

Trotz anfänglich deutlicher Schwefelmangel-symptome nur geringe Ertragswirkung einer S-Düngung bei Winterspinat

**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 14 Tage vor der Ernte ein deutlicher Schwefelmangel in der S₀-Variante. Bis zur Ernte 'verwachsen' sich allerdings diese Symptome nahezu gänzlich und es wurde nur eine geringe Ertragswirkung der bis zu 30 kg S/ha gesteigerten S-Düngung festgestellt.

Aus diesen ersten Ergebnissen lässt sich vorläufig ableiten, dass der S_{min}-Sollwert für Spinat bei ca. 30 kg S/ha in 0-30 cm liegt. Die S-Aufnahme des Spinats lag bei rund 20 kg S/ha und damit bei rund $\frac{1}{10}$ der N-Aufnahme.

Versuchshintergrund u. -frage

Beim Anbau von Winterspinat traten im hiesigen Anbaugebiet immer wieder Symptome auf, die auf eine Nährstoff-Unterversorgung schließen ließen. Bei einem Sortenversuch 2008 wurde eine Schwefel-Unterversorgung als wahrscheinlichste Ursache für diese Mangelerscheinung erkannt (vgl. LABER 2008).

Ein Auftreten entsprechender Symptome auf einem unberechneten Praxisschlag (\Rightarrow keine S-Zufuhr über das Beregnungswasser) im Herbst 2008, bei dem sich auf Kuppen entsprechende Chlorosen zeigten, Senken aber normal grün ausgefärbt waren, konnte ebenfalls auf einen S-Mangel zurückgeführt werden (Tab. 1).

Tab. 1: N- und S-Gehalt von Herbstspinat 2008 (Praxisschlag)

	% N i. d. TS	% S i. d. TS	N/S-Verhältnis	mg NO₃/kg FM
'grüner' Spinat (Senken)	3,99	0,24	16,6	283
'gelber' Spinat (Kuppen)	4,55	0,17	26,8	828

Auf Grund dieser Ergebnisse sollte in einem Düngungsversuch untersucht werden, welches S-Angebot zu (Winter)Spinat notwendig ist und welche S-haltigen Düngemittel am besten zur Düngung geeignet sind.

Ergebnisse

Der am 12. September 2008 gesäte Spinat kam Dank einer geschlossenen Schneedecke unbeschadet durch den Winter 08/09, bei dem kurzzeitig Temperaturen von -29°C auftraten. Anfang März wurde der N_{min}- und S_{min}-Vorrat des Bodens bestimmt (Tab. 2), witterungsbedingt konnte dann aber (vor Einsetzen eines stärkeren Wachstums) erst am 18. 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. Variante 5 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. 2).

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

2009

Kulturdaten:

- 12. Sept. '08: Aussaat: 220 Korn/m², Sorte 'Lazio' (PV)
- 4. März '09: S_{min}- und N_{min}-Probe
- 18. März: Düngung nach Versuchsplan
- ab 6. April: S-Mangelsymptome (Chlorosen) in den Varianten 1, 8 und 9 sichtbar
- 8. April: Blattdüngung in Variante 8 und 9 nach Versuchsplan
- 20./21. April: Ernte (8,25 m²/Parzelle, 4 Wiederholungen), S_{min}- und N_{min}-Probe
- 22. April: Ernterückstands-Bestimmung (1,0 m²/Parzelle)

Die S-Düngung wurde mit 'Ammoniumnitrat mit Schwefel' (S als CaSO₄; hier 'Sulfan') über 0, 10, 20 und 30 kg S/ha gesteigert. In Variante 6 kam alternativ 'Schwefelsaures Ammoniak' (SSA) zum Einsatz. Auf Vorschlag der Praxis wurde noch 'Korn-Kali' als preisgünstige Variante einbezogen, wobei 'Korn-Kali' auch durch seinen Gehalt an K, Mg aber auch Na (Spinat gilt als 'bedingt-natriophil') und Cl (Cl⁻ kann teilweise NO₃⁻ als Osmotikum ersetzen) interessant erschien. Auf Wunsch wurden zusätzlich noch zwei Blattdünger in den Versuch aufgenommen, die aber erst nach Auftreten von S-Mangelsymptomen als mögliche 'Notmaßnahme' ausgebracht werden sollten.

Nach der Düngemaßnahme am 18. März fielen im Laufe der folgenden 14 Tage gut 24 mm Niederschlag. Dennoch waren auf den mit 'Ammoniumnitrat mit Schwefel' gedüngten Parzellen Reste der Düngerkörner zu erkennen (Abb. 1), so dass evt. nicht die gesamte S-Menge (Gips) in Lösung gegangen und damit pflanzenverfügbar geworden sein könnte. Bis zur Ernte des Spinats fielen nur noch weitere 5 mm Niederschlag; eine Beregnung erfolgte aber nicht, da dies im hiesigen Anbau bei Winterspinat zumeist nicht üblich ist.



Abb. 1: Düngerkörner von 'Ammoniumnitrat mit Schwefel' nach 24 mm Niederschlag
(Foto: 1. April 2009)

Ab dem 6. April zeigten sich bei der Kontrolle (Variante 1, S-0) sowie bei den bis dato ebenfalls nicht mit S gedüngten Varianten 8 und 9 beginnende Chlorosen (Abb. 2). Daraufhin wurden am 8. April die Blattdüngungsmaßnahmen in den Varianten 8 und 9 durchgeführt. Ca. eine Woche nach Auftreten der Mangelsymptome konnte eine Abnahme der chlorotischen Blattaufhellungen festgestellt werden, wobei zuerst bei den Blattdüngungsvarianten 8 und 9 einzelne Pflanzen eine normale Grünfärbung zeigten. Bei der Ernte am 20./21. April waren kaum noch Farbunterschiede zwischen den Varianten auszumachen. Variante 7 ('Korn-Kali') fiel durch einen etwas höheren Bestand auf.



Abb. 2: Beginnende Chlorosen in den Varianten 1, 8 und 9 (Foto: 9. April; oben links: Randstreifen zur Hecke hin ohne jede N- und S-Düngung)

Mit 255 dt/ha zeigte die 'Korn-Kali'-Variante auch den höchsten Marktertrag, während sich alle anderen Varianten zumeist nicht signifikant voneinander unterschieden (Abb. 3). Der höhere Ertrag der Kali-Variante beruhte allerdings in erster Linie auf einen geringeren TS- und damit höheren Wassergehalt. Generell lagen die TS-Gehalte mit rund 12 % auf sehr hohem Niveau. (Auch in einem parallel laufenden beregneten Sortenversuch wurden entsprechend hohe TS-Gehalte ermittelt. Bei einem 'normalen' TS-Gehalt von 9 % hätten die Frischmasseerträge im Schnitt bei 300 dt/ha gelegen.)

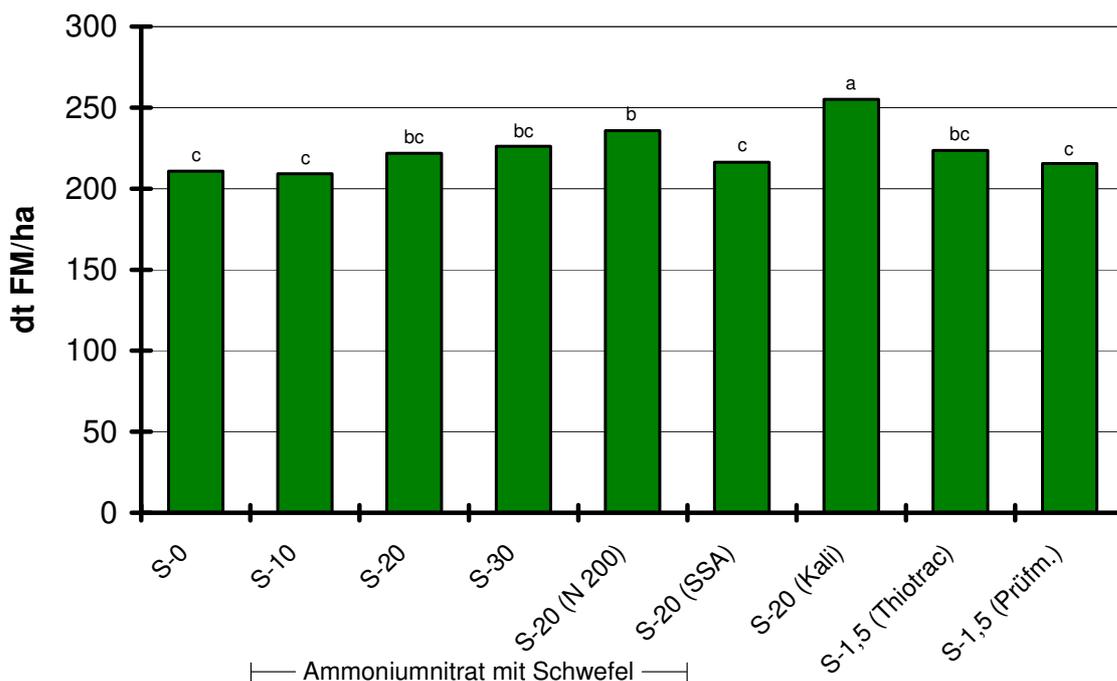


Abb. 3: Marktertrag (Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant, $GD_{\alpha < 0,05} = 18,6$ dt/ha)

Mit steigendem S-Angebot zeichnete sich bei den 'Sulfan'- und SSA-Varianten (diese unterschieden sich praktisch nur in der Höhe der S-Gabe) aber dennoch ein leichter Ertragsanstieg ab, der bei gut 0,5 dt je kg gedüngtes S lag (Abb. 4). Dabei wurde das 'Optimum' offensichtlich aber noch nicht überschritten (oder aber noch gar nicht erreicht), so dass sich aus diesen ersten Ergebnissen nur vorläufig ableiten lässt, dass der S_{\min} -Sollwert für Spinat bei ca. 30 kg S/ha in 0-30 cm liegt.

Die Menge an Ernterückständen wurde nicht durch die Düngung beeinflusst.

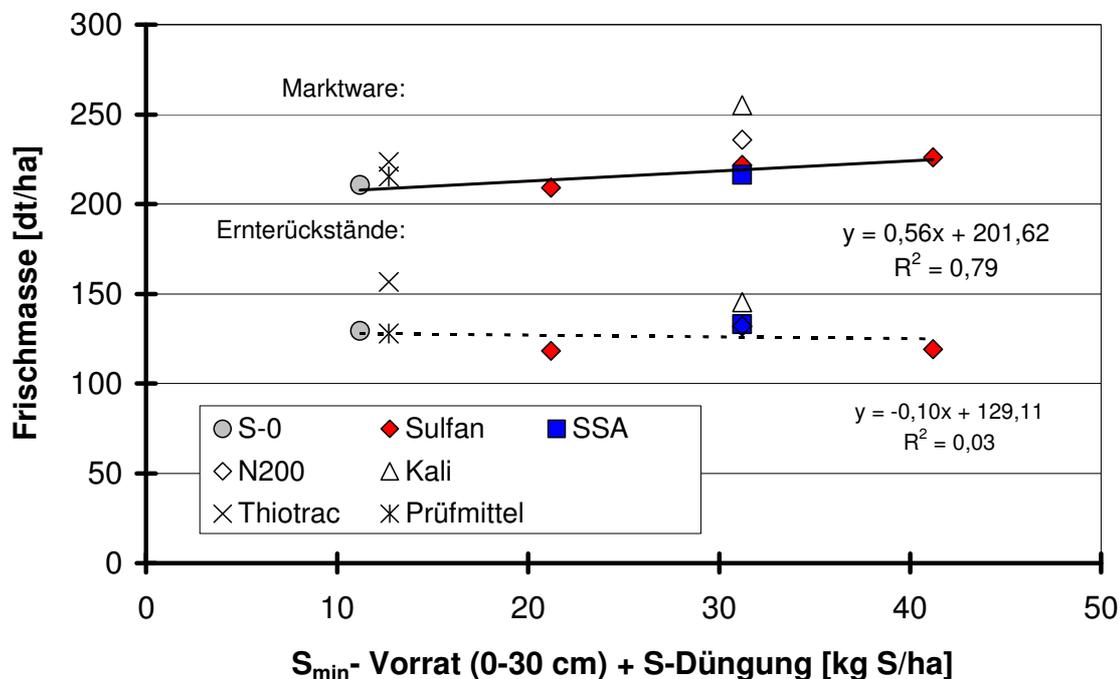


Abb. 4: Marktertrag und Ernterückstände in Abhängigkeit vom S-Angebot
(Die berechnete Regressionsgerade bezieht sich nur auf die S-0-, 'Sulfan'- und SSA-Variante)

Die Abnahme der S-Mangel-Symptome in der Kontrolle in den letzten 14 Tagen der Kulturzeit könnte auf zwei Ursachen beruhen. Zum einen könnte der Spinat durch Wurzelwachstum und/oder kapillaren Wasseraufstieg 'Anschluss' an die S_{\min} -Vorräte in der Schicht 30-60 cm erhalten haben. (Tatsächlich ist hier in der Schicht 30-60 cm auch eine Abnahme des S_{\min} -Vorrates von 28 auf 23 kg S/ha festzustellen, der allerdings auch auf der 'Messungenauigkeit' beruhen könnte. So wurde im Schnitt aller 7 untersuchten Varianten ein S_{\min} -Rest von 27 kg S/ha vorgefunden, der damit nahezu exakt dem S_{\min} -Ausgangswert entspricht.) Zum anderen könnte durch eine S-Mineralisierung das S-Angebot verbessert worden sein. Dafür spricht, dass (unter Einbeziehung der Schicht 0-30 cm) in der Kontrolle 20 kg S/ha als 'S-Summe' vorgefunden wurden, der S_{\min} -Vorrat aber nur 11 kg/ha betrug.

Mit steigendem S-Angebot konnte auch eine Zunahme der **S-Gehalte** in der Pflanzensubstanz festgestellt werden (Abb. 5): Während in der Kontrolle bzw. den Blattdüngungsvarianten der S-Gehalt der Marktware bei ca. 0,33 % lag, stieg er in den stärker S-gedüngten Varianten auf rund 0,40 % an. Auffällig hoch lag der S-Gehalt in der SSA-Variante. Auch beim S-Gehalt der Ernterückstände war eine deutliche Düngewirkung festzustellen.

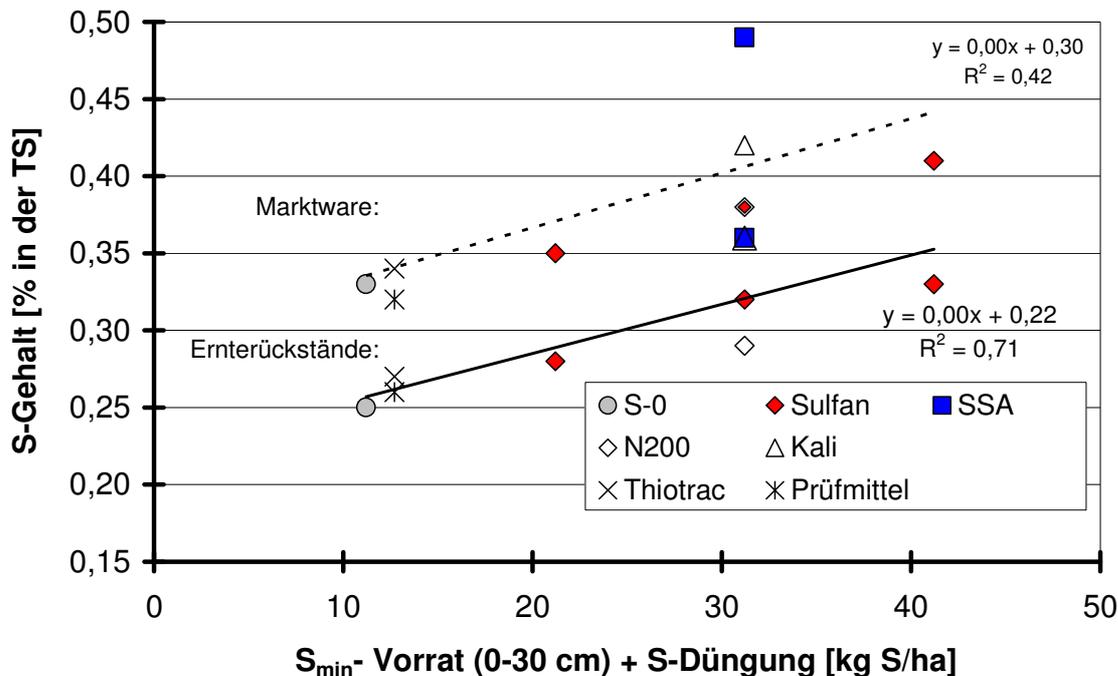


Abb. 5: S-Gehalt von Marktware und Ernterückständen in Abhängigkeit vom S-Angebot (Die berechnete Regressionsgerade bezieht sich nur auf die S-0-, 'Sulfan'- und SSA-Variante)

Mit 0,33 % S lag der S-Gehalt aber auch in der Kontroll- und den Blattdüngungsvarianten oberhalb bzw. auf Höhe der für Zuckerrüben als ausreichend geltenden Gehalte von 0,30 bis 0,35 % (vgl. LABER 2008). Allerdings beziehen sich diese 'Richtwerte für einen ausreichenden S-Gehalt' auf voll ausdifferenzierte Blattspreiten, während im Versuch die gesamte Marktware, also einschließlich jüngerer Blätter und Blattstiele, untersucht wurde. SMATANOVA et al. (2004) stellten in Abhängigkeit vom S-Angebot in einem Gefäßversuch aber auch Gehalte von 0,49 und 0,59 % S fest (vermutlich bezogen auf alle Blätter inkl. Blattstiel), wobei hierzwischen aber kein Ertragszuwachs mehr festzustellen war.

Das **N/S-Verhältnis** lag in den wenig oder nicht S-gedüngten Varianten aber auch in der N₂₀₀-Variante bei rund 14, bei den anderen Varianten bei 11 (= Grenzwert) oder darunter.

Die **S-Aufnahme** lag in den 'optimal' gedüngten Varianten bei rund 20 kg S/ha und damit bei rund $\frac{1}{10}$ der N-Aufnahme. Diese betrug in allen auf 160 kg N/ha aufgedüngten Varianten durchschnittlich 209 kg N/ha, in der N₂₀₀-Variante 235 kg N/ha. Die N₂₀₀-Variante zeichnete sich allerdings auch durch einen höheren N_{min}-Rest und einen Nitratgehalt von knapp 1500 mg/kg FM aus, während die anderen Varianten zumeist deutlich unter 900 mg NO₃/kg lagen.

Die **Wiederfindung** der gedüngten S-Menge betrug bei den 'Sulfan'-Varianten maximal 46 %. Dagegen wurde bei der SSA- und 'Korn-Kali'-Variante rund 60 % des gedüngten S wiedergefunden. Möglicherweise korrespondiert dieses Ergebnis mit dem beobachteten verzögerten Auflösungsverhalten der 'Sulfan'-Düngerkörner. (Bei der Bodenbeprobung wären dann zwar diese oberflächlichen Reste mit erfasst worden, doch ist es durchaus denkbar, dass bei den 8 durchgeführten Bohrstock-Einstichen (2 pro Wiederholung) zumeist Bodenbereiche ohne entsprechende Reste beprobt wurden.)

Literatur:

LABER, H. 2008: Möglicherweise Schwefelmangel Ursache für Chlorosen bei Winterspinat? www.hortigate.de
 SMATANOVA, M., R. RICHTER und J. HLUŠEK 2004: Spinach and pepper response to nitrogen and sulphur fertilization. *Plant Soil Environ* **50** (7), S. 303-308

Tab. 2: 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 (SSA)	S-20 (Kali)	S-1,5 (Thio.)	S-1,5 (Prüf.)
S_{min}-Vorrat [kg S/ha] 0-30 cm (4. März)	11								
30-60 cm	28								
60-90 cm	69								
S-Düngung [kg S/ha]	0	10	20	30	20	20	20	1,5	1,5
als	'Sulfan' ¹⁾					SSA ²⁾	Kali ³⁾	Thio. ⁴⁾	Prüf. ⁵⁾
darin [kg /ha] N	0	40	80	120	80	17	0	1	1
K ₂ O	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 (4. März)	10								
30-60 cm	12								
60-90 cm	60								
N-Düngung [kg N/ha] als KAS⁷⁾	150	110	70	30	110	133	150	149	149
Markertrag [dt/ha]	211	209	222	226	236	216	255	224	215
TS-Gehalt [% der FS]	12,2	12,0	12,1	12,8	12,0	12,1	11,3	12,6	12,9
S-Gehalt [% in der FS]	0,33	0,35	0,38	0,41	0,38	0,49	0,42	0,34	0,32
N-Gehalt [% in der FS]	4,89	4,85	4,97	4,75	5,30	5,13	4,70	4,63	4,74
N/S-Verhältnis	14,8	13,9	13,1	11,6	13,9	10,5	11,2	13,6	14,8
S im Markertrag [kg S/ha]	8,5	8,8	10,2	11,9	10,8	12,8	12,1	9,6	8,9
N im Markertrag [kg N/ha]	125	122	133	137	150	134	135	130	131
Nitrat-Gehalt [mg NO₃/kg FM]	846	1135	831	736	1467	622	742	608	652
Ernterückstände [dt/ha]	129	118	132	119	132	133	145	157	128
TS-Gehalt [% der FS]	17,2	17,5	17,1	18,3	16,3	17,3	16,5	16,1	17,1
S-Gehalt [% in der FS]	0,25	0,28	0,32	0,33	0,29	0,36	0,36	0,27	0,26
N-Gehalt [% in der FS]	3,38	3,60	3,53	3,47	3,96	3,55	3,44	3,30	3,34
N/S-Verhältnis	13,5	12,9	11,0	10,5	13,7	9,9	9,6	12,2	12,8
S in Ernterückst. [kg S/ha]	5,6	5,8	7,2	7,2	6,2	8,3	8,6	6,8	5,7
N in Ernterückst. [kg N/ha]	75	74	80	76	85	82	82	83	73
Aufwuchs [dt/ha]	340	327	354	345	368	350	400	380	343
S im Aufwuchs [kg S/ha]	14	15	17	19	17	21	21	16	15
N im Aufwuchs [kg N/ha]	200	196	213	213	235	216	218	214	204
S_{min}-Rest [kg S/ha] 0-30 cm (21. April)	6	5	10	15	9	12	11		
30-60 cm	23	31	23	28	32	31	25		
60-90 cm	57								
S-Summe (0-30 cm) [kg S/ha]⁸⁾	20	20	28	34	26	33	31		
S-Wiederfindung [%]⁹⁾		0	40	46	32	66	57		
N_{min}-Rest [kg N/ha] 0-30 cm (21. April)	10	13	12	4	32	8	7		
30-60 cm	3	4	6	6	9	18	18		
60-90 cm	13								

¹⁾: Ammoniumnitrat mit Schwefel; ²⁾ Schwefelsaures Ammoniak; ³⁾: 'Korn-Kali';

⁴⁾: 'Thiotrac' (Blattdünger, Ausbringung mit 1000 l Wasser/ha);

⁵⁾: Prüfmittel (Blattdünger, 1000 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⁾: S im Aufwuchs + S_{min}-Rest (0-30 cm); ⁹⁾: (S-Summe - S-Summe_{Variante 1}) ÷ S-Düngung