

Studiengang Agrartechnik

Modul Bodenkultur und Düngung

WS 2024/2025

Kapitel 8:

Grundlagen der Düngung

Gliederung des Moduls (Vorlesung)

5. Bodenmechanik

6 . Bodenschutz

- Bodenerosion
- Bodenverdichtung

7. Bodenschätzung

Teil Düngung

8. Grundlagen der Düngung

9. Stickstoffdüngung

10. Phosphor- und Kaliumdüngung

11. Schwefel-, Magnesium-, Kalzium-Düngung

12. Spurennährstoffdüngung

13. Organische Düngung

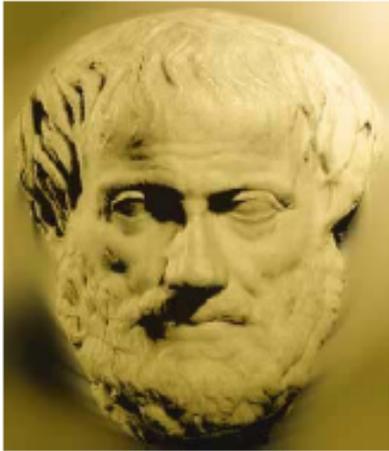
Grundlagen der Düngung

Gliederung:

1. Historische Betrachtung
2. Was sind Nährelemente/Nährstoffe
3. Beurteilung des Nährstoffversorgungszustandes der Pflanze anhand der...
 - a. Pflanzenuntersuchung
 - b. Bodenuntersuchung
4. Ernährungsstörungen von Pflanzen

Historische Aspekte der Pflanzenernährung

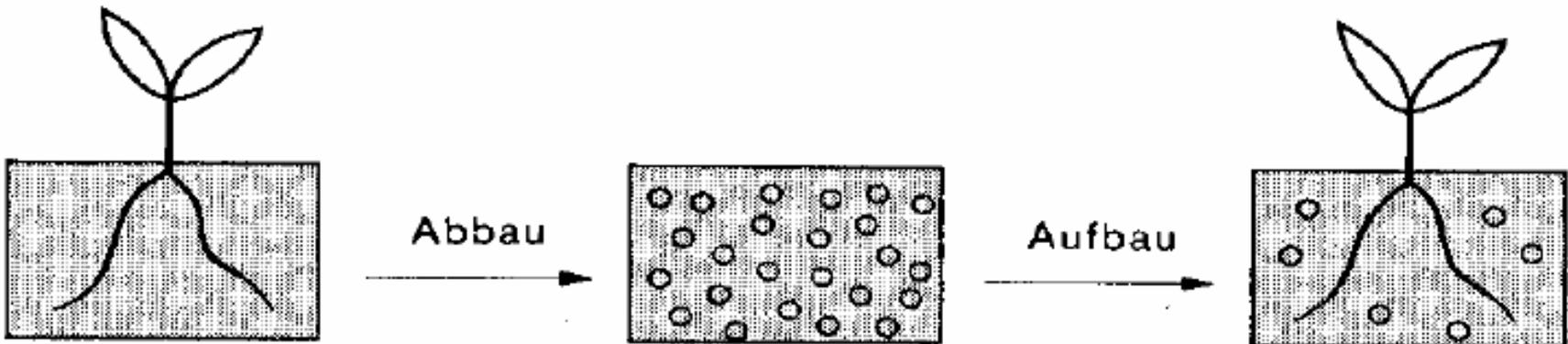
Altertum



Aristoteles: 382 (?) – 322 v. Chr.

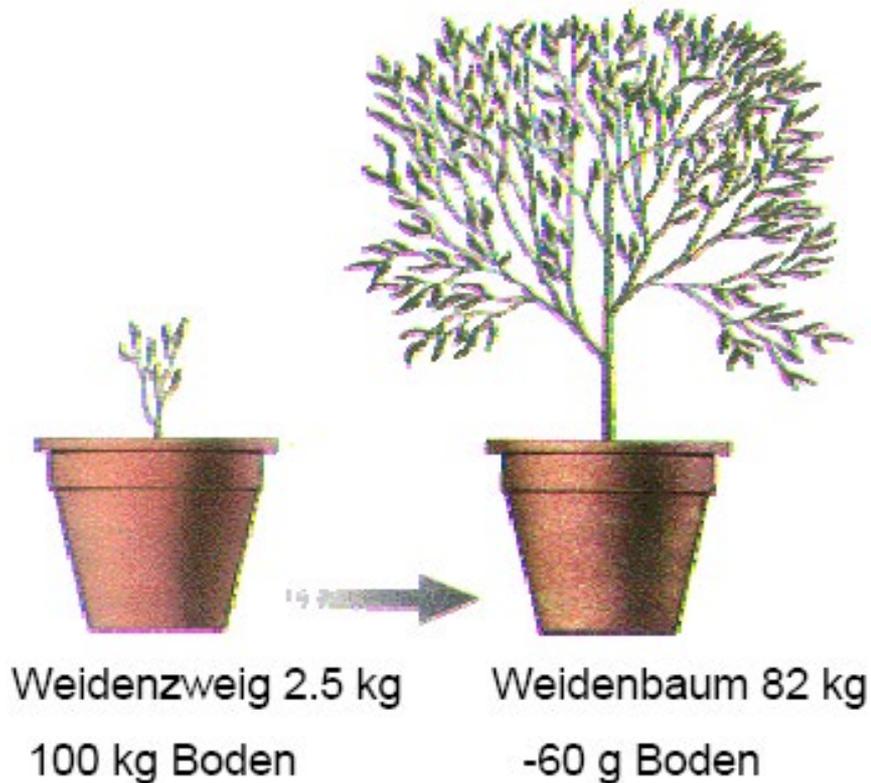
Humus-Theorie:

"Die Pflanze ernährt sich von Humusstoffen, die sie mit den Wurzeln aus dem Boden aufnimmt; nach dem Absterben wird sie wieder zu Humus und Humusstoffe sind daher Dünger."



Historische Aspekte der Pflanzenernährung

Mittelalter



Jan Baptista van Helmont 1580-1644

„... Holz, Rinde und Wurzeln entstanden aus Wasser allein“

Historische Aspekte der Pflanzenernährung

Begründung der Agrikulturchemie



„Die Fruchtbarkeit des Bodens hängt eigentlich ganz vom Humus ab, denn außer Wasser ist er es allein, der den Pflanzen die Nahrung gibt. So wie der Humus eine Erzeugung des Lebens ist, so ist er auch eine Bedingung des Lebens. Ohne ihn läßt sich kein individuelles Leben denken.“

Albrecht Thaer (1809)

Historische Aspekte der Pflanzenernährung

Begründung der Agrikulturchemie

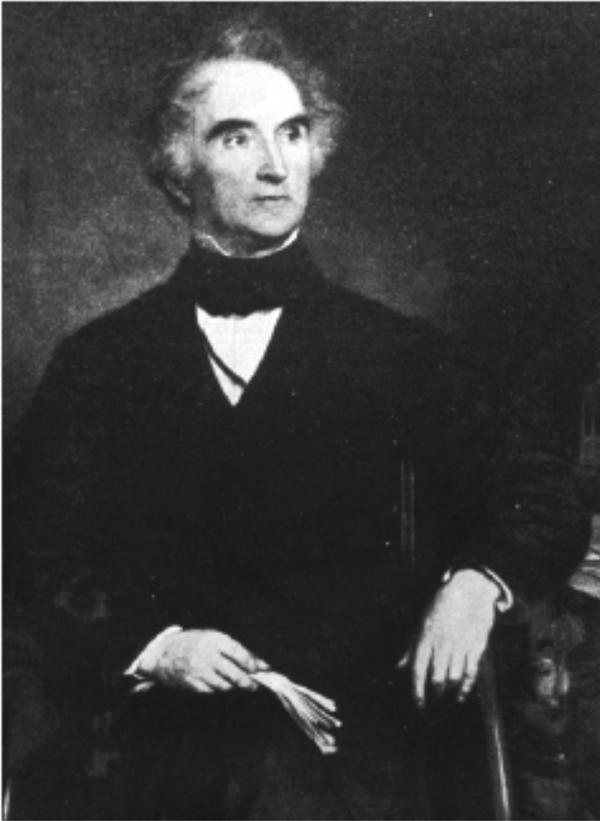


Carl Sprengel 1787 - 1895

- Professor in Braunschweig
- leitete aus Bodenanalysen ab, dass Kali, Ammoniak und Phosphorsäure die Hauptnahrungsmittel der Pflanze sind
- eigentlicher Begründer der Mineralstofftheorie

Historische Aspekte der Pflanzenernährung

Begründung der Agrikulturchemie



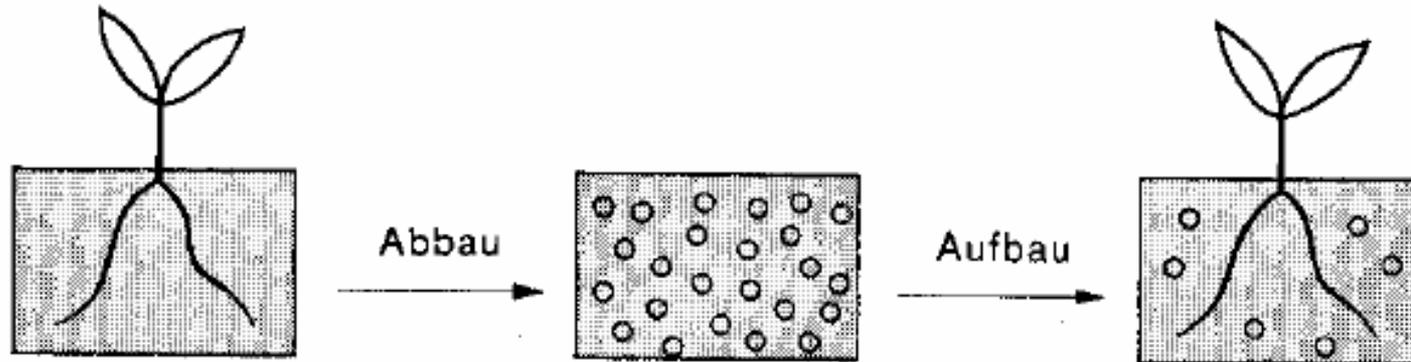
Justus von Liebig 1805 - 1873

- Professor für Chemie in Gießen
- verhalf der Agrikulturchemie zur allgemeinen Anerkennung
- begründete die ersten Fabriken für Düngemittel

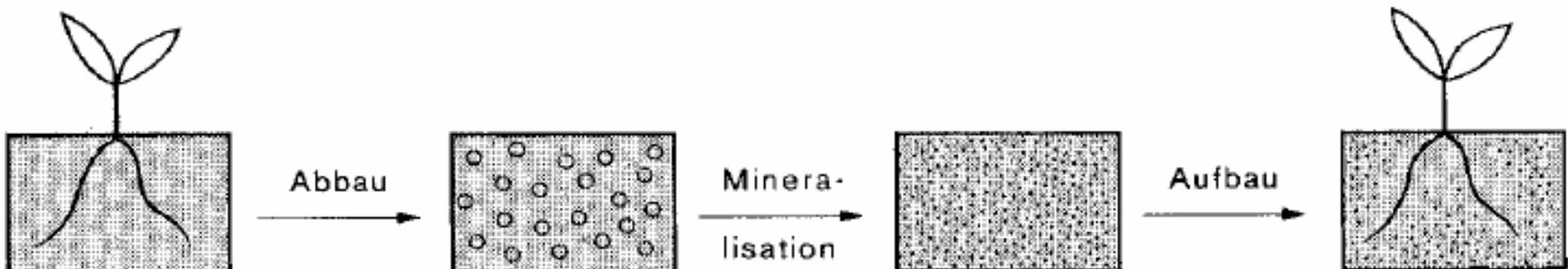
Historische Aspekte der Pflanzenernährung

Humustheorie und Mineralstofftheorie im direkten Vergleich

Humustheorie



Mineralstofftheorie



Grundlagen der Düngung

Gliederung:

1. Historische Betrachtung
2. Was sind Nährelemente/Nährstoffe
3. Beurteilung des Nährstoffversorgungszustandes der Pflanze anhand der...
 - a. Pflanzenuntersuchung
 - b. Bodenuntersuchung
4. Ernährungsstörungen von Pflanzen

Was sind Nährelemente?

- ✍ Ein Nährelement (NE) ist ein chemisches Element, das für die Ernährung der Pflanze unentbehrlich (essentiell) ist. Insgesamt werden heute 16 Elemente als Nährelemente angesehen
- ✍ Ein Nährelement muss vier wichtige Eigenschaften aufweisen:
 - normales Wachstum ohne dieses Element unmöglich
 - Mangel verschwindet bei Zugabe dieses NE
 - Das NE darf durch kein anderes ersetzbar sein
 - Einfluss auf den Stoffwechsel muss direkt sein

Was sind Nährstoffe?

Nährstoff (NS) nennt man die **Aufnahmeform** eines Elementes durch die Pflanzen

Nutzelemente wirken günstig auf Wachstum und Entwicklung bestimmter Pflanzen ohne NE im eigentlichen Sinne zu sein

- z.B. Na: für salzliebende Pflanzen (z.B. Rüben) positiv
- z.B. Si: verbessert Phosphoraufnahme, Gewebefestigung
- z.B. Co: wichtig für Luftstickstoffbindung durch Mikroben (für Mikroben essentiell)

Problemelemente sind Spurenelemente, die schon bei niedrigen Konzentrationen Schäden an den Pflanzen auslösen (z.B. Hg, Cd, Pb)

Nährelemente

Massennährstoffe (Makronährstoffe) (%- Bereich)									
Bezeichnung	Substantielle Elemente						vorwiegend Hydroregulatoren		
NE	C	O	H	N	S	P	K	Ca	Mg
NS	CO ₂	O ₂	H ₂ O	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ PO ₄ ⁻ HPO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺ +	Mg ²⁺

Spurenelemente (Mikronährstoffe) ppm-Bereich							
Bezeichnung	vorwiegend Biokatalysatoren						
NE	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo	Cl
NS	Fe ²⁺ Fe ³⁺	Mn ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	H ₂ BO ₃ ⁻	MoO ₄ ²⁻	Cl ⁻

Charakter nicht eindeutig: Ni

Grundlagen der Düngung

Gliederung:

1. Historische Betrachtung
2. Was sind Nährelemente/Nährstoffe
3. Beurteilung des Nährstoffversorgungszustandes der Pflanze anhand der...
 - a. Pflanzenuntersuchung
 - b. Bodenuntersuchung
4. Ernährungsstörungen von Pflanzen

Methoden zur Bestimmung des Düngebedarfs

- Berechnungsverfahren
 - ✍ Faustzahlen/Bilanzen
 - ✍ Simulationsrechnungen
- Bodenuntersuchung
- Pflanzenanalyse

Kennzeichnung des Ernährungszustandes

Ziel: Optimale Ernährung der Kulturpflanzen

- Kennwerte über den Ernährungszustand der Pflanzen erforderlich
- Mineralstoffe werden hauptsächlich über die Pflanzenwurzel aus dem Boden aufgenommen ⇒ Nährstoffzustand des Bodens wird als gängigstes Kriterium für den Düngbedarf herangezogen

⇒ **Bodenanalyse**

Problem: komplizierte Wechselwirkungen zwischen Pflanze, Rhizosphäre und Boden ⇒ Bestimmung des pflanzenverfügbaren Anteils ist schwierig

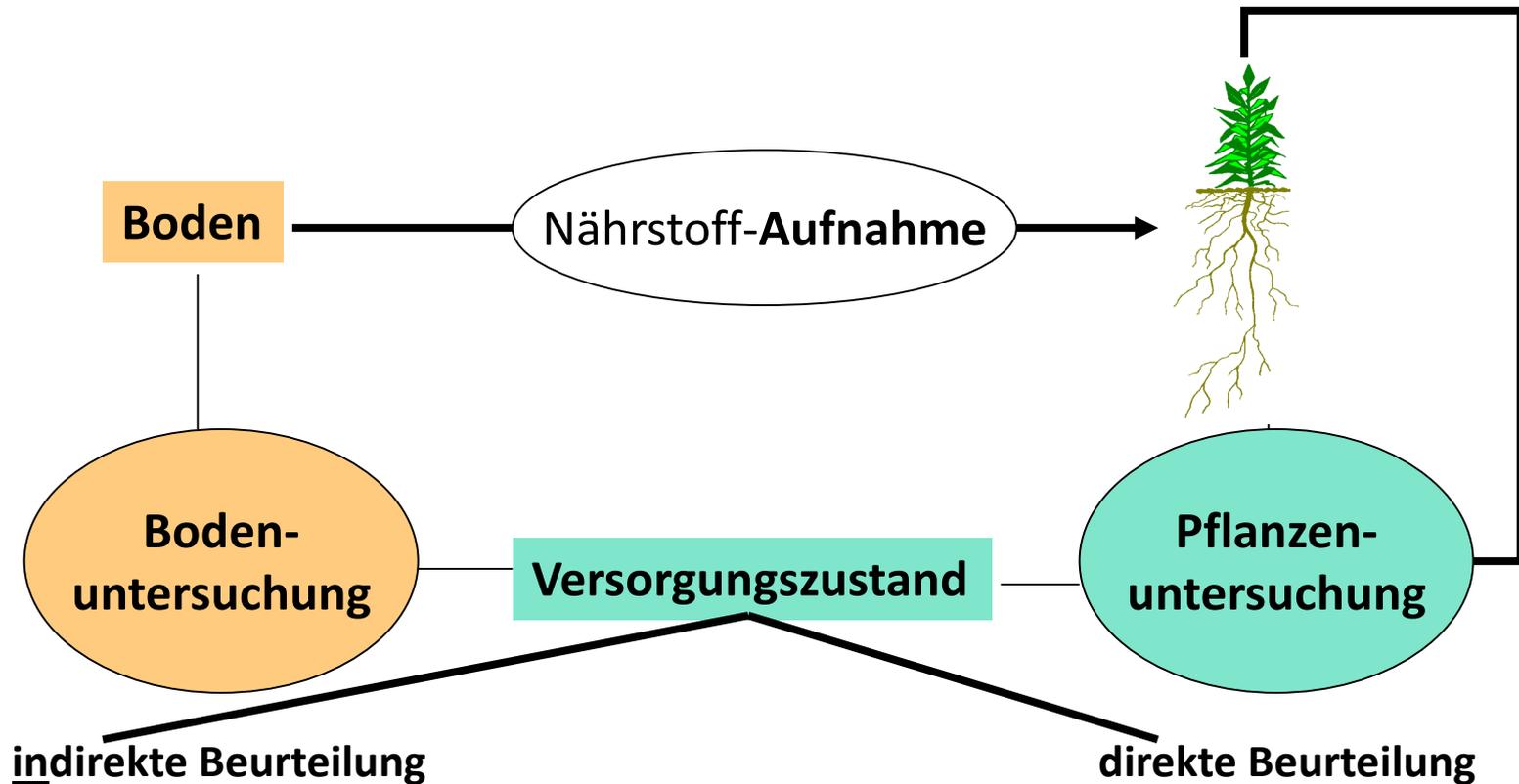
- Letztlich kann nur die Pflanze selbst Auskunft über ihren Ernährungszustand geben

⇒ **Pflanzenanalyse**

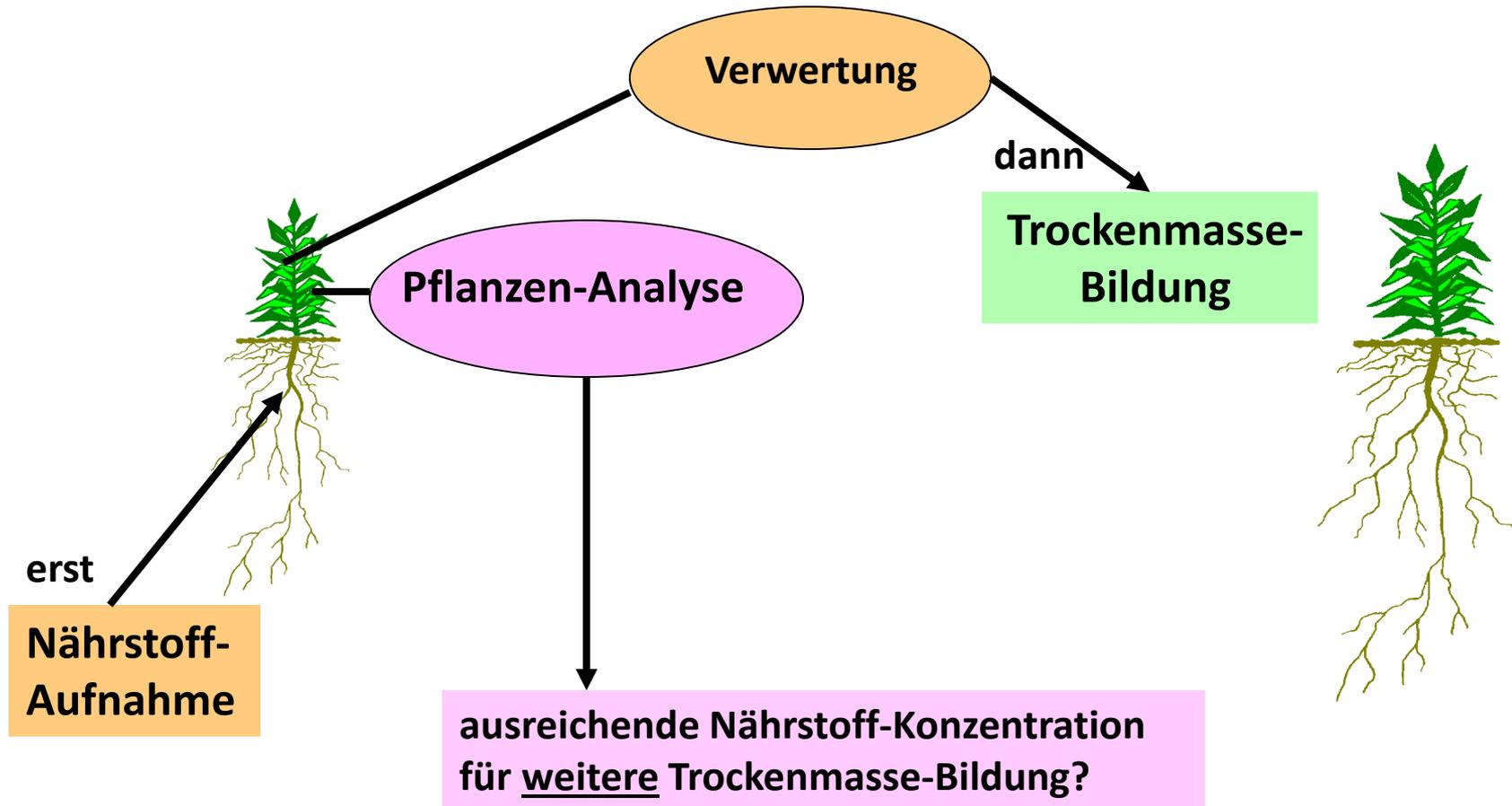
Beurteilung des Nährstoffversorgungszustandes

Methoden

zur Beurteilung des Nährstoff-Versorgungszustandes der Pflanze



Unterschied Pflanzen- u. Bodenanalyse



Pflanzenanalyse

- “.... die Pflanze ist der beste Indikator zur Beschreibung des Versorgungszustandes, da der aktuelle Gehalt gewissermaßen das Resultat aus den Interaktionen aller Einflussfaktoren darstellt.”

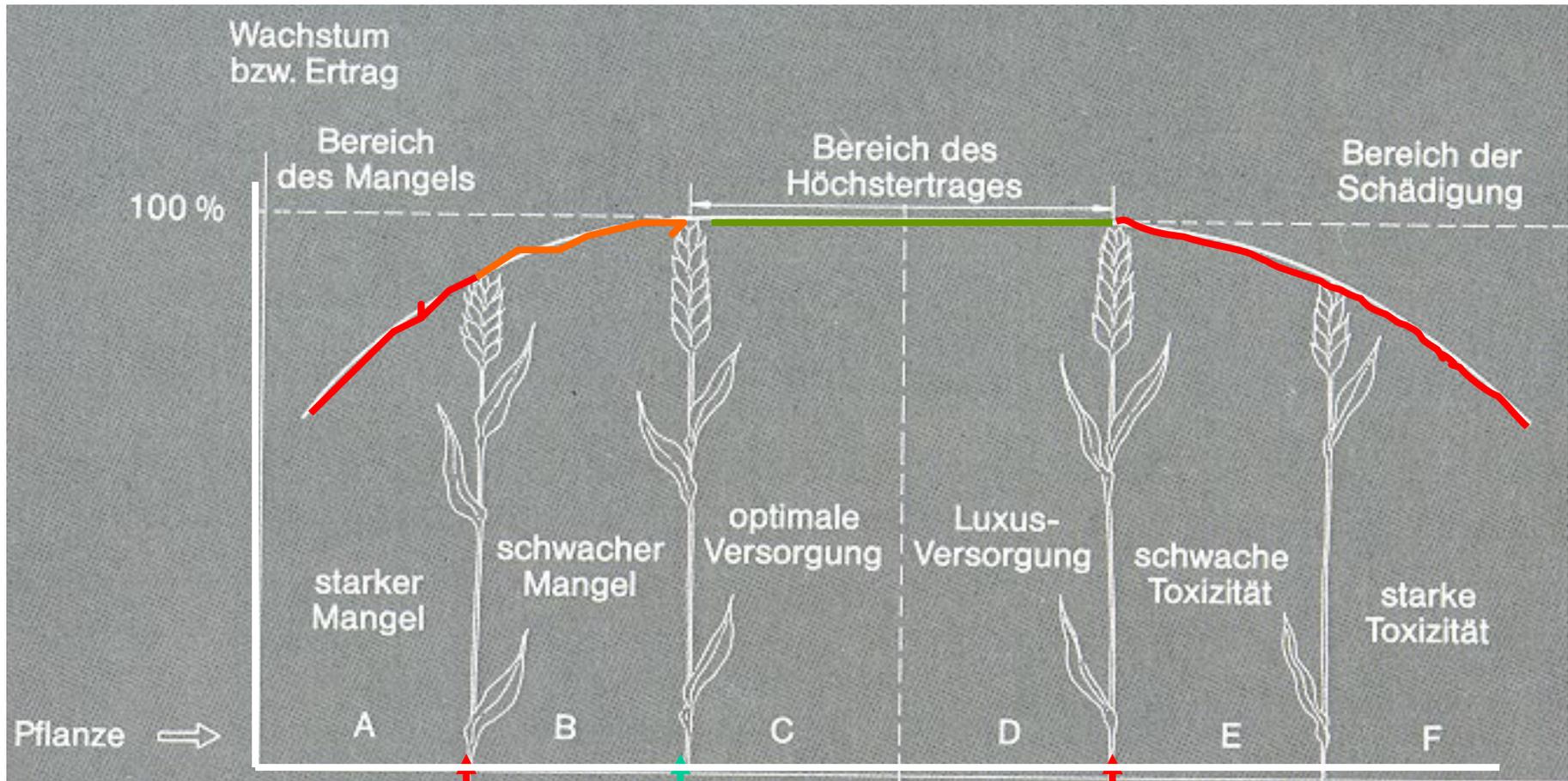
(Rice et al. 1995)

Pflanzenanalyse

- Vorgehensweise
 - Probenahme repräsentativ für Fläche
 - in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium bestimmte Pflanzenteile beproben
 - Ableitung der Düngebedürftigkeit anhand von Düngungsversuchen



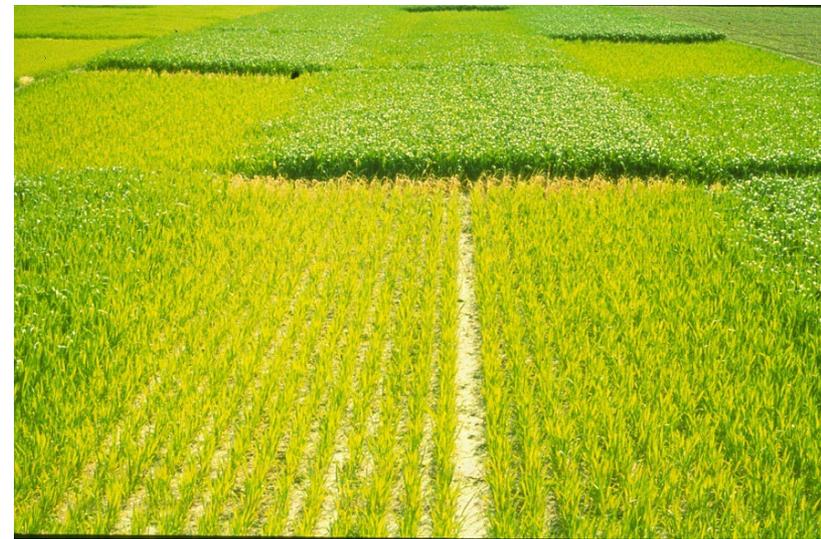
Versorgungsbereiche und Grenzwerte



Symptom-Grenzwert **Ertrags-Grenzwert**

Toxizitäts-Grenzwert

Anlageplan von Düngungs-Eich-Versuchen

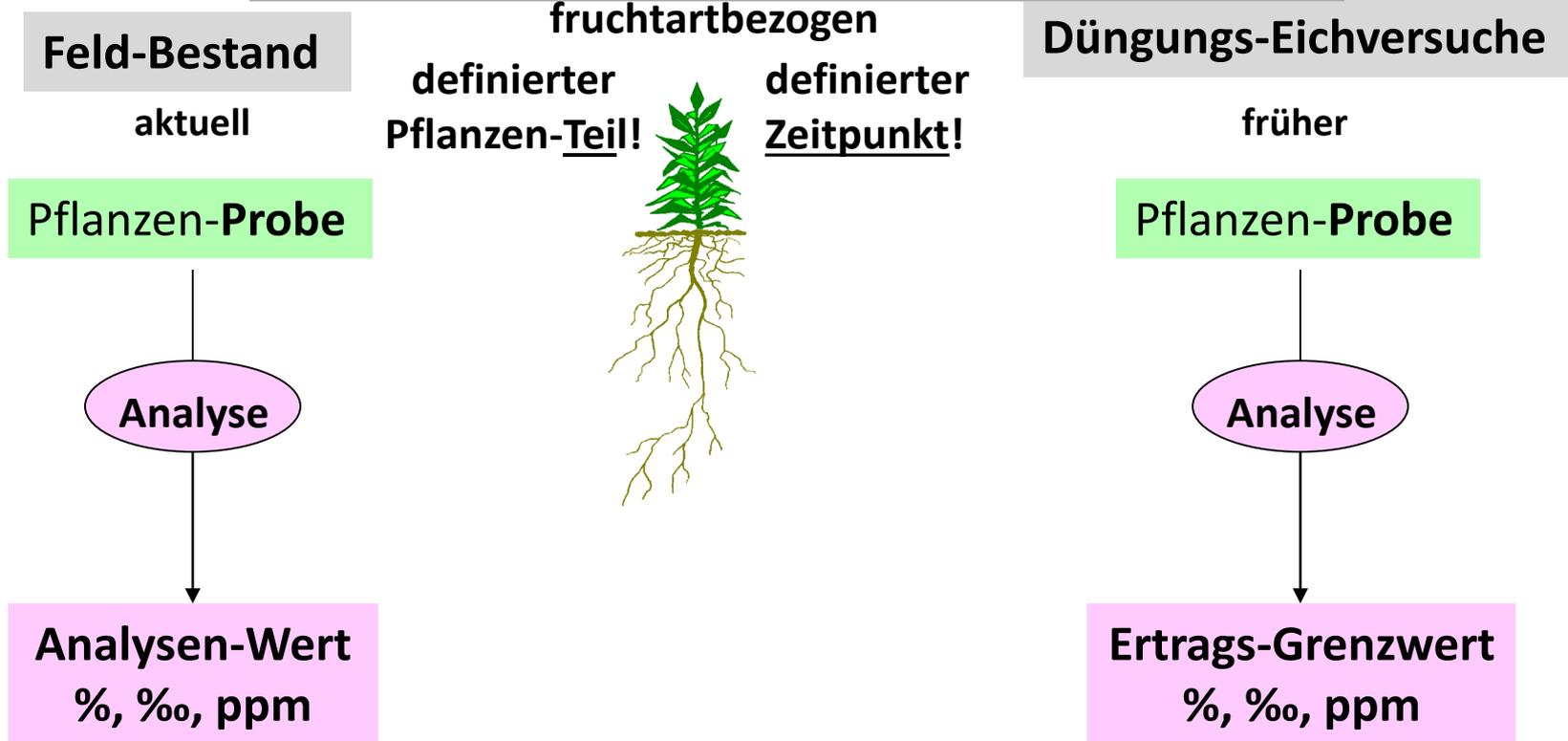


z.B. **kg N/ha**

Wiederholung

4.	210	60	120	150	30	180	0	90
3.	120	150	180	0	90	210	60	30
2.	180	90	210	30	60	0	120	150
1.	0	30	60	90	120	150	180	210

Vorgehensweise bei der Pflanzenanalyse



Analysen-Wert > Ertrags-Grenzwert



Düngung nicht erforderlich!

Analysen-Wert < Ertrags-Grenzwert



Düngung erforderlich!

Pflanzenanalyse zur Düngedarfsanalyse

Vorteile

- exakte Bestimmung kritischer Gehalte in wichtigen Organen
 - direkte Bestimmung!
- bisherige Wachstumsbedingungen werden mit bewertet

Nachteile

- hoher Aufwand (Kosten/Zeit)
 - Ergebnisse kommen ggf. zu spät!
- wenig lokale Eichdaten (Ertragsgrenzwerte)
aus Feldversuchen vorhanden
- Sorteneffekte werden nicht mitberücksichtigt

Die Bodenuntersuchung zur Ermittlung des Nährstoffzustandes

- Wachstum und Entwicklung der Pflanzen stellen einen Spiegel der jeweiligen Nährstoffsituation des Bodens dar
 - ⇒ aus der **Bodenanalyse** muß der Grad der Nährstoffversorgung ableitbar sein
- gelingt nur dann, wenn der gemessene Nährstoffgehalt in möglichst enger Beziehung zum pflanzenverfügbaren Nährstoffanteil steht

Welcher Gehalt ist Pflanzenverfügbar?

- Gesamtgehalt?
- Wasserlöslicher Anteil?
- Extraktionsmittellöslicher Anteil?

Gesamtgehalt, austauschbarer und wasserlöslicher Anteil im Boden von Zn, Cu, Ni ($\mu\text{mol/kg}$ trockener Boden)

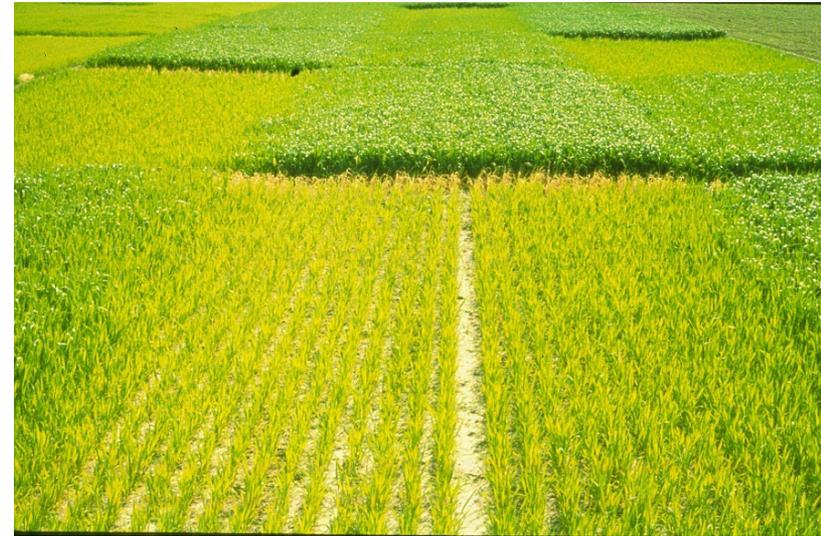
	Gesamtgehalt			austauschbar			wasserlöslich		
	Zn	Cu	Ni	Zn	Cu	Ni	Zn	Cu	Ni
Bodentyp									
Podsol	3200	400	190	76	30	7	0,2	0,1	2
Rendzina	2600	300	66	153	28	7	1,5	0,1	2

Für die Pflanze steht zur unmittelbaren Aufnahme nur der wasserlösliche Anteil und mittelbar ein Teil des austauschbaren Nährstoffs zur Verfügung obwohl der Gesamtgehalt hoch ist.

langjährige Feldversuche mit gestaffelten Dünger-Mengen

Beispiel

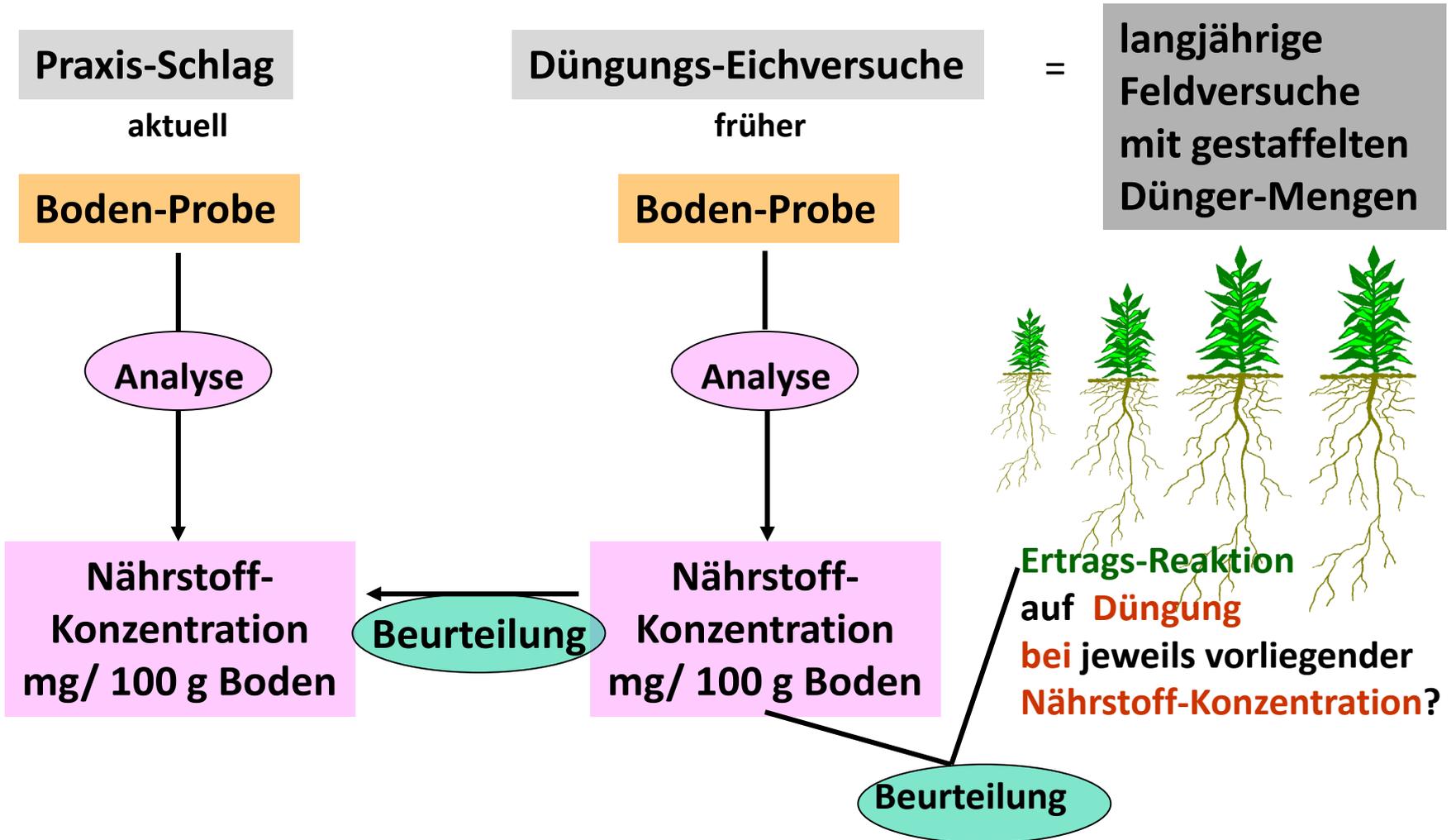
Versuchsglied	jährlich kg/ha	
	P_2O_5	K_2O
1	0	0
2	0	200
3	50	200
4	100	200
5	150	200
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
6	100	0
7	100	100
8	100	300



Wiederholung

4.	8	3	5	6	2	7	1	4
3.	5	6	7	1	4	8	3	2
2.	7	4	8	2	3	1	5	6
1.	1	2	3	4	5	6	7	8

Beurteilung der Nährstoff-Konzentration im Boden



Bodenanalyse zur Düngebedarfsanalyse

Vorteile

- durch regelmäßige Untersuchung kann Veränderung frühzeitig erfasst werden
- Kosten geringer (i. Vgl. zu Pflanzenanalyse)
- eventl. kann auch Nachlieferung/Pufferung erfasst werden

Nachteile

- Kalibrierung schwierig(er)
- Nährstoffverfügbarkeit und –aufnahme abhängig von externen Faktoren (Feuchtigkeit, pH-Wert, Nährstoffverhältnisse etc.)
- räumliche Variabilität wird (meist) nicht berücksichtigt

Grundlagen der Düngung

Gliederung:

1. Historische Betrachtung
2. Was sind Nährelemente/Nährstoffe
3. Beurteilung des Nährstoffversorgungszustandes der Pflanze anhand der...
 - a. Pflanzenuntersuchung
 - b. Bodenuntersuchung
4. Ernährungsstörungen von Pflanzen

Ernährungsstörungen bei Pflanzen

Hervorgerufen durch:

➤ NS-Mangel

- ✍ nährstoffarme Böden
- ✍ nährstofffixierende Böden
- ✍ witterungsbedingt (z.B. Mn-Mangel auf sandigen Böden in Trockenphasen)
- ✍ induzierter Mangel (Aufnahmeantagonismus)

Pflanzen	Zn-Gehalt im Boden	P-Gehalt im Boden
gesund		optimal
leichter Zn-Mangel	ausreichend	überhöht
starker Zn-Mangel		stark überhöht

➤ NS- Überschuß

Nährstoff-Mangel (echt oder induziert)

Akuter Mangel
(sichtbare Mangelsymptome)

Latenter Mangel
(verdeckter Mangel)

Primärsymptome:

Farbveränderungen
Absterben
Wuchsanomalien
Habitusveränderungen

Sekundärsymptome:

pathogene Infekte
„Schwächepilze“

Keine Symptome

Ertragsdepressionen
Qualitätsmangel

Starke Ertragsdepressionen
bis zum Totalausfall
unzureichende Qualität

www.tll.de/visuplant