WISSENS SPEICHER *Digital*

Alles rund um

MIKRONÄHRSTOFF BOR

Mehr Infos zum WISSENS SPEICHER und rund um die Pflanzenernährung unter www.kali-akademie.de

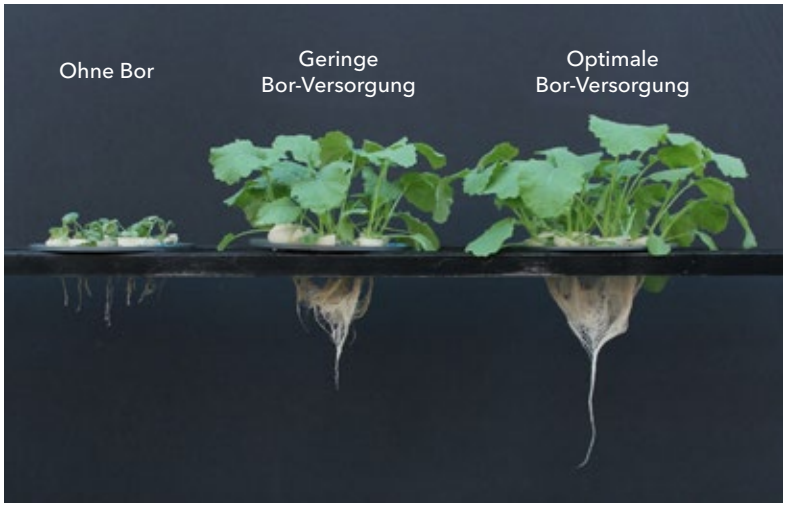
Mikronährstoff Bor

Wozu brauchen Pflanzen den Nährstoff Bor?

Bor gehört zu den essenziellen Pflanzennährstoffen. Das heißt, ohne Bor würde das Wachstum zum Erliegen kommen und die Pflanze könnte ihren Lebenszyklus nicht vollenden. Da es in vergleichsweise geringer Konzentration im Pflanzengewebe vorkommt und der Bedarf nur mehreren Gramm pro Hektar entspricht, zählt Bor zu den Mikronährstoffen. Bor hat in Pflanzen eine wichtige Funktion bei der Zellteilung und ist deshalb für das Pflanzenwachstum unerlässlich. Zusätzlich hat es einen entscheidenden Einfluss auf die Bildung von Saccharose und den Abtransport von Assimilaten in die Speicherorgane wie Knollen, Körner oder Samen. Bor reguliert die Bildung von Nukleinsäuren und beeinflusst somit auch die gesamte Eiweißsynthese. Zudem sorgt Bor für stabile Zellwände und verbessert die Stabilität und Funktion von Membranen.

Besonders wichtige Funktionen von Bor:

An der Wurzel: Bor hat einen positiven Einfluss auf die Zellteilung und beschleunigt damit allgemein das Wachstum und die Bildung der Wurzeln.



Bor wirkt sich positiv auf die Wurzel- und Pflanzenentwicklung von Raps aus. Foto: Cakmak

In Blüten und Früchten: Bor leistet einen wesentlichen Beitrag im generativen Wachstum, bei der Bildung des Blütenansatzes und der Fruchtausbildung. Deshalb macht sich Bormangel auch durch eine gestörte Blüten- oder Knospenbildung bemerkbar.
Zusätzlich ist Bor beim Anbau von Leguminosen (Hülsenfrüchten) von Bedeutung. Denn ein optimaler Borstatus in der Pflanze und besonders im Boden ist entscheidend für das Wachstum der Knöllchenbakterien an den Wurzeln, die Stickstoff aus der Bodenluft binden.

Mehr zur Definition von essenziellen Pflanzennährstoffen finden Sie im KALI Akademie WISSENS SPEICHER Beitrag "Makronährstoffe, Mikronährstoffe, nützliche Elemente"

ASSIMILATE

Assimilate sind die in der Photosynthese gebildeten Kohlenhydrate. Sie werden zu den Bereichen der Pflanze transportiert, in denen das Wachstum stattfindet, z. B. Wurzeln, Spross, Ertragsorgane.

Mikronährstoff Bor

Warum ist Bor wichtig für die Zellwand- und Membranstabilität?

Bor verbessert die Membranstabilität und erhöht deshalb auch die Resistenz gegenüber Pflanzenschädlingen, die dadurch schwieriger in die Zellen eindringen können. Auch die Zellwände werden dank Bor stabilisiert: Der Mikronährstoff bildet Brücken in Form von Boraten mit komplexen Polysacchariden aus, die entscheidende Bestandteile der Zellwände sind. Damit wird die Festigkeit, Elastizität und Dicke der Zellwände reguliert.

Fehlt Bor, kann es zum Zerreißen der Zellwand kommen. Als Folge wird das Zellwachstum gehemmt. Dies betrifft sowohl Spross- als auch Wurzelzellen.

Aufgrund des unterschiedlichen Zellwandaufbaus variiert der Borbedarf je nach Pflanzenart sehr stark. Monokotyle Pflanzen haben einen geringeren Borbedarf als dikotyle Pflanzenarten. Insbesondere Raps, Zuckerrüben, Sonnenblumen und Kartoffeln benötigen vergleichsweise viel Bor.

Welche Rolle spielt Bor bei der Bildung von Knospen und Blüten?

Wenn Bor im Mangel ist, verringert sich das Pflanzenwachstum. Denn Bor ist wichtig für das Wachstum von meristematischen Geweben und damit an der Bildung neuer Zellen beteiligt. Bormangel beeinträchtigt die Ertragsbildung, da fortpflanzungsrelevante Organe wie Knospen und Blüten nicht ausreichend entwickelt werden können. Die Pollenschlauchkeimung ist ebenso betroffen wie die Lebensfähigkeit der Pollen und die Pollenschlauchstreckung. Dies beeinflusst die Anlage und die Entwicklung von Früchten und Körnern.

Zum Beispiel führt eine unzureichende Borversorgung zu leeren oder reduzierten Körnern und kürzeren Ähren und Kolben. Es kann sogar zur Sterilität kommen oder die Qualität und Haltbarkeit von Früchten und Knollen kann deutlich beeinträchtigt werden.

Eine optimale Borversorgung ermöglicht eine gute Pollenbildung und Bestäubung. Samen- und Fruchtansatz sowie Frucht- oder Knollenreifung laufen optimal.

MERISTEM

Das Meristem oder Bildungsgewebe ist der Teil der Pflanze, in dem undifferenzierte Zellen durch Zellteilung gebildet werden. Es befindet sich an den Spross- und Wurzelspitzen und ermöglicht deren Wachstum.

MONOKOTYLEDONEN

Als Monokotyledone oder Einkeimblättrige werden Pflanzen bezeichnet, die nur ein Keimblatt haben. In der Landwirtschaft zählen vor allem Getreide und Gräser zu den monokotylen Pflanzen.

DIKOTYLEDONEN

Dikotyledonen oder Zweikeimblättrige sind Pflanzen, die zwei Keimblätter aufweisen. Bekannte Vertreter sind z. B. Bohnen, Kartoffeln, Raps und Zuckerrüben.

Bormangel

Herz- und Trockenfäule bei Zuckerrübe

Stängelverdickung bei Raps

Schlechte und unregelmäßige Kornfüllung bei Mais

Gestörte Blüte bei Sonnenblume

Bormangel führt zum Absterben von Wurzel- und Sprossspitzen sowie zum Vertrocknen der jüngeren Blätter. Ursache hierfür sind die unzureichende Assimilatversorgung und ein gestörter Wasserhaushalt. Ähnlich wie Calcium wird Bor über den Transpirationsstrom in der Pflanze verteilt und ist nicht phloemmobil (siehe Seite 4). Daher tritt Bormangel in den meisten Pflanzen insbesondere an Organen mit geringer Transpiration auf. Nichtsdestotrotz wird der Wasserhaushalt der Pflanzen durch einen Bormangel negativ beeinflusst, da dieser eine erhöhte Transpiration verursacht.

Bormangel stört die Apikaldominanz und es kommt zu einem verstärkten Austrieb von Seitenknospen. Die Blütenbildung und die Befruchtung werden beeinträchtigt. Bei Leguminosen ist die Entwicklung der Knöllchenbakterien in den Wurzeln gestört.

Typische kulturenspezifische Schadbilder sind die Herz- und Trockenfäule bei Zuckerrübe, Futterrübe und Mangold sowie die Spitzenvergilbung bei der Luzerne.

Bortoxizität

Eine zu hohe Versorgung mit Bor kann zu einer Bortoxizität führen und hat damit negative Auswirkungen auf die Pflanze. In diesem Fall treten gelbe Blattspitzen, Entlaubung, fleckige Früchte, Fäulnis oder sogar das Abfallen von unreifen Früchten auf. Betroffen sind in der Regel Kulturen mit einem geringen Borbedarf.

TRANSPIRATIONSSTROM

Pflanzen geben Wasserdampf an die Umgebungsluft ab, sie „schwitzen" oder transpirieren. Dadurch entsteht eine Sogwirkung auf das Wasser in Spross und Wurzel, sodass sich das Wasser in Richtung der Blätter bewegt.

APIKALDOMINANZ

Die Apikaldominanz ist das vorrangige Wachstum des Haupttriebes zulasten der Bildung von Nebentrieben.

Mikronährstoff Bor

Wie nehmen Pflanzen Bor aus dem Boden auf?

Bor kommt im Boden in Gesteinen und Tonmineralien vor, wobei seine Verfügbarkeit stark vom pH-Wert abhängt. In Böden mit pH-Werten über 7 ist die Verfügbarkeit von Bor stark eingeschränkt, da eine vermehrte Festlegung an Aluminium-, Eisen- und Tonminerale stattfindet. Dieses Phänomen lässt sich daher vor allem in kalkhaltigen Böden und bei hohem Tongehalt beobachten.

Bor wird über Massenfluss zur Wurzel transportiert und ist deshalb bei geringem Bodenwassergehalt schlecht verfügbar. Deshalb ist eine ausreichende Bodenfeuchte für die Mobilität wichtig. Nur dann kann Bor vorrangig als leicht wasserlösliche Borsäure (H_3BO_3) freigesetzt und von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden.

Die Borversorgung kann daher in Trockenperioden auch bei ausreichendem Bodengehalt beeinträchtigt sein.

In niederschlagsreichen Jahren tritt ebenfalls häufig Bormangel auf, da die gut lösliche Borsäure im Boden sehr mobil ist. Sie ist daher anfällig für die Verlagerung in tiefere Bodenschichten, die die Wurzeln nicht mehr erreichen.

MASSENFLUSS

Als Massenfluss wird eine Form der Nährstoffaufnahme bezeichnet. Im Bodenwasser gelöste Nährstoffe werden passiv mit dem Wasser zur Wurzel transportiert. Der Mikronährstoff Bor bewegt sich auf diese Weise zu den Pflanzenwurzeln. Trockenheit führt zu einem reduzierten Massenfluss und damit zu einem verringerten Antransport von Bor.

Wie wird Bor innerhalb der Pflanze dahin transportiert, wo es benötigt wird?

Viele Nährstoffe – wie zum Beispiel Kalium und Magnesium – sind in der Pflanze mobil und werden jeweils dorthin verlagert, wo sie für den Stoffwechsel am dringendsten benötigt werden. Diese Nährstoffe werden im Phloem transportiert und können gezielt innerhalb der Pflanze von den älteren in die jüngeren Blätter, in die Ertragsorgane (Früchte, Ähren, Kolben, etc.) und zu den Wurzeln verlagert werden.

Bei Bor ist das anders: Dieser Mikronährstoff wird in vielen Pflanzen überwiegend über das Xylem transportiert. Das Xylem ist die „Einbahnstraße" der Pflanze, da die Nährstoffe mit dem Transpirationsstrom nur von unten nach oben – also von der Wurzel zum Spross – befördert werden. Das heißt in der Praxis: Bor kann nach einer Blattdüngung nicht in untere, neu gebildete Blätter oder in die Wurzeln transportiert werden. Es ist Phloem-immobil, kann sich also bei den meisten Pflanzenarten nicht über das Phloem in alle Richtungen bewegen.

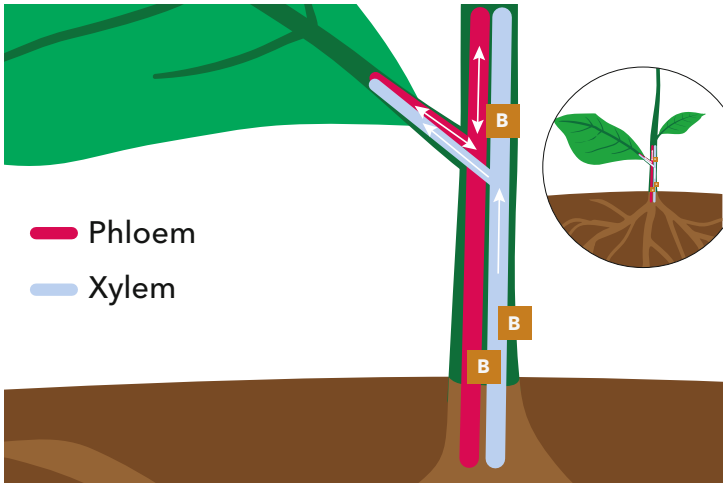
Pflanzen haben zwei Strecken (Leitbahnen) für den Transport von Wasser und Nährstoffen: Xylem und Phloem.

Phloem: Das Phloem ist eine Leitbahn, die Nährstoffe und Stoffwechselprodukte in alle Richtungen transportieren kann. So werden die Stoffe zu dem Teil der Pflanze gebracht, wo sie gerade für das Wachstum und die Entwicklung benötigt werden. Phloem-mobile Nährstoffe können daher gezielt innerhalb der Pflanze verlagert werden.

Xylem: Das Xylem ist die Leitbahn der Pflanze, über die das Wasser von den Wurzeln zu den Blättern transportiert wird. Es folgt dem Sog, der durch die Transpiration von Wasser an den grünen Pflanzenteilen entsteht. Hier findet die Bewegung nur in eine Richtung statt: von unten nach oben, also von der Wurzel zum Spross. Ausschließlich Xylem-mobile Nährstoffe können daher nur in diese Richtung verlagert werden.

Hier gibt es jedoch Ausnahmen. Manche Pflanzenarten wie zum Beispiel *Rosaceae* (Rosengewächse) und *Apiaceae* (Doldenblüter) haben einen Weg entwickelt, wie sie Bor dennoch an alle Orte des Bedarfs verlagern können. Diese Pflanzen bilden sogenannte Polyole. Die Borsäure bildet mit den Polyolen einen Polyol-Borat-Komplex. Damit hat Bor bei diesen Pflanzenarten die Möglichkeit, ins Phloem und von den älteren in die jungen Blätter sowie in die Wurzeln verlagert zu werden.

Bortransport in der Pflanze



Phloem und Xylem sind die Leitbahnen der Pflanzen. Sie transportieren Wasser und Nährstoffe. Bor wird bei den meisten landwirtschaftlichen Kulturen fast ausschließlich im Xylem transportiert, also innerhalb der Pflanze von den Wurzeln in den Spross.

POLYOLE

Polyole sind organische Verbindungen, die mehrere Hydroxylgruppen (-OH) enthalten. Sie zählen damit zu den mehrwertigen Alkoholen (Polyalkohole) und sind der Gruppe der Kohlenhydrate zuzuordnen. Zu den Polyolen gehören zum Beispiel Sorbitol und Mannitol.

Mikronährstoff Bor

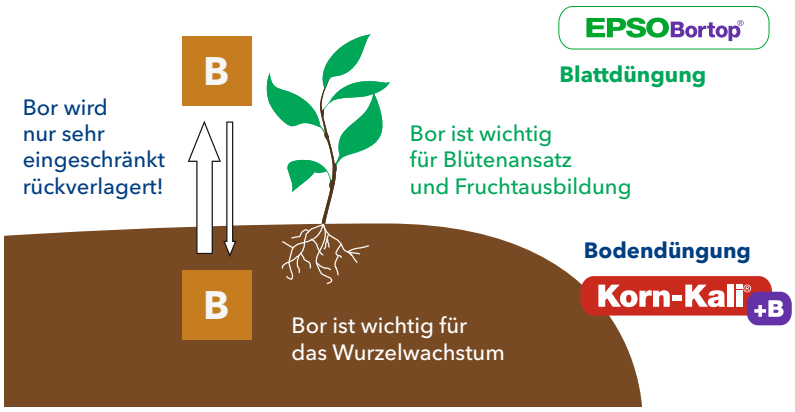
Bor auf der Einbahnstraße: Was bedeutet das für die Düngepraxis?

Bei Pflanzen mit hohem Borbedarf wie Raps, Zuckerrübe, Sonnenblume, Mais und Kartoffel reicht der natürliche Borgehalt im Boden oft nicht aus, um eine bedarfsgerechte Versorgung der Pflanzen mit dem essenziellen Mikronährstoff sicherzustellen. In der Praxis wird deshalb häufig eine Blattdüngung mit Bor eingesetzt. Diese wirkt sehr effektiv Mangelerscheinungen während der wichtigen Blüten- und Fruchtbildung entgegen und schafft Abhilfe bei drohendem oder akutem Bormangel, etwa aufgrund von Trockenheit.

Bor wird allerdings auch für die Zellteilung der Wurzeln benötigt. Dieses kann bei den meisten Pflanzenarten nicht durch die Blattdüngung zur Verfügung gestellt werden, da es nicht von den Blättern zu den Wurzeln verlagert wird. Zudem kann Bor nicht aus älteren Blättern in junge Sprosse und in die Ertragsorgane (Früchte, Ähren, Kolben etc.) transportiert werden.

Daher ist für die Düngepraxis neben der Blattdüngung auch eine ausreichende Borversorgung des Bodens erforderlich. Nur so kann sich von Beginn an ein gutes Wurzelnetz etablieren, das auch zum Zeitpunkt der Kornfüllung die notwendigen Nährstoffe und Wasser zur Verfügung stellt. Wichtig ist eine rechtzeitige Düngung, da Bormangelsymptome aufgrund der schlechten Verlagerbarkeit des Mikronährstoffs in der Pflanze irreversibel sein können.

Eine Bodendüngung mit Korn-Kali+B ist zum Zeitpunkt der Aussaat sinnvoll. Die Blattdüngung mit EPSO Bortop oder EPSO Microtop erfolgt ergänzend während der vegetativen Wachstumsphase.



Bor gilt es sowohl bei der Boden- als auch bei der Blattdüngung zu applizieren, da es in der Pflanze immobil ist.

PHLOEM-MOBILITÄT IN DER PRAXIS DER BLATTDÜNGUNG

Die Phloem-Mobilität beschreibt die Fähigkeit von Pflanzen, Nährstoffe aufzunehmen und zu verlagern. Sie wirkt sich auf die Effektivität einer Blattdüngung aus.

Phloem-immobile Nährstoffe wie z. B. Bor, Mangan, Kupfer und Zink:

- Die Blattapplikation von im Phloem immobilen Nährstoffen zeigt nur an den Pflanzenteilen eine Wirkung, die direkt besprüht wurden.
- Die Messung des Nährstoffstatus von besprühten Blättern kann aufgrund des Vorhandenseins von Düngerrückständen und damit von noch nicht absorbierten Nährstoffen auf der Blattoberfläche zu erhöhten Messwerten führen.
- Nährstoffe aus der Spritzlösung, die die Blätter verfehlen und auf den Boden gelangen, werden von der Wurzel aufgenommen und an die Stellen des Bedarfs verteilt.

Phloem-mobile Nährstoffe wie z. B. Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium und Schwefel:

- Phloem-mobile Nährstoffe können nach einer Blattdüngung innerhalb der Pflanze in alle Richtungen an den Ort des Bedarfs verlagert werden.
- Bei Makronährstoffen wie Stickstoff, Phosphor und Kalium reicht eine alleinige Blattdüngung nicht aus, um die notwendigen Nährstoffmengen zu erreichen.

Sowohl für Phloem-mobile als auch für Phloem-immobile Nährstoffe ist die Blattanwendung die wichtigste Möglichkeit, einen akuten Nährstoffmangel zu beheben und Bedarfsspitzen in der Hauptwachstumsphase zu decken.

Wie hoch ist der Borbedarf der einzelnen Kulturen?

Getreide hat im Vergleich zu anderen Kulturen einen geringen Borbedarf. Ein besonders hoher Bedarf besteht bei Gemüse, Leguminosen, Hackfrüchen und Ölpflanzen.

Einteilung der Kulturen nach ihrem Bor-Bedarf*:
Bor-intensive Kulturen mit mittlerem Düngebedarf: Ackerbohne, Karotte, Kartoffel, Kohl, Kopfsalat, Radies, Rotklee, Spinat, Tomate.
Bor-intensive Kulturen mit hohem Düngebedarf: Blumenkohl, Brokkoli, Futterrübe, Lupine, Luzerne, Raps, Rote Rübe, Rübsen, Sellerie, Sonnenblume, Zuckerrübe.

Bei der Düngerapplikation sollte immer die Bodenart und die Nährstoffgehaltsklasse berücksichtigt werden.

Borgehaltsklassen (CAT-Methode)*

	Leichte Böden			Schwere Böden		
	Borgehalte (mg B/kg Boden)					
	Gehaltsklasse					
pH-Wert	A	**C**	E	A	**C**	E
bis 5,5	< 0,15	**0,15 - 0,25**	> 0,25			
über 5,5	< 0,25	**0,25 - 0,40**	> 0,40			
bis 6				< 0,25	**0,25 - 0,35**	> 0,35
über 6				< 0,35	**0,35 - 0,60**	> 0,60

** Richtwerte für die Düngung, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, 26. Auflage (2021)*

FAZIT:

Bor ist ein essenzieller Pflanzennährstoff, der entscheidend für das Pflanzenwachstum, Stoffwechselprozesse und die Ertragsbildung ist. Damit den Pflanzen ausreichend Bor zur Verfügung steht, empfiehlt sich eine Kombination aus Blatt- und Bodendüngung.

Die Blattdüngung wirkt sehr effektiv Mangelerscheinungen während der wichtigen Blüten- und Fruchtbildung entgegen. Da Bor innerhalb der Pflanze nicht von den Blättern zu den Wurzeln transportiert werden kann, ist die Bodenapplikation die einzige Möglichkeit, um von Beginn an ein gutes Wurzelnetz zu etablieren.

K+S Minerals and Agriculture GmbH
Bertha-von-Suttner-Str. 7
34131 Kassel, Deutschland

+49 561 9301-0
kali-akademie@k-plus-s.com
www.kali-akademie.de

Ein Unternehmen der K+S

® = Registriertes Markenzeichen der K+S Minerals and Agriculture GmbH Stand der Information: Juni 2022

7951/II/06.22/de/bpis