

**Anfänglicher Schwefelmangel bei Winterspinat
offenbar durch S-Vorrat des Unterbodens
behoben; K-Düngung wieder ertragswirksam**

**Spinat, Winter
Schwefel, Stickstoff
Kalium**

Zusammenfassung

Bei einem Schwefel-Düngungsversuch mit Winterspinat am Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Dresden-Pillnitz zeigte sich ähnlich wie in einem Vorjahresversuch 4 Wochen vor der Ernte ein deutlicher Schwefelmangel in der S₀-Variante. Bis zur Ernte 'verwachsen' sich allerdings diese Symptome wiederum nahezu gänzlich. Dem entsprechend konnten keine positiven Ertragseffekte einer S-Düngung beobachtet werden. Eine Variante mit einer S-Düngung und damit verbundene K-Düngung (200 kg K₂O/ha) in Form von Korn-Kali[®] erzielte wiederum den höchsten Ertrag, gefolgt von einer Variante mit einer N-Aufdüngung auf 200 kg N_{min}/ha.

Versuchshintergrund u. -frage

Beim Anbau von Winterspinat traten im hiesigen Anbaugebiet immer wieder Symptome auf, die auf eine Nährstoff-Unterversorgung schließen ließen. 2008 wurde eine Schwefel-Unterversorgung als wahrscheinlichste Ursache für diese Mangelerscheinung erkannt. Auf Grund dieser Ergebnisse wurde 2009 in einem ersten Düngungsversuch untersucht, welches S-Angebot zu (Winter)Spinat notwendig ist und welche S-haltigen Düngemittel am besten zur Düngung geeignet sind (vgl. LABER 2008, 2009).

2010 wurde der Versuch zur Absicherung der Ergebnisse in ähnlicher Weise nochmals durchgeführt.

Material und Methoden

Der wegen einer zunächst missglückten Aussaat erst am 24. September 2009 gesäte Spinat kam trotz Kahlfröste von z. T. bis -16 °C unbeschadet durch den Winter 09/10. Ende Februar wurde der N_{min}- und S_{min}-Vorrat des Bodens bestimmt (Tab.), witterungsbedingt konnte dann aber (vor Einsetzen eines stärkeren Wachstums) erst am 19. März die Düngung durchgeführt werden. Bei einem N_{min}-Vorrat von 10 kg/ha (0-30 cm) wurde auf einem N_{min}-Sollwert von 160 kg N/ha aufgedüngt. Die Variante 'S-20 (N₂₀₀)' wurde auf einen N_{min}-Sollwert von 200 kg N/ha aufgedüngt, um ggf. eine N-Düngewirkung bei einer 'optimierten' S-Versorgung feststellen zu können (Tab.).

Die S-Düngung wurde mit 'Ammonsulfatsalpeter' (S als (NH₄)₂SO₄) über 0, 10, 20 und 30 kg S/ha gesteigert. In Variante 'S-20 (Sulfan)' kam 'Ammoniumnitrat mit Schwefel' (20 kg S/ha als CaSO₄, hier 'YARA Sulfan') zum Einsatz, das im Vorjahresversuch gewisse Probleme beim Lösungsverhalten zeigte und deshalb 'sicherheitshalber' nicht mehr für die S-Steigerung verwendet wurde. Das sich im Vorjahresversuch als besonders ertragswirksam gezeigte 'Korn-Kali[®]' (K-, Mg-, Na- und Cl-haltig) wurde ebenfalls mit einer Menge von 20 kg S/ha ausgebracht.

Nach der Düngemaßnahme am 19. März fielen am 21. März rund 8 mm Niederschlag, die, anders als im Vorjahr, auch das 'Ammoniumnitrat mit Schwefel' relativ gut lösten. Dieses deutlich bessere Lösungsverhalten des Düngers als im Vorjahresversuch könnte möglicherweise damit zusammengehangen haben, dass die Düngerkörner weniger von den noch relativ kleinen Spinatblättern gegen den Niederschlag 'geschützt' wurden.

**Versuche im deutschen Gartenbau
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie,
Abteilung Gartenbau, Dresden-Pillnitz
Bearbeiter: Hermann Laber**

2 0 1 0

Kulturdaten:

Bodenart: sL - L, 69-73 BP

Nährstoffe: P: 9,7 mg/100 g (GK D); K: 17,1 mg/100 g (D); Mg: 7,6 mg/100 g (D); pH: 6,3

- 24. Sept. '09: Aussaat: 300 Korn/m² (erhöhte Saatedichte), Sorte 'Wallis' (SVS)
- 25. Febr. '10: S_{min}- und N_{min}-Probe
 - 19. März: Düngung nach Versuchsplan
 - ca. 1. April: erste S-Mangelsymptome (Chlorosen) sichtbar
 - 7. April: Blattdüngung nach Versuchsplan
 - 26. April: 16 mm Beregnung
 - 5. Mai: Ernte mit Baby-Leaf-Ernter, 6 cm Schnitthöhe (9,16 m²/Parzelle, 4 Wiederholungen)
Ernterückstands-Bestimmung (0,95 m²/Parzelle), S_{min}- und N_{min}-Probe

Nach dem Auftreten von S-Mangelsymptomen wurden als mögliche 'Notmaßnahme' die Blattdünger Lebosol[®]-Schwefel⁸⁰⁰ (4 kg S/ha als elementarer Schwefel) und Wuxal[®] Schwefel (1,4 kg S/ha als 'wasserlöslicher' Schwefel; 2009 = 'Prüfmittel') gespritzt.

Auf Grund einer längeren niederschlagsarmen Periode wurde 9 Tage vor der Ernte eine Beregnung durchgeführt (16 mm). Bei einer aktuellen Analyse des verwendeten Brunnenwassers zeigte sich allerdings mit 118,6 mg SO₄/l (39,6 mg S/l) einen höheren S-Gehalt als vermutet, so dass mit dem Beregnungswasser 6,3 kg S/ha ausgebracht wurden.

Ergebnisse

Anfang April zeigten sich bei der Kontrolle (S-0) sowie bei den bis dato ebenfalls nicht mit S gedüngten Varianten 'S-4,0 (Lebo)' und 'S-1,4 (Wuxal)' beginnende Chlorosen. Daraufhin wurden am 7. April die Blattdüngungsmaßnahmen in diesen Varianten durchgeführt. Um den 12. April war die stärkste Ausprägung der S-Mangelsymptome zu beobachten, danach 'verwachsen' sich die Mangelsymptome ähnlich wie im Vorjahresversuch bis zur Ernte, wobei keine Unterschiede zwischen den 3 Varianten beobachtet werden konnten.

Wie im Vorjahresversuch zeigte die 'Korn-Kali'-Variante mit 343 dt/ha den höchsten **Marktertrag**, gefolgt von der auf 200 kg N_{min}/ha aufgedüngten Variante, die sich allerdings nicht signifikant von der Kontrolle unterschied (Abb. 1). Auffällig war, dass die mit S gedüngten Varianten (mit Ausnahme der nur wenig gedüngten Blattdüngungsvarianten) mit rund 250 dt/ha einen tendenziell geringeren Ertrag zeigten als die Kontrolle bzw. die Blattdüngungsvarianten (rund 280 dt/ha). Damit zeichnete sich, im Widerspruch zum vorjährigen Ergebnis, mit steigendem S-Angebot ein leichter Ertragsrückgang von rund 1,5 dt FM je kg gedüngtes S ab (Abb. 2). Dieser Ertragsrückgang könnte allerdings auch damit zusammenhängen, dass, mit Ausnahme der Sulfan-Variante, mit zunehmendem S-Angebot eine Erhöhung des NH₄-N-/NO³-N-Verhältnisses von 1,00 (S₀) auf bis zu 1,46 (S₃₀) bei der N-Gabe verbunden war (Tab.). Spinat reagiert bekanntermaßen negativ auf eine NH₄-N-betonte N-Düngung, nach Ergebnissen von HÄHNDEL (1984) allerdings nur, wenn diese N-Form durch Nitrifikationshemmer 'stabilisiert' ist. Dagegen fanden FELLER & RUPPEL aber auch bei nicht stabilisiertem Schwefelsaurem Ammoniak einen deutlich geringeren Ertrag als bei Kalisalpeter-Düngung, während KAS eine Mittelstellung einnahm.

Ähnlich wie im Vorjahresversuch wies die 'Korn-Kali'-Variante zwar den geringsten TS-Gehalt auf, zeigte tendenziell zusammen mit der N₂₀₀-Variante aber dennoch den höchsten TM-Ertrag. Die Menge an Ernterückständen lag relativ einheitlich bei rund 240 dt/ha, so dass der Harvest-Index bei den ertragsstarken Varianten entsprechend höher ausfiel als bei den ertragsschwächeren. Mit bis zu 600 dt/ha (Kali-Variante) wies der Spinat 'enorme' Aufwuchsmengen (Marktertrag + Ernterückstände) auf (Tab.).

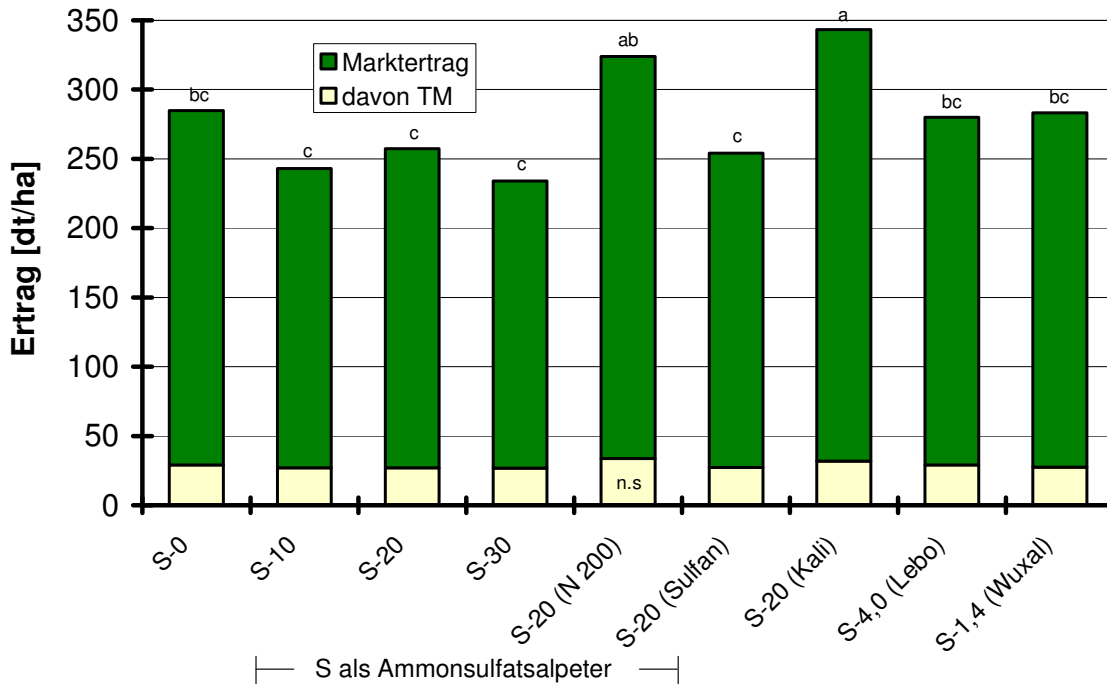


Abb. 3: Marktertrag (Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant, $GD_{\alpha < 0,05} = 55,1$ dt/ha)

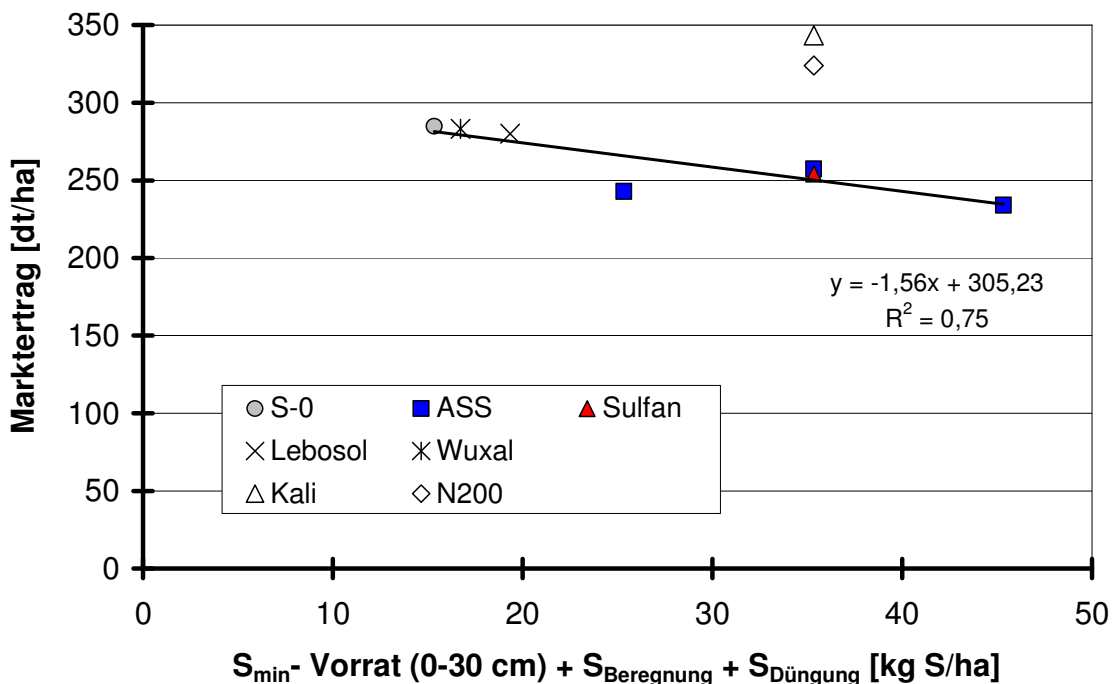


Abb. 2: Marktertrag in Abhängigkeit vom S-Angebot (Die N_{200} - und Kali-Variante wurde bei der Regressionsgeraden nicht einbezogen)

Der **S-Gehalt** der Marktware lag unabhängig vom S-Angebot bei durchschnittlich 0,39 % in der TS und damit in keiner Variante unterhalb des Grenzwertes von 0,30 bis 0,35 % (vgl. LABER 2008). Dagegen zeigte der S-Gehalt der Ernterückstände mit zunehmendem S-Angebot einen leichten Anstieg (Abb. 3). Auch das N/S-Verhältnis in der Marktware von maximal 11,6 (Kontrolle) wies nicht auf einem S-Mangel zum Erntezeitpunkt hin, so dass offensichtlich ab der 2. Aprilhälfte die S-Versorgung des Spinates durch das Erschließen der S-reichen Bodenschicht unterhalb 30 cm, der S-Menge aus dem Beregnungswasser und der S-Mineralisation gedeckt werden konnte. Die S-Aufnahme lag ähnlich wie im Vorjahresversuch bei maximal 20 kg S/ha.

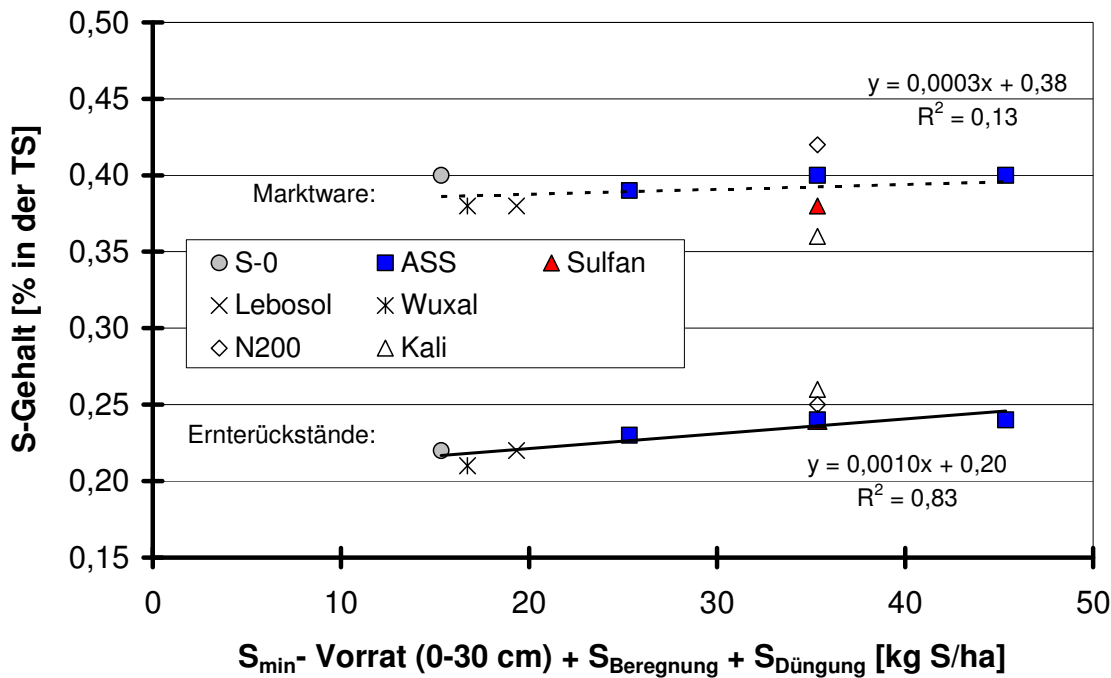


Abb. 3: S-Gehalt von Marktware und Ernterückständen in Abhängigkeit vom S-Angebot (Die N₂₀₀- und Kali-Variante wurde bei der Regressionsgeraden nicht einbezogen)

Auffallend gering war der **N-Gehalt** in der Marktware, der auch bei einer Aufdüngung auf 200 kg N_{min}/ha bei maximal 4,24 % in der TS lag (2009: 5,30 %). Die ertragsstarke Kali-Variante wies den geringsten N-Gehalt auf, der mit 3,75 % N schon im Bereich des Grenzwertes von 3,8 bis 5,0 % lag. Auch die geringen Nitratgehalte im Erntegut von durchschnittlich knapp 300 mg/kg und die nahezu vollständige Entleerung des Bodens auf N_{min}-Reste von rund 10 kg N/ha in der Schicht 0-60 cm (!) deuten auf ein eher limitiertes N-Angebot (unter den mit bis zu 600 dt Aufwuchs/ha sehr ertragsstarken Bedingungen) hin.

Mit zunehmendem S-Angebot war auch eine Abnahme der N-Gehalte in der Marktware und den Ernterückständen zu beobachten (Abb. 4), die sich durch die ja sogar tendenziell abnehmenden Erträge mit zunehmendem S-Angebot (vgl. Abb. 2) nicht mit einem Verdünnungseffekt erklären lassen und damit 'rätselhaft' bleiben. Letztendlich könnte auch dieser verminderte N-Gehalt mit zunehmendem S-Angebot die Ursache für den beobachteten Ertragsrückgang sein.

Fazit

Die anfänglichen Mangelsymptome in den ungedüngten Varianten wiesen wie im Vorjahresversuch klar auf einen (temporären) S-Mangel hin, der offensichtlich u. a. durch das hohe S-Angebot des Unterbodens 'behooben' wurde.

Der (wohlgemerkt) tendenzielle Ertragsrückgang mit steigender S-Düngung in Form von ASS könnte eventuell mit einer Verschiebung des NH₄-N-/NO₃-N-Verhältnisses zusammenhängen, so dass die Frage nach der günstigsten S-Düngerform (auf bedürftigen Standorten) weiterhin noch nicht ganz geklärt zu sein scheint. Uneingeschränkt günstig stellte sich in den beiden bisherigen Versuchsjahren allerdings das Korn-Kali[®] als 'Multinährstoffdünger' dar. Die hohe N-Aufnahme und die sehr geringen N_{min}-Reste geben Anlass, die N_{min}-Sollwerte für Winterspinat weiterhin kritisch zu hinterfragen.

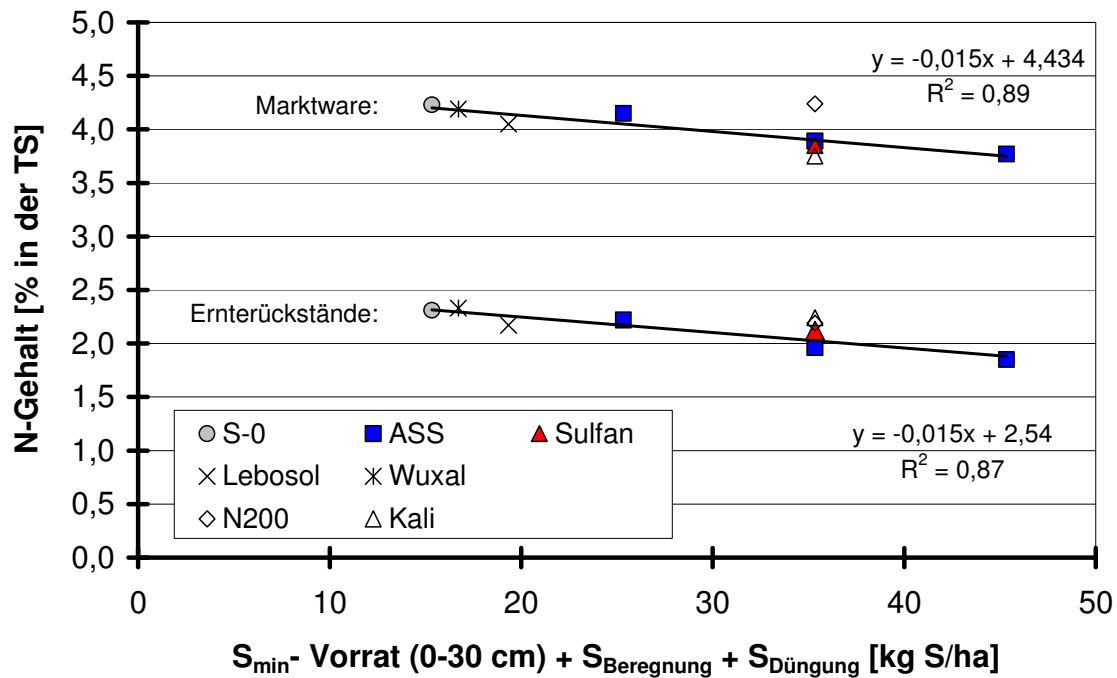


Abb. 4: N-Gehalt von Marktware und Ernterückständen in Abhängigkeit vom S-Angebot (Die N₂₀₀- und Kali-Variante wurde bei der Regressionsgeraden nicht einbezogen)

Literatur:

- FELLER, C. und S. RUPPEL (o. Datum): Unveröffentlichte Versuchsergebnisse mit verschiedenen N-Düngerformen bei Spinat im Rahmen von Untersuchungen zur 'Variabilität der N_{min}- und C_{mic}-Gehalte bei der Bodenprobenahme'. Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren
- HÄHNDEL, R. 1984: Beeinflussung des Nitratgehaltes von Spinat sowie von Kopfsalat, Rote Beete und Radies durch variierte N- und Cl-Ernährung. Diss. Uni. Hannover
- LABER, H. 2008: Möglicherweise Schwefelmangel Ursache für Chlorosen bei Winterspinat? www.hortigate.de
- LABER, H. 2009: Trotz anfänglich deutlicher Schwefelmangelsymptome nur geringe Ertragswirkung einer S-Düngung bei Winterspinat. www.hortigate.de

Tab.: Varianten, S_{min}- und N_{min}-Gehalte, Ertrag, S- und N-Gehalte

Variante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	S-0	S-10	S-20	S-30	S-20 (N ₂₀₀)	S-20 (Sulfan)	S-20 (Kali)	S-4 (Lebo)	S-1,4 (Wux)	
S_{min}-Vorrat [kg S/ha] 0-30 cm (25. Febr.)	9									
30-60 cm	37									
60-90 cm	64									
S-Beregnung [kg S/ha]¹⁾	6,3									
S-Düngung [kg S/ha]	0	10	20	30	20	20	20	4	1,4	
als	Ammonsulfatsalpeter (ASS)					Sulfan ²⁾	Kali ³⁾	Lebosol ⁴⁾	Wuxal ⁵⁾	
darin [kg /ha] N	0	19	37	56	37	80	0	0	1	
K₂O	0	0	0	0	0	0	200 ⁶⁾	0	0	
MgO	0	0	0	0	0	0	30	0	0	
N_{min}-Sollwert [kg N/ha]	160				200	160				
N_{min}-Vorrat [kg N/ha] 0-30 cm (25. Febr.)	10									
30-60 cm	25									
60-90 cm	47									
N-Düngung [kg N/ha] als KAS⁷⁾	150	131	113	94	153	70	150	150	149	
NH₄-N/NO₃-N-Verhältnis	1,00	1,13	1,28	1,46	1,22	1,00	1,00	1,00	1,00	
Marktertrag [dt/ha] (GD: 55,1 dt)	285	243	257	234	324	254	343	280	283	
TS-Gehalt [% der FS]⁸⁾	10,2	11,2	10,5	11,5	10,4	10,7	9,3	10,4	9,7	
TM-Ertrag [dt TM/ha] (n.s.)	29,0	27,1	27,1	26,8	33,6	27,2	31,9	29,2	27,4	
S-Gehalt [% in der TS]⁸⁾	0,40	0,39	0,40	0,40	0,42	0,38	0,36	0,38	0,38	
N-Gehalt [% in der TS]⁸⁾	4,23	4,15	3,89	3,77	4,24	3,85	3,75	4,05	4,19	
N/S-Verhältnis	10,6	10,6	9,7	9,4	10,1	10,1	10,4	10,7	11,0	
S im Marktertrag [kg S/ha]	11,6	10,6	10,8	10,7	14,1	10,3	11,5	11,1	10,4	
N im Marktertrag [kg N/ha]	123	113	105	101	143	105	119	118	115	
Nitrat-Gehalt [mg NO₃/kg FM]	367	190	273	115	332	321	232	240	494	
Ernterückstände [dt/ha] (n.s.)	237	232	229	217	234	250	256	235	251	
TS-Gehalt [% der FS]⁸⁾	9,2	10,0	10,5	11,5	9,6	9,2	8,7	9,2	9,4	
TM-Ertrag [dt TM/ha] (n.s.)	21,9	23,2	24,2	25,1	22,4	22,9	22,3	21,5	23,6	
S-Gehalt [% in der TS]⁸⁾	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,24	0,26	0,22	0,21	
N-Gehalt [% in der TS]⁸⁾	2,31	2,22	1,96	1,85	2,19	2,12	2,24	2,17	2,33	
N/S-Verhältnis	10,5	9,7	8,2	7,7	8,8	8,8	8,6	9,9	11,1	
S in Ernterückst. [kg S/ha]	4,8	5,3	5,8	6,0	5,6	5,5	5,8	4,7	5,0	
N in Ernterückst. [kg N/ha]	50	52	47	46	49	49	50	47	55	
Aufwuchs [dt/ha] (GD: 77,2 dt)	522	475	487	451	558	504	599	515	534	
Harvest-Index⁹⁾ [%] (GD: 4,5 %)	54,3	51,2	52,8	51,7	57,9	50,1	57,4	53,9	52,9	
TM-Aufwuchs [dt/ha] (n.s.)	50,9	50,4	51,2	51,9	56,1	50,1	54,1	50,7	51,0	
S im Aufwuchs [kg S/ha]	16,4	15,9	16,6	16,7	19,7	15,8	17,3	15,8	15,4	
N im Aufwuchs [kg N/ha]	173	164	153	148	192	153	169	165	170	
S_{min}-Rest [kg S/ha] 0-30 cm (5. Mai)	9	8	20	21	12	14	16			
30-60 cm	20	24	24	21	16	20	18			
60-90 cm	45									
N_{min}-Rest [kg N/ha] 0-30 cm (5. Mai)	8	4	5	4	6	4	4			
30-60 cm	5	7	7	4	5	5	4			
60-90 cm	19									

¹⁾: 16 mm Beregnung mit 39,6 mg S/l (118,6 mg SO₄/l); ²⁾: Ammoniumnitrat mit Schwefel; ³⁾: Korn-Kali®;

⁴⁾: Lebosol®-Schwefel (Blattdünger, 5 l/ha, Ausbringung mit 500 l Wasser/ha);

⁵⁾: Wuxal® Schwefel (Blattdünger, 5 l/ha, 500 l Wasser/ha), enthält Spuren (< 2 g/ha) von B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn;

⁶⁾: in Chloridform, außerdem 15 kg Na/ha; ⁷⁾: Kalkammonsalpeter; ⁸⁾: Mischproben über die Wiederholungen;

⁹⁾ Anteil der Marktware am Aufwuchs (= Marktertrag ÷ Aufwuchs)