

## Biologische Borversorgung von Möhre und Sellerie: Boden- und Blattapplikation wirken unterschiedlich

### Die Ergebnisse – kurzgefasst

Im Jahr 2023 wurde auf einem Praxisbetrieb im Landkreis Neuburg-Schrobenhausen untersucht, wie die Borversorgung von Wurzel- und Knollengemüse im ökologischen Anbau sichergestellt werden kann. Dafür wurden drei verschiedene Applikationswege der Bordüngung bei Möhre und Sellerie verglichen, als Referenz diente eine unbehandelte Kontrolle, die keine Bordüngung erhielt. Eine zusätzliche Borgabe führte bei der Möhre zu etwas höheren Anteilen an marktfähigem Ertrag. Die Borgehalte im Laub der Möhre waren signifikant höher bei einer Borgabe über das Blatt, bzw. einer Aufteilung in Boden- und Blattdüngung im Vergleich zur ausschließlichen Bodendüngung und der Kontrolle. Beim Sellerie wirkte sich die zusätzliche Bordüngung zwar nicht auf den Ertrag aus, führte aber als Boden-Blatt-Düngung und als komplette Blattdüngung appliziert zu einer besseren Innenqualität der Knollen. Während die Borgehalte im Laub des Sellerie sich nicht signifikant zwischen den Applikationswegen unterschieden, so war dennoch der Borgehalt in der Knolle nach einer Boden-Blatt-Düngung am höchsten und damit signifikant höher als in der Kontrolle. Insgesamt wirkte sich die zusätzliche Bordüngung in Möhre und Sellerie demnach positiv aus und erzielte als Kombination einer Boden- und Blattdüngung und als komplette Blattdüngung den besten Effekt.

### Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Ein Mangel an Spurennährstoffen wie Bor kann vor allem im Wurzel- und Knollengemüse zu Wachstumsnachteilen und Beeinträchtigungen der inneren Qualität führen. Wie kann eine ausreichende Borversorgung daher im ökologischen Anbau sichergestellt werden? Vor allem auf leichten Böden mit hohen pH-Werten kann es zu einer schlechten Borverfügbarkeit kommen. Anhand der Kulturen Möhre und Sellerie wurde in einem On-Farm-Versuch untersucht, wie sich verschiedene Borapplikationen an einem Standort mit geringer Borversorgung auf Ertrag und Qualität der Kulturen auswirken. Verglichen wurde eine biologische Borversorgung mittels Bodenapplikation, Blattapplikation sowie eine Kombination aus beidem mit einer Kontrolle ohne Bordüngung.

### Vorgehensweise und Ergebnisse im Detail

Im März 2023 wurden auf zwei Flächen des Betriebes, auf dem der Versuch stattfand, Bodenproben (0-30 cm) gezogen und auf den Borgehalt im Boden untersucht. Beide Flächen wiesen eine Bormenge von 0,3 mg/kg Boden auf, was nach EUF- und VDLUFA-Methode als niedrige Versorgungsstufe bis unterer Bereich des Optimums eingruppiert wurde. Die Aussaat der Möhren erfolgte am 20.06.2023, die Pflanzung des Sellerie am 10.05.2023. Neben einer Kontrolle, die keine zusätzliche Bordüngung erhielt, wurden drei weitere Varianten in dreifacher Wiederholung angelegt, in denen eine von der Beratung empfohlene Menge von 600 g Reinbor/ha auf verschiedenen Wegen gegeben wurde: Die

## Biologische Borversorgung von Möhre und Sellerie: Boden- und Blattapplikation wirken unterschiedlich

Tabelle 1: Varianten, Applikationswege und -mengen

	Variante	Applikation	Menge
1	Kontrolle	keine Bordüngung	unbehandelte Kontrolle
2	Boden	100% Boden	600 g Reinbor/ha auf den Boden vor Aussaat / zur Pflanzung
3	Boden-Blatt	50% Boden, 50% Blatt	300 g Reinbor/ha auf den Boden, 300 g Reinbor/ha in Kulturmitte als Blattspritzung
4	Blatt	100% Blatt	2x 300 g Reinbor/ha in zwei Blattspritzungen ab Kulturmitte

Variante „Boden“ erhielt die gesamte Menge als Bodenapplikation vor Aussaat der Möhren, bzw. zur Pflanzung des Selleries. In der Variante „Boden-Blatt“ wurde die Hälfte der Bormenge (300 g Bor/ha) als Bodenapplikation wie in der Variante „Boden“ ausgebracht, während die restlichen 300 g Bor/ha zur Kulturmitte als Blattspritzung verabreicht

wurden. Die Variante „Blatt“ dagegen erhielt die gesamte Menge von 600 g Bor als Blattspritzung, aufgeteilt auf 2 Gaben ab Kulturmitte. Das Bor wurde dabei jeweils in Form des flüssigen Bordüngers DüKa-Bor 150 (Boräthalonamin) gegeben und in allen Varianten mithilfe der Mitteldüsen IDK 120-015 und den Randdüsen IDKS 80-015 von Lechler auf den Boden, bzw. die Blätter gesprüht. In allen anderen Belangen der Kulturführung wurden die Varianten alle gleich und betriebsüblich behandelt. Die Ernte der Möhren erfolgte am 05.10.2023, die des Sellerie am 24.10.2023.

### 1. Möhre

Nach der Ernte wurden die Möhren entsprechend ihrer Größe und Qualität sortiert und jede Wiederholung gewogen. Dabei erzielte die unbehandelte Kontrolle mit 387 dt/ha den geringsten durchschnittlichen Gesamtertrag, während alle drei Varianten, bei denen eine Bordüngung umgesetzt wurde, höhere Erträge von 435-449 dt/ha erreichten (Abbildung 1). Knapp die höchsten Erträge wurden bei der Variante „Boden-Blatt“ erfasst. Auch der Anteil an marktfähigen Möhren am Gesamtertrag lag bei der Kontrolle mit 63 % etwas niedriger als bei den anderen Varianten (69 %,

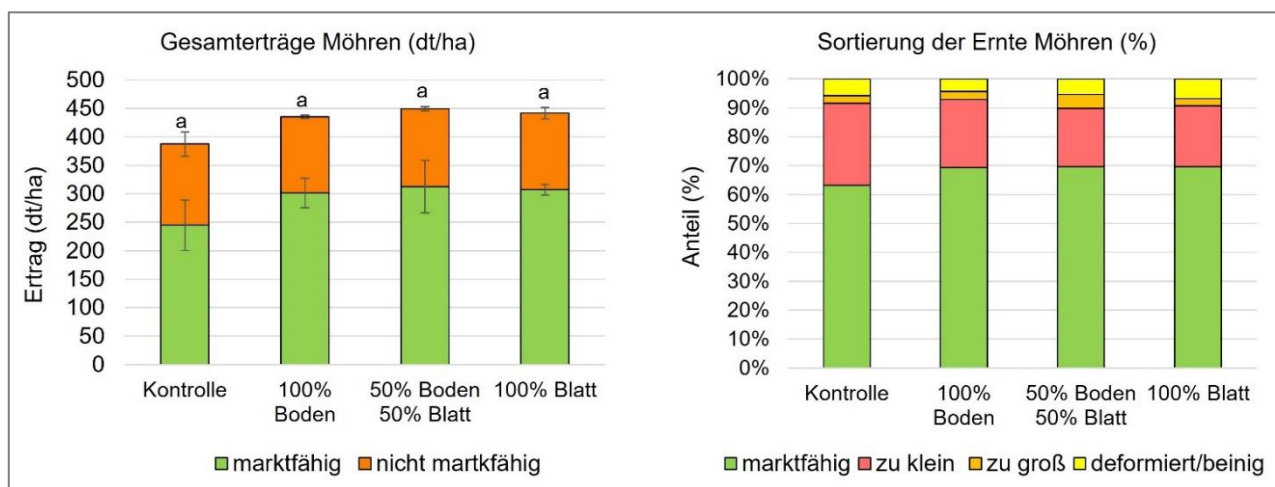


Abbildung 1: Links: mittlere Gesamterträge (marktfähige und nicht-marktfähige) unter den vier Varianten, rechts: Sortierung der Ernte in marktfähige und nicht-marktfähige Parameter (Gewichtsanteile am Gesamtertrag)

## Biologische Borversorgung von Möhre und Sellerie: Boden- und Blattapplikation wirken unterschiedlich

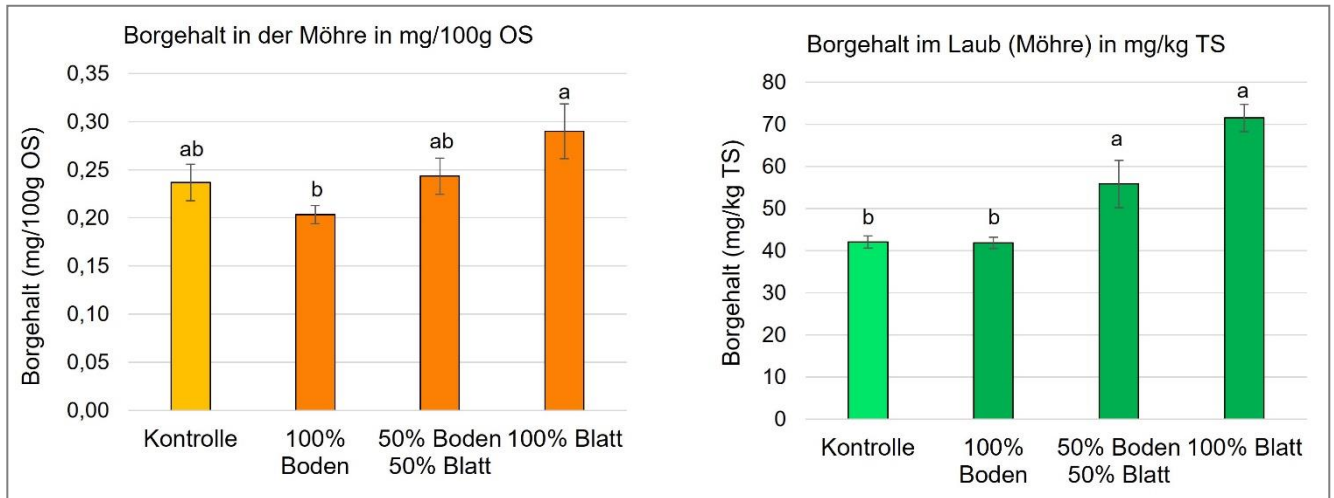


Abbildung 2: Durchschnittliche Borgehalte in der Möhre und im Laub der Möhre zum Zeitpunkt der Ernte, Varianten mit unterschiedlichen Kennbuchstaben unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ )

Abbildung 1). Bei allen Varianten beläuft sich der Anteil an nicht-marktfähiger Ware auf einen großen Anteil an zu kleinen Möhren (< 50 g Gewicht, < 2 cm Durchmesser). Bonitiert wurde ebenfalls die Laublänge der Möhren, die bei der Kontrolle im Mittel mit 49 cm niedriger war als bei den anderen Varianten (52-55 cm). Die Ergebnisse deuten auf einen ertragswirksamen Effekt der Bordüngung hin, auch wenn die Ertragsunterschiede für eine statistische Signifikanz nicht groß genug waren.

Neben den Ertragsbonituren wurde außerdem der Borgehalt in der Möhre und im Laub zum Zeitpunkt der Ernte analysiert. Dabei war der Borgehalt in der Möhre bei den Möhren, die die gesamte Bormenge mittels Blattapplikation erhielten, am höchsten und auch signifikant höher als bei den Möhren, die die Menge über die Bodenapplikation erhielten (Abbildung 2). Noch eindeutiger zeigte sich ein Unterschied im Borgehalt im Laub: Bei der Variante mit 100 % Blattdüngung konnten mit 72 mg/kg TS die höchsten Borgehalte nachgewiesen werden, gefolgt von der Variante mit 50 % Boden- und 50 % Blattdüngung. Im Vergleich zur Variante mit ausschließlicher Bodenapplikation und zur Kontrolle waren die Borgehalte in diesen beiden Varianten signifikant höher im Laub (Abbildung 2). Demnach wirkte hier die biologische Bordüngung über Blatt und Boden, bzw. ausschließlich über das Blatt am besten und führte zu einer besseren Borversorgung der Kultur.

## 2. Sellerie

Zum Erntetermin des Selleries wurden je Wiederholung jeder Variante 20 Sellerieknollen einzeln gewogen, wobei das Gewicht von Knolle und Laub getrennt erfasst wurde. Die Spannweite der Knollengewichte war bei allen vier Varianten recht ähnlich, die Knollengewichte schwankten dabei über alle Varianten von knapp 400 g bis fast 1400 g pro Knolle (Abbildung 3). Die höchsten mittleren Knollengewichte wurden bei der Variante „Boden-Blatt“ (887 g) erfasst, während die geringsten Knollengewichte nach der Variante „Blatt“ (815 g) gemessen wurden. Hochgerechnet auf den Ertrag

## Biologische Borversorgung von Möhre und Sellerie: Boden- und Blattapplikation wirken unterschiedlich

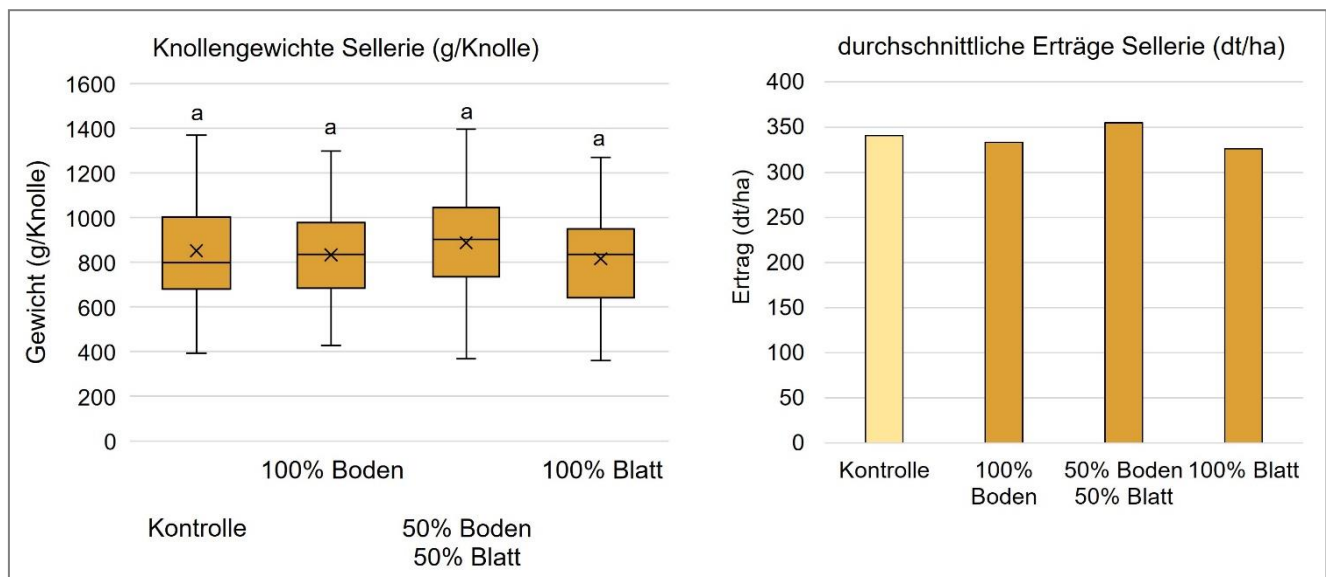


Abbildung 3: Knollengewichte ( $n = 3 \cdot 20$ ) und durchschnittliche Gesamterträge (dt/ha) der Varianten, keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ), daher tragen alle Varianten den Kennbuchstaben „a“

pro Hektar ergibt sich demnach mit durchschnittlich 355 dt/ha der höchste Ertrag nach einer Boden-Blatt-Applikation von Bor während geringfügig weniger mit 326 dt/ha der niedrigste Ertrag aller Varianten bei vollständiger Blattdüngung zu verzeichnen war (Abbildung 3). Hinsichtlich des Laubgewichts der Sellerieknollen konnte festgestellt werden, dass die Variante „Boden-Blatt“ und „Blatt“ im Durchschnitt etwas mehr Laub hatten (202 g pro Pflanze, bzw. 193 g pro Pflanze), als die Kontrolle und die Variante „Boden“ (169 g pro Pflanze, bzw. 172 g pro Pflanze). Die erfassten Unterschiede im Knollengewicht, Laubgewicht und den Erträgen waren dabei insgesamt recht gering und statistisch nicht signifikant.

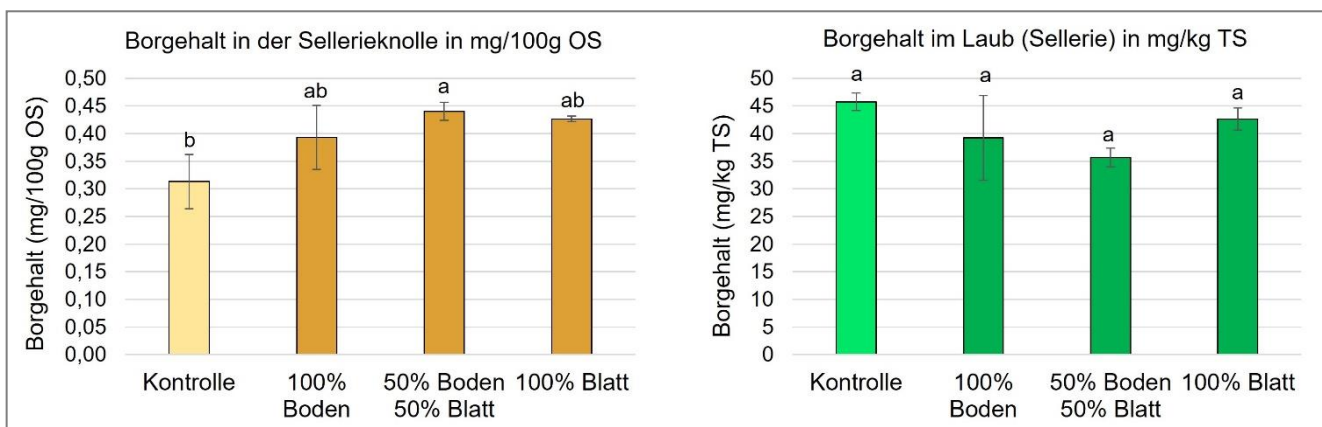


Abbildung 4: Durchschnittliche Borgehalte in der Knolle und im Laub der Sellerie zum Zeitpunkt der Ernte, Varianten mit unterschiedlichen Kennbuchstaben unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ )

## Biologische Borversorgung von Möhre und Sellerie: Boden- und Blattapplikation wirken unterschiedlich

Auch beim Sellerie wurden die Borgehalte in Knolle und Laub wieder getrennt analysiert. In der Knolle befanden sich dabei nach einer „Boden-Blatt“-Gabe des Bors die höchsten Borgehalte (durchschnittlich 0,44 mg/100 g Originalsubstanz, Abbildung 4). Signifikant niedriger waren dafür die Borgehalte in der Knolle bei der unbehandelten Kontrolle (durchschnittlich 0,31 mg/100 g Originalsubstanz). Im Laub wurden im Mittel die geringsten Borgehalte dagegen in der „Boden-Blatt“ Variante gemessen, während in der Kontrolle die höchsten Borgehalte verzeichnet wurden (Abbildung 4). Die Borgehalte im Laub des Selleries unterschieden sich allerdings nicht signifikant.

Da ein Bormangel bei Sellerie sich in der Ausbildung von Hohlräumen in der Knolle äußern kann, wurden je Wiederholung jeder Variante 13-15 Knollen

aufgeschnitten, um die innere Qualität der Knollen zu beurteilen. Dabei war bereits optisch zu erkennen, dass die Knollen, die eine Bordüngung über Boden und Blatt, bzw. ausschließlich über das Blatt erhalten hatten, tendenziell weniger anfällig für die Ausprägung von Hohlräumen waren (Bild 2). Im Durchschnitt der Wiederholungen hatten bei der Kontrolle und der Variante mit vollständiger Bodendüngung 38 %, bzw. 43 % der betrachteten Knollen einen deutlichen Hohlraum mit braunem Rand. Von den Knollen, die die Borgabe dagegen über Boden und Blatt, bzw. nur über das Blatt erhielten, wiesen dagegen deutlich weniger Knollen einen Hohlraum auf (26 %, bzw. 27 %, Abbildung 5). Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die zusätzliche Bordüngung über den Applikationsweg Boden und Blatt in Kombination oder die ausschließliche Blattapplikation am besten einer Hohlräumbildung vorbeugen konnte. Demnach erwies sich auch beim Sellerie, dass diese beiden Applikationswege am effektivsten waren und die zusätzliche Borversorgung auf diesem Weg zu einer besseren inneren Qualität der Knollen führte.

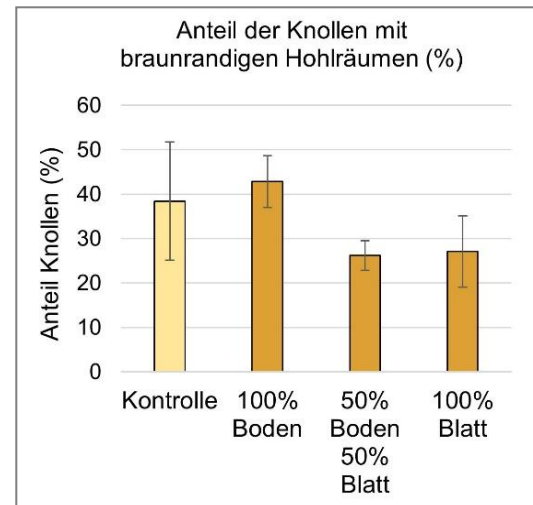


Abbildung 5: Anteil (%) an aufgeschnittenen Sellerieknollen, die einen Hohlraum aufweisen



## Biologische Borversorgung von Möhre und Sellerie: Boden- und Blattapplikation wirken unterschiedlich

### Kultur- und Versuchshinweis

- Versuchsanlage: randomisierte Blockanlage, 3 Wiederholungen
- Parzellengröße: 23 m<sup>2</sup> (Möhre), bzw. 60 m<sup>2</sup> (Sellerie)
- Boden: lehmiger Sand (Möhre und Sellerie), pH ca. 6,0-6,4
- Vorkultur: 2022, Rote Beete und dann Winterzwischenfrucht Ackerbohrendichtsart (Möhre), 2022 Rotkohl und dann Winterzwischenfrucht Ackerbohrendichtsart (Sellerie)
- Sorte: 'Romance F1' (Möhre), 'Prinz' (Sellerie)
- Aussaat / Pflanzung: 20.06.2023 (Möhre), 10.05.2023 (Sellerie)
- Bestandesdichte: Aussaat Möhren: 75 x 0,8 cm (Bandsaat 4,5 cm), Pflanzdichte Sellerie: 40.000 Pflanzen/ha
- Bordüngung:
  - Möhre  
Applikation Boden: 20.06.2023 (Variante 2 und 3),  
Applikation Blatt 30.08.2023 (Variante 3 und 4),  
2. Applikation Blatt 25.09.2023 (Variante 4)
  - Sellerie  
Applikation Boden: 11.05.2023 (Variante 2 und 3),  
Applikation Blatt 03.08.2023 (Variante 3 und 4),  
2. Applikation Blatt 30.08.2023 (Variante 4)
- Pflanzenschutz: nach Bedarf, alle Varianten gleichbehandelt
- Ernte: 05.10.2023 (Möhre), 24.10.2023 (Sellerie)



Bild 1: Auszug aus der Möhrenernte der verschieden behandelten Varianten

## Biologische Borversorgung von Möhre und Sellerie: Boden- und Blattapplikation wirken unterschiedlich

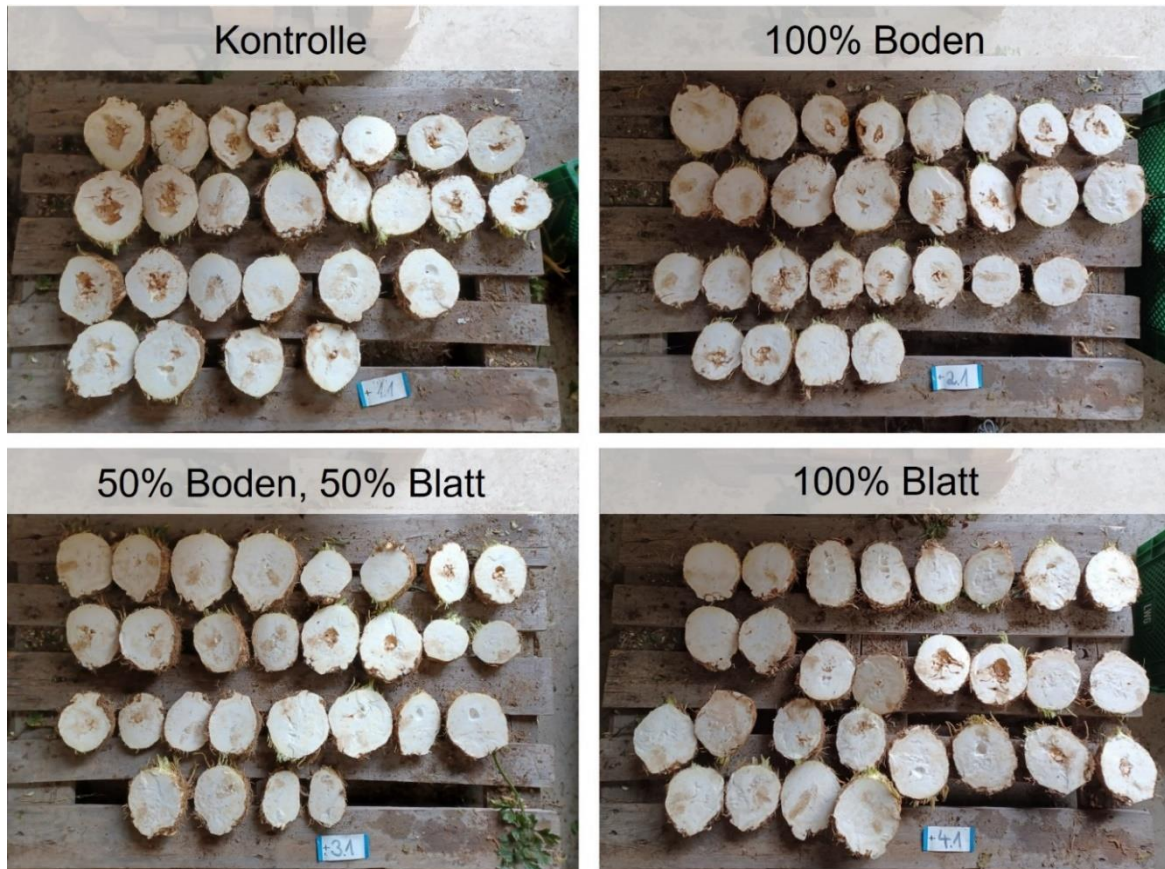


Bild 2: Aufgeschnittene Sellerieknollen der Varianten 1-4 (jeweils erste Wiederholung) zur Beurteilung der Innenqualität

### Kritische Anmerkungen

Aufgrund der Marktsituation wurden die Möhren früher geerntet als geplant. Somit kam es einerseits zu einem höheren Anteil an zu kleinen Möhren, andererseits lagen zwischen dem Zeitpunkt der letzten Blattapplikation in Variante 4 und der Ernte der Möhren nur 2 Wochen, sodass die letzte Borgabe eventuell nicht ihre vollständige Wirkung entfalten konnte.

Die Borgehalte im Boden nach Ernte der Kultur waren bei Möhre und Sellerie im Gegensatz zur Kontrolle in der Variante „100 % Boden“ jeweils um 0,01-0,03 mg/kg Boden erhöht. Die  $N_{\min}$ -Gehalte dagegen lagen nach Ernte der beiden Kulturen um die 50 kg N/ha (0-60 cm) und unterschieden sich kaum zwischen den Varianten.

Mit einem pH-Wert von 6,0-6,4 lagen die beiden Versuchsflächen in einem Bereich, in dem die Borverfügbarkeit noch relativ gut ist.

(Bildnachweis: © LWG Veitshöchheim)