

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Am Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Dresden-Pillnitz wurde 2019 nochmals die Nährstoffaufnahme von Zwiebeln bei der Produktion mittels Steckzwiebeln bei vier verschiedenen N-Düngungsniveaus untersucht. Bei N und S wurde auch der zeitliche Verlauf der Aufnahme erfasst.

Trotz eines ‚mäßigen‘ Hagelschadens konnte bei einer Aufdüngung auf einen N_{\min} -Sollwert von 180 kg N/ha_{0-60 cm} ein marktfähiger Ertrag von 785 dt/ha realisiert werden. Die N_{120} - und N_{150} -Varianten zeigten signifikant geringere Erträge, eine Aufdüngung auf 210 kg N/ha_{0-60 cm} brachte keine Ertragsvorteile.

Die N- und S-Aufnahme durch die Pflanzen zeigte einen typisch S-förmigen Verlauf. Bei der N_{180} -Variante belief sich die N-Aufnahme auf 164 kg N/ha, die S-Aufnahme betrug rund 42 kg S/ha. Der N-Gehalt der Bulben wurde durch die N-Düngung deutlich beeinflusst, bei der N_{180} -Variante lag er bei knapp 19 kg N/100 dt FM. Die P-, K- und Mg-Gehalte fielen etwas geringer als im ersten Versuchsjahr aus.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

N-Düngungsversuchsergebnisse und Daten zur Nährstoffaufnahme von Trockenzwiebeln bei der Produktion mittels Steckzwiebeln (im folgenden kurz ‚Steckzwiebeln‘ genannt) in unserem Klimaraum liegen nur aus den Niederlanden vor (GREENWOOD et al. 1992; vgl. LABER 2019).

In einem ersten Versuch 2018 wurde, bei ‚schwierigen‘ Witterungsbedingungen und einer nicht befriedigenden Bestandesdichte, bei einer Aufdüngung auf einen N_{\min} -Sollwert von 180 kg N/ha_{0-60 cm} ein marktfähiger Ertrag von 5,3 kg/m² realisiert. Die N-Aufnahme lag bei 122 kg/ha, die N-, P- und K-Gehalte des Erntegutes lagen deutlich über dem ‚Faustzahlenniveau‘, was mit dem hohen TS-Gehalt von Steckzwiebeln erklärt werden kann.

Zur Absicherung der Ergebnisse wurde der Versuch 2019 in ähnlicher Weise nochmals wiederholt.

Kultur- und Versuchshinweise

Die Versuchsdurchführung erfolgte ähnlich wie bei Versuch 2018 (vgl. LABER 2019). Abweichend wurde das Pflanzgut der später ausgewerteten Zentralreihen aber von Hand ‚gelegt‘. Dazu wurden je 9 lfd. m 644 g Pflanzgut in zuvor gezogene Furchen gleichmäßig verteilt, was rechnerisch bei 350 Bulben/kg (eigene Auszählung) einem mittleren Sollabstand von 4 cm entsprach.

Bei der N_{\min} -Beprobung in der 4. Kulturwoche wurde ein N_{\min} -Vorrat von 83 kg N/ha_{0-60 cm} vorgefunden (Tab. 1), sodass für die Endernte wie geplant Varianten mit einer Aufdüngung auf einen N_{\min} -Sollwert_{0-60 cm} von 120, 150, 180 und 210 kg N/ha_{0-60 cm} angelegt werden konnten. Für die Zeiternten wurde wiederum auf 180 kg N/ha_{0-60 cm} aufgedüngt.

Angesichts des noch ausreichend erscheinenden S_{\min} -Vorrates von 41 kg S/ha_{0-60 cm} wurde auf eine S-Düngung verzichtet. Mit dem Beregnungswasser wurden ca. 28 kg S/ha ausgebracht.

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

4 Wochen nach der Pflanzung wurde am 2. Mai die 1. Zeiternte durchgeführt. Abweichend vom Vorversuch erfolgten die Zeiternten nur noch alle 3 Wochen. Bei der Endernte am 12. August wurden je Parzelle die beiden Zentralreihen à 8,4 lfd. m (5,04 m²) beerntet. Probennahme und -aufbereitung wurden weitestgehend wie 2018 durchgeführt.

Der zeitliche Verlauf der FM- und TM-Bildung sowie der N- und S-Aufnahme konnte nur mit einer modifizierten RICHARDS-Funktion nach FINK & FELLER (1998) befriedigend beschrieben werden; andere getestete ‚logistische‘ Funktionen konnten das anfänglich sehr langsame Wachstum nicht ausreichend genau abbilden. Die Anpassung der Funktion an die Messpunkte erfolgte mit Hilfe der ‚Solver‘-Funktion des Tabellenkalkulationsprogrammes Excel.

Alle angegebenen flächenbezogenen Ertrags- und Nährstoffmengenergebnisse beziehen sich auf die Netto-Fläche ohne Anrechnung des Fahrspurenanteils. Dieser beträgt z.B. bei einem Anbau von 6 Reihen je 1,80 m-Beet und einem Reihenabstand von 27 cm 10 %, sodass brutto-flächenbezogene Werte ggf. mit einem entsprechenden Faktor (z.B. 0,9) zu berechnen sind.

Kultur- und Versuchsdaten

- 4. April 2019: Pflanzung („legen“) der Zentralreihen von Hand (s. Text), Randreihen mittels handgeführter, einreihig arbeitender Pflanzmaschine (Terrateck, F), Reihenabstand 30 cm, 4 Reihen à 1,50 m Beet, Soll-Pflanzdichte 25 Bulben/lfd. m (83 Bulben/Netto-m²), Sorte ‚Stur BC 20‘ (Bejo; Sortierung 10/21 mm)
- 18. April: BBCH 09 („grüner Austrieb sichtbar“)
- 26. April: N_{min}-/S_{min}-Probe
- 2. Mai: 1. Zeiternte
(Sammelprobe über 4 Parzellen à 2 Reihen, 2,0 lfd. m je Reihe = 4,8 m²)
- 3. Mai: N-Aufdüngung nach Versuchsplan mit KAS (Zeiternteparzellen auf 180 kg N/ha)
- 21. Mai - 29. Juli: 2.-6. Zeiternte (4 × 2 × 2,0 lfd. m Reihe)
- 12. August: Endernte (je Block/Parzelle: 2 Zentralreihen à 8,4 lfd. m = 5,04 m²); N_{min}-/S_{min} Probe
- Versuchsanlage: randomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen
- Bodenart: sL - L (ca. 43 % Sand, 39 % Schluff, 17 % Ton), 69-73 Bodenpunkte
- Nährstoffe: P_{CAL}: 12,2 mg P/100 g (E); K_{CAL}: 17,0 mg K/100 g (D); Mg_{Schachtschabel}: 12,6 mg Mg/100 g (E); C_t: 1,3 %; pH_{CaCl₂}: 6,8
- Beregnung: mittels Düsenwagen; 5. April bis 20. Juni: Σ 70 mm

Tab. 1: N_{min}-/S_{min}-Vorrat und -Reste bei der Endernte (Mischproben über die Wiederholungen)

	26. April		Endernte (12. Aug.)							
	kg N _{min} /ha	kg S _{min} /ha	kg N _{min} /ha				kg S _{min} /ha			
			N ₁₂₀	N ₁₅₀	N ₁₈₀	N ₂₁₀	N ₁₂₀	N ₁₅₀	N ₁₈₀	N ₂₁₀
0-30 cm	58	16	9	11	10	23	47	45	45	61
30-60 cm	25	25	9	15	12	14	24	25	23	23
0-60 cm	83	41	17	26	22	37	71	70	68	83

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

Ergebnisse im Detail

Um den 18. April war ein „grüner Austrieb sichtbar“ (BBCH 09). Bei den ersten Zeiternten wurde entsprechend der anvisierten 83 Pflanzen/m² eine Bestandesdichte von 86 Pflanzen/m² ausgezählt. Bei der Endernte wurde auf eine Auszählung der Bestandesdichte verzichtet.

Im Gegensatz zum Vorjahresversuch (16,9 °C) fiel der Mai mit einer Durchschnittstemperatur von 11,9 °C relativ kühl aus. Am 10. Juni kam es durch ein Hagelereignis zu Laubschäden (Abb. 1), der Bestand erholte sich aber offensichtlich wieder recht gut.



Abb. 1: Steckzwiebelbestand einen Tag nach dem Hagelereignis vom 10. Juni
(Foto: LATTASCHKE)

Der Schlottenknick (nahezu 100 %) wurde auf den 22. Juli datiert; er lag damit rund 16 Tage später als beim Vorversuch. Unterschiede zwischen den Düngungsstufen zeigten sich diesbezüglich nicht. Im Vorfeld (insbesondere vor dem Hagelschaden) stachen aber die N₁₂₀- und auch N₁₅₀-Parzellen durch eine hellere Laubblattfärbung aus dem ansonsten ja höher aufgedüngten Bestand heraus.

Am 12. August waren gut $\frac{2}{3}$ des Laubes abgestorben und es erfolgte die Endernte. Die Temperatursumme ($T_{\min} = 0 \text{ °C}$) von der Pflanzung bis zu diesem Termin betrug 2170 °Cd, was nahezu dem Wert des Vorjahresversuches (2130 °Cd) entspricht.

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

Verlauf der Frischmassebildung

Auf Basis der zu Kulturbeginn je 9 lfd. m ausgebrachten Bulbenmenge errechnete sich eine Ausgangs-**Bulbenfrischmasse** von 0,24 kg/m², beim weiteren Wachstum zeigte sich ein typisch S-förmiger Verlauf (Abb. 2, Tab. 3). Am 69. Tag (2 Tage nach dem Hagelschaden) wurde mit 3,80 kg/m² die maximale **Blattfrischmasse** vorgefunden.

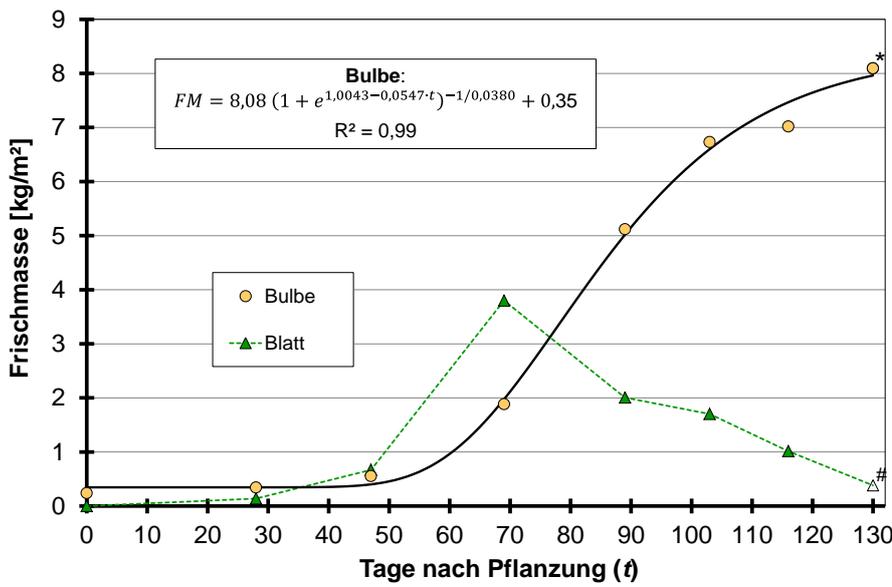


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf der Frischmassebildung (FM) bei Steckzwiebeln (N₁₈₀-Variante; *: ermittelt nach weiteren 28 Tagen Trocknung [ohne lose Schalen]; #: unter Annahme eine TS-Gehaltes von 30 %)

Die auch für die Zeiternten angelegte N₁₈₀-Variante zeigte bei der Endernte (genauer: nach der sich anschließenden Kistentrocknung) mit 7,85 kg/m² wiederum den höchsten marktfähigen (> 40 mm) Ertrag, wobei nur die N₁₂₀- und N₁₅₀-Variante statistisch absicherbar etwas geringere Erträge erzielten (Abb. 3, Tab. 4). Obgleich mit 0,05 kg/m² im Mittel nur ein geringer Anteil der Zwiebeln auf Grund von Fäulnis oder Dickhalsigkeit als nicht marktfähig eingestuft werden musste, wies hier die N₁₂₀-Variante (insbesondere bedingt durch Dickhälse) mit 0,09 kg/m² signifikant den höchsten Wert auf.

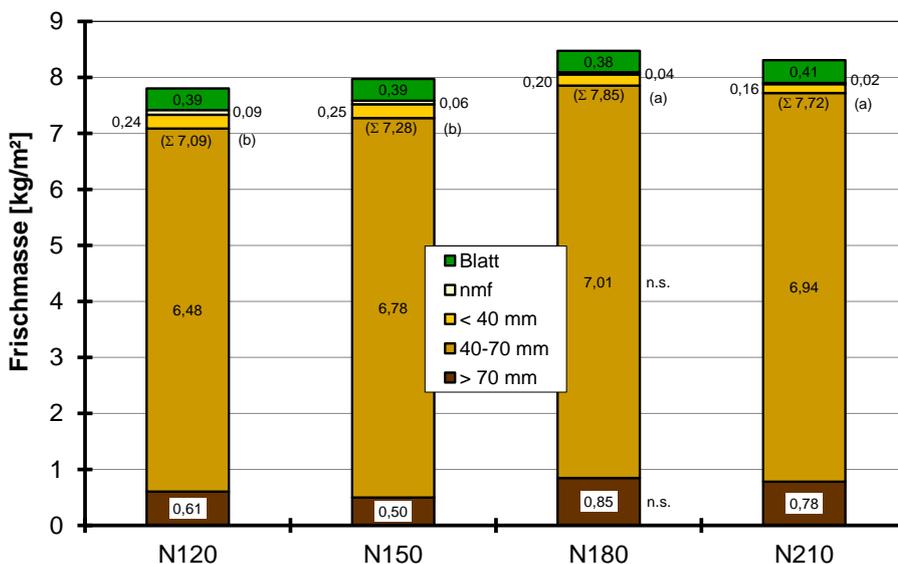


Abb. 3: Frischmasseertrag und Ernterückstände („Blatt“, unter Annahme eine TS-Gehaltes von 30 %) in Abhängigkeit von der N-Düngung (Mittelwerte über die Wiederholungen; GD_{α<0,05} Bulben > 40 mm [= Werte in Klammern]: 0,32 kg/m², GD_{α<0,05}, nicht marktfähig [„nmf“]: 0,04 kg/m²)

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

Verlauf der Trockenmassebildung

Der **TS-Gehalt der Blätter** stieg von anfangs 7,6 % zunächst langsam, dann schneller auf 12,2 % (116. Tag) an (Abb. 4, Tab. 3). Auf Grund einer Verschmutzung mit Bodenmaterial mussten die Blätter bei/nach der Ernte zunächst ‚unter Dach‘ getrocknet werden, sodass das Bodenmaterial vor dem Auswiegen von den ‚rascheltrockenen‘ Blättern (84 % TS-Gehalt) abgeschüttelt werden konnte. Damit liegt für den Erntetag kein TS-Gehalt für die Blätter vor.

Das Pflanzgut wies einen TS-Gehalt von 17,3 % auf, die sich im Feld entwickelnden **Bulben** zeigten anfangs einen TS-Gehalt von nur noch 6,7 %, der kontinuierlich auf rund 15 % anstieg. Auffällige Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten waren wiederum nicht zu verzeichnen (Tab. 4).

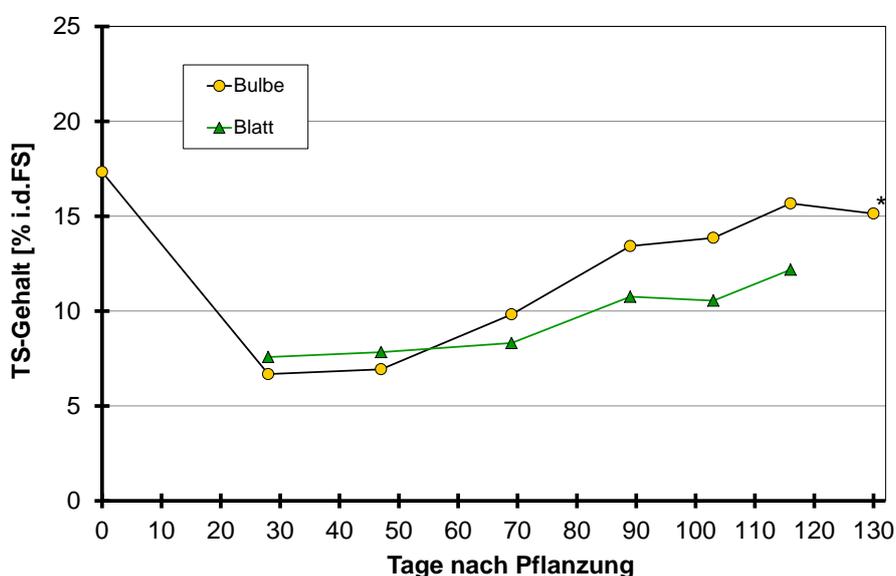


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf des Trockensubstanzgehaltes von Blatt und Bulbe

(N₁₈₀-Variante; *: ermittelt nach weiteren 28 Tagen Trocknung, TS-Gehalt der Bulben ohne Einbeziehung loser Schalen)

Analog der Frischmasse wurde am 69. Tag (891 °Cd) auch die maximale Blatttrockenmasse (316 g/m²) vorgefunden, während sich im Vorversuch (246 g/m²) das Maximum erst am 84. Tag (1394 °Cd) zeigte (Abb. 5).

Die **Trockenmassebildung der Bulben** konnte nahezu exakt mit der modifizierten RICHARDS-Funktion beschrieben werden, bei der Ernte wurde mit 1225 g TM/m² eine deutlich höhere TM als 2018 (938 g/m²) vorgefunden. Der TM-Ertrag der anderen Varianten lag bei 1102 bis 1161 g/m² (Tab. 3).

(DE VISSER [1996] berechnete die Temperatursumme bei Säckzwiebeln [Auflauf bis Ernte] mit einer Basistemperatur von 6 °C, was laut DE VISSER [1992] auf BREWSTER et al. [1987] zurückgeht. Nach DE VISSER [1992] gibt es in der Literatur allerdings „keine Hinweise darauf, dass Untersuchungen zu dieser Basistemperatur unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt wurden.“)

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

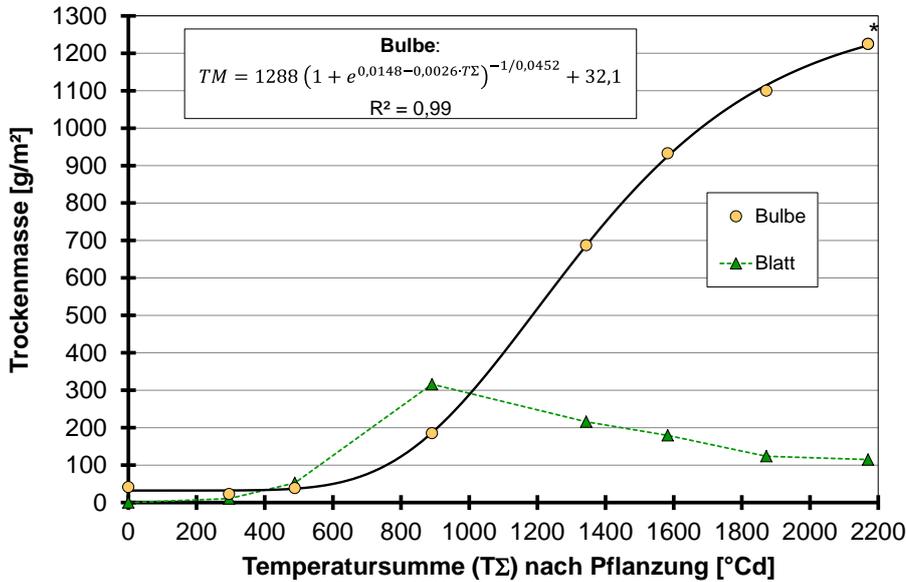


Abb. 5: Temperatursummenbezogener Verlauf der Trockenmassebildung (TM) von Blatt und Bulbe (N₁₈₀-Variante; *: ermittelt nach weiteren 28 Tagen Trocknung, TM-Ertrag ohne Einbeziehung loser Schalen)

Insgesamt (inkl. Blätter) bildete die N₁₈₀-Variante 1339,6 g TM-Aufwuchs/m² aus.

In Verbindung mit den umfangreichen (leider nur TM-Aufwuchs-bezogenen) Ergebnissen von GREENWOOD et al. (1992; s. LABER 2019) und den eigenen Ergebnissen errechnet sich auf Basis eines ‚linear-response-plateau‘-Modells (LRP), dass bereits ab einem N-Angebot von 114 kg N/ha_{0-60 cm} praktisch mit Vollertrag (TM-Aufwuchs bezogen!) gerechnet werden kann (Abb. 5). Auch bei Außerachtlassung zweier Versuchsstandorte bei den Versuchen von GREENWOOD et al., bei denen maximal nur ein TM-Aufwuchs von rund 700 bzw. 750 g/m² erzielt wurde (und somit offensichtlich andere Faktoren ertragslimitierend waren), errechnet sich ein analoger ‚Grenzwert des Höchstertragsbereichs‘.

(Das hier verwendete LRP-Modell zeigte mit einem R² von 0,79 die beste Anpassung. Für eine quadratische Funktion errechnete sich ein R² von 0,77, der Scheitelpunkt lag hier bei 244 kg N/ha. Ein ‚quadratic-response-plateau‘-Modell führte zum gleichen Ergebnis wie das LRP-Modell.

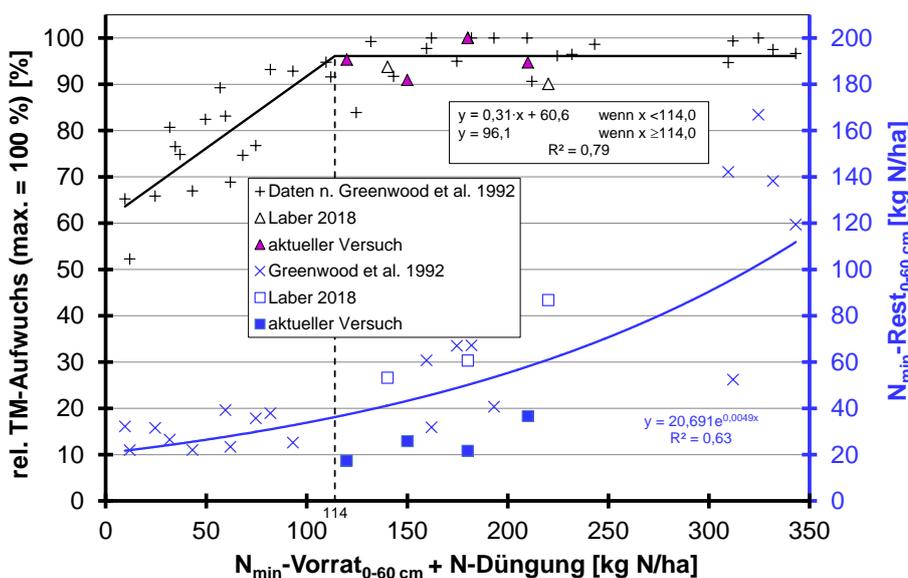


Abb. 5: Relativer TM-Aufwuchs (jeweiliger Maximalertrag = 100 %) **und N_{min}-Rest in Abhängigkeit vom N-Angebot** (N_{min}-Vorräte_{0-60 cm} für die Daten von GREENWOOD et al. geschätzt auf Basis der N_{min}-Vorräte_{0-90 cm} abzüglich der N_{min}-Reste_{60-90 cm} der Varianten mit einer N-Düngung von maximal 150 kg N/ha)

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

Verlauf der N-Aufnahme

Der **N-Gehalt der Blätter** (N_{180}) sank von anfangs rund 4,7 % auf 1,09 % N i.d.TS ab (Abb. 5). Die Blatt-N-Gehalte der N_{120} -, N_{150} - und N_{220} -Variante lagen bei 0,94, 1,05 bzw. 1,15 %. Bezogen auf einen TS-Gehalt von 35 % betrug der N-Gehalt der Blätter (N_{180}) bei der Ernte 38 kg N/100 dt („Faustzahl“ nach FELLER et al. 2019: 35 kg N/100 dt_{35 % TS}).

Der **N-Gehalt der Bulben** lag anfangs (= Pflanzgut) bei 1,12 % i.d.TS. Er stieg im ersten Kulturtriertel bei der N_{180} -Variante deutlich auf 3,45 % an, sank dann aber wiederum ‚abrupt‘ ab (Abb. 5). Im Erntegut (N_{180}) wurde mit 1,24 % N nahezu der gleiche N-Gehalt wie beim Versuch 2019 (1,22 %) ermittelt. Der Gehalt der N_{120} - und N_{150} -Variante lag niedriger (1,05 bzw. 1,18 %), der der N_{210} -Variante mit 1,36 % höher (Abb. 10). Frischmassebezogen lag der Gehalt der N_{180} -Variante bei 18,8 kg N/100 dt (Abb. 11; ‚Faustzahl‘ nach FELLER et al. 2019: 21 kg N/100 dt; zu weiteren Vergleichswerten in der Literatur s. LABER 2019).

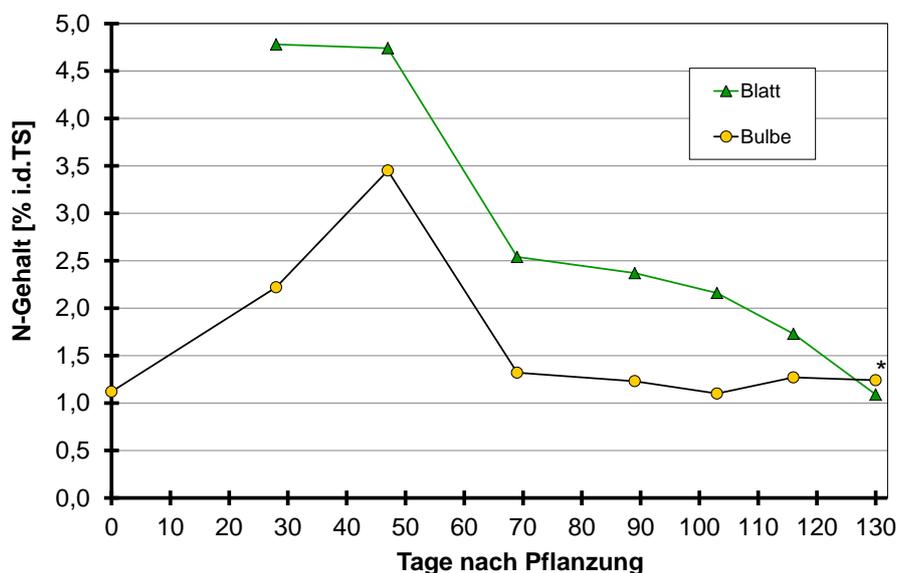


Abb. 5: Zeitlicher Verlauf des N-Gehaltes von Blatt und Bulbe (N_{180} -Variante; *: ermittelt nach weiteren 28 Tagen Trocknung, N-Gehalt der Bulben ohne Einbeziehung loser Schalen)

Die **N-Aufnahme** der N_{180} -Variante belief sich bei der Ernte auf 164 kg N/ha, die maximale N-Aufnahmerate lag bei 2,8 kg N/ha pro Tag (Abb. 6). Bei nahezu gleicher N-Aufnahme zeigt sich wiederum die deutlich früher als bei Säckzwiebeln einsetzende N-Aufnahme. Bedingt durch die höheren N-Gehalte lag die N-Aufnahme bei der N_{220} -Variante bei 170 kg N/ha. (Zu Vergleichswerten in der Literatur s. LABER 2019).

Die N_{\min} -Reste im Boden lagen bei der N_{120} - bis N_{180} -Variante mit rund 20 kg N/ha_{0-60 cm} auf niedrigem Niveau, auch in der N_{210} -Variante waren sie mit 34 kg N/ha_{0-60 cm} noch ‚moderat‘ (Tab. 1, Abb. 5).

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

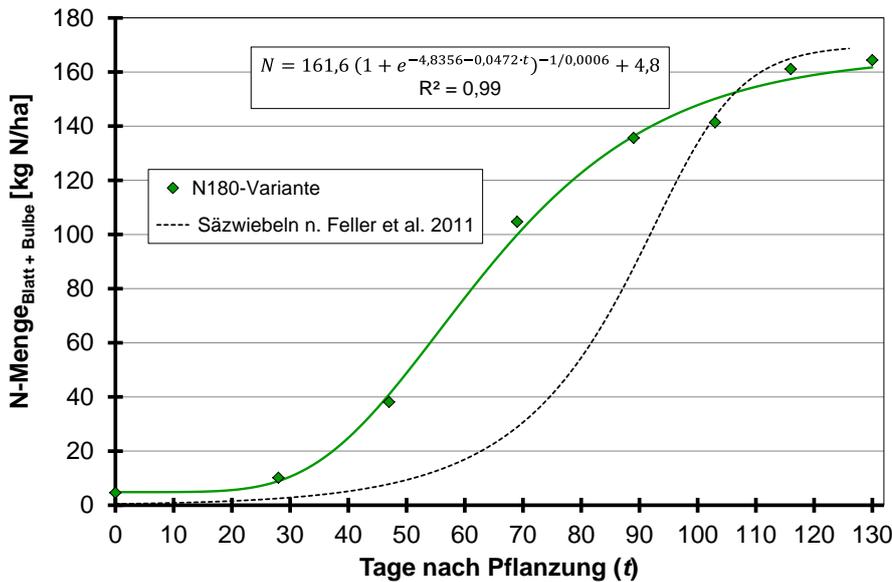


Abb. 6: Zeitlicher Verlauf der N-Aufnahme (N₁₈₀-Variante; zum Vergleich: N-Aufnahme von Sommer-Säzwiebeln [schnell wachsende Sorten] n. FELLER et al. 2011)

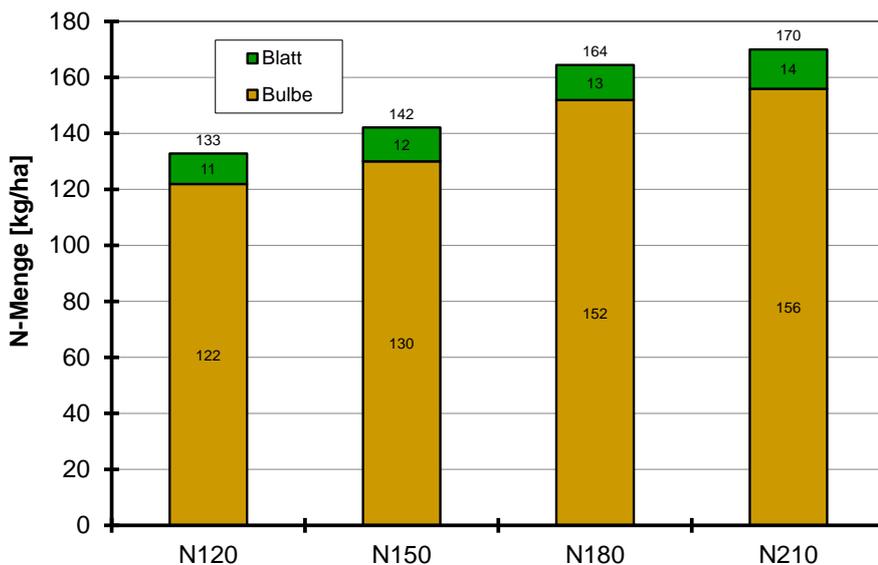


Abb. 7: N-Aufnahme (Enderte) in Abhängigkeit von der N-Düngung

Verlauf der S-Aufnahme

Der **S-Gehalt der Blätter** (N₁₈₀) sank von anfänglich 0,88 % i.d.TS bis zur Endernte auf einen Wert von 0,23 % ab (Abb. 8). Anders als beim Vorjahresversuch zeichnete sich kein Effekt der N-Düngung auf die Höhe des S-Gehaltes der Blätter ab (Tab. 4).

Der **S-Gehalt der Bulben** stieg zunächst von einem Ausgangsgehalt (= Pflanzgut) von 0,26 % S auf 0,49 % an, danach fiel er abrupt auf Werte um 0,30 % ab. Mit Ausnahme eines etwas geringeren S-Gehaltes bei der N₁₂₀-Variante war kein deutlicher Einfluss der N-Düngung auf die Höhe des S-Gehaltes der Bulben zu erkennen (Tab. 4). Frischmassebezogen lag der S-Gehalt bei der N₁₈₀-Variante bei der Endernte bei 4,8 kg/100 dt. (Zu Vergleichswerten in der Literatur s. LABER 2019).

Das **N/S-Verhältnis** in den Blättern lag im Mittel bei 5,6, die Bulben wiesen zumeist ein N/S-Verhältnis von rund 4,0 auf (Tab. 3, 4).

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

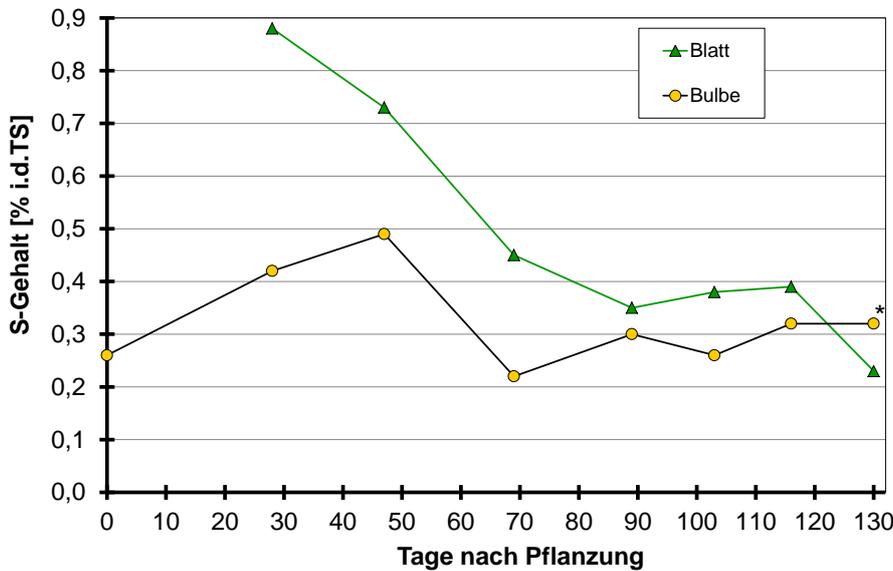


Abb. 8: Zeitlicher Verlauf des S-Gehaltes von Blatt und Bulbe (N₁₈₀-Variante; *: ermittelt nach weiteren 28 Tagen Trocknung, S-Gehalt der Bulben ohne Einbeziehung loser Schalen)

Die **S-Aufnahme** (N₁₈₀) belief sich bis zum Kulturende auf knapp 42 kg S/ha (Abb. 9), 94 % der S-Menge befand sich in den Bulben (Tab. 3). (Zu Vergleichswerten in der Literatur s. LABER 2019.)

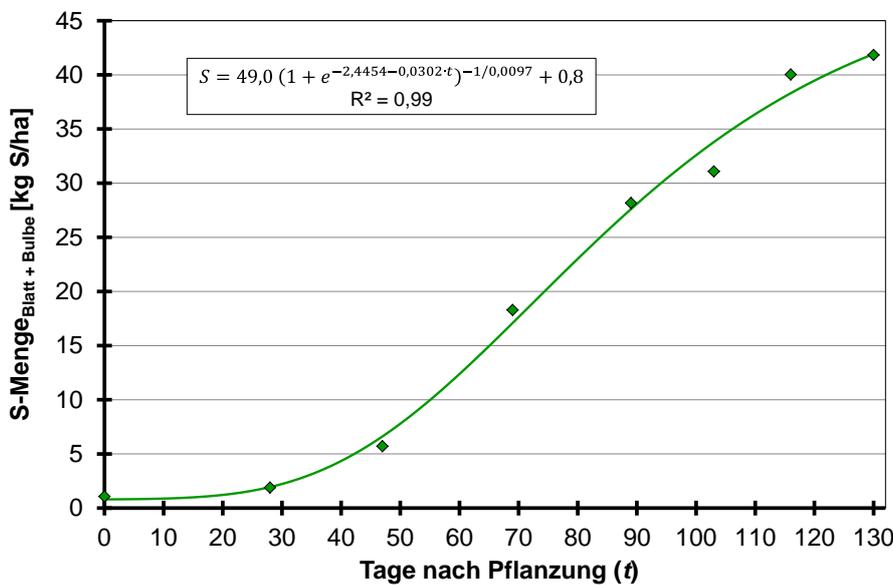


Abb. 9: Zeitlicher Verlauf der S-Aufnahme (N₁₈₀-Variante)

Nährstoffgehalte sowie Feldabfuhr

Die bei der Endernte ermittelten **Nährstoffgehalte der Blätter** (N₁₈₀) wichen mit 0,23 % P, 0,67 % K, 0,26 % Mg und 3,88 % Ca i.d.TS teilweise stark von den Gehalten im Versuch 2018 ab. Wie im Vorversuch nahm der P-Gehalt mit zunehmender N-Düngung ab, ähnliches war im aktuellen Versuch auch bei Mg zu beobachten. (Zu N- und S-Gehalten der Blätter und Bulben s. Abb. 5 bzw. 8.)

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

Die **Nährstoffgehalte der Bulben** lagen, mit Ausnahme der N- und auch S-Gehalte (s.o.), bei den drei N-Düngungsvarianten jeweils auf vergleichbarem Niveau (Abb. 10). Die P-, K- und Mg-Gehalte fielen im Gegensatz zum Vorjahresversuch jeweils etwas geringer als die von FELLER & FINK (unveröff.) gefundenen Werte aus. Zu weiteren Vergleichswerten in der Literatur s. LABER 2019.

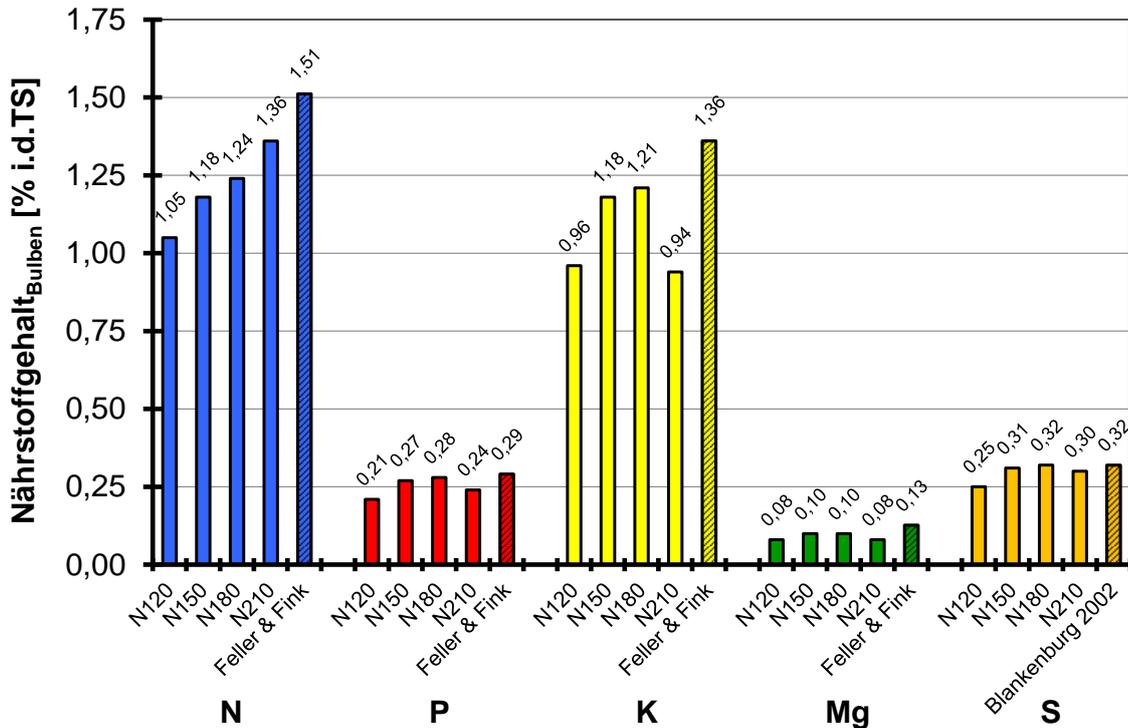


Abb. 10: Trockenmassebezogene Nährstoffgehalte der Bulben (ohne lose Schalen) in Abhängigkeit von der N-Düngung (Endernte; Werte nach FELLER & FINK [n = 10, davon mind. 7 Säckzwiebeln] unveröffentlicht)

Frischmassebezogen lagen die N-, P-, K- und Mg-Gehalte der Bulben unter den ‚Faustzahlen‘ nach FELLER et al. (2019), da in diese vor allen die Ergebnisse des Versuches 2018 und noch nicht die aktuellen Ergebnisse einfließen (Abb. 11). Abbildung 12 gibt die Nährstoff-Feldabfuhr im Vergleich zu den ‚Faustzahlen‘ nach FELLER et al. (2019) wieder.

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

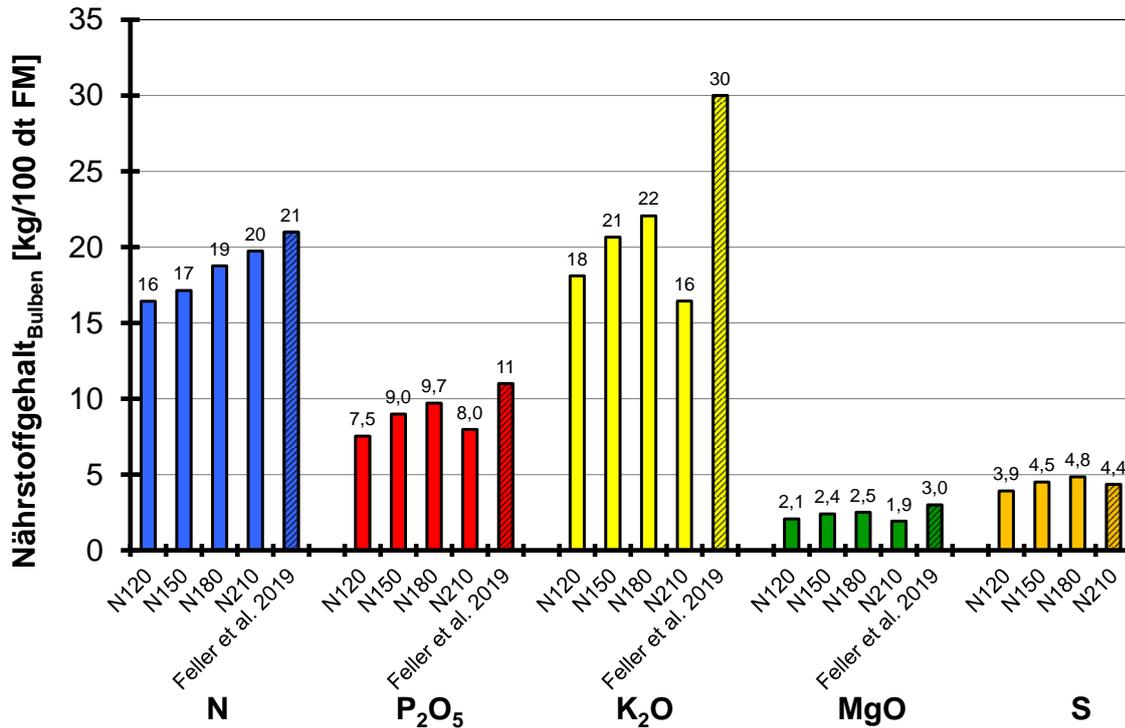


Abb. 11: Frischmassebezogene Nährstoffgehalte der Bulben (ohne lose Schalen) in Abhängigkeit von der N-Düngung (Endernte)

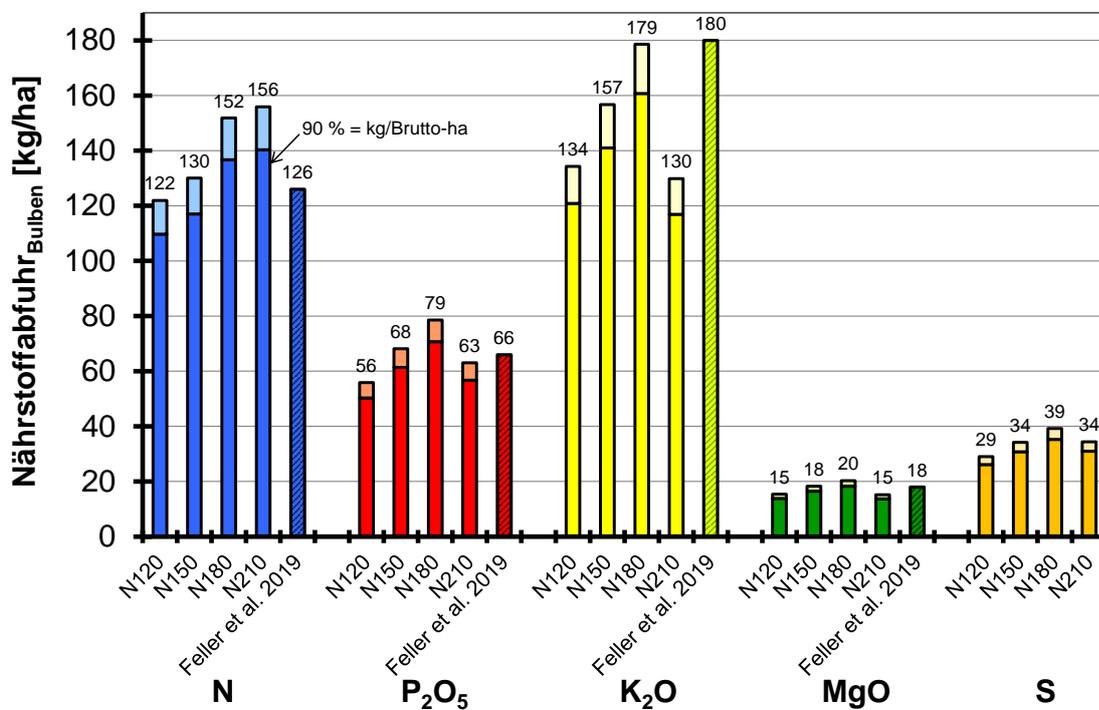


Abb. 12: Nährstoff-Feldabfuhr mit den Bulben (ohne lose Schalen) in Abhängigkeit von der N-Düngung (Vergleichswerte nach FELLER et al. 2019 beziehen sich auf einen Ertrag von 600 dt Zwiebeln/Brutto-ha)

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

Literatur:

- BREWSTER, J.L., W. LAWES und A.J. WHITLOCK 1987: The phenology of onion bulb development at different sites and its relevance to incomplete bulbing ('thick-necking'). *J. Hort. Sci.* **62** (3), S. 371-378
- DE VISSER, C.L.M 1996: Toepassing van het stikstofbijmeststelsel in zaaiuien - Research into a split application system in spring sown onions. Verslag nr. 220, Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad (NL)
- DE VISSER, C.L.M 1992: Bestudering van het groeiverloop van zaaiuien en bouw van een groeimodel. Verslag nr. 142, Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad (NL)
- FELLER, C. und M. FINK: Unveröffentlichte Versuchsergebnisse zum Nährstoffgehalt von Zwiebeln. Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ), Großbeeren
- FELLER, C., M. FINK, H. LABER, K. RATHER, K. STROHMEYER und J. ZIEGLER 2019: Nährstoffgehalte in den Ernteprodukten und in den Ernteresten von Gemüse (Version 4.12.2019). Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ), Großbeeren (https://www.igzev.de/projekt_type/n-expert-duengung-im-freilandgemuesebau/)
- FELLER, C., M. FINK, H. LABER, A. MAYNC, P. PASCHOLD, H.C. SCHARPF, J. SCHLAGHECKEN, K. STROHMEYER, U. WEIER und J. ZIEGLER 2011: Düngung im Freilandgemüsebau. In: FINK, M. [Hrsg.], Schriftenreihe des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ), 3. Auflage, Großbeeren
- FELLER, C., H. BLEIHOLDER, L. BUHR, H. HACK, M. HEß, R. KLOSE, U. MEIER, R. STRAUS, T. VAN DEN BOOM und E. WEBER 1995: Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen I. Zwiebel-, Wurzel-, Knollen- und Blattgemüse. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **47** (8), S. 193-206
- FINK, M. und C. FELLER 1998: An empirical model for describing growth and nitrogen uptake of white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *Scientia horticulturae* **73** (2), S. 75-88
- GREENWOOD, D.J., J.J. NEETESON, A. DRAYCOTT, G. WIJNEN und D. A. STONE 1992: Measurement and simulation of the effects of N-fertilizer on growth, plant composition and distribution of soil mineral-N in nationwide onion experiments. *Fertilizer research* **31** (3), S. 305-318
- LABER, H. 2019: Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln bei differenzierter N-Düngung. Versuche im deutschen Gartenbau, Gemüsebau, www.hortigate.de

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

Tab. 3: Zeitlicher Verlauf der Frisch- und Trockenmassebildung sowie der N- und S-Aufnahme bei Steckzwiebeln

Datum	4. April	2. Mai	21. Mai	12. Juni	2. Juli	16. Juli	29. Juli	12. Aug. (bzw. n. Trocknung 9. Sept.)			
Tage nach Pflanzung	0	28	47	69	89	103	116	130			
Temperatursumme [$^{\circ}\text{Cd}$] ¹⁾	0	296	489	891	1344	1583	1872	2170			
BBCH-Stadium ²⁾	00	13-14	14-15	17/		48 (90 %)	48-49 ³⁾	48-49 ⁴⁾			
N-Düngung auf [kg N/ha]	–	180						120	150	180	210
Frischmasse _{Blatt} [kg/m ²]	–	0,14	0,67	3,80	2,01	1,70	1,02	0,14	0,13	0,13	0,15
TS-Gehalt _{Blatt} [%]	–	7,6	7,8	8,3	10,8	10,6	12,2	84,0	87,7	87,2	82,2
Trockenmasse _{Blatt} [g/m ²]	–	10,6	52,5	316	216	180	124	116	116	115	122
N-Gehalt _{Blatt} [% i.d.TS]	–	4,78	4,74	2,54	2,37	2,16	1,73	0,94	1,04	1,09	1,15
N-Menge _{Blatt} [kg N/ha]	–	5,0	24,9	80,3	51,2	38,8	21,4	10,9	12,1	12,5	14,0
S-Gehalt _{Blatt} [% i.d.TS]	–	0,88	0,73	0,45	0,35	0,38	0,39	0,21	0,21	0,23	0,22
S-Menge _{Blatt} [kg S/ha]	–	0,9	3,8	14	7,6	6,8	4,8	2,4	2,4	2,6	2,7
Frischmasse _{Bulbe} [kg/m ²]	0,24 ⁵⁾	0,34	0,55	1,88	5,12	6,73	7,02	7,42 ⁶⁾	7,58 ⁶⁾	8,09 ⁶⁾	7,90 ⁶⁾
TS-Gehalt _{Bulbe} [%]	17,3	6,7	6,9	9,8	13,4	13,9	15,7	15,7	14,5	15,1	14,5
Trockenmasse _{Bulbe} [g/m ²]	41,3	22,8	38,3	185	687	933	1100	1161	1102	1225	1146
N-Gehalt _{Bulbe} [% i.d.TS]	1,12	2,22	3,45	1,32	1,23	1,10	1,27	1,05	1,18	1,24	1,36
N-Menge _{Bulbe} [kg N/ha]	4,6	5,1	13,2	24,4	84,5	103	140	122	130	152	156
S-Gehalt _{Bulbe} [% i.d.TS]	0,26	0,42	0,49	0,22	0,30	0,26	0,32	0,25	0,31	0,32	0,30
S-Menge _{Bulbe} [kg S/ha]	1,1	1,0	1,9	4,1	20,6	24,3	35,2	29,0	34,2	39,2	34,4
N-Menge _{Pflanze} [kg N/ha]	4,6	10,1	38,1	105	136	141	161	133	142	164	170
S-Menge _{Pflanze} [kg S/ha]	1,1	1,9	5,7	18,3	28,2	31,1	40,0	31,5	36,6	41,8	37,1
N/S-Verhältnis _{Pflanze}	4,3	5,4	6,7	5,7	4,8	4,5	4,0	4,2	3,9	3,9	4,6

1) ab Pflanzung (Basistemperatur 0 °C). Bei einer Basistemperatur von 6 °C: 0, 136, 219, 489, 822, 977, 1188, 1403 °Cd;

2) n. FELLER et al. 1995;

3) 100 % Schlottenknick;

4) $> \frac{2}{3}$ des Laubes abgestorben;

5) entsprechend der auf 9 lfd. m Reihe ausgebrachten Bulbenmenge von 0,644 kg;

6) alle Werte für Bulben und Gesamtpflanze ohne lose Schalen

Nährstoffaufnahme von Steckzwiebeln – 2. Versuchsjahr

Tab. 4: Ertragsergebnisse und Nährstoffaufnahme zum Zeitpunkt der Ernte (12. August bzw. nach Trocknung 9. September)

	Bulben (= Feldabfuhr) ¹⁾				Blätter (= Ernterückstände)			
N-Düngung auf [kg N/ha]	120	150	180	210	120	150	180	210
Frischmasse [dt/ha] ²⁾	742	758	809	790	13,8	13,2	13,2	14,9
TS-Gehalt [%]	15,7	14,5	15,1	14,5	84,0	87,7	87,2	82,2
Trockenmasse [dt/ha]	116	110	122	115	11,6	11,6	11,5	12,2
N-Gehalt [% N i.d.TS]	1,05	1,18	1,24	1,36	0,94	1,04	1,09	1,15
[kg N/100 dt FM]	16,4	17,1	18,8	19,7	79,0	91,2	95,1	94,5
N-Menge [kg N/ha]	122	130	152	156	10,9	12,1	12,5	14,0
P-Gehalt [% P i.d.TS]	0,21	0,27	0,28	0,24	0,34	0,21	0,23	0,15
[kg P ₂ O ₅ /100 dt FM]	7,5	9,0	9,7	8,0	65,5	42,2	46,0	28,2
P ₂ O ₅ -Menge [kg P ₂ O ₅ /ha]	55,9	68,2	78,6	63,0	9,0	5,6	6,0	4,2
K-Gehalt [% K i.d.TS]	0,96	1,18	1,21	0,94	0,66	0,60	0,67	0,65
[kg K ₂ O/100 dt FM]	18,1	20,7	22,1	16,4	66,8	63,4	70,4	64,4
K ₂ O-Menge [kg K ₂ O/ha]	134	157	179	129,9	9,2	8,4	9,3	9,6
Mg-Gehalt [% Mg i.d.TS]	0,08	0,10	0,10	0,08	0,29	0,24	0,26	0,22
[kg MgO/100 dt FM]	2,1	2,4	2,5	1,9	40,4	34,9	37,6	30,0
MgO-Menge [kg MgO/ha]	15,4	18,3	20,3	15,2	5,6	4,6	4,9	4,5
Ca-Gehalt [% Ca i.d.TS]	0,43	0,48	0,50	0,42	4,31	3,50	3,88	3,45
[kg Ca/100 dt FM]	6,7	7,0	7,6	6,1	362	307	338	284
Ca-Menge [kg Ca/ha]	49,9	52,9	61,2	48,2	50,0	40,6	44,5	42,1
S-Gehalt [% S i.d.TS]	0,25	0,31	0,32	0,30	0,21	0,21	0,23	0,22
[kg S/100 dt FM]	3,9	4,5	4,8	4,4	17,6	18,4	20,1	18,1
S-Menge [kg S/ha]	29,0	34,2	39,2	34,4	2,4	2,4	2,6	2,7
N/S-Verhältnis	4,2	3,8	3,9	4,5	4,5	5,0	4,7	5,2

1) TS- und Nährstoffgehalts-Analysen erfolgten an repräsentativen Mischproben über die Klassen < 40 mm, 40-70 mm und > 70 mm,

2) Frischmasse und daraus abgeleitete Werte inklusive nicht marktfähiger Bulben (bei der Sortierung anfallende lose Schalen wurden auf Grund geringer Nährstoffmengen [vgl. LABER 2019] nicht mit ausgewertet/einbezogen)