

Essentielle Mineralstoffe

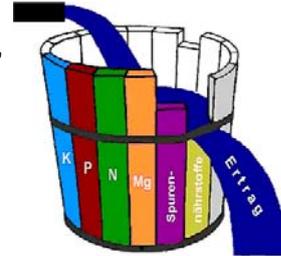
Justus v. Liebig



Justus v. Liebig:

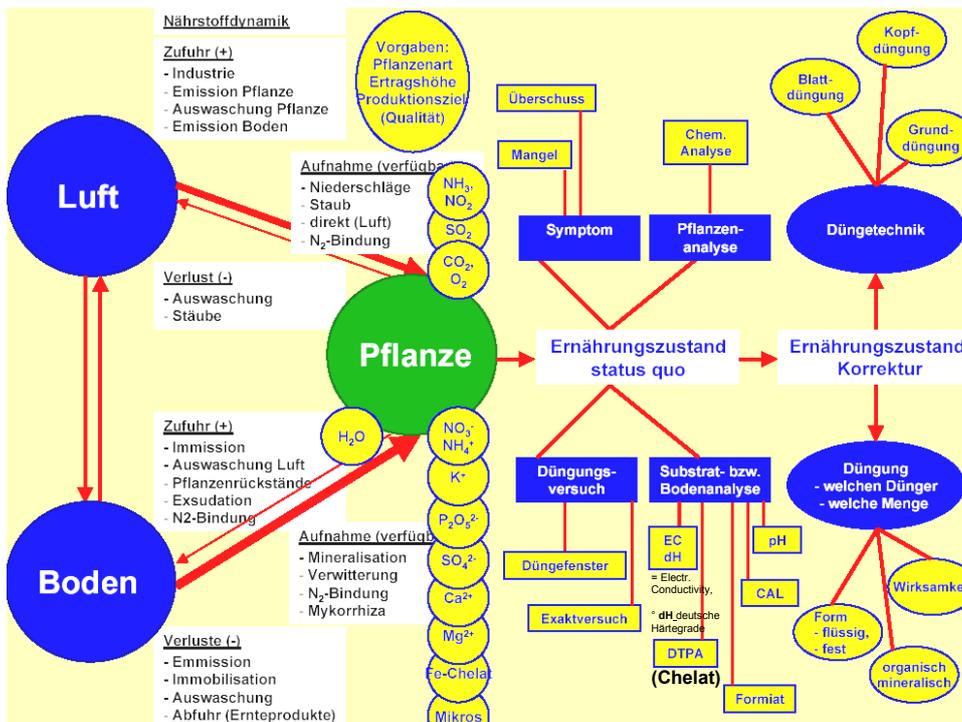
- Die Nährstoffe können sich nicht gegenseitig vertreten.
- Der Bedarf an mineralischen Nährstoffen ist artverschieden.
- Gesetz vom Minimum**
Der jeweils in geringster Menge vorhandene Nährstoff bestimmt die Höhe des Pflanzenwachstums.

- i.e.: → Das Wachstum wird durch den Nährstoff begrenzt, der am wenigsten zur Verfügung steht.
- Fruchtbar bleibt ein Boden nur, wenn die ihm entzogenen mineralischen Pflanzennährstoffe vollständig ersetzt werden.



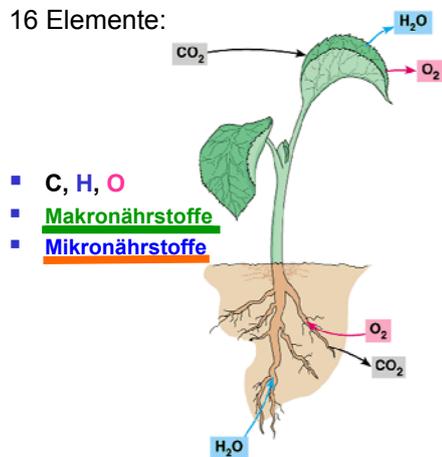
3 Kriterien, für Lebensnotwendigkeit eines Elements (→ „Nährstoff“) nach Arnon und Stout (1939):

- Ohne dieses Element kann die Pflanze ihren Lebenszyklus nicht vollenden.
- Das Element muss direkt im Stoffwechsel der Pflanzen mitwirken.
- Das Element ist im Molekül eines essentiellen Pflanzenbestandteils oder eines Metaboliten enthalten.



Nährstoffe: % in der TM

16 Elemente:



- C, H, O
- **Makronährstoffe**
- **Mikronährstoffe**

Nährelement	Anteil Trok-kenmasse %
Kohlenstoff C	44-49
Sauerstoff O	42-46
Wasserstoff H	5- 7
Mineralische Elemente	5-10
N	0,5 - 5,0
K	0,5 - 6,0
Ca	0,05 - 5,0
P	0,1 - 0,5
Mg	0,1 - 1,0
S	0,05 - 0,5
Fe, Mn, Zn, Cu, B, Ni	5 - 200 ppm*
Mo	0,2 - 5 ppm*

- Durchschnittl. Konzentrationsbereiche von Nährelementen in der Trockensubstanz von Blättern in Kulturpflanzen

* 1 ppm = 0,0001% = µg/g

Makronährstoffe

- In großen Mengen benötigte Nährstoffe

Primäre **Sekundäre**

- | | |
|-----|------|
| ▪ N | ▪ Ca |
| ▪ P | ▪ Mg |
| ▪ K | ▪ S |



Mikronährstoffe:

- | | |
|------|------|
| ▪ Fe | ▪ Mo |
| ▪ Mn | ▪ B |
| ▪ Cu | ▪ Cl |
| ▪ Zn | ▪ Na |
| ▪ Ni | |

als „funktionelle“ Mikronährstoffe bezeichnet:

- V
- Co
- Si

→ z.B. für Stabilität, od. für menschl. Ernährung

Nährstoffe Definition

Alle Elemente,

- die für das Wachstum und
- für eine normale Entwicklung der Pflanze notwendig sind, und
- die in ihrer Funktion von keinem anderen Element ersetzt werden können.

	Makronährstoffe	Mikronährstoffe (Spurenelemente)
CO ₂ , HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ ; NH ₄ ⁺	Fe-Chelat, Fe ²⁺
H ₂ O, H ⁺	P ₂ O ₄ ⁻ ; PO ₄ ²⁻	Zn-Chelat, Zn ²⁺
O ₂ , H ₂ O	SO ₄ ²⁻	MoO ₄ ²⁻
	K ⁺ ,	Mn ²⁺
	Ca ²⁺	Cu-Chelat, Cu ²⁺
	Mg ²⁺	Ni ²⁺
		(Na ⁺)
		B(OH) ₃ , B(OH) ₄ ⁻ , H ₂ BO ₃ ⁻ , HBO ₃ ²⁻
		(Si)
		(Se)
		(Cl → Halogen)

Rot = Nichtmetalle

Grün = Alkali, Erdalkalimetalle

Blau = Schwermetalle

Periodensystem

The periodic table shows elements from Hydrogen (H) to Oganesson (Og). Each element cell contains its atomic number, symbol, name, and atomic mass. A legend indicates occurrence: solid for solid, liquid for liquid, gas for gas, natural for natural, and synthetic for synthetic. The table is color-coded by groups: alkali metals (green), alkaline earth metals (yellow), transition metals (blue), metalloids (orange), nonmetals (red), and noble gases (purple).

Wechselwirkungen im Boden (Antagonismen u. Synergismen)

Konkurrenz und gegenseitige Förderung der Nährstoffaufnahme zwischen den Nährstoffen im Boden

- | | |
|--------------------|--|
| ▪ Hohe Gehalte an: | <i>verringern die Verfügbarkeit von:</i> |
| ▪ Stickstoff | Cu |
| ▪ Phosphor | Zn, Fe |
| ▪ Kalium | Mg |
| ▪ Magnesium | K, Ca |
| ▪ Kalzium | Mg, K, B, Fe, Zn, Mn |

Ca hemmt die Aufnahme von K und Mg
v.a. auf Böden mit hohem:

- pH-Wert
- Ca-Anteil an der CEC (> 90%)
- Carbonatgehalt:



→ basische Reaktion

Quantität und Intensität

- **Quantität (Q)**
 - Die Menge eines Nährstoffes, die in kurzfristigem Gleichgewicht mit der Bodenlösung steht



- Gesamt = Gesamtmenge im Boden
- Labil = "relativ" reaktive Fraktion
- Löslich = in der Bodenlösung gelöst (=Intensität)

- Die Quantität ist abhängig von (notieren):

1. Primären Mineralien:

- SiO₂, Fe₂O₃, Al(OH)₃, CaCO₃, MgCO₃
- Glimmer (=Mica) (K), Feldspat (K)
- Apatit (P)

2. Sekundären Tonminerale und adsorbierte Ionen

- Kaolinit, Illit, Montmorillonit, Vermiculit

3. Organischer Masse-Anteil

- **Intensität (I)**

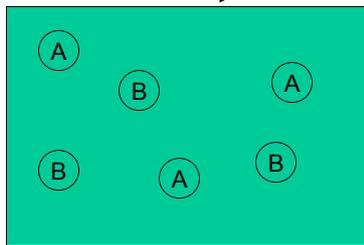
- Die effektive Ionen-Konzentration (=Aktivität) in der Bodenlösung

Intensität = Aktivität der Lösung

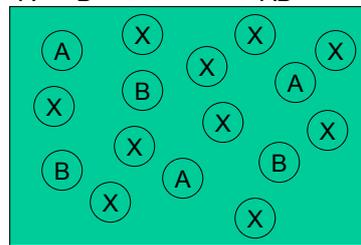
definiert durch:

- Aktivität (a)
- effektive Konzentration (C)
- $a = \gamma C$ γ = Aktivitätskoeffizient (0 - 1)
- Je höher die Gesamt- Ionenstärke (incl. Stoff X) → umso geringer der Aktivitätskoeffizient:

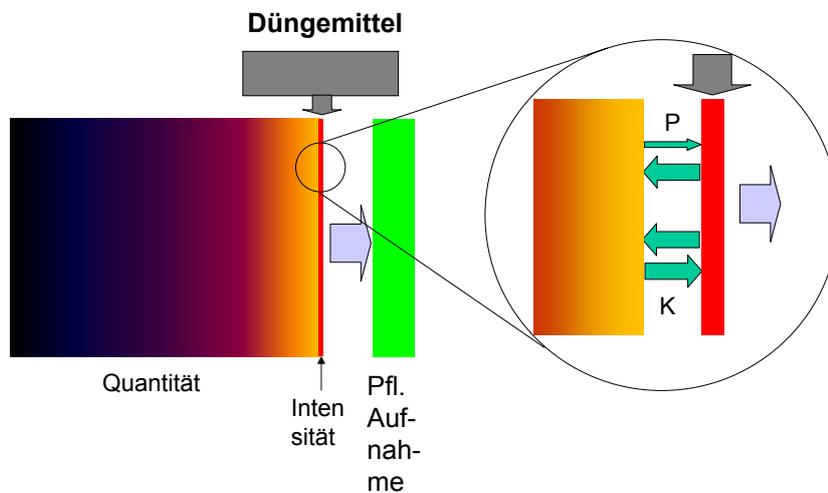
Verdünnte Lösung $a \approx C$



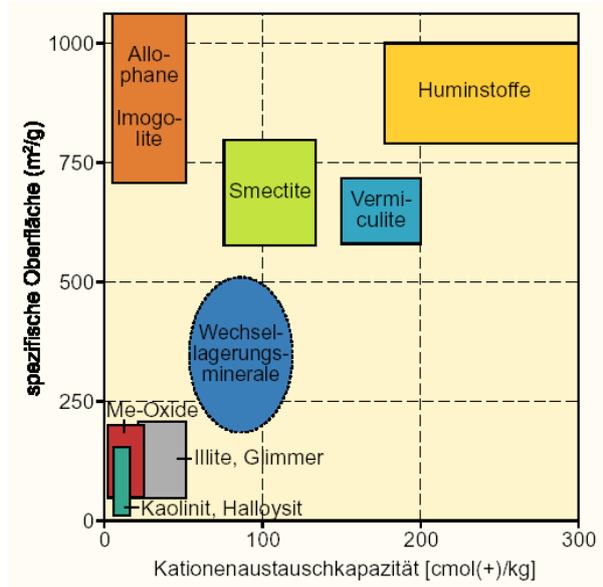
Konzentr. Lösung $a < C$



Quantität und Intensität - Puffer-Kapazität



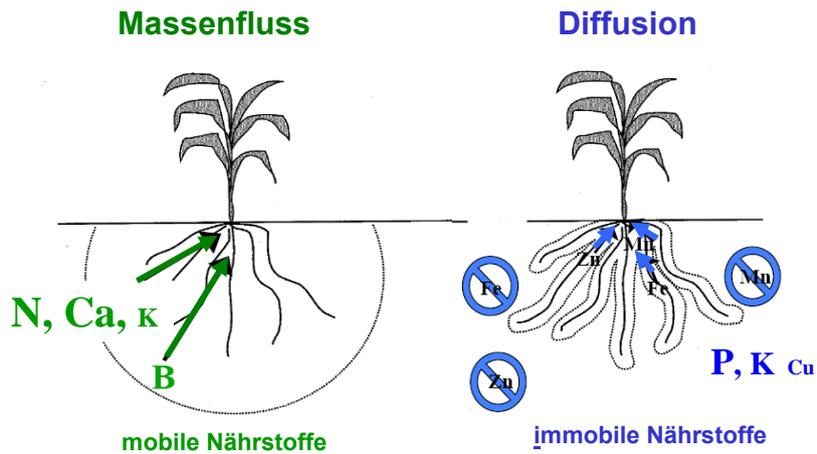
Kationenaustauschkapazität



- **↔ Mobile Nährstoffe:**
 - wasserlöslich (ungebunden)
 - meist <2%

Beziehung zwischen spezifischer Oberfläche und KAK_{pot} von wichtigen Vertretern des Sorptionskomplexes
Wörterbuch der Bodenkunde, Hinternauer-Erhard, 1997

Diffusion und Massenfluss



- (Schilling S. 249)
- Die Mikro-Nährstoffe (ausser B und Cl) sind im Boden sehr **i**mmobil
 - Sie können nur bei kurzem Abstand von den Wurzeln aufgenommen werden.

% Anteile der Nährstoff-Aufnahme-Mechanismen

	Direkter Wurzel-Kontakt	Massenfluss	Diffusion
Stickstoff	1	79 (NO ₃ ⁻)	20
Phosphor	2	4	94
Kalium	2	18	80
Calcium	150	413	0
Magnesium	33	244	0
Schwefel	5	95	0
Eisen	-	53	k.A.
Mangan	-	133	ca. 200 extrapoliert
Zink	-	33	k.A.
Bor	-	350	0
Kupfer	-	400	400 extrapoliert (nach Schilling)
Molybdän	-	200	0

k.A. = keine Angabe

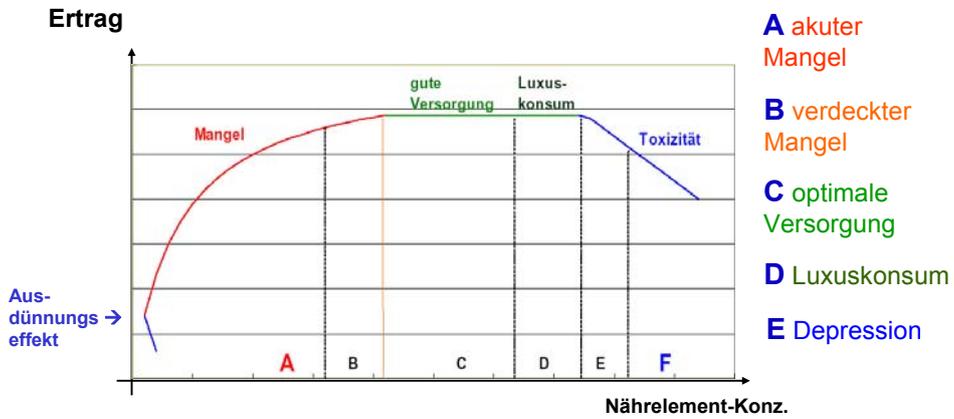
- = Einjährige experimentelle Daten:
 - NH₄⁺ Düngung würde zur vermehrten Aufnahme durch Diffusion führen

Mobilität der Nährstoffe in Boden und Pflanze

Element	Ø Gehalt in der Trockenmasse	Form als Ion	Mobilität	
			im Boden	in der Pflanze
C	45.0%			
O	45.0%			
H	6.0%			
N	2.0-5.0 %	NH ₄ ⁺	-	-
		NO ₃ ⁻	++	++
K	1.0%	K ⁺	-	+
Ca	0.5%	Ca ⁺⁺	-	--
P	0.2-0.5%	HPO ₄ ⁻	--	+
		H ₂ PO ₄ ⁻	--	+
S	0.2-0.5%	SO ₄ ⁻	+	+
Mg	0.2%	Mg ⁺⁺	-	+
Cl	100 ppm	Cl ⁻	+	+
Fe	100 ppm	Fe ⁺⁺	--	-
		Fe ⁺⁺⁺	--	-
Mn	50 ppm	Mn ⁺⁺	--	-
Zn	20 ppm	Zn ⁺⁺	--	-
B	20 ppm	H ₂ BO ₃	+	--
Cu	6 ppm	Cu ⁺⁺	--	-
Mo	0.1 ppm	MoO ₄ ⁻	--	-
Ni	x ppm	Ni ⁺⁺		
Na		Na ⁺	+	+
Si		H ₄ SiO ₆	-	-
Al		Al ⁺⁺⁺	++	++

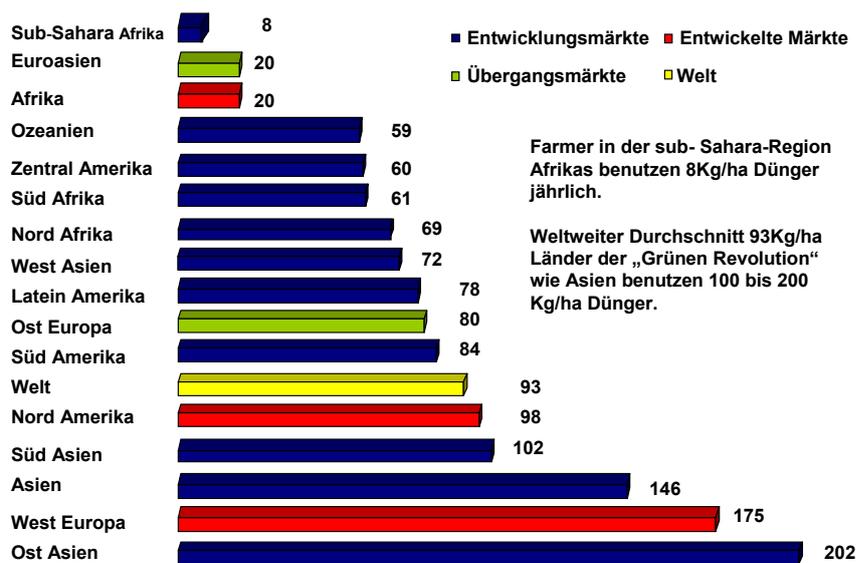
B in Pfl. als Anion

Ertragskurve

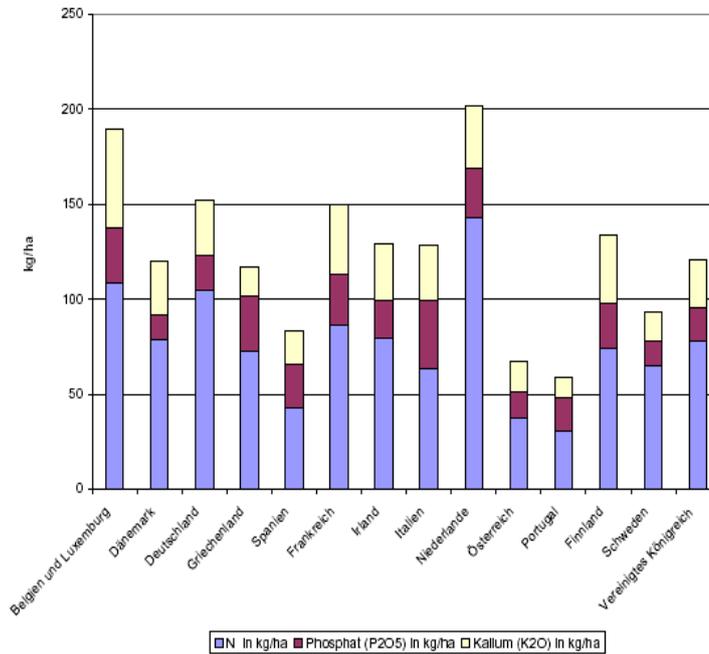


- Beziehungen zw. Mineralstoff-Gehalt zu Ertrag bei steigendem Angebot
- des betreffenden Nährelements (Prevot und Ollagnier 1957)
- Einstufungsbereiche a, b, c, d, e → Gehaltsklassen A, B, C, D, E

NPK Dünger Kg/ha in verschiedenen Ländern 2002/03



NPK Mineraldüngereinsatz in der EU



Österreich:
hoher
Grünland-
Anteil

Mischbarkeit von Düngemitteln

- **N** Verluste durch chemische Reaktionen:
- Reaktion von CaO und Ca(OH)₂ mit N Düngern:
 - $2 \text{NH}_4\text{R} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaR}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{NH}_3 \uparrow$
- Immobilisierung von wasserlöslichem **P**
 - Ca + Superphosphat → P-Löslichkeit ↓
- Verschlechterte Streu-Eigenschaften durch H₂O Aufnahme
 - Verhärten von Kali-Salzen mit N Düngern
→ bedingte Mischbarkeit
- NO₃⁻ haltige Dünger nicht mit Düngern mit *freien Mineralsäuren*
 - (= HNO₃, H₂SO₄, HCl, bedingt: H₃PO₄, H₂SO₃, H₂CO₃)
→ nitrose Gase

Mischtafel für Düngemittel

	KalkSalpeter	AmmonSulfat	AmmonSulfatSalpeter	KalkAmmonSalpeter	Harnstoff	KalkStickstoff	Superphosphat	GlühPhosphat	ThomasPhosphat	RohPhosphat	40er, 60er KCl	KaliSulfat	Kalk (Carbonat)
KalkSalpeter	X												
AmmonSulfat	X	X											
AmmonSulfatSalpeter	X	X	X										
KalkAmmonSalpeter				X									
Harnstoff					X								
KalkStickstoff						X							
Superphosphat							X						
GlühPhosphat								X					
ThomasPhosphat									X				
RohPhosphat										X			
40er, 60er KCl											X		
KaliSulfat												X	
Kalk (Carbonat)													X

X = Bedingt Mischbar

▬ = NICHT Mischbar



■ Mischtafel nach Finck 1979

Umrechnung

- *Alte Tradition (19. Jh.): Angabe des **Gehaltes** an Elementen in Düngern, als deren Oxid berechnet, also:*
- K_2O und P_2O_5 (!...)...Nichts davon ist tatsächlich enthalten
- → Berechnung der Reinnährstoff-Gehalte in Düngern
- **Gegeben P, gesucht P_2O_5**
 - z.B. In einem Düngemittel wurde ein bestimmter P-Gehalt ermittelt: Wie errechnet sich die Angabe als „ P_2O_5 “?
 - Geg.:
 - P: Relative Atommasse: 30,973762 = 31 g/mol
 - O: Relative Atommasse: 15,9994 = 16 g/mol
 - → P_2O_5 : $2*31 + 5*16$ = 142 g/mol

→ **Multiplikationsfaktor** =

$$\text{Anteil des P am } P_2O_5 = \frac{2*31 \text{ g/mol}}{142 \text{ g/mol}} = 0,436 \rightarrow 43\%$$