

Ernährungszustand der Hauptbaumarten an den BZE-Inventurpunkten

Winfried Riek, Ulrike Talkner,
Inge Dammann, Martin Kohler,
Karl Josef Meiwes, Axel Göttlein



Gliederung des Vortrags

- Ziele der Nadel-/Blattanalysen
- Methodische Erläuterungen
 - Schwellenwerte für die Ernährungsdiagnose
 - verwendete Auswertungsstraten
- Deskriptiver Überblick der Ernährungssituation
 - Häufigkeiten der Bewertungstufen
 - stratifizierte Darstellungen
 - Veränderungen zwischen BZE I und BZE II
- Auswertungen zum Einfluss der Kalkung
- Folgerungen

Ziele der Nadel-/Blattanalyse an BZE-Punkten

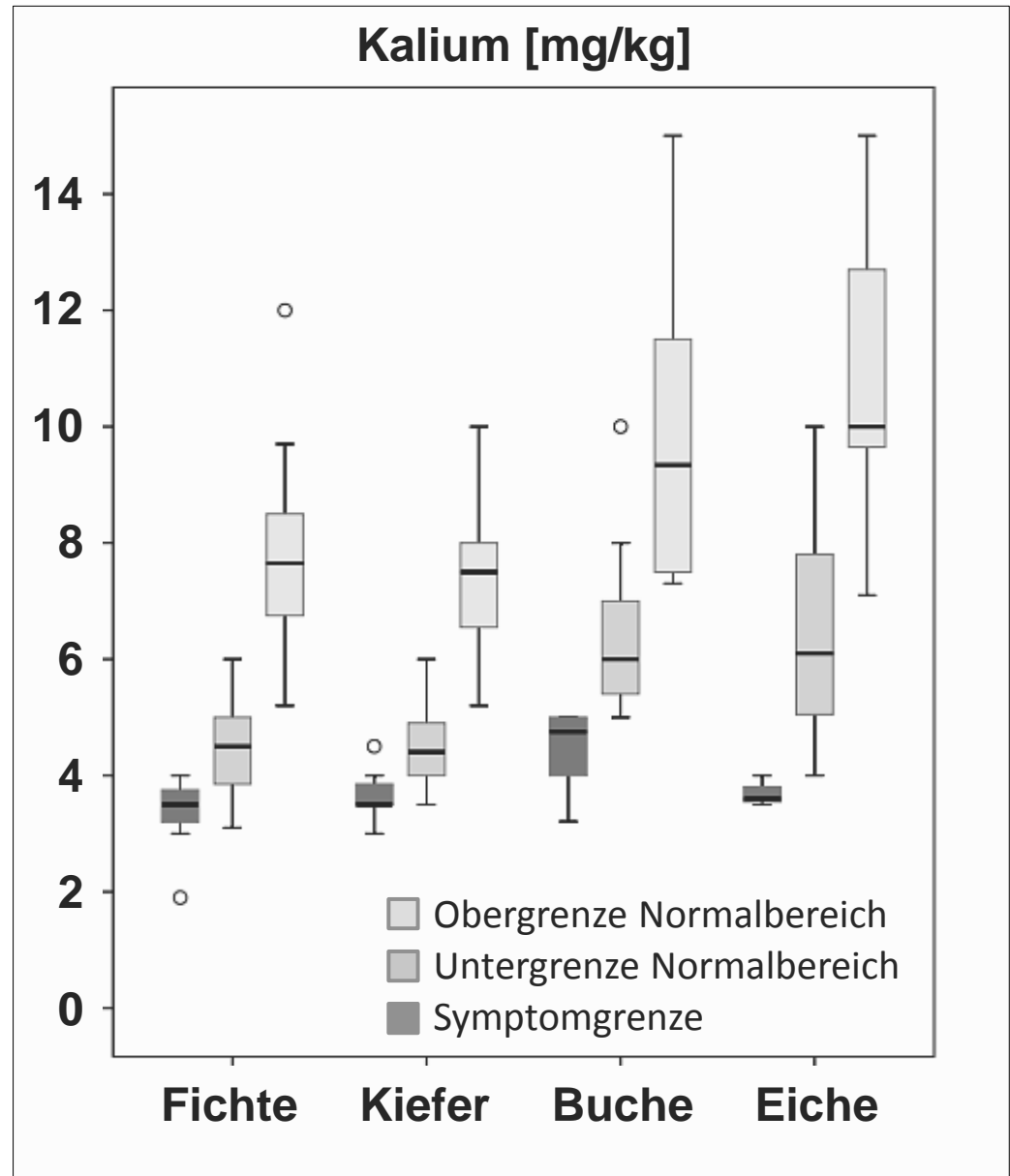
- flächenrepräsentative Einschätzung der Ernährungssituation und deren zeitlicher Veränderung
- Ergänzung der umfassenden Waldzustandsdiagnose insbesondere vor dem Hintergrund durchgeführter forstlicher Maßnahmen (z.B. Kalkung)
- Indikation der standörtlichen Belastungssituation sowie Aussagen zur Wirksamkeit von Luftreinhaltungsmaßnahmen
- Kenntniszugewinne hinsichtlich prozessualer Zusammenhänge zwischen Ernährung, Wachstum und Vitalität (weiterführenden Auswertungen vorbehalten)

Schwellenwerte für die Ernährungsdiagnose

Definition baumarten-spezifischer Schwellenwerte gemäß einer Empfehlung der Sektion Waldernährung des DVFFA (Schleswig 07.05.2015)

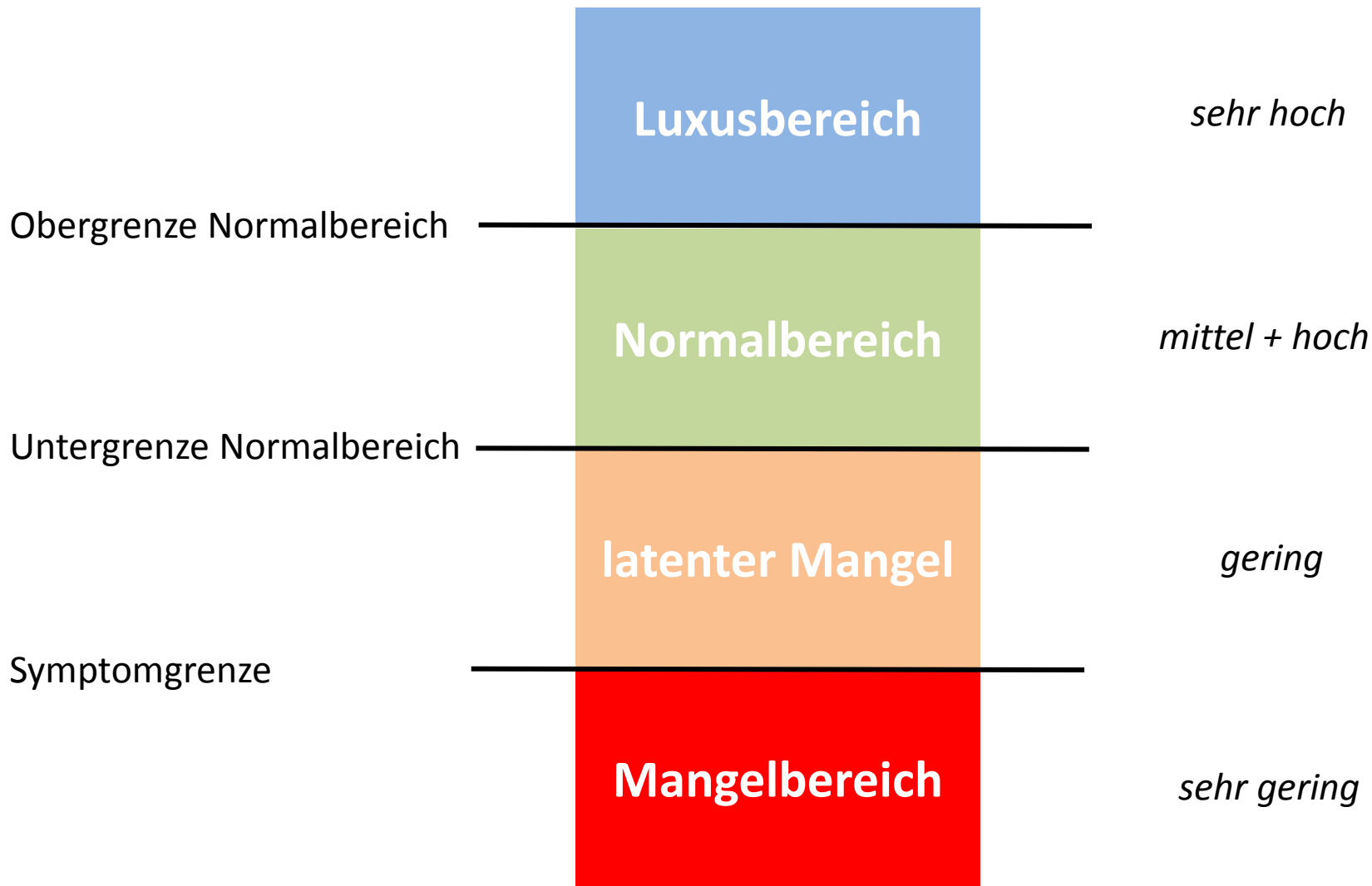
Grundlage:

- Umfängliche Literaturlauswertung (**Metaanalyse**) von Göttlein (2015)
- **Mediane** als robuste Grenzwerte



Mediane
nach Göttlein (2015)

Wolff & Riek (1996) BZE I
AK Standortskartierung (2003)



Anteile [%] in den Bewertungsstufen (BZE II)

Fichte (n=796)

Bewertung	N		P		K		Ca		Mg		S	
Mangelsymptome	8	3	11	4	8	8	0	0	3	1	0	2
latenter Mangel	10	5	20	16	6	14	2	2	21	5	41	38
Normalbereich	52	61	57	68	66	69	46	55	58	70	58	59
Luxusbereich	30	30	12	12	20	9	52	43	18	25	1	0

Kiefer (n=610)

Bewertung	N		P		K		Ca		Mg		S	
Mangelsymptome	2	1	10	1	0	0	6	0	16	2	0	4
latenter Mangel	3	4	19	17	3	12	14	6	45	21	11	7
Normalbereich	41	40	69	81	94	87	60	74	37	73	86	88
Luxusbereich	55	55	1	1	2	1	20	20	2	4	3	1

Buche (n=578)

Bewertung	N		P		K		Ca		Mg		S	
Mangelsymptome	1	1	23	18	10	8	6	6	7	7	k.A.	11
latenter Mangel	7	2	57	42	8	21	11	11	6	19	k.A.	31
Normalbereich	65	71	19	39	47	64	56	57	42	37	k.A.	57
Luxusbereich	27	27	1	1	35	7	27	27	45	37	k.A.	1



= Bewertung nach AK Standortkartierung (2003)

= Bewertung nach Göttlein (2015)

Straten als Erklärungsbeitrag für die Variation von Ernährungsdaten

Bodensubstratgruppe

pedogene
Nährstoffausstattung

- 1 Böden aus basenarmem Lockergestein
- 2 Semiterrestrische Böden breiter Flusstäler
- 3 Tieflandböden aus Lösslehm
- 4 Böden aus verwittertem Karbonatgestein

- 5 Böden aus basisch-intermediärem Festgestein
- 6 Böden aus basenarmem Festgestein
- 7 Böden der Alpen
- 8 Moore und Anmoore

Humusform

Umsatz der organischen
Bodensubstanz,
Nährstoffverfügbarkeit

- | | | | |
|-----|-----------------------|----|-------------|
| MU | Mull | RO | Rohhumus |
| MOM | Mullartiger Moder | FH | Feuchthumus |
| MO | Moder | | |
| MR | Rohhumusartiger Moder | | |

Bodenversauerungstyp

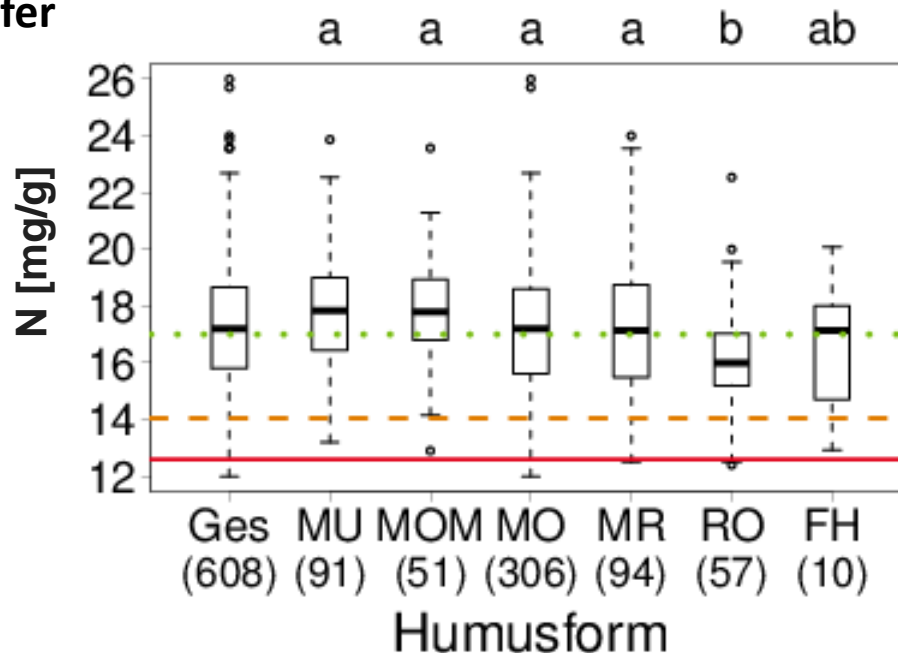
Reduktion von
Nährstoffausstattung
und -verfügbarkeit durch
versauernde Einträge

- 1 BS >85 % im gesamten Mineralboden (0-90cm Tiefe)
- 2 BS 50-85% im OB und BS >85 % im UB
- 3 BS <50% im OB und BS >85 % im UB
- 4 BS <60% im OB und BS 30-85 % im UB
- 5 BS <50% im OB und BS <30 % im UB
- 6 BS >50% im OB und BS <30 % im UB, teilw. gekalkt

Kernaussagen zur Stickstoffversorgung

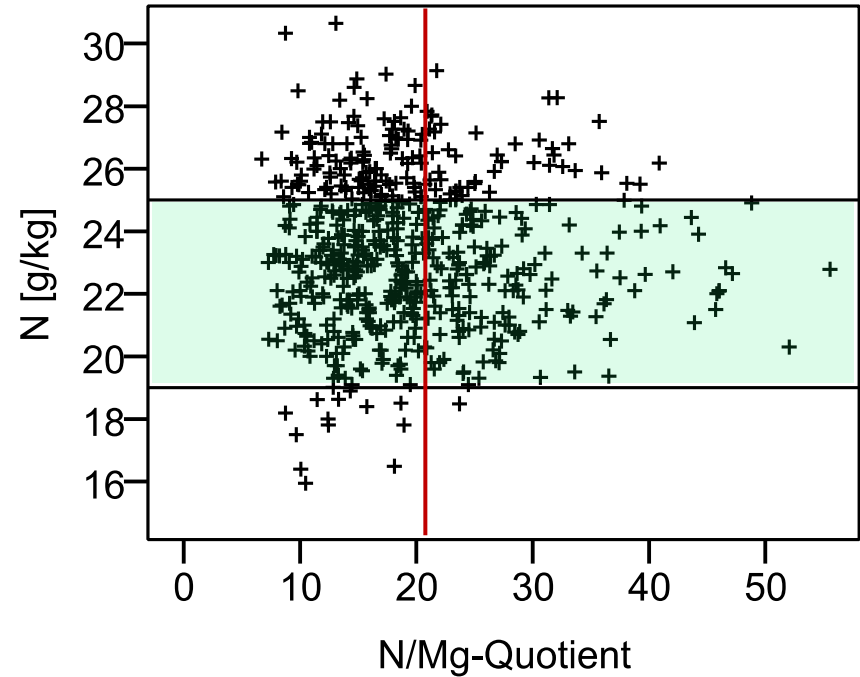
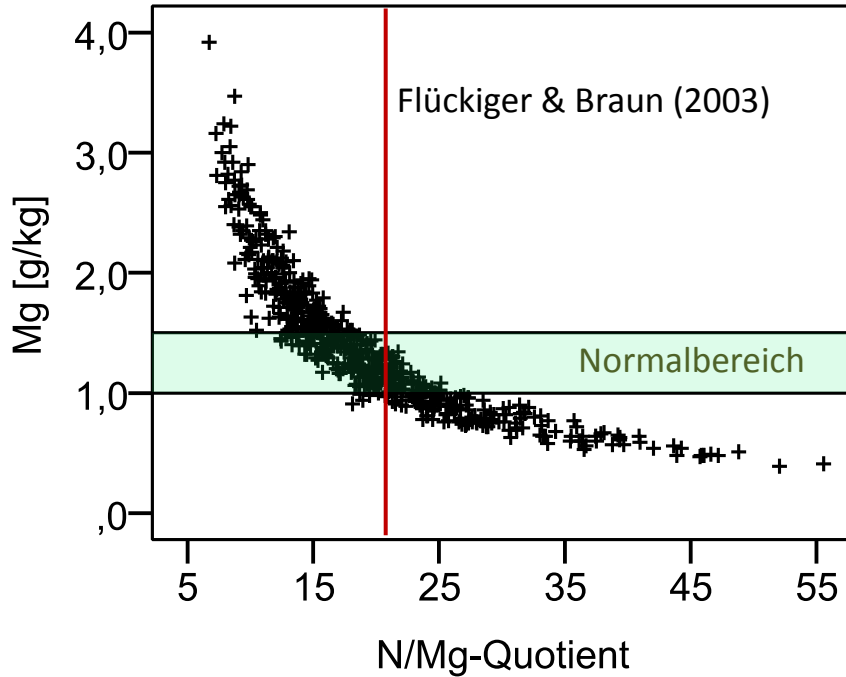
- bei Kiefer und Eiche gut **die Hälfte** der BZE-Punkte, bei Fichte und Buche ca. **ein Viertel** von **Übersorgung** mit Stickstoff betroffen
- **(latenter) N-Mangel** bei ca. **10%** (Fichte) bzw. **5%** (Kiefer) der BZE-Punkte
- **Zunahme** der N-Gehalte bei allen Baumarten zwischen BZE I und BZE II (Tendenz zur Luxusernährung)
- kaum relevante Unterschiede der N-Ernährung zwischen den ausgewerteten Straten

Kiefer



MU	Mull
MOM	Mullart. Moder
MO	Moder
MR	Rohhumusart. Moder
RO	Rohhumus
FH	Feuchthumus

Buche

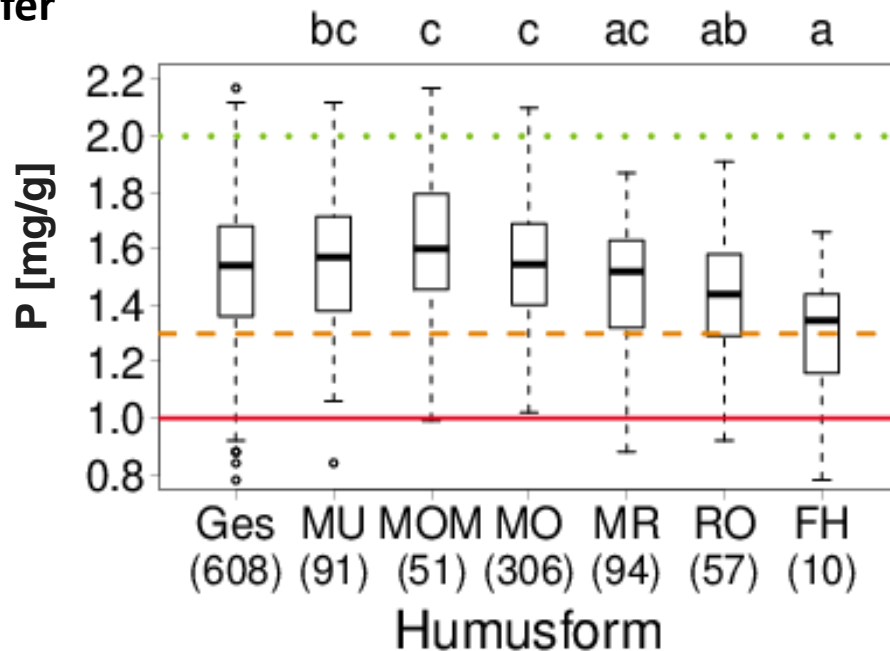


- Unausgewogene **N-Quotienten** stehen nicht unmittelbar in Zusammenhang mit hohen N Gehalten sondern ergeben sich durch niedrige Gehalte an P, K, Ca, Mg (Varianzen: $N \ll P, K, Ca, Mg$)
- keine Zusammenhänge zwischen N-Überernährung und Störungen der Kationenaufnahme nachweisbar
- empirisch abgeleitete kritische Stickstoffquotienten stimmen gut mit Literaturwerten von Mellert & Göttlein (2012) und Flückiger & Braun (2003) überein

Kernaussagen zur Phosphorversorgung

- Phosphorernährung bei Fichte und Kiefer **überwiegend normal**
- **P-Defizite** bei allen Baumarten: bei Buche **60%**, Eiche **38%** sowie Fichte und Kiefer jeweils ca. **20%** der BZE-Punkte (latent) mangelhaft versorgt
- stratifizierte Auswertung der P-Gehalte führt baumartenspezifisch zu unterschiedlichen Ergebnissen, häufig nicht kausal interpretierbar

Kiefer

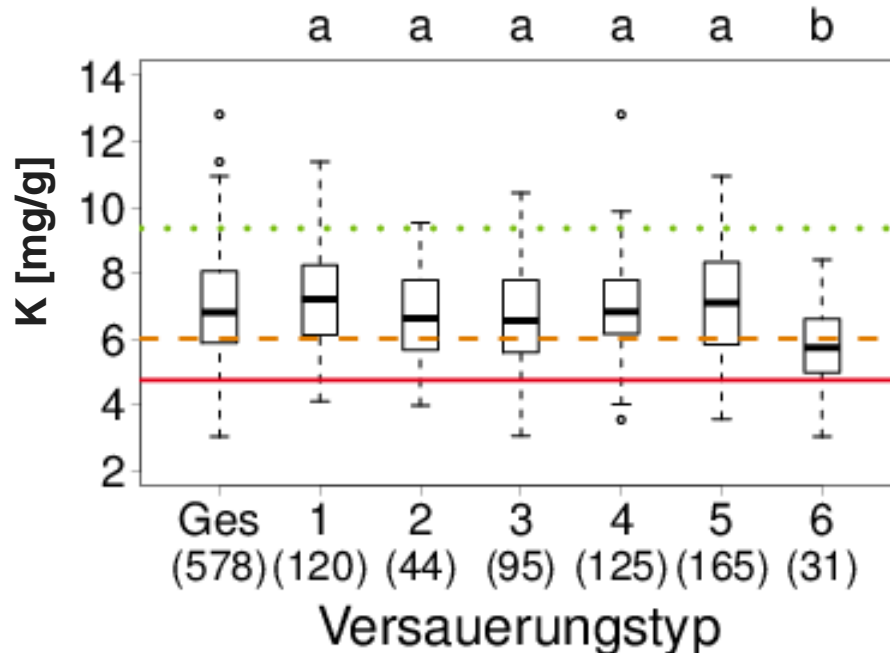


MU	Mull
MOM	Mullart. Moder
MO	Moder
MR	Rohhumusart. Moder
RO	Rohhumus
FH	Feuchthumus

Kernaussagen zur Kaliumversorgung

- **Kiefer** und **Eiche** weitgehend **normal** versorgt, **Fichte** und **Buche** auf ca. einem Viertel der BZE-Punkte **unterversorgt**
- **kaum Veränderung** der K-Versorgung zwischen BZE I zu BZE II
- stratifizierte Auswertung der K-Gehalte führt baumartenspezifisch zu unterschiedlichen Ergebnissen; insgesamt kaum Beziehungen zwischen Standort und Ernährung

Buche



1 BS >85 % in 0-90cm Tiefe

2 BS 50-85% im OB und

BS >85 % im UB

3 BS <50% im OB und

BS >85 % im UB

4 BS <60% im OB und

BS 30-85 % im UB

5 BS <50% im OB und

BS <30 % im UB

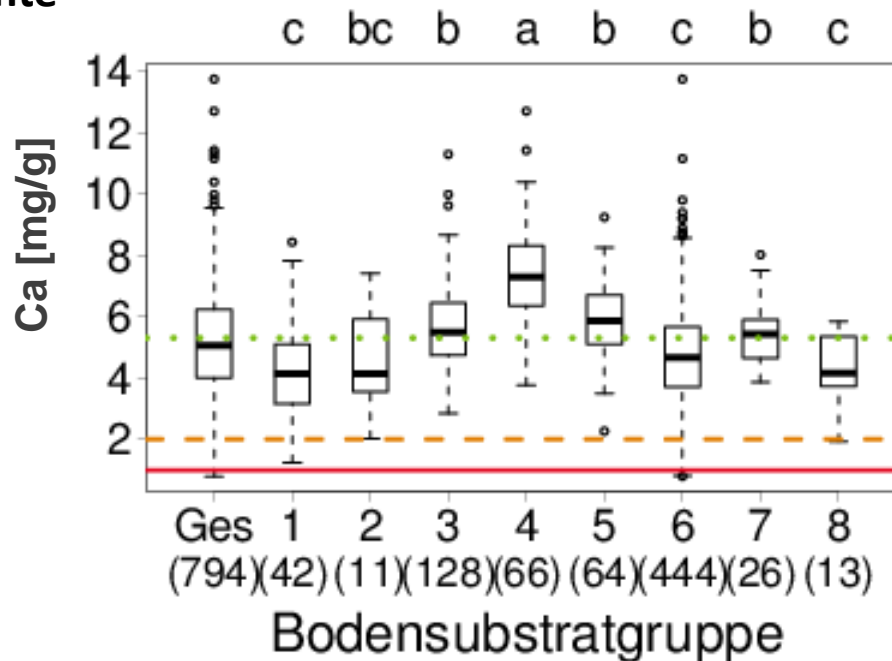
6 BS >50% im OB und

BS <30 % im UB, z.T. gekalkt

Kernaussagen zur Calciumversorgung

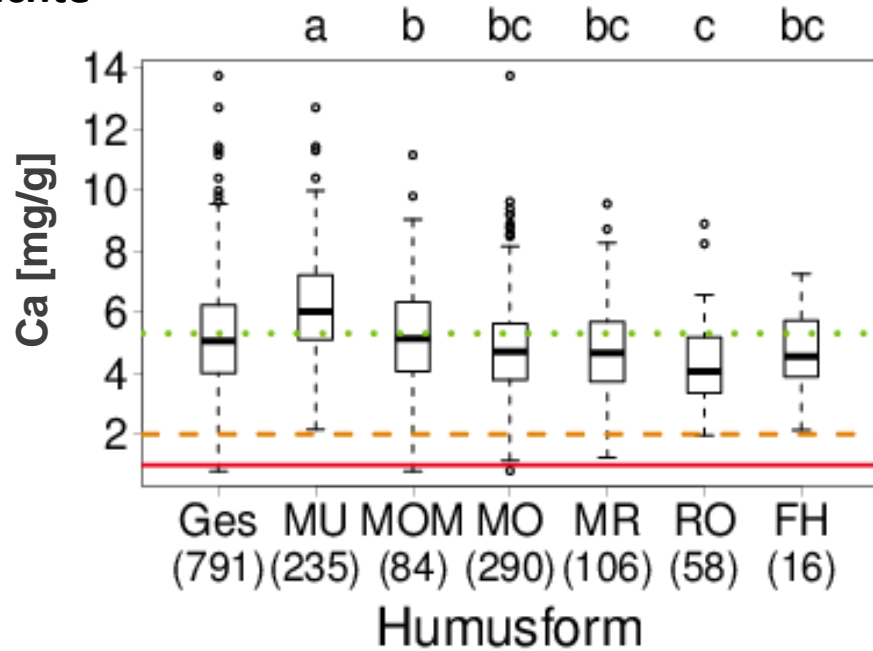
- Calciumgehalte über alle Baumarten hinweg **überwiegend im Normalbereich**
- **(latenter) Mangel** bei Buche und Eiche an jeweils **17%** der BZE-Punkte
- zwischen BZE I und BZE II **Zunahme** der Ca-Gehalte aller Baumarten
- deutliche plausible Abhängigkeiten der Ca-Ernährung von den ausgewerteten **Straten** bei allen Baumarten

Fichte



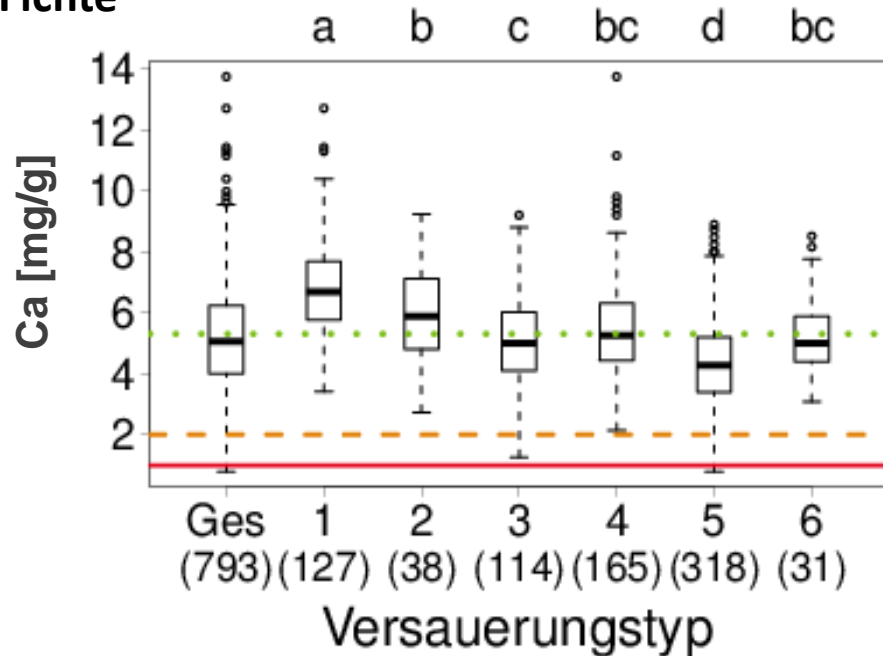
- 1 Böden aus basenarmem Lockergestein
- 2 Semiterrestrische Böden breiter Flusstäler
- 3 Tieflandböden aus Lösslehm
- 4 Böden aus verwittertem Karbonatgestein
- 5 Böden aus basisch-intermediärem Festgestein
- 6 Böden aus basenarmem Festgestein
- 7 Böden der Alpen
- 8 Moore und Anmoore

Fichte



MU Mull
 MOM Mullart. Moder
 MO Moder
 MR Rohhumusart. Moder
 RO Rohhumus
 FH Feuchthumus

Fichte

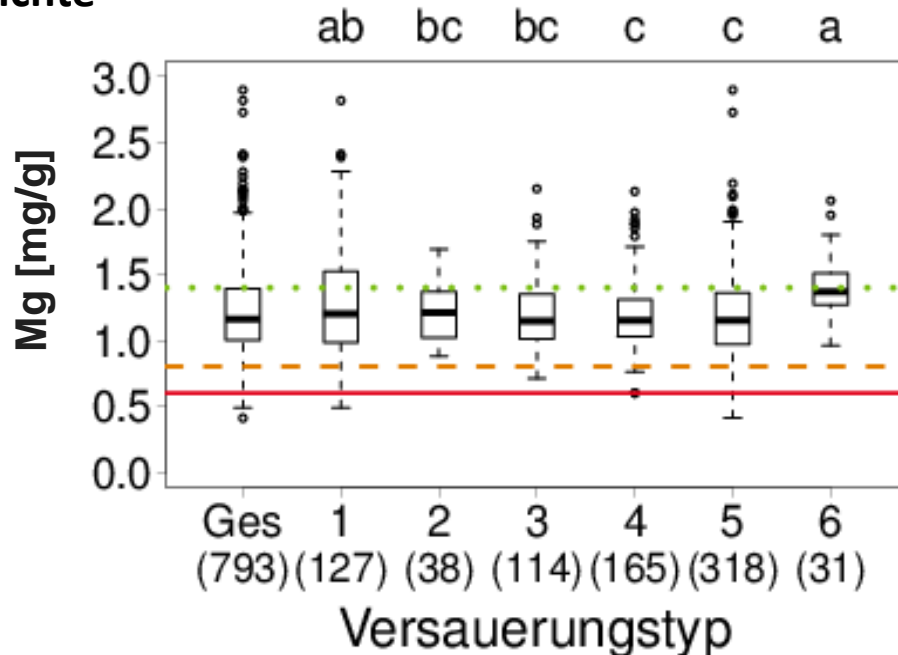


1 BS >85 % in 0-90cm Tiefe
 2 BS 50-85% im OB und
 BS >85 % im UB
 3 BS <50% im OB und
 BS >85 % im UB
 4 BS <60% im OB und
 BS 30-85 % im UB
 5 BS <50% im OB und
 BS <30 % im UB
 6 BS >50% im OB und
 BS <30 % im UB, z.T. gekalkt

Kernaussagen zur Magnesiumversorgung

- Magnesiumernährung bei allen Baumarten **überwiegend normal**
- (latenter) **Mg-Mangel** bei Kiefer, Buche und Eiche an jeweils ca. **einem Viertel** der BZE-Punkte, bei Fichte an wenigen Punkten
- zwischen BZE I und BZE II **Zunahme** der Mg-Gehalte bei Fichte und Buche
- Mg-Gehalte reduzieren sich mit steigendem **Versauerungsgrad** der Böden

Fichte



1 BS >85 % in 0-90cm Tiefe

2 BS 50-85% im OB und

BS >85 % im UB

3 BS <50% im OB und

BS >85 % im UB

4 BS <60% im OB und

BS 30-85 % im UB

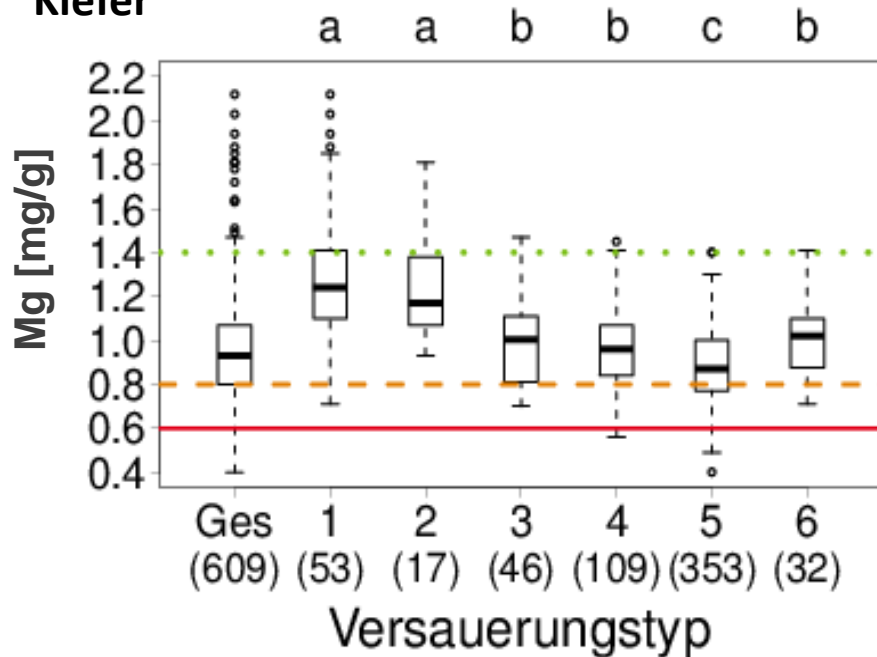
5 BS <50% im OB und

BS <30 % im UB

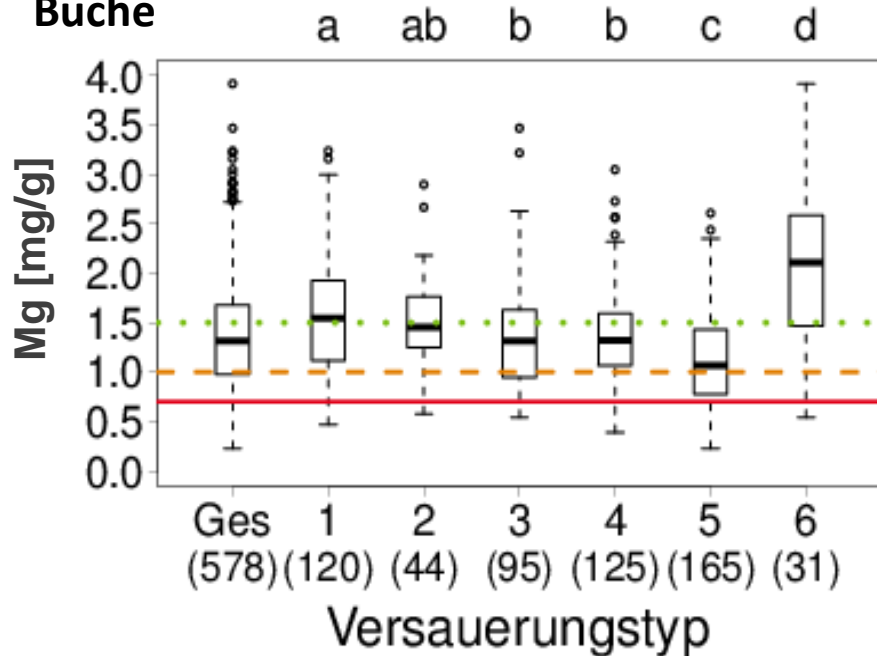
6 BS >50% im OB und

BS <30 % im UB, z.T. gekalkt

Kiefer



Buche



1 BS >85 % in 0-90cm Tiefe

2 BS 50-85% im OB und
BS >85 % im UB

3 BS <50% im OB und
BS >85 % im UB

4 BS <60% im OB und
BS 30-85 % im UB

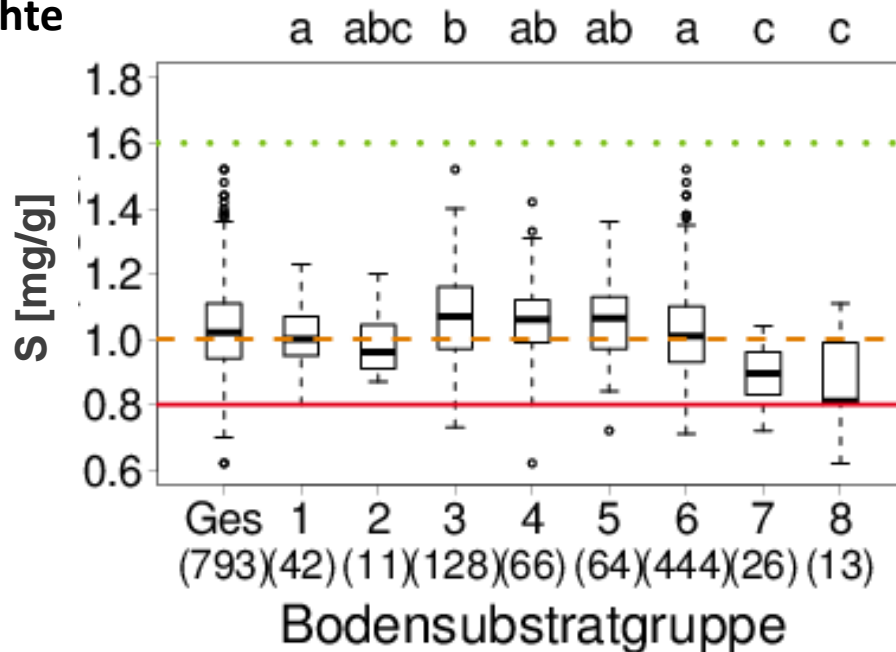
5 BS <50% im OB und
BS <30 % im UB

6 BS >50% im OB und
BS <30 % im UB, z.T. gekalkt

Kernaussagen zur Schwefelversorgung

- Schwefelernährung bei **Kiefer** und **Eiche** nahezu vollständig im **Normalbereich**, bei **Fichte** und **Buche** an jeweils ca. **40%** der BZE-Punkte (nach den verwendeten Schwellenwerten) **latent mangelhaft**.
- sehr deutlicher **Rückgang der S (Über)Ernährung** bei allen Baumarten zwischen BZE I und BZE II
- kaum (plausible) Beziehungen zu den ausgewerteten Straten

Fichte



- 1 Böden aus basenarmem Lockergestein
- 2 Semiterrestrische Böden breiter Flusstäler
- 3 Tieflandböden aus Lösslehm
- 4 Böden aus verwittertem Karbonatgestein
- 5 Böden aus basisch-intermediärem Festgestein
- 6 Böden aus basenarmem Festgestein
- 7 Böden der Alpen
- 8 Moore und Anmoore

Kernaussagen zu Mikronährstoffen und Schwermetallen

- alle Baumarten überwiegend **normal** versorgt mit **Eisen, Mangan, Kupfer und Zink**
- deutlich **reduzierte Bleigehalte** in den Nadeln von Fichte und Kiefer bestätigen die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Reduktion von Pb-Emissionen

Pb [mg kg ⁻¹ TM]	Fichte		Kiefer	
	BZE I	BZE II	BZE I	BZE II
Mittelwert	1,16	0,46	3,18	0,56
Std.Abw.	0,84	0,32	2,35	0,34
Median	1,00	0,34	2,80	0,45

Gandois und Probst (2012) zur Weißtanne in den Pyrenäen:
Median ± Std.abw.: **0,2 ± 0,13** mg Pb kg⁻¹ TM

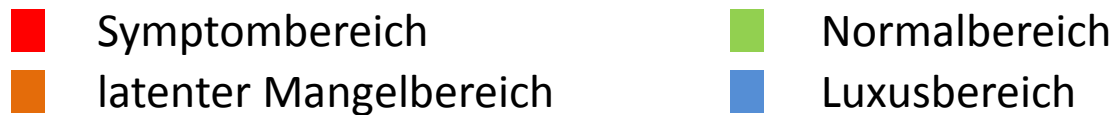
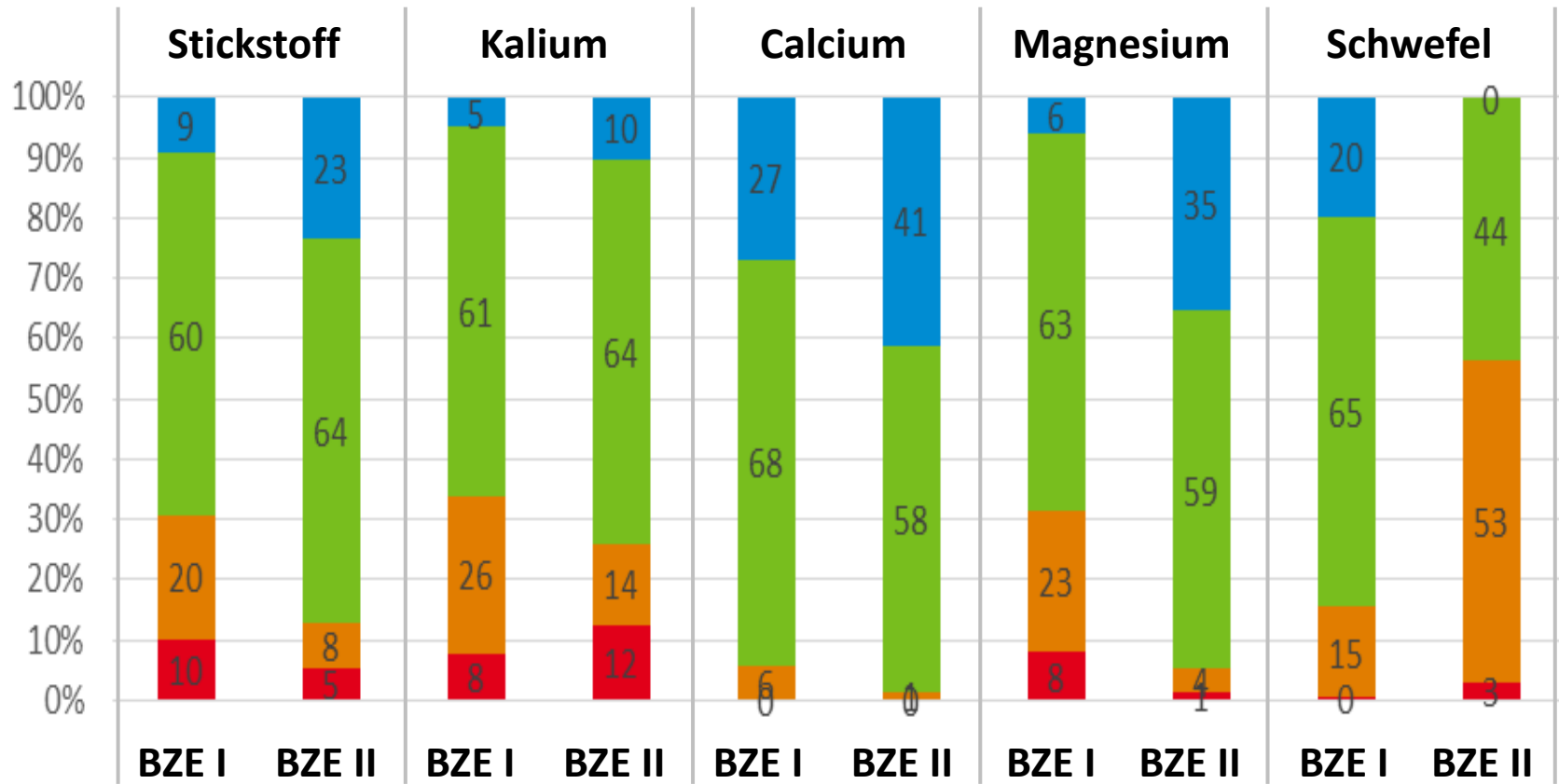
Vergleich von BZE I und BZE II anhand

- der **gepaarten** Stichprobe (gepaarter t-Test)
- für Fichte und Buche **Berücksichtigung von Zeitreihen** des Level II-Programms (1995-2008) zur Differenzierung von
 - räumlicher
 - zeitlicher und
 - unerklärter Varianz
 (gemischtes-lineares Modell)

signifikante Änderungen: Differenz aus BZE I und BZE II größer als zweifache Standardabweichung aus zeitlicher und unerklärter Varianz

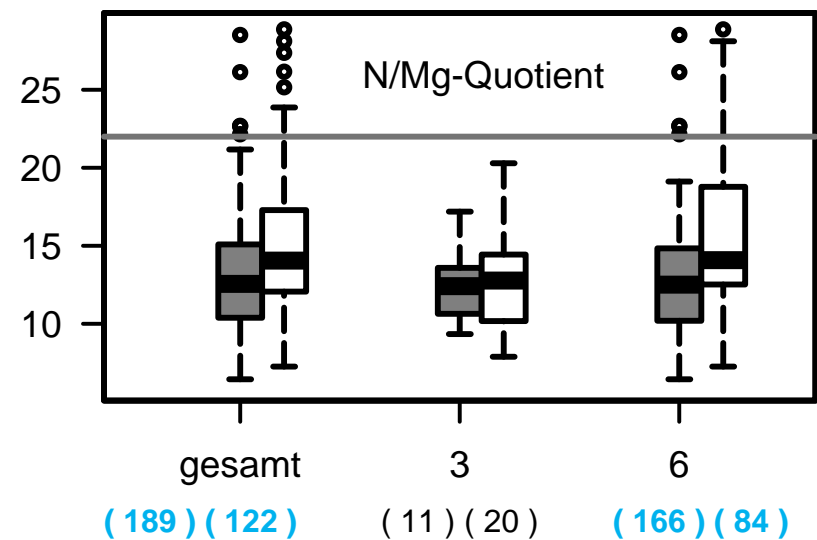
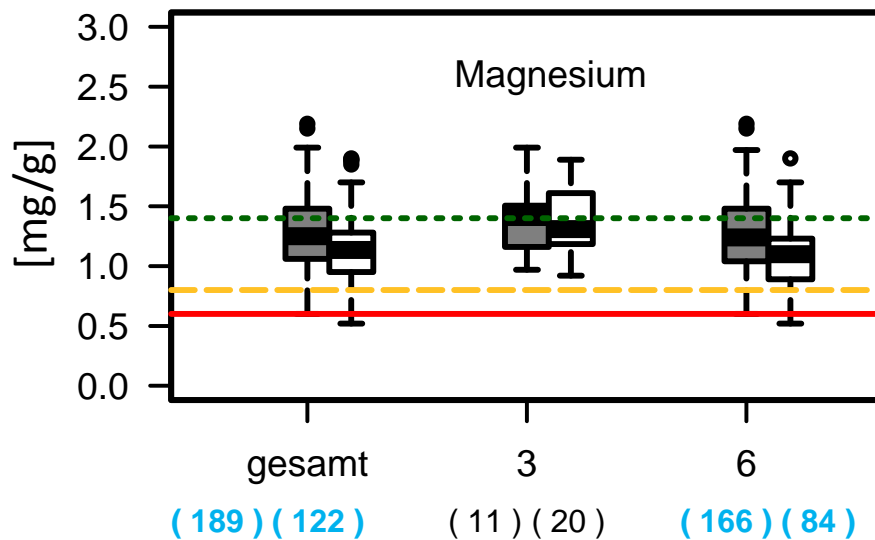
		N	K	Ca	Mg	S
Fichte (n=265)	sig. Zunahme	32%	28%	43%	57%	0%
	sig. Abnahme	10%	18%	11%	5%	62%
Buche (n=40)	sig. Zunahme	15%	5%	20%	13%	0%
	sig. Abnahme	2%	10%	18%	7%	45%

Veränderung der Bewertung bei der Baumart Fichte



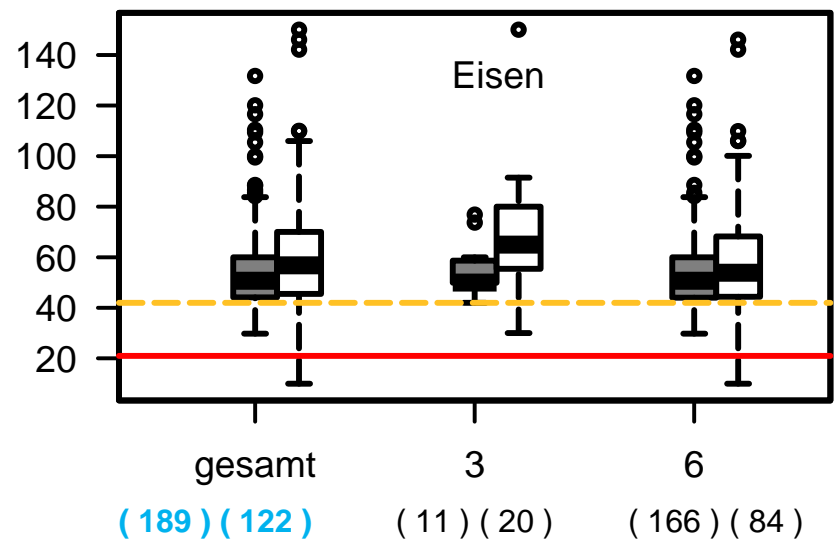
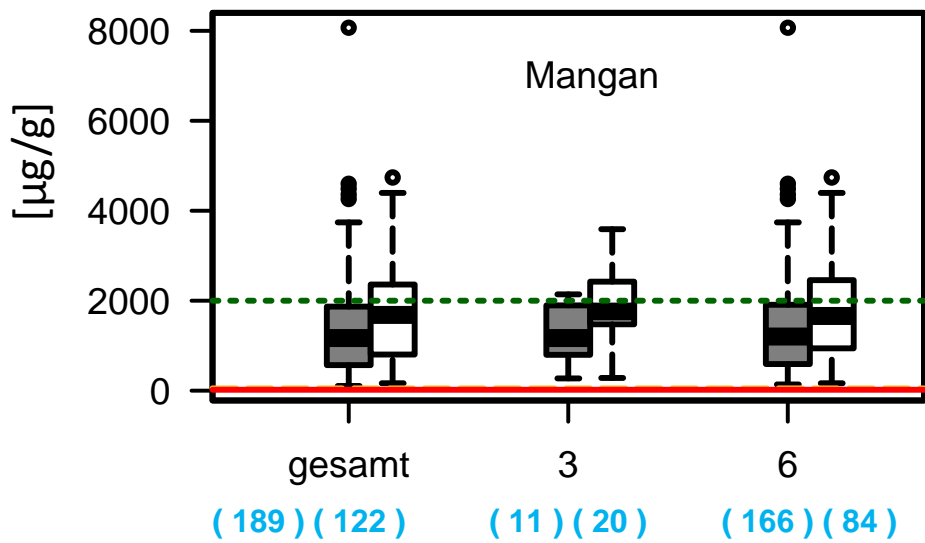
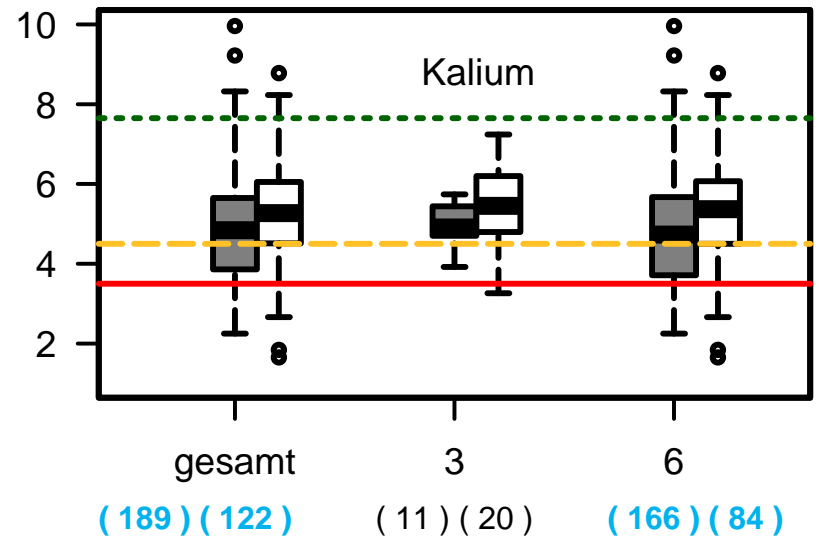
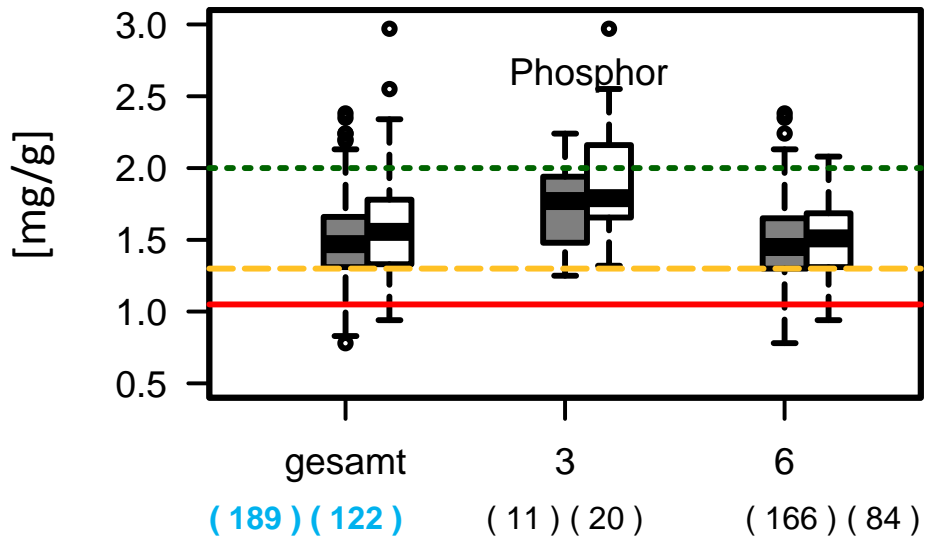
Einfluss der Bodenschutzkalkung – Baumart Fichte

- Stickstoff: kein nachweisbarer Einfluss
- Phosphor: geringere P-Gehalte auf den gekalkten Flächen (trotz z.T. P-Düngung)
- Kalium: geringere K-Gehalte auf wiederholt gekalkten Flächen
- Calcium: kein nachweisbarer Einfluss
- Magnesium: Verbesserung der Mg-Ernährung und Ausgleich bestehender Mg-Defizite auf gekalkten Flächen
- Eisen, Mangan: verringerte Fe- und Mn-Gehalte (Normalbereich) nach Kalkung



3 = Tieflandböden aus Lösslehm 6 = Böden auf basenarmem Festgestein

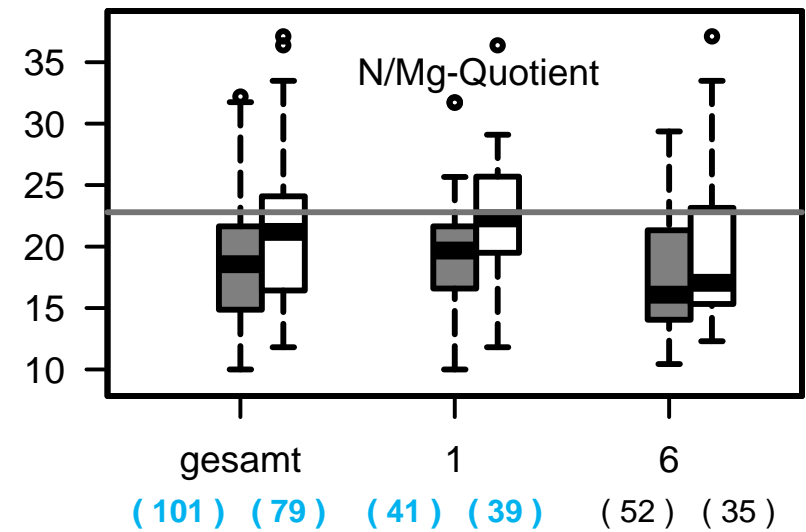
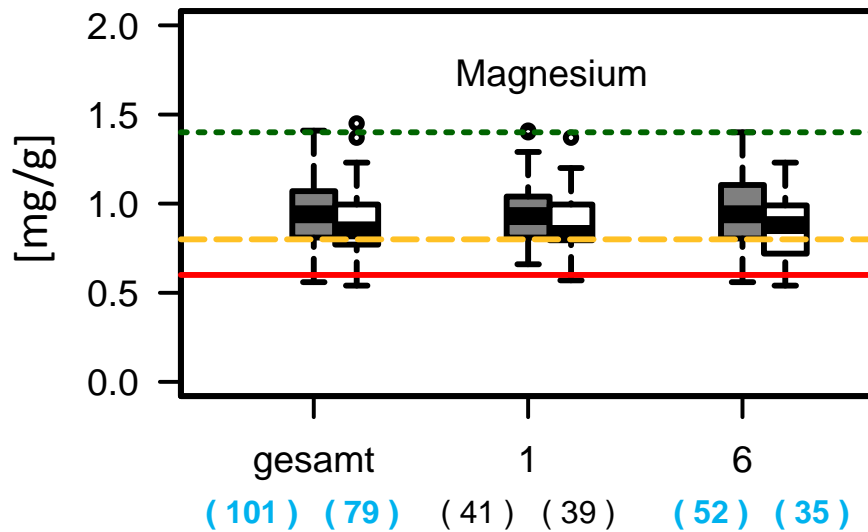
■ gekalkte Punkte □ ungekalkte Punkte



3 = Tieflandböden aus Lösslehm 6 = Böden auf basenarmem Festgestein
 ■ gekalkte Punkte □ ungekalkte Punkte

Einfluss der Bodenschutzkalkung – Baumart Kiefer

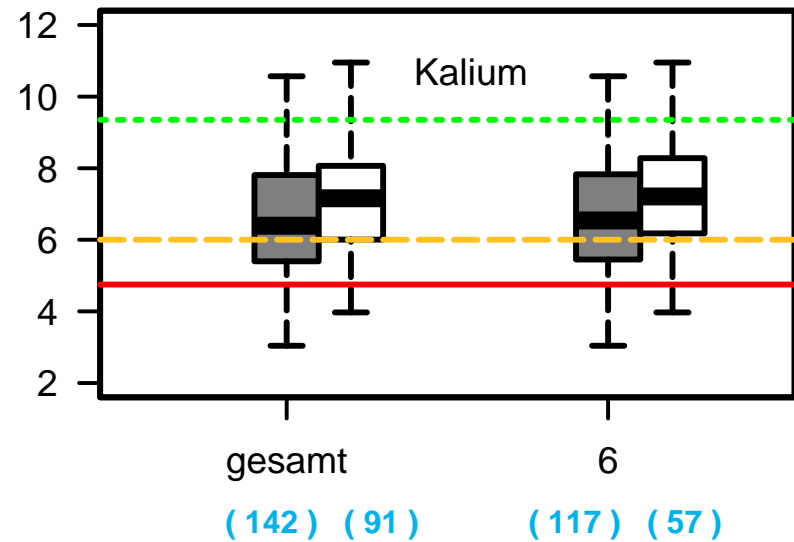
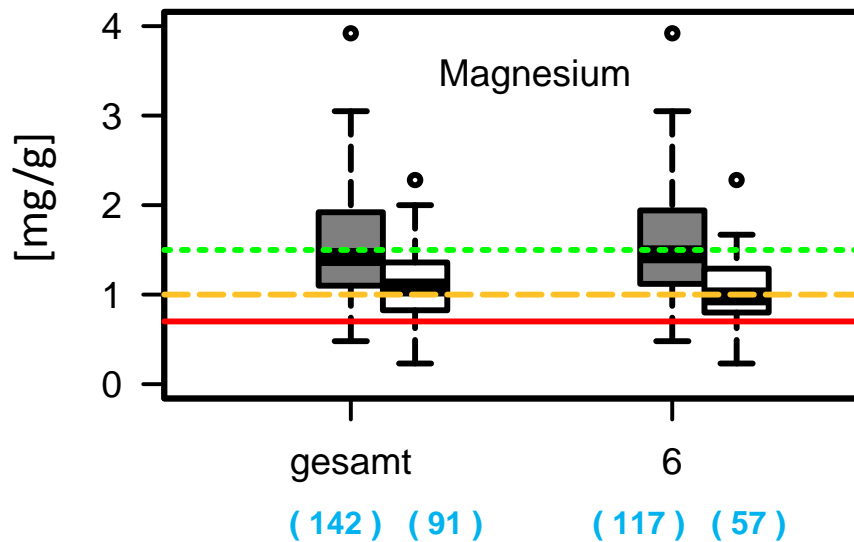
- Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium: kein nachweisbarer Einfluss
- Magnesium: Verbesserung der Mg-Ernährung und Ausgleich bestehender Mg-Defizite auf gekalkten Flächen



1 = Böden aus basenarmem Lockergestein 6 = Böden auf basenarmem Festgestein
■ gekalkte Punkte □ ungekalkte Punkte

Einfluss der Bodenschutzkalkung – Baumart Buche

- Stickstoff und Phosphor: kein nachweisbarer Einfluss
- Kalium: Abnahmen auf wiederholt gekalkten Flächen
- Calcium, Magnesium: Verbesserung der Ca- und Mg-Ernährung und Ausgleich bestehender Defizite auf gekalkten Flächen
- Eisen: verringerte Fe-Gehalte (im Normalbereich) auf gekalkten Flächen

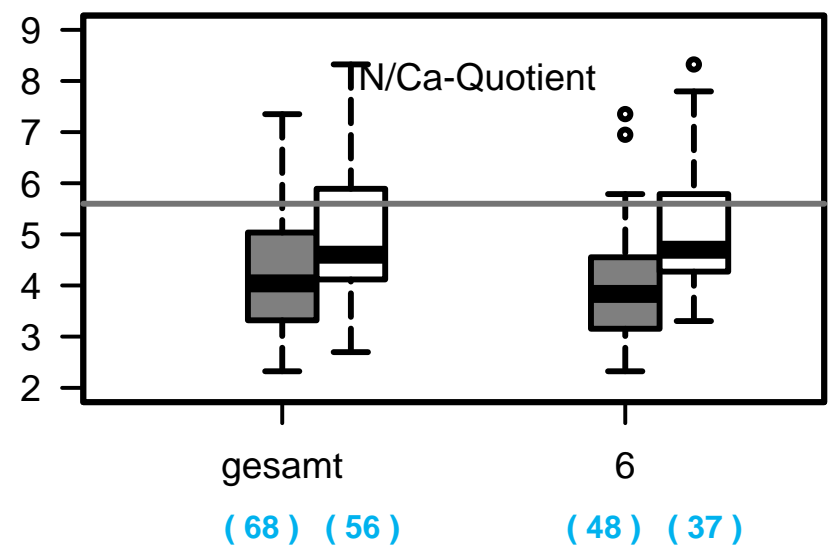
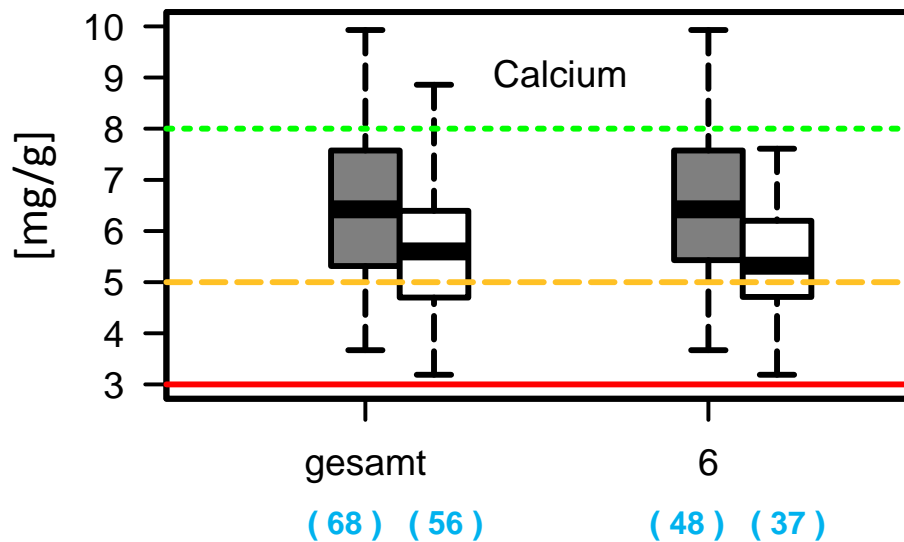


6 = Böden auf basenarmem Festgestein

■ gekalkte Punkte □ ungekalkte Punkte

Einfluss der Bodenschutzkalkung – Baumart Eiche

- Stickstoff, Phosphor, Kalium: kein nachweisbarer Einfluss
- Calcium, Magnesium: Verbesserung der Ca- und Mg-Ernährung und Ausgleich bestehender Defizite auf gekalkten Flächen



6 = Böden auf basenarmem Festgestein

■ gekalkte Punkte □ ungekalkte Punkte

Folgerungen

- Die BZE-Ernährungsdaten bestätigen: Kalkungsmaßnahmen sowie Maßnahmen der Luftreinhaltung (S, Pb) waren erfolgreich! Mögliche Ca-K-Antagonismen auf Kalkungsflächen sind weiter zu beobachten.
- Die N-Ernährung spiegelt eine anhaltende N-Belastung wider: dadurch Nährstoffungleichgewichte bei geringen Ca-, Mg-, K-, P-Gehalten.
- Der Nährstoff-Export bei der Nutzung (insbesondere Vollbaumernte) ist zu berücksichtigen: Ernährung zeigt limitierte Verfügbarkeiten von P, K, Mg und N auf. Unter dem Aspekt der stofflichen Nachhaltigkeit ist die Ernährungsdiagnose ein unabdingbarer Bestandteil des Monitorings!
- Die Interpretation kausaler Zusammenhänge ist oftmals noch uneindeutig: daher umsichtige Interpretation der Befunde hinsichtlich möglicher Maßnahmen (z.B. Walddüngung) angeraten!

