. 18: Einfluss der Stickstoffdüngerform auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den Nmin-Gehalt im Boden zur Ernte (Frühjahr 2007, Vorfrucht = Spargeljungpflanzen)

N-Dünger	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
<b>N-Angebot = 100 kg/ha N</b>							
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
Kontrolle	1,77	0 - 30	25	4	29	3770	464
		30 - 60	33	2	35		
		0 - 60	58	6	64		
KAS	2,07	0 - 30	49	1	49	4830	475
		30 - 60	44	1	44		
		0 - 60	93	2	94		
Entec 26	1,87	0 - 30	23	2	25	3665	461
		30 - 60	25	8	33		
		0 - 60	48	10	58		
Entec solub 21	1,95	0 - 30	31	2	33	4195	491
		30 - 60	38	3	40		
		0 - 60	69	5	73		
KAS + Chlorid	2,09	0 - 30	20	0	20	3570	486
		30 - 60	34	1	35		
		0 - 60	54	1	55		
Entec 26 + Chlorid	2,03	0 - 30	33	3	36	3513	442
		30 - 60	27	4	31		
		0 - 60	60	7	67		
Mittel 100 kg/ha N	2,00				69	3955	471
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>							
Kontrolle	1,87	0 - 30	27	1	28	3665	498
		30 - 60	29	0	30		
		0 - 60	56	1	57		
KAS	2,25	0 - 30	40	3	43	5475	473
		30 - 60	43	0	43		
		0 - 60	83	3	85		
Entec 26	2,18	0 - 30	49	3	52	5305	481
		30 - 60	38	1	39		
		0 - 60	87	4	91		
Entec solub 21	2,21	0 - 30	46	0	46	4880	440
		30 - 60	32	4	36		
		0 - 60	78	4	82		
KAS + Chlorid	2,17	0 - 30	45	1	46	4643	453
		30 - 60	41	1	42		
		0 - 60	86	2	88		
Entec 26 + Chlorid	2,11	0 - 30	44	1	45	5553	417
		30 - 60	51	2	53		
		0 - 60	95	3	98		
Mittel 150 kg/ha N	2,18				89	5171	453

Tab. 19: Einfluss der Stickstoffdüngerform auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt im Boden zur Ernte (Herbst 2007, Vorfrucht = Getreide)

N-Dünger	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
<b>N-Angebot = 100 kg/ha N</b>							
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
Kontrolle	0,27	0 - 30	29	1	30	2115	485
		30 - 60	23	0	23		
		0 - 60	52	1	53		
KAS	0,74	0 - 30	28	1	29	3878	436
		30 - 60	39	1	40		
		0 - 60	67	2	68		
Entec 26	0,75	0 - 30	29	1	30	3463	489
		30 - 60	21	2	23		
		0 - 60	50	3	53		
Entec solub 21	0,68	0 - 30	15	2	17	3215	481
		30 - 60	17	1	18		
		0 - 60	32	3	35		
KAS + Chlorid	0,68	0 - 30	18	2	20	4018	515
		30 - 60	28	3	30		
		0 - 60	46	5	50		
Entec 26 + Chlorid	0,79	0 - 30	19	2	21	3995	426
		30 - 60	17	2	19		
		0 - 60	36	4	40		
Mittel 100 kg/ha N	0,73				49	3713	469
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>							
Kontrolle	0,37	0 - 30	10	3	13	2083	535
		30 - 60	23	1	24		
		0 - 60	33	4	37		
KAS	0,73	0 - 30	41	1	42	4545	491
		30 - 60	36	0	36		
		0 - 60	77	1	78		
Entec 26	0,81	0 - 30	45	2	47	4823	442
		30 - 60	70	2	72		
		0 - 60	115	4	119		
Entec solub 21	0,78	0 - 30	39	1	39	4138	467
		30 - 60	27	2	29		
		0 - 60	66	3	68		
KAS + Chlorid	0,80	0 - 30	46	3	48	4710	484
		30 - 60	57	1	58		
		0 - 60	103	4	106		
Entec 26 + Chlorid	0,83	0 - 30	37	2	39	4843	495
		30 - 60	25	4	29		
		0 - 60	62	6	68		
Mittel 150 kg/ha N	0,79				88	4612	476

**Tab. 20: Einfluss der Stickstoffdüngerform auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt im Boden zur Ernte (Frühjahr 2008, Vorfrucht = Getreide)**

N-Dünger	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
<b>N-Angebot = 100 kg/ha N</b>							
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
Kontrolle	0,66	0 - 30	11	0	11	229	469
		30 - 60	16	0	16		
		0 - 60	27	0	27		
KAS	2,14	0 - 30	8	0	8	2525	497
		30 - 60	10	0	10		
		0 - 60	18	0	18		
Entec 26	1,81	0 - 30	11	0	11	2248	512
		30 - 60	42	0	42		
		0 - 60	53	0	53		
Entec solub 21	1,33	0 - 30	10	0	10	1258	500
		30 - 60	18	0	18		
		0 - 60	28	0	28		
KAS + Chlorid	2,05	0 - 30	11	0	11	2810	487
		30 - 60	21	0	21		
		0 - 60	32	0	32		
Entec 26 + Chlorid	1,76	0 - 30	11	0	11	2130	489
		30 - 60	21	0	21		
		0 - 60	32	0	32		
Mittel 100 kg/ha N	1,81		33	0	33	1738	497
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>							
Kontrolle	0,62	0 - 30	8	0	8	223	453
		30 - 60	18	1	19		
		0 - 60	26	1	27		
KAS	2,00	0 - 30	16	0	16	4130	517
		30 - 60	28	1	29		
		0 - 60	44	1	45		
Entec 26	1,87	0 - 30	15	0	15	3635	517
		30 - 60	31	1	32		
		0 - 60	46	1	47		
Entec solub 21	1,79	0 - 30	23	0	23	2985	521
		30 - 60	27	1	28		
		0 - 60	50	1	51		
KAS + Chlorid	3,06	0 - 30	13	0	13	4870	532
		30 - 60	31	0	31		
		0 - 60	44	0	44		
Entec 26 + Chlorid	1,86	0 - 30	19	0	19	2630	517
		30 - 60	29	1	30		
		0 - 60	48	1	49		
Mittel 150 kg/ha N	2,12		46	1	47	3650	521

**Tab. 21: Einfluss der Stickstoffdüngerform auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den Nmin-Gehalt im Boden zur Ernte (Herbst 2008, Vorfrucht = Getreide)**

N-Dünger	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
<b>N-Angebot = 100 kg/ha N</b>							
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
Kontrolle	0,28	0 - 30	30	4	33	970	454
		30 - 60	12	2	14		
		0 - 60	42	6	47		
KAS	0,77	0 - 30	23	2	25	4545	499
		30 - 60	21	2	22		
		0 - 60	44	4	47		
Entec 26	0,81	0 - 30	19	2	20	3445	484
		30 - 60	29	1	30		
		0 - 60	48	3	50		
Entec solub 21	0,68	0 - 30	11	2	13	2015	448
		30 - 60	10	1	11		
		0 - 60	21	3	24		
KAS + Chlorid	0,62	0 - 30	16	2	18	3370	420
		30 - 60	18	2	21		
		0 - 60	34	4	39		
Entec 26 + Chlorid	0,87	0 - 30	17	3	20	3300	496
		30 - 60	13	2	15		
		0 - 60	30	5	35		
Mittel 100 kg/ha N	0,75				39	3335	469
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>							
Kontrolle	0,39	0 - 30	12	2	13	1573	400
		30 - 60	22	2	23		
		0 - 60	34	4	36		
KAS	0,76	0 - 30	36	2	38	5180	469
		30 - 60	35	2	36		
		0 - 60	71	4	74		
Entec 26	0,89	0 - 30	24	1	25	4990	478
		30 - 60	25	2	27		
		0 - 60	49	3	52		
Entec solub 21	0,89	0 - 30	17	2	18	4138	458
		30 - 60	19	1	20		
		0 - 60	36	3	38		
KAS + Chlorid	0,59	0 - 30	60	1	61	4958	507
		30 - 60	21	1	23		
		0 - 60	81	2	84		
Entec 26 + Chlorid	0,70	0 - 30	47	2	49	4665	450
		30 - 60	23	2	25		
		0 - 60	70	4	74		
Mittel 150 kg/ha N	0,77				64	4786	472

**Tab. 22: Einfluss des Stickstoffdüngetermins auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt i. Boden z. Ernte (Frühjahr 2007, Vorfrucht = Getreide)**

N-Dünge-termin	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
<b>N-Angebot = 100 kg/ha N</b>							
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
Kontrolle	0,98	0 - 30	20	5	25	1858	476
		30 - 60	44	1	45		
		0 - 60	64	6	70		
100 % VA*	1,37	0 - 30	23	1	24	2400	484
		30 - 60	40	4	43		
		0 - 60	63	5	67		
50 % VA, 50 % NA**	1,09	0 - 30	26	2	28	3173	476
		30 - 60	46	4	50		
		0 - 60	72	6	78		
75 % VA, 25 % NA	1,41	0 - 30	24	1	25	2820	470
		30 - 60	37	1	38		
		0 - 60	61	2	62		
75 % VA, 25 % BD***	1,24	0 - 30	34	1	34	4138	479
		30 - 60	42	5	46		
		0 - 60	76	6	81		
100 % NA	1,18	0 - 30	30	1	31	4488	493
		30 - 60	42	1	43		
		0 - 60	72	2	74		
Mittel 100 kg/ha N	1,26				72	3404	480
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>							
Kontrolle	0,83	0 - 30	20	5	24	2287	471
		30 - 60	38	1	39		
		0 - 60	58	6	63		
100 % VA	1,79	0 - 30	29	2	31	4298	483
		30 - 60	44	2	45		
		0 - 60	73	4	76		
50 % VA, 50 % NA	1,57	0 - 30	38	2	40	5338	483
		30 - 60	44	0	44		
		0 - 60	82	2	84		
75 % VA, 25 % NA	1,43	0 - 30	41	3	44	5305	478
		30 - 60	46	1	47		
		0 - 60	87	4	91		
75 % VA, 25 % BD***	1,57	0 - 30	30	3	32	4230	480
		30 - 60	43	5	48		
		0 - 60	73	8	80		
100 % NA	1,72	0 - 30	35	5	39	4978	476
		30 - 60	42	0	42		
		0 - 60	77	5	81		
Mittel 150 kg/ha N	1,67				82	4830	480

\*VA = Voraufverfahren, KAS, eingearbeitet

\*\*NA = Nachaufverfahren, KAS, eingeregnet, 15 Tage nach Saat;

\*\*\*BD = Blattdüngung mit Harnstoff in 2 Gaben, 21 u. 28 Tage nach Saat

**Tab. 23: Einfluss des Stickstoffdüngetermins auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt im Boden zur Ernte (Herbst 2007, Vorfrucht = Getreide)**

N-Düngetermin	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
<b>N-Angebot = 100 kg/ha N</b>							
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
Kontrolle	0,45	0 - 30	15	1	16	1798	472
		30 - 60	23	1	24		
		0 - 60	38	2	40		
100 % VA*	0,81	0 - 30	24	1	25	3893	509
		30 - 60	19	4	23		
		0 - 60	43	5	48		
50 % VA, 50 % NA**	1,03	0 - 30	14	3	17	3960	480
		30 - 60	17	0	17		
		0 - 60	31	3	35		
75 % VA, 25 % NA	0,83	0 - 30	32	0	32	3913	577
		30 - 60	15	0	15		
		0 - 60	47	0	47		
75 % VA, 25 % BD***	0,98	0 - 30	23	1	25	3923	500
		30 - 60	20	2	21		
		0 - 60	43	3	46		
100 % NA	0,78	0 - 30	60	0	60	4188	571
		30 - 60	29	1	30		
		0 - 60	89	1	90		
Mittel 100 kg/ha N	0,89				53	3975	527
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>							
Kontrolle	0,41	0 - 30	8	0	8	1600	459
		30 - 60	13	4	17		
		0 - 60	21	4	25		
100 % VA	0,99	0 - 30	71	3	73	4363	552
		30 - 60	23	2	25		
		0 - 60	94	5	98		
50 % VA, 50 % NA	0,94	0 - 30	79	0	79	4650	561
		30 - 60	42	1	43		
		0 - 60	121	1	122		
75 % VA, 25 % NA	1,10	0 - 30	66	3	69	5033	489
		30 - 60	45	3	49		
		0 - 60	111	6	117		
75 % VA, 25 % BD	0,89	0 - 30	71	0	71	4493	536
		30 - 60	38	0	38		
		0 - 60	109	0	109		
100 % NA	0,87	0 - 30	111	0	111	4990	583
		30 - 60	25	1	26		
		0 - 60	136	1	137		
Mittel 150 kg/ha N	0,96				117	4706	544

\*VA = Voraufverfahren, KAS, eingearbeitet

\*\*NA = Nachaufverfahren, KAS, eingeregnet, 15 Tage nach Saat;

\*\*\*BD = Blattdüngung mit Harnstoff in 2 Gaben, 21 u. 28 Tage nach Saat

**Tab. 24: Einfluss des Stickstoffdüngetermins auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola  
(Frühjahr 2008, Ernte 17.06.08, Vorfrucht = Getreide)**

N-Düngetermin	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
<b>N-Angebot = 100 kg/ha N</b>			
Kontrolle	0,63	270	473
100 % VA*	1,59	2865	519
50 % VA, 50 % NA**	1,72	3475	506
75 % VA, 25 % NA	1,76	3255	522
75 % VA, 25 % BD***	1,77	3355	515
100 % NA	1,73	3428	498
Mittel 100 kg/ha N	1,71	3276	512
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>			
Kontrolle	0,69	390	491
100 % VA	1,83	4998	512
50 % VA, 50 % NA	1,98	4473	526
75 % VA, 25 % NA	1,78	4555	506
75 % VA, 25 % BD***	1,57	4003	508
100 % NA	2,25	5885	519
Mittel 150 kg/ha N	1,88	4783	514

\*VA = Voraufverfahren, KAS, eingearbeitet

\*\*NA = Nachaufverfahren, KAS, eingeregnet, 15 Tage nach Saat;

\*\*\*BD = Blattdüngung mit Harnstoff in 2 Gaben, 21 u. 28 Tage nach Saat

**Tab. 25: Einfluss des Stickstoffdüngetermins auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt i. Boden z. Ernte (Frühjahr 2008, Ernte 24.06., Vorfrucht = Getreide)**

N-Dünge-termin	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
<b>N-Angebot = 100 kg/ha N</b>							
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
Kontrolle	0,87	0 - 30	10	0	10	235	496
		30 - 60	9	1	10		
		0 - 60	19	1	20		
100 % VA*	1,87	0 - 30	20	2	22	2203	511
		30 - 60	14	1	15		
		0 - 60	34	3	37		
50 % VA, 50 % NA**	1,92	0 - 30	17	1	17	1860	509
		30 - 60	16	1	17		
		0 - 60	33	1	34		
75 % VA, 25 % NA	1,78	0 - 30	21	4	25	2028	487
		30 - 60	15	1	16		
		0 - 60	36	5	41		
75 % VA, 25 % BD***	1,94	0 - 30	23	2	25	1958	506
		30 - 60	16	1	17		
		0 - 60	39	3	42		
100 % NA	2,01	0 - 30	39	2	41	1873	494
		30 - 60	15	2	17		
		0 - 60	54	4	58		
Mittel 100 kg/ha N	1,90		39	3	42	1984	501
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>							
Kontrolle	0,89	0 - 30	8	1	9	448	477
		30 - 60	11	3	14		
		0 - 60	19	4	23		
100 % VA	1,89	0 - 30	37	3	40	4685	519
		30 - 60	27	1	28		
		0 - 60	64	4	68		
50 % VA, 50 % NA	2,12	0 - 30	52	1	53	5205	537
		30 - 60	31	1	32		
		0 - 60	83	2	85		
75 % VA, 25 % NA	2,04	0 - 30	37	0	37	4100	504
		30 - 60	31	0	31		
		0 - 60	68	0	68		
75 % VA, 25 % BD***	1,56	0 - 30	40	1	41	3725	546
		30 - 60	18	2	20		
		0 - 60	58	3	61		
100 % NA	2,05	0 - 30	97	5	102	4970	564
		30 - 60	18	1	19		
		0 - 60	115	6	121		
Mittel 150 kg/ha N	1,93		78	3	81	4537	534

\*VA = Voraufverfahren, KAS, eingearbeitet

\*\*NA = Nachaufverfahren, KAS, eingeregnet, 15 Tage nach Saat;

\*\*\*BD = Blattdüngung mit Harnstoff in 2 Gaben, 21 u. 28 Tage nach Saat

**Tab. 26: Einfluss des Stickstoffdüngetermins auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola  
(Herbst 2008, Ernte 21.10., Vorfrucht = Getreide)**

N-Düngetermin	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
<b>N-Angebot = 100 kg/ha N</b>			
Kontrolle	0,46	2178	440
100 % VA*	0,69	4410	520
50 % VA, 50 % NA**	0,75	4663	501
75 % VA, 25 % NA	0,70	4195	522
75 % VA, 25 % BD***	0,78	4715	483
100 % NA	0,68	4728	536
Mittel 100 kg/ha N	0,72	4542	512
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>			
Kontrolle	0,38	2440	450
100 % VA	0,71	4640	470
50 % VA, 50 % NA	0,72	4883	501
75 % VA, 25 % NA	0,74	5235	499
75 % VA, 25 % BD***	0,72	4930	466
100 % NA	0,63	4483	455
Mittel 150 kg/ha N	0,71	4834	478

\*VA = Voraufverfahren, KAS, eingearbeitet

\*\*NA = Nachaufverfahren, KAS, eingeregnet, 15 Tage nach Saat;

\*\*\*BD = Blattdüngung mit Harnstoff in 2 Gaben, 21 u. 28 Tage nach Saat

**Tab. 27: Einfluss des Stickstoffdüngetermins auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt i. Boden z. Ernte (Herbst 2008, Ernte 27.10., Vorfrucht = Getreide)**

N-Düngetermin	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
<b>N-Angebot = 100 kg/ha N</b>							
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
Kontrolle	0,39	0 - 30	14	3	18	1898	445
		30 - 60	18	2	20		
		0 - 60	32	5	38		
100 % VA*	0,70	0 - 30	12	2	15	3915	510
		30 - 60	20	1	21		
		0 - 60	32	3	35		
50 % VA, 50 % NA**	0,83	0 - 30	26	2	27	4783	499
		30 - 60	23	2	25		
		0 - 60	49	4	52		
75 % VA, 25 % NA	0,70	0 - 30	23	1	24	4600	524
		30 - 60	26	1	27		
		0 - 60	49	2	51		
75 % VA, 25 % BD***	0,99	0 - 30	35	2	36	5355	475
		30 - 60	46	1	47		
		0 - 60	81	3	83		
100 % NA	0,67	0 - 30	57	2	59	4975	543
		30 - 60	44	2	46		
		0 - 60	101	4	106		
Mittel 100 kg/ha N	0,78				65	4726	510
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>							
Kontrolle	0,39	0 - 30	7	3	10	1595	480
		30 - 60	12	2	15		
		0 - 60	19	5	24		
100 % VA	0,78	0 - 30	47	1	48	5498	469
		30 - 60	26	1	27		
		0 - 60	73	2	75		
50 % VA, 50 % NA	0,81	0 - 30	61	5	65	5403	505
		30 - 60	40	1	40		
		0 - 60	101	6	106		
75 % VA, 25 % NA	0,83	0 - 30	45	3	48	5583	482
		30 - 60	27	2	30		
		0 - 60	72	5	78		
75 % VA, 25 % BD***	0,87	0 - 30	126	2	128	5490	470
		30 - 60	29	1	30		
		0 - 60	155	3	158		
100 % NA	0,61	0 - 30	116	2	118	4855	457
		30 - 60	49	2	50		
		0 - 60	165	4	168		
Mittel 150 kg/ha N	0,78				117	5366	477

\*VA = Voraufverfahren, KAS, eingearbeitet

\*\*NA = Nachaufverfahren, KAS, eingeregnet, 15 Tage nach Saat;

\*\*\*BD = Blattdüngung mit Harnstoff in 2 Gaben, 21 u. 28 Tage nach Saat

**Tab. 28: Einfluss des Genotyps auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola (Frühjahr 2006, Vorfrucht = Bundzwiebeln, N-Versorgung = 150 kg/ha N)**

<b>Genotyp</b>	<b>Ertrag (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)</b>	<b>Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)</b>
<b>DT*, Enza</b>	2,73	6813	520
<b>DT, HILD</b>	2,17	8000	531
<b>1501, HILD (Z***)</b>	2,03	6798	352
<b>DT, Agri</b>	2,47	6188	451
<b>Sierra, Agri (DT)</b>	2,87	6201	532
<b>Runway, Nebelung (ES**)</b>	1,05	5949	349
<b>Myway, Nebelung (ES)</b>	1,19	4960	380
<b>DT, Nebelung</b>	1,95	7075	585
<b>DT, Voltz</b>	2,33	6551	512
<b>Flash, Voltz (ES)</b>	2,13	7183	359
<b>Montana, Fresh Herbs (DT)</b>	2,09	7498	567
<b>Speedy, Fresh Herbs (Z)</b>	2,02	5910	374

\* DT = *Diplotaxis tenuifolia*; \*\*ES = *Eruca sativa*; \*\*\*Z = Zwischentyp

**Tab. 29: Einfluss des Genotyps auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt im Boden zur Ernte (Herbst 2006, Vorfrucht = Getreide, N-Versorgung = 150 kg/ha N)**

Genotyp	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
DT*, Enza	1,09	0 - 30	14	0	16	3854	520
		30 - 60	18	1	13		
		0 - 60	33	1	28		
DT, HILD	1,1	0 - 30	14	3	14	4623	531
		30 - 60	17	6	9		
		0 - 60	31	9	23		
1501, HILD (Z <sup>***</sup> )	0,84	0 - 30	59	0	21	6950	352
		30 - 60	69	0	16		
		0 - 60	128	0	37		
DT, Agri	1,05	0 - 30	14	0	39	4563	451
		30 - 60	25	4	38		
		0 - 60	39	4	77		
Sierra, Agri (DT)	1,09	0 - 30	14	5	33	4445	532
		30 - 60	21	4	71		
		0 - 60	35	8	104		
Runway, Nebelung (ES <sup>**</sup> )	1,02	0 - 30	33	8	46	5680	349
		30 - 60	40	7	78		
		0 - 60	72	14	124		
Myway, Nebelung (ES)	0,54	0 - 30	14	0	90	6121	380
		30 - 60	18	1	26		
		0 - 60	33	1	116		
DT, Nebelung	1 02	0 - 30	90	0	20	4961	585
		30 - 60	26	0	35		
		0 - 60	116	0	55		
DT, Voltz	0,54	0 - 30	16	4	24	5135	512
		30 - 60	28	7	39		
		0 - 60	44	11	62		
Flash, Voltz (ES)	0,84	0 - 30	21	2	58	6795	359
		30 - 60	37	2	19		
		0 - 60	58	4	74		
Montana, Fresh Herbs (DT)	1,08	0 - 30	58	0	28	4013	567
		30 - 60	19	0	57		
		0 - 60	74	0	84		
Speedy, Fresh Herbs (Z)	0,61	0 - 30	19	7	94	6527	374
		30 - 60	51	6	23		
		0 - 60	70	12	116		

\* DT = *Diplotaxis tenuifolia*; \*\*ES = *Eruca sativa*; \*\*\*Z = Zwischentyp

Tab. 30: Einfluss des Genotyps bei einer N-Versorgung von 100 kg/ha N auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt im Boden zur Ernte (Frühjahr 2007, Vorfrucht = Getreide)

Genotyp	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)			Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)	
N-Angebot = 100 kg/ha N							
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
DT*, Enza	1,7	0 - 30	11	5	16	1820	414
		30 - 60	17	1	18		
		0 - 60	28	6	34		
DT, HILD	1,6	0 - 30	12	1	13	2580	485
		30 - 60	21	3	23		
		0 - 60	33	4	36		
1501, HILD (Z <sup>***</sup> )	1,1	0 - 30	30	26	56	2850	418
		30 - 60	45	17	62		
		0 - 60	75	43	118		
DT, Agri	1,6	0 - 30	14	2	15	2310	476
		30 - 60	22	1	22		
		0 - 60	36	3	37		
Sierra, Agri (DT)	1,7	0 - 30	12	3	14	1438	499
		30 - 60	15	2	16		
		0 - 60	27	5	30		
Runway, Nebelung (ES <sup>**</sup> )	1,8	0 - 30	27	3	14	2425	418
		30 - 60	45	2	17		
		0 - 60	72	5	31		
Myway, Nebelung (ES)	0,8	0 - 30	46	2	48	3720	428
		30 - 60	51	2	53		
		0 - 60	97	4	101		
DT, Nebelung	1,6	0 - 30	12	5	17	2163	518
		30 - 60	16	2	18		
		0 - 60	28	7	35		
DT, Voltz	1,5	0 - 30	10	1	11	1680	443
		30 - 60	13	2	15		
		0 - 60	23	3	26		
Flash, Voltz (ES)	1,2	0 - 30	32	8	40	3065	420
		30 - 60	49	8	57		
		0 - 60	81	16	97		
Montana, Fresh Herbs (DT)	1,7	0 - 30	11	5	15	3338	500
		30 - 60	15	0	15		
		0 - 60	26	5	30		
Speedy, Fresh Herbs (Z)	1,2	0 - 30	20	4	24	3330	413
		30 - 60	23	0	23		
		0 - 60	43	4	47		
Mittel 100 kg/ha N	1,45				52	2559	453

\* DT = *Diplotaxis tenuifolia*; \*\*ES = *Eruca sativa*; \*\*\*Z = Zwischentyp

Tab. 31: Einfluss des Genotyps bei einer N-Versorgung von 150 kg/ha N auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt im Boden zur Ernte (Frühjahr 2007, Vorfrucht = Getreide)

Genotyp	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>							
DT*, Enza	2,1	0 - 30	20	2	22	2905	429
		30 - 60	16	1	16		
		0 - 60	36	3	38		
DT, HILD	1,9	0 - 30	13	6	19	3830	541
		30 - 60	25	0	25		
		0 - 60	38	6	44		
1501, HILD (Z <sup>***</sup> )	1,0	0 - 30	41	7	48	3815	425
		30 - 60	46	4	50		
		0 - 60	87	11	98		
DT, Agri	2,1	0 - 30	15	3	18	3698	497
		30 - 60	27	1	27		
		0 - 60	42	4	45		
Sierra, Agri (DT)	2,2	0 - 30	15	2	17	3113	438
		30 - 60	19	1	20		
		0 - 60	34	3	37		
Runway, Nebelung (ES <sup>**</sup> )	0,8	0 - 30	49	8	57	4458	436
		30 - 60	54	5	59		
		0 - 60	103	13	116		
Myway, Nebelung (ES)	0,9	0 - 30	46	2	48	4003	440
		30 - 60	51	2	53		
		0 - 60	97	4	101		
DT, Nebelung	2,3	0 - 30	18	4	22	3735	450
		30 - 60	20	4	24		
		0 - 60	38	8	46		
DT, Voltz	1,9	0 - 30	13	0	13	2958	447
		30 - 60	26	3	29		
		0 - 60	39	3	42		
Flash, Voltz (ES)	1,2	0 - 30	50	10	60	4095	428
		30 - 60	48	18	66		
		0 - 60	98	28	126		
Montana, Fresh Herbs (DT)	1,9	0 - 30	14	3	17	3825	493
		30 - 60	23	1	24		
		0 - 60	37	4	41		
Speedy, Fresh Herbs (Z)	1,2	0 - 30	37	5	42	3560	423
		30 - 60	47	1	48		
		0 - 60	84	6	90		
Mittel 150 kg/ha N	1,6				68	3666	454

\* DT = *Diplotaxis tenuifolia*; \*\*ES = *Eruca sativa*; \*\*\*Z = Zwischentyp

Tab. 32: Einfluss des Genotyps bei einer N-Versorgung von 100 kg/ha N auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den Nmin-Gehalt im Boden zur Ernte (Herbst 2007, Vorfrucht = Getreide)

Genotyp	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)			Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)	
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>			Ges.
N-Angebot = 100 kg/ha N							
DT*, Enza	0,97	0 - 30	30	3	33	3945	426
		30 - 60	59	3	62		
		0 - 60	89	6	95		
DT, HILD	1,12	0 - 30	28	2	30	4690	480
		30 - 60	59	4	63		
		0 - 60	87	6	93		
1501, HILD (Z <sup>***</sup> )	0,96	0 - 30	31	2	33	4970	372
		30 - 60	61	2	63		
		0 - 60	92	4	96		
DT, Agri	0,89	0 - 30	24	3	27	3570	483
		30 - 60	64	2	66		
		0 - 60	88	5	93		
Sierra, Agri (DT)	0,97	0 - 30	13	2	15	3153	460
		30 - 60	25	2	28		
		0 - 60	38	4	43		
Runway, Nebelung (ES <sup>**</sup> )	0,88	0 - 30	49	1	50	2973	391
		30 - 60	76	1	78		
		0 - 60	125	2	128		
Myway, Nebelung (ES)	0,78	0 - 30	43	3	46	4870	404
		30 - 60	72	2	73		
		0 - 60	115	5	119		
DT, Nebelung	1,11	0 - 30	19	0	19	4078	442
		30 - 60	40	1	41		
		0 - 60	59	1	60		
DT, Voltz	1,01	0 - 30	21	3	24	3640	443
		30 - 60	48	2	50		
		0 - 60	69	5	73		
Flash, Voltz (ES)	0,91	0 - 30	28	1	29	5378	366
		30 - 60	84	1	85		
		0 - 60	112	2	114		
Montana, Fresh Herbs (DT)	1,14	0 - 30	20	1	21	4713	468
		30 - 60	70	2	72		
		0 - 60	90	3	92		
Speedy, Fresh Herbs (Z)	1,01	0 - 30	51	1	52	5310	385
		30 - 60	82	2	84		
		0 - 60	133	3	135		
Mittel 100 kg/ha N	0,90				95	4274	427

\* DT = *Diplotaxis tenuifolia*; \*\*ES = *Eruca sativa*; \*\*\*Z = Zwischentyp

**Tab. 33: Einfluss des Genotyps bei einer N-Versorgung von 150 kg/ha N auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt im Boden zur Ernte (Herbst 2007, Vorfrucht = Getreide)**

Genotyp	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)			Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)	
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>			Ges.
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>							
DT*, Enza	1,12	0 - 30	65	3	67	3988	453
		30 - 60	73	2	75		
		0 - 60	138	5	142		
DT, HILD	1,21	0 - 30	78	1	78	5520	450
		30 - 60	84	0	84		
		0 - 60	162	1	162		
1501, HILD (Z <sup>***</sup> )	0,74	0 - 30	60	1	61	5395	358
		30 - 60	87	0	87		
		0 - 60	147	2	148		
DT, Agri	0,83	0 - 30	58	3	60	3890	443
		30 - 60	77	3	80		
		0 - 60	135	6	140		
Sierra, Agri (DT)	1,28	0 - 30	86	1	88	4793	437
		30 - 60	87	0	87		
		0 - 60	173	1	174		
Runway, Nebelung (ES <sup>**</sup> )	1,04	0 - 30	87	1	88	3300	380
		30 - 60	88	0	89		
		0 - 60	175	1	176		
Myway, Nebelung (ES)	0,90	0 - 30	102	0	102	5765	409
		30 - 60	83	1	83		
		0 - 60	185	1	185		
DT, Nebelung	1,21	0 - 30	84	0	84	4668	476
		30 - 60	75	1	76		
		0 - 60	159	1	160		
DT, Voltz	1,02	0 - 30	76	2	78	4338	434
		30 - 60	69	0	69		
		0 - 60	145	2	146		
Flash, Voltz (ES)	1,05	0 - 30	80	1	81	5983	344
		30 - 60	101	1	102		
		0 - 60	181	2	182		
Montana, Fresh Herbs (DT)	0,86	0 - 30	75	1	76	4603	450
		30 - 60	73	0	73		
		0 - 60	148	1	149		
Speedy, Fresh Herbs (Z)	1,27	0 - 30	62	1	63	5683	367
		30 - 60	85	1	86		
		0 - 60	147	2	149		
Mittel 150 kg/ha N	1,05				159	4827	417

\* DT = *Diplotaxis tenuifolia*; \*\*ES = *Eruca sativa*; \*\*\*Z = Zwischentyp

**Tab. 34: Einfluss des Genotyps auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt im Boden zur Ernte (Frühjahr 2008, Vorfrucht = Getreide)**

Genotyp	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
<b>N-Angebot = 100 kg/ha N</b>							
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
DT,Enza	1,91	0 - 30	14	0	14	2153	508
		30 - 60	14	0	14		
		0 - 60	28	0	28		
DT, HILD	1,78	0 - 30	25	2	27	3220	542
		30 - 60	36	1	37		
		0 - 60	61	3	64		
DT, Agri	1,74	0 - 30	16	2	18	2965	500
		30 - 60	17	0	17		
		0 - 60	33	2	35		
Sierra, Agri	1,71	0 - 30	17	0	17	2303	517
		30 - 60	14	1	15		
		0 - 60	31	1	32		
DT, Nebelung	1,52	0 - 30	13	0	13	2253	544
		30 - 60	14	1	15		
		0 - 60	27	1	28		
Montana, Fresh Herbs	1,74	0 - 30	21	1	22	3038	567
		30 - 60	17	1	18		
		0 - 60	38	2	40		
Mittel 100 kg/ha N	1,73		36	2	38	2655	530
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>							
DT, Enza	1,70	0 - 30	19	1	20	2623	508
		30 - 60	19	2	20		
		0 - 60	38	3	40		
DT, HILD	1,86	0 - 30	18	1	18	2643	568
		30 - 60	19	0	19		
		0 - 60	37	1	37		
DT, Agri	1,52	0 - 30	24	1	25	3058	516
		30 - 60	18	1	19		
		0 - 60	42	2	44		
Sierra, Agri	1,85	0 - 30	27	1	28	3240	529
		30 - 60	19	1	20		
		0 - 60	46	2	48		
DT, Nebelung	1,70	0 - 30	30	2	32	3188	565
		30 - 60	22	2	24		
		0 - 60	52	4	56		
Montana, Fresh Herbs	2,12	0 - 30	24	1	25	4528	544
		30 - 60	20	1	21		
		0 - 60	44	2	46		
Mittel 150 kg/ha N	1,79		43	2	45	3213	538

**Tab. 35: Einfluss des Genotyps auf Ertrag, Nitrat- und Chlorophyllgehalt von Rukola sowie auf den N<sub>min</sub>-Gehalt im Boden zur Ernte (Herbst 2008, Vorfrucht = Getreide)**

Genotyp	Ertrag (kg/m <sup>2</sup> )	N <sub>min</sub> -Gehalte im Boden zur Ernte (kg/ha)				Nitratgehalte im Erntegut (mg/kg FM)	Chlorophyllgehalte im Erntegut (N-Tester-Einheiten)
<b>N-Angebot = 100 kg/ha N</b>							
		Tiefe (cm)	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ges.		
DT,Enza	0,73	0 - 30	15	1	16	3888	502
		30 - 60	18	1	19		
		0 - 60	33	2	35		
DT, HILD	0,61	0 - 30	47	1	48	5788	553
		30 - 60	42	1	43		
		0 - 60	89	2	91		
DT, Agri	0,42	0 - 30	28	1	29	4693	510
		30 - 60	21	1	21		
		0 - 60	49	2	50		
Sierra, Agri	0,70	0 - 30	16	1	16	4185	499
		30 - 60	17	2	19		
		0 - 60	33	3	35		
DT, Nebelung	0,72	0 - 30	13	1	14	4823	474
		30 - 60	28	1	29		
		0 - 60	41	2	43		
Montana, Fresh Herbs	0,50	0 - 30	34	1	35	5103	513
		30 - 60	23	1	24		
		0 - 60	57	2	59		
Mittel 100 kg/ha N	0,61				52	4746	509
<b>N-Angebot = 150 kg/ha N</b>							
DT, Enza	0,73	0 - 30	63	1	64	5145	510
		30 - 60	31	1	32		
		0 - 60	94	2	96		
DT, HILD	0,65	0 - 30	64	0	64	5933	484
		30 - 60	22	1	23		
		0 - 60	86	1	87		
DT, Agri	0,52	0 - 30	84	1	85	4458	504
		30 - 60	74	1	75		
		0 - 60	158	2	160		
Sierra, Agri	0,78	0 - 30	94	1	95	5528	504
		30 - 60	45	1	46		
		0 - 60	139	2	141		
DT, Nebelung	0,78	0 - 30	35	1	36	5288	543
		30 - 60	36	1	37		
		0 - 60	71	2	73		
Montana, Fresh Herbs	0,59	0 - 30	99	1	100	5635	491
		30 - 60	47	2	49		
		0 - 60	146	3	149		
Mittel 150 kg/ha N	0,68				118	5331	506