Praktikeranleitung
Kohlrabi
Bodenfruchtbarkeit und Düngung

12. Sep. 2007

Kulturspezifische Düngeempfehlung auf Basis der Expertenempfehlung
„Düngung im Freilandgemüsebau“, Großbeeren 2007
Einfache Berücksichtigung vorhandener Nährstoff-Bodenvorräte
Stickstoff-Sollwerte im Saisonverlauf
Bilder zu den wichtigsten Problemen
Alle relevanten Grunddaten für den Profi
Düngeplanungs-Formular im Anhang

Schnelle Düngeplanung im Betriebsalltag:
Einfaches Ablesen der zu düngenden Nährstoffmengen auf
Seite 7 (4.2) + Seite 8 (4.4) und Seite 12 (5.5) + Seite 13 (5.6)
mit Muster-Düngeplan auf Seite 23

Norbert Hege und Klaus Strohmeyer
BOLAP GmbH
67346 Speyer, Obere Langgasse 40

Josef Schlaghecken, Joachim Ziegler und Margit Munschauer
Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR)-Rheinpfalz
67435 Neustadt/Wstr., Breitenweg 71

Inhaltsverzeichnis

1.	**Kohlrabi: Feldauswahl, Fruchtfolge und Humusversorgung**	**03**
1.1	Feldauswahl	03
1.2	Fruchtfolge	03
1.3	Humusversorgung und Humusbilanz	04
2.	**Kohlrabi: Datenbasis für die Düngung**	**05**
2.1	Grundprinzip der Nährstoffversorgung	05
2.2	Nährstoffgehalte in Aufwuchs, Feldabfuhr und Ernterückständen	06
3.	**Kohlrabi: pH-Wert und Kalkversorgung**	**07**
4.	**Kohlrabi: Nährstoffbedarfsberechnung für P_2O_5, K_2O, MgO und B**	**07**
4.1	Feststellung der Bodenart	07
4.2	Ermittlung der Nährstoffgehaltsklasse	07
4.3	Ablesen des Nährstoffbedarfs !	08
4.4	Lese-Beispiel: Kaliumbedarf Kohlrabi mit 9 cm Ø	08
4.4	Ergänzende Hinweise	08
5.	**Kohlrabi: Stickstoff (N)-Versorgung und Düngung**	**09**
5.1	Grundlagen der Stickstoffversorgung	09
5.2	Berechnung des N-Sollwertes und N-Bedarfs	10
5.3	N-Mindestangebot und N-Düngetermine	10
5.4	Nitratgehalte im Ernteprodukt	11
5.5	Kohlrabi: N-Versorgung für Standard-Düngetermine !	12
	Kultur mit 9 cm Knollendurchmesser	12
	Kultur mit 12 cm Knollendurchmesser	13
5.6	Kohlrabi: N-Sollwerte für beliebige Düngetermine	14
6.	**Kohlrabi: Spezielle Ernährungsfragen und Düngungshinweise**	**16**
6.1	Mögliche Nährstoffmangel- und Überschusserscheinungen	16
6.2	Boden- und Pflanzenanalysen	20
7.	**Hinweise zur Düngung, Düngemittelauswahl und -ausbringung**	**21**
7.1	Mineralische Düngung mit P_2O_5, K_2O, MgO	21
7.2	Wichtige N-Mineraldünger und ihre Anwendung	21
7.3	Flüssige Kopfdüngung	21
7.4	Blattdüngung	22
8.	**Hinweise zur Bewässerung**	**22**
9.	**Kohlrabi: Beispiel Düngeplan mit Leerformular**	**23**
10.	**Quellenverzeichnis**	**25**
11.	**Bezug der Praktikeranleitung**	**25**

1. Feldauswahl, Fruchtfolge und Humusversorgung

1.1 Feldauswahl

Kohlrabi bevorzugt mittelschwere, tiefgründige Böden mit einem hohen pH-Wert und besonders guter Bodengare. Ideal sind Lehm- und Lößböden. Auf Grund des kleinen Wurzelwerks (Abb. 1) bei der üblichen Pflanzkultur, sind gut wasserhaltende Böden mit guter Humusversorgung vorteilhaft. Flächen mit Bodensenken und Wasserstau sind zu vermeiden. Anbau auf Sandböden ist bei optimierter Düngung und guter Bewässerung auch möglich, jedoch aufwendiger. Auf extremen Sandböden mit wenig Humus steigt das Risiko der Platzerbildung (Abb. 2).

Abb. 1: Gepflanzte Kohlrabi haben ein sehr kleines Wurzelwerk (Schlaghecken).

Abb. 2: Platzerbildung bei Kohlrabi (Schlaghecken).

1.2 Fruchtfolge

Kohlrabi ist relativ gut selbstverträglich. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass es langfristig zu einer Reihe von bodenbürtigen Problemen kommen kann. Vor allem bei ungünstigen Bodenverhältnissen mit Wasserstau und zu niedrigem pH-Wert ist mit Kohlhernie (Abb. 3) zu rechnen. Wer langfristig Kohlrabi und andere Kreuzblütler anbauen will, sollte eine möglichst weite Kreuzblütler-Fruchtfolge einhalten. Gute Kohlrabi-Vorfrüchte sollten keine der aktuellen Kohlrabi-Krankheiten, wie z.B. Kohlhernie, Xanthomonas (Abb. 4), Sklerotinia, Alternaria und F.Mehltau, fördern. Vorteilhafte Vorfrüchte sind: Porree, Zwiebeln, Zucchini, Getreide, Mais und Gründüngungsarten wie Futterhirse, Phacelia und Kleegrasgemische.

Abb. 3: Starker Kohlherniebefall hat die Wurzeln enorm verdickt (Schlaghecken).

Abb. 4: Xanthomonas campestris im Kohlrabistrunk (Schlaghecken).

1.3 Humusversorgung und Humusbilanz: Kohlrabi

Eine gute Humusversorgung (2-3%) ist die Grundlage der Bodenfruchtbarkeit. Dauerhumus sichert dabei die Bodengare und verbessert die Wasser- sowie Nährstoffhaltekraft. Nährhumus z.B. aus Ernterückständen oder Gründüngung ernährt und fördert das Bodenleben. Welche Wirkung der Anbau von Kohlrabi auf die Humusbilanz hat, zeigt die folgende Tabelle:

Tab. 1: Dauerhumusbilanz bei der üblichen Kohlrabi Pflanzkultur (dt TS/ha)

Humuszufuhr	**Ernterück-stände**	Frischmasse einer Kohlrabikultur: 150 dt FM/ha Entspricht an organischer Trockensubstanz: 10 dt TS/ha Entspricht einer **Dauerhumuszufuhr** …….	**+ 3 dt TS/ha**
	Erdpresstöpfe	**Dauerhumuszufuhr** von	**+ 12 dt TS/ha**
Humusabbau		**Dauerhumusabbau** bei einer Kultur pro Jahr	**-15 dt TS/ha**
Dauerhumusbilanz		Zufuhr: 15 dt TS/ha minus Abbau: 15 dt TS/ha	**= 0 dt TS/ha**

Bewertet man die obige Humusbilanz, so ist festzustellen, dass sich beim Anbau von Kohlrabi eine ausgeglichene Humusbilanz ergibt. Zufuhr und Abbau gleichen sich vor allem auf Grund der Zufuhr von Dauerhumus durch die Erdpresstöpfe aus.

Humuszufuhr:
Vor allem bei Böden mit einem zu niedrigen Humusgehalt empfiehlt es sich, diesen zu erhöhen. Je nach Region ist dafür Stallmist, Kompost oder ein Gründüngungsanbau interessant. In der Pfalz hat sich dabei insbesondere der Anbau von Futterhirse (Sorghum) bewährt. Bei ausreichender Flächenausstattung erscheint vor allem im Ökoanbau der Anbau einer einjährigen Kleegrasmischung auf einem Drittel der Anbaufläche überlegenswert.

Ernterückstände:
Es hat sich gezeigt, dass im Sommerhalbjahr (in der Pfalz etwa von Ende Mai bis Mitte September) ein Großteil der N-Mengen von eingearbeiteten Ernterückständen innerhalb von etwa sechs Wochen mineralisiert werden. 150 dt/ha Kohlrabi-Ernterückstände (Abb. 5 und 6) enthalten rund 55 kg/ha Stickstoff. Davon lassen sich rund 60 % bzw. ca. 33 kg N erfahrungsgemäß zur N-Versorgung der nachgebauten Kultur anrechnen bzw. nutzen.

Abb. 5: Übliche Kohlrabi Ernterückstände (Schlaghecken)

Abb. 6: Kohlrabi Ernterückstände (Schlaghecken)

2. Datenbasis für die Düngung

Bei Kohlrabi hängt der Nährstoffbedarf stark von der gewünschten Knollengröße ab. Die alten Düngeempfehlungen beruhten vielfach auf einer Knollengröße von 70-80 mm. Heute geht man von den beiden Standardgrößen 90 mm bzw. 120 mm Knollendurchmesser aus. Die Abbildung 7 zeigt die unterschiedlichen Knollendurchmesser in 10 mm Schritten.

2.1 Grundprinzip der Nährstoffversorgung bei Kohlrabi

Um die angebauten Kohlrabibestände sachgerecht mit Nährstoffen versorgen zu können, muß zunächt die Aufwuchs-Masse (Abb. 8 und 9) bekannt sein. Sie besteht aus der Feldabfuhr und den Ernterückständen (Tab. 2 und 3). Ein üblicher Kohlrabibestand mit 90 mm Knollendurchmesser hat in etwa eine Feldabfuhr (Ernte) von 450 dt/ha sowie Bestandsreste von rund 150 dt/ha. Zusammen ergibt das eine Aufwuchsmenge von 500 dt/ha.
Produzieren wir Kohlrabi mit einem Knollendurchmesser von 120 mm, so ist mit einer Feldabfuhr (Ernte) von 700 dt/ha zu rechnen. Gehen wir dabei von 200 dt/ha Bestandsreste aus, so ergibt sich eine Aufwuchsmenge von 900 dt/ha. Welche Nährstoffmengen sich dabei ergeben, zeigen die Tabellen 2 und 3.

Knollendurchmesser in Millimeter												
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Erntemengen bzw. Feldabfuhrwerte in dt/ha								450			700	

Abb. 7: Kohlrabi-Knollen: Durchmesser und Gewichte

Die N-Versorgung orientiert sich am Gesamtaufwuchs, die P-K-Mg-Versorgung an der Feldabfuhr.

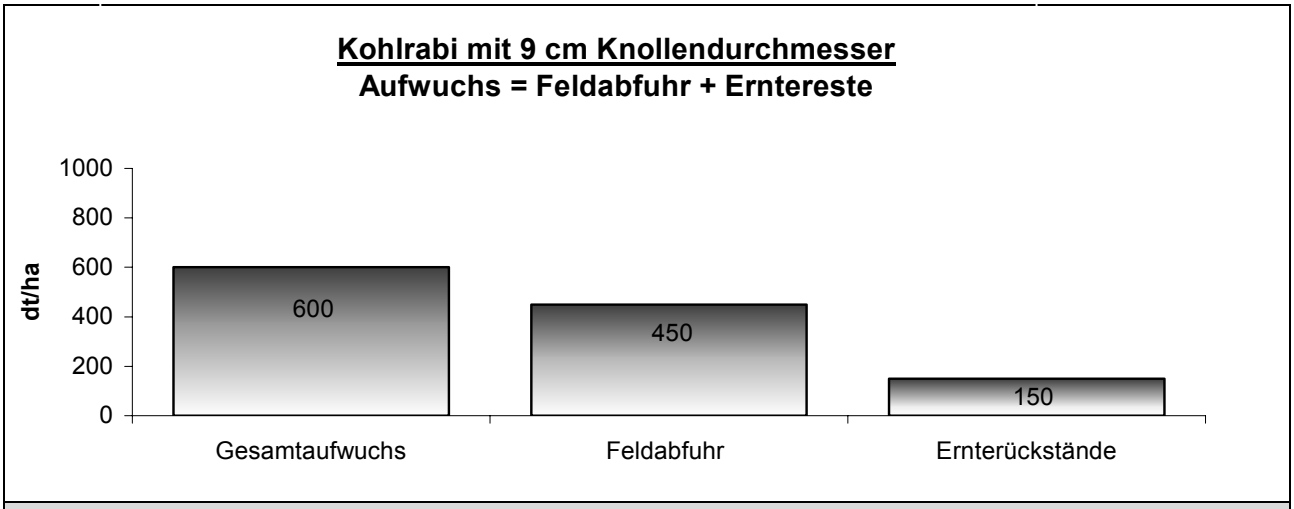

Abb. 8: Kohlrabi 9 cm Knollendurchmesser
Grafische Darstellung von Aufwuchs, Feldabfuhr und Ernterückständen

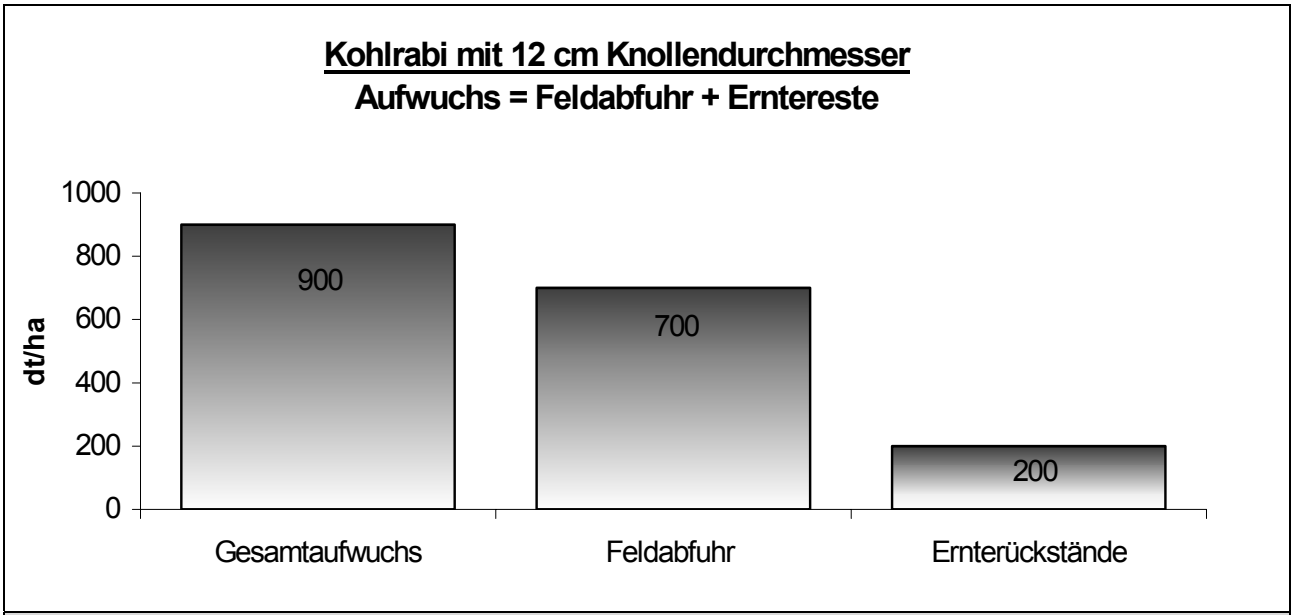

Abb. 9: Kohlrabi 12 cm Knollendurchmesser
Grafische Darstellung von Aufwuchs, Feldabfuhr und Ernterückständen

2.2 Nährstoffgehalte in Aufwuchs, Feldabfuhr und Ernterückstände

Die folgenden, gerundeten Daten dienen als Grundlage für die weitere Düngeplanung. Der Aufwuchs entspricht den in der Praxis üblichen Werten von 600 bis 900 dt/ha. Bei einem üblichen Knollendurchmesser von 9 cm bzw. 12 cm liegen die Feldabfuhrwerte (Tab. 2 und 3) bei rund 450 bzw. 700 dt/ha Frischmasse. Abweichende Aufwuchs- oder Feldabfuhrwerte lassen sich errechnen.

Tab. 2: Standard-Nährstoffgehalt in der Frischmasse von Kohlrabi mit 9 cm Ø

Sommer- und Herbstanbau	Frisch-masse	N-Gehalt	N	P_2O_5	K_2O	MgO	Ca*	S	B	Mn	Mo
Einheit	*dt/ha*	*‰*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*
Aufwuchs	*600*	***3,0***	***180***	*60*	*250*	*17*	*145*	*30*	*0,3*	*0,6*	*0,012*
Feldabfuhr	**450**	2,8	130	**45**	**190**	**10**	**65**	**20**	**0,2**	**0,4**	**0,009**
Ernterückstände	150	3,5	50	15	60	7	80	10	0,1	0,2	0,003

Tab. 3: Standard-Nährstoffgehalt in der Frischmasse in Kohlrabi mit 12 cm Ø

Sommer- und Herbstanbau	Frisch-masse	N-Gehalt	N	P_2O_5	K_2O	MgO	Ca*	S	B	Mn	Mo
Einheit	*dt/ha*	*‰*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*	*kg/ha*
Aufwuchs	*900*	*2,4*	***220***	*90*	*380*	*26*	*207*	*45*	*0,5*	*0,9*	*0,018*
Feldabfuhr	**700**	2,3	160	**70**	**290**	**20**	**101**	**30**	**0,3**	**0,7**	**0,014**
Ernterückstände	200	2,8	60	20	90	6	106	15	0,2	0,2	0,004

*Ca-Gehalt vom LVG Hannover-Ahlem, 1987

3. pH-Wert und Kalkversorgung

Folgende pH-Werte sind bei Mineralböden mit bis zu 4% Humus anzustreben:

Tab. 4: pH-Werte ($CaCl_2$-Methode)

Bodenart	Sand	lehmiger Sand	sandiger Lehm	Lehm, Schluff, schwachtoniger Schluff, toniger Schluff
pH	5,8 - 6,0	6,0 - 6,5	6,5 - 7,0	7,0 - 7,5

Bei pH-Wert-Unterschreitungen von 0,2 bis 0,5 Einheiten genügen pauschale Erhaltungskalkmengen von 5-10 dt CaO/ha jährlich, die man als Kohlensauer Kalk, Branntkalk oder mit gleichwertigen anderen Düngern verabreichen sollte. Um eine gute Wirkung zu erzielen, sollte man den Kalk auf den trockenen Boden ausgebringen und anschließend einmischen. Bei deutlich zu niedrigen pH-Werten bedarf es größerer Kalkmengen, die mit einem Bodenlabor abzustimmen sind.

4. Nährstoffbedarfsberechnung für P_2O_5, K_2O, MgO und B

Anhand vorliegender Bodenanalysenwerte die Nährstoffgehaltsklasse in der Tabelle 5 ermitteln und den daraus resultierenden Nährstoffbedarf in Tabelle 6 bzw. 7 ablesen.

4.1 Feststellung der Bodenart

Für eine sachgerechte Bodenpflege und Düngung sollte die Bodenart bekannt sein. Diese werden im Folgenden den drei Hauptgruppen „Leicht“, „Mittel“ und „Schwer“ zugeordnet.

Leicht:	Sand (S) und schwach lehmiger Sand (l‘S)
Mittel:	stark lehmiger Sand (lS), sandiger Lehm (sL), schluffiger Lehm (uL)
Schwer:	schwach toniger Lehm (t‘L), toniger Lehm (tL), lehmiger Ton (lT), Ton (T), Moorboden (Mo)

4.2 Ermittlung der Nährstoffgehaltsklasse

Zur optimalen P-, K- und Mg-Versorgung sollten Bodenanalysenergebnisse eines anerkannten Bodenlabors vorliegen. Vergleicht man die gefundenen Analysenwerte mit den Daten in der Tabelle 5, so lässt sich die jeweilige Versorgungsstufe A-E ablesen.

Tab. 5: Nährstoffgehaltsklassen Acker- u. Gemüsebau in RLP (mg/100g Boden bzw. mg/kg bei Bor)

Nährstoff	Bodenart	Nährstoffgehaltsklassen im Boden								
		A	B_1	B_2	C_1	C_2 (anzustrebender Werte)	C_3	D_1	D_2	E
P_2O_5	alle	< 6	6-8	9–11	12-13	**14–17**	18-20	21-25	26-30	> 30
K_2O	leicht	< 5	5-7	8-9	10-11	**12-13**	14-15	16-19	20-23	> 23
	mittel	< 6	6-8	9-11	12-13	**14-17**	18-20	21-25	26-30	> 30
	schwer	< 7	7-10	11-13	14-17	**18-21**	22-25	26-32	33-38	> 38
Mg	leicht	< 2	2	3	4	**5**	6	7-8	9	> 9
	mittel	< 3	3	4-5	6-7	**8-9**	10	11-13	14-15	> 15
	schwer	< 4	4-5	6-7	8-10	**11-12**	13-14	15-18	19-21	> 21
Bor	leicht	< 0,2	0,3-0,4	0,5	0,6	**0,7**	0,8	0,9-1,0	1,1-1,2	> 1,2
	mittel	< 0,3	0,4-0,5	0,6	0,7	**0,8**	0,9	1,0-1,1	1,2-1,3	> 1,3
	schwer	< 0,4	0,5-0,6	0,7	0,8	**0,9**	1,0	1,1-1,2	1,3-1,4	> 1,4

Mit Hilfe der in Tabelle 5 gefundenen Versorgungsstufe kann man nun aus den Tabelle 6 oder 7 den zu düngenden Nährstoffbedarf ablesen!

4.3 Ablesen des Nährstoffbedarfs (Düngebedarf)

Im Normalfall den Nährstoffbedarf laut Spalte C_2 (= Feldabfuhr) düngen. Bei unterversorgtem Boden (Klasse A-C_1) eine erhöhte Menge geben. Bei überversorgtem Boden (Klasse C_3-D_2) den Nährstoffbedarf reduzieren und in Klasse E ganz auf eine Düngung verzichten.

Tab. 6: Kohlrabi 9 cm Ø P-K-Mg-B-Nährstoffbedarf (kg/ha)
nach Nährstoffgehaltsklasse (A bis E) und Feldabfuhr

Nährstoff	Nährstoffgehaltsklassen im Boden								
	A	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3	D_1	D_2	E
	Erhöhter Nährstoffbedarf bei unterversorgtem Boden				**Standard-Nährstoffbedarf** Feldabfuhr 450 dt/ha	**Reduzierter Nährstoffbedarf** bei erhöhten Bodenvorräten			
P_2O_5	125	105	85	65	**45**	35	25	15	0
K_2O	300	270	240	210	**190**	140	90	40	0
MgO *	70	60	50	40	**30**	20	15	10	0
B	0,8	0,8	0,4	0,2	**0,1**	0,1	0	0	0

Tab. 7: Kohlrabi 12 cm Ø P-K-Mg-B-Nährstoffbedarf (kg/ha)
nach Nährstoffgehaltsklasse (A bis E) und Feldabfuhr

Nährstoff	Nährstoffgehaltsklassen im Boden								
	A	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3	D_1	D_2	E
	Erhöhter Nährstoffbedarf bei unterversorgtem Boden				**Standard-Nährstoffbedarf** Feldabfuhr 700 dt/ha	**Reduzierter Nährstoffbedarf** bei erhöhten Bodenvorräten			
P_2O_5	150	130	110	90	**70**	50	30	10	0
K_2O	410	380	350	320	**290**	215	140	65	0
MgO *	80	70	60	50	**40**	30	20	10	0
B	1,6	1,6	0,8	0,4	**0,2**	0,2	0,1	0	0

* Bei den Magnesium-Nährstoffmengen ist bereits ein Zuschlag von 20 kg MgO für Auswaschungsverluste enthalten. Bei Sandböden kann man den Wert um weitere 20 kg MgO erhöhen.

4.4 Lese-Beispiel: Kaliumbedarf Kohlrabi mit 9 cm Ø

Im Folgenden wird am Beispiel eines Bestandes mit 90 mm Knollen die Ermittlung der zu düngenden Kalimenge aufgezeigt.

Tabelle 8: Lesebeispiel Kaliversorgung

Kohlrabi mit 9 cm Ø	Werte Bodenuntersuchung	Siehe:	Ergebnis
Einteilung Bodenart:	Sandiger Lehm	Punkt 4.1	mittel
Gehaltsklassenermittlung für Kalium:	12 mg K_2O/100 g	Punkt 4.2	Gehaltsklasse: C_1
Nährstoffbedarf: Kalium		Tab. 6	**210 kg K_2O/ha**

4.5 Ergänzende Hinweise

Vorsicht bei sehr hohem Düngerbedarf. Werden große Mengen an mineralischem Dünger auf einmal zugeführt, besteht die Gefahr von Salzschäden! Beim **Anbau einer zweiten Kultur** auf einer Fläche mit unterversorgtem Boden genügt die Düngung des Standard-Nährstoffbedarfs (C_2). **Bei einer hohen Versorgungsstufe des Bodens** (z.B. in Klasse D_2) kann man auf die Düngung vorübergehend verzichten und die Fehlmengen bei einer späteren Kultur ausbringen.

5. Stickstoff (N)-Versorgung und Düngung

5.1 Grundlagen der Stickstoffversorgung

Die bedarfsgerechte N-Versorgung ist gut möglich, wenn man einen, dem Aufwuchs angepassten N-Sollwert hat, das Nmin-Angebot im Boden bekannt ist und Werte für die zu erwartende N-Nachlieferung vorliegen. Für Kohlrabi ist dabei mit folgenden Werten zu rechnen:

N-Sollwert:
N-Aufnahme im Aufwuchses: Kohlrabi mit 9 cm Ø: 180 kg, Kohlrabi mit 12 cm Ø: 220 kg N/ha.
Plus einem N-Mindestangebot im Boden von 40 kg N/ha in 0-30 cm.

N-Angebot im Boden:
Die in der durchwurzelbaren Bodenschicht vorhandenen Nmin-Mengen kurz vor Kulturbeginn bzw. vor der N-Düngung messen und bei der Düngemengenberechnung berücksichtigen.

N-Nachlieferung (Mineralisierung) und Vorteile eines Düngefensters
Der Boden kann durch Mineralisierung erhebliche N-Mengen freisetzen. Großen Einfluss haben dabei die Jahreszeit (Temperatur), die Bodenfeuchte, der Humusgehalt, die Vorfrucht und die Zeitdauer. Ein genaues Abschätzen der zu erwartenden Menge ist bisher nicht möglich. Deshalb die Nmin-Messung so kurz vor Kulturbeginn wie möglich durchführen und danach die N-Nachlieferung des Bodens abschätzen. Die folgende Tabelle zeigt die in der Pfalz üblichen Mineralisierungsraten in Abhängigkeit von Jahreszeit (Monat) und Bodentemperatur.

Tab. 9: N-Nachlieferung im Jahresverlauf des Pfälzischen Gemüse- und Ackerbaus

Monat	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	N-Summe pro Jahr
Ø Boden-Temperatur in °C	4	4	7	12	17	22	22	22	18	13	10	4	
N-Mineralisierung (kg N/ha)	**3**	**3**	**6**	**10**	**15**	**20**	**20**	**20**	**16**	**11**	**8**	**3**	**135 kg N/ha**

Im Gemüsebau der Pfalz ist damit zu rechnen, dass der Boden z.B. im Juli rund 20 kg N/ha freisetzt bzw. nachliefert. Gefördert wird die N-Nachlieferung vor allem durch hohe Temperaturen, optimale Bodenfeuchte, leichtverrottbare Bestandsreste und Bodenbearbeitung.
Eine Methode zur abgesicherten Nutzung der zu erwartenden N-Nachlieferung ist die Anlage eines N-Düngefensters (Abb. 9). Hierzu wird die N-Düngung auf einer kleinen Demonstrationsfläche z.B. um 30 kg N/ha reduziert. Bleibt dann einmal in einer Ausnahmesituation die N-Mineralisierung wegen eines Kälteeinbruchs usw. unter der erwarteten Menge, so sieht man es innerhalb des Düngefensters frühzeitig anhand der Blattaufhellungen (Abb. 10). Mit Hilfe einer Kopfdüngung kann man dann den zu erwartenden Mangel im Bestand problemlos verhindern.

Abb. 9: N-Düngefenster am Beispiel Blumenkohl (Schlaghecken).

Abb. 10: Rechts beginnender N-Mangel (Schlaghecken)

N-Düngung = N-Bedarf:
Die zu düngende N-Menge errechnet sich aus dem N-Sollwert abzüglich des natürlichen N-Angebots. Details dazu siehe im folgenden Kapitel.

5.2 Berechnung des N-Sollwertes und N-Bedarfs

Die Ermittlung des N-Sollwertes für Kohlrabi erfolgt wie in der Tabelle 10 beispielhaft dargestellt. Tabelle 11 zeigt die Ermittlung der zu düngenden N-Menge.

Tab. 10: Ermittlung des N-Sollwertes für Einmaldüngung zur Pflanzung	
Beispiel: Kohlrabi mit 9 cm Ø	**kg N/ha zur Pflanzung**
N-Aufnahme durch den Aufwuchs von 600 dt/ha	180 kg N/ha
+ N-Mindestangebot zur Ernte	+ 40 kg N/ha
= N-Sollwert in nutzbarer Bodenschicht (0-30 cm)	= **220 kg N/ha**

Nach der gleichen Methode lässt sich für jeden Termin während der Kultur bzw. für einen Kulturabschnitt ein N-Sollwert ermitteln („Kulturbegleitendes Nmin-Sollwertesystem“ = „KNS-System“). Siehe Tabelle 14 und 15.

Tab. 11: Ermittlung des zu düngenden N-Bedarfs	
Berechnungsbeispiel für Kohlrabi mit 9 cm Ø mit Einmaldüngung zur Pflanzung:	
N-Sollwert zur Pflanzung (siehe oben)	220 kg N/ha
- gemessener Nmin Bodenvorrat (vor der N-Düngung)	- 50 kg N/ha
- N-Mineralisierung (geschätzt aus Humus und Ernterückständen)	- 20 kg N/ha
= N-Bedarf (= zu düngende N-Menge)	= **150 kg N/ha**

Nach der gleichen Methode lässt sich für jeden Termin während der Kultur bzw. für einen Kulturabschnitt ein N-Sollwert ermitteln („Kulturbegleitendes Nmin-Sollwertsystem“ = „KNS-System“).

5.3 N-Mindestangebot und N-Düngetermine

N-Mindestangebot:
Um das Anwachsen frisch gepflanzter Kohlrabibestände zu optimieren, sollte im Wurzelbereich eine bestimmte Stickstoffmenge in Nitrat- oder Ammoniumform vorliegen. Im Frühjahr, insbesondere bei den allerfrühesten Pflanzungen und den noch kalten Böden sowie der fehlenden bzw. geringen N-Nachlieferung, sind höhere Werte als im Sommer und Herbst vorteilhaft. Das extrem kleine Wurzelwerk bei der üblichen Pflanzkultur spricht zusätzlich für ein optimiertes N-Angebot. Zum frühesten Freilandanbau im Frühjahr empfiehlt sich ein N-Mindestangebot von 180 kg N/ha in 0-30 cm. Danach im Laufe der Saison die Werte stufenweise auf 120 kg N/ha absenken (Tab. 12 + 13).

Empfehlenswerte N-Düngetermine:
Bei der relativ kurzen Kohlrabikultur kann die mineralische Düngung grundsätzlich vor der Pflanzung stattfinden. Beim Stickstoff sind jedoch noch einige Besonderheiten zu beachten.
Hat man eine übliche Kohlrabi-Pflanzkultur, so ist es vorteilhaft, den nötigen Stickstoff entweder zur Pflanzbeetbereitung (Abb. 11) oder direkt nach der Pflanzung (Abb. 12) zu verabreichen. Vor allem auf leichten Böden kann es sinnvoll sein, den N-Dünger, aber auch Volldünger, erst direkt nach der Pflanzung auszustreuen. Damit es dabei nicht zur Verbrennungen kommt, nur geeignete Düngemittel verwenden und möglichst gleich beregnen.

Abb. 11: Exakte Düngerausbringung vor der Pflanzung (Schlaghecken).

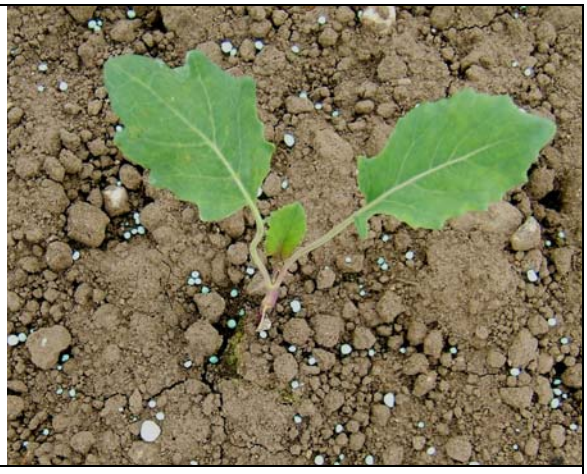

Abb. 12: N-Düngung direkt nach der Pflanzung (Schlaghecken).

Abb. 13: N-Düngetermin für die Kopfdüngung bei Vliesbedeckung etwa Anfang April (Schlaghecken).

Abb. 14: N-Düngetermin für die Kopfdüngung, etwa in der 3. Kulturwoche (Schlaghecken).

5.4 Nitratgehalte im Ernteprodukt

Mit Nitratgehalten von 200 bis 1.700 mg NO_3/kg Frischsubstanz gehört Kohlrabi zu den Gemüsearten mit einem mittleren Nitratgehalt. In Einzelfällen kann der Gehalt auch höher liegen. Die Werte gelten allgemein nicht als kritisch. Eine **Höchstmenge** oder einen **Grenzwert** für Nitrat in Kohlrabi gibt es nicht. Wohl besteht für diätische Lebensmittel wie Babynahrung ein Grenzwert von 200 mg NO_3/kg Frischsubstanz.

Einflussgrößen auf die Nitratgehalte.
Grundsätzlich ergeben sich beim Kohlrabi, wie bei anderen Gemüsearten, im Winterhalbjahr erheblich höhere Nitratgehalte als im lichtreichen Sommerhalbjahr. Innerhalb der Pflanze findet man in den Blattstielen der äußeren und mittleren Blätter die höchsten Werte. In der Knolle liegen die Werte etwa 1/3 niedriger. Einen großen Einfluss hat auch die Höhe des N-Angebotes!

Minimierung der Nitratgehalte:
Will man niedrige Nitratgehalte, so sollte man den Anbau im Sommerhalbjahr bevorzugen. Bei der Düngung auf jeden Fall die Nmin-Bodenvorräte berücksichtigen und eine Überversorgung mit Stickstoff ausschließen.

5.5 Kohlrabi: N-Versorgung für Standard-Düngetermine, 9 cm Ø und 12 cm Ø

Mit Hilfe der Tab. 12 (9 cm Knollen) und Tab. 13 (12 cm Knollen) den **Nmin-Sollwert** ablesen und den nötigen **N-Düngebedarf** berechnen. Hierbei sind die aktuellen Nmin-Werte (0-200 kg N/ha) zu berücksichtigen, sowie die zu erwartende N-Mineralisierung (*) abzuschätzen und anzurechnen.

Tab. 12: Kohlrabi 9 cm Ø : N-Versorgung für Standarddüngetermine (mit beispielhaften Nmin-Bodenvorräten, Werte gerundet)

Pflanztermine		**1. März**	**1. April**	**15. Mai**	**1. Aug.**	**25.Aug.**
Kulturdauer	*Tage*	*63*	*49*	*42*	*42*	*56*
Wurzeltiefe zum Ernteende	*cm*	*30*	*30*	*30*	*30*	*30*
Aufwuchs	***dt/ha***	**600**	**600**	**600**	**600**	**600**
N-Gehalt im Aufwuchs	*kg N/ha*	180	180	180	180	180
N-Mindestangebot zum Ernteende	*kg N/ha*	60	50	40	40	40
Einmaldüngung (empfohlene Variante)						
N-Sollwert zur Pflanzung (Aufwuchs + Mindestangebot)	***kg N/ha***	**240**	**230**	**220**	**220**	**220**
minus gemessener Nmin-Bodenvorrat (0 - 30 cm) z.B.	*kg N/ha*	10	20	25	40	40
minus zu erwartende N-Mineralisierung *	*kg N/ha*	15	20	25	25	30
N-Bedarf zur Pflanzung (Beispiel)	***kg N/ha***	**215**	**190**	**170**	**155**	**150**
Zweimaldüngung (nur in Sonderfällen)						
N-Mindestangebot in 0-30 cm (Erfahrungswert der Autoren)	***kg N/ha***	**180**	**140**	**120**	**120**	**120**
minus gemessener Nmin-Bodenvorrat (0-30 cm) z.B.	*kg N/ha*	14	15	27	35	35
minus N-Mineralisierung (Boden- und Ernterückstände) *	*kg N/ha*	6	5	8	10	10
= N-Bedarf zur Pflanzung (Beispiel)	***kg N/ha***	**160**	**120**	**85**	**75**	**75**
Kopfdüngungstermin		**1.April**	**3. Woche**	**3. Woche**	**3. Woche**	**3. Woche**
N-Gehalt im Aufwuchs	*kg N/ha*	180	180	180	180	180
minus N-Aufnahme bis zum Kopfdüngungstermin (Schätzwert)	*kg N/ha*	16	3	6	6	9
= restliche N-Aufnahme bis Ernteende	*kg N/ha*	164	177	174	174	171
plus N-Mindestangebot zum Ernteende	*kg N/ha*	60	50	40	40	40
= N-Sollwert zum Kopfdüngungstermin	***kg N/ha***	**224**	**227**	**214**	**214**	**211**
minus gemessener Nmin-Bodenvorrat (0-30 cm) z.B.	*kg N/ha*	154	122	77	69	61
minus N-Mineralisierung (Boden- und Ernterückstände) *	*kg N/ha*	10	15	17	15	20
= N-Bedarf zur Kopfdüngung (Beispiel)	***kg N/ha***	**60**	**100**	**120**	**130**	**120**

Tab. 13: Kohlrabi 12 cm Ø : N-Versorgung für Standarddüngetermine (mit beispielhaften Nmin-Bodenvorräten, Werte gerundet)

Pflanztermine		**1. März**	**1. April**	**15. Mai**	**1. Aug.**	**20 .Aug.**
Kulturdauer	*Tage*	*70*	*56*	*49*	*49*	*63*
Wurzeltiefe zum Ernteende	cm	30	30	30	30	30
Aufwuchs	**dt/ha**	**900**	**900**	**900**	**900**	**900**
N-Gehalt im Aufwuchs	kg N/ha	220	220	220	220	220
N-Mindestangebot zum Ernteende	kg N/ha	60	50	40	40	40
Einmaldüngung (empfohlene Variante)						
N-Sollwert zur Pflanzung (Aufwuchs + Mindestangebot)	***kg N/ha***	**280**	**270**	**260**	**260**	**260**
minus gemessener Nmin-Bodenvorrat (0 - 30 cm) z.B.	*kg N/ha*	10	20	25	40	40
minus zu erwartende N-Mineralisierung *	*kg N/ha*	20	25	30	30	30
N-Bedarf zur Pflanzung (Beispiel)	***kg N/ha***	**250**	**225**	**205**	**190**	**190**
Zweimaldüngung (nur in Sonderfällen)						
N-Mindestangebot in 0-30 cm (Erfahrungswert der Autoren)	***kg N/ha***	**180**	**140**	**120**	**120**	**120**
minus gemessener Nmin-Bodenvorrat (0-30 cm) z.B.	*kg N/ha*	14	15	27	35	35
minus N-Mineralisierung (Boden- und Ernterückstände) *	*kg N/ha*	6	5	8	10	10
= N-Bedarf zur Pflanzung (Beispiel)	***kg N/ha***	**160**	**120**	**85**	**75**	**75**
Kopfdüngungstermin		**1. April**	**3. Woche**	**3. Woche**	**3. Woche**	**3. Woche**
N-Gehalt im Aufwuchs	*kg N/ha*	220	220	220	220	220
minus N-Aufnahme bis zum Kopfdüngungstermin (Schätzwert)	*kg N/ha*	16	3	6	6	9
= restliche N-Aufnahme bis Ernteende	*kg N/ha*	204	217	214	214	211
plus N-Mindestangebot zum Ernteende	*kg N/ha*	60	50	40	40	40
= N-Sollwert zum Kopfdüngungstermin	***kg N/ha***	**264**	**267**	**254**	**254**	**251**
minus gemessener Nmin-Bodenvorrat (0-30 cm) z.B.	*kg N/ha*	150	117	77	69	66
minus N-Mineralisierung (Boden- und Ernterückstände) *	*kg N/ha*	14	20	22	20	20
= N-Bedarf zur Kopfdüngung (Beispiel)	***kg N/ha***	**100**	**130**	**155**	**165**	**165**

5.6 Kohlrabi: N-Versorgung für beliebige Düngetermine, 9 cm Ø und 12 cm Ø

Mit Hilfe der Tabelle 14 und 15 lässt sich für beliebige Düngetermine der **Nmin-Sollwert** ablesen. Sie gelten jeweils für den Beginn der Kulturwoche.
Lesebeispiel Pflanzung am 1. März, 6. Kulturwoche (Tab. 14): Der Nmin-Sollwert beträgt laut Tabelle 208 kg N/ha.

Tab. 14: **Kohlrabi 9 cm Ø : N-Sollwerte in kg N/ha für beliebige Düngetermine**
600 dt/ha Aufwuchs, 180 kg N/ha N-Aufnahme
N-Mindestvorrat zu Ernteende: März: 60 kg N/ha, April: 50 kg N/ha, Mai bis August: 40 kg N/ha

Aussaattermine und Kulturverlauf		Nmin-Sollwerte und N-Aufnahme pro Woche in kg/ha														
		1. März			1.April			15. Mai			1. August			25. August		
		(63 Tage)			(49 Tage)			(42 Tage)			(42 Tage)			(56 Tage)		
		N-Aufnahme		Nmin-Soll-wert (30 cm)	N-Aufnahme		Nmin-Soll-wert (30 cm)	N-Aufnahme		Nmin-Soll-wert (30 cm)	N-Aufnahme		Nmin-Soll-wert (30 cm)	N-Aufnahme		Nmin-Soll-wert (30 cm)
Woche	Tag	bis Ernte-ende	pro Woche		bis Ernte-ende	pro Woche		bis Ernte-ende	pro Woche		bis Ernte-ende	pro Woche		bis Ernte-ende	pro Woche	
1.	1.-7.	180	0	**240**	180	0	**230**	180	1	**220**	180	1	**220**	180	3	**220**
2.	8.-14.	180	2	**240**	180	3	**230**	179	5	**219**	179	5	**219**	177	6	**217**
3.	15.-21.	178	4	**238**	177	8	**227**	174	14	**214**	174	14	**214**	171	12	**211**
4.	22.-28.	174	10	**234**	169	20	**219**	160	36	**200**	160	36	**200**	159	25	**199**
5.	29.-35.	164	16	**224**	149	42	**199**	124	80	**164**	124	80	**164**	134	42	**174**
6.	36.-42.	148	31	**208**	107	70	**157**	44	44	**84**	44	44	**84**	92	54	**132**
7.	43.-49.	117	51	**177**	37	37	**87**							38	31	**78**
8.	50.-56.	66	48	**126**										7	7	**47**
9.	57.-63.	18	18	**78**												

Tab. 15: Kohlrabi 12 cm Ø : N-Sollwerte in kg N/ha für beliebige Düngetermine
900 dt/ha Aufwuchs, 220 kg N/ha N-Aufnahme
N-Mindestvorrat zu Ernteende: März: 60 kg N/ha, April: 50 kg N/ha, Mai bis August: 40 kg N/ha

Aussaattermine und Kulturverlauf		Nmin-Sollwerte und N-Aufnahme pro Woche in kg/ha														
		1. März			1.April			15. Mai			1. August			25. August		
		(70 Tage)			(56 Tage)			(49 Tage)			(49 Tage)			(63 Tage)		
		N-Aufnahme		Nmin-Soll-wert (30 cm)	N-Aufnahme		Nmin-Soll-wert (30 cm)	N-Aufnahme		Nmin-Soll-wert (30 cm)	N-Aufnahme		Nmin-Soll-wert (30 cm)	N-Aufnahme		Nmin-Soll-wert (30 cm)
Woche	Tag	bis Ernte-ende	pro Woche		bis Ernte-ende	pro Woche		bis Ernte-ende	pro Woche		bis Ernte-ende	pro Woche		bis Ernte-ende	pro Woche	
1.	1.-7.	220	0	**280**	220	0	**270**	220	1	**260**	220	1	**260**	220	3	**260**
2.	8.-14.	220	2	**280**	220	3	**270**	219	5	**259**	219	5	**259**	217	6	**257**
3.	15.-21.	218	4	**278**	217	8	**267**	214	14	**254**	214	14	**254**	211	12	**251**
4.	22.-28.	214	10	**274**	209	20	**259**	200	36	**240**	200	36	**240**	199	25	**239**
5.	29.-35.	204	16	**264**	189	42	**239**	164	80	**204**	164	80	**204**	174	42	**214**
6.	36.-42.	188	31	**248**	147	70	**197**	84	44	**124**	84	44	**124**	132	54	**172**
7.	43.-49.	157	51	**217**	77	50	**127**	40	40	**80**	40	40	**80**	78	45	**118**
8.	50.-56.	106	60	**166**	27	27	**77**							33	25	**73**
9.	57.-63.	46	30	**106**										8	8	**48**
10.	63.-70.	16	16	**76**												

6. Spezielle Ernährungsfragen und Düngungshinweise

6.1 Mögliche Nährstoffmangel- und Überschusserscheinungen in der Praxis

Stickstoff (N)

Dieser Nährstoff hat den größten Einfluss auf den Ertrag, Qualität und Anbauerfolg. Je mehr Stickstoff zur Verfügung steht, desto grüner und wüchsiger die Pflanzen (Abb. 15 und 16). Gleichzeitig steigen die Nitratgehalte an (siehe 5.4). Bemerkenswert ist auch, dass mit zunehmendem N- und Wasserangebot die Laubmenge im Verhältnis zur Knollengröße ansteigt.

Bei einer typischen Sommerkultur nimmt die N-Aufnahme pro Woche schnell von 1 kg N/ha pro Woche auf 80 kg N/ha und Woche zu. Auf Grund dieses rasanten Wachstums kommt es insbesondere auf Sandböden, auch wegen des kleinen Wurzelwerks, gelegentlich zu physiologischen Störungen. Folgt z.B. nach einer kühlen Periode mit N-Armut und Wassermangel eine wüchsige Periode mit N-Überschuss, so kann es zur Platzerbildung kommen. (Abb. 17). Aufgrund neuer, toleranter Sorten gibt es heute jedoch nur noch selten Kohlrabi-Platzer.

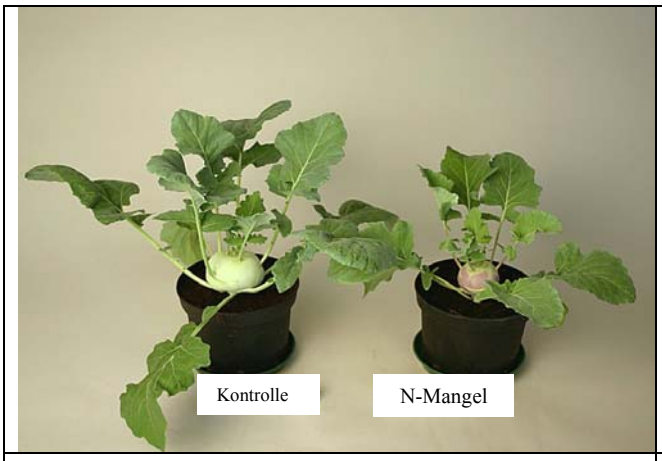

Abb. 15: N-Mangel im Versuch (FG Weihenstephan K.Anneser)

Abb. 16: N-Mangel im Feld ergibt helle Blätter und Kümmerwuchs (Schlaghecken)

Abb. 17: Platzerbildung wird durch zuviel Stickstoff gefördert (Schlaghecken)

Abb. 18: Violettverfärbung im Feld, wird verstärkt durch N-Mangel (Schlaghecken)

Geraten Kohlrabipflanzen in Stress, insbesondere durch niedrige Temperaturen, so kann sich bei bestimmten weißen Sorten die Knolle leicht violett verfärben (Abb. 18). Verstärkt wird der Effekt noch durch Stickstoffmangel.

Phosphor (P_2O_5)
In der Praxis des Kohlrabianbaus sind Phosphatmangel- bzw. -Überschuss-Symptome weitgehend unbekannt. Wie die Symptome eines Phosphatmangels aussehen, zeigt die Abb. 19. Im einem Weihenstephaner Versuch blieben die Pflanzen und Knollen etwas kleiner, das Laub war dunkler als normal.
Extremer Phosphat-Überschuss zeigte sich durch nekrotische Flecken auf den Blättern, beginnend in der Nähe der Mittelrippen. Intensiv genutzte Gemüseflächen weisen manchmal überhöhte Phosphat-Bodenvorräte auf. In solchen Fällen kann man vorübergehend, ganz oder teilweise auf eine P-Düngung verzichten.

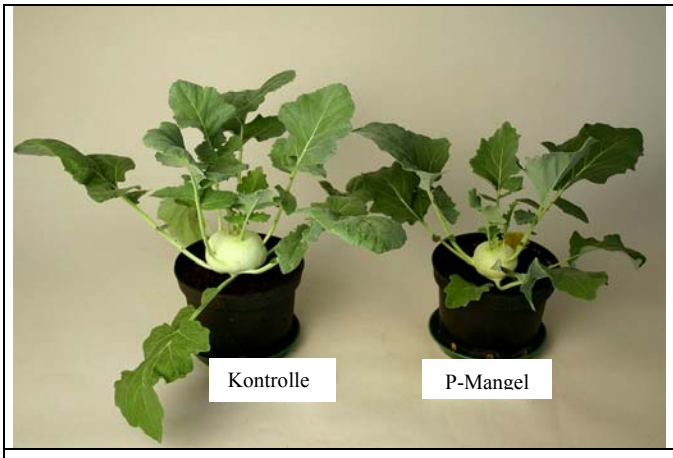

Abb. 19: P-Mangel im Versuch
(FG Weihenstephan, K. Anneser)

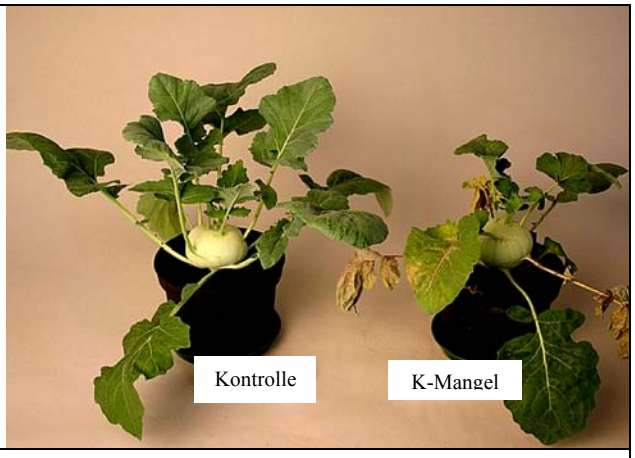

Abb. 20: Kalimangel im Versuch
(FG Weihenstephan, K. Anneser)

Kalium (K_2O)
Kalium ist ein wichtiger Pflanzennährstoff, bei dem es in der Praxis des Kohlrabianbaus kaum noch zu einem Mangel- bzw. einer Überversorgung kommt. Wie der Mangel aussehen kann, zeigt eine Weihenstephaner Versuch (Abb. 20). Hier waren vor allem die mittleren Blätter am schwersten betroffen. Entlang der Hauptadern bildeten sich Nekrosen.
Grundsätzlich verlagert Kohlrabi, wie andere Pflanzenarten auch, bei Kalimangel den Nährstoff von den älteren Blättern in die jüngsten Blätter.

Bei einem Kaliumüberschuss kommt es zu Salzschäden, so dass die Wurzeln verbrennen.

Magnesium (Mg)
Magnesium ist ein wichtiger Pflanzennährstoff, bei dem es in der Praxis des Kohlrabianbaus kaum noch zu einem Mangel- bzw. einer Überversorgung kommt.
Magnesiummangel zeigt sich bei Kohlrabi zunächst an den älteren Blättern, bei denen sich die Interkostalfelder aufhellen. Da vom Mg-Mangel an Kohlrabi kein Bild vorliegt, wird die Unterversorgung beispielhaft an Brokkoli gezeigt (Abb. 21). Die Blattadern und manchmal auch die Blattränder bleiben zunächst noch grün.

In der Praxis kommt Mg-Mangel manchmal noch bei unkontrollierten Böden vor. Grundsätzlich wird die Magnesiumaufnahme durch niedrige Temperaturen unter 10°C erschwert. Bei Einhaltung der empfohlenen Bodenversorgungsstufe und einer entsprechenden Düngung lassen sich Mangelprobleme vermeiden.

Schäden durch Magnesiumüberschuss sind weitgehend unbekannt.

Abb. 21: Magnesiummangel beispielhaft an Brokkoli (Schlaghecken).

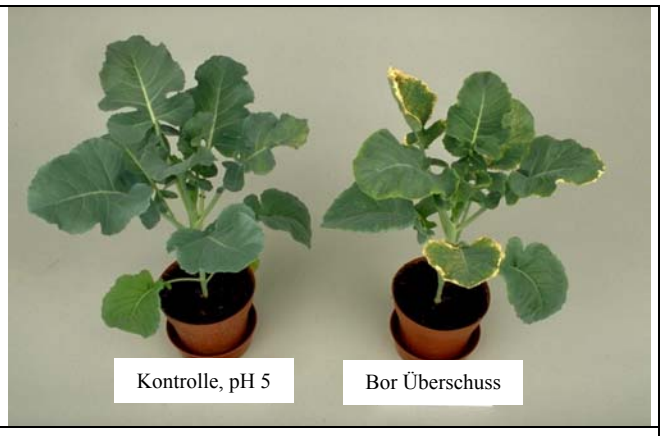

Abb. 22: Borüberschuss beispielhaft an Brokkoli (FG Weihenstephan, K. Anneser).

Bor (B)

Bormangel bei Kohlrabi tritt nur sehr selten auf und zeigt sich durch Nekrosen am Vegetationspunkt. Zur Optimierung des Bor-Angebotes ist es notwendig, die Bodenversorgung (siehe Nährstoffklassen in Tabelle 5, Seite 7) und den pH-Wert zu optimieren. Für die Bor-Bodendüngung eignen sich z.B. Bor-Ammonsulfatsalpeter (0,3% B) oder Spritzungen mit Solubor (20,5% B) mit 1,5-3,0 kg B/ha vor der Pflanzung. In Mangelsituationen sind borhaltige Blattdünger mit 0,3 bis 0,5 kg B/ha verwendbar.

Bei jeder Bordüngung ist Vorsicht geboten, denn es kann auch zu einer Überversorgung kommen. Um die Bor-Mangel- und Überversorgungssymptome zu verdeutlichen, wurde auf Grund fehlender Kohlrabibilder ein Foto von Brokkoli zurückgegriffen (Abb. 22), das typische Blattrandnekrosen zeigt.

Schwefel (S)

Schwefel ist auch für Kohlrabi ein wichtiger Pflanzennährstoff (Tab. 2 und 3 auf Seite 6). Eine regionale Unterversorgung in Deutschland ist möglich. Durch die Verwendung sulfathaltiger N-, K- oder Mehrnährstoffdünger ist die S-Versorgung jedoch meistens gesichert. Gemüsebauliche Fruchtfolgen erfordern ca. 30-50 kg S/ha und Jahr. Beginnender Schwefel-Mangel ist leicht mit einem Mg-Mangel zu verwechseln, deshalb bei Verdacht die Beratung hinzuziehen.

Schwefel-Überschussprobleme sind nicht bekannt!

Calcium (Ca)

Beim Anbau von Kohlrabi in der Praxis kommt Calciummangel nicht vor.

Molybdän (Mo)

Molybdänmangel kann beim Anbau von Kreuzblütlern zum Problem werden, tritt in der Praxis jedoch äußerst selten auf. Das Schadbild zeigt sich als „Peitschenblättrigkeit“ (Abb. 23) und „Klemmherzbildung“. Extremer Mo-Mangel kann mit der genetisch bedingten Herzlosigkeit verwechselt werden. Letztere ist jedoch gut bestimmbar an der vereinzelt im Bestand auftretenden Pflanzen mit einer Nadel- bzw. Trichterblattbildung.

Mo-Mangel tritt vorwiegend bei einem sehr niedrigen pH-Wert im Boden auf, wie er z.B. manchmal vorkommt, wenn neue Parzellen aus dem Grünland übernommen werden. In solchen Fällen sichert meistens schon die Aufkalkung eine gute Versorgung. Bei Mo-Mangel im Boden, diesen mit Natriummolybdat aufdüngen. Für die Anhebung des Bodengehaltes um 0,1 mg/1000g sind 7,5 kg/ha dieses Düngemittels nötig. In Notfällen evtl. auch Natriummolybdat als Blattdüngung mit 200g/ha in 1000 l Wasser spritzen.

Auch bei der **Anzucht** ist auf eine ausreichende Molybdänversorgung der Substrate zu achten. Die Abbildung 24 zeigt Mangelsymptome in der Anzucht. Es kommt hier relativ schnell zu Totalausfäl-

len. Moderne Substrate, wie sie heute meistens für Kohlanzuchten benutzt werden, sind standardmäßig, optimal aufgedüngt. Beim Substrateinkauf auf eine gute Molybdänversorgung achten!

Abb. 23: Molybdänmangel an Blumenkohl zeigt die typische Peitschenblättrigkeit (Schlaghecken).

Abb. 24: Rechts Mo-Mangel an Blumenkohl bei der Anzucht (FG-Weihenstephan).

Mangan (Mn)

Manganmangel ist in der Praxis des Kohlrabianbaus weitgehend unbekannt. Deshalb sind Kontrolluntersuchungen und Vorbeugemaßnahmen normalerweise nicht nötig!

Wohl aber kann es in Einzelfällen zu einem Manganüberschuss kommen. Hauptgrund dafür sind Parzellen oder Stellen im Feld mit einem extrem zu niedrigen pH-Wert und Staunässe. Je niedriger der pH-Wert und je nasser der Boden, desto leichter kann Mangan aufgenommen werden. Auch in der Pfalz gibt es solche Fälle. Bekannt wurde Manganüberschuss hier insbesondere bei Kopfsalat, der noch empfindlicher als Kohlarten reagiert. Die Abbildung 25 und 26 zeigen Mn-Überschuss-Symptome beim verwandten Brokkoli, da bisher keine Kohlrabibilder vorliegen. Bei einem Problem durch Manganüberschuss genügt es meistens, die betroffenen Flächen aufzukalken.

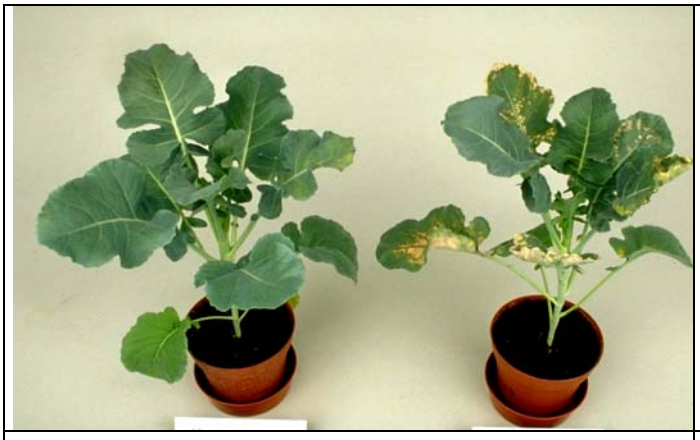

Abb. 25: Rechts Manganüberschuss bei Brokkoli (FGW, Katharina Anneser).

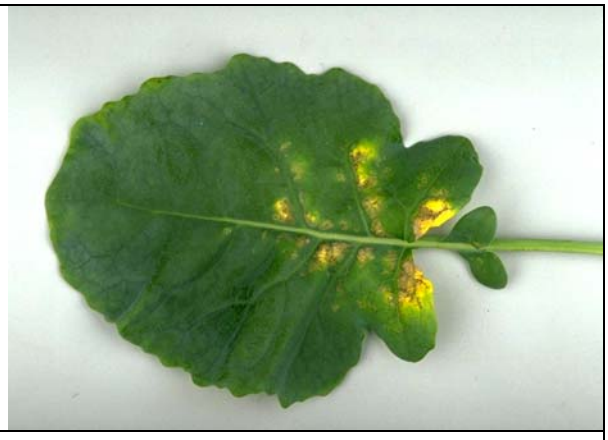

Abb. 26: Manganüberschuss bei Brokkoli (FGW, Katharina Anneser).

Chlorid (Cl) und Salzverträglichkeit

Generell besitzt Kohlrabi als Mitglied der Kohlfamilie eine relativ gute Chlorid- und Salzverträglichkeit. Die Ausbringung extrem großer Mengen von Kali- bzw. Mehrnährstoffdüngern, besonders zur Pflanzung und als Kopfdünger, ist jedoch zu vermeiden.

Wie generell im Pflanzenbau, können Salzschäden durch unsachgemäße Düngemittelausbringung entstehen. Die Abb. 27 zeigt den Ätzschaden (Verbrennung) an einem Vegetationspunkt. Wie sich eine Überdüngung auswirken kann, ist beispielhaft aus der Abb. 28 ersichtlich. Hier wurde bei Blumenkohl zuviel Kalkstickstoff verabreicht.

Abb. 27: Schaden am Vegetationspunkt einer Kohlpflanze durch Düngerkörner (Schlaghecken).

Abb. 28: Schaden an einer Blumenkohlpflanze durch zuviel Kalkstickstoff (Schlaghecken).

6.2 Boden- und Pflanzenanalysen

Zur Optimierung der Nährstoffversorgung bei Kohlrabi sind von Zeit zu Zeit Bodenanalysen und bei Bedarf auch Blattanalysen notwendig.

Regelmäßige Bodenanalysen
Durch Förderung der Bodenfruchtbarkeit, vorbeugende Bodenanalysen und Optimierung der Nährstoffversorgung sind Ernährungsstörungen beim Anbau von Kohlrabi weitgehend auszuschalten. Um diese Sicherheit zu erreichen, werden Bodenuntersuchungen in folgendem Zeitrhythmus (Tab. 16) empfohlen:

Tab. 16: Empfohlene Häufigkeit von Bodenanalysen im Freilandgemüseanbau

Nährstoffe	pH	Humus	N	P_2O_5	K_2O	MgO	S	B	Mn	Mo
Untersuchungshäufigkeit in Jahren	3	6	Zu jeder Kultur	3	3	3	Bei Bedarf	3	-	-

In Problemfällen empfehlen sich engere Untersuchungsabstände bzw. ganz gezielte Untersuchungen. Um gesicherte Analysenwerte zu bekommen, ist auf eine zuverlässige und repräsentative Bodenprobennahme zu achten. Kurz nach einer Düngemaßnahme ist eine Bodenanalyse sehr problematisch: Ein Düngerkörnchen in der Mischprobe kann das ganze Ergebnis verfälschen. Ideal ist die Bodenprobennahme (ohne Nmin) im Spätherbst und Winter. Für die Durchführung der Bodenanalysen sind nur zuverlässige und extern geprüfte Bodenlabore zu empfehlen.

Vorteilhaft ist es, vorliegende **Bodenanalysen** über die Jahre fortzuschreiben, um so die Entwicklung der Gehalte bzw. den Trend der Bodenversorgung gut sichtbar zu machen. Manchmal kommt es aber trotz Überwachung und Optimierung der Bodennährstoffgehalte zu Nährstoff-Mangel-Symptomen bzw. zu Überschuss-Erscheinungen.

Können diese nicht eindeutig einer Ursache zugeordnet werden ist eine zusätzliche **Blattanalyse** vorteilhaft. Dazu ist eine fachmännische Probenahme und der richtige Entnahmezeitpunkt wichtig. Bei Schadsymptomen, die nicht gleichmäßig im Feld auftreten, Boden- und Blattproben im Zentrum des Befalls entnehmen, im Extremfall sogar im Nahbereich einer kranken Pflanze bzw. von einer einzelnen kranken Pflanze.

Pflanzenanalysen
Zu Beurteilung von Blattanalysen benötigt man Richtwerte (Tab. 17). Diese geben den üblichen Nährstoffgehalt an. Generell ist es vorteilhaft, bei Problemen sowohl eine Pflanzenanalyse von den kranken Pflanzen als auch von den gesunden Pflanzen durchführen zu lassen. Auf diese Weise ist ein interner Vergleich der Werte möglich.

Tab. 17: Übliche Nährelementgehalte in voll entwickelten Kohlrabiblättern vor der Ernte

Nährstoffgehalte in der Trockensubstanz (TS) nach Bergmann 1993									
%					mg/kg				
N	P	K	Ca	Mg	B	Mo	Cu	Mn	Zn
4,00–5,00	0,30–0,60	3,00–4,00	1,00–3,00	0,25-0,50	30-80	0,40-0,70	5-12	50-150	20-60

7. Hinweise zur Düngung, Düngemittelauswahl und -ausbringung

Für ein optimales Kohlrabiwachstum ist es wichtig, brauchbare Düngemittel zum richtigen Zeitpunkt sachgerecht auszubringen. Grundsätzlich lassen sich weitgehend alle Düngemittel und Nährstoffformen verwenden. Wichtig sind vor allem die Menge, der Zeitpunkt und die sachgerechte Ausbringung.

7.1 Mineralische Grunddüngung mit P_2O_5, K_2O, MgO

Beim Anbau der üblichen Kohlrabi-Pflanzkultur kann man die gesamte benötigte Düngermenge zu Kulturbeginn verabreichen. Wichtig ist es, dass die Bodenversorgung optimiert wird und man dem Nährstoffbedarf der Kultur gerecht wird. Auf eine gute Einmischung der Düngermittel ist dabei zu achten.
Für die fachmännische Ausbringung von Mineraldünger sind Exaktstreuer (Abb. 29) zu bevorzugen. In kleineren Betrieben sind Beet-Kasten-Streuer empfehlenswert. Dies gilt vor allem bei der Ausbringung von N-Düngern.

Abb. 29:Exaktstreuer für die Düngung bevorzugen. (Schlaghecken).

Abb. 30: Flüssige Kopfdüngung ist jederzeit über dir Beregnung möglich (Schlaghecken).

7.2 Wichtige N-Mineraldünger und ihre Anwendung

Zur optimalen und umweltgerechten Stickstoffversorgung ist vor allem das kleine Wurzelwerk der Kohlrabi-Pflanzkultur zu berücksichtigen. Die N-Versorgung bei Kohlrabi erfolgt oft mit ammonnitrathaltigen Einzel- oder Mehrnährstoffdüngern. Zu jeder Kultur möglichst mindestens einmal den Nmin-Vorrat messen und bei der N-Bedarfsermittlung anrechnen.

Vor allem auf leichteren und humusärmeren Böden können stabilisierte N-Dünger Vorteile bringen. Dünger mit stabilisiertem Stickstoff wie z.B. Entec haben den Vorteil, dass die unerwünschte N-Verlagerung im Boden verzögert und damit minimiert wird. Außerdem lässt sich damit häufig auch der Nitratgehalt im Produkt tendenziell senken. Entec-Dünger wirkt bei flacher Einarbeitung sicherer als beim Aufstreuen.

Kalkstickstoff ist relativ teuer, wird aber in einigen Betrieben wegen der Feldhygiene-Wirkung und der verzögerten Verlagerungsgefahr bevorzugt. Je schwieriger die Fruchtfolgebedingungen und je größer der Unkrautdruck, umso höher ist die zu erwartende Rentabilität des Kalkstickstoffeinsatzes.

7.3 Flüssige Kopfdüngung

Während einer Kohlrabikultur kann es vorkommen, dass insbesondere im Bereich Stickstoff, z.B. nach einem Starkregen, eine Kopfdüngung nötig wird. In diesen Fällen empfiehlt sich die Ausbringung über die Beregnung (Abb. 31), da man dabei das nasse Feld nicht befahren muss.
Die ungenaue Düngerverteilung bei der Ausbringung über die Kreis-Beregnung ist in diesem Falle von Vorteil. An den Überlappungsstellen der Kreisregner besteht der größte N-Bedarf und genau dort wird der meiste Stickstoff ausgebracht.

Bei Verdacht auf einen N-Mangel, der bei einem vorhandenen Düngefenster rechtzeitig sichtbar ist, sollte man den N-Bedarf durch eine Nmin-Bodenuntersuchung feststellen. Dann die nötige Düngermenge z.B. als Kalksalpeter, AHL oder Harnstoff in ein Düngereinspeisegerät einfüllen. Die Beregnung eine halbe Stunde laufen lassen und erst dann mit der Düngerinjektion in die laufende Beregnung beginnen. Nach der Injektion ist in Abhängigkeit von der Düngermenge das Feld eine halbe bis ganze Stunde nach zu beregnen. Je höher die Temperaturen sind und je größer die auszubringende N-Menge pro ha, desto wichtiger ist die sorgfältige Vor- und Nachberegnung. Die flüssige Kopfdüngung bevorzugt bei Windstille ausbringen.

Die Düngerausbringung mit Hilfe einer **Pflanzenschutzspritzung** bringt zwar eine genaue Verteilung ist aber nicht zu empfehlen, da ein höheres Verbrennungsrisiko besteht.

7.4 Blattdüngung

Blattdüngung ist im Kohlrabianbau bisher kein Standard. Bei einer guten Bodenpflege und optimalen Nährstoffversorgung kommt es im Normalfall nicht zu Mangelerscheinungen.

8. Hinweise zur Bewässerung

Jegliche Unter- und Überversorgung mit Wasser kann beim Anbau von Kohlrabi negative Auswirkungen auf den Ertrag, die Qualität und die N-Versickerung haben. Mit zunehmendem Stickstoff und Wasserangebot kann die Laubbildung positiv beeinflusst werden
Zur Optimierung der Bewässerung bei Kohlrabi kann nach dem Anwachsen die Steuerung (Bewässerungszeitpunkte und -mengen) nach den Geisenheimer Steuerungswerten erfolgen.
Die Autoren empfehlen unter anderem die Nutzung des Excel-Beregnungsmanagers (Abb. 31) bzw. den Bewässerungsservice für den rheinland-pfälzischen Freilandgemüsebau im Internet, der online über die Internetseite http://www.am.rlp.de nutzbar ist (Abb. 32).

Abb. 31: Excel-Beregnungsmanager (Ziegler).

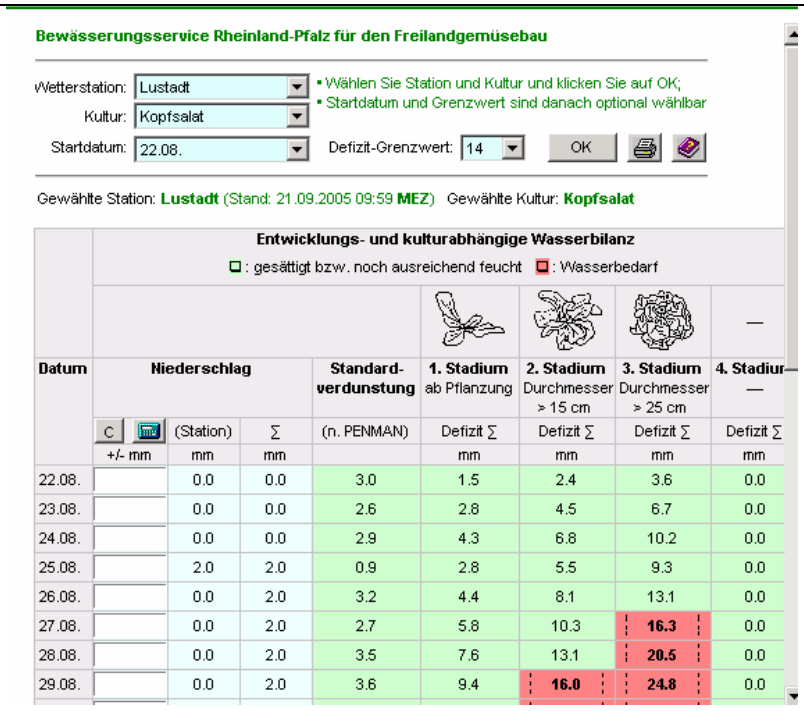

Abb. 32: Bewässerungsservice im Internet: www.am.rlp.de (Ziegler).

Bei einer gut aufeinander abgestimmten N-Düngung und Bewässerung ist eine weitgehende Entleerung des Bodens an mineralischem Stickstoff (Nmin) bis zum Kulturende gewährleistet.

9. Beispiel Düngeplan

Tabelle 18: Beispiel für einen Düngeplan eines Kohlrabischlages

Düngeplan:	Kultur 1	
	Kultur 2	*Kohlrabi: Pflanzung am 20. Mai, Wunsch 9 cm Knollen*
2007	Kultur 3	

Parzelle:	*Demoacker*	**Fläche in a:**	*120*	**Bodenart:**	*Sandiger Lehm*

A) Nährstoffbedarfsplanung (ohne N)

		Humus	pH	P_2O_5	K_2O	Mg	B
a)	**Bodenanalysenergebnisse** (VDLUFA)						
	Gefundene Werte	*1,4%*	*7,0*	*15 mg*	*28 mg*	*6 mg*	*0,9 mg*
	Gefundene Versorgungsstufe			*C 2*	*D 2*	*C 1*	*C 3*
	Anzustrebende Versorgungsstufe			*C 2*	*C 2*	*C 2*	*C 2*
b)	**Nährstoffbedarf in kg/ha** (Nährstoffmengen aus Tabelle 5 und 6)			P_2O_5	K_2O	MgO	B
	Erste Kultur:						
	Zweite Kultur: *Kohlrabi Sommeranbau*			***45 kg***	***95 kg***	***40 kg***	***0,1 kg***
	Dritte Kultur:						
	Nährstoffbedarf der Kulturfolge im Anbaujahr (kg/ha)			***45 kg***	***95 kg***	***40 kg***	***0,1 kg***

B) Stickstoff-Bedarfsplanung

N-Bedarf Bei einem leeren Boden	**Aufwuchs**		**Nmin-Mindestvorrat (kg N/ha)**				**N-Sollwert bei Einmaldüngung**
	Menge	N-Gehalt	Bo-Tiefe	Beginn	Bo-Tiefe	Ende	
Erste Kultur:							
Zweite Kultur: *Kohlrabi*	*600 dt*	*180 kg*	*30 cm*	*120 kg*	*30 cm*	*40 kg*	*220 kg*
Dritte Kultur:							

C) Nmin-Analysen-Ergebnisse und N-Dünge-Empfehlung

Kultur-beginn	**Kulturen**	**Datum Nmin**	**Nmin Vorräte+Nachlieferung (kg N/ha)**					**N-Sollwert**	**N- Düngung**
			0-30 cm	30-60cm	60-90cm	**Summe**	Mineralisierung		
						0			
20. Mai	*Kohlrabi 9 cm Ø*	*18. Mai.*	*60 kg*			*60 kg*	*20 kg*	*220 kg*	***140 kg***
						0			

D) Durchgeführte Düngemaßnahmen

Datum	**Pflanzenarten**	**Düngemittel Nährstoffgehalte**	**Dünger in dt/ha**		**Nährstoffe in kg/ha**				
			Parzelle	1 ha	N	P_2O_5	K_2O	MgO	B
Beispiel Volldünger:									
19.05.	*Kohlrabi*	*15/5/20/2 + 0,02 B*	*12 dt*	*10 dt*	***150***	***50***	***200***	***20***	***0,2***
Beispiel Einzeldünger									
19.05.	*Kohlrabi*	*Stickstoff: 26 %*	*6,5 dt*	*5,4 dt*	*140*				
19.05.	*Kohlrabi*	*Phosphor: 18 %*	*3,0 dt*	*2,5 dt*		*45*			
19.05.	*Kohlrabi*	*Kali: 40%*	*2,9 dt*	*2,4 dt*			*95*		
19.05.	*Kohlrabi*	*Magnesium: 27%*	*1,8 dt*	*1,5 dt*				*40*	
19.05.	*Kohlrabi*	*Bor: 20%*	*9,6 dt*	*0,5 kg*					*0,1*
Summe der Einzeldünger					***140***	***45***	***95***	***40***	***0,1***

Beachte: *Bei Einzeldünger kann man man den Bedarf von P, K, Mg von mehreren Kulturen zusammen ausbringen!*

Tabelle 19: Leerformular für die Düngeplanung

Düngeplan:	Kultur 1	
	Kultur 2	
2006	Kultur 3	

Parzelle:		**Fläche in a:**		**Bodenart:**	

A) Nährstoffbedarfsplanung (ohne N)

a)	**Bodenanalysenergebnisse** (VDLUFA)	Humus	pH	P_2O_5	K_2O	Mg	B
	Gefundene Werte						
	Gefundene Versorgungsstufe						
	Anzustrebende Versorgungsstufe			*C2*	*C2*	*C2*	*C2*
b)	**Nährstoffbedarf in kg/ha**			P_2O_5	K_2O	MgO	B
	Erste Kultur:						
	Zweite Kultur:						
	Dritte Kultur:						
	Nährstoffbedarf der Kulturfolge im Anbaujahr (kg/ha)						

B) Stickstoff-Bedarfsplanung

N-Bedarf Bei einem leeren Boden	**Aufwuchs**		**Nmin-Mindestvorrat (kg N/ha)**				**N-Sollwert bei Einmaldüngung**
	Menge	N-Gehalt	Bo-Tiefe	Beginn	Bo-Tiefe	Ende	
Erste Kultur							
Zweite Kultur							
Dritte Kultur							

C) Nmin-Analysen-Ergebnisse und N-Dünge-Empfehlung

Kultur-beginn	**Kulturen**	**Datum N_{min}**	**N_{min} Vorräte+Nachlieferung (kg N/ha)**					**N-Sollwert**	**N- Düngung**
			0-30cm	30-60cm	60-90cm	**Summe**	Mineralisierung		

D) Durchgeführte Düngemaßnahmen

Datum	**Pflanzenarten**	**Düngemittel Nährstoffgehalte**	**Dünger in dt/ha**		**Nährstoffe in kg/ha**				
			Parzelle	1 ha	N	P_2O_5	K_2O	MgO	B
Summe									

10. Quellenverzeichnis

Datenbasis für diese Düngeempfehlung:
Die Grunddaten für die hier gemachten Empfehlungen beruhen auf umfangreichen Untersuchungsergebnisse, die von der Arbeitsgruppe Düngung im Gemüsebau unter Federführung von Herr Dr. Matthias Fink und Frau Carmen Feller am IGZ Großbeeren in der Broschüre „Düngung im Gemüsebau“ zusammengetragen wurden. Die Empfehlungen zur Stickstoffversorgung erfolgen hier nach dem Prinzip des Kulturbegleitenden-Nmin-Sollwerte-Systems (KNS-System)

Düngung im Gemüsebau, 2. Auflage 2007:
Fink Matthias, Carmen Feller, Laber Hermann, Achim Maync, Peter J. Paschold, Hans-Christoph Scharpf, Josef Schlaghecken, Klaus Strohmeyer, Ulrike Weier und Joachim Ziegler.
IGZ Großbeeren, 266 Seiten

Ordnungsgemäße Stickstoff-Versorgung im Freiland-Gemüsebau, nach dem „Kulturbegleitendem Nmin-Sollwerte (KNS)-System (1989):
Lorenz Hans Peter, Josef Schlaghecken, Gerhard Engl, Achim Manyc und Joachim Ziegler unter Mitarbeit von Klaus Strohmeyer.
Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz, Mainz, 85 S.

Visuplant (2007):
Bergmann Werner, H. Heß, G. Marks, W. Zorn, H. Gernat, M. Kerschberger
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Jena, Internet: www.tll.de/visuplant

Weitere Quellen:
Bolap GmbH (2007): Düngeempfehlung für 160 Kulturen
Crüger Gerd (2002): Pflanzenschutz im Gemüsebau, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
Krug Helmut, Liebig Hans-Peter, Stützel Hartmut (2002): Gemüseproduktion, Eugen Ulmer Verlag,
LVG Hannover-Ahlem (1987): Kohlrabi Düngung, Versuche im deutschen Gartenbau, S. 58-62
Schlaghecken, Josef (1988): Gründüngung im Gemüsebau, Neustadter Hefte, Heft Nr. 18
Wonneberger Christoph, Keller Fritz (2004): Gemüsebau, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

Bildquellen:
Forschungsanstalt Gartenbau Weihenstephan, Freising, Katharina Anneser
DLR-Rheinpfalz, Neustadt/Wstr., Josef Schlaghecken

Manuskriptdurchsicht:
Wir danken Frau Dipl.-Ing. (FH) Katharina Anneser, vom Institut für Gartenbau, Leitung Prof. Dr. Elke Meinken von der Forschungsanstalt für Gartenbau in Freising-Weihenstephan, Herrn Dr. Reinhardt Hähndel, BASF und Herrn Jürgen Schäfer am DLR-Rheinpfalz für die kritische, fachliche Überprüfung des Manuskriptes.

11. Bezug der Praktikeranleitung

Bestelladresse für einen Farbausdruck:
DLR-Rheinpfalz
67435 Neustadt/Wstr., Breitenweg 71
Tel. 06321/671-266, Fax: 06321/671- 402
oder über Internet:
www.dlr-rheinpfalz.rlp.de unter der Rubrik „Bestellungen“

Copyright:
- Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck oder Veröffentlichung nur mit Genehmigung
- Alle Angaben ohne Gewähr!

Preis:
- Kostenlos abrufbar für Hortigatemitglieder unter www.hortigate.de,
  Suche: „Praktikeranleitung Kohlrabi“
- Bei Bestellung eines Farbausdruckes mit 26 Seiten + 32 Abbildungen: 5,50 € plus Versandkosten