



Kalkung und Nährstoffverfügbarkeit

Jutta Rogasik
Paul Kurtinecz

Kalkdüngung

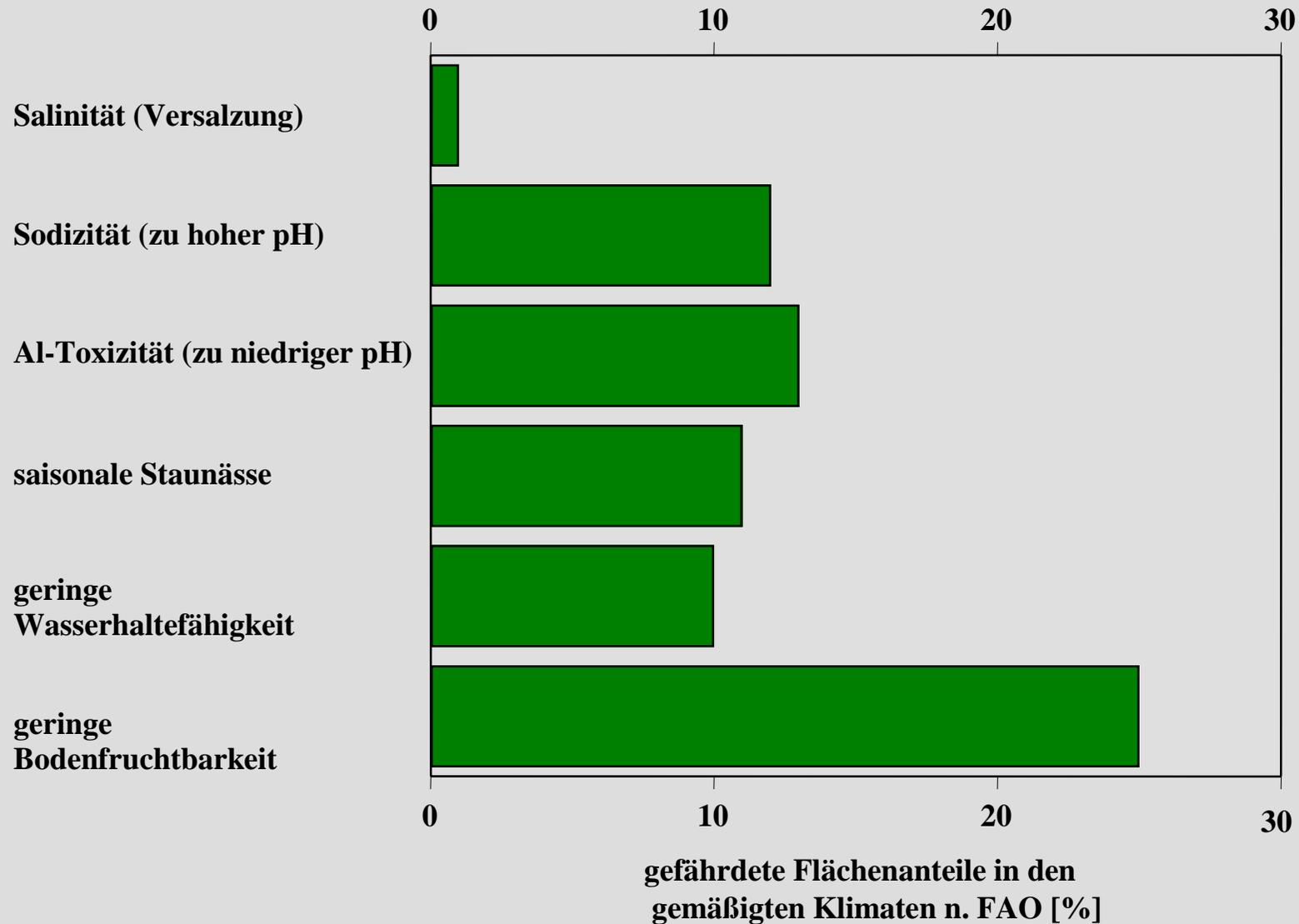
*Der Kalk im Boden hat auf die **physische Beschaffenheit** desselben, wie in der Lehre von der Agronomie gesagt worden ist, einen beträchtlichen Einfluß.*

*Die **chemische oder eigentlich düngende Wirkung** des Kalkes scheint wieder von zweierlei Art zu sein.*

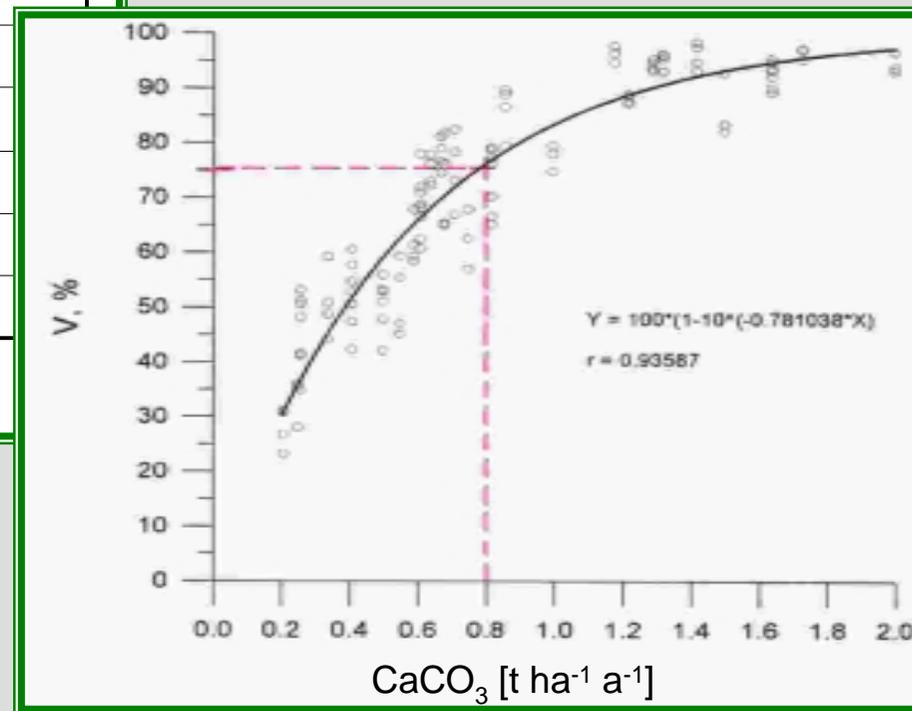
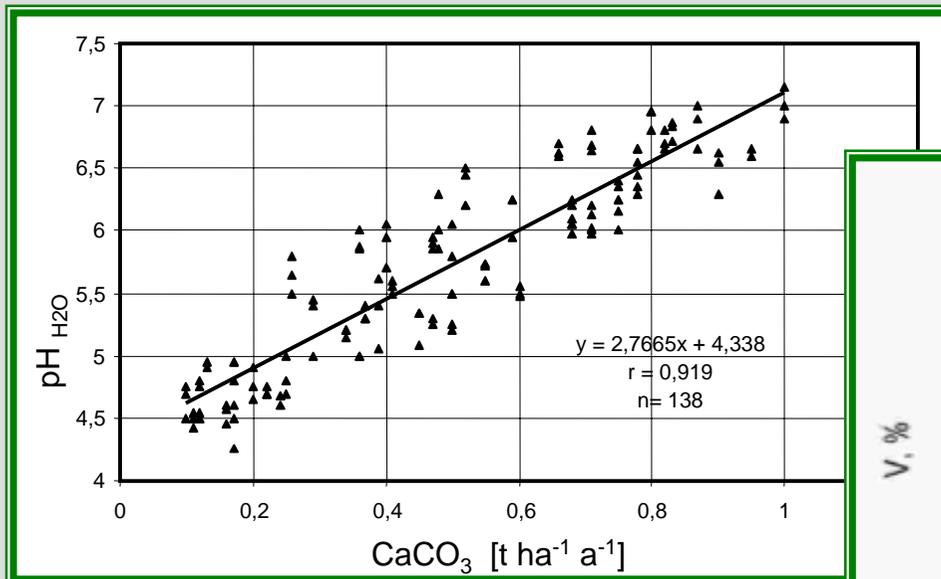
*Eines Theils wirkt er als ein bloß **zersetzendes Mittel auf den Humus**, den er auflöst. Anderen Theils aber ist es höchst wahrscheinlich, daß der Kalk auch durch seine Kohlensäure etwas wirke, und durch selbige den Pflanzen wirkliche Nahrung gebe.*

A. D. Thaer (1821). Grundsätze der rationellen Landwirtschaft. Die lehre von der Düngung.

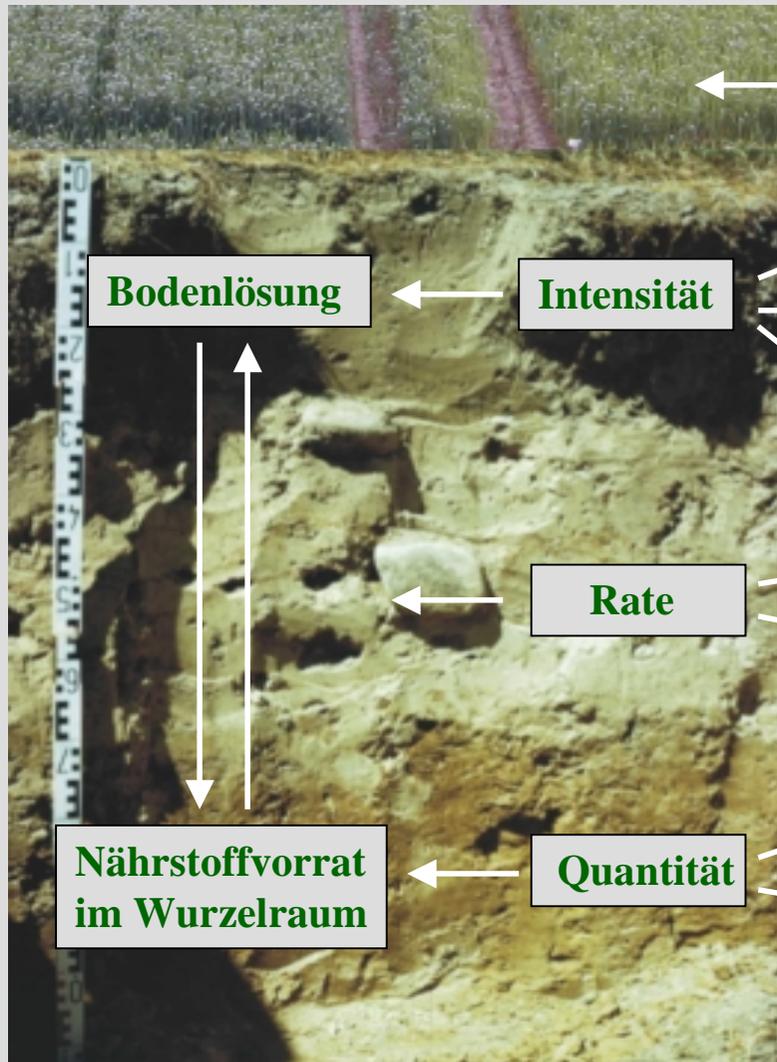
Einschätzung der Sensitivität von Böden



Kalkung beeinflusst die pH-Werte im Boden



Nährstoffverfügbarkeit in Böden



Bodenlösung

Intensität

Rate

Nährstoffvorrat
im Wurzelraum

Quantität

Synergistische und antagonistische
Wirkungen der aufgenommenen
Nährstoffe in der Pflanze

Nährstoffkonzentration
chemische Form der Elemente
Relationen zwischen den Nährstoffen

Bodenfeuchte und Bodentemperatur
Mikrobiologische Aktivität

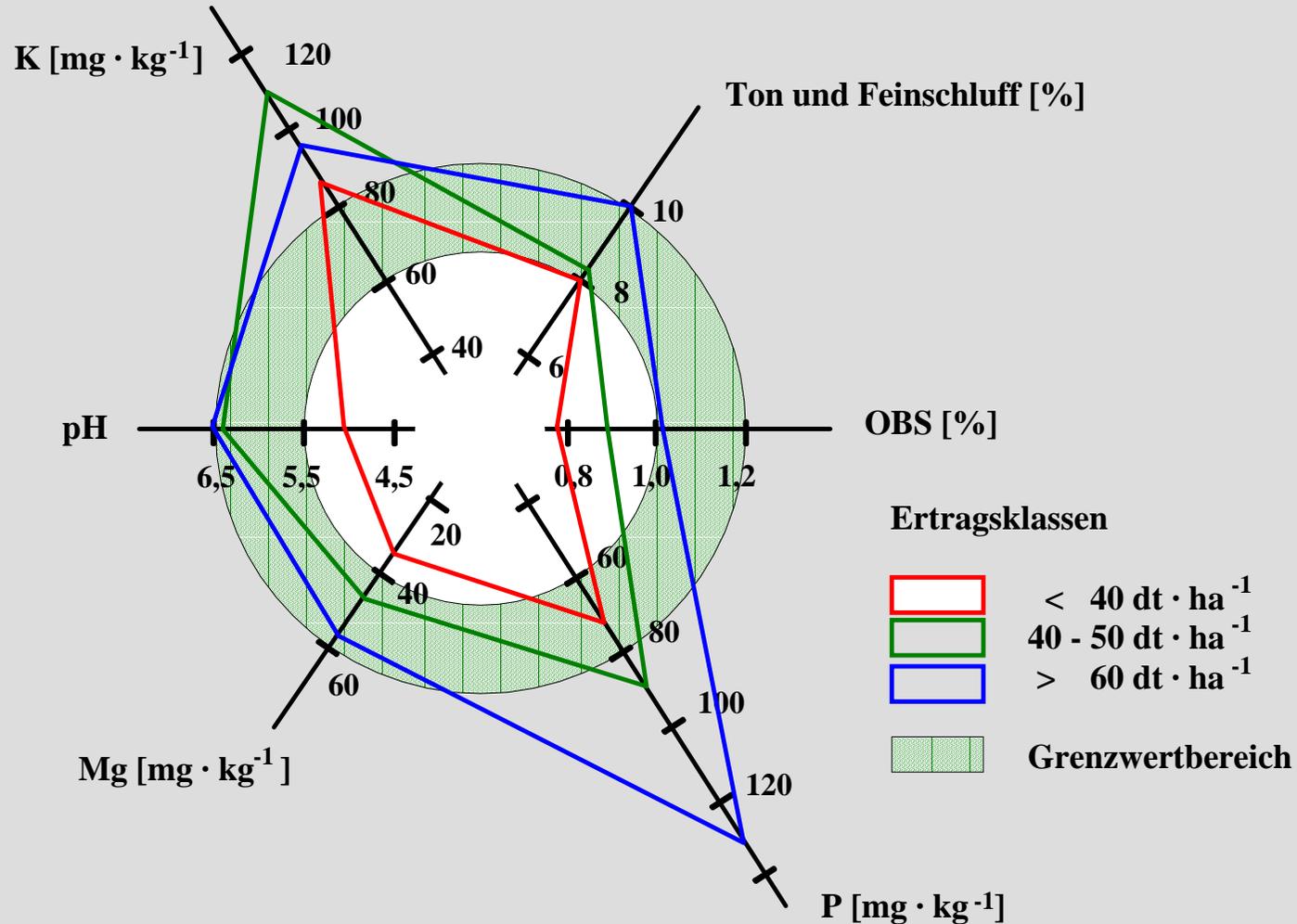
natürlicher Gehalt
Eintrag und Austrag

Nährstoffverfügbarkeit

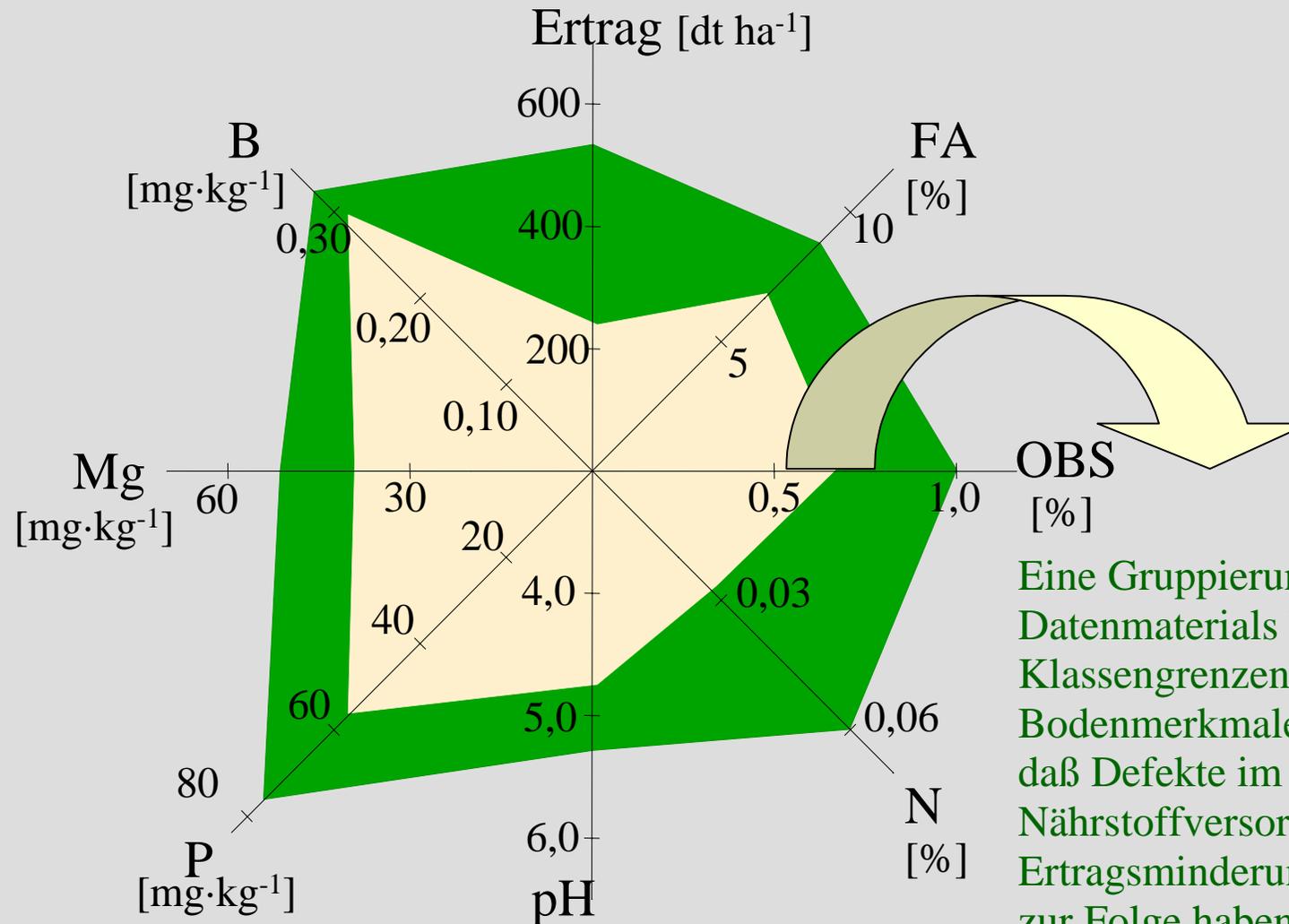
Die **Nährstoffverfügbarkeit** wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst:

- wirksame Nährstoffkonzentration
- Wechselwirkung mit anderen Nährstoffen oder auch Schadstoffen
- Nährstoffvorrat im durchwurzelten Bodenraum
- Nachlieferungsrate
- Aufschlußvermögen der Nährstoffe in der Rhizosphäre
- Bodenfeuchte und -temperatur
- mikrobiologische Aktivität im Boden
- Ton- und Humusgehalt des Bodens sowie die Bodenreaktion
- Verwitterungsintensität

Konstellation ausgewählter Bodeneigenschaften für Ertragsklassen von Winterweizen auf Sand - Braunerde



Konstellation ausgewählter Bodeneigenschaften bei unterschiedlichem Ertragsniveau von Zuckerrüben



Eine Gruppierung des Datenmaterials bei vorgegebenen Klassengrenzen der Bodenmerkmale zeigt, daß Defekte im Boden hinsichtlich Nährstoffversorgung erhebliche Ertragsminderungen zur Folge haben.
Grenzstandort für ZR: Braunerde

Kalk liefert die Nährstoffe Calcium (Ca) und Magnesium (Mg)

Bedeutung von Calcium und Magnesium für das Pflanzenwachstum

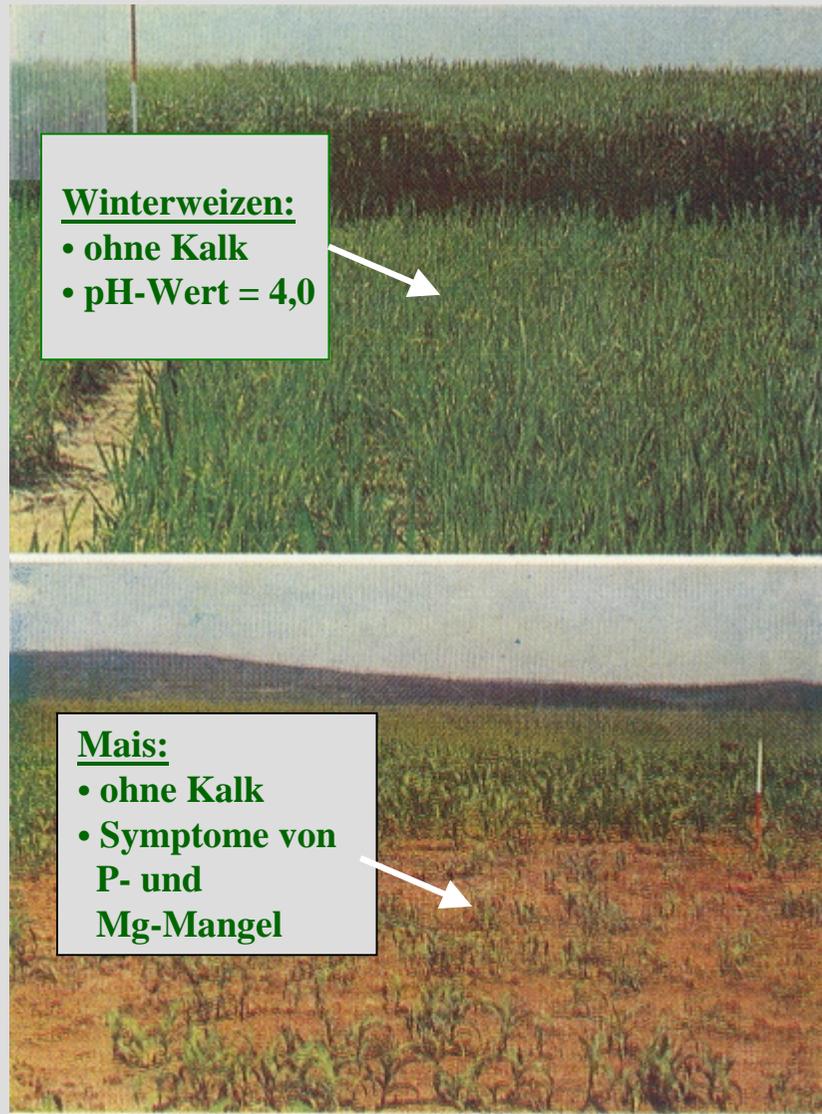
- ❖ Förderung des Wurzelwachstums
- ❖ Stabilisierung der Zellwände
- ❖ Steigerung der Enzymaktivität
- ❖ Verantwortlich für Osmoseregulation
- ❖ Hemmung der Eiweißsynthese
- ❖ Hemmung der Assimilation
- ❖ Beeinträchtigung des P-Transports

	kg ha ⁻¹ Ca
• Entzug:	5 - 100
• Auswaschung:	30 - 300
• Deposition:	5 - 20

- Verlust: 30 - 380



Ausgleich durch
regelmäßige Kalkung!!!



Ca-Mangel

- Blätter verformt und verkümmert
- gestauchter Sproß
- Herz- und Trockenfäule
- Braunherzigkeit

P-Mangel

- Pflanzen dunkel bis blaugrün
- Sproß kurz, dünn
- geringe Bestockung

Mg-Mangel

- rötlich bis purpurfarbene Blätter
- Chlorosen
- Chlorophyllschoppung
- Vertrocknen der Blätter

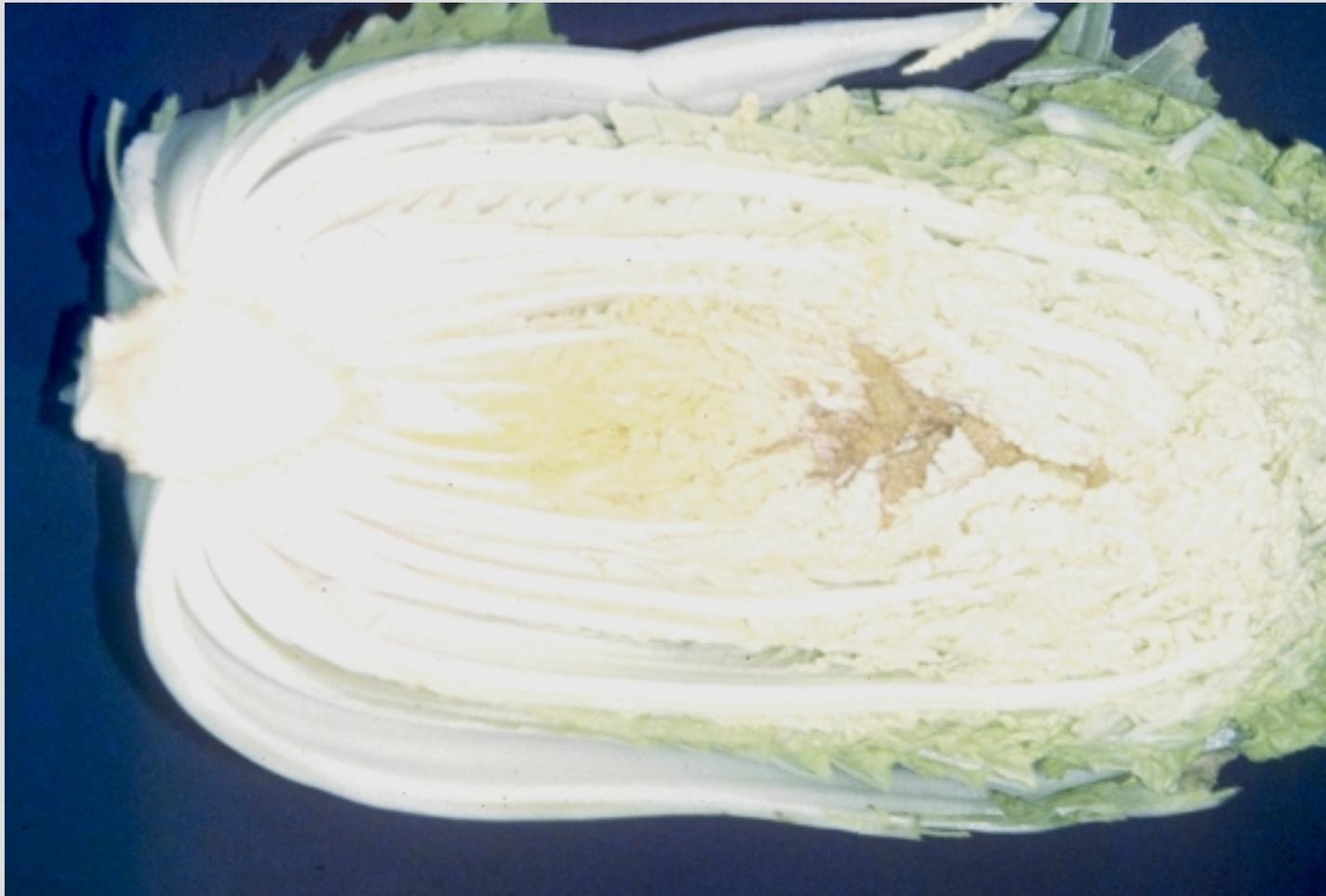
Ca-Mangel

Innenblattnekrosen bei Chinakohl



Ca-Mangel

Innenblattnekrose bei Chinakohl



Mg-Mangel



**perlschnurartige
Marmorierungen
der grünen
Blattspreiten**

Beeinträchtigung des Maiswachstums bei niedrigem pH



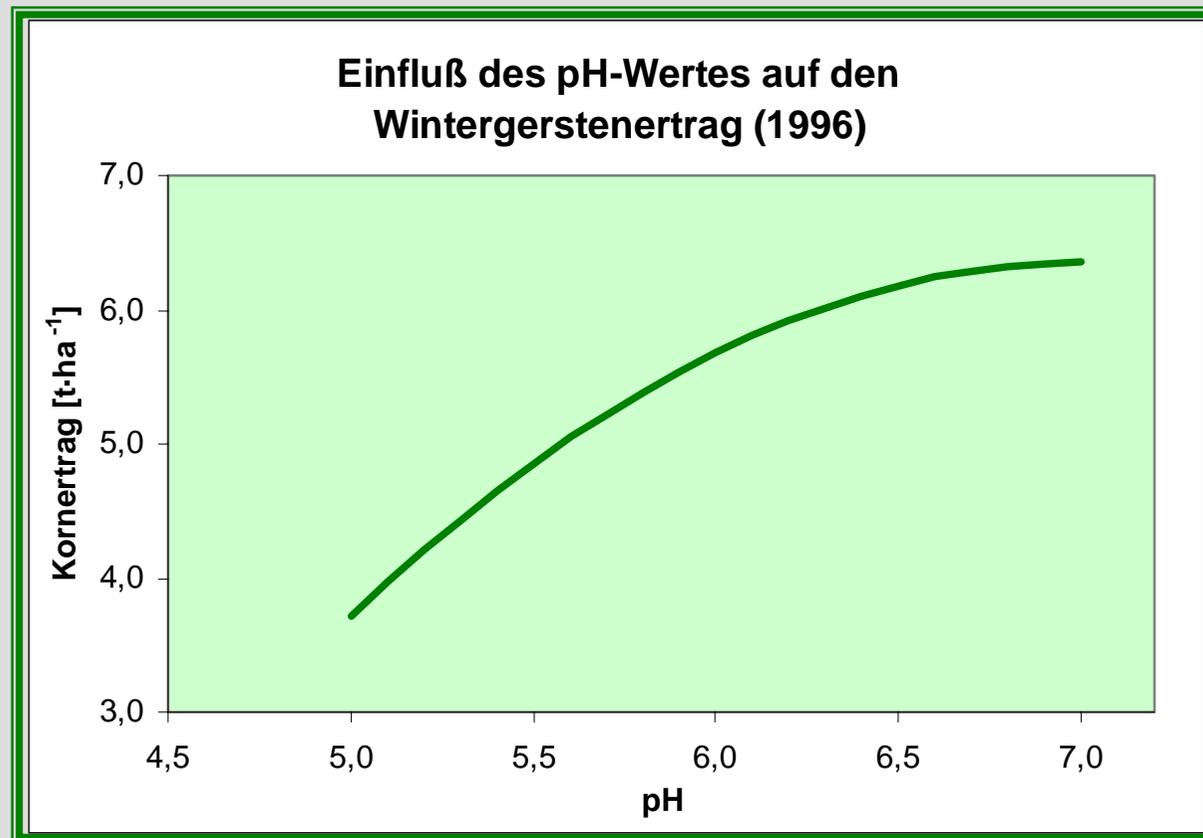
**Durch hohe Al-Konzentration
induzierte Ca- und Mg-
Mangelsymptome**

Wurzellängenwachstums von Mais in Abhängigkeit vom pH



- **Behinderung des Wurzellängenwachstums bei $\text{pH} < 5,0$**
- **Absterben der Wurzelspitzen**
- **Schädigung der Wurzelmembran bei geringen pH-Werten und unzureichender Ca-Konzentration in der Bodenlösung**

Der optimale Kalkzustand aus der Sicht der Nährstoffverfügbarkeit ist die Frage nach dem optimalen pH-Wert!



Optimale pH-Klassen für Ackerland zur Einstufung der Kalkversorgung des Bodens

(pH-Bestimmung nach CaCl_2 -Methode, Humusgehalt des Bodens $\leq 4,0\%$)

Bodenart	Ton [%]	pH
Sand	≤ 5	5,4 bis 5,8
schwach lehmiger Sand	5 bis 12	5,8 bis 6,3
stark lehmiger Sand	12 bis 17	6,1 bis 6,7
sandiger/schluffiger Lehm	17 bis 25	6,3 bis 7,0
schwach toniger Lehm bis Ton	> 25	6,4 bis 7,2



Einfluß langjähriger Kalkung auf Boden-pH sowie P und Mo-Gehalte von Winterweizen

(Albic Luvisol, Livada, 2001, Bestockung)

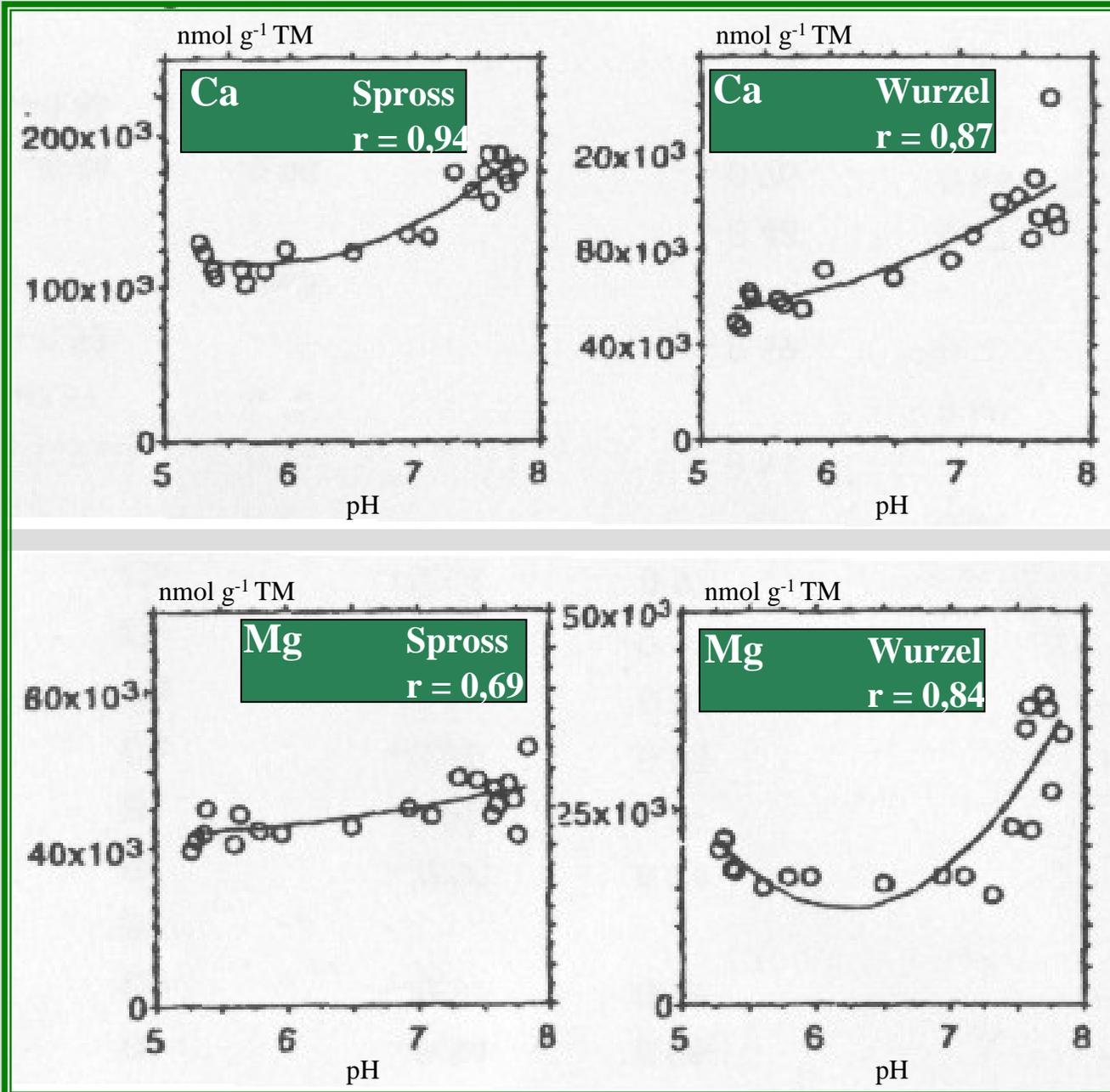
	Kalkdüngung [t ha ⁻¹ a ⁻¹ CaCO ₃]				
	0	0,25	0,50	0,75	1,50
pH	4,6	5,6	6,5	6,8	7,4
P [%]	0,27	0,39	0,45	0,47	0,52
Mo [ppm]	0,14	0,28	0,61	0,63	0,77

Einfluss des pH-Wertes auf ausgewählte Nährstoffgehalte im Boden

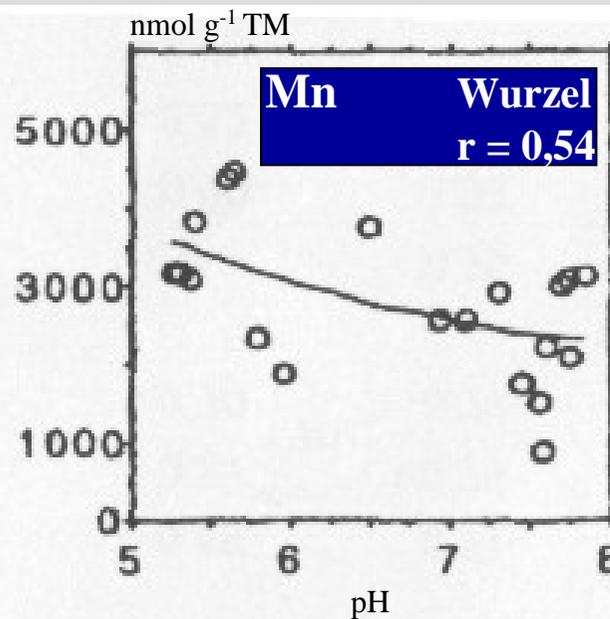
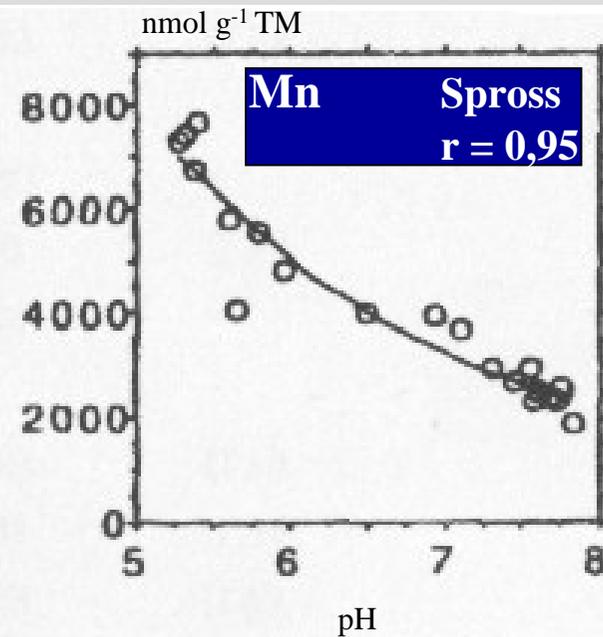
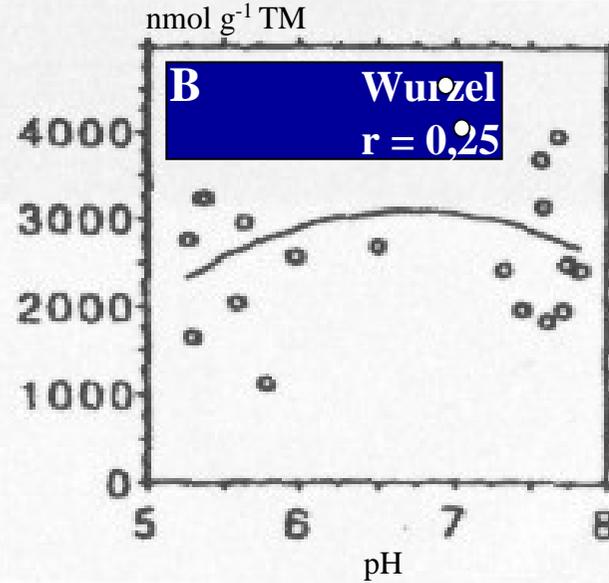
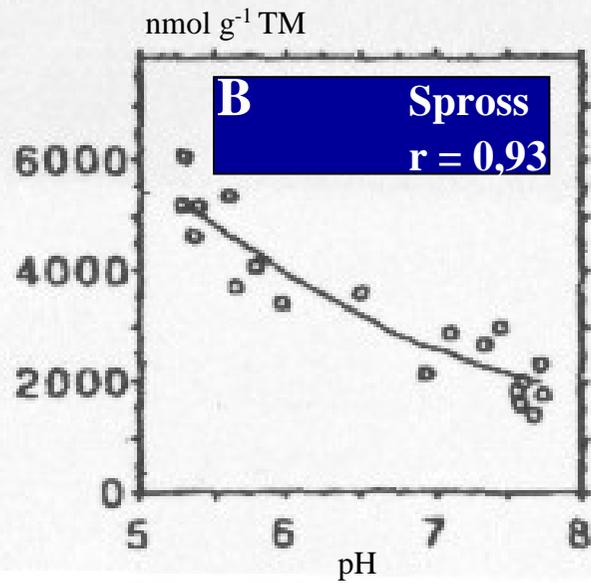
(Regressionskoeffizienten (b) aus der linearen Einfachregression)

Bodeneigen- schaften	Braunerde n = 1127 pH: 4,3 – 6,7	Parabraunerde n = 640 pH: 4,7 – 7,7	Schwarzerde n = 62 pH: 6,0 – 7,2
P [mg·kg ⁻¹]	16	12	8
Mg [mg·kg ⁻¹]	10	10	10
B [mg·kg ⁻¹]	0,7		
Mn [mg·kg ⁻¹]	-252		

**Mit der Veränderung des
pH-Wertes
ändert sich die
Verfügbarkeit
von P, Mg, B und Mn
sehr unterschiedlich.**



**Einfluß des
pH-Wertes
auf Nährstoff-
konzentrationen
in Sproß und
Wurzel**
(*Agrostis capillaris* L.)

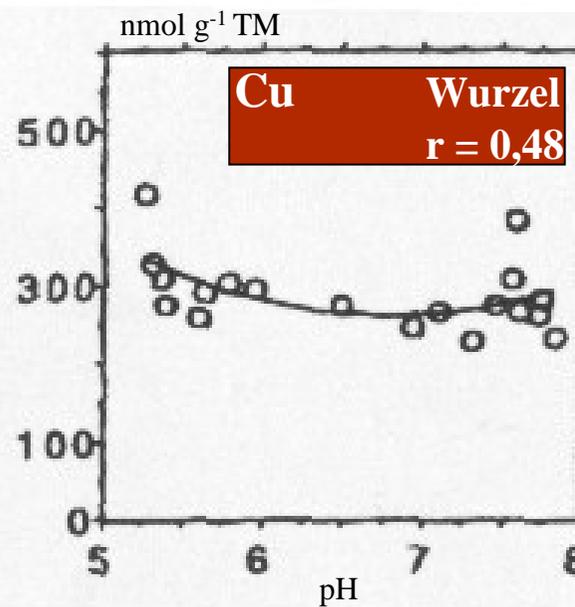
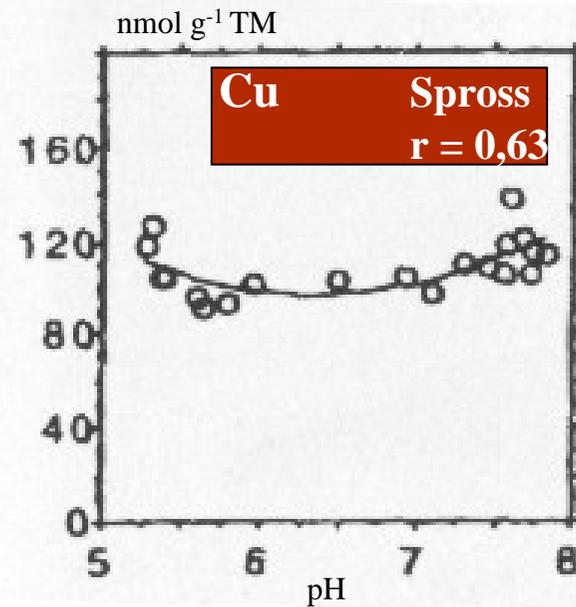
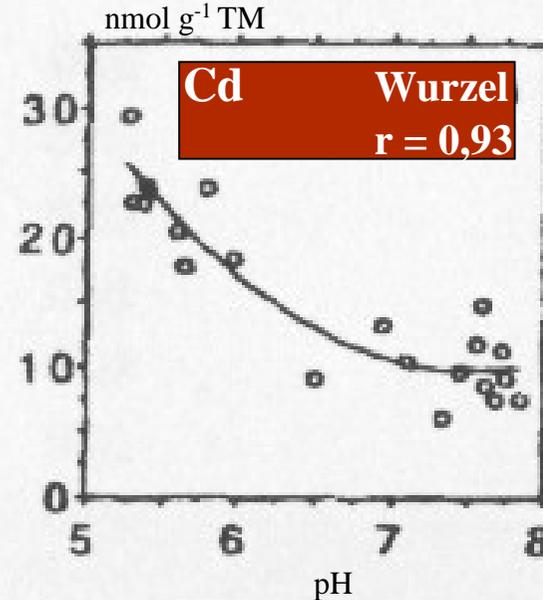
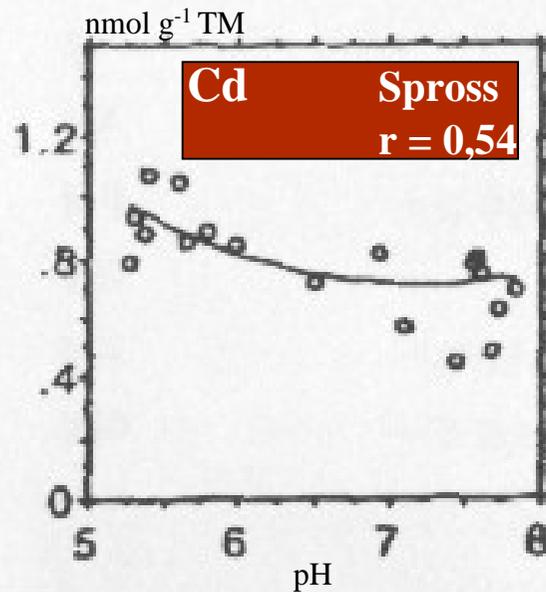


**Einfluß des
pH-Wertes
auf Nährstoff-
konzentrationen
in Sproß und
Wurzel**
(*Agrostis capillaris* L.)



Mn-Mangel

- **Mangelsymptome
zuerst an jungen Blättern**
- **Chlorotische und
nekrotische Streifen
parallel zu den Blattnerven**
- **Dörrfleckenkrankheit bei
Hafer**



**Einfluß des
pH-Wertes
auf Nährstoff-
konzentrationen
in Sproß und
Wurzel**
(*Agrostis capillaris* L.)

Verfügbarkeit von Schwermetallen

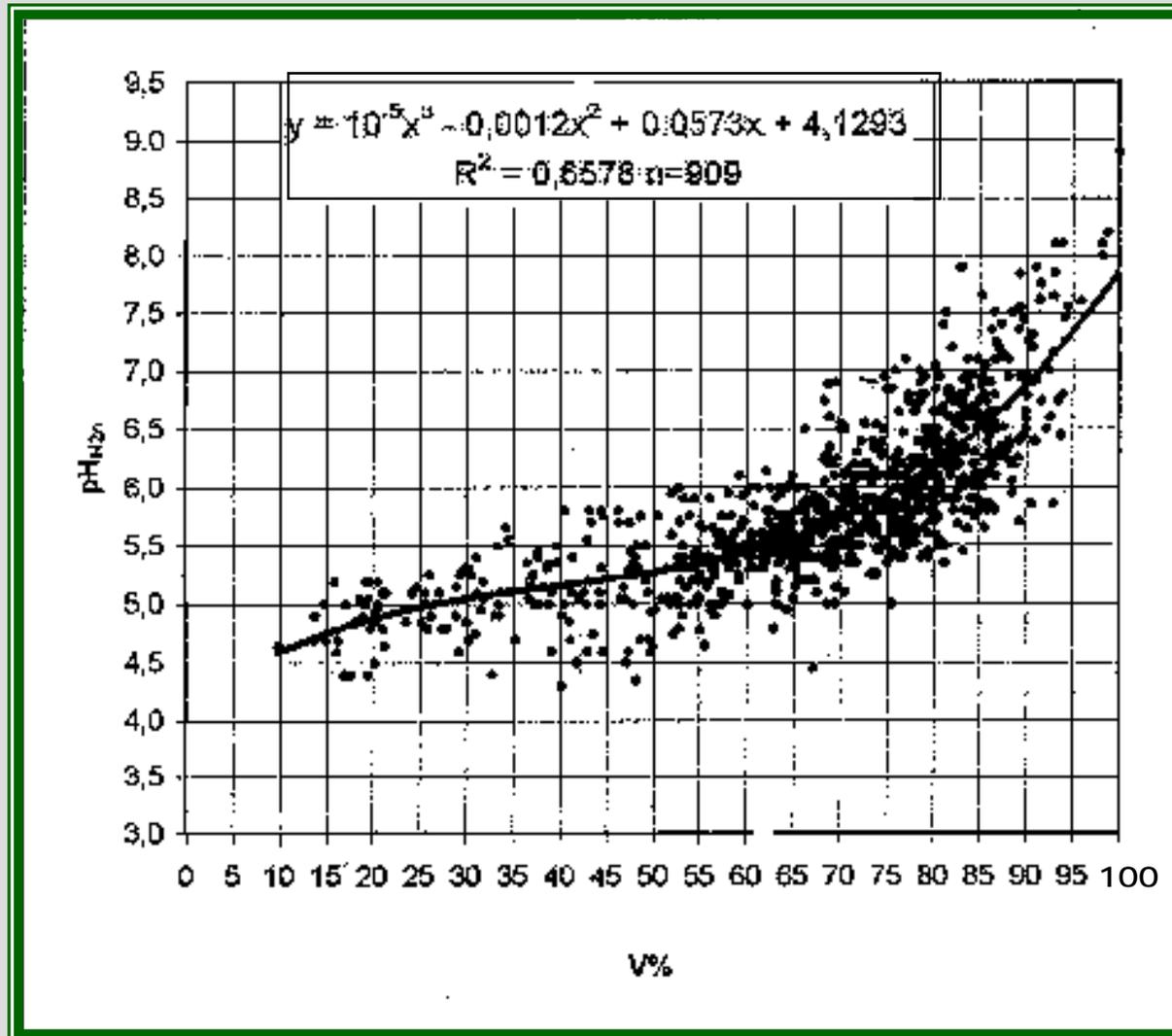
Für die ökologischen Auswirkungen von Schwermetallgehalten in Böden ist die Konzentration und Speziesverteilung der Schwermetalle in der Bodenlösung von Bedeutung, da damit sowohl die Mobilität als auch die Pflanzenverfügbarkeit eng korrelieren.

Beginnende Mobilisierung verschiedener Metalle in Böden in Abhängigkeit vom pH-Wert (SCHIMMING 1990).

Cd	Zn	Ni	Co	Cu	As	Cr ^{III}	Pb	Hg
6,5	6 - 5,5	5,5	5,5	4,5	4,5 - 4	4,5 - 4	4	4

Wichtig: Kalke sind auch Quellen für Schwermetalle!!!

Kalkung beeinflusst den Kationenbelag am Austauschcher!



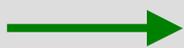
Ca ²⁺ [meq kg ⁻¹]	pH
32,4	6,0
22,9	5,6
44,8	5,8
26,2	5,7
25,7	6,0

Warum ist eine Kationen-Nährstoffbilanz notwendig?

- ☞ induzierter Mg-Mangel bei K-Überschuss (Weidetetanie!!!)
- ☞ Ersatz ausgewaschener Kationen (Ca, Mg)
- ☞ Hohe K⁺-, Na⁺- bzw. NH₄⁺-Sättigung behindert die Ca-Aufnahme
- ☞ Beeinträchtigung des Wurzelwachstums vor Sichtbarwerden der Ca-Mangelsymptome
- ☞ Hohe K⁺ Sättigung reduziert die Wirkung von Ca auf die Resistenz von Pflanzen gegenüber Krankheiten
- ☞ Zerstörung der Bodengare bei $\sum(K^+, Na^+, NH_4^+) \geq 15\%$
(Hohe K- und NH₄-Gehalte im Boden sind ein Problem bei Gülledüngung!!!)

Kationenbelegung der Bodenaustauscher

Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	KAK
		%			meq kg ⁻¹
60 - 65	15 - 20	6 - 8	<3	10 - 15	< 50
70 - 80	10 - 15	2 - 5	<1	10 - 15	>100

- **Kationenbilanzen** sind standortspezifisch zu bewerten; f (Bodenart, Fruchtart).
- Es besteht noch großer Forschungsbedarf!
- Trotzdem,  **pH** ist einer der wichtigsten und am häufigsten verfügbaren Kenngrößen des Bodens.



Die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit durch sachgerechte Kalkung ist eine Hauptaufgabe nachhaltiger landwirtschaftlicher Bodennutzung.

Solum Divitiae Societatis!!!