

Forschungsbericht

Vergleich von N-Düngerformen und Spezialdüngern bei Weißkohl Abschlussbericht

Forschungs-Nr.: 5/082

Laufzeit: 01.01.2008 – 31.03.2010

**verantw.
Themenbearbeiter:** G. Hirthe

Mitarbeiter: D. Inwald

April 2010

Themenbearbeiter

Institutsleiter

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielstellung	2
2	Material und Methoden	3
2.1	Düngung	3
2.2	Versuchsdurchführung	4
2.3	Proben und Analysen	5
2.4	Bonituren und Messungen, Lagerung	6
2.5	Versuchsanlage und statistische Verrechnung	6
3	Ergebnisse	7
3.1	Aufwuchs	7
3.2	Marktfähiger Ertrag	7
3.3	Pflanzeninhaltsstoffe	10
3.4	Lagerung	11
3.5	Wirtschaftlichkeitsberechnung	12
3.6	Stickstoffbilanz	13
4	Zusammenfassung	15

Literatur

Anlagen

1 Einleitung und Zielstellung

Im Freilandgemüsebau besteht ein erhöhtes Risiko der NO_3 -Auswaschung. Der Einsatz von N-Düngern mit Nitrifikationsinhibitoren (ENTEC, Alzon, AHL+Piadin) kann dazu beitragen, die NO_3 -Bildung im Vergleich zur Praxisdüngung zu reduzieren. Die Eignung dieser Dünger für den Anbau von Lagerkohl wurde bisher kaum überprüft. Da in den letzten Jahren die Preise für einzelne N-Handelsdünger stark schwankten, sind die Gemüseanbauer an einem Vergleich der Ertragswirksamkeit der verschiedenen Düngerformen sehr interessiert. Neben Ertragseffekten sind Auswirkungen auf die Pflanzengesundheit und Qualität sowie insbesondere auf die Lagerfähigkeit von Bedeutung. Mit dem deutlichen Rückgang der Schwefeldioxid-Emissionen kommt es verstärkt zu Schwefelmangel, insbesondere bei bedürftigen Kulturen wie Weißkohl. Schwefelhaltige Dünger können einen Beitrag zur Ertrags- und Qualitätssicherung bei diesen Kulturen leisten. Häufig werden auch Spezialdünger beworben, deren Nutzen vom Anbauer nicht überprüft werden kann.

Ein Vergleich verschiedener N-Handelsdünger sollte Auskunft über ihre Ertrags- und Qualitätswirksamkeit geben. Dabei wurde in den Versuchen speziell Augenmerk auf den Schwefelgehalt der Dünger gelegt. Lagerversuche sollten Aufschluss über die Auswirkungen auf die erzielbaren Erlöse ermöglichen. Neben stabilisierten und schwefelhaltigen Düngern wurden auch Spezialdünger für die Jungpflanzenbehandlung oder Blattapplikationen gesondert betrachtet. Die Versuche wurden in Abstimmung mit dem Gemüsebauberatungsring Dithmarschen geplant und in Anlehnung an einen ähnlichen Versuch der LWK Schleswig-Holstein durchgeführt.

2 Material und Methoden

2.1 Düngung

Die Düngungsvarianten wurden mit dem Gemüsebauberatungsring Dithmarschen abgestimmt. Eine Übersicht über die Versuchsglieder (VGL) gibt Tab. 1. Die Spezialdünger wurden jeweils in Kombination mit anderen Düngerformen eingesetzt, welche in weiteren Varianten in Reinform appliziert wurden. Eine detaillierte Beschreibung der im Versuch angewandten Düngerformen findet sich in Tab. 2.

Tab. 1: Versuchsvarianten 2008/2009

VGL	Düngegaben (kg N/ha)		Düngerform
	2008	2009	
1	150/120/80	150/100/60	KAS
2	150/120/80	150/100/60	KAS + Schwedokal
3	150/120/80	150/100/60	ASS
4	150/120/80	150/100/60	ASS + Physiomax
5	350	310	Entec 26
6	350	310	Entec 26 + Kelpak
7	150/200	150/160	AHL/Entec 26
8	150/200	150/160	AHL+Piadin/Entec 26
9	170/100/80	170/80/60	NPK/Kalkstickstoff/Entec 26
10	180/170	160/150	Kalkstickstoff

Tab. 2: Erläuterungen zu angewandten Düngern und Hilfsstoffen

Bezeichnung	Beschreibung	Nährstoffgehalte (N, P, K)
KAS	Kalkammonsalpeter, nitratbetonter N-Dünger	27, 0, 0
ASS	Ammonsulfatsalpeter, ammoniumbetonter N-Dünger	26, 0, 0 + 13 S
Entec 26	durch DMPP stabilisiertes Ammonium	26, 0, 0 + 17 S
AHL	Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung, 50 % Amidstickstoff + 50 % Ammoniumnitrat	28, 0, 0
NPK	Mehrnährstoffdünger	24, 6, 12
Kalkstickstoff	Calciumcyanamid	20, 0, 0
Schwedokal (BvG)	elementarer Schwefel	Granulat 90 %ig flüssig 80 %ig
Physiomax (Timac)	Algenkalk zur Bodenverbesserung	
Kelpak (Compo)	Algenkonzentrat mit Auxinen zur Wachstumssteigerung	
Piadin	Ammoniumstabilisator	

Im ersten Versuchsjahr wurden in allen Varianten 350 kg N/ha, im Jahr 2009 310 kg N/ha ohne Berücksichtigung der Bodengehalte gedüngt. Tab. 3 gibt Auskunft über die Termine der einzelnen Düngungsgaben und die Anwendung der Spezialdünger.

Die Düngerausbringung erfolgte mittels eines Hege-Geräteträgers mit Parzellendüngerstreuer oder per Hand bei Überkopfdüngung. Schwedokal und Kelpak wurden mit Hilfe einer Rückenspritze ausgebracht. Der Dünger wurde entweder bei der Pflanzbettbereitung durch Fräsen oder bei späteren Gaben durch nachfolgende Maschinenhacke bzw. Handhacke eingearbeitet.

Tab. 3: Termine der Düngergaben und Besonderheiten der N-Düngung

VGL	Besonderheiten der Düngungsmaßnahmen
1, 2, 3, 4 u. 9	1. Gabe = Startdüngung zur Pflanzung, 2. Gabe 10 Tage nach Pflanzung, 3. Gabe 24 Tage nach Pflanzung
4	500 g/300 Pflanzen Physiomax vor der Pflanzung über Trays gestreut, über mehrere Tage mit Gießwasser aufgelöst.
2	Ausbringung von 35 kg/ha „Schwedokal 90“ Granulat vor Pflanzung, Spritzung von 5 x 3 l/ha „Schwedokal 80“ nach Pflanzung
5 u. 6	eine Gabe zur Pflanzung
6	Tauchen der Wurzelballen vor Pflanzung in 1%-Kelpak-Lösung, anschließend 3 Spritzungen (jeweils 3 l/ha) im Abstand von 21 Tagen
7 u. 8	1. Gabe = Startdüngung zur Pflanzung, 2. Gabe 21 Tage nach Pflanzung
8	Mischen von AHL mit 6 l/ha Piadin
10	1. Gabe 14 Tage vor Pflanzung, 2. Gabe 24 Tage nach Pflanzung

Die Düngung mit Phosphat und Kali erfolgte schlagweise in Abhängigkeit von der Bodenanalyse (siehe Anlage 2). Im Frühjahr 2008 wurden 70 kg/ha P_2O_5 als Triplephosphat und 250 kg/ha K_2O über Patentkali gedüngt. 2009 erfolgte keine Grunddüngung mit Kali und Phosphor. Zur Ergänzung von Spurennährstoffen wurde 2009 Solubor 3,0 l/ha 11 Wochen nach der Pflanzung gespritzt.

2.2 Versuchsdurchführung

Die Versuchskultur war Weißkohl der Sorte 'Lennox'. Die Jungpflanzen wurden aus Dithmarschen bezogen. Die Bestandesdichte entsprach 32.500 Pflanzen je Hektar. Es wurde mittels eines Scherenauslegers über Kopf beregnet. Die Steuerung der Beregnung erfolgte nach klimatischer Wasserbilanz (Geisenheimer Methode). Der Einsatz von Zusatzwasser betrug 2008 162 mm und 2009 197 mm.

Tab. 4: Daten der Versuchsdurchführung

Sorte:	'Lennox'	Standort/Schlag:	Gülzow, Schlag 2/3 (2008/09)
Aussaattermin:	A 04 (KW 15)	Pflanzung:	M 05 (KW 21)
Pflanzenbedarf:	5000 (4320) Stück	Vorkultur 2008	Winterweizen
Reihenabstand:	50 cm	Vorkultur 2009	Phacelia
Beetbreite:	300 cm mit 6 Reihen	Abstand in Reihe:	61,5 cm
Parzellengröße	24 m ²	Beetlänge:	800 cm (13 Pflanzen)
Gesamtfläche:	1224 (960) m ²	Ernte:	41./42. KW (2008/09)

Zur Unkrautbekämpfung wurden Butisan und 2009 zusätzlich Stomp Aqua eingesetzt. Bei Bedarf erfolgten Maschinen- oder Handhacke. Die Anwendung von Fungiziden und Insektiziden ist Tab. 5 zu entnehmen. Im Versuchsjahr 2008 wurden nur die Wiederholungen C und D mit Fungiziden behandelt, um Auswirkungen der Düngervarianten auf die Pflanzengesundheit erfassen zu können.

Tab. 5: Pflanzenschutzmaßnahmen

Anwendungszeitpunkt	Fungizid	Insektizid
20.06.2008	-	Xen Tari
08.07.2008	Ortiva	Plenum, Fastac Sc
31.07.2008	Signum	Pirimor Xen Tari
10.09.2008	Score	Karate Zeon, Xen Tari
14.07.2009	Ortiva	Karate Zeon, Calypso, Xen Tari
22.07.2009	Signum	Plenum, Pirimor
07.08.2009	Rovral	Calypso, Xen Tari
08.09.2009	Score	Bulldock, Spintor

2.3 Proben und Analysen

Die Ermittlung des Nährstoffstatus des Bodens erfolgte auf den Versuchsschlägen jeweils durch eine Mischprobe im Vorjahr bis zu einer Tiefe von 60 cm. Anfang Mai wurde eine Mischprobe zur Bestimmung des N_{min}-Gehaltes und des SO₄-Gehaltes in 0 – 30 cm und 30 - 60 cm Tiefe gezogen. Nach der Ernte wurden je Variante Mischproben bis 90 cm Tiefe gezogen und auf N_{min} und SO₄ analysiert. Es erfolgten variantenweise Untersuchungen des Erntegutes und der Erntereste auf den N_t-Gehalt. Eine Analyse auf Schwefel- und Glucosinolatgehalte fand zusätzlich beim Erntegut statt.

2.4 Bonituren und Messungen, Lagerung

Die gesamten Pflanzen wurden gewogen, der Kopf herausgeschnitten, auf Krankheiten untersucht und nach dem Abputzen schadhafter Blätter erneut das Gewicht festgestellt. Ferner wurden Fehlstellen im Bestand zum Erntezeitpunkt erfasst. Jeweils 15 Köpfe je Variante wurden bei 0,5 °C und 95 % Luftfeuchte eingelagert. Die Auslagerung erfolgte 2008 Anfang und 2009 Ende Februar. Dabei wurde das Kopfgewicht einmal vor und einmal nach Putzen ermittelt.

2.5 Versuchsanlage und statistische Verrechnung

Beide Versuche wurden als randomisierte, einfaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt (siehe Anlage 1).

Die Verrechnung der Ergebnisse erfolgte durch das Programm PIAFStat und wurde von Frau Bombowski, Sachgebiet 23 vorgenommen. Sind in Graphen Fehlerbalken enthalten, so entsprechen diese den geringsten signifikanten Differenzen (LSD), bei $\alpha = 0,05$. Auf eine 2-jährige Verrechnung der Versuchsergebnisse wurde verzichtet, da die in beiden Jahren voneinander abweichende N-Ausbringung Differenzen der Ertragsparameter beeinflussen kann.

3 Ergebnisse

3.1 Aufwuchs

Der Gesamtaufwuchs lag 2008 mit durchschnittlich 1895 dt/ha um 157 dt/ha höher als 2009. Dies könnte eine Folge der 2009 um 40 kg N/ha verringerten N-Ausbringung sein.

Tab. 6: Aufwuchs an Weißkohl über beide Versuchsjahre

	Gesamtaufwuchs (Frischmasse) in dt/ha										
VGL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
2008	1872	1967	2004	1929	1972	1861	1853	1892	1877	1723	1895
2009	1714	1711	1766	1806	1743	1700	1828	1760	1711	1646	1738

Die ASS- und AHL + Entec 26-Varianten (VGL 3,4,7 und 8) lagen in beiden Jahren im oberen Bereich bezüglich des Aufwuchses. Den geringsten Aufwuchs wies in beiden Jahren die Kalkstickstoffvariante auf.

3.2 Marktfähiger Ertrag

Trotz des deutlich größeren Gesamtaufwuchses in 2008 war der marktfähige Ertrag in diesem Versuchsjahr mit durchschnittlich 1088 dt/ha (Abb. 1) um 3 dt/ha geringer als in 2009 (Abb. 2). Der höhere N-Einsatz 2008 bewirkte demnach die Bildung zusätzlicher Blattmasse bei vergleichbaren Kopfgewichten. Die Stickstoffeffizienz war somit 2009 besser als im Versuch 2008. Darauf weist auch der 2009 deutlich höhere N-Harvest-Index (Tab. 7) hin. Auffallend niedrig war der N-Harvest-Index in der Variante mit alleiniger Kalkstickstoff-Düngung (VGL 10).

Tab. 7: N-Harvest-Index (N-Menge im Erntegut in % des Gesamtpflanzen-N)

VGL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
2008	0,54	0,53	0,54	0,53	0,52	0,52	0,54	0,52	0,53	0,50	0,53
2009	0,59	0,58	0,58	0,58	0,55	0,57	0,55	0,57	0,58	0,52	0,57

Im Vergleich der Varianten wiesen 2008 nur AHL + Entec 26, Entec 26 + Kelpak und die reine Kalkstickstoff-Düngung einen signifikant niedrigeren Ertrag als die mit 1174 dt/ha beste Variante ASS auf (siehe Abb. 1). Die Kalkstickstoff-Düngung erzielte zudem einen eindeutig niedrigeren Ertrag als die Versuchsglieder 1 – 5 und 8. Alle weiteren Ertragsunterschiede waren nicht abgesichert.

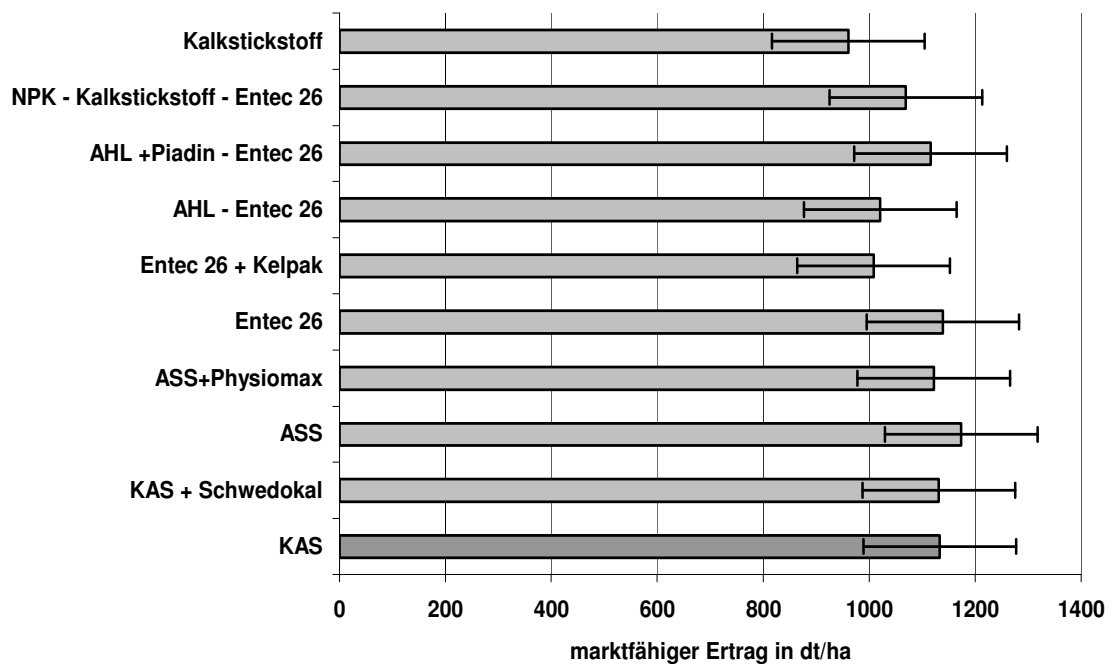


Abb. 1: Marktfähiger Ertrag des Versuchs 2008 (Fehlerbalken = LSD, $\alpha = 0,05$)

Dieses Ergebnis bestätigte sich 2009 nicht (Abb. 2). Beste Variante war mit 1195 dt/ha AHL + Entec 26. Signifikant niedriger waren die Erträge nur in den beiden KAS-Varianten sowie nach Kalkstickstoff-Düngung. Die Variante KAS + Schwedokal war eindeutig schlechter als alle anderen Varianten. Sonstige Ertragsdifferenzen waren nicht wesentlich. Der niedrige Ertrag der KAS-Varianten war durch einen gegenüber den anderen Varianten erhöhten Ausfall bedingt. Bei Kalkstickstoff war ein deutlich geringeres Kopfgewicht die Ursache (siehe Tab. 8).

Tab. 8: Mittleres Kopfgewicht in g

VGL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW
2008	3607	3797	3835	3766	3823	3546	3523	3615	3524	3167	3620
2009	3629	3579	3748	3761	3589	3544	3770	3638	3578	3258	3610

Über beide Versuchsjahre betrachtet wurden mit der Düngung durch ASS bzw. ASS + Piadin die höchsten Erträge erzielt. Deutlich niedriger als bei den besten Varianten fielen in beiden Jahren die Erträge der reinen Kalkstickstoff-Düngung aus. Alle anderen Varianten wiesen in den zwei Versuchsjahren im Vergleich zum Standard KAS schwankende Erträge auf.

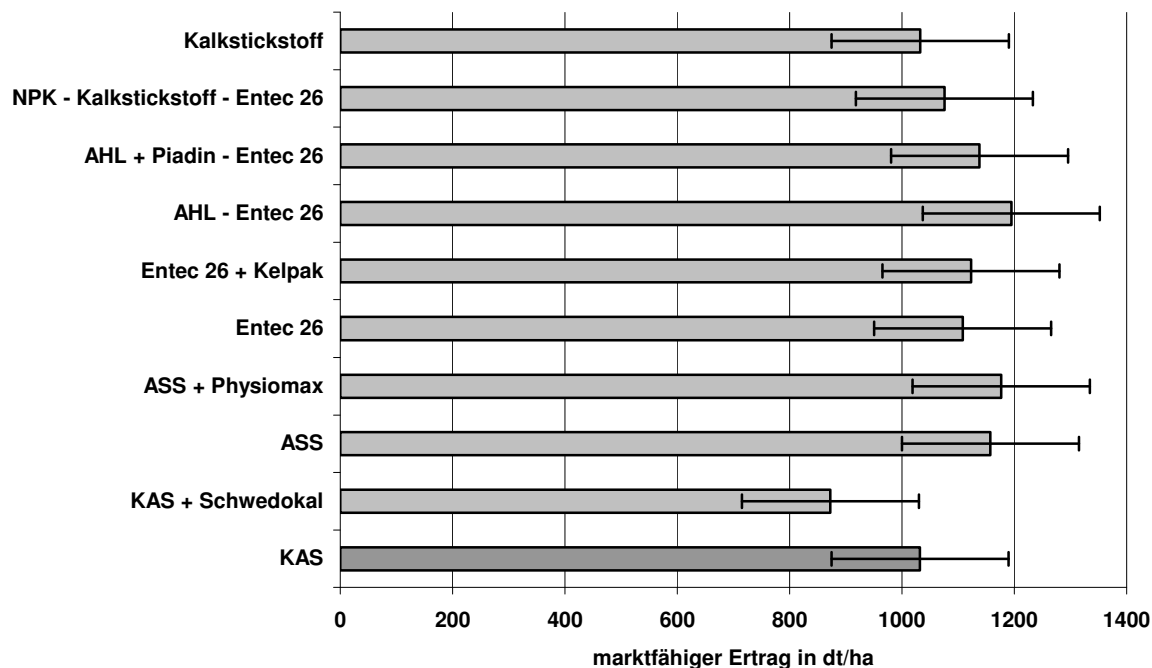


Abb. 2: Marktfähiger Ertrag des Versuchs 2009 (Fehlerbalken = LSD, $\alpha = 0,05$)

Der zusätzliche Einsatz von Kelpak hatte 2009 keinen Effekt auf den Ertrag. 2008 war der Ertrag sogar erheblich geringer als in der reinen Entec-Variante. Zur Pflanzung fielen die mit Physiomax behandelten Jungpflanzen durch ihre deutlich grünere Blattfärbung auf. Die anscheinend bessere Nährstoffversorgung der Jungpflanzen war jedoch in beiden Jahren nicht ertragsrelevant.

Tab. 9: Anteil marktfähiger Köpfe in %

VGL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2008	97	92	94	92	92	88	89	95	93	93
2008 ohne Fungizid	93	90	88	88	90	83	83	90	87	88
2009	88	75	95	96	95	98	98	96	93	98

Die Düngung mit Schwedokal zur Pflanzung und über das Blatt hatte 2008 keinen und 2009 einen negativen Effekt. Der niedrige Ertrag 2009 resultiert aus einem geringen Anteil vermarktungsfähiger Ernteware in dieser Variante (siehe Tab. 9). Hier war ein hoher Ausfall durch bakterielle Fäulnis in 2 Wiederholungen zu verzeichnen. Inwiefern dies eine Folge der Schwedokal-Spritzungen oder ein zufälliger Effekt ist, lässt sich nicht beurteilen. Ähnlich hohe Ausfallraten traten jedoch in keiner anderen Variante auf.

Der Vergleich der Marktfähigkeit unter Weglassung von Fungizidbehandlungen 2008 zeigt nur geringe Unterschiede. Lediglich die Varianten Entec 26 + Kelpak bzw. AHL + Entec 26 fallen gegenüber den Vergleichsvarianten leicht ab. Eine statistische Absicherung dieser Aussage ist jedoch nicht möglich. Auffällig ist, dass die Variante mit Schwedokal und die Kalkstickstoffdüngung im Vergleich zur standardmäßigen KAS-Düngung abfallen, obwohl beide Dünger mit ihrer fungiziden Nebenwirkung beworben werden. Überwiegende Ausfallursache in allen Varianten war bakterielle Fäulnis. Somit konnte sich die fungizide Wirkung von Schwedokal und Kalkstickstoff kaum auf die Pflanzengesundheit auswirken.

3.3 Pflanzeninhaltsstoffe

Die Nitratwerte des Ernteguts lagen mit maximal 308 ppm in der Frischmasse deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert von 2000 ppm und unterschritten im Mittel sogar den Grenzwert für Babynahrung von 250 ppm. Sie waren jedoch 2009 bei einem niedrigeren N-Düngungsniveau mit durchschnittlich 121 ppm deutlich unter den Werten von 2008 (206 ppm in der Frischmasse).

Tab. 10: Glucosinolatgehalt, Schwefelgehalt und Schwefeldüngung für beide Versuchsjahre

VGL	Gesamt-GSL in $\mu\text{mol/g TS}$		S in % TM		Schwefeldüngung in kg SO_4/ha	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
1	22,00	13,50	0,33	0,33	0	0
2	20,50	14,20	0,35	0,34	40 rein S	40 rein S
3	22,50	22,50	0,43	0,55	175	155
4	22,00	22,40	0,43	0,56	175	155
5	25,00	20,80	0,41	0,53	229	203
6	22,40	22,10	0,40	0,54	229	203
7	23,40	21,70	0,38	0,51	131	105
8	23,90	21,80	0,40	0,50	131	105
9	21,10	20,10	0,39	0,47	52	39
10	23,80	15,90	0,36	0,36	0	0

Auffällig niedrig waren 2009 die Glucosinolatgehalte in den beiden KAS-Varianten und bei der Kalkstickstoffvariante (Tab. 10). 2008 traten solche deutlichen Differenzen zwischen den Varianten nicht auf. Dies liegt möglicherweise an der Ausbringung eines schwefelhaltigen Kalidüngers vor Pflanzung im Versuchsjahr 2008 (Schwefelausbringung über Patentkali 142 kg/ha SO_4). In beiden Jahren lagen die Schwefelgehalte im Erntegut dieser drei Varianten jedoch beträchtlich unter denen der restlichen Varianten. Unterdurchschnittlich waren die Schwefelgehalte in Varien-

te 9 (NPK + Kalkstickstoff + Entec 26). Bei den Schwefel- ($R^2 = 0,77$) und Glucosinolatgehalten ($R^2 = 0,64$) scheint ein direkter Zusammenhang mit der Schwefeldüngung der einzelnen Varianten zu bestehen (Vergl. auch Tab. 10). Der Einsatz von Schwedokal hatte keinen positiven Effekt auf die Schwefelversorgung der Versuchskultur. Ein Einfluss der Schwefelversorgung auf die Marktfähigkeit des Erntegutes lässt sich für 2008 nicht ableiten (Vergl. auch Tab. 9 und Tab. 10). 2009 waren die am besten schwefelversorgten Varianten 3 – 8, neben der Kalkstickstoff-Düngung, die mit der höchsten Vermarktungsfähigkeit.

3.4 Lagerung

In beiden Versuchsjahren wiesen die ASS-Varianten nach viermonatiger Lagerung die höchsten marktfähigen Erträge auf (Abb. 3 und Abb. 4). 2009 lagen zudem die Entec 26- und AHL-Varianten auf dem gleichen Niveau. Außerordentlich hohe relative Lagerungsverluste wurden 2008 bei der Variante KAS + Schwedokal verzeichnet (Tab. 11). Hierfür war ein übermäßig großer Putzbedarf ursächlich. Ansonsten wurden 2008 nur geringe Unterschiede bei den Putzverlusten festgestellt. Bei der Auslagerung des Kopfkohles aus 2009 traten in den Varianten KAS + Schwedokal, ASS + Physiomax und den AHL-Varianten hohe Putzverluste durch vereinzelte nicht verwertbare Köpfe auf. Höhere Atmungsverluste traten in beiden KAS-Varianten und bei Düngung mit Kalkstickstoff auf. Eine weitere Differenzierung der Lagerverluste ist nicht sinnvoll, da keine statistische Absicherung der Werte möglich ist.

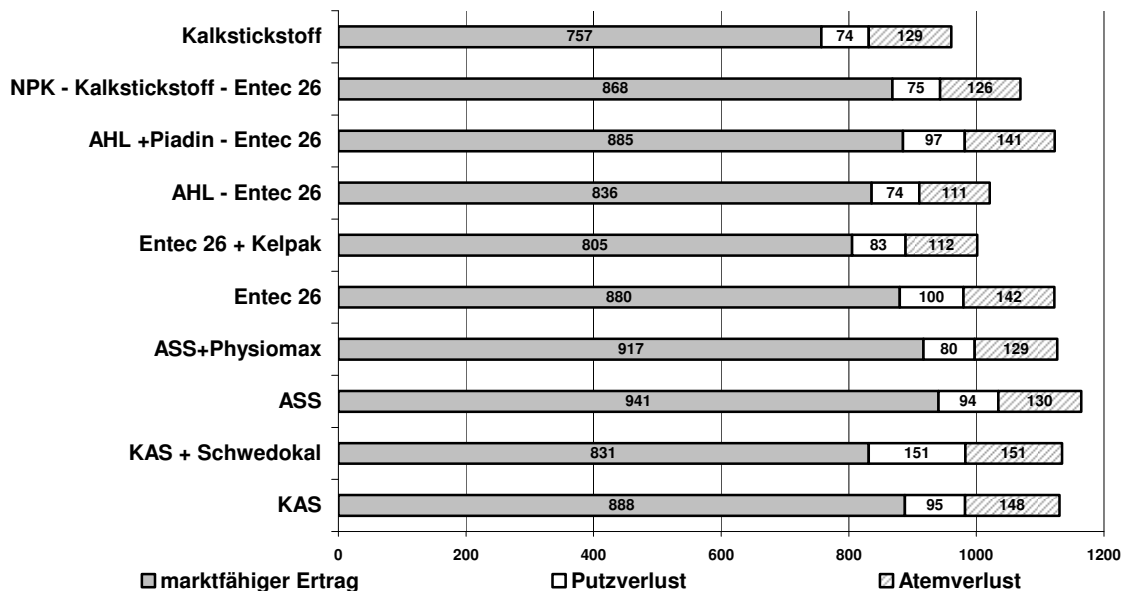


Abb. 3: Absolute Erträge und Verluste in dt/ha nach Lagerung 2008/2009 (Fehlerbalken = LSD, $\alpha = 0,05$)

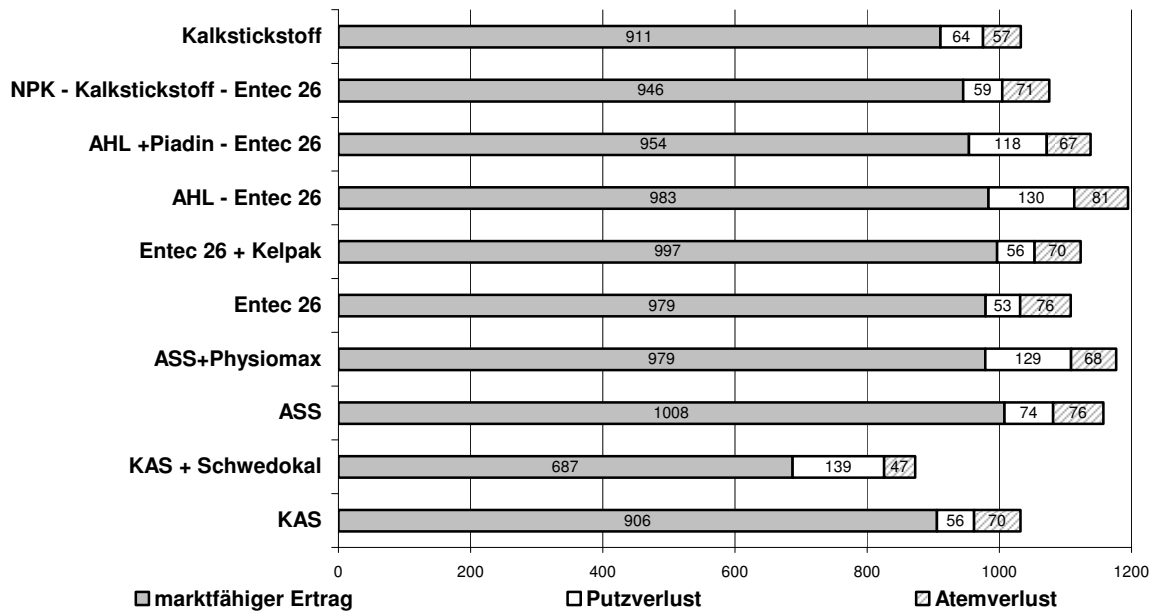


Abb. 4: Absolute Erträge und Verluste in dt/ha nach Lagerung 2009/2010 (Fehlerbalken = LSD, $\alpha = 0,05$)

Tab. 11: Relative Lagerungsverluste (* kennzeichnet Ausfall ganzer Köpfe)

VGL	Atemverlust in %		Putzverlust in %		Gesamtverlust in %	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
1	13,0	6,8	8,3	5,4	21,4	12,2
2	13,4	5,4	13,4*	15,9*	26,8	21,3
3	11,1	6,6	8,0	6,4	19,1	12,9
4	11,5	5,8	7,2	11,0*	18,7	16,8
5	12,5	6,9	8,8	4,7	21,2	11,6
6	11,1	6,2	8,3	5,0	19,4	11,2
7	10,8	6,8	7,3	10,9*	18,1	17,7
8	12,6	5,8	8,7	10,3*	21,3	16,2
9	11,8	6,6	7,0	5,5	18,8	12,1
10	13,5	5,6	7,7	6,2	21,2	11,8

3.5 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Betrachtet man die N-kostenfreie Leistung nach Lagerung, so war diese 2008 und 2009 unabhängig vom Abnahmepreis nach ASS-Düngung am höchsten. Niedrige Erträge hatten 2008 in der Kalkstickstoff-Variante geringe Erlöse, bei gleichzeitig sehr hohen Düngerkosten zur Folge (siehe Tab. 12). 2009 wurde, bedingt durch eine geringe Marktfähigkeit bei der Ernte und hohe Lagerverluste, eine deutlich unterdurchschnittliche N-kostenfreie Leistung bei der Variante KAS + Schwedokal erzielt (siehe Tab. 13). Auch die Kalkstickstoffdüngung erzielte, verglichen mit den restlichen Varianten, beträchtlich niedrigere Erlöse.

Tab. 12: N-kostenfreie Leistung nach Auslagerung 2008
(wirtschaftlichste Variante fett, unwirtschaftlichste Variante grau hinterlegt)

VGL	Erträge	Düngerkosten	N-kostenfreie Leistung bei Kohlpreis von:				
	dt/ha	€/kg N	3 €/dt	5 €/dt	10 €/dt	20 €/dt	30 €/dt
1	888	508	2157	3933	8373	17253	26133
2	831	508	1986	3648	7803	16113	24423
3	941	455	2368	4250	8955	18365	27775
4	917	455	2296	4130	8715	17885	27055
5	880	805	1835	3595	7995	16795	25595
6	805	805	1610	3220	7245	15295	23345
7	836	663	1846	3518	7698	16058	24418
8	885	663	1993	3763	8188	17038	25888
9	868	854	1750	3486	7826	16506	25186
10	757	966	1305	2819	6604	14174	21744

Tab. 13: N-kostenfreie Leistung nach Auslagerung 2009
(wirtschaftlichste Variante fett, unwirtschaftlichste Variante grau hinterlegt)

VGL	Erträge	Düngerkosten	N-kostenfreie Leistung bei Kohlpreis von:				
	dt/ha	€/kg N	3 €/dt	5 €/dt	10 €/dt	20 €/dt	30 €/dt
1	906	450	2269	4081	8611	17671	26731
2	687	450	1612	2986	6421	13291	20161
3	1008	403	2621	4637	9677	19757	29837
4	979	403	2534	4492	9387	19177	28967
5	979	713	2224	4182	9077	18867	28657
6	997	713	2278	4272	9257	19227	29197
7	983	571	2379	4345	9260	19090	28920
8	954	571	2292	4200	8970	18510	28050
9	946	744	2094	3986	8716	18176	27636
10	911	856	1877	3699	8254	17364	26474

3.6 Stickstoffbilanz

Mit 454 kg/ha war die Stickstoffaufnahme der oberirdischen Pflanzenteile 2008 um 50 kg/ha höher als 2009. Das weist ebenso, wie die geringen $N_{\min}$ -Reste in der Schicht von 0 - 90 cm zur Ernte von 42 kg/ha 2008 und 31 kg/ha 2009, auf eine nahezu vollständige Aufnahme des angebotenen Stickstoffs hin. Die Stickstoffaufnahme in Abhängigkeit vom Aufwuchs entspricht ziemlich den von Feller et al. (2007) ermittelten Werten für langsam wachsenden Industriekohl. Für die Netto-N-Mineralisierung (N im Aufwuchs + $N_{\min}$ zur Ernte - N-Düngung - $N_{\min}$ vor Pflanzung) aus der organischen Bodensubstanz während der Kulturdauer ergeben sich mit 76 kg N/ha

2008 und 65 kg N/ha 2009 etwas höhere Werte als in der Literatur (53 kg N/ha). Von den Werten der Stickstoffbilanz und der Erträge (Tab. 14) ist abzuleiten, dass die N-Düngungshöhe zumindest 2008 über dem Optimum lag.

Tab. 14: N-Bilanzierung

	Auf- wuchs N in kg/ha	Ertrag in dt/ha	Abfuhr N in kg/ha	Dün- gung N in kg/ha	N- Bilanz in kg/ha	Ernte- reste N in kg/ha	Pflanzung N _{min} in kg/ha 0 – 60 cm	Ernte N _{min} in kg/ha 0 – 60 cm
2008	454	1087	241	350	+ 109	214	59	31
2009	404	1091	230	310	+ 80	174	49	20

4 Zusammenfassung

Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass der Einfluss der Düngerform auf die Erträge und die Marktfähigkeit des Erntegutes relativ gering ist. Lediglich die etwas praxisferne Variante mit reiner Kalkstickstoffdüngung fällt gegenüber den anderen Varianten in beiden Jahren beim Ertrag ab. Kalkstickstoffdüngung führt zu niedrigerem Aufwuchs und geringeren Kopfgewichten bei etwa gleicher Marktfähigkeit. Tendenziell bessere Erträge als im Durchschnitt wurden lediglich mit ASS-Düngung erreicht. Die insgesamt geringen Ertragsdifferenzen lassen den Schluss zu, dass der Preis entscheidend für die Wahl der Düngerform bei Weißkohl sein sollte. Dies wird durch die Ergebnisse gleichartiger Versuche der LWK Schleswig-Holstein bestätigt. Auch bei langjähriger Betrachtung ließen sich dort keine Vorteile einer bestimmten N-Düngerform erkennen. Die relativen Erträge bezogen auf eine Standarddüngung schwankten von Jahr zu Jahr deutlich. Die wechselnde Vorteilhaftigkeit bestimmter Düngerformen wird von Bitter (2009, mdl. Mitt.) als abhängig vom Witterungsverlauf interpretiert. Außerdem beobachtete er, dass Varianten mit hohen Erträgen auch hohe Lagerverluste zur Folge haben, der Ertragsvorteil also nicht mit einem erhöhten Trockensubstanzanteil einhergeht. Ein Zusammenhang zwischen Ertragshöhe und Lagerverlusten lässt sich durch die hier vorliegenden Ergebnisse jedoch nicht bestätigen.

Effekte unterschiedlicher Schwefeldüngung auf den Ertrag lassen sich nicht eindeutig nachweisen. Die höchsten Erträge wiesen 2009 zwar Varianten mit hohen Schwefelgaben auf, 2008 konnte dieser Effekt durch eine mit Patentkali erfolgte Schwefelgrunddüngung nicht beobachtet werden. Einen nahezu direkten Einfluss hatte die Schwefelversorgung auf den Glucosinolat- und Schwefelgehalt des Erntegutes.

Der Einsatz von Spezialdüngern (Schwedokal, Physiomax) und Pflanzenhilfsmitteln (Kelpak) zur Wachsförderung führte zu keinem erkennbarem Vorteil. Die Mittel wirkten sich weder positiv auf den Ertrag noch auf die Lagerfähigkeit des Erntegutes aus. Die Düngung mit Reinschwefel (Schwedokal) lieferte nur einen geringen Beitrag zur Schwefelversorgung, was sich in relativ geringen Schwefel- und Glucosinolatgehalten widerspiegelte.

Ammoniumstabilisierte Dünger wirken sich nicht negativ auf die Erträge oder Lagerfähigkeit des Erntegutes aus. Bei der langen Standzeit des Kopfkohls ist dies auch nicht zu erwarten. Ihre eventuellen Vorzüge hinsichtlich der Vermeidung von Auswaschung nach Starkregenereignissen, konnten sie in den Versuchsjahren witterungsbedingt nicht nachweisen.

Sowohl in den zweijährigen Versuchen in Gülzow als auch in den langjährigen Versuchsreihen in Schleswig-Holstein haben sich keine eindeutigen Unterschiede zwischen den untersuchten Düngerformen ergeben. Der Fachbeirat des GKZ kam bei seinem Treffen im Dezember 2009 zu der Überzeugung, dass die Eignung der verschiedenen Düngerformen überwiegend durch die jeweilige Witterung bestimmt wird. Es wurde darum beschlossen, die Versuche sowohl in Gülzow als auch in Schleswig-Holstein einzustellen.

Literatur

Feller, C., Fink, M., Laber, H., Maync, A., Paschold, P.-J., Scharpf, H.-G., Schlaghecken, J., Strohmeyer, K., Weier, U., Ziegler, J. (2007). Düngung im Freilandgemüsebau. Schriftenreihe des Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren und Erfurt, 2. überarbeitete Auflage, 266 S.

Anlage 1

Kurzcharakteristik der Versuchsflächen und Versuchsanlage

natürliche Standorteinheit:	2008 D5b 2009 D3b
Bodentyp:	2008 Salmtiefsandlehm-Braunstaugley 2009 Sand-Braunstaugley sandlehmunterlagert
Bodenart:	stark lehmiger Sand
Ackerzahl:	40 - 46
langjährige mittlere Jahrestemperatur:	8,5 °C
langjähriger mittlerer Jahresniederschlag:	560 mm

Ergebnisse der Bodenanalyse

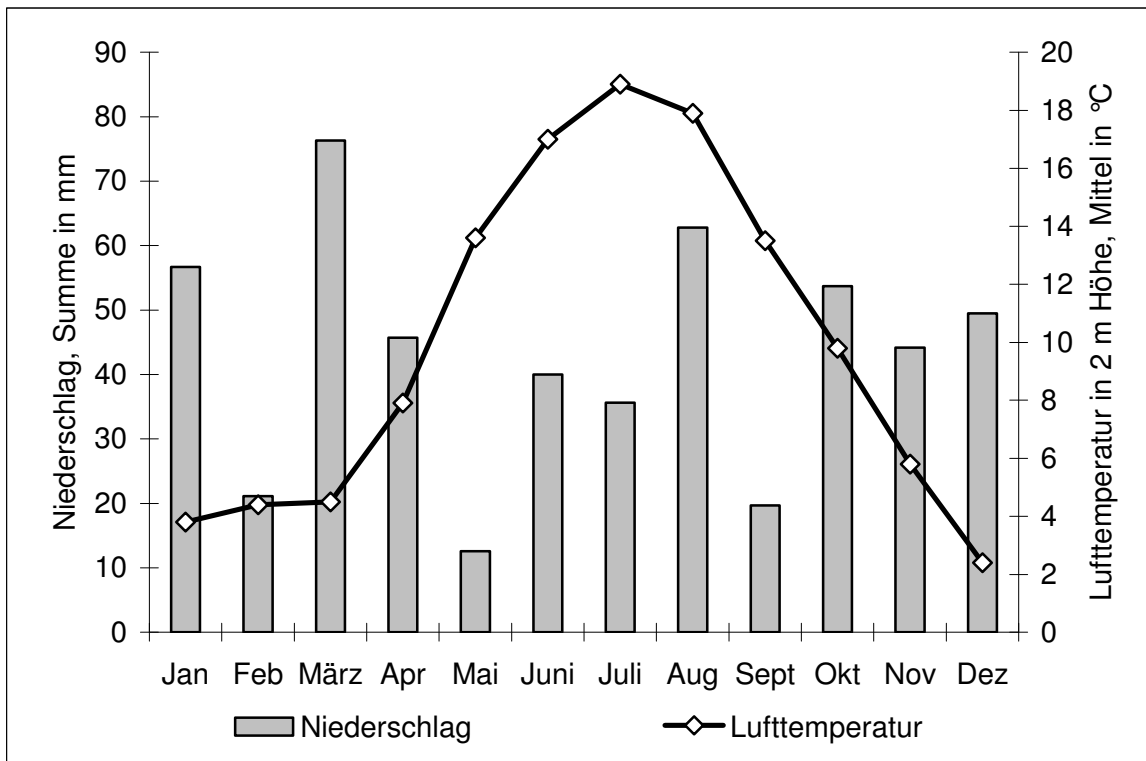
	Tiefe in cm	Bodenart	pH	OS in %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Mn	Mo
2008	0 - 30	IS	6,3	1,8	D	C	C	C	E	E
	30 - 60	IS	6,2	1,3	C	C	C	C	E	E
2009	0 - 30	IS	6,2	1,7	D	D	C	C	E	C
	30 - 60	IS	7,1	1,4	C	C	C	A	E	C

Versuchsanlage

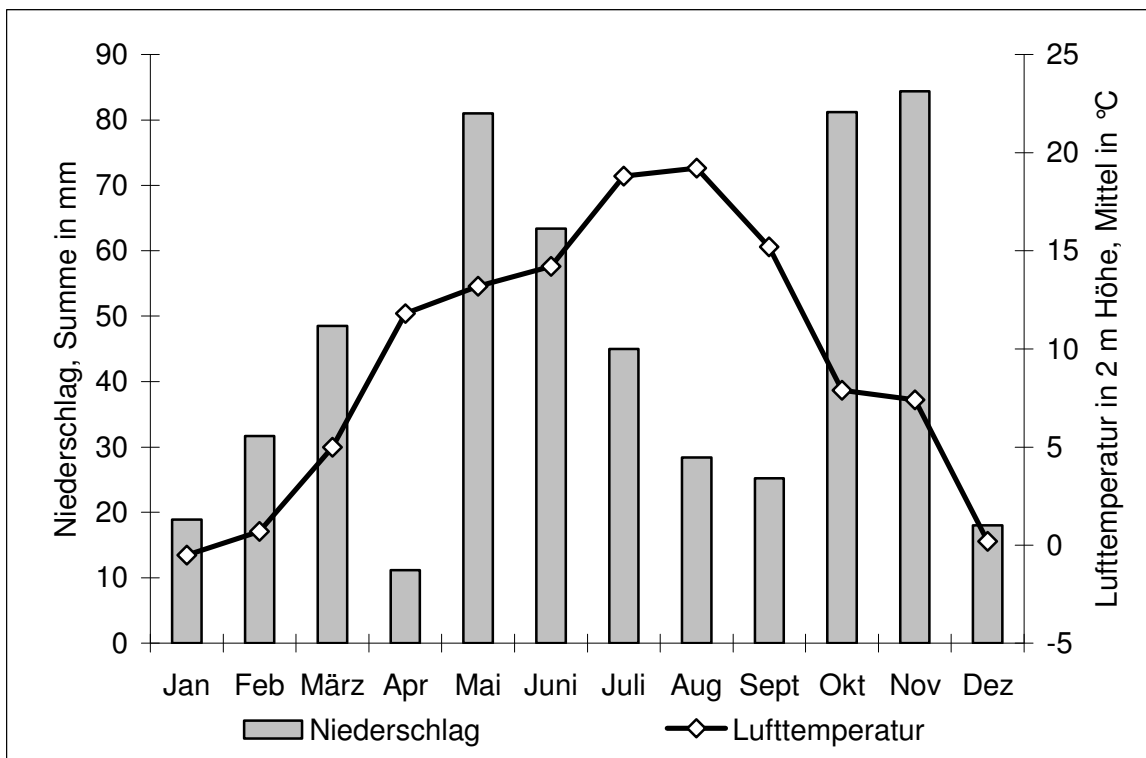
8 m	R	9	3	5	1	10	8	2	4	6	7	R
	R	8	6	4	7	2	5	9	10	3	1	R
	R	7	10	8	6	9	1	3	5	2	4	R
	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R
3 m												

Anlage 2

Witterungsverlauf im Versuchszeitraum



mittlere monatliche Temperatur und Niederschlagssummen 2008



mittlere monatliche Temperatur und Niederschlagssummen 2009

Niederschlagssummen und mittlere Jahrestemperatur der Versuchsjahre

	2008	2009
Mittlerer Jahresniederschlag	518 mm	537 mm
Mittlere Jahrestemperatur	10,0 °C	9,4 °C