

Eigenschaften der verschiedenen Nährelemente
Hauptnährstoffe

Autor: Ulrich Harm, DLR

Nährstoffe	Funktion der Pflanze	Mangelsymptome	Physiologischer Hintergrund	Überschusssymptome	Physiologischer Hintergrund
Ca (Calcium)	<ul style="list-style-type: none"> - hoher Gehalt in der Zellwand beeinflusst Durchlässigkeit und Ladungsverteilung von Zellmembranen - kann im Wurzelbereich die - schädliche Wirkung anderer Ionen vermindern (Na) - Stimulation wichtiger - membrangebundener Enzyme beteiligt an der Regelung des - Quellungszustandes des Plasmas 	<ul style="list-style-type: none"> - Wuchshemmung und Nekrosen an den am stärksten transpirierenden Teilen, besonders am Vegetationspunkt, an Blütenknospen und in - Früchten - in Früchten als Stippe (braune Punkte) 	<ul style="list-style-type: none"> - Ca-Mangel führt zu einer verminderten Funktion der Zellwand und Membranen, befallene Gewebe fallen zusammen und sterben ab (glasiges Aussehen). Beginn in jungen Pflanzenteilen 	<ul style="list-style-type: none"> - keine deutlichen Symptome bei den meisten Pflanzen 	<ul style="list-style-type: none"> - durch Ionenkonkurrenz (Hemmung der P-, Mg- und Fe-Aufnahme) können Mangelerkrankungen auftreten - Ca-Salze können in der Vakuole kristallisieren, was zu einer Beschädigung der Zelle führen kann - über die Wurzel aufgenommenes Calcium wird beim Apfel hauptsächlich in die Blätter transportiert, deshalb zusätzliche - Ca-Spritzungen nötig!
Mg (Magnesium)	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandteil des Chlorophylls - die Mg-Konz. bestimmt die Tätigkeit vieler Enzyme - beteiligt an der Funktion verschiedener Enzyme der Eiweißsynthese - beteiligt bei der Regelung des pH-Werts in den Chloroplasten - beteiligt an der Regelung des Quellzustandes des Plasmas 	<ul style="list-style-type: none"> - Wuchshemmung, Anhäufung von Stärke und freien Aminosäuren, Assimilatmangel nicht grüner Pflanzenteile (vermindertes Wurzel- und Knospenwachstum) - Chlorose älterer Blätter (Blattadern bleiben grün) 	<ul style="list-style-type: none"> - das Verschwinden des Blattgrüns liegt mehr an einer Hemmung der Eiweißsynthese als an einem direkten Mg-Mangel für die Chlorophyllsynthese 	<ul style="list-style-type: none"> - wenig spezifische Erscheinungen - verursacht Ca-Mangel 	<ul style="list-style-type: none"> - Konkurrenz mit der Ca-Aufnahme
S (Schwefel)	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandteil von Eiweiß, Zellmembranen u. a. wichtiger Zellbestandteile - Bestandteil spezieller Verbindungen, die Schwermetalle ausfällen und damit unschädlich machen - bestimmte Verbindungen schützen gegen Insektenfraß (Kohl, Senf, Zwiebeln) 	<ul style="list-style-type: none"> - Wuchshemmung, Anhäufung freier Aminosäuren - bei ausreichender N-Aufnahme tritt Chlorose in jungen Blättern auf, weil S häufig unvollständig remobilisierbar ist 	<ul style="list-style-type: none"> - Hemmung der Eiweißsynthese 	<ul style="list-style-type: none"> - wahrscheinlich keine Schädigung - Sulfat kann im Wurzelbereich durch unharmonische Dünung angehäuft werden 	<ul style="list-style-type: none"> - Wuchshemmung durch Versalzung
Fe (Eisen)	<ul style="list-style-type: none"> - beteiligt am Elektronentransport als Bestandteil der Atmungskette - beteiligt an der Photosynthese - Funktion in bestimmten Enzymen und im Stoffwechsel organischer Säuren - in Enzymen enthalten, die an der Chlorophyllsynthese beteiligt sind 	<ul style="list-style-type: none"> - Wuchshemmung, Chlorose an den jüngsten Blättern, Blattadern bleiben grün 	<ul style="list-style-type: none"> - Chlorose durch Hemmung der Chlorophyllsynthese - Anhäufung organischer Säuren 	<ul style="list-style-type: none"> - Fe-Toxizität kommt im Gartenbau wahrscheinlich nicht vor - in hoher Konzentration können Eisenchelate schädigend wirken (Spritzschäden) 	<ul style="list-style-type: none"> - durch Ionenkonkurrenz kann Fe-Überschuss zu Mn-Mangel führen

NO ₃ (Nitratstickstoff)	<ul style="list-style-type: none"> - N ist mengenmäßig das bedeutendste Nährelement - in Aminosäuren enthalten (Baustein von Eiweiß, somit auch von allen Enzymen) - Bestandteil vieler wichtiger Verbindungen wie Chlorophyll, DNS und Vitamine - spielt eine Rolle bei der osmotischen Regulation 	<ul style="list-style-type: none"> - starke Wuchshemmung, kleine Blätter, Vergilbung der Pflanze (zuerst alte Blätter) - vorschnelles Absterben der älteren Blätter - Anhäufung von Kohlenhydraten - starkes Wurzelwachstum - verfrühte Blüte 	- hauptsächlich Hemmung der Eiweißsynthese	<ul style="list-style-type: none"> - Versalzungsschäden - übermäßiges Wachstum, die Blätter brechen leicht ab, können Aufquellen und wellig werden - Früchte können platzen 	<ul style="list-style-type: none"> - Versalzungsschäden, verursacht durch einen zu hohen osmotischen Wert im Wurzelbereich, das behindert die Wasseraufnahme - zu starke Anhäufung von Nitrat in der Zelle führt zu einem hohen Turgordruck - NO₃ ist auswaschungsgefährdet!
NH ₄ (Ammoniumstickstoff)	- Funktion siehe Nitrat	- siehe Nitrat es gibt keine spezifischen Ammoniummangelerscheinungen	- hauptsächlich Hemmung der Eiweißsynthese	<ul style="list-style-type: none"> - Absenken des pH-Werts im Wurzelbereich - Wurzelsterben, Vergiftung durch Lösung von Al- und Mn-Oxiden - durch Ionenkonkurrenz kann es zu Ca- und Mg-Mangel kommen 	<ul style="list-style-type: none"> - viele Pflanzen nehmen Ammonium stark auf - Absenkung des pH-Werts im Wurzelbereich, wenn die Kationen- über der Anionenaufnahme liegt
P (Phosphat)	<ul style="list-style-type: none"> - bedeutendster Energieträger in der Zelle als Bestandteil des ATP - auf verschiedene Weise am Kohlenhydratstoffwechsel beteiligt - die chemisch wichtige Verbindung C-P-C ist in dauerhaften Strukturen wie DNS und Zellmembranen von Bedeutung 	<ul style="list-style-type: none"> - Wuchshemmung, Blatt dunkelgrün, Rot- oder Violettverfärbung von Blattnerven und -stielen durch Anthocyanbildung - verspätete Blüte- und Fruchtbildung, verminderte Seitentriebbildung, verfrühtes Absterben der älteren Blätter 	<ul style="list-style-type: none"> - notwendig für den Assimilattransport aus den Chloroplasten - P-Mangel verursacht dadurch - Anhäufung von Zucker in den Blättern und Mangel in nicht grünen Pflanzenteilen 	<ul style="list-style-type: none"> - P-Überschuss kommt im Pflanzenbau wahrscheinlich nicht vor wegen starker Bindung des P an Bodenteilchen - in Hydrokulturen Hemmung der Zn- und Mg-Aufnahme möglich 	- durch hohe P-Konzentration in der Pflanze wird Zn immobilisiert
K (Kalium)	<ul style="list-style-type: none"> - nicht in organische Strukturen eingebaut (Funktionselement) - wichtige Rolle in der Osmoregulation und am Öffnungs- und Schließmechanismus der Spaltöffnungen - spielt zusammen mit Ca eine Rolle bei der Membranfunktion - viele Enzyme funktionieren nur bei Anwesenheit von K - notwendig beim Transport von Assimilaten im Phloem - beteiligt an der pH-Regulation in den Chloroplasten 	<ul style="list-style-type: none"> - Wuchshemmung, Symptome wenig spezifisch - trockene Pflanzen mit K-Mangel welken eher - Blattrandnekrosen (zunächst punktförmig), betroffen sind zuerst die älteren Blätter, sterben verfrüht ab - verzögerte Öffnung der Blütenknospen, Abnahme der Fruchtqualität 	<ul style="list-style-type: none"> - Anhäufung von Zucker und verminderte Bildung von Stärke - Hemmung der Eiweißsynthese und Anhäufung freier Aminosäuren - verminderte osmotische Funktionen (Zellstreckung, Knospenöffnung, Spaltöffnungen) 	- verursacht Ca-Mangel	<ul style="list-style-type: none"> - Versalzungsschäden - durch Ionenkonkurrenz Hemmung der Ca- und Mg-Aufnahme

Spurennährstoffe

Nährstoffe	Funktion der Pflanze	Mangelsymptome	Physiologischer Hintergrund	Überschusssymptome	Physiologischer Hintergrund
Mn (Mangan)	<ul style="list-style-type: none"> - Hauptfunktion bei der O₂-Produktion in der Photosynthese - bestimmte Enzyme durch Mn aktiviert 	<ul style="list-style-type: none"> - Wuchshemmung - Chlorose in den jungen Blättern, Vegetationspunkt und Nerv bleiben häufig noch grün 	<ul style="list-style-type: none"> - Hemmung der Photosynthese und Aufhellung durch Beschädigung der Chloroplasten, Lichtenergie nicht genügend ausgenutzt - in der Folge Abnahme des Assimilategehalts in der Pflanze 	<ul style="list-style-type: none"> - braune und violette Flecken in den unteren Blättern - Mangel an Mn und Mg, Hemmung des Ca-Transports an die Vegetationspunkte, zu frühe Seitentriebbildung, gewellte Blätter 	<ul style="list-style-type: none"> - Störung des Hormonhaushalts (bei zu geringer Auxinsynthese verminderte apikale Dominanz) - braune und violette Flecken entstehen durch Niederschlag von MnO₂
B (Bor)	<ul style="list-style-type: none"> - essentielle Funktion beim Kohlenhydrattransport bei der Eiweißsynthese benötigt - spielt eine Rolle bei der Stabilisierung der Zellwandstrukturen ähnlich Ca 	<ul style="list-style-type: none"> - Wuchshemmung und Missbildungen der Blätter, Blüten und Früchte (z. B. an Birne) - Absterben der Vegetationspunkte, Blattränder und Wurzelspitzen - auch Vergilbung und Nekrosen älterer Blattspitzen - Symptome zuerst an älteren Blättern, vor allem am Blattrand 	<ul style="list-style-type: none"> - notwendig für den Zuckerttransport im Phloem, das erklärt die starke Wirkung auf den Vegetationspunkt (Assimilatmangel und Hemmung der Zellteilung) - Probleme auch erklärbar durch Anreicherung von Phenolen durch Hemmung der Verholzung 	<ul style="list-style-type: none"> - nekrotisierende Punkte am Blattrand 	<ul style="list-style-type: none"> - nur im Transpirationsstrom transportabel und nicht remobilisierbar
Mo (Molybdän)	<ul style="list-style-type: none"> - Bedeutung als das aktive Element in zwei Enzymen, die für die N-Ernährung bedeutend sind: Nitratreduktase und Nitrogenase (in Knöllchenbakterien) - wichtig für die Bildung von ABS 	<ul style="list-style-type: none"> - Stickstoffmangel 	<ul style="list-style-type: none"> - Hemmung der Umsetzung von Nitrat in Ammonium und der N₂-Fixierung 	<ul style="list-style-type: none"> - goldgelbe Verfärbung des Sprosses - kommt im Gartenbau kaum vor 	<ul style="list-style-type: none"> - die Verfärbung entsteht wahrscheinlich durch Mo-Komplexe in der Vakuole
Cu (Kupfer)	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandteil von Enzymen für den Elektronentransport, besonders Photosynthese, Atmungskette und oxidierende Enzyme - Enzyme auch notwendig für die Verholzung von Pflanzenteilen 	<ul style="list-style-type: none"> - Störung der Knospen- und Blütenentwicklung, Veränderungen, gehemmte Verholzung, verfrühter Austrieb - von Seitentrieben die jüngsten Blätter können ausbleichen - im Boden starke Bindung an organische Substanz, kann bei Kultur in Torf zu Mangel führen 	<ul style="list-style-type: none"> - Störung des Hormonhaushalts besonders von Auxin - in der vegetativen Phase geringer Assimilategehalt, jedoch Anreicherung durch Hemmung der Blüte in der generativen Phase - Entwicklung der Spaltöffnungen gestört, wodurch der Transpirationsstrom in die jungen Blätter unterbrochen wird und Welke auftritt 	<ul style="list-style-type: none"> - Zwergwuchs, Fe-Mangel 	<ul style="list-style-type: none"> - Anhäufung von Cu in der Wurzel stoppt das Wachstum - Streckung der unterirdischen Teile gehemmt - durch Ionenkonkurrenz wird die bevorzugte Fe-Aufnahme gestört
Zn (Zink)	<ul style="list-style-type: none"> - Bestandteil des Co-Faktors verschiedener Enzyme - beteiligt an der Aktivierung von Enzymen und bei der Eiweißsynthese - notwendig für die Zellstreckung und Mittelnerven im Blatt 	<ul style="list-style-type: none"> - Zwergwuchs, Missbildung der Blätter durch unvollständige Entwicklung - kurze Internodien 	<ul style="list-style-type: none"> - niedrige Auxingehalte im Spross - Hemmung der Eiweißsynthese führt zu einer Anreicherung von Aminosäuren - durch die Wuchshemmung kommt es zu einer Anreicherung von Kohlenhydraten 	<ul style="list-style-type: none"> - häufig Symptome wie Fe-Mangel - Auffangen von Regenwasser von verzinkten Sprossen kann in geschlossenen Systemen zu einer Anreicherung führen 	<ul style="list-style-type: none"> - Hemmung der Fe-Aufnahme durch Verdrängen des Fe aus den Chelaten (Ionenkonkurrenz)

Cl (Chlorid)	<ul style="list-style-type: none"> - für optimales Wachstum nur sehr geringe Mengen notwendig - Funktion bei der Osmoseregulation und Einhaltung des elektrischen Gleichgewichts der Pflanze notwendig für sauerstoff-reduzierende Reaktionen der Photosynthese 	- Mangel kommt wahrscheinlich nicht vor	- Verstärkung des Streckungswachstums der Wurzel und Verlust der Zellspannung in den Blättern	<ul style="list-style-type: none"> - die meisten Pflanzen vertragen hohe Cl-Gehalte, außer einigen Ausnahmen (Zierpflanzen) - bei empfindlichen Pflanzen entstehen Nekrosen an älteren Blättern 	<ul style="list-style-type: none"> - Nekrose durch Aufnahme in die Blattzellen bis sie absterben - bei toleranten Pflanzen hängt die negative Wirkung vor allem mit einem steigenden Salzgehalt zusammen
Na (Natrium)	<ul style="list-style-type: none"> - relativ geringe Aufnahme durch die meisten Pflanzen, daher relativ unschädlich - wichtiger Spurennährstoff für Pflanzen mit C4-Photosynthese - reichert sich schnell in geschlossenen Bewässerungssystemen an 	- Mangel kommt nicht vor	- bei C4-Pflanzen (z. B. Mais) Hemmung der Photosynthese	- Wuchshemmung	- Salzwirkung, bei hohen Konzentrationen wird die K-Aufnahme durch Ionenkonkurrenz gehemmt