

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Bei einem Versuch mit Gewächshaustomaten in Substratkultur wurde am Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Dresden-Pillnitz die Aufnahme aller Makro- und Mikronährstoffe untersucht. Bei einem Ertragsniveau von 45 kg Tomaten/m² lag die Nährstoffaufnahme umgerechnet bei rund 1.090 kg N, 400 kg P₂O₅, 2.200 kg K₂O, 160 kg MgO und 480 kg Ca je ha. Bei N, P und K wurden 50 bis 65 % der Nährstoffe in den Früchten gefunden. Mit einer Schwefelaufnahme von knapp 180 kg S/ha lag das N/S-Verhältnis bei 6,1. Die je kg Fruchtertrag aufgenommenen Nährstoffmengen wichen zum Teil stärker von Angaben in der Literatur ab.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Zur Nährstoffaufnahme von Gewächshaustomaten liegen kaum aktuelle Versuchsergebnisse vor (Tab. 1, Abb. 1). Für den erdelosen Anbau sind die Arbeiten von KRÜGER (1991) hervorzuheben, bei den von SONNEVELD & VOOGT (2009) wiedergegebenen Ergebnissen ist unklar, ob es sich um solche aus erdelosem Anbau handelt. Aus den Niederlanden liegen noch Daten von BLOEMHARD et al. (1993) vor, die von einer Untersuchung (Bodenkultur) aus dem Jahr 1984 berichten, bei der ein Trockenmasseaufwuchs von 3,00 kg/m² und eine Nährstoffaufnahme von 66 g N, 20 g P und 134 g K je m² ermittelt wurde. LIPPERT & LIEBIG (1996) bezogen die Makronährstoffaufnahme der Tomaten, die sie in einer Erdkultur untersuchten, auf die Sprosslänge und gaben als N-Bedarf einer Pflanze 0,0371 g N/cm an. Aus den Angaben von GEISSLER et al. (1991) errechnet sich eine N-Aufnahme von 3,3 g N/kg FM-Ertrag, während andere Angaben meist um 2 g N/kg liegen.

Tab. 1: Nährstoffaufnahme von Gewächshaustomaten (Literaturdaten)

| Quelle | | Anbau | Ertrag [kg/m ²] | Nährstoffaufnahme [g/kg Ertrag] ¹⁾ | | | | |
|---------------------------------|------------|---------|--------------------------------|---|------|-------------------|------|-----|
| | | | | N | P | K | Mg | Ca |
| GÖHLER 1960 | Versuch | erdelos | 3,5-7,1/7,4 | 2,5 | 0,70 | 4,0 | 0,09 | 2,5 |
| GEISSLER & KURNOTH 1961 | Versuch | Boden | 12,5 | 2,9 | 0,42 | 4,3 | 0,47 | 3,3 |
| WARD 1967 (zit. in KRÜGER '91) | Versuch | Boden | 18,6 | 1,8 | 0,48 | 3,1 | 0,22 | 1,3 |
| KANAZ. & SPAS. '87 (KRÜGER '91) | Versuch | Boden | 16,5 | 3,1 | 0,40 | 3,2 | 0,64 | 2,0 |
| GEISSLER et al. 1991 | Angabe | Boden | 6-30 | 3,3 ²⁾ | 0,41 | 5,2 | 0,50 | 3,7 |
| KRÜGER 1991 | 3 Versuche | erdelos | 7,9-13,1 | 2,1 | 0,3 | 3,0 | 0,3 | 1,5 |
| SCHARPF & WEIER 1994 | Angabe | Boden | 10-40 | 2,0 | 0,5 | 3,5 | 0,5 | |
| KREß et al. 1995 | Angabe | Boden | | 1,9 | 0,26 | 2,7 | 0,36 | 1,1 |
| RATHER 2007 | Angabe | Boden | 12-20 | 2,0 | 0,26 | 3,2 | 0,24 | |
| PASCHOLD 2008 | Angabe | Boden | 10-40/50 | 2,8 | 0,40 | 4,9 | 0,50 | 3,7 |
| SONNEVELD & VOOGT 2009 | Versuche | k. A. | 10-48 | 2,1 ^{2,3)} | | 3,7 ³⁾ | | |
| NEUWEILER 2011 | Angabe | Boden | 12-30 | 1,3 | 0,29 | 2,4 | 0,50 | |

1) bei angegebenen Ertragsspannen bezieht sich die Nährstoffaufnahme auf das fett gedruckte Ertragsniveau; 2) vgl. Abb. 1;

3) Die Autoren nutzten die in Abb. 1 ebenfalls wiedergegebene lineare Funktion mit Absolutglied zur Beschreibung der N-Aufnahme (bei Kalium: $y = 3,00x + 24,45$)

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

KLEIN (2009) ermittelte die N-Aufnahme in zwei Versuchen mit älteren/seltenen Tomatensorten, so dass die relativ hohe N-Aufnahme ggf. auf die (relativ zur Wuchsleistung) geringeren Erträge zurückgeführt werden können. Bei den Düngungsversuchen von HALITLIGIL et al. (2002) und STADLER (2006) errechnen sich in den ungedüngten Varianten (1,8 bzw. 1,4/1,7 g N/kg) jeweils geringere N-Aufnahmen als in den gedüngten Varianten (2,4 bzw. durchschnittlich 1,8 g N/kg).

Zur S-, Si- und Mikronährstoffaufnahme liegen nur Ergebnisse von GEISSLER & KURNOTH (1961) vor (s. u.).

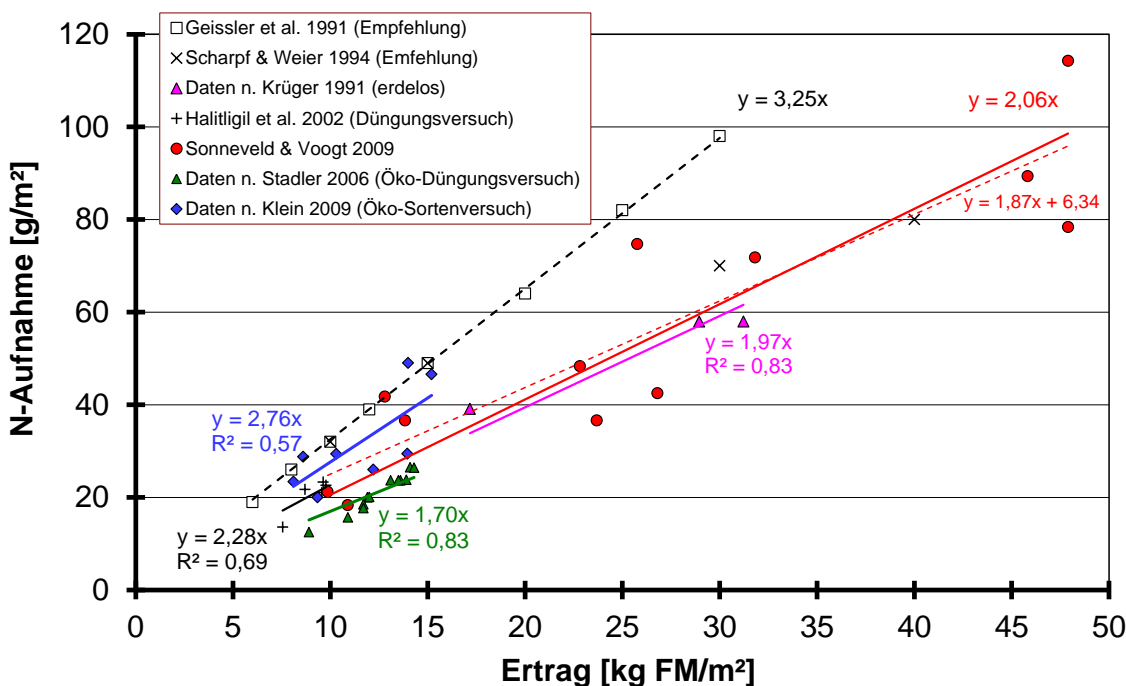


Abb. 1: N-Aufnahme von Tomaten in Abhängigkeit vom Ertrag (Literaturdaten)

Material und Methoden

Die Ermittlung der Nährstoffaufnahme erfolgte in einer separaten Parzelle im Rahmen eines Sortenversuches auf Steinwolle (LATTASCHKE & REINICKE 2012) an 15 Pflanzen. Während der Kulturzeit wurden alle bei den Pflegearbeiten anfallenden Bestandesabfälle erfasst. Dabei wurde zwischen 'junges Material' (Geiztriebe, entfernte junge Blätter, Triebspitze beim Stutzen) und 'altes Material' (entfernte alte Blätter, teilweise abgeerntete Fruchtstände) unterschieden. Mit Ende der Kultur wurden die Pflanzen oberhalb des Steinwollwürfels abgeschnitten ('Restpflanze').

Das häufig nur in geringen Mengen in ein- bis mehrwöchigen Abstand angefallene junge Material wurde, nach Erfassung der Frischmasse, bei 105°C getrocknet. Bei größeren Mengen wurde, wie auch bei dem alten Material sowie den Restpflanzen (zur Homogenisierung gehäckselt), der Trockensubstanzgehalt an einer Teilprobe von rund 600 bzw. 800 g ermittelt.

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

Von den 2-mal wöchentlich geernteten Tomatenfrüchten (Einzelfruchternte) wurden jeweils rund 9 typische Früchte (rund 630 g), nach Zerteilen mit einem Messer, bei 105°C getrocknet. Das so über jeweils zumeist zwei Wochen gewonnene Material wurde vermischt, vermahlen und im Labor auf seinen Nährstoffgehalt hin untersucht. Analog wurde mit dem jungen, alten sowie dem Restpflanzen-Material verfahren.

Kulturdaten

- Sorte: Pureza F₁ (Enza)
- Aussaat: 15.11.2011
- Veredelung: 05.12.2011 (Unterlage 'Maxifort F₁')
- Pflanzung: 03.01.2012 (1. KW)
- Erntetermin: 22.03. - 05.11.2012 (12. - 45. KW, 2-mal/Woche)
- Pflanzabstand: 2,7 Pflanzen/m² (1,48 m × 0,25 m), ab 5. Blütenstand jede 8. Pflanze 1 Zusatztrieb = 3,0 Triebe/m²
- Spanndraht: Höhe: 3,40 m (Layersystem)
- Gewächshaus: Venlo; 4 m Stehwandhöhe; 3,20 m Kappenbreite
- Klimaführung: T/N 19-20/17-18°C (bis Erntebeginn), T/N 18/17°C (ab Erntebeginn), Vornacht 14°C für 5 Std., CO₂-Gehalt 700-1.000 ppm (strahlungsabhängig), 500 ppm bei geöffneter Lüftung
- Substrat: Grodan-Steinwolle (Typ: Grotop Master), 2 m-Matten, 8 Pflanzen/Matte
- Nährlösung: Standard-Nährlösung (vgl. LATTASCHKE 2004)

Ergebnisse im Detail

Tomatenfrüchte

Mit knapp 45,6 kg/m² zeigte der Bestand ein gutes Ertragsniveau (Abb. 2), wobei nahezu alle Früchte der Klasse I zugeordnet werden konnten (nicht marktfähig: 0,22 kg/m²). Das durchschnittliche Fruchtgewicht lag bei 66 g, der Ertragsverlauf zeigte die typischen wöchentlichen Schwankungen (Abb. 3). Die Früchte wiesen einen durchschnittlichen **Trockensubstanzgehalt** (TS-Gehalt) von 5,5 % auf, wobei die Gehalte zwischen 5,2 und 5,9 % lagen (Abb. 5). Damit wurde gut 2.500 g Frucht-TM/m² gebildet.

Aus den Daten von GÖHLER (1960) errechnet sich für ein Ertragsniveau von gut 7 kg/m² ein mittlerer TS-Gehalt von 6,4 %. GEISSLER & KURNOTH (1961) ermittelten an reifen Früchten einen durchschnittlichen TS-Gehalt 6,6 %, an grünen Früchten von 7,4 %. KRÜGER (1991) errechnete einen mittleren TS-Gehalt von 5,5 %. KLEIN (2009) fand je nach Sorte und Anbaujahr TS-Gehalte von 4,8-7,9 %. HERRMANN (2001) gibt für den "essbaren Anteil" von Tomaten einen mittleren TS-Gehalt von 5,8 % und eine Spannweite von 4,8-7,0 % an.

Der **Nitratgehalt** der Früchte sank von rund 40 mg NO₃/kg Frischmasse zu Erntebeginn Ende März/Anfang April auf rund 10 mg NO₃/kg ab und lag im Mittel bei 15 mg NO₃/kg Frischmasse (Abb. 4). Auch nach HERRMANN (2001) liegt der Nitratgehalt häufig unter 50 mg NO₃/kg, maximal bei 100 mg NO₃/kg.

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

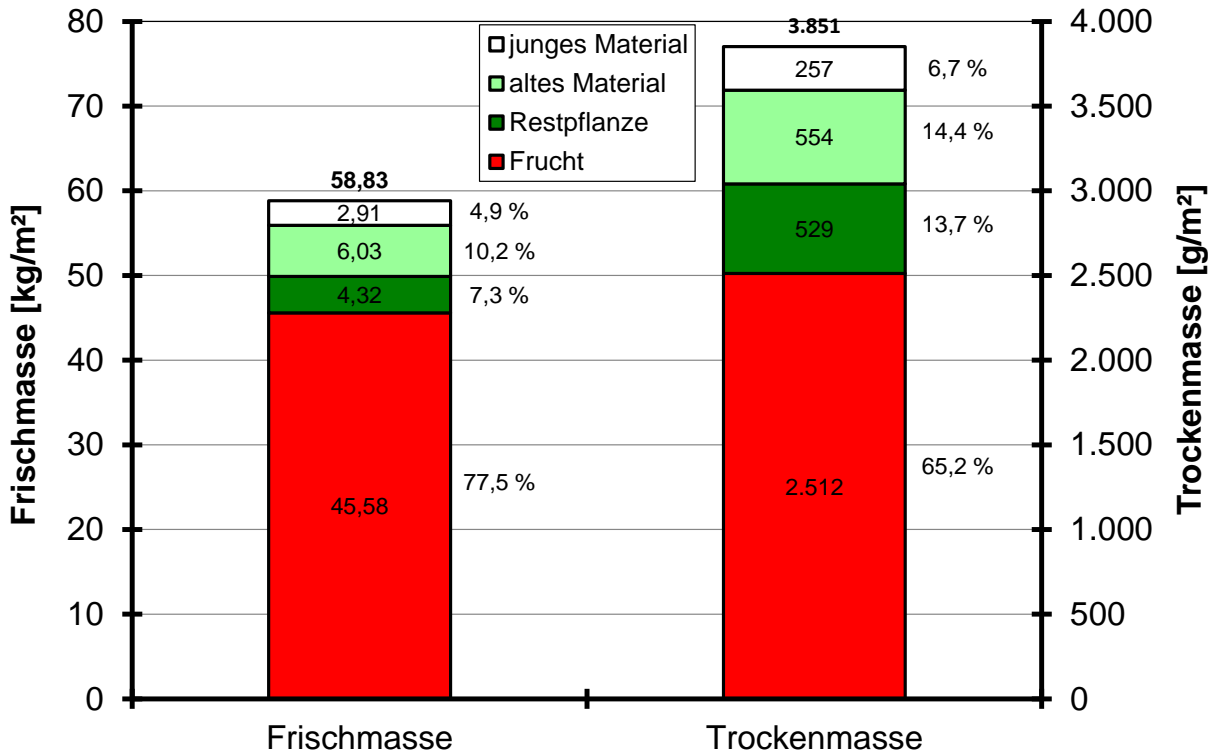


Abb. 2: Frisch- und Trockenmasseaufwuchs

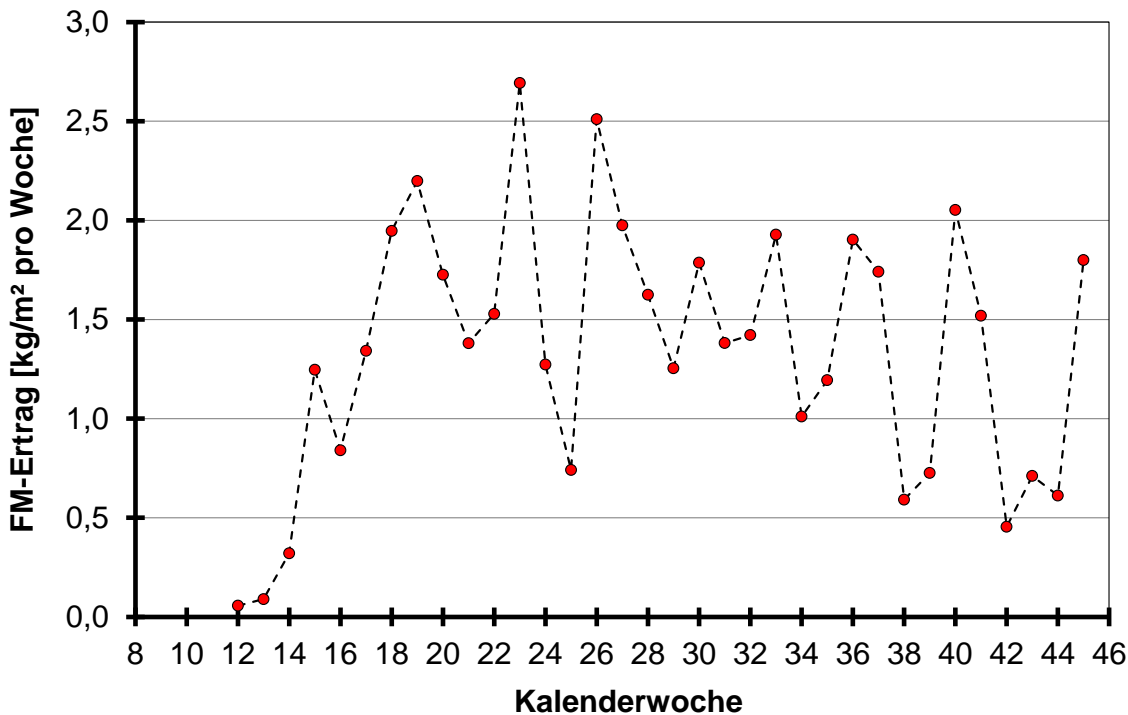


Abb. 3: Ertragsverlauf (marktfähige Früchte)

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

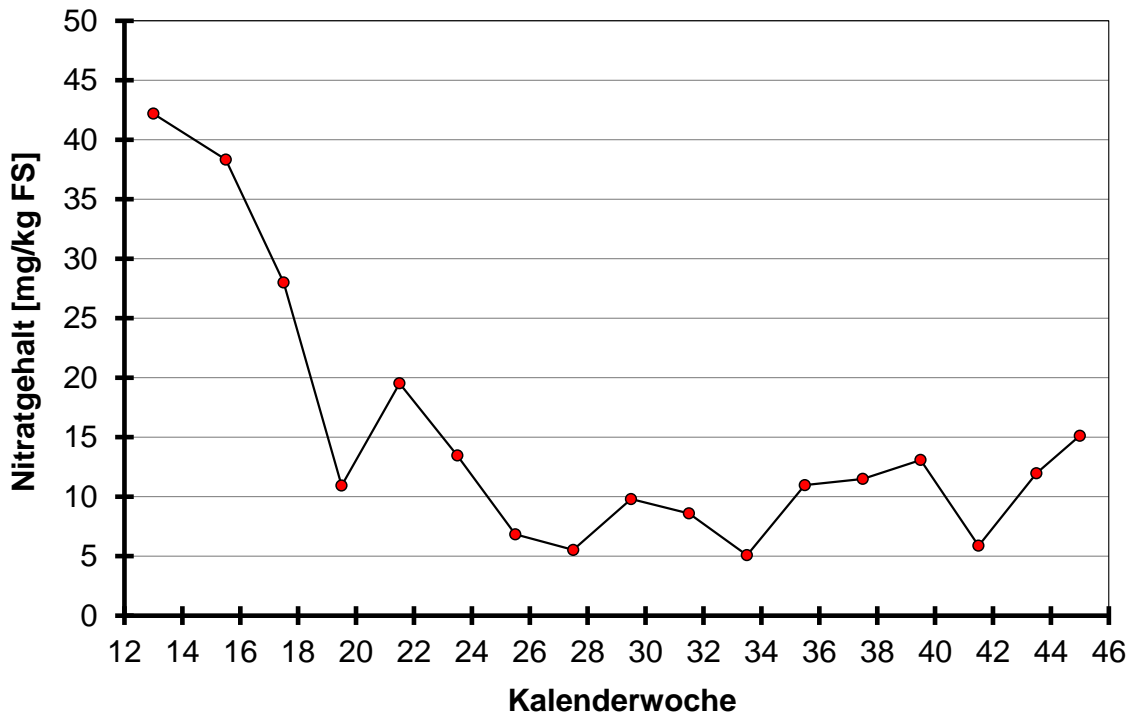


Abb. 4: Nitratgehalt in den Tomatenfrüchten im Verlauf der Kulturzeit

Bei den **Makronährstoffen** zeigten sich bei N, P und K über die Kulturzeit hinweg leicht abfallende Gehalte, während diese Abnahme bei Mg, S und Ca nicht zu beobachten war (Abb. 5 + 6).

GEISSLER & KURNOTH (1961) fanden nur bei P und Mg abnehmende Gehalte. Bei den Ergebnissen von KRÜGER (1991) deutet sich nur bei N und tendenziell bei K eine leichte Abnahme der Gehalte an.

Die über die Kulturzeit gemittelten Gehalte sind in Tab. 3 wiedergegeben. Sie stimmen weitestgehend mit den in der Literatur gefundenen Werten überein. Der Schwefelgehalt lag mit durchschnittlich 0,14 % auf dem Niveau des Magnesiumgehaltes. GEISSLER & KURNOTH fanden mit 0,36 % deutlich höhere Gehalte, obgleich nach Veraschung nur auf SO_4 hin analysiert wurde und so elementarer (Schwefelspritzungen) und organisch gebundener Schwefel vermutlich nicht erfasst wurden.

Silizium konnte zu keinem Zeitpunkt in den Früchten nachgewiesen werden.

GEISSLER & KURNOTH ermittelten dagegen 0,24 % Si in der TS. Allerdings fanden die Autoren nach der Veraschung trockenmassebezogen auch 0,9 % "Sand", so dass der Si-Gehalt möglicherweise auch durch Verschmutzungen beeinflusst wurde.

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

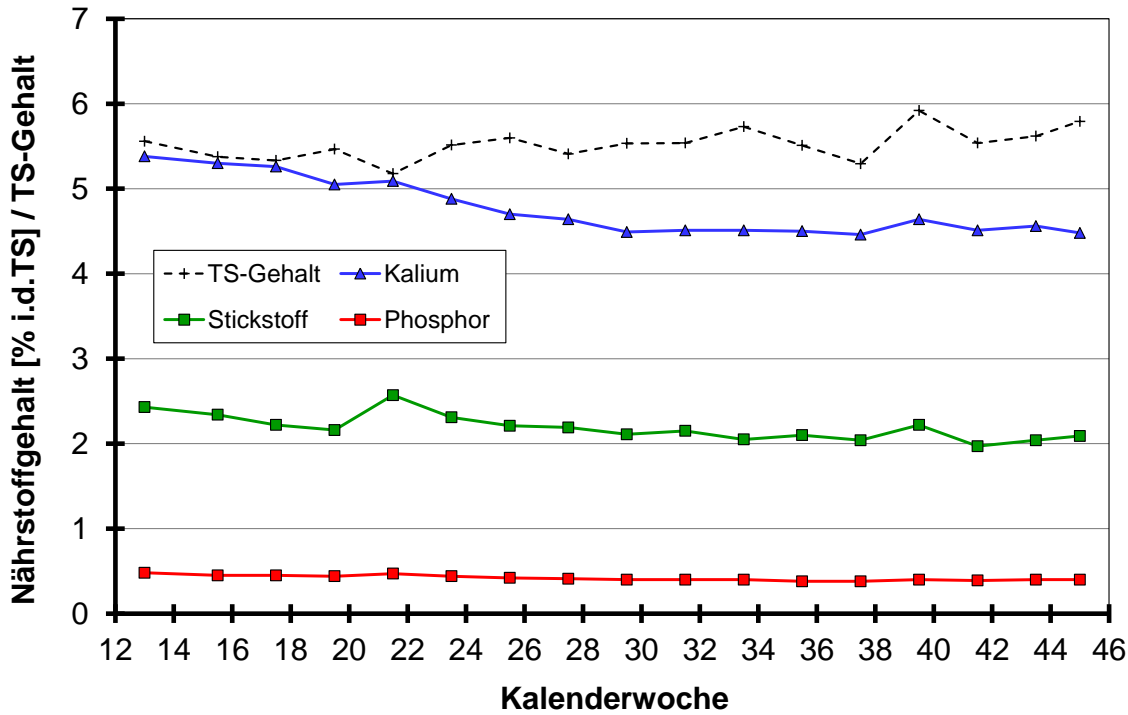


Abb. 5: Trockensubstanzgehalt und Gehalt an Stickstoff, Phosphor und Kalium in den Tomatenfrüchten im Verlauf der Kulturzeit

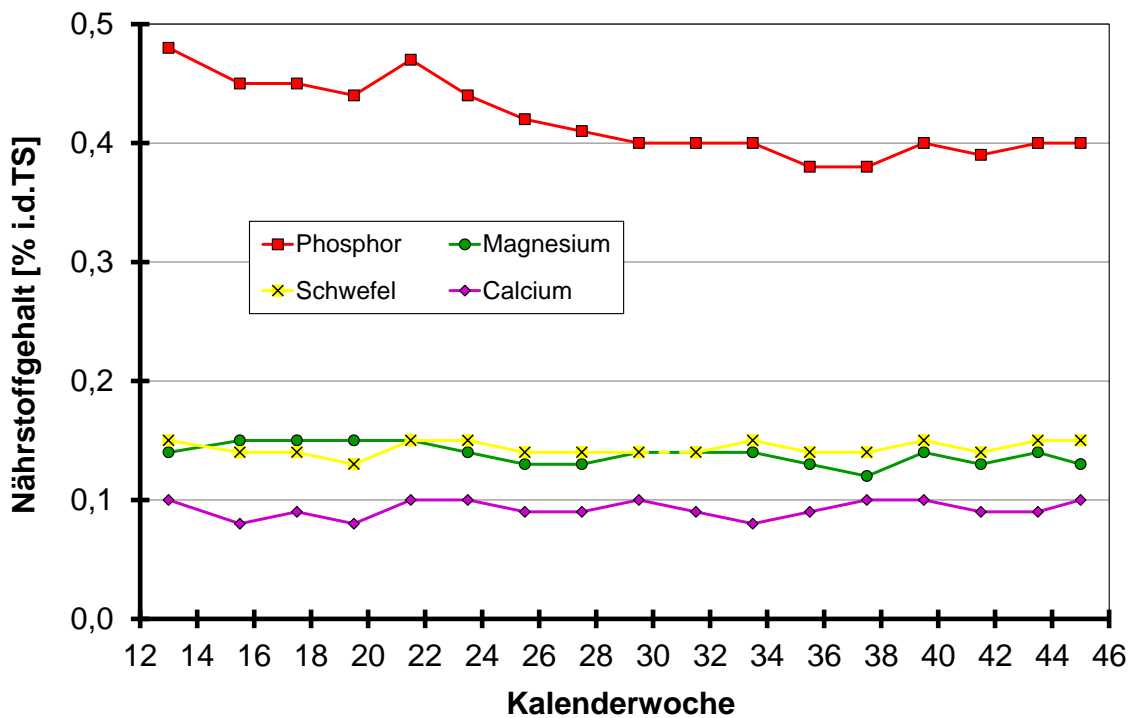


Abb. 6: Gehalt an Phosphor, Calcium, Magnesium, Schwefel und Silizium in den Tomatenfrüchten im Verlauf der Kulturzeit

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

Bei den **Mikronährstoffen** zeigten sich, mit Ausnahme von Fe, über die Kulturzeit recht kontinuierliche Gehalte (Abb. 7). Die über die Kulturzeit gemittelten Spurenelementgehalte der Tomatenfrüchte sind in Tab. 3 wiedergegeben.

GEISSLER & KURNOOTH (1961) fanden insbesondere höhere Fe-Gehalte, die aber ebenfalls evtl. auf Verunreinigungen zurückgeführt werden könnten. Die höheren Mn-, Zn- und Cu-Gehalte die HERRMANN (2001) angibt, sind möglicherweise auch durch Pflanzenschutzmittelrückstände beeinflusst worden.

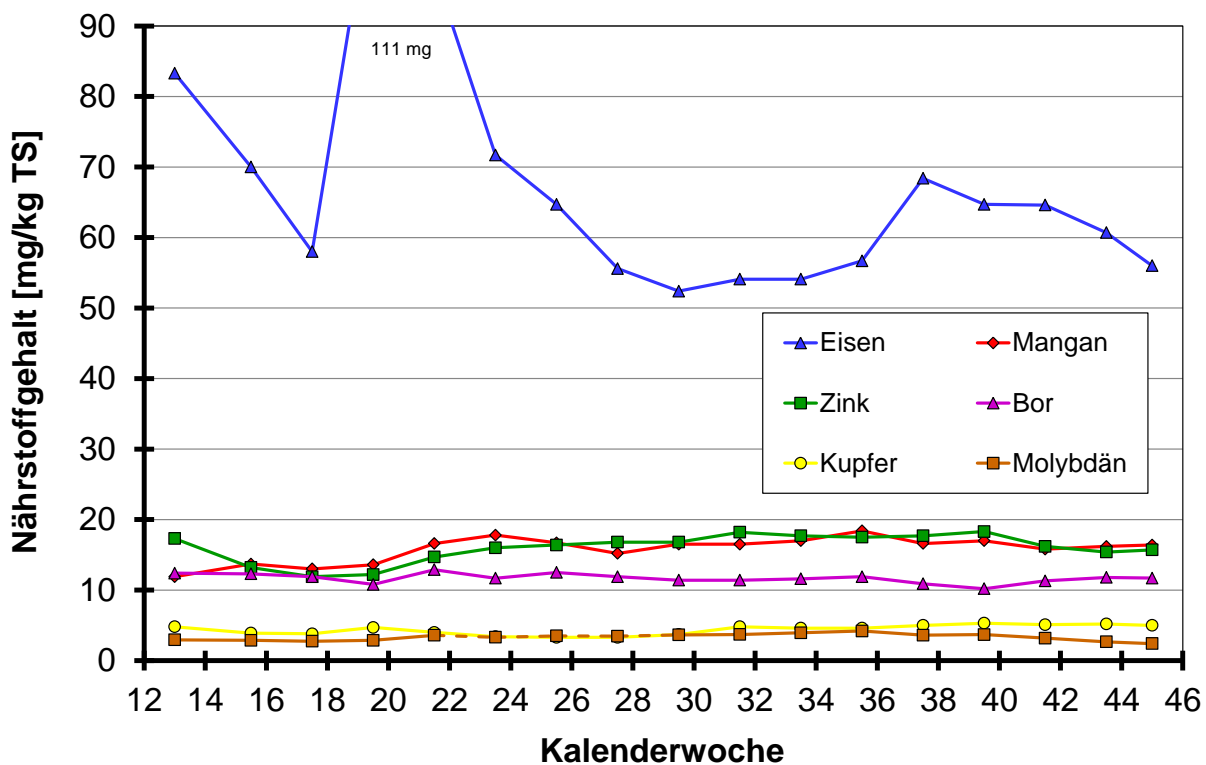


Abb. 7: Gehalt an Mikronährstoffen in den Tomatenfrüchten im Verlauf der Kulturzeit

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

Sprossmaterial

Insgesamt wurden 13,3 kg Spross-Frischmasse/m² (ohne Früchte) gebildet (Abb. 2). Damit entfielen gut 7 % des Gesamt-FM-Aufwuchses auf die Restpflanze, rund 10 % auf das alte Material und knapp 5 % auf das junge Material.

Die TS-Gehalte des jungen Materials lagen bei 9,4 %, die des alten Materials bei 8,8 %, wobei der höhere TS-Gehalt des jungen Materials methodisch bedingt sein dürfte, da die geringen Mengen bis zur Einwaage oft schon angewelkt waren. Die Restpflanzen wiesen einen Trockensubstanzgehalt von 12,2 % aus. Damit wurden insgesamt 1.339 g Spross-TS/m² gebildet.

Die mittleren Gehalte an den **Makronährstoffen** im Sprossmaterial sind in Abb. 8 und 9 wiedergegeben. Während bei Kalium, Phosphor und, mit Einschränkungen, Magnesium die Gehalte in den verschiedenen Sprossmaterialien jeweils relativ einheitlich ausfielen, zeigten das ältere Material und die Restpflanzen deutlich höhere Gehalte an Calcium, Schwefel und Silizium. Bei Stickstoff enthielt das junge und alte Material mit je rund 4,5 % N in der TS deutlich mehr N als die Restpflanzen (3,62 %). Ein Vergleich der Werte mit Literaturdaten ist schwierig, da die Aufteilung des Sprosses in die verschiedenen Organe unterschiedlich erfolgte (Tab. 2). Auffällig sind in erster Linie die hohen Ca-Gehalte in den Untersuchungen von GÖHLER (1960) und GEISSLER & KURNOOTH (1961).

Tab. 2: Nährstoffgehalte von Sprossorganen (Literaturdaten und eigene Untersuchung)

| | % in der TS | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--|------|------|------|------|-----------------------------------|------|------|-------------------|------|--------------------|------|------|------|------|
| | N | P | K | Mg | Ca | N | P | K | Mg | Ca | N | P | K | Mg | Ca |
| GÖHLER 1960 | | | | | | Spross, inkl. Blätter etc. | | | | | | | | | |
| | | | | | | 2,5 | 0,81 | 3,1 | 0,04 ¹ | 5,08 | | | | | |
| GEISSLER & KURNOOTH '61 | junge Blätter/Geiztriebe²⁾ | | | | | alte Blätter | | | | | Hauptspross | | | | |
| | 3,91 | 0,54 | 4,49 | 0,46 | 2,69 | 2,97 | 0,37 | 3,11 | 0,73 | 7,19 | 2,19 | 0,41 | 4,34 | 0,53 | 2,44 |
| KRÜGER 1991 | junge Blätter/Geiztriebe²⁾ | | | | | alte Blätter | | | | | Spross | | | | |
| | 5,1 | 0,60 | 3,4 | 0,39 | 1,4 | 5,1 | 0,60 | 3,4 | 0,39 | 1,4 | 1,8 | 0,46 | 3,8 | 0,53 | 2,0 |
| eigene Untersuchung | junges Material | | | | | altes Material | | | | | Restpflanze | | | | |
| | 4,76 | 0,56 | 4,98 | 0,38 | 1,27 | 4,36 | 0,55 | 5,33 | 0,60 | 4,12 | 3,62 | 0,55 | 4,17 | 0,41 | 3,61 |

1) Wert vermutlich fehlerhaft, vgl. auch Tab. 1; 2) ungewichtete Mittelwerte der separat erfassten Gehalte

GEISSLER & KURNOOTH (1961) fanden in jungen Blättern 1,39 % S, in Geiztrieben 0,66 % S in der TS. Alte Blätter enthielten 2,68 % S, der Hauptspross 0,70 % S. Der Si-Gehalt lag bei 0,48 % (junge Blätter), 0,39 % (Geiztriebe), 0,24 % (alte Blätter) und 0,31 % (Hauptspross). (Zur Problematik der S- und Si-Analyse bei dieser Untersuchung siehe oben unter Tomatenfrüchte.)

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

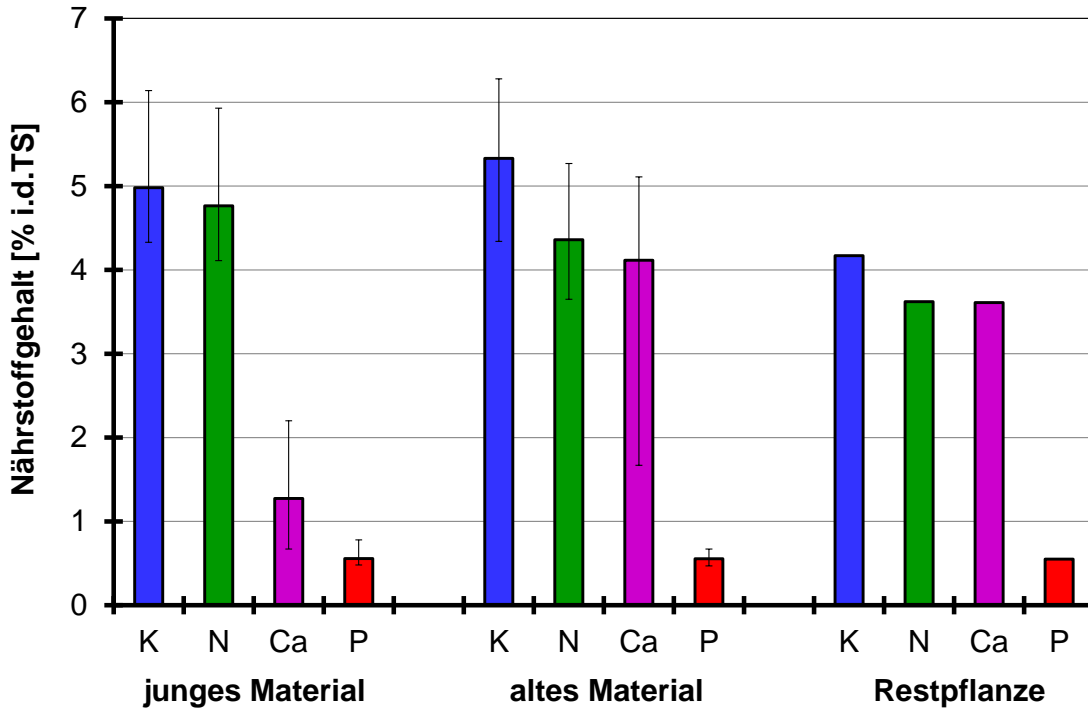


Abb. 8: Gehalte an Stickstoff, Phosphor, Kalium und Calcium im Sprossmaterial (ohne Früchte) (I = Spannweite)

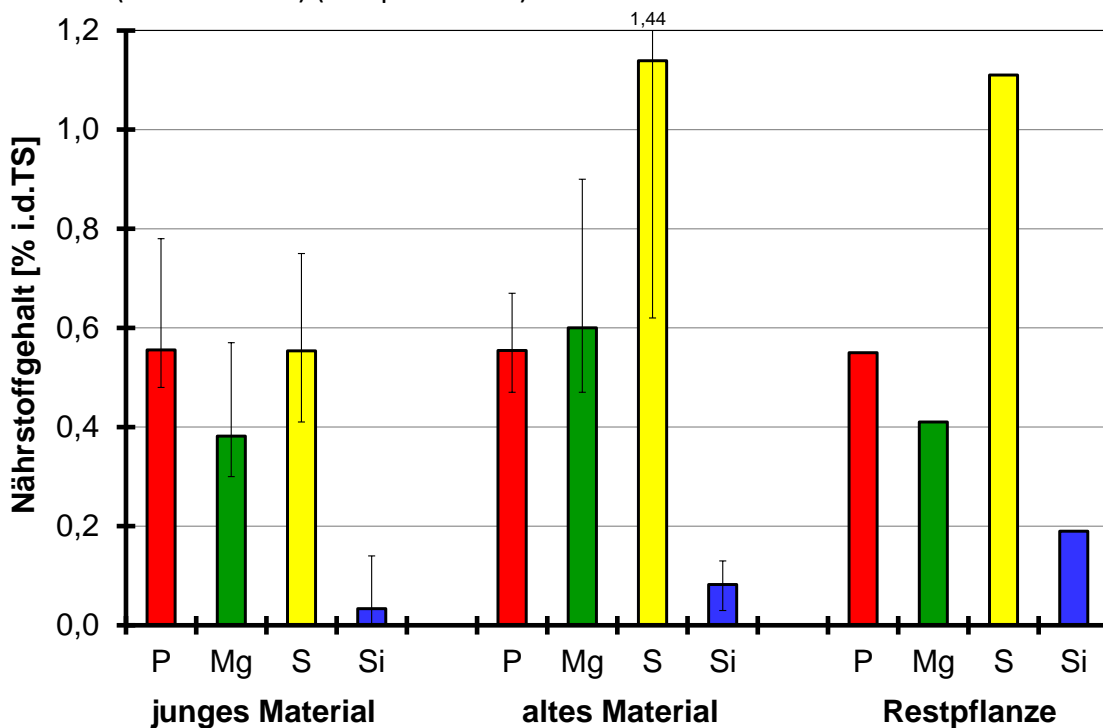


Abb. 9: Gehalte an Phosphor, Magnesium, Schwefel und Silizium im Sprossmaterial (ohne Früchte) (I = Spannweite)

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

Bei den **Mikronährstoffen** zeigten Mangan, Bor und Molybdän im älteren Material bzw. der Restpflanze höhere Gehalte als im jungen Material (Abb. 10). Bei den anderen Mikronährstoffen fielen in den verschiedenen Sprossmaterialien die Gehalte jeweils relativ einheitlich aus.

GEISSLER & KURNOTH (1961) fanden mit 63,0 mg B/kg TS (junge Blätter) und 24,8 mg (Geiztriebe) vergleichbare Bor-Gehalte im jungen Material. Mit 62,8 mg B/kg (alte Blätter) und 19,0 mg (Hauptspross) wurden im alten Material aber geringere Gehalte gemessen. Auch die Mn-Gehalte lagen mit 74 mg Mn/kg TS (junge Blätter), 61 mg (Geiztriebe) und 140 mg (Hauptspross) auf vergleichbarem Niveau wie in der aktuellen Untersuchung. Die alten Blätter wiesen mit 345 mg/kg aber sehr hohe Mn-Gehalte auf. Die Fe-Gehalte lagen zwischen 102 mg Fe/kg (alte Blätter) und 239 mg (Geiztriebe).

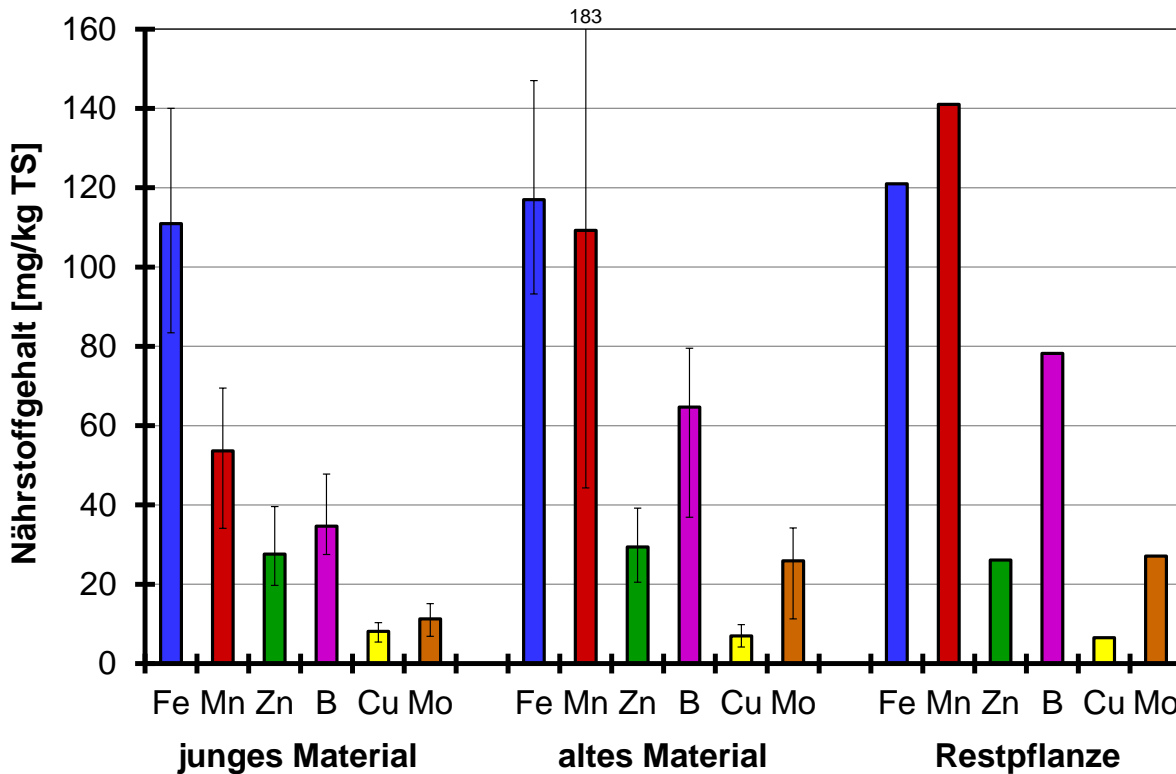


Abb. 10: Gehalte an Mikronährstoffen im Sprossmaterial (ohne Früchte) (I = Spannweite)

Gesamtpflanze

Die Gesamtaufnahme an **Makronährstoffen** belief sich auf insgesamt ca. 109 g N/m², 41 g P₂O₅/m² und 220 g K₂O/m² (Abb. 11), die sich zu 50 bis 65 % in den Früchten fanden (Tab. 3, dort Angabe der Nährstoffaufnahme in der Elementform). Die aufgenommenen Magnesium-Mengen (16 g MgO/m²) fanden sich zu 36 % in den Früchten wieder. Bei Schwefel (18 g S/m²) lag der Anteil bei 20 %, bei Calcium (49 g Ca/m²) bei 5 %. Silizium (1,7 g Si/m²) fand sich nur in den vegetativen Pflanzenteilen. Bezogen auf die Gesamtaufnahme betrug das N/S-Verhältnis 6,1.

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

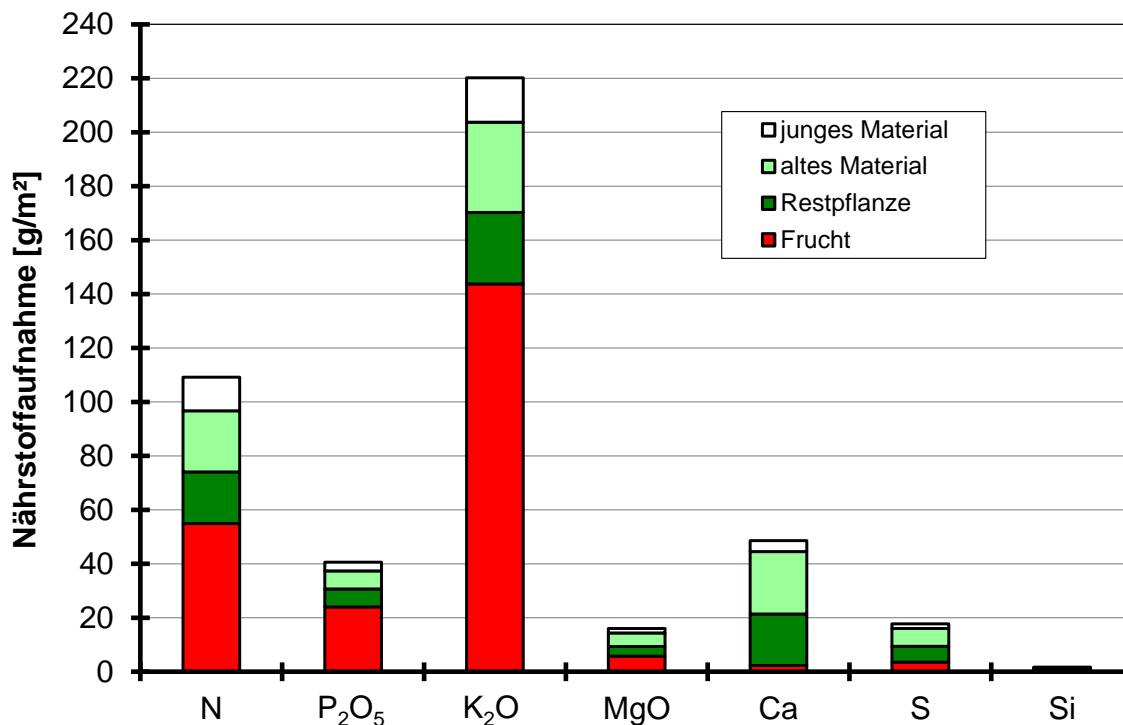


Abb. 11: Aufnahme an Makronährstoffen durch die Tomatenpflanzen

Die N-Aufnahme lag bei 2,40 g N/kg FM-Ertrag und damit über den Ergebnissen von SONNEVELD & VOOGT (2,1 bzw. 1,87 g N/kg + Absolutglied) und vielen Literaturangaben im Bereich von 2 g N/kg (Tab. 1).

Die P-Aufnahme (0,39 g P/kg = 0,89 g P₂O₅/kg) lag im Mittelfeld der Literaturangaben, die zumeist von 0,26 bis 0,5 g P/kg reichen. Kalium wurde mit 4,01 g K/kg (4,83 g K₂O/kg) aufgenommen, was leicht über den von SONNEVELD & VOOGT erhobenen Daten und deutlich über viele Angaben im Bereich von 3,0 g K/kg liegt. Dagegen lag die Mg-Aufnahme mit 0,21 g Mg/kg (0,35 g MgO/kg) eher im unteren Bereich der Literaturangaben. Gleiches gilt für Calcium (1,07 g Ca/kg).

Die aufgenommenen Mengen **an Mikronährstoffen** sind in Abb. 12 bzw. Tab. 3 wiedergegeben.

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

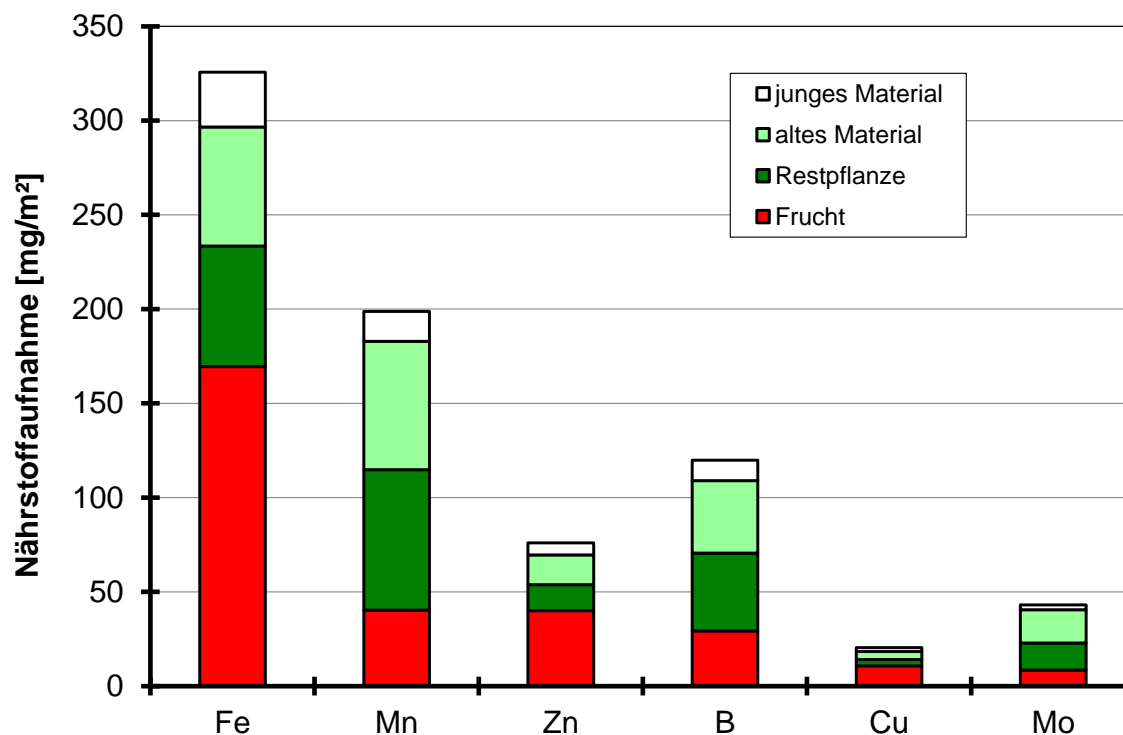


Abb. 12: Aufnahme an Mikronährstoffen durch die Tomatenpflanzen

Der **Gesamt-Aufwuchs** betrug knapp 59 kg FM/m², die Trockenmasseproduktion lag bei gut 3.850 g/m² (Abb. 2). Damit wurden pro Tag im Durchschnitt 12,6 g TM/m² gebildet. (Zum Vergleich: Landwirtschaftliche Freiland-Kulturen [kein Lichtverlust durch die Gewächshaushülle] erreichen in der Hauptwachstumszeit durchschnittliche Wachstumsleistungen von ca. 20 g TM/m².)

Die Summe der Globalstrahlung über die Kulturzeit (Pflanzung bis Kulturrende) betrug 991 kWh/m². Bei einer angenommenen Lichtdurchlässigkeit der Gewächshaushülle von 70 %, einem Anteil der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) von 50 % und einer angenommenen 90 %igen Lichtaufnahme durch die Pflanzen wurden 12,3 g TM/kWh PAR_{absorbiert} (3,4 g TM/MJ) gebildet.

Literatur:

BLOEMHARD, C., A. VAN DEN BOS, N. VAN DER BURG, R. DE GRAAF, D. Klapwijk, C. DE KREIJ, W. POST, W. VAN SCHIEN, C. SONNEVELD, N. STRAVER, W. VOOGT UND A. VAN DER WEES 1993: Plantenvoeding in de Glastuinbouw. Informatiereeks Nr. 87, Proestation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk (NL), S. 56

GEISSLER, Th. und P. KURNOTH 1961: Der Nährstoffentzug einer frühen Tomatenkultur unter Glas. Archiv für Gartenbau 9 (3), S. 175-205

GEISSLER, Th., V. KINDT, J. LANCKOW, O. LEKVE und B. WINDISCH 1981: Gemüseproduktion unter Glas und Platten - Produktionsverfahren. Hrsg: GEISSLER, Th., VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

- GÖHLER, F. 1960: Nährstoffverbrauch und -verwertung bei der erdlosen Kultur von Gurke und Tomate unter Glas. *Archiv für Gartenbau* **8** (2), S. 146-160
- HALITLIGIL, M.B., A.I. AKIN, H. KISLAL, A. OZTURK und A. DEVIREN 2002: Yield, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency by tomato, pepper, cucumber, melon and eggplant as affected by nitrogen rates applied with drip-irrigation under greenhouse conditions. In: *Water balance and fertigation for crop improvement in West Asia*, IAEA-TECDOC-1266, IAEA, Wien (A), S. 99-110
- HERRMANN, K. 2001: *Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse*. Eugen Ulmer, Stuttgart
- KANAZIRSKA, V. und S.S. SPASOV 1987: Dynamik und Qualität der Nährstoffaufnahme durch Tomatenpflanzen in Abhängigkeit von der Anbauperiode im Gewächshaus. *Rast. Nauki* **24** (10), S. 64-72 (zit. in KRÜGER 1991)
- KLEIN, D. 2009: *Ansätze zur Erhaltung seltener Tomatensorten im Ökologischen Gemüsebau mit besonderer Berücksichtigung differenzierter Qualitätsparameter und regionaler Vermarktung*. Diss. Universität Bonn
- KREß, O., MENNING, I., SCHLERETH, H. und BECK, M. 1995: *Die Düngung von Gemüsekulturen im Gewächshaus im gewachsenen Boden*. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Abt. Gartenbau, Veitshöchheim/Institut für Gemüsebau, Fachhochschule Weihenstephan
- KRÜGER, I. 1991: *Die Nährstoffaufnahme und -verwertung beim Anbau von Tomate und Gurke auf Mineralwolle als Grundlage für eine bedarfsgerechte Nährstoffversorgung*. Diss. Humboldt-Universität zu Berlin
- LATTAUSCHKE, G. 2004: *Gewächshaustomaten. Hinweise zum umweltgerechten Anbau*, Managementunterlage. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden.
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13632/documents/15644>
- LATTAUSCHKE, G. und C. REINICKE 2012: *Guter Geschmack geht bei runden Tomaten meist zu Lasten des Ertrags*. www.hortigate.de
- LIPPERT, F. und H.-P. LIEBIG 1996: *Mengenkonzept zur bedarfsorientierten Nährstoffversorgung von Tomaten*. *Gemüse* **32** (2), S.136-140
- NEUWEILER, R. 2011: *Düngungsrichtlinien für den Gemüsebau*. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW (CH) [Hrsg.]
- PASCHOLD, P.-J. 2008: *Geschützter Anbau*. In: RÖBER, R. und H. SCHACHT [Hrsg.]: *Pflanzenernährung im Gartenbau*. Eugen Ulmer, Stuttgart
- RATHER, K. 2007: *Nährstoffversorgung von Tomaten in Bodenkultur unter dem Aspekt der Flüssigdüngung mit Tropfbewässerung*. In: *Aktuelle Versuchsergebnisse und Informationen aus Baden-Württemberg*, LVG Heidelberg
- SONNEVELD, C. und W. VOOGT 2009: *Plant nutrition of greenhouse crops*. Springer (DOI 10.1007/978-90-481-2532-6)
- SCHARPF, H.-C. und U. WEIER 1994: *Düngung von Unterglasgemüse in Bodenkulturen*. *Gemüse* **30** (11), S. 623-626
- STADLER, C. 2006: *Nitrogen release and nitrogen use efficiency of plant derived nitrogen fertilisers in organic horticultural soils under glasshouse conditions*. Diss. Technische Universität München
- WARD, G.M. 1967: *Growth and nutrient absorption in greenhouse tomato and cucumber*. *Proc. Am. Soc. Horti. Sci.* **90**, S. 335-341 (zit. in KRÜGER 1991)

Hoher Nährstoffbedarf beim Anbau von Gewächshaustomaten auf Substrat

Tab. 3: Nährstoffgehalte und Nährstoffaufnahme

| | N | P | K | Mg | Ca | S | Si | Fe | Mn | Zn | B | Cu | Mo |
|---|----------------------------|------|-------|------|-------|-------|------|-------------------------|-------|------|------|------|------|
| Durchschnittlicher Nährstoffgehalt | | | | | | | | | | | | | |
| | [% in der Trockensubstanz] | | | | | | | [mg/kg Trockensubstanz] | | | | | |
| junges Material ¹⁾ | 4,76 | 0,56 | 4,98 | 0,38 | 1,27 | 0,55 | 0,03 | 111,0 | 53,6 | 27,6 | 34,6 | 8,1 | 11,3 |
| altes Material ¹⁾ | 4,36 | 0,55 | 5,33 | 0,60 | 4,12 | 1,14 | 0,08 | 117,0 | 109,3 | 29,4 | 64,7 | 7,0 | 29,9 |
| Restpflanze | 3,62 | 0,55 | 4,17 | 0,41 | 3,61 | 1,11 | 0,19 | 121,0 | 141,0 | 26,1 | 78,2 | 6,5 | 27,1 |
| Früchte ^{1, 2)} | 2,19 | 0,42 | 4,76 | 0,14 | 0,09 | 0,14 | n.n. | 67,3 | 15,8 | 16,0 | 11,7 | 4,4 | 3,3 |
| Literaturdaten Nährstoffgehalt in Früchten | | | | | | | | | | | | | |
| GÖHLER 1960 | 2,05 | 0,34 | 3,73 | 0,11 | 0,50 | | | | | | | | |
| GEISSLER & KUR. '61 | 2,21 | 0,27 | 4,12 | 0,27 | 0,14 | 0,36 | 0,24 | 179,1 | 29,0 | | 13,1 | | |
| Krüger 1991 | 2,2 | 0,36 | 3,5 | 0,14 | 0,12 | | | | | | | | |
| KLEIN 2009 | | 0,35 | 5,46 | 0,20 | 0,10 | | | | | | | | |
| HERRMANN 2001 ³⁾ | 2,75 ⁴⁾ | 0,33 | 4,53 | 0,18 | 0,14 | | | 99,6 | 23,5 | 30,8 | | 10,9 | |
| Nährstoffaufnahme | | | | | | | | | | | | | |
| | [g/m ²] | | | | | | | [mg/m ²] | | | | | |
| Früchte ⁵⁾ | 54,9 | 10,5 | 119,3 | 3,48 | 2,31 | 3,59 | 0,00 | 169 | 40 | 40 | 29 | 11 | 8 |
| junges Material | 12,5 | 1,4 | 13,6 | 1,01 | 4,07 | 1,71 | 0,24 | 29 | 16 | 6 | 11 | 2 | 3 |
| altes Material | 22,7 | 2,9 | 27,8 | 3,01 | 23,13 | 6,60 | 0,44 | 63 | 68 | 16 | 38 | 4 | 18 |
| Restpflanze | 19,1 | 2,9 | 22,0 | 2,17 | 19,08 | 5,87 | 1,00 | 64 | 75 | 14 | 41 | 3 | 14 |
| Summe | 109,2 | 17,7 | 182,7 | 9,67 | 48,59 | 17,76 | 1,68 | 326 | 199 | 76 | 120 | 20 | 42 |
| Fruchtanteil [%] | 50 | 59 | 65 | 36 | 5 | 20 | 0 | 52 | 20 | 53 | 24 | 52 | 20 |
| Aufnahme pro kg | [g/kg FM-Ertrag] | | | | | | | [mg/kg FM-Ertrag] | | | | | |
| Fruchtertrag | 2,40 | 0,39 | 4,01 | 0,21 | 1,07 | 0,39 | 0,04 | 7,15 | 4,36 | 1,67 | 2,63 | 0,45 | 0,94 |

1) nicht gewichtetes Mittel über die Kulturzeit;

2) Nährstoffgehalt ermittelt an Früchten der Klasse 1, bei der Berechnung der Nährstoffaufnahme für nicht marktfähige Ware übernommen;

3) Angaben beziehen sich auf den "essbaren Anteil" und wurde mit dem angegebenen Wassergehalt von 94,2 % auf den Gehalt in der Trockensubstanz umgerechnet;

4) berechnet aus dem angegebenen Rohproteingehalt mit dem Faktor 1 ÷ 6,25; 5) Nährstoffaufnahme errechnet für alle geernteten Früchte inkl. nicht-marktfähiger Ware