

Haupt- und Spurenelemente Teil 5

Das Spurennährelement Mangan

Bei Manganmangel kommt dem ein oder anderen meist nur die Dörrfleckenkrankheit des Hafers in den Sinn, obwohl obstbauliche Kulturen, wie Himbeeren, Erdbeeren aber auch Äpfel (Fuji) durchaus dafür anfällig sind. Bis vor wenigen Jahren war jedoch der Begriff Manganmangel sicher für die meisten Obstbaubetriebe ein Fremdwort.

Mit nachlassendem Einsatz der aus Hochofenschlacke gewonnenen klassischen Industriekalke, d.h. von Thomas-, Hütten- und Konverterkalken, fand damit einhergehend auch auf den meisten obstbaulich genutzten Flächen de facto keine regelmäßige Düngung mit Spurennährelementen über den Boden mehr statt. Im konventionellen Anbau wurde darüber hinaus die Zufuhr von Mangan und Zink über dithiocarbamathaltige Fungizide (Dithane, Polyram) aufgrund der raubmilbenschädigenden Wirkung zuerst eingeschränkt dann eingestellt. Auf einigen Standorten war und ist daher eine Überprüfung der Versorgungssituation (z. B. über Blattanalysen) sowie der Einsatz manganhaltiger Spezialdünger angebracht. Vor übertriebenen Aufwendungen muss jedoch gewarnt werden, denn auch bei Mangan können aus Überschüssen nachteilige Folgen vor allem für die Fruchtqualitäten auftreten. Im Folgenden wird deshalb das Spurennährelement Mangan, seine Aufgaben und Funktionen, Mangel- und Überschusssymptome sowie Düngestrategien ausführlich beschrieben.

Mangan im Boden

- Mangan ist eigentlich ein sehr hartes, sprödes Schwermetall, das in manchen Eigenschaften dem Eisen ähnelt.
- In unseren Böden liegt Mangan in Form von zwei-, drei- und vierwertigen Manganoxiden [Grafik 1], in Silikaten, Carbonaten (MnCO₃) sowie absorbiert an Eisenoxiden, in organischer Form (Manganchelate) oder in austauschbarer und gelöster Form als Mn²⁺ vor.
- Mn²⁺ kann leicht ausgewaschen werden. Vor allem auf niederschlagsreichen Standorten oder bei engen Beregnungsintervallen.

- Das pflanzenverfügbare zweiwertige Mangan (Mn²⁺) befindet sich an Ton-Humus-Komplexen oder in der Bodenlösung. Auf schweren, humusreichen Böden liegen deshalb die Mangangehalte meist höher als auf leichten Böden (podsolierte Sandböden!)
- Die Ermittlung der Mangangehalte im Boden erfolgte früher nach der Methode Schachtschabel. Heutzutage werden alle Spurennährelemente mit der sogenannten CAT-Methode nach ALT aufgeschlossen. Die Sollwerte im Boden sind vom pH-Wert abhängig. [Tabelle 1]
- Eine Anhebung um 10mg/kg Boden erfordert eine Düngegabe von ca. 50kg Mn/ha.
- Entscheidend für die Verfügbarkeit von Mangan im Boden sind weniger die Bodengehalte selbst oder die Mangansättigung der Bodenkolloide, sondern vielmehr der pH-Wert. Dieser sollte:
 - auf Sandböden im Bereich 5,5 liegen
 - auf lehmigem Sand bei ca. 6,0
 - auf mittelschweren bis schweren Böden zwischen pH-Wert 6,5 bzw. 6,8
- Eine pH-Wert-Absenkung um eine Einheit bewirkt eine 100-fache Zunahme der pflanzenverfügbaren Mn²⁺-Ionen in der Bodenlösung. Dieser Zusammenhang lässt sich wie folgt erklären:
 - Bei steigenden pH-Werten bzw. oxidativen Verhältnissen (O²-Überschuß) oxidiert Mn²⁺ zu Mn³⁺ bzw. Mn⁴⁺ und ist damit nicht mehr pflanzenverfügbar. Die Oxidation geschieht vorwiegend mit Hilfe von Bodenbakterien. Oxidative Verhältnisse treten vor allem bei hohem pH-Wert, zunehmender Trockenheit sowie auf humusreichen Standorten z. B. Niedermoorböden auf

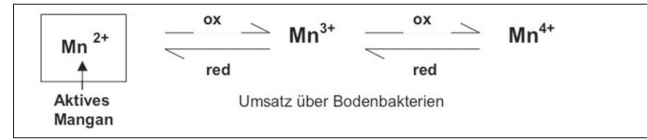
- Bei sinkendem pH-Wert bzw. bei reduzierenden Verhältnissen (O²-Mangel) entsteht aus Mn⁴⁺ bzw. Mn³⁺ wieder das „aktive Mangan“ Mn²⁺. Reduzierende Verhältnisse herrschen bei niedrigerem pH-Wert, zunehmender Bodenfeuchtigkeit (weniger Bodenluft!) oder plötzlichem Eintrag von organischer Masse. [Grafik 1]

Die Verfügbarkeit von Mangan

- Mit Manganmangel ist zum einen auf leichten (geringe Mn-Gehalte), kalkhaltigen (geringe Mn-Verfügbarkeit), aber auch auf humusreichen Standorten (Mn-Oxidation) zu rechnen.
- Mn-Mangel wird durch hohe Niederschläge (Auswaschung) oder/ und starke Austrocknung der Böden gefördert.
- Unsachgemäßes Aufkalken kann die Verfügbarkeit von Mangan erheblich einschränken und letztendlich einen Mangel hervorrufen.
- Die Aufnahme über die Wurzeln erfolgt in Form von Mn²⁺ sowie in Form von Manganchelaten. Bei Anwesenheit von Antagonisten in der Rhizosphäre kann die Manganaufnahme gehemmt werden, vor allem wenn dort hohe Magnesium-, Calcium- und Ammoniumgehalte (Mg²⁺, Ca²⁺, NH⁴⁺) vorliegen.
- Wegen der pH-Wert und feuchtigkeitsabhängigen Verfügbarkeit sind Manganmangelstandorte häufig gleichzeitig Eisen- und Magnesiummangelstandorte.
- Über die Blätter und Früchte wird Mangan in Form von Chelaten und Salzen (Sulfate, Nitrate, Carbonate) aufgenommen. Bei den Chelaten sind derzeit jedoch ausschließlich synthetische EDTA-haltige Produkte im Handel.

Der Transport innerhalb der Pflanze

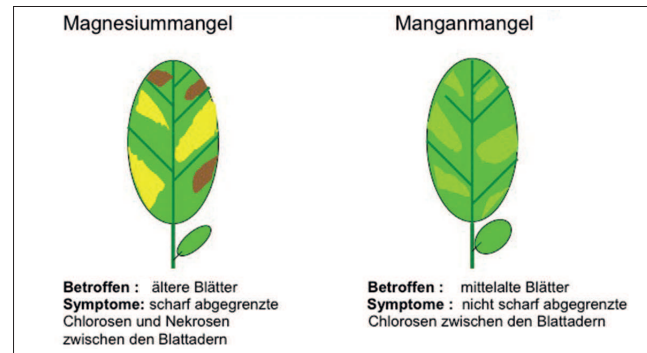
erfolgt überwiegend im Transpirationsstrom. Deshalb werden in erster Linie die stoffwechselaktiven jungen Blätter ver-



Grafik 1: Oxidation und Reduktion von Mangan im Boden

pH-Wert Bereich	Sollwertbereiche nach Schachtschabel ppm bzw. mg / kg Boden	Sollwertbereiche nach CAT-Extract ppm bzw. mg / kg Boden
5,5	11 - 15	20 - 25
6,0	21 - 30	30 - 35
6,5	31 - 45	40 - 45
7,0	41 - 60	45 - 50

Tabelle 1: Einstufung des Mangangehaltes im Boden. Versorgungsstufe C bei unterschiedlichen pH Werten



Grafik 2: Schematische Gegenüberstellung von Magnesium- und Manganmangel

Versorgungsbereich	Kernobst Juni	Kernobst Juli/Aug	Steinobst Juli/Aug
sichtbare Symptome	< 20 ppm	<20 ppm	<20 ppm
latenter Mangel	20 - 50 ppm	20 - 60 ppm	20 - 60 ppm
optimal	50 - 200 ppm	60 - 200* ppm	50 - 250 ppm
zu hoch	200 - 500 ppm	300 - 500 ppm	250 - 500 ppm
Toxizität	> 500 ppm	> 500 ppm	>500 ppm

Tabelle 2: Blattsollwerte Kernobst- und Steinobst. *Vorsicht: Bei Apfelsorten mit Deckfarbenproblemen sollten die Gehalte vor der Ernte nicht über 60 ppm liegen; Bei Birnen und Golden Delicious sind > 200 ppm anzustreben

sorgt, weniger die älteren Blätter und am schlechtesten die Früchte. Die nur mäßige Mobilität von Mangan im Siebteil, über den die Früchte im Sommer vorwiegend ernährt werden, erschwert deren Versorgung zusätzlich und trägt zu einem weiteren Ungleichgewicht zwischen Blatt- und Fruchtgehalten bei. Die Mangangehalte in den Blättern liegen deswegen immer höher als in den Früchten.

Funktionen von Mangan in Pflanzen beruhen fast ausschließlich auf der Fähigkeit des Nährelements zum sogenannten Valenzwechsel (Mn²⁺, Mn³⁺, Mn⁴⁺). Aufgrund dieser Eigenschaft ist Mangan an der Aktivierung zahlreicher Enzyme beteiligt. Die von Mangan aktivierten bzw. gesteuerten Enzyme sind wiederum an zahlreichen wichtigen Stoffwechselfprozessen beteiligt und zwar:

- am Chlorophyllaufbau
- der Photosynthese
- dem Eiweiß- u. Kohlenhydratstoffwechsel
- am Hormonhaushalt (Auxine)
- dem Aufbau von Vitaminen (Vitamin C)
- der Stickstoffmobilisierung in der Pflanze (Nitratreduktion)

Mangan übt somit eine sehr wichtige Funktion beim Aufbau von Eiweißverbindungen und Kohlenhydraten sowie von wichtigen pflanzlichen Wirkstoffen aus und spielt eine Schlüsselrolle bei der Stickstoffmobilisierung. Insgesamt ähneln sich die physiologischen Eigenschaften von Mangan, Magnesium, Eisen und teilweise von Zink, so daß deren Versorgung gut aufeinander abgestimmt sein sollte. Die enzymaktivierende Funktion des Mangans kann sogar vorübergehend von Magnesium übernommen werden.

Die Versorgungssituation

lässt sich am sichersten und einfachsten durch eine Blattanalyse bzw. Fruchtanalyse feststellen. Die Bodengehalte besitzen vor allem auf schwierigen Standorten keine ausreichende Aussagekraft. Da Magnesium teilweise die Funktionen von Mangan als Enzymaktivator übernehmen kann, entscheidet im Bereich latenten Mangels der Mg-Versorgungsgrad über das Auftreten von Mangelsymptomen. [Tabelle 2]

- Der optimale Versorgungsbereich der Früchte liegt bei Kernobst zwischen 0,075 und 0,13 mg / 100 g Frischgewicht.
- Bei Strauchbeerenobst liegt der optimale Versorgungsbereich in den Blättern bei 50 – 300 ppm und bei Erdbeeren zwischen 50 und 200 ppm.

Mangelsymptome

Schon im latenten Mangelbereich, d.h. zwischen 20 und 60 ppm Mangan im Blatt, können bei Kernobst Qualitätsprobleme eintreten.

Vorblüte	Blüte	Nachblüte	Sommer
Rosettenblattqualität	Fruchtansatz: • Blütenvitalität • Pollenkeimung • Pollenschlauchwachstum	Blattqualität Glattschaligkeit	Fruchtqualität Fruchtgröße Fruchtfarbe
Stickstoff, Magnesium, Mangan, Zink	Stickstoff, Bor	Stickstoff, Magnesium, Mangan, Zink, Bor	Calcium, Kalium, Phosphor, Mangan

Grafik 3: Kulturangepasste Blattdüngestrategie

Produkt	Firma	Mangan-gehalt	Verbindung	Sonstige Nähr-lemente	Empfohlene Aufwandmenge pro Hektar	
					Vor- + Nachblüte 2-4 mal	Sommer 2-mal
Lebosol Mangan 500	Lebosol	500 g/l	Mangan-carbonat		0,50 l	0,25 l
Yara Vita Mantrac pro	Yara	500 g/l	Mangan-carbonat		0,50 l	0,25 l
PhytoGreen-Mangan 27	Phytosolution	500g /l	Mangan-carbonat		0,50 l	0,25 l
Provita Mangan 400	Beckmann/Brehm	400 g/l	Mangan-carbonat		0,50 l	0,25 l
EPSO Combitop	Kali-Salz	150g /kg	kristallines Mg-Sulfat	13 % S, 4 % Mn, 1 % Zn	5,0-7,5 kg	
Wuxal Aminocal	Manna	6,7g/l Mn 6,7 g/l Zn	Calcium-chlorid+ Mn-chlorid	15 % CaO		10 l
Mangan Eco	Hechen-bichler	69 g/l	Ammonium Lignin-sulfonat		1l	1l
CARBO-ECO Mn	Phytosolution	58 g/l	Mangan-carboxylat		2-3 l	2-3 l

Tabelle 3: Manganhaltige Blattdünger nach EU-VO-834 / 2007 im Ökoanbau zugelassen.

Manganmangel, vor allem an jungen Blättern bzw. Rosettenblättern, beeinträchtigt die Kohlenhydratversorgung von Blüten- und Jungfrüchten, hemmt die Calciumaufnahme und fördert somit indirekt ein stärkeres Auftreten von physiologischen Krankheiten, wie Stippe und Fleischbräune, aber auch von Fruchtfäuleerregern. Die Früchte bauen aufgrund geringerer Chlorophyllgehalte zur Reife bzw. im Lager sehr rasch die grüne Grundfarbe ab, werden schneller gelb und hinterlassen somit den Eindruck der Überreife (<0,075 mg Mn/ 100 g FG). Im akuten Mangelbereich, d. h. bei Blattwerten <20 ppm treten charakteristische Blattsymptome auf, häufig im Sommer nach längeren Trockenperioden und plötzlich einsetzendem starkem Wachstum. Manganmangel im fortgeschrittenen Stadi-

um (<20 ppm) führt bei allen Obstarten zu Chlorophyllaufhellungen an vollentwickelten jüngeren bis mittelalten Blättern, wobei die Blättern noch grün bleiben d. h. von einem breiten grünen Saum umgeben sind. Die Aufhellungen sehen zuerst blassgrün, später stumpfgelb aus. Bei starkem Mangel sind die Blätter etwas kleiner. Im Unterschied zu Magnesiummangel, der überwiegend an älteren Blättern auftritt, gehen bei akutem Manganmangel die vergilbten Blattteile allmählich in grün über und sind nicht scharf abgegrenzt. Darüber hinaus bleibt der Bereich der Blättern länger grün und Nekrosen setzen erst sehr spät ein. [Grafik 2] Birnenblätter zeigen eine einheitliche Blattvergilbung vergleichbar mit N-Mangel. Im Folgejahr blühen betroffene Bäume deutlich schwächer.

Bei Kirschen werden die Blattränder häufig braun, die Früchte bleiben kleiner. Bei Erdbeeren bleiben sowohl die Blättern, wie auch der Blattrand dunkelgrün, während die sogenannten Interkostalflecken gelbgrüne bis gelbliche Chlorosen aufweisen.

Im weiter fortgeschrittenen Stadium kann Manganmangel bei Kern- und Steinobst, aufgrund der intensiven Blattaufhellungen auch mit Eisenmangel verwechselt werden.

Pflanzen mit unzureichender Manganversorgung wird eine verminderte Kälteresistenz und ein höherer Wasserverbrauch sowie eine geringere Wurzelbildung zu geschrieben.

Erst bei extrem starkem Mangel kann Blattfall einsetzen und damit Erträge und Fruchtqualitäten nachhaltig beeinträchtigt werden.

Manganüberschuss

kann auf Standorten mit geringem pH-Wert (<pH5) und gleichzeitiger Bodenvernäsung auftreten, da in solchen Böden das Angebot an Mn²⁺ überproportional ansteigt. In Folge des Manganüberangebotes wird weniger Fe²⁺ und Ca²⁺ von der Pflanze aufgenommen, d. h. Eisen- und Calciummangel wird gefördert.

Desweiteren konservieren die Früchte die grüne Grundfarbe, und es erfolgt kein Umschlag auf gelb (möglich ab 0,13 mg Mn/ 100g FG).

Bei Blattgehalten von >500 ppm ist mit Mangantoxizität zu rechnen.

- Die ältesten Blätter zeigen dann, beginnend von den Blatträndern und Blattspitzen, Chlorosen und Nekrosen, später kleine schwarzbraune Punkte (Braunsteinablagerungen) auch auf Adern und Stielen.
- An zwei- u. mehrjährigem Holz treten blasse Erhebungen, Nekrosen u. Risse auf (häufig bei Cox Orange u. Golden).
- Rinde von Birnen verfärbt sich braunrot.
- Anschließend entstehen Nekrosen auf der Rinde.

Abhilfe bei Manganmangel

Bodendüngung: Manganmangel kommt i. d. R. auf Problemstandorten, auf beispielsweise sehr leichten oder auf stark humosen, vor allem aber auf alkalischen, trockenen Böden und damit auch auf potentiellen Eisen- und Magnesiummangelstandorten vor. In solchen Fällen ist der Versuch, den Mangel über Bodendüngung zu beheben wenig erfolgversprechend. Lediglich auf „normalen Standorten“, bei denen eine Bodenuntersuchung eine zu geringe Versorgungsstufe ausweist, ist eine Manganbodendüngung überhaupt sinnvoll. Der jährliche Entzug bei Obstkulturen beläuft sich auf ca. 300–800 g/ha und Jahr. Die Auswaschungsverluste bewegen sich in gleicher Höhe wie der Entzug, so daß Netto eigentlich nur ein bis zwei kg Mangan pro Hektar und Jahr gedüngt werden müssten. Erfahrungsgemäß schwankt, je nach pH-Wert, der Ausnutzungsgrad der Manganbodendüngung zwischen 0,5 und 5%, so daß dafür Brutto ungefähr 25–50 kg Mn/ha verabreicht werden müssen. Dies entspricht auch der Manganmenge die erforderlich ist um eine Anhebung von 5 bzw. 10 mg Mn/kg Boden zu bewirken. Derzeit sind jedoch gar keine Mangan-Bodendünger FIBL-gelistet, so dass einzig die Blattbehandlung als Düngestrategie in Frage kommt.

Blattdüngung: Die Versorgung der Pflanzen mit dem Spurennährlement Mangan kann über Blattdüngung sehr gut sichergestellt werden. Bereits mit 21 Mangan-carbonat (= 11 Mangan/ha) lassen sich im Frühjahr die Blattgehalte um mindestens 50 ppm und im Sommer um mindestens 100 ppm erhöhen und damit auf Gehalte über dem Minimum-Blattsollwert. Bei regelmäßigen Einsätzen manganhaltiger Spezialdünger sollten in Abständen Blattanalysen durchgeführt werden, um das Versorgungsniveau der Anlagen genauer einschätzen und eine darauf aufbauende Düngestrategie entwerfen zu können.

- Vor der Blüte: Bei einer ausreichenden Belaubung (Kernobst) kann auf Pro-

blemstandorten, z. B. auf alkalischen Böden, eine Manganbehandlung ggf. kombiniert mit einer Eisenbehandlung durchaus schon sinnvoll sein. Darüber hinaus sollte bei frostgeschädigten Rosettenblättern eine Behandlung in Betracht gezogen werden, um deren Aktivität anzuregen, denn diese sind für die Ernährung der Jungfrüchte und für die Calciumaufnahme von großer Bedeutung. [Grafik 3 und Tabelle 3]

- Nach der Blüte: ist wegen des intensiven Blattzuwachses vor allem der Bedarf an Stickstoff, Magnesium, Mangan und Zink sehr hoch und zur Verbesserung der Glattschaligkeit und der Zellstrukturen der Borbedarf.
- Unmittelbar vor der Ernte: sollte auf Problemstandorten, wegen der unzureichenden Mobilität von Mangan im Siebteil (über welches die Früchte hauptsächlich versorgt werden), ein bis zwei Blattbehandlungen durchgeführt werden. Ziel hierbei ist, die Mangangehalte in den Früchten zu stabilisieren, um auf diese Weise dem Auftreten von physiologischen Krankheiten und von Fruchtfäuleerregern entgegenzuwirken.

Als Blattdünger sind im Ökoanbau überwiegend Mangan-carbonate zugelassen [Tabelle 3] deren Wirkung und Leistungsfähigkeit mittlerweile unumstritten ist. Beim Anrühren der Spritzbrühe ist zu beachten, dass die manganhaltigen Salze immer zuerst ins Faß gegeben werden sollten. Wegen der besseren Pflanzenverträglichkeit, aber auch wegen der verhältnismäßig geringen Mobilität von Mangan in der Pflanze, ist der häufigere Einsatz kleinerer Mengen ratsamer als einzelne Gaben mit hohen Dosierungen. Genau wie bei allen anderen Blattdüngern ist die Wirkung am optimalsten bei:

- bedecktem Himmel
- Lufttemperaturen um 20°C
- Luftfeuchten >60%.
- Bei starker Strahlung, Temperaturen >25°C oder u. Luftfeuchten <50% sollten keine Blattdünger ausgebracht werden.



[1] Manganmangel an Apfelblättern



[2] Manganmangel an Kirschblättern



[3] Manganmangel an Himbeerblättern



[4] Eisen + Manganmangel bei Birnen

GERHARD BAAB, DLR RHEINPFALZ
02641-978640
gerhard.baab@dlr.rlp.de