



Rheinland-Pfalz

DIENSTLEISTUNGSZENTRUM  
LÄNDLICHER RAUM (DLR)  
RHEINHESSEN-NAHE-  
HUNSRÜCK

## Verfügbarkeit und Düngung von Mikronährstoffen im Ackerbau – Ergebnisse und Empfehlungen aus und für Rheinland-Pfalz

Dr. Friedhelm Fritsch



13.02.2013

LUFA Speyer

### Nährstoffbedarf von Winterweizen zu Schossbeginn (ausreichende Gehalte im Spross BBCH 31)

Nährstoff	mg/kg TM
<b>N</b>	23.000 ... 47.000
<b>P</b>	2.500 ... 5.900
<b>K</b>	35.000 ... 52.000
<b>Mg</b>	800 ... 2.000
<b>Cu</b>	5 ... 16
<b>Mn</b>	30 ... 150
<b>Zn</b>	22 ... 70

TLL Jena/ Dr. W. Zorn 11/2003

## Mikronährstoff-Mangel auf Praxisflächen

### Schwerpunkte

Element	Standort	Art
B	leichte, durchlässige Böden überkalkte Böden	Rüben, Kohl, Raps, (Mais)
Cu	Moor, Anmoor, humose Sande, sehr hohe pH-Werte	Weizen, Gerste, Hafer
Mn	Moor, Anmoor, humose Sande, sehr hohe pH-Werte, zu lockerer Boden	Getreide, Kartoffel
Mo	Lößböden	Luzerne, Kohlrarten
Zn:	sehr selten	(Hopfen, Mais)

TLL Jena/ Dr. W. Zorn 11/2003

## Mikronährstoffbodenuntersuchung (Methoden in Thüringen)

Element	konventionell	neu
B	Heißwasser	} → CAT
Cu	Westerhoff	
Mn	Schachtschabel pH 8	
Zn	Trierweiler/Lindsay	
Mo	Grigg	→ Grigg

TLL Jena/ Dr. W. Zorn 11/2003

## Probenahmezeitspanne und Organe der Pflanzenanalyse

Kultur	Zeitraum *)	Probenahmeorgan
Getreide	BBCH 28 - 45	Spross
Mais	BBCH 33 - 36	mittlere Blätter
	BBCH 51 - 59	mittlere Blätter
	BBCH 61 - 69	Kolbenblätter
Winterraps	BBCH 53 - 64	gerade vollentwickelte Blätter
Kartoffel	Knospenstadium bis Knollenbildung	gerade vollentwickelte Blätter
Zuckerrübe	Ende Juni bis Ende August	Spreiten gerade vollentwickelter Blätter
Luzerne/ Rotklee	Knospenstadium bis Blühbeginn	Spross

\*) = theoretischer Zeitraum für die Ernährungsdiagnose

**Tabelle 6:** Optimaler Zeitpunkt für die Blattapplikation von Mikronährstoffen

Getreide	Schossenstadium, 10 bis 25 cm Wuchshöhe (vorzugsweise BBCH 31... 37)
Mais	nach 4. Blatt, 30 bis 40 cm Wuchshöhe
Rübe	Schließen der Reihen (Juni/Juli)
Kartoffel	Schließen der Reihen (Juni/Juli)
Luzerne, Rotklee	kurz vor der Blüte
Grünland	10 bis 15 cm Wuchshöhe
Raps, Rübsen	Knospenstadium
Ackerbohne, Erbse	6- bis 8-Blattstadium
Sonnenblume	Ausbildung 6. bis 8. Blatt
Lein	ca. 20 cm Wuchshöhe
Gräser	10 bis 15 cm Wuchshöhe



**Problem:** optimales Stadium der Probenahme für Pflanzenanalyse liegt nicht (deutlich) vor dem Stadium der Düngung

**Lösung für die Praxis:** Düngung in den Folgejahren, nachdem einige repräsentative Proben untersucht wurden

**Beitrag zur Problemlösung:** seit 2004 Entnahme von Probenpaaren (Böden und Pflanzen eines Standortes) in einem „Monitoring“, um einen Einblick in die Versorgungssituation zu bekommen und um ggf. Zusammenhänge zwischen Standorteigenschaften und Verfügbarkeit aufzeigen zu können.

### Bormangel bei Raps ...



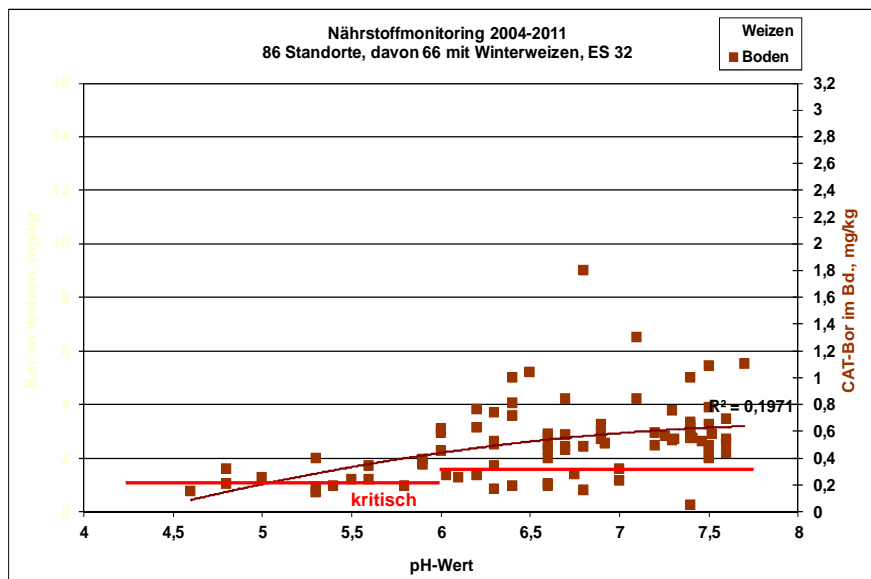
### ... und bei Zuckerrüben



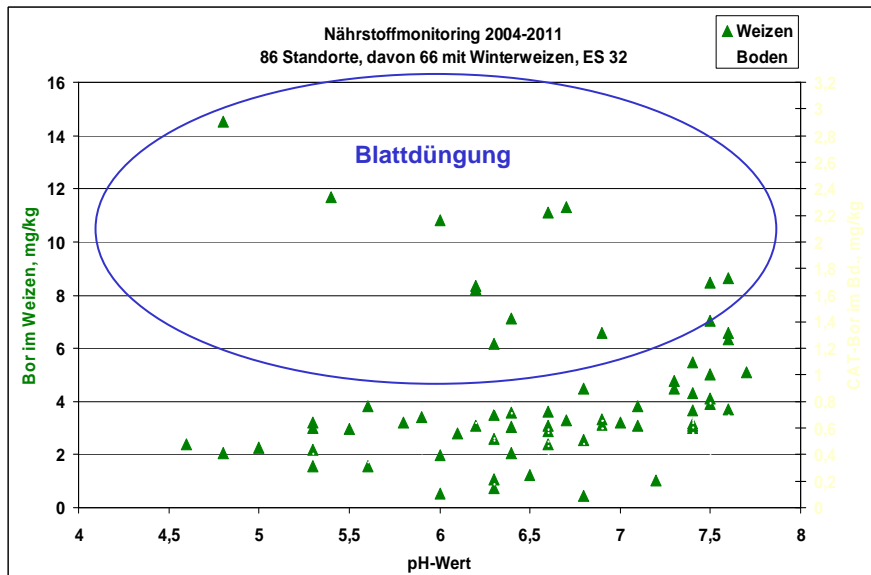
Herz- und Trockenfäule

Quelle: fertiva GmbH

### Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Bor (bei Winterweizen)



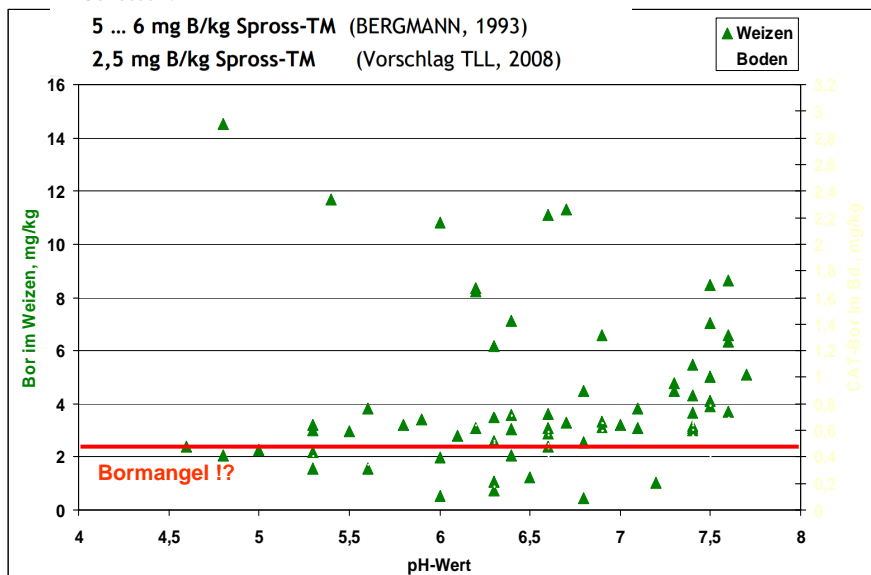
## Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Bor (bei Winterweizen)



Richtwerte für ausreichenden Ernährungszustand für Weizen im Schossen:

5 ... 6 mg B/kg Spross-TM (BERGMANN, 1993)

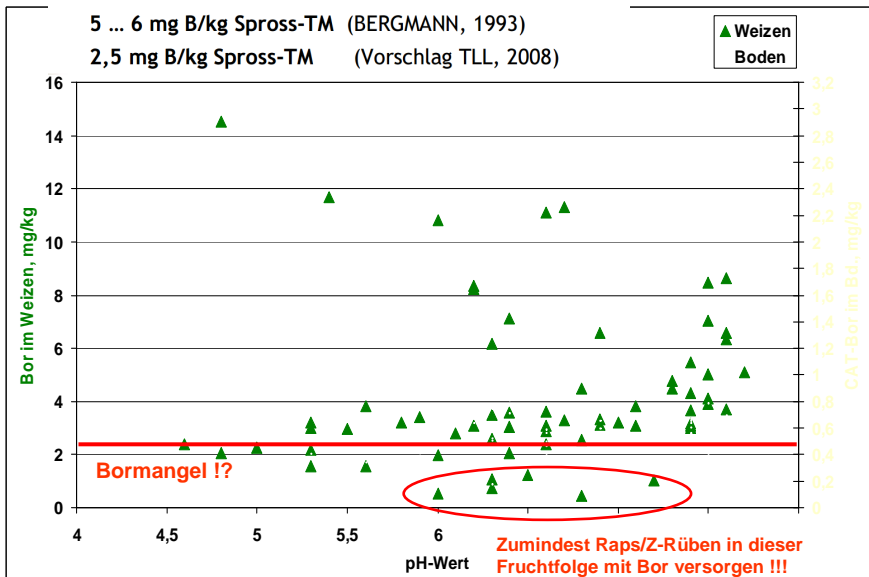
2,5 mg B/kg Spross-TM (Vorschlag TLL, 2008)



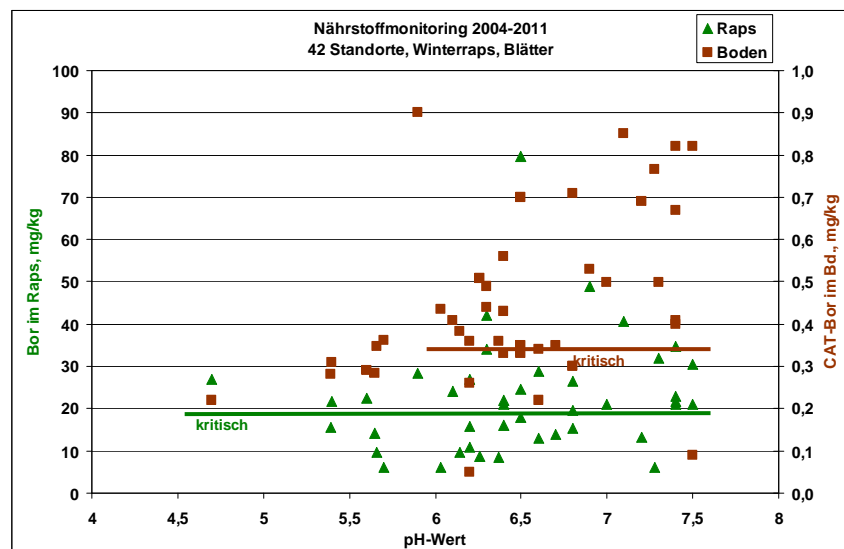
... auch beim Mais häufig sehr schlechte Bor-Versorgung

Richtwerte für ausreichenden Ernährungszustand für Weizen  
im Schossen:

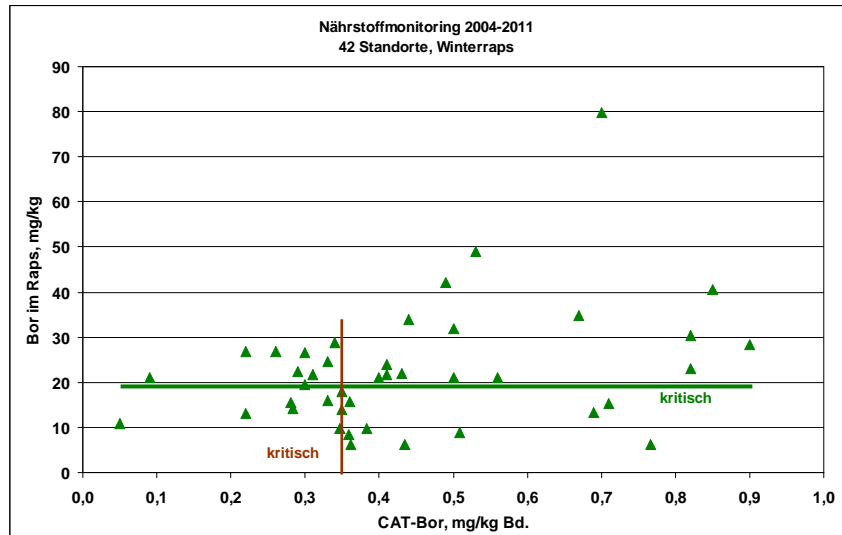
5 ... 6 mg B/kg Spross-TM (BERGMANN, 1993)  
2,5 mg B/kg Spross-TM (Vorschlag TLL, 2008)



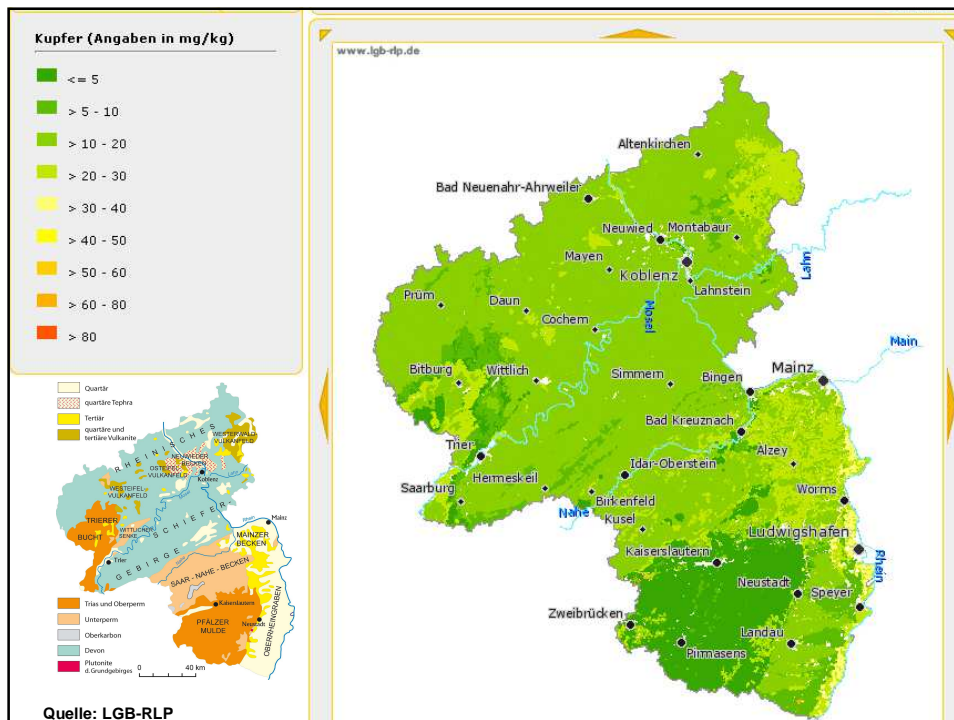
### Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Bor (bei Winterraps)



## Verfügbarkeit von Bor in Boden und Pflanze (Winterraps)



eingeschränkte Aussagekraft der Bodenuntersuchung

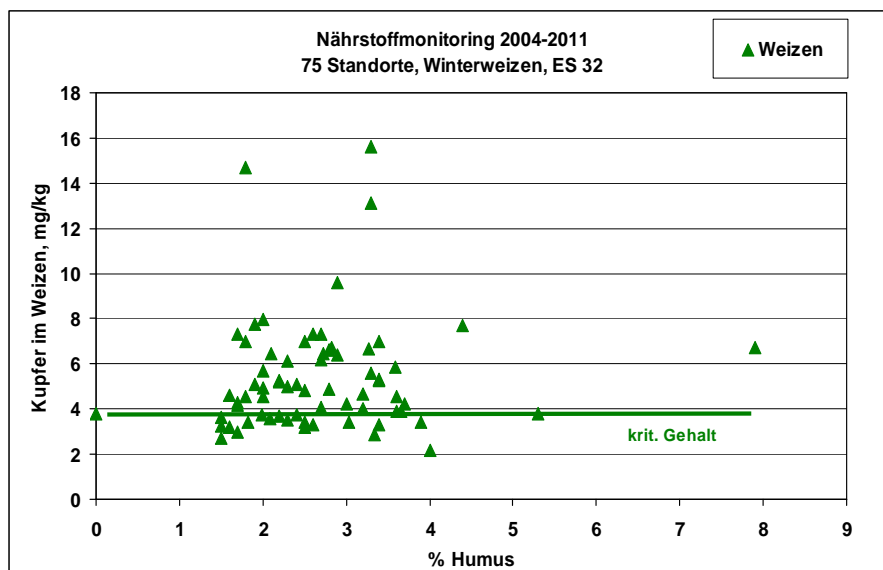


### Hintergrundwerte Kupfer und Zink, mg/kg Boden-TM

Bodenformationen (Oberböden, Acker)	Verbreitung	Gesamt-Cu	mobil-Cu	Gesamt-Zn	mobil-Zn
Auensand, carbonatfrei (Quartär)	Flussniederungen	6	0,1	28	0,56
Löss, carbonathaltig	Rheinhausen, nördl. Oberrheinniederung	18	0,07	60	0,02
Lösslehm	Mittelgebirge	13	0,11	68	0,1
Sandstein (Rotliegend, mit Löss)	Saar-Nahe-Bergland u.a.	15	0,06	66	0,09
Pelite und Schiefer (Rotliegend, lössarm)		24	0,05	93	0,07
Pelite und Schiefer (Devon, lössarm)	Hunsrück, Eifel, Taunus	21	0,04	124	0,15
Pelite und Schiefer (Devon, lösshaltig)		21	0,05	115	0,08
Lockersediment der Pelite und Schiefer, lössarm	Rheinisches Schiefergebirge, Saar-Nahe-Becken	21	0,04	89	0,25
Pelit-Carbonatgestein, lössarm	Kalkeifel, Rheinhausen u.a.	22	0,09	69	< 0,01
Pelit-Carbonatgestein, lösshaltig		23	0,03	63	0,04
Magmatische Lockergesteine (Tephren), lössarm	Laacher See-Vulkanismus	15	0,03	82	0,25

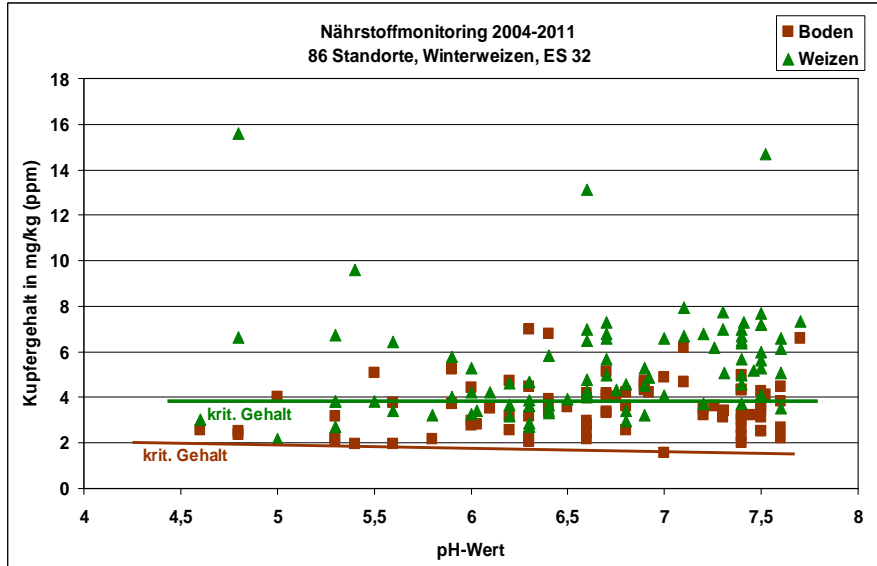
mg/kg Boden-TM  
 Gesamt = Königswasserextrakt, mobil = NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-Extraktion  
 Quelle: Hintergrundwerte der Böden von Rheinland-Pfalz, LGB, 2008

### Humusgehalt und Verfügbarkeit von Kupfer (bei Winterweizen)

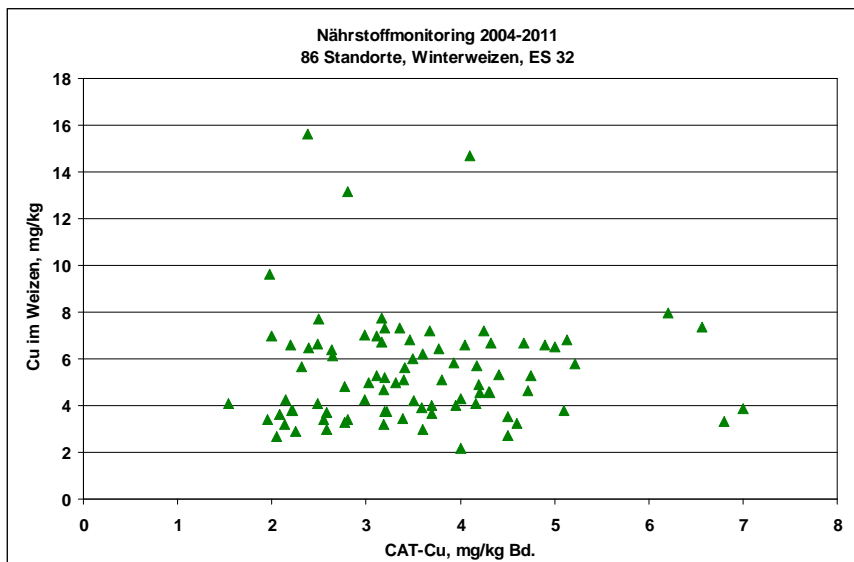




## Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Kupfer

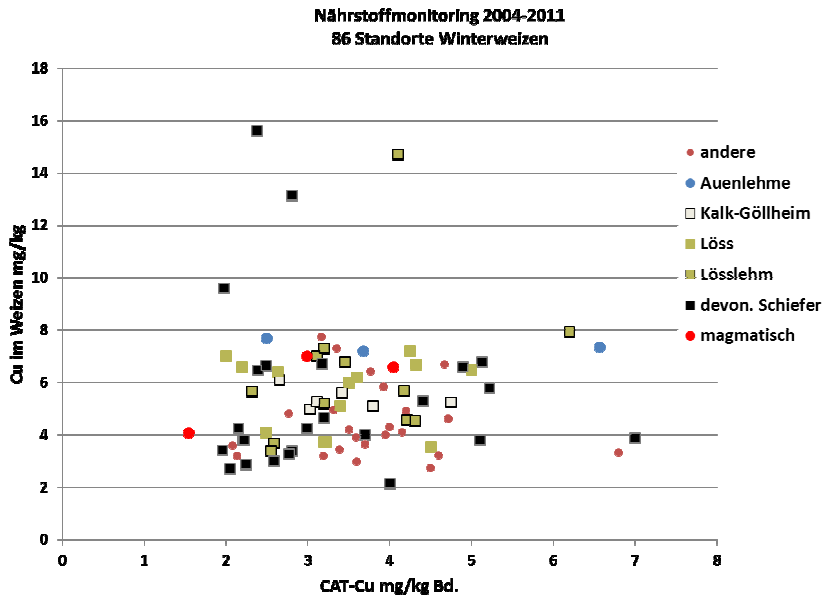


## Verfügbarkeit von Kupfer in Boden und Pflanze (Winterweizen)

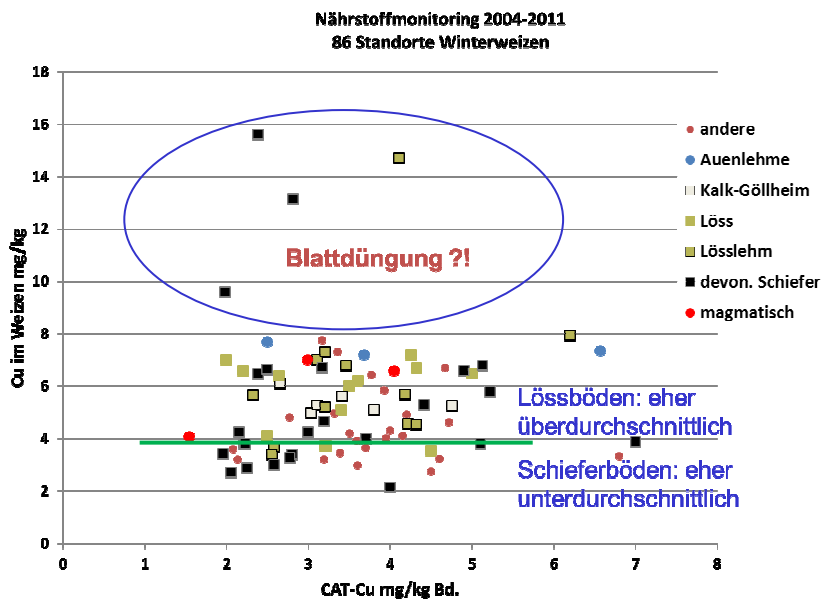


Aussagekraft der Bodenuntersuchung ?????

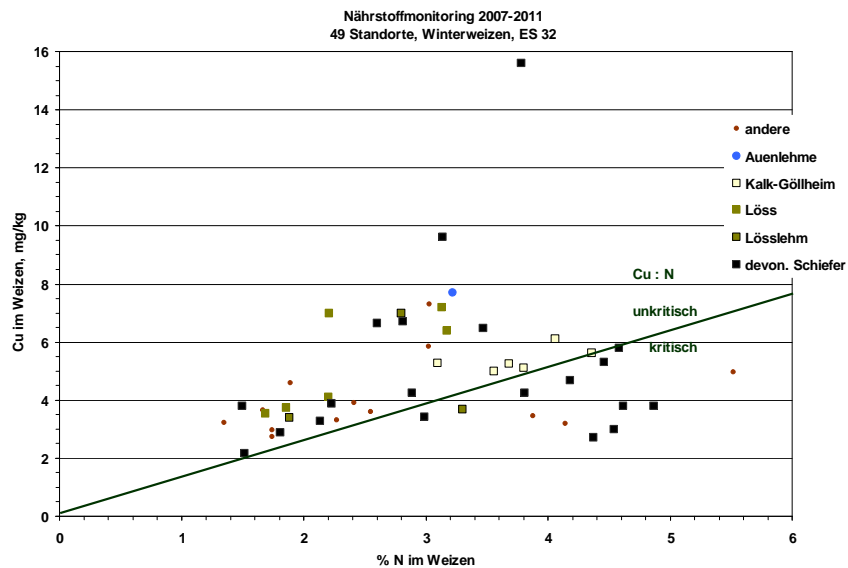
## Bodenformationen und Verfügbarkeit von Kupfer (bei Winterweizen)



## Bodenformationen und Verfügbarkeit von Kupfer (bei Winterweizen)



## Bodenformationen und Verfügbarkeit von Kupfer (bei Winterweizen)



### Warum ist die Versorgung mit Kupfer so unterschiedlich?

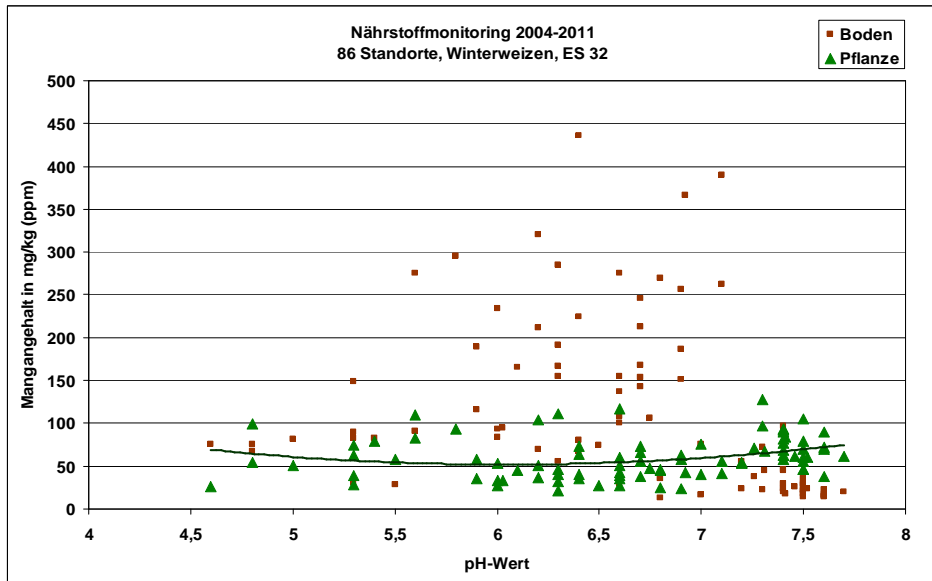
Böden sind nicht ausschließlich aus Schiefer oder Löss entstanden, sondern überprägt von Verlagerung, Aufwehung...

Kupfersulfat-Klauenbäder oder Zusatz von Kupfer in Futtermitteln (Mineralfutter) führt zur **Anreicherung von Cu in Wirtschaftsdüngern**

**Kupfer in Klärschlamm und Kompost**

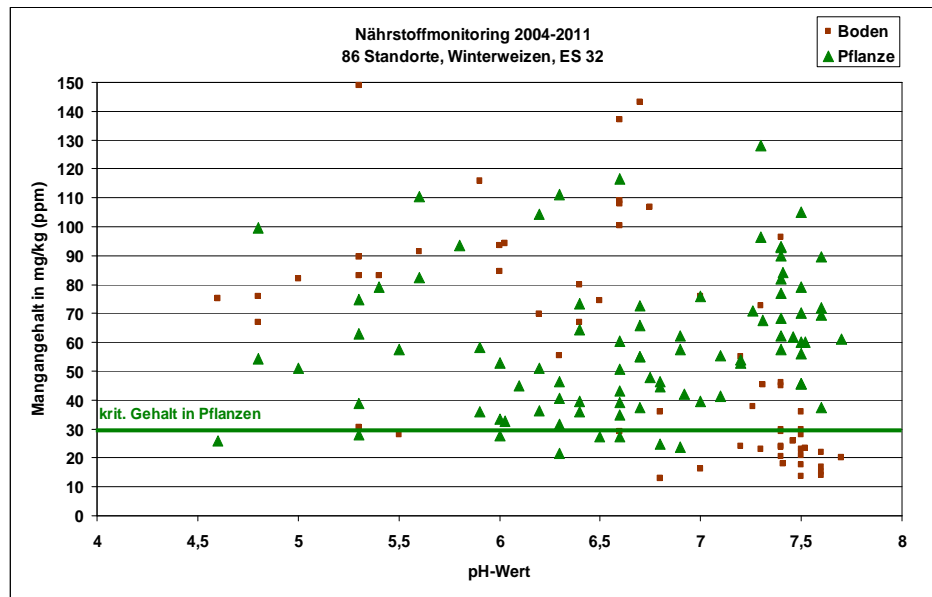
**Kupfer als Fungizid**

## Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Mangan



Bodenuntersuchung auf Mangan hat keine Aussagekraft zur Mn-Verfügbarkeit

## Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Mangan



## Mn-Mangel



Hafer

Dörrflecken



Mais



Weizen

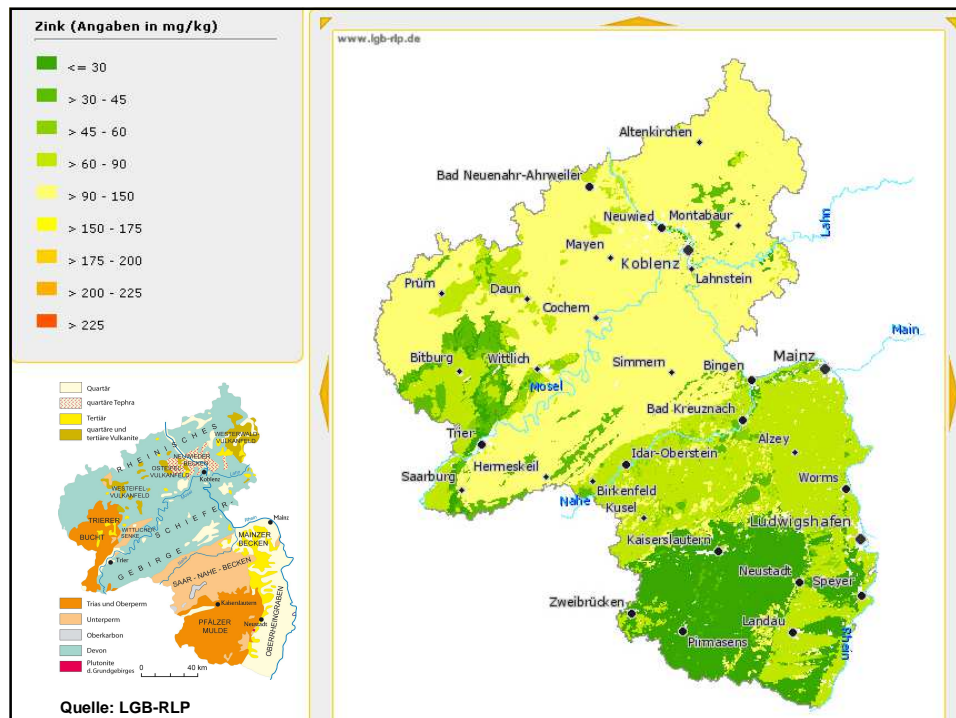




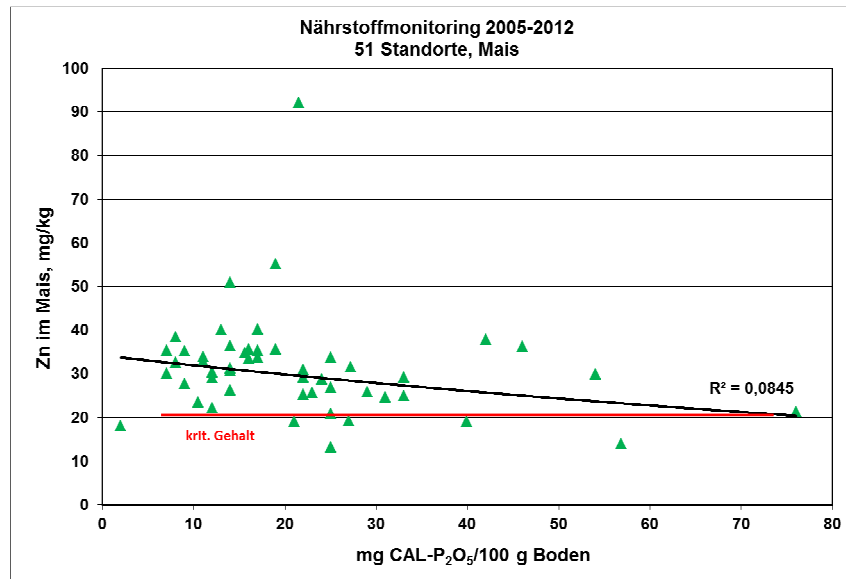
## Mangan

- Aufnahme: als  $Mn^{2+}$  -Kation
- Funktion: Aktivierung von Enzymen durch Koppelung, Bestandteil von Redoxenzymen, notwendig für Assimilationsvorgänge und Proteinstoffwechsel, Baustein zur Bildung von Zellmembranen
- Mangan erhöht die Frosthärte und fördert die Wurzelentwicklung
- Manganmangel tritt insbesondere auf leichten Böden und Standorten mit hohem pH-Wert auf
- Die Verfügbarkeit ist aber auch auf puffigen Böden (Stroh) stark verringert (Auffixation zu  $Mn^{4+}$ ) sowie bei Trockenheit
- Mangan wird in der Pflanze nur schlecht verlagert (2-3 Gaben)

7/38/Feb-08



## Phosphatversorgung und Verfügbarkeit von Zink (bei Mais)



## Phosphor-induzierter Zinkmangel bei Mais ?

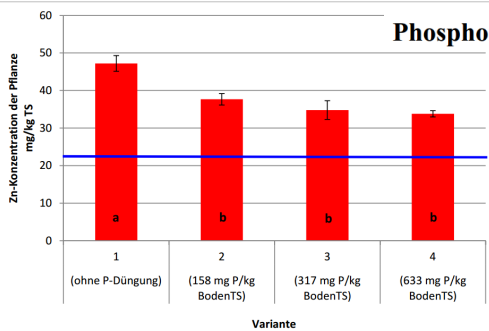


Abbildung 8: Zn-Konzentration in der Trockensubstanz des Maisaufwuchses

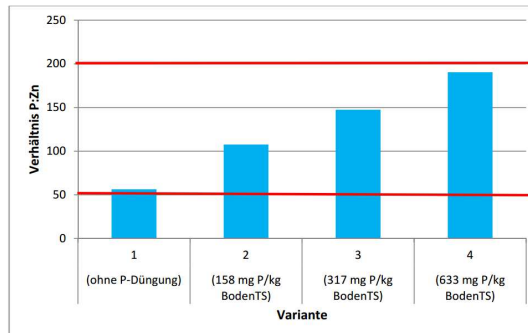
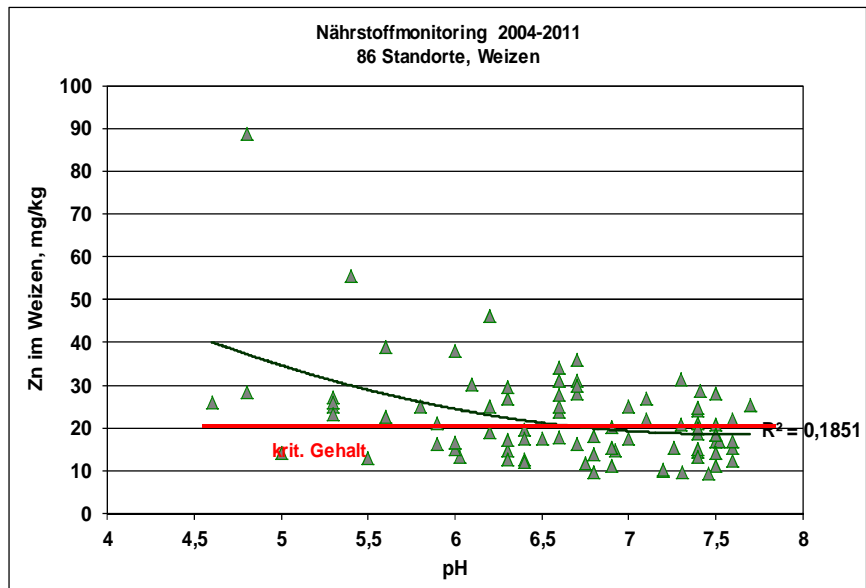


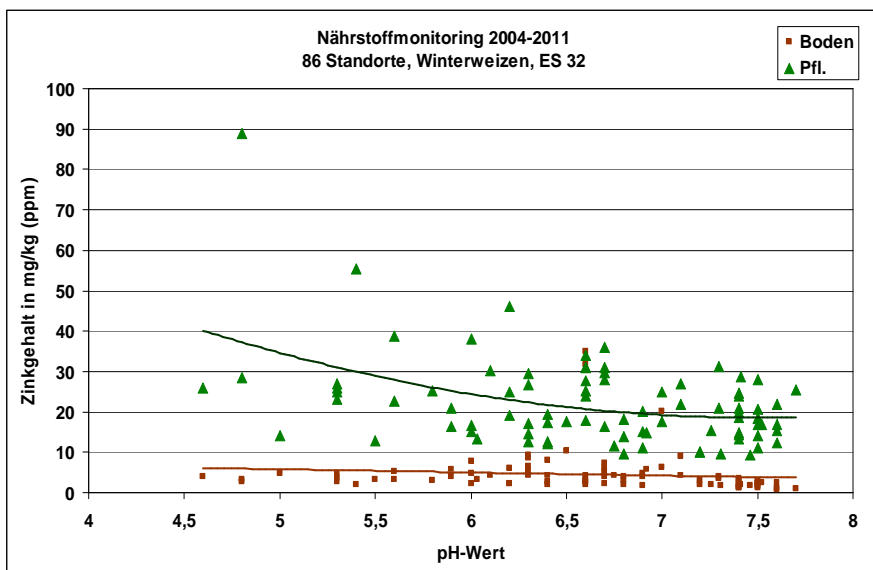
Abbildung 9: Phosphor zu Zink-Verhältnis in der Trockensubstanz des Maisaufwuchses

C. Hattemer, 2012

### Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Zink (bei Winterweizen)

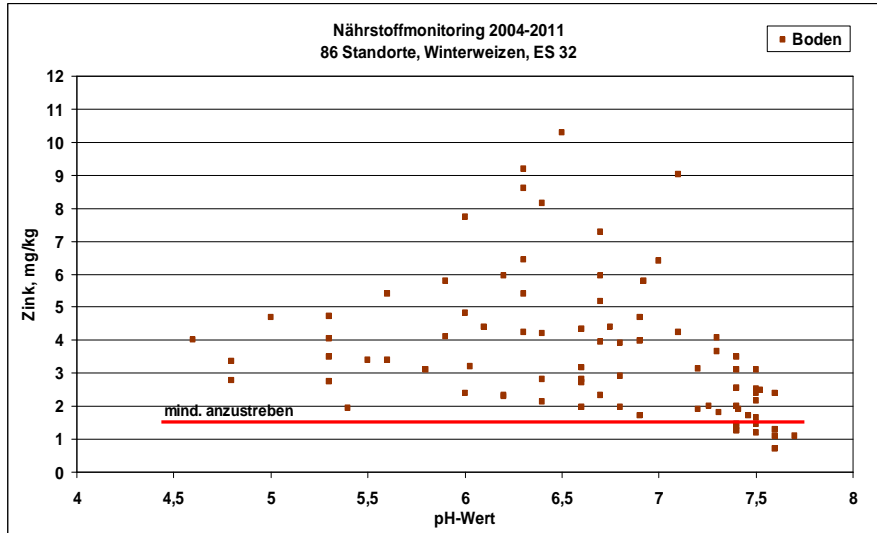


### Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Zink (bei Winterweizen)

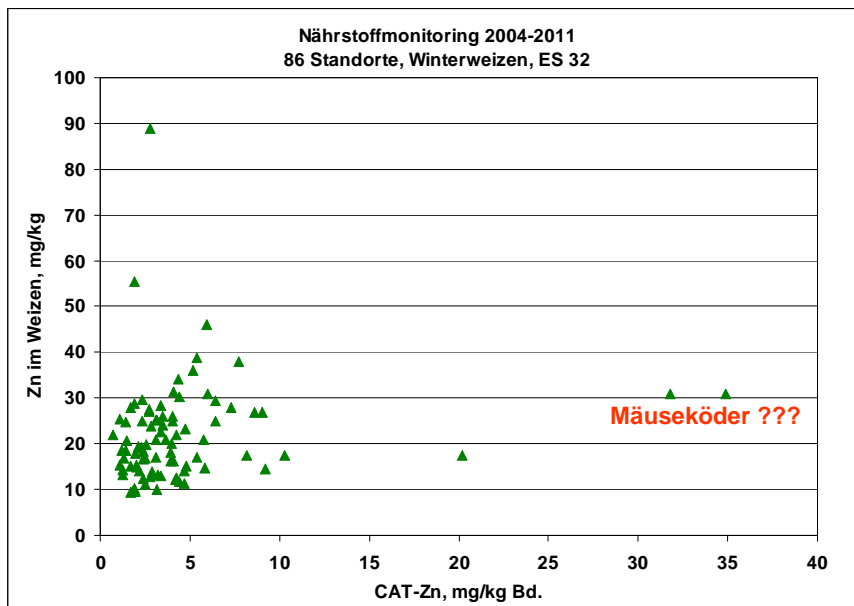




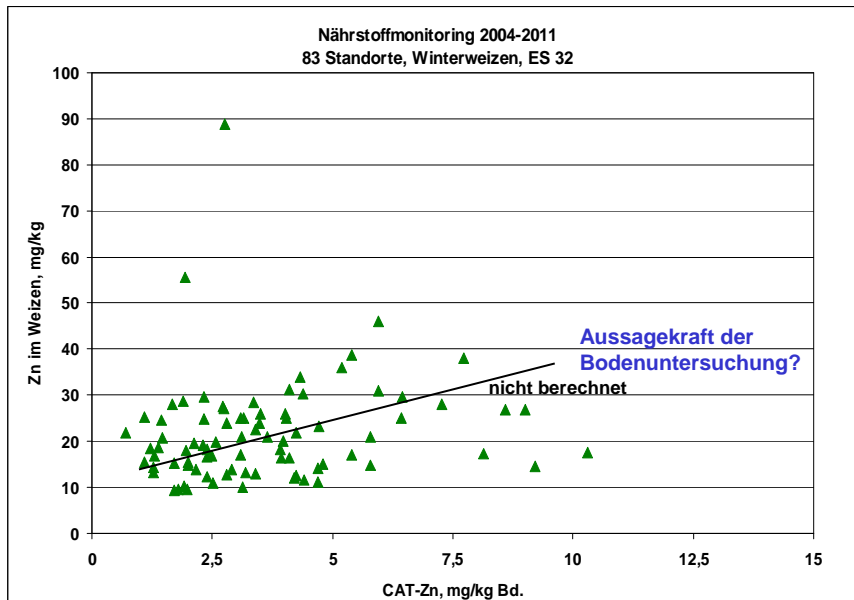
## Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Zink



## Verfügbarkeit von Zink in Boden und Pflanze (bei Winterweizen)



## Verfügbarkeit von Zink in Boden und Pflanze (bei Winterweizen)



### Warum ist die Versorgung mit Zink

... innerhalb einzelner Flächen unterschiedlich ?

verzinkte Weinbergspfähle  
Mäuseköder enthalten Zinkphosphid  $Zn_3P_2$

**Bodenuntersuchungsergebnisse können dadurch verfälscht werden**

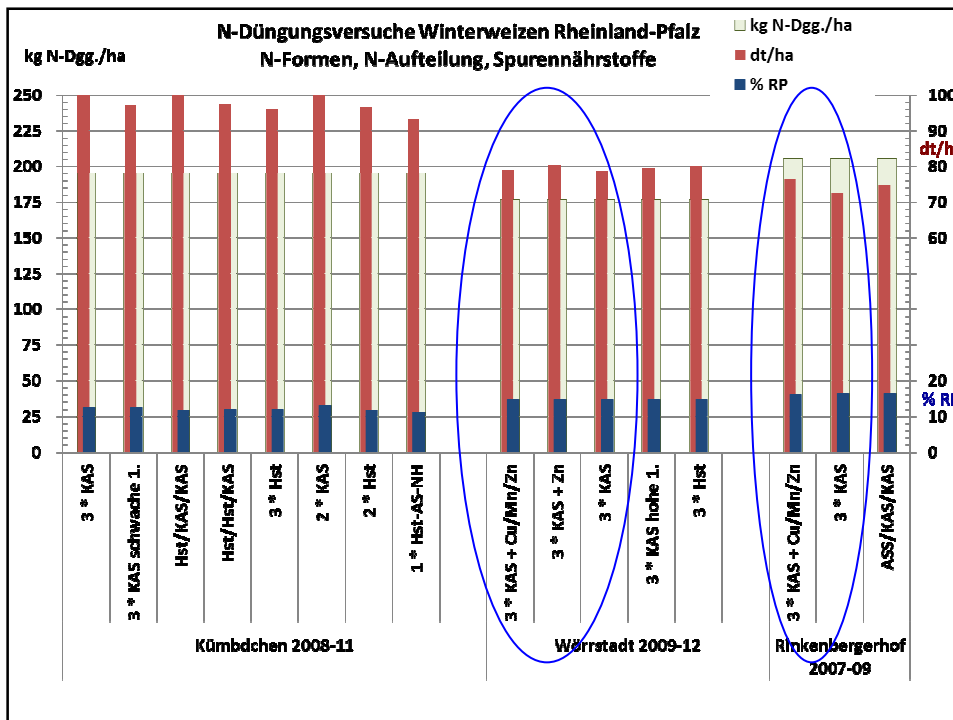
... innerhalb einzelner Regionen nicht einheitlich?

Zink in Klauenbädern und Futtermitteln (Mineralfutter)

**Anreicherung von Zn in Wirtschaftsdüngern**

**Zink in Klärschlamm und Kompost**

NW/Hasloch		Blatt-Düngung Winterweizen	
Braunerde aus Löss AZ 75-80, sL			
		Kornertrag (86% TS) dt/ha	RP in TM (%)
<b>2009</b>	<b>N-Düngung:</b> 31.3: 100 (Hst), 23.4: 50 (KAS), 18.5: 20 (Hst), 12.6: 5 (Hst)		
pH 7.4, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 19, K <sub>2</sub> O 26, Mg 10 mg/100g	Kontrolle	107.1	10.8
Nmin (13.03): 10+21	Lebosol Trimax	107.0	11.0
Vorr. SoGerste	Lebosol Bor	107.9	11.1
Sorte Mercato (E)	Lebosol Bor, Zink Chelat	108.1	11.3
Saat 11.10, 280 K/m <sup>2</sup>	Wuxal Profi	104.7	11.1
	Harnstoff, Zink Chelat, Lebosol Bor	105.6	11.1
	Spurennährstoffe	105.7	11.0
<b>2008</b>	<b>N-Düngung:</b> 19.3: 80 (Hst), 21.4: 80 (Hst)		
pH 7.6, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 54, K <sub>2</sub> O 33, Mg 8 mg/100g	Kontrolle	101.7	13.1
Nmin (07.03): 8+22	Lebosol Trimax	99.7	12.7
Vorr. SoGerste	Lebosol Trimax, Lebosol Bor	97.8	12.6
Sorte Tomi (A)	Lebosol Bor, Zink Chelat	98.4	12.7
Saat 17.10, 280 K/m <sup>2</sup>	Wuxal Profi	100.0	12.9
	Wuxal Profi, Zink Chelat, Lebosol Bor	98.4	12.5
	Spurennährstoffe Bodendüngung	95.2	12.5
<b>2007</b>	<b>N-Düngung:</b> 17.3: 80 (KAS), 12.5: 80 (KAS)		
pH 7.3, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 15, K <sub>2</sub> O 20, Mg 10 mg/100g	Kontrolle	60.9	14.2
Nmin (16.02): 6+7	Lebosol Trimax	63.8	14.4
Vorr. WWWeizen	Lebosol Trimax, Lebosol Bor	62.5	14.7
Sorte Tomi (A)	Lebosol Bor	61.5	14.4
Saat 17.10, 280 K/m <sup>2</sup>	Lebosol Bor	62.5	14.5
	Lebosol Bor	60.9	14.6
	Lebosol Bor, Zink Chelat	64.2	14.4
	Wuxal Profi	63.1	14.6
	Wuxal Profi, Zink Chelat	61.9	14.9
	Harnstoff, Wuxal Profi, Zink Chelat, Lebosol Bor	65.1	14.9
	Harnstoff, Zink Chelat, Lebosol	64.3	14.9
WUXAL P Profi: NPK-Düngerlösung 5-20-5 mit Spurennährstoffen			
Lebosol Trimax: Cu-, Mn-, Zn-Dünger			



**Tabelle 5:** Empfehlungen zur Blatt- und Bodendüngung mit Mikronährstoffen

Mikro-nährstoff	Bodenarten-gruppe	Bodenart	Blattdüngung	Bodendüngung
Bor	1	Sand	0,4 kg B/ha	1,5 kg B/ha (Wirkung für 3 Jahre)
	2 - 5	schwach lehmiger Sand bis Ton		2,3 kg B/ha (Wirkung für 3 Jahre)
Kupfer	1 - 6	Sand, Lehm, Ton, Moor	1,0 kg Cu/ha	5,0 kg Cu/ha (Wirkung für 4 Jahre)
Mangan	1 - 6	Sand, Lehm, Ton, Moor	ein- bis dreimal 1,0 kg Mn/ha	keine Bodendüngung
Molybdän	1 - 5	Sand, Lehm, Ton	0,3 kg Mo/ha	1,0 kg Mo/ha (Wirkung für 3 Jahre)
Zink	1 - 2	Sand, schwach lehmiger Sand	0,3 kg Zn/ha	6 kg Zn/ha (Wirkung für 3 Jahre)
	3 - 5	stark lehmiger Sand bis Ton		10 kg Zn/ha (Wirkung für 3 Jahre)



**Tabelle 4:** Mittlere Mikronährstoffgehalte organischer Düngestoffe

Element	Rindergülle 4 - 8 % TS <sup>2)</sup> g/m <sup>3</sup>	Schweinegülle 4 - 8 % TS <sup>2)</sup> g/m <sup>3</sup>	Hühnergülle 8 - 12 % TS <sup>2)</sup> g/m <sup>3</sup>	Stalldung FM <sup>3)</sup> g/t
B	1 - 3	2 - 4	2 - 4	3 - 6
Cu	2 - 6	4 - 20	2 - 5	2 - 5
Mn	8 - 25	10 - 30	30 - 50	30 - 60
Mo <sup>1)</sup>	50 - 120	130 - 200	60 - 150	400
Zn	10 - 20	15 - 70	15 - 50	50 - 300

<sup>1)</sup> Angaben in mg/m<sup>3</sup> bzw. mg/t

<sup>2)</sup> Trockensubstanz

<sup>3)</sup> Frischmasse





## Fazit

... es bestehen noch einige Unklarheiten!

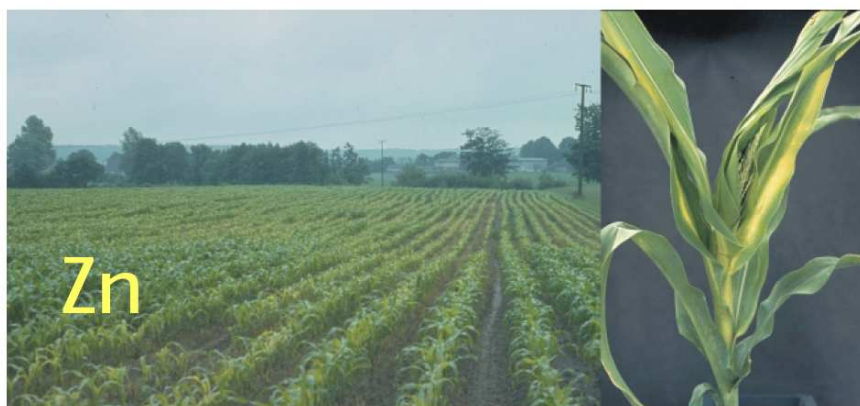
**Pflanzenanalysen sind zur Düngebedarfsermittlung geeignet**, sofern sie **vorausschauend** durchgeführt werden (d.h. in den Vorjahren und vor einer Blattdüngung)

Bor	<b>B</b>	<b>Mangel weit verbreitet</b> Düngung zu Raps und Z-Rüben
Mangan	<b>Mn</b>	<b>Mangel selten</b> und manchmal auch selbst verursacht
Kupfer	<b>Cu</b>	<b>Versorgung in einzelnen Regionen (u.a. Schieferbd.) kritisch</b>
Zink	<b>Zn</b>	<b>Versorgung auf kalkhaltigen (und P-reichen) Böden kritisch</b>

13.02.2013

LUFA Speyer





Zinkmangel an Mais

E. Schnug, 2004



Durch Manganspritzung  
kann **Zn-Mangel** an  
Weizen induziert werden!

(Wulfshagen, 1986)

Effekte	Quelle
<b>Mais, Ka, ZR:</b> Ertragsanstieg von 2 ... 10 %	Falke et al. (1985)
Ertragsverluste bis zu 40 % bei Zn- Mangel	Alloway (2004)

J. Rogasik, 2004



- Mikronährstoff-Düngung nur bei exakter Diagnose des Versorgungszustandes von Boden und Pflanze durchführen!
- Positive Effekte der Mikronährstoff-Düngung sind nur bei ausgewiesener Unterversorgung zu erwarten!
- Düngung ins „Blaue“ birgt die Gefahr von Ertragsverlusten!

J. Rogasik, 2004

**Vor- und Nachteile verschiedener Düngemittelformulierungen**

Formulierung	Vor- und Nachteile
Salz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gute Wasserlöslichkeit, schnell wirksam</li> <li>• bessere Verträglichkeit mit PSM als Säuren</li> <li>• Nachteil: Empfindlichkeit von Pflanzen gegen Verätzung</li> </ul>
Säure	<ul style="list-style-type: none"> <li>• schnellere Aufnahme als in Salzform</li> <li>• tötet pilzliche Krankheitserreger ab</li> </ul>
Chelat oder sonstiger Komplex	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chelate werden auch von Pflanzen selbst produziert, daher besonders gute Pflanzenverträglichkeit</li> <li>• gute Wasserlöslichkeit</li> <li>• gute Pflanzenverfügbarkeit</li> <li>• verhindert die Festlegung von Spurenelementen im Boden durch Makronährstoffe wie Phosphor sowie Hydroxidbildung</li> </ul>
Oxid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wird im Boden langsam mobilisiert</li> <li>• langfristige Verfügbarkeit</li> </ul>
Legierung (= Verschmelzung mehrerer Metalle, z.B. Zn+Cu oder Mn+Fe)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• langsame Freisetzung der Spurennährstoffe durch Korrosion, entsprechend dem Bedarf der Pflanzen</li> <li>• keine Auswaschung, da wasserunlöslich</li> <li>• keine Erhöhung des Salzgehaltes im Boden</li> <li>• Wirkung weitgehend pH-unabhängig</li> </ul>

**Bor** (mg/kg Boden, CAT-Methode)

Gehaltsklasse	S	I'S	IS	sL/uL und t'L/T
	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4 und 5
<b>pH-Wert 6,0<sup>1)</sup></b>				
A	< 0,10	< 0,12	< 0,15	< 0,20
C	0,10 - 0,15	0,12 - 0,18	0,15 - 0,25	0,20 - 0,35
E	> 0,15	> 0,18	> 0,25	> 0,35
<b>pH-Wert &gt; 6,0</b>				
A	< 0,15	< 0,20	< 0,25	< 0,35
C	0,15 - 0,25	0,20 - 0,30	0,25 - 0,40	0,35 - 0,60
E	> 0,25	> 0,30	> 0,40	> 0,60

<sup>1)</sup> Die CAT-Methode ist für die Untersuchung von Böden mit einem pH-Wert < 5 auf den Borgehalt nicht geeignet. Es wird daher empfohlen, in diesem Fall die herkömmliche Heißwassermethode anzuwenden bzw. erst ein Jahr nach erfolgter Aufkalkung die B-Analyse nach der CAT-Methode durchzuführen.



**Kupfer** (Böden < 4 % Humus, mg/kg Boden, CAT-Methode)

Gehaltsklasse	S und I'S	IS	sL/uL und t'L/T	
	BG 1 und 2		BG 4 und 5	
	ohne pH-Begrenzung		pH < 7,0	pH 7,0
A	< 1,0	< 1,2	< 2,0	< 1,2
C	1,0 - 2,0	1,2 - 2,5	2,0 - 4,0	1,2 - 2,5
E	> 2,0	> 2,5	> 4,0	> 2,5





**Mangan** (mg/kg Boden, CAT-Methode)

Geh.- klasse	S und I'S BG 1 und 2				IS BG 3			sL/uL u. t'L/T BG 4 und 5 ohne pH- Begrenzung
	pH-Wert							
	< 5,1	5,1 - 5,5	5,6 - 6,0	> 6,0	< 5,5	5,5 - 6,4	> 6,4	
A	< 3	< 6	< 10	< 25	< 8	< 20	< 30	< 30
C	3 - 6	6 - 10	10 - 20	25 - 50	8 - 15	20 - 30	30 - 50	30 - 60
E	> 6	> 10	> 20	> 50	> 15	> 30	> 50	> 60



**Zink** (mg/kg Boden, CAT-Methode)

Gehaltsklasse	S und I'S BG 1 und 2	IS, sL/uL u. t'L/T BG 3 - 5
A	< 1,0	< 1,5
C	1,0 - 2,5	1,5 - 3,0
E	> 2,5	> 3,0

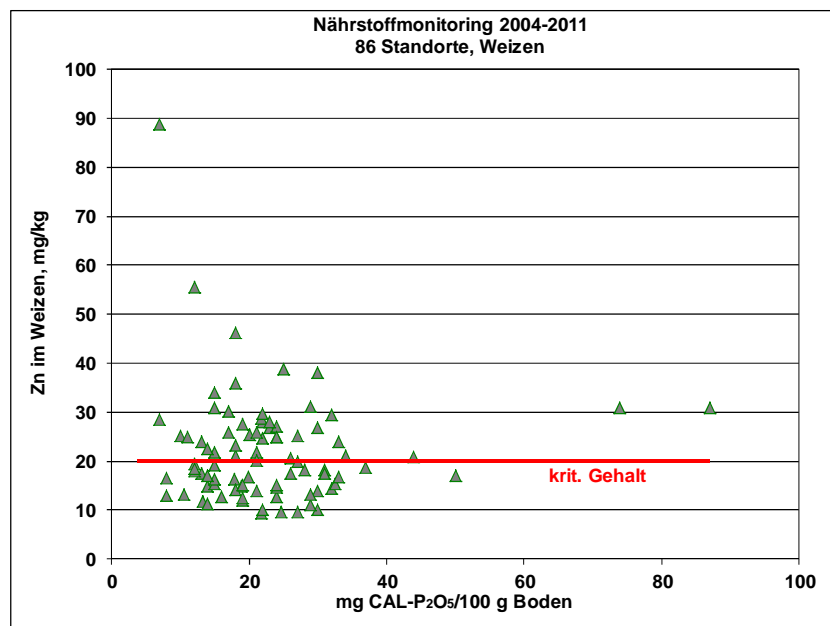


**Tabelle 3:** Kulturarten, Probenahmezeiträume und Probenahmeorgane für die Kontrolle der Nährstoffversorgung wachsender Pflanzenbestände

Kulturart	Zeitraum der Probenahme (Entwicklungsstadien mit BBCH-Code)	Probenahmeorgan
Winterweizen Sommerweizen	Ende Bestockung bis Ende Schossen (BBCH 28/29 bis 45) vorzugsweise BBCH 31...37	gesamte oberirdische Pflanze
Wintergerste		
Sommergerste		
Winterroggen		
Wintertriticale		
Hafer	40 - 60 cm Bestandeshöhe (BBCH 33...36)	mittlere Blätter
Mais	Rispschieben (BBCH 51...59)	mittlere Blätter
	Blüte (BBCH 61...69)	Kolbenblätter
Erbsen	30 - 40 cm Bestandeshöhe (BBCH 35...39)	gesamte oberirdische Pflanze
	Blühbeginn (BBCH 61...62)	gerade vollentwickelte Blätter
Ackerbohne	Blühbeginn (BBCH 61...62)	gerade vollentwickelte Blätter
Winterraps	Knospenstadium (BBCH 53) bis Blüte (BBCH 64)	gerade vollentwickelte Blätter
Lein	Knospenbildung bis Blühbeginn	oberes Sprossdrittel
Sonnenblume	Blühbeginn (BBCH 61...62)	obere vollentwickelte Blätter
Kartoffel	Knospenstadium bis Knollenbildung	gerade vollentwickelte Blätter
Zucker- und Futterrübe	Ende Juni bis Ende August	Spreiten von gerade vollentwickelten Blättern



### Phosphatversorgung und Verfügbarkeit von Zink (bei Winterweizen)



## Bodenreaktion und Verfügbarkeit von Zink (bei Mais)

