

Blattdüngung mit Calcium im Obstbau

Warum? Womit? Wann?



*KOB Bavendorf / Agroscope Wädenswil
21./22. August 2019*

Prof. Dr. Thomas Eichert, FH Erfurt

FHE FACHHOCHSCHULE
ERFURT UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
Gartenbau

1

Gliederung

- **Einleitung**
Besonderheiten bei der Blattdüngung
- **Wo und wie erfolgt die Aufnahme ins Blatt?**
Cuticula und Stomata
- **Steuernde Umweltbedingungen**
Zentrale Rolle der Luftfeuchtigkeit
- **Ca-Spritzung im Obstbau**
Womit und wann?
- **Schlussfolgerungen**
Was folgt für die Praxis?

2

- Blattdüngung: Vorteile und Herausforderungen -

3

Vorteile der Blattdüngung

- Dünger gelangt direkt auf die Pflanze
→ rasche Nährstoffzufuhr
- Kombinierbar mit Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln
→ spart Zeit und Geld
- Boden wird umgangen
→ Vorteil bei eingeschränkter Nährstoffverfügbarkeit
→ Vision: Vermeidung von Umweltbelastungen,
z.B. durch Nitratauswaschung?



4

Grundproblem bei der Blattdüngung

Die Nährstoffaufnahme erfolgt über ein Organ,
das dafür **nicht** vorgesehen ist!

Nährstoffaufnahme durch die Wurzel:

- Physiologisch kontrolliert
- Auch aktive Aufnahme
- Selektionsmöglichkeit



Nährstoffaufnahme über das Blatt:

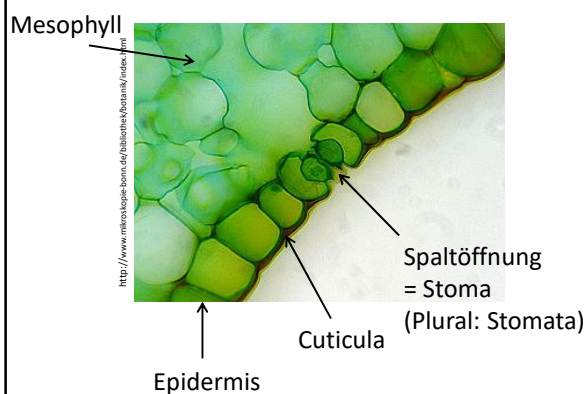
- Keine physiologische Kontrolle
- Passiver, physikalischer Prozess
- Keine Selektionsmöglichkeit

Bildquelle: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, Third Edition, 2012

5

Hauptfunktion der Blattoberfläche

Blattoberfläche im Querschnitt



Barriere gegen

- Wasserverluste ($\pm$ hydrophobe Cuticula!)
- Eindringen von Pathogenen und unerwünschten Stoffen

6

Herausforderung bei der Blattdüngung

- **Überwindung der** wasserabweisenden = hydrophoben **Barriere** (oft unterstützt durch “Adjuvantien”, z.B. Netzmittel)
- Rein **passiver Prozess**
- **Optimale Aufnahmeraten:**
nicht zu wenig, aber auch
nicht zu viel
→ **Verbrennungen**



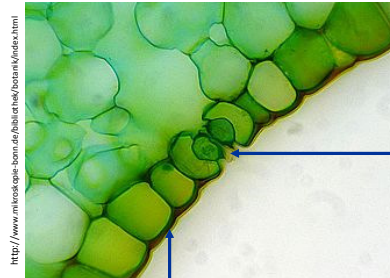
Massive „Verbrennungen“ bei
Mais nach Fe-Blattdüngung

7

- Blattdüngung: Wo werden die Stoffe aufgenommen? -

8

Wo sind die Aufnahmewege für Blattdünger?



2. Spaltöffnungen = Stomata

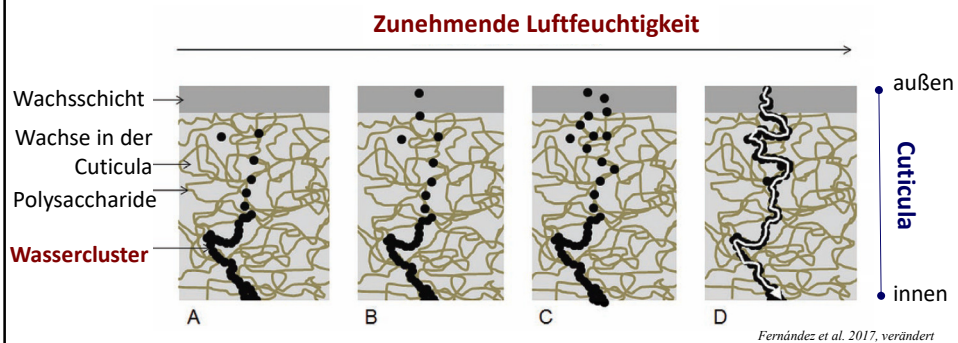
- Diffusion entlang der Wand der Öffnung

1. Cuticula

- Diffusion in „wässrigen polaren Poren“

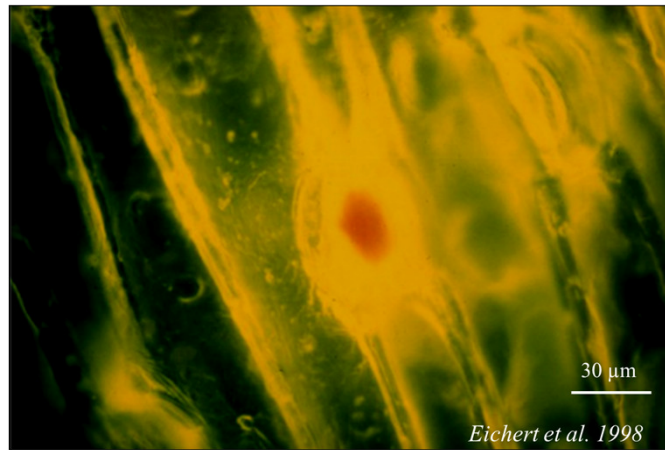
9

Cuticula: „wässrige Poren“ als Aufnahmewege für Salze

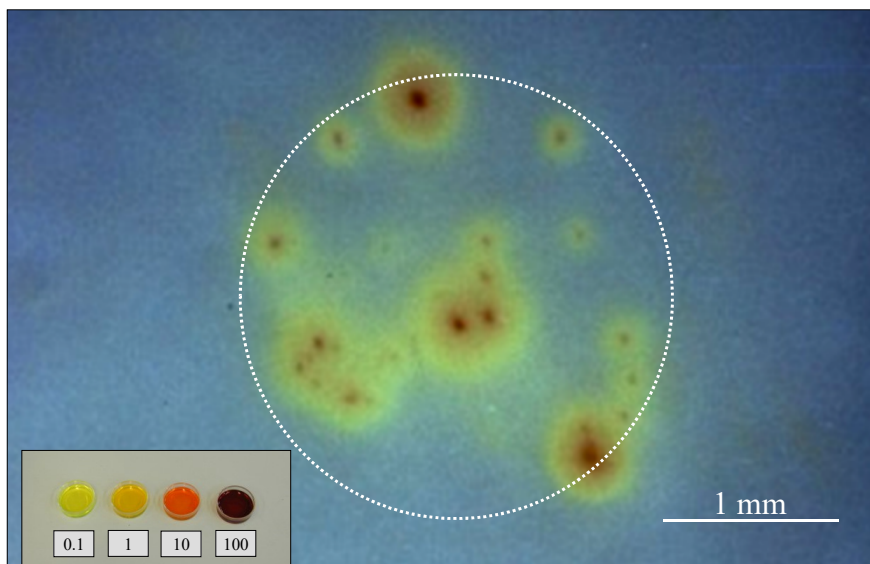


10

Bedeutung der Stomata für die Stoffaufnahme



11



12

**Fleckiges Wiederergrünen von chlorotischen
Pfirsichblättern nach Blattdüngung mit Fe**



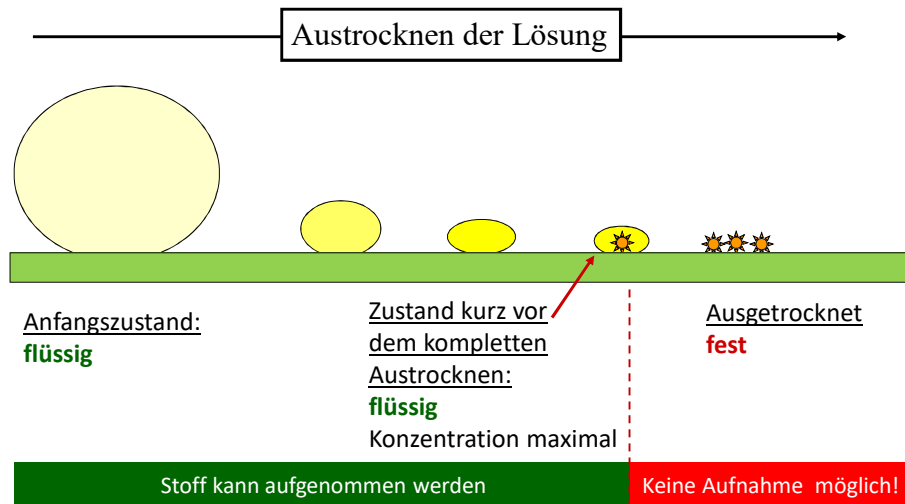
Photograph provided by J. Abadia, Spain

13

**- Die Luftfeuchtigkeit:
DER steuernde Faktor bei der Blattdüngung -**

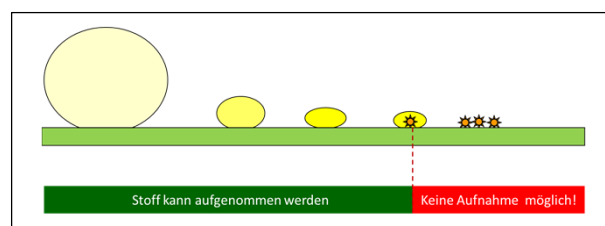
14

Konzentrationsverlauf beim Eintrocknen von Lösungen auf dem Blatt



15

Konzentrationsverlauf beim Eintrocknen von Lösungen auf dem Blatt



- Ob ein Tropfen vollständig austrocknet, hängt von der **relativen Luftfeuchtigkeit (RH)** ab!
- Aber auch **vom jeweiligen Salz!**
- Die Luftfeuchtigkeit, bei der das Salz austrocknet, wird "**Deliqueszenzpunkt**" (**DQ**) genannt
- **Jedes Salz hat einen spezifischen DQ**

16

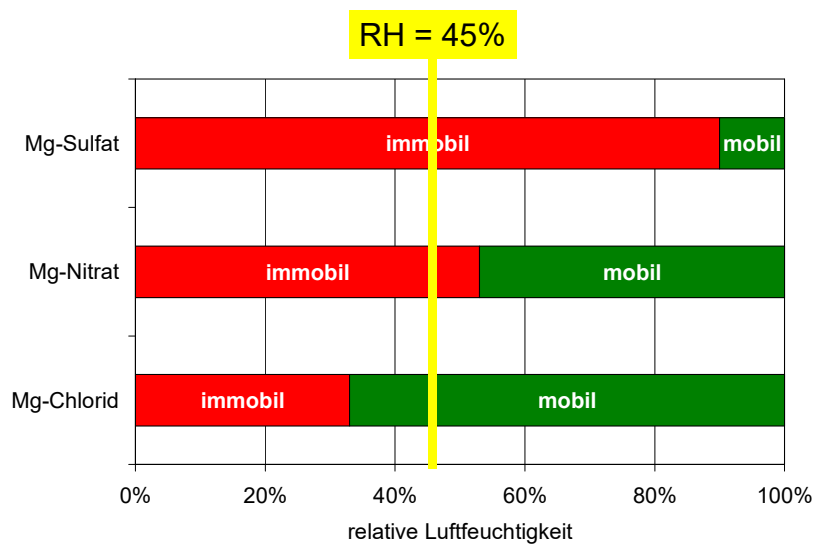
Deliqueszenzpunkte (in RH) einiger Salze (20°C)

■ CaCl_2	31%	■ KCl	85%
■ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	54%	■ KNO_3	93%
■ $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$	96%	■ K_2SO_4	98%
■ MgCl_2	33%	■ ZnBr_2	9%
■ $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	54%	■ $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	42%
■ MgSO_4	90%	■ ZnSO_4	90%

Faustregel: Chlorid < Nitrat < Sulfat

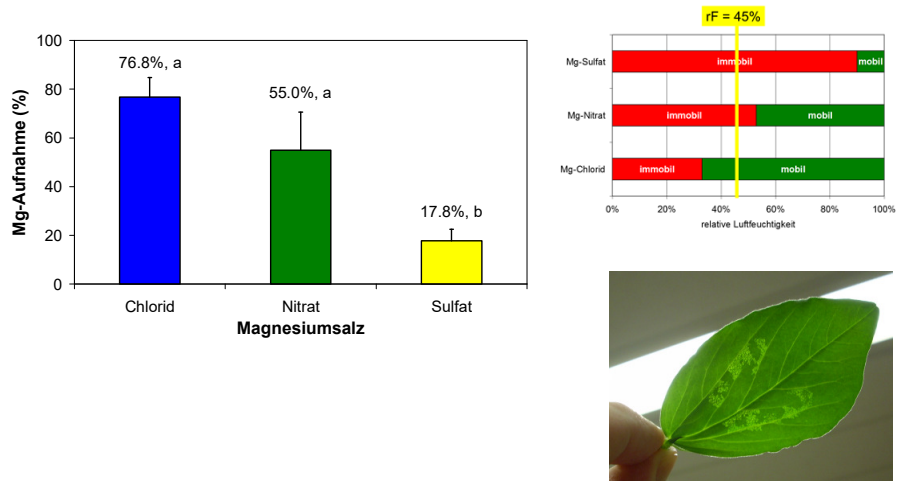
17

Einfluss des DQ auf die Aufnahme von Mg in Ackerbohnen-Blätter



18

Einfluss des DQ auf die Aufnahme von Mg in Ackerbohnen-Blätter



19

Fazit: Luftfeuchtigkeit und Blattdüngung

Der **Deliqueszenzpunkt (DQ)** des Salzes und die **Luftfeuchtigkeit (RH)** bestimmen zusammen

ob das Salz **im Gleichgewicht** flüssig ist oder fest

...**mobil** ist oder **nicht**

...**aufnehmbar** ist oder **nicht!**

RH > DQ: mobil

RH < DQ: immobil

schnelle Aufnahme

langsame Aufnahme

20

- Praktische Anwendung -

21

Wichtige Anwendungsgebiete der Blattdüngung

Spurenelemente

- Bei **akuter Unterversorgung**, z.B. wg. Trockenheit
- Auf **Mangelstandorten**, z.B. Kalkböden



Calcium

- Generelles Problem bei **Früchten** (Äpfel, Tomaten, Paprika usw.)
- Grund: Calcium ist in der Pflanze **nicht verlagerbar**



22

Wichtige Anwendungsgebiete der Blattdüngung

Spurenelementmangel

- Meistens genug im Boden vorhanden, jedoch nicht in pflanzenverfügbarer Form
- Im Boden chemisch festgelegt

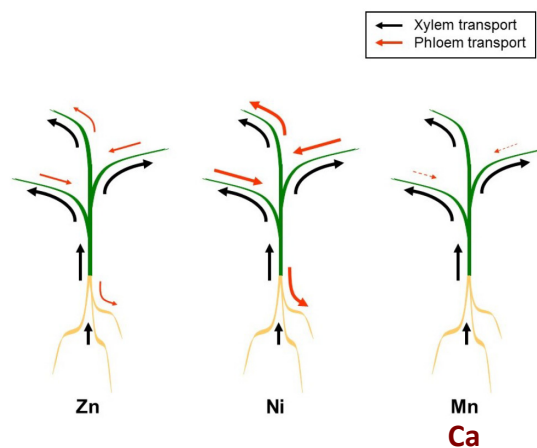
Calciummangel

- Meistens genug im Boden vorhanden und aufgenommen
- gelangt aber nicht in die Früchte, weil in der Pflanze nicht verlagerbar

**Düngung über Boden/
Wurzeln hilft nicht!
Nur Düngung über
das Blatt/die Frucht
kann helfen!**

23

Große Unterschiede in der Verlagerbarkeit in der Pflanze



Page and Feller (2015), *Agronomy* 5, 447-463; doi:10.3390/agronomy5030447

24

Große Unterschiede in der Phloem-Mobilität

Mobilität		
Hoch	Mittel	gering
K	Fe	Ca
Mg	Zn	Mn
P	Cu	
S	B	
N (amino-N)	Mo	
Cl		
(Na)		

Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, Third Edition, 2012, verändert

- **Blattdüngung** bei **Spurenelementen** und bei **Ca** oft die beste Option:
- **Spurenelemente** nicht verfügbar, **Ca** nicht verlagerbar.
- **Aber:** Wirkt nur auf behandelte Pflanzenoberfläche, nicht/nur eingeschränkt im Neuzuwachs oder in der Wurzeln!

25

Praktisch nicht verlagerbar: Calcium

Physiologischer Ca-Mangel in Früchten



Lehr- und Forschungsstation Marhof

Fruchtendfäule, Tomate



<http://apples.ahdb.org.uk/disorders-flesh.asp>

Stippigkeit, Apfel

26

Physiologischer Ca-Mangel in Früchten

Ursachen:

- **Ca nicht phloemmobil**
- **Ca** gelangt daher nur in die Frucht, wenn sie **transpiert** (Wurzel → Xylem → Frucht)
- Also hauptsächlich in **frühen Stadien**
- **Später:** Cuticula mit Wachsschichten hemmt Transpiration, vorhandene Stomata werden "stillgelegt"
- Problem der Züchtung hin zu **großen Früchten** → **Ca-Vorrat** aus frühen Stadien **reicht nicht mehr!**



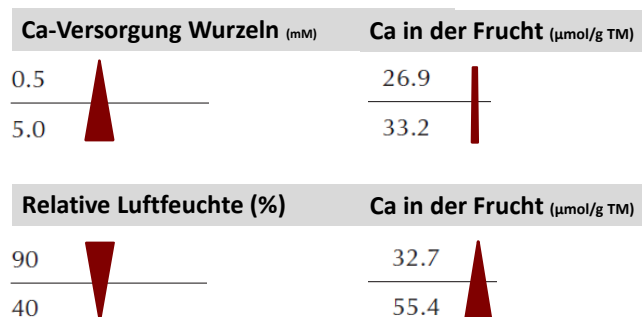
27

Physiologischer Ca-Mangel in Früchten

Vermeidung/Behebung

- **Transpiration der Früchte fördern**

Paprika



28

Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, Third Edition, 2012, verändert

Behebung/Vermeidung von physiologischem Ca-Mangel in Früchten

Maßnahmen

- Belüftung der Früchte sicherstellen (Schnitt), hohe Luftfeuchtigkeit vermeiden (Gewächshaus)
- Ausgewogene Düngung: übermäßige K- und N-Düngung erhöht das Risiko
- Spritzung der Früchte mit Ca-Salzen (Standardprogramm im Apfelanbau)
- Fruchtbehandlung frühzeitig und regelmäßig!

29

Behebung/Vermeidung von physiologischem Ca-Mangel in Früchten

Fallstudie

(Schlegel und Schönherr 2002*)

- **3 Apfel-Sorten: Golden Delicious, Cox Orange Pippin, Boskoop**
- **Messung der Ca-Aufnahme zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien**

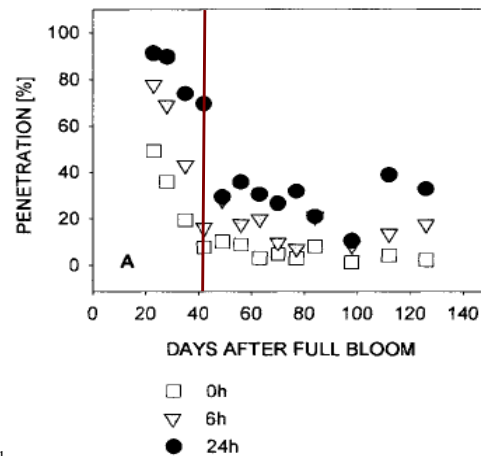
** Schlegel und Schönherr (2002). Stage of development affects penetration of calcium chloride into apple fruits. J. Plant Nutr. Soil Sci. 165: 738-745.*

30

Behebung/Vermeidung von physiologischem Ca-Mangel von Früchten

Aufnahme von Ca durch Fruchtoberflächen (Cox Orange Pippin)

(Schlegel und Schönherr 2002)



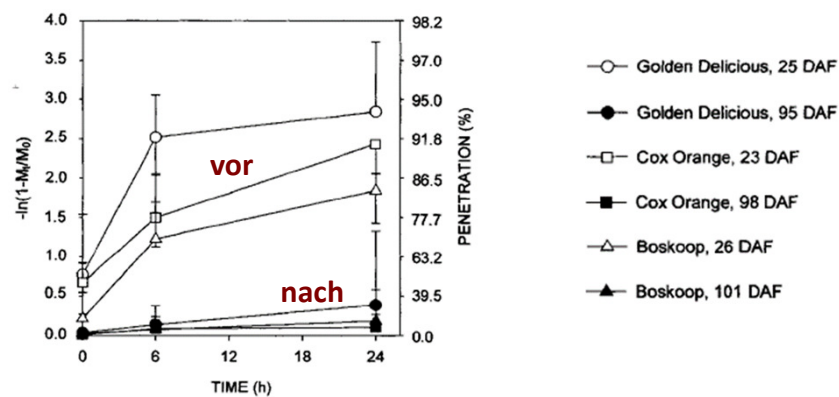
- Hohe Ca-Aufnahme in den ersten 40 Tagen
- Danach sind Früchte relativ undurchlässig für Ca

31

Behebung/Vermeidung von physiologischem Ca-Mangel von Früchten

Aufnahme von Ca durch Fruchtoberflächen vor und nach Juni-Fruchtfall

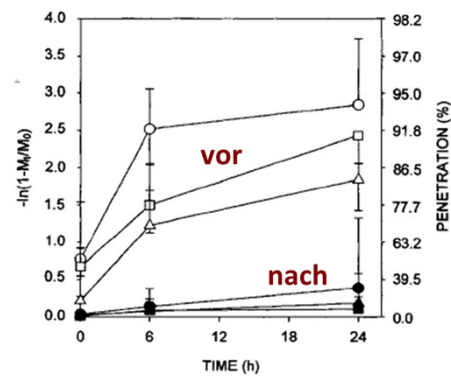
(Schlegel und Schönherr 2002)



32

Behebung/Vermeidung von physiologischem Ca-Mangel von Früchten

Aufnahme von Ca durch Fruchtoberflächen vor und nach
Juni-Fruchtfall (Schlegel und Schönherr 2002)



- Wahrscheinliche Ursachen:
Verlust der Trichome und
Umwandlung von Stomata
zu Lentizellen

33

- Fazit und Schlussfolgerungen -

34

Fazit und Schlussfolgerungen

- Blatt- und Fruchtdüngung ist **für Calcium die Methode** zur Vermeidung und Behebung von Ernährungsstörungen
- **Risiken** bestehen grundsätzlich durch mögliche Überdosierung und nachfolgenden **Blatt-/Fruchtschäden**
- **Stomata** leisten einen wichtigen Beitrag zur Stoffaufnahme durch pflanzliche Oberflächen → bei Applikation wenn möglich **berücksichtigen!**
- Durch Wahl eines Salzes mit geeignetem **Deliqueszenzpunkt** (DQ) kann die **Dynamik der Nährstoffaufnahme** gesteuert werden
- **Zeitpunkt:** Vorbeugen besser als Heilen! (→ Ca und Früchte)
→ **Auch bei der Blattdüngung ist es wichtig zu wissen, was man wann, wie und warum macht!**

35