



Befunde der landesweiten Waldbodenzustandserhebung (BZE) in Rheinland-Pfalz

Dr. Joachim Block, FAWF, Abt. Waldschutz

Seminar 1.2.6 Ergebnisse der Bodenzustandserhebung und der
Waldernährungserhebung – Konsequenzen für die Forstplanung
am 10.06.2010 in Trippstadt

Forstliches Umweltmonitoring

Übersichtserhebungen (Level I) (landesweites Raster)

Waldschadens-
Erhebung

WSE

wesentliche
Indikatoren

Kronen-
zustand

Aufnahme-
turnus

jährlich

Wichtigste Ziele:
Erkennen von Schadschwerpunkten
Erfassung der Schadentwicklung

Wald-
ernährungs-
erhebung

WEE

Nadel-/Blatt-
Analysewerte

ca. alle
15 Jahre

**Bodenzustands-
Erhebung**

BZE

**chemischer
Boden-
zustand**

**ca. alle
15 Jahre**

Intensivuntersuchungen (Level II / III) (ausgewählte Flächen)

Dauerbeob.
Waldökosysteme

- Kronenzustand
- Nährstoffversorg.
- Waldwachstum
- Bodenzustand
- Bodenvegetation
- Mykorrhiza
- Phänologie
- Mortalität
- biotische Schadeinflüsse
- u.a.

Wichtigste Ziele:
Erkennen von Ursachen-Wirkungsbeziehungen
Ableitung/Prüfung von Gegenmaßnahmen

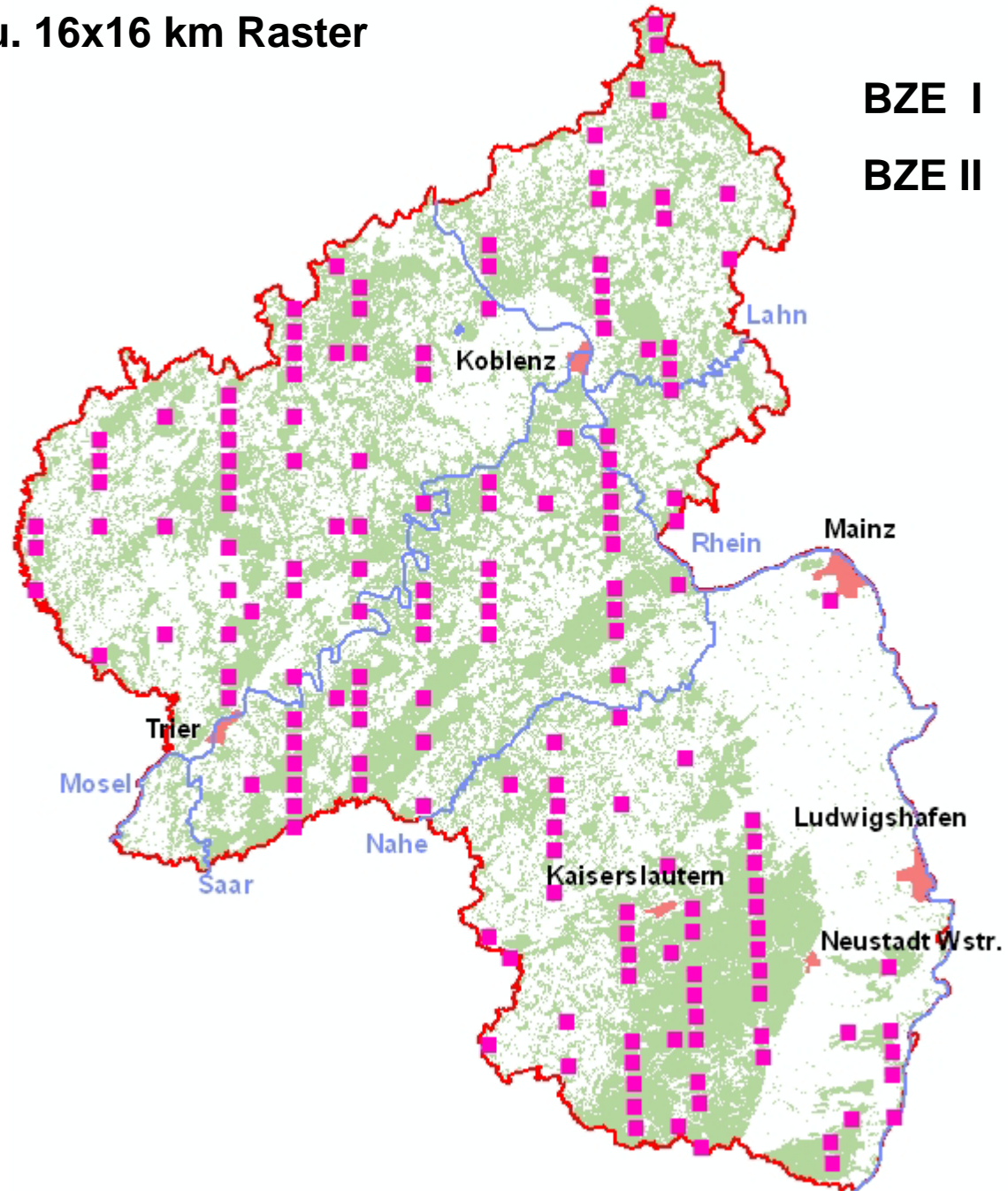
Dauermessung
Umwelt-
Bedingungen

- Immission
- Deposition
- Witterung
- Critical Loads
- Wasser- u.
Stoffhaushalt
- u.a.

Experimente/
Projekte

- Kalkungs-
Versuche
- Nährstoffentzug
- Mortalitäts-
entwicklung
- u.a.

4x12 u. 16x16 km Raster



BZE I 1989 143 Punkte

BZE II 2006 165 Punkte

Ziele der BZE II

Sie soll zuverlässige, flächenrepräsentative und bundesweit vergleichbare Informationen liefern über:

- Bodenversauerung
- Stickstoffsättigung
- Kohlenstoffspeicherung
- Schwermetallanreicherung
- Belastung durch organische Schadstoffe
- Bodenwasserhaushalt
- Waldernährung und Nährstoffpotenzial in Waldböden
- Gefahren für Grund- und Quellwasser
- Wirkung von Kalkung und Waldumbau

Kooperationen

EU: Forest Focus (BioSoil)

Bund: BMELV, vTI-WOI, Forstl.
Forschungsanstalten der Länder, LABO, UBA, BGR

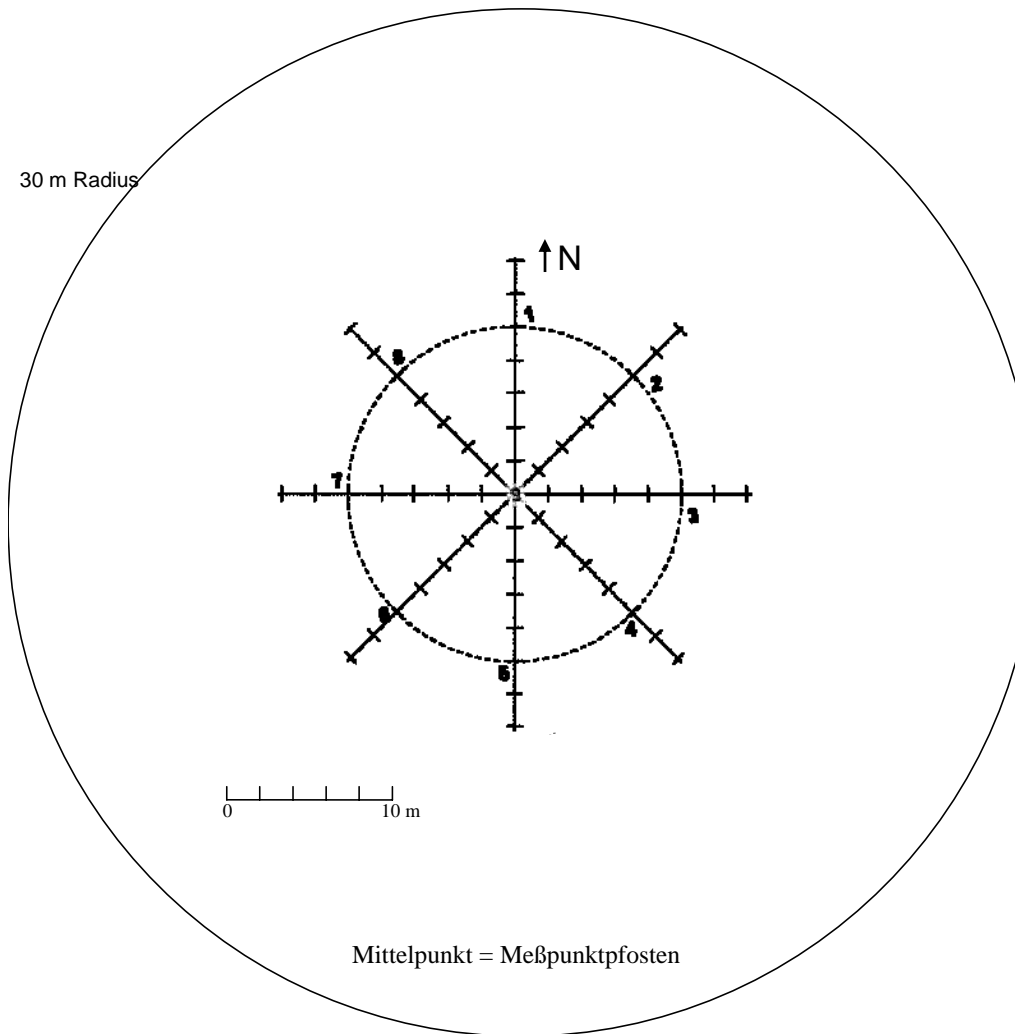
Rheinland-Pfalz:

FAWF + Forstl. Standortskartierung Koblenz,
MUFV – Abt. 107 – Bodenschutz, LUFA Speyer,
LGB Mainz, Univ. Freiburg

Erhebungen im Rahmen der BZE II

- Bodenuntersuchungen
- Aufnahme der Bodenvegetation
- Erhebungen zum Waldbestand
- Kronenzustandserhebung
- Waldernährungerhebung (Nadel- und Blattproben)

Aufbau eines Rasterpunktes



Bodenprofil
befindet sich in
unmittelbarer Nähe
des
Messpunktpostens





Podsol-
Braunerde
aus
Mittlerem
Buntsand-
stein













blocküberlagerte
Braunerde aus
Unterdevon







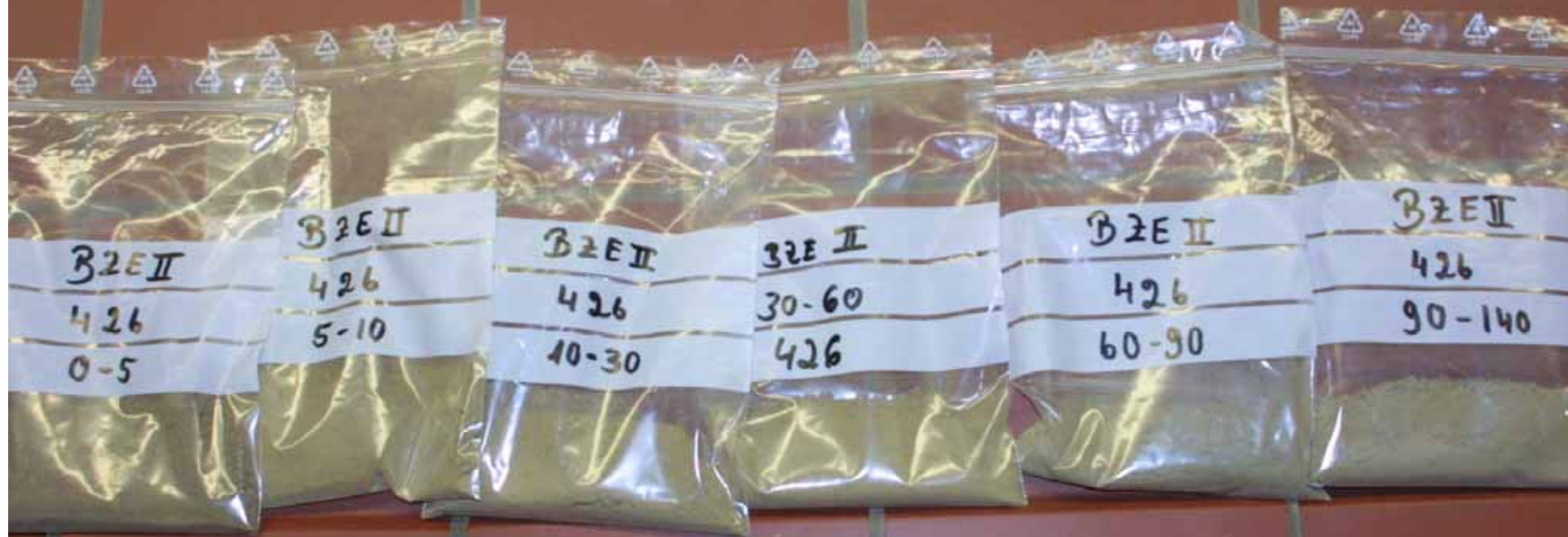












B2EII
426
0-5

B2EII
426
5-10

B2EII
426
10-30

B2EII
30-60
426

B2EII
426
60-90

B2EII
426
90-140



BCE II
-30
613 987

BCE II 987
20-30
613 - 12,5 mm

BCE II 987
20-30
12,5 - 20 mm

BCE II 987
20-30
20-63 mm

BCE II
2103
437
0-5



Analysenspektrum - Humus

Humusaufgabe (L+Of+Oh)

- $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$
- Nt
- Corg
- KöWa P, K, Ca, Mg, Fe, Al, Mn, Pb, Cu, Zn, Cd, As, Cr, Hg, Co, Ni
- AKe D (Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn, H)
- AKe EU (Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn, H) (EU-Stichprobe)
- Carbonat
- Oxalat lösl. Fe und Al (EU-Stichprobe)
- Persistente organische Schadstoffe (Organochlorpestizide, Polychlorierte Biphenyle (PCB), Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Polychlorierte Dibenzodioxine/-furane (PCDD/F)) (EU-Stichprobe)

Analysenspektrum – Mineralboden

Tiefenstufen: 0–5, 5–10, 10–30, 30–60, 60–90, 90–140, 140–200cm

EU-Stichprobe: 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-90, 90-140, 140-200cm

- $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, pH_{KCl} , $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$
- Nt
- Corg
- KöWa P, K, Ca, Mg, Fe, Al, Mn, Pb, Cu, Zn, Cd, As, Cr, Co, Ni, Hg
- AKe D (Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn, H)
- AKe EU (Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn, H) (EU-Stichprobe)
- AKt
- Carbonat
- Oxalat lösliches Fe und Al
- Persistente organische Schadstoffe (EU-Stichprobe)
- An- u. Kationen im wässrigen 1:2 Extrakt (an Unterbodenproben)
- AKe Skelett (an Probenauswahl)
- Mineralanalysen einschließlich RFA Gesamtanalyse (an Probenauswahl)
- Korngrößenverteilung
- TRD
- Skelettmasse (2-6,3, 6,3-12,5, 12,5-20, 20-63, >63mm)
- Feinbodenmasse

Etwa 68.800 Analysebefunde!

Analysequalität

Verschiedene GAFA- und EU-Biosoil-Ringanalysen

LUFA (AKe D, AKe EU, AKt, Cges, Nges, CCO₃, KW, pH, 1:2 Ex., ox. Fe, Al)
und LGB (KW) „**Kriterien erfüllt**“

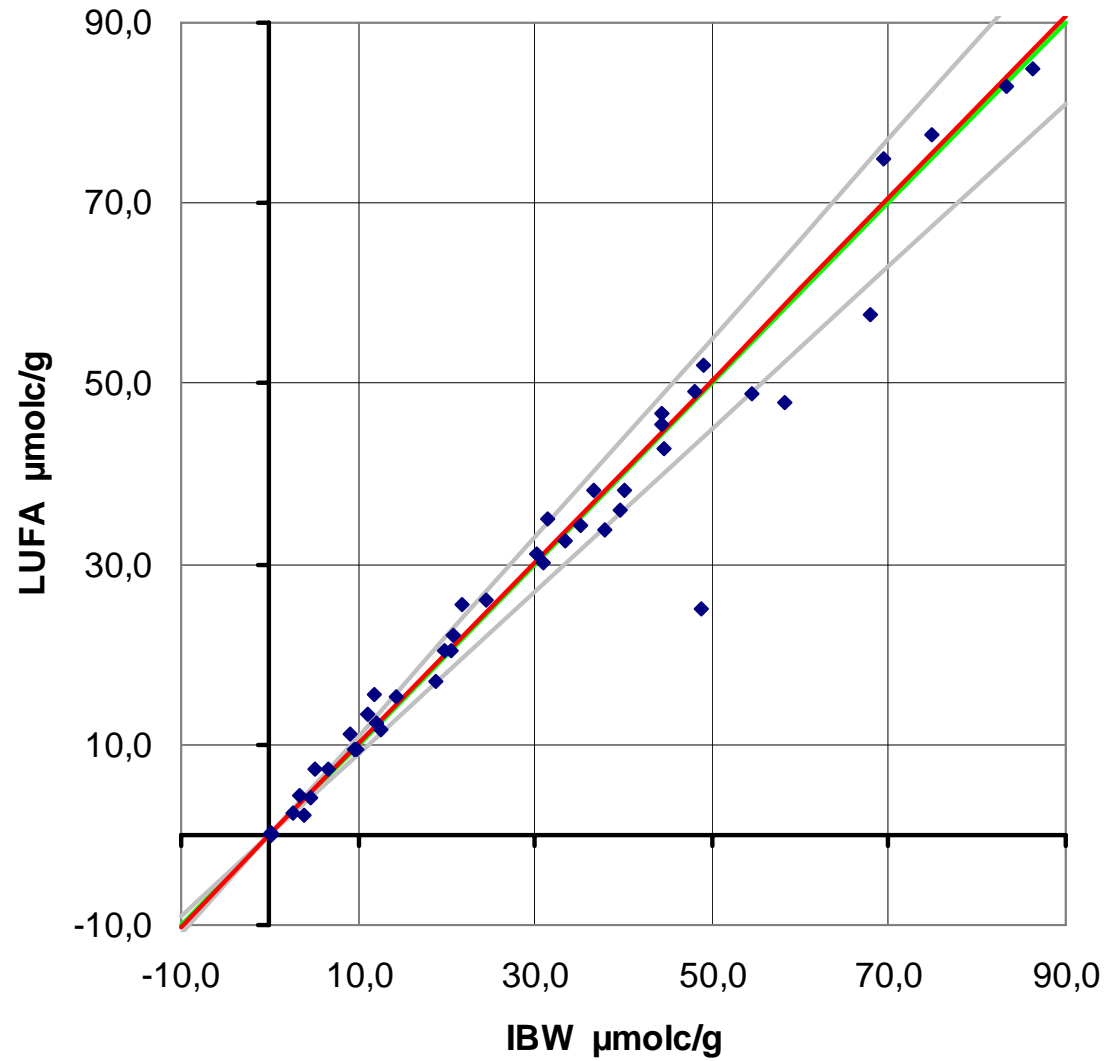
Beispiel:	MW	gem.	MW	gem.	MW	gem.
AKe D: Ca	7,66	7,73	0,98	1,15	8,04	8,15
AKe D: Mg	2,63	2,69	0,18	0,23	1,51	1,56

Vergleichbarkeit BZE I und II

- Auflagehumus: Analyse von Rückstellproben der BZE I mit neuen Verfahren (KöWa, AKe Humus) ⇒ unmittelbare Vergleichbarkeit
- Mineralboden: Analyse von 50 Rückstellproben der BZE I (Zufallsstichprobe) durch neues Labor (LUFA) und Abgleich mit Altbefunden (IBW)

Abgleich Alt- und Neuanalyse an Rückstellproben

AI

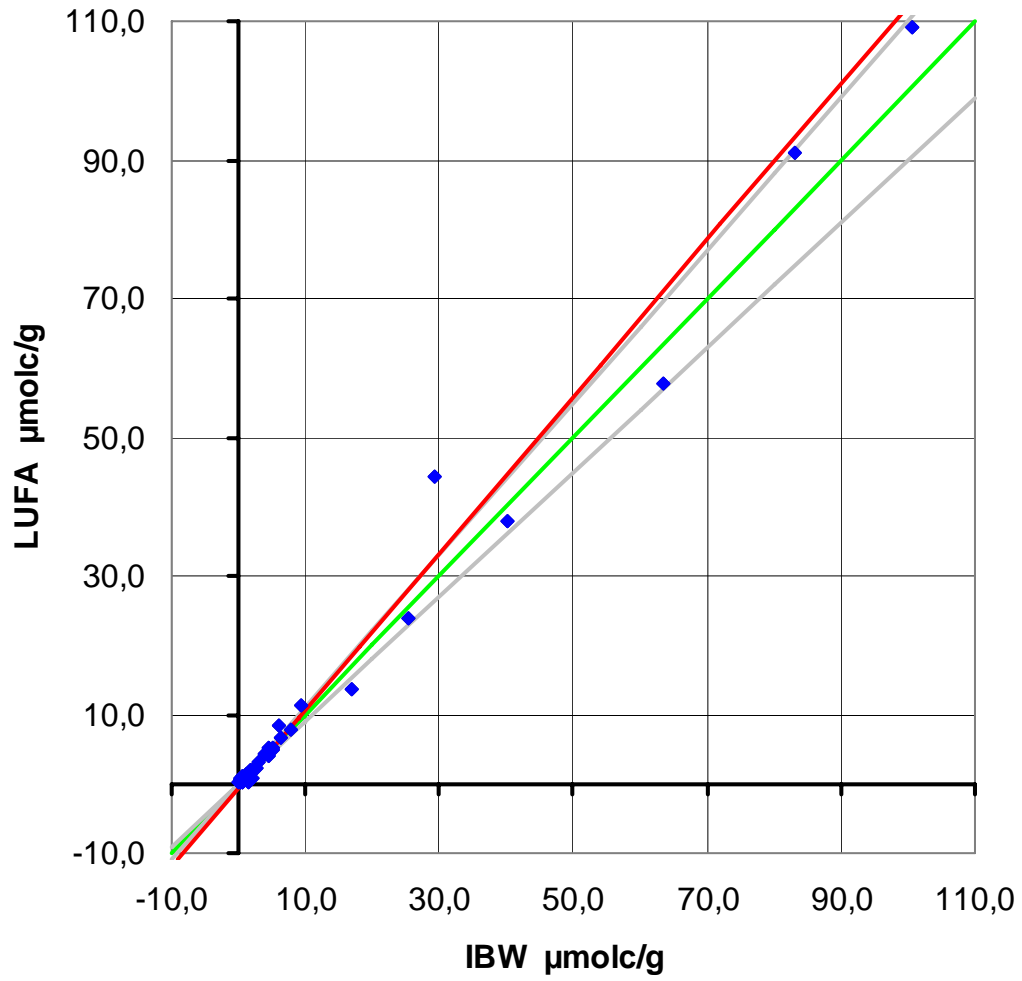


$$y = 1,0085x - 0,0413$$
$$R^2 = 0,9860$$

BW
MW: 33,54 µmolc/g
STABW: 28,42 µmolc/g

LUFA
MW: 33,81 µmolc/g
STABW: 29,27 µmolc/g

Ca



$y = 1,1298x - 0,646$
 $R^2 = 0,9979$

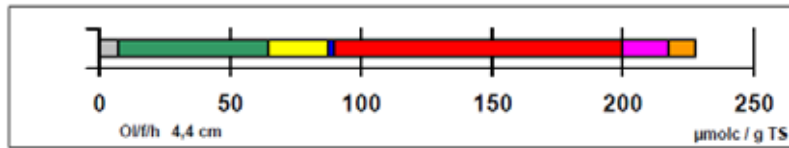
IBW
MW: 17,37 μmolc/g
STABW: 58,95 μmolc/g

LUFA
MW: 19,21 μmolc/g
STABW: 68,03 μmolc/g

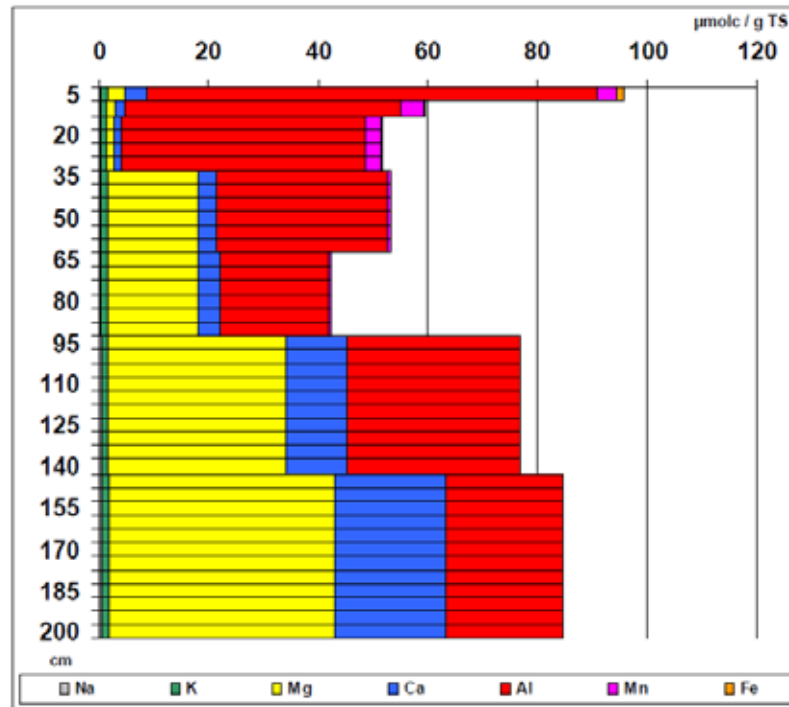
Report 3 : austauschbare Kationen

Rasterpunkt: 45

Humusaufgabe



Mineralboden



Vorräte in Humusaufgabe und Mineralboden bis 90cm (oder Beprobungstiefe)
[kg/ha]

K: 1456,6 Ca: 7030,7 Mg: 10190,8

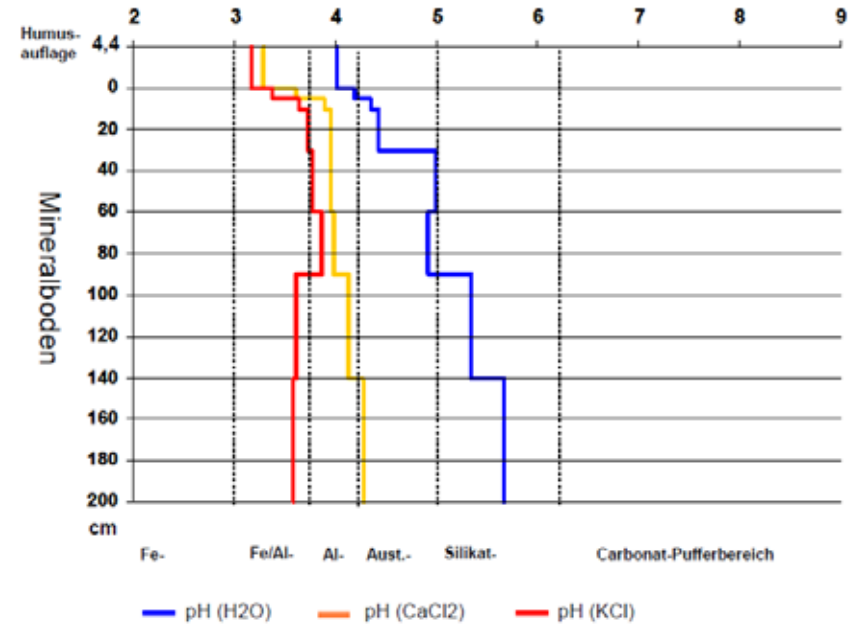
Na: 359,1 Al: 8217,1 Mn: 558,6

Fe: 88,7 H: 99,2

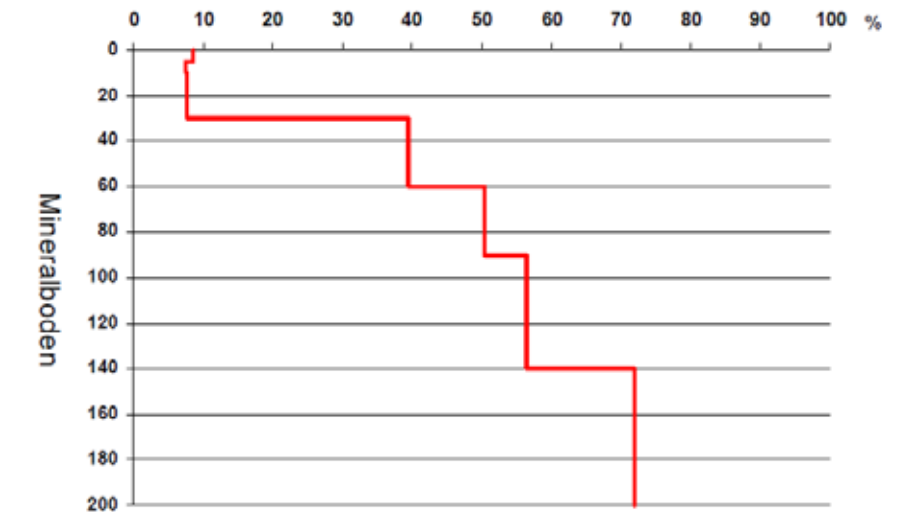
Report 4 : Versauerungsstatus

Rasterpunkt: 45

pH-Werte

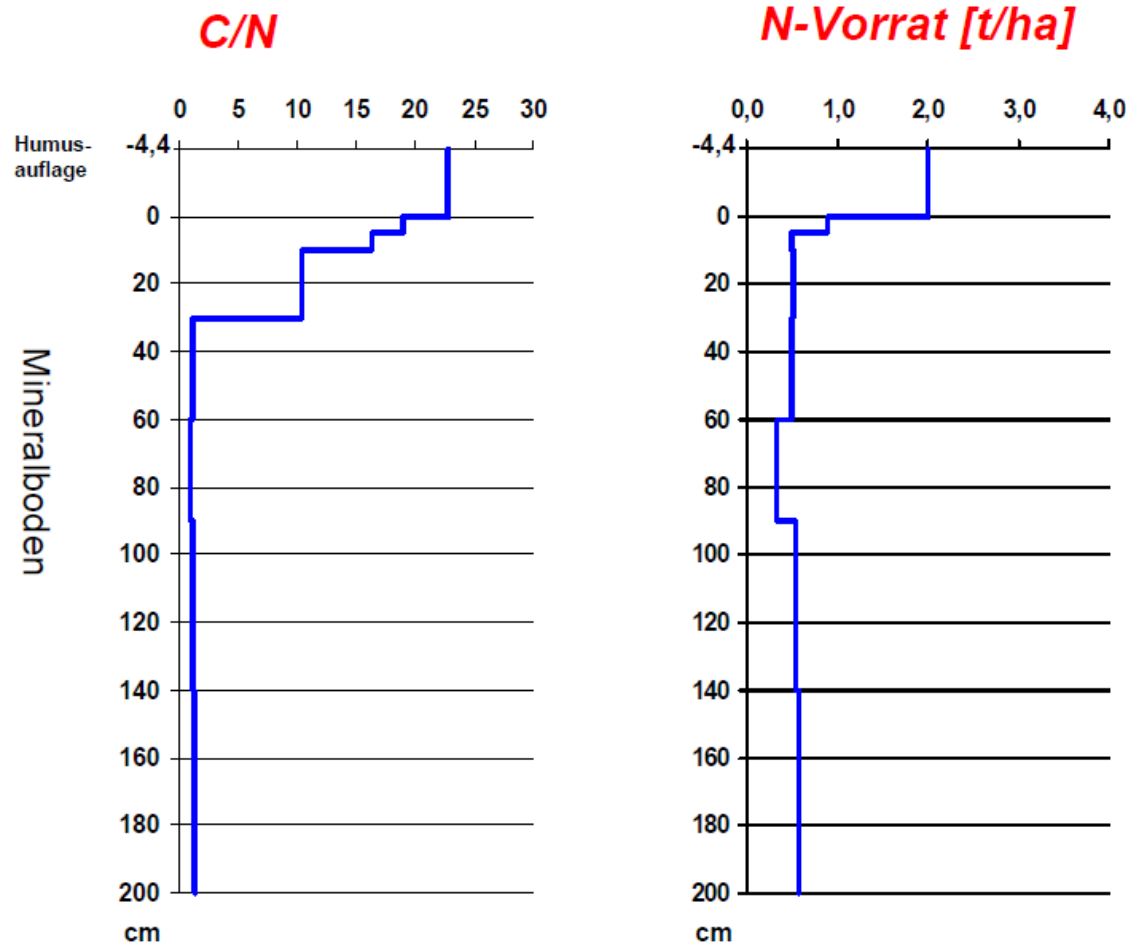


Basensättigung



Report 6 : Stickstoffstatus

Rasterpunkt: 45



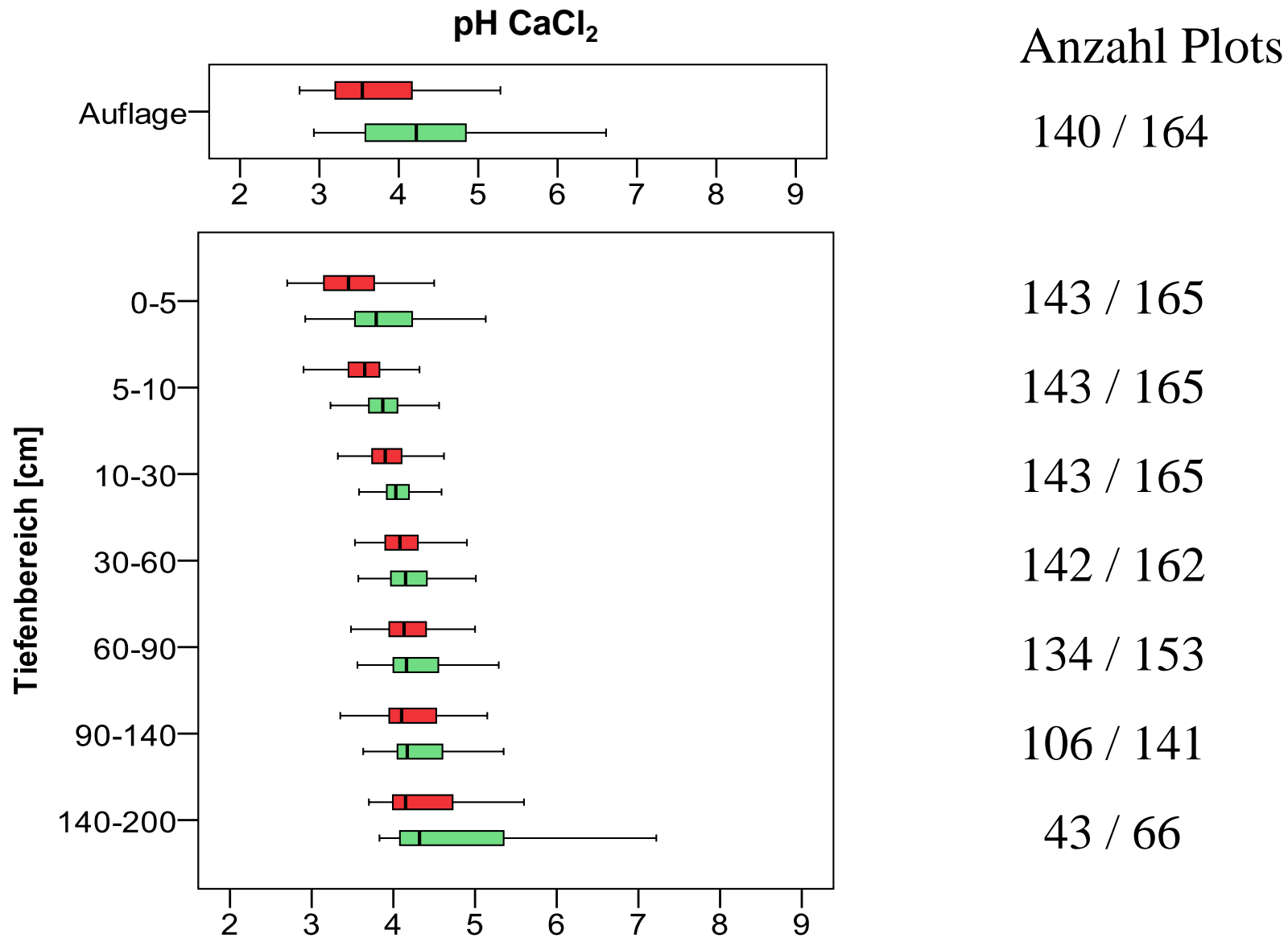
Stickstoffvorrat bis 90cm (oder Beprobungstiefe) [t/ha] 10,5

Nitratgehalt im wässrigen Extrakt
(bezogen auf Bodenwassergehalt von 30 %) : 2,5 mg/l

Bisherige Ergebnisse

- Bodenversauerung
- Nährstoffvorräte in Feinboden und Bodenskelett
- Wirkung der Bodenschutzkalkung
- Kohlenstoffspeicherung
- Stickstoffsättigung
- Schadstoffbelastung

pH_{CaCl2}
BZE I (rot) und BZE II (grün); alle Plots

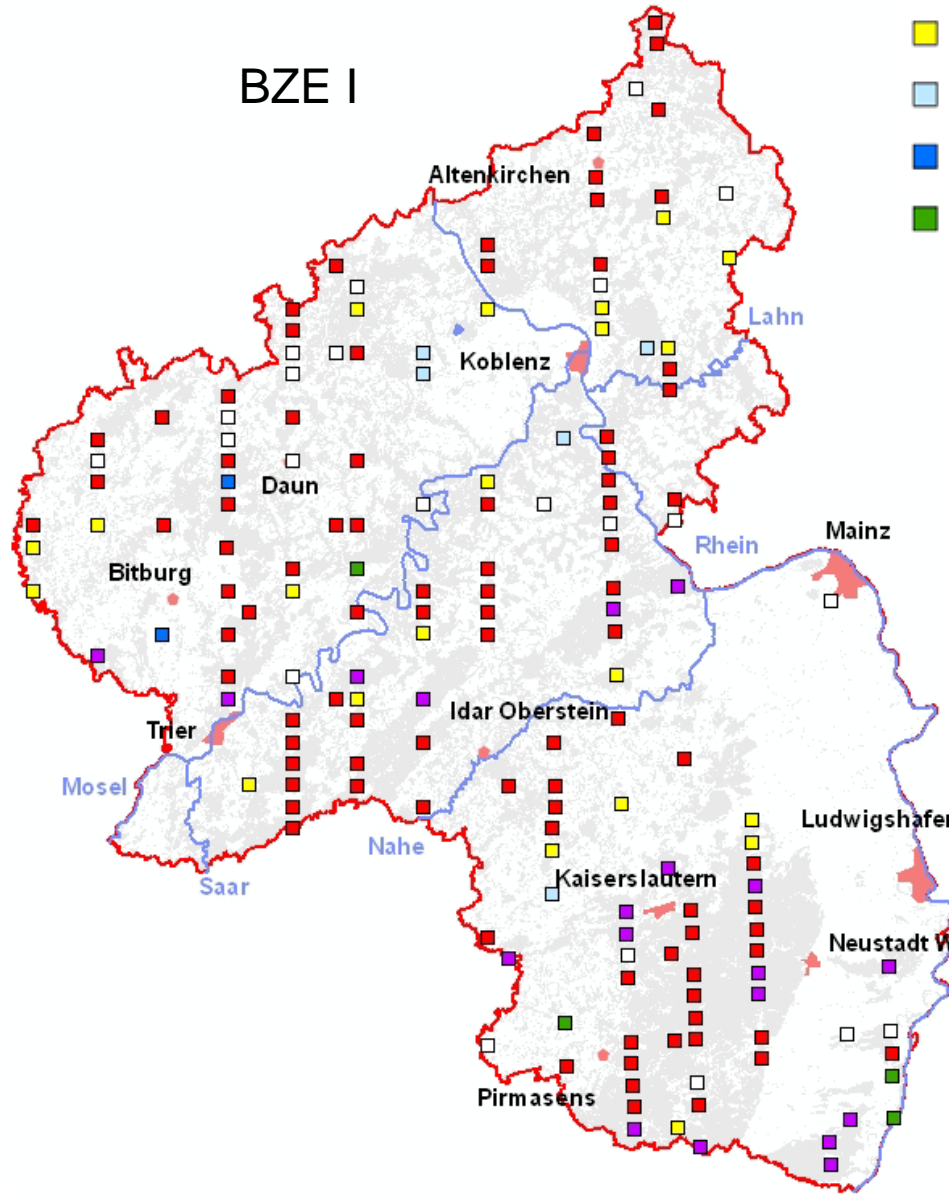


Kolmogorov-Smirnov Test: Veränderungen in Auflage und Mineralboden bis 30cm signifikant

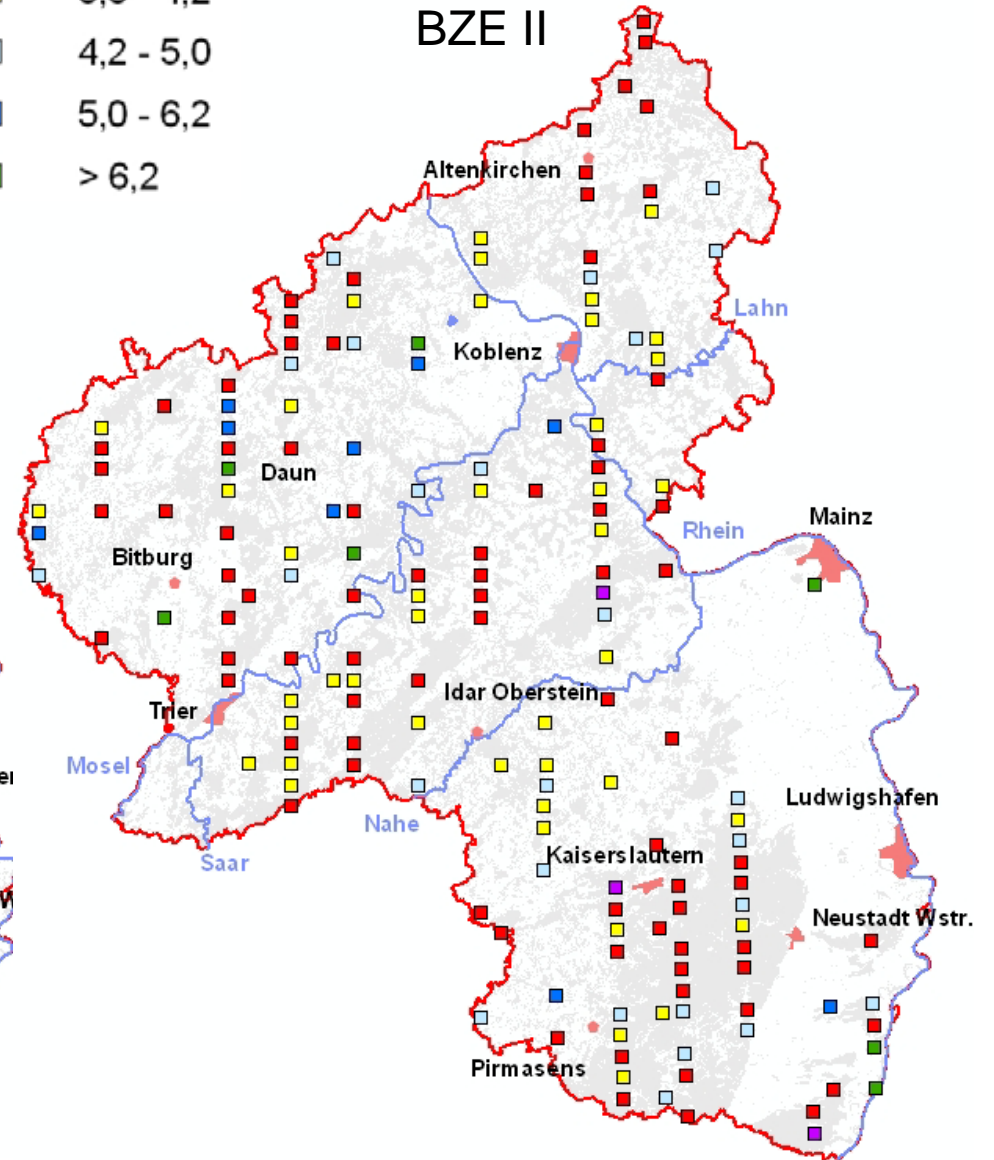
pH CaCl2 in 0-5cm

- Wert fehlt
- < 3,0
- 3,0- 3,8
- 3,8 - 4,2
- 4,2 - 5,0
- 5,0 - 6,2
- > 6,2

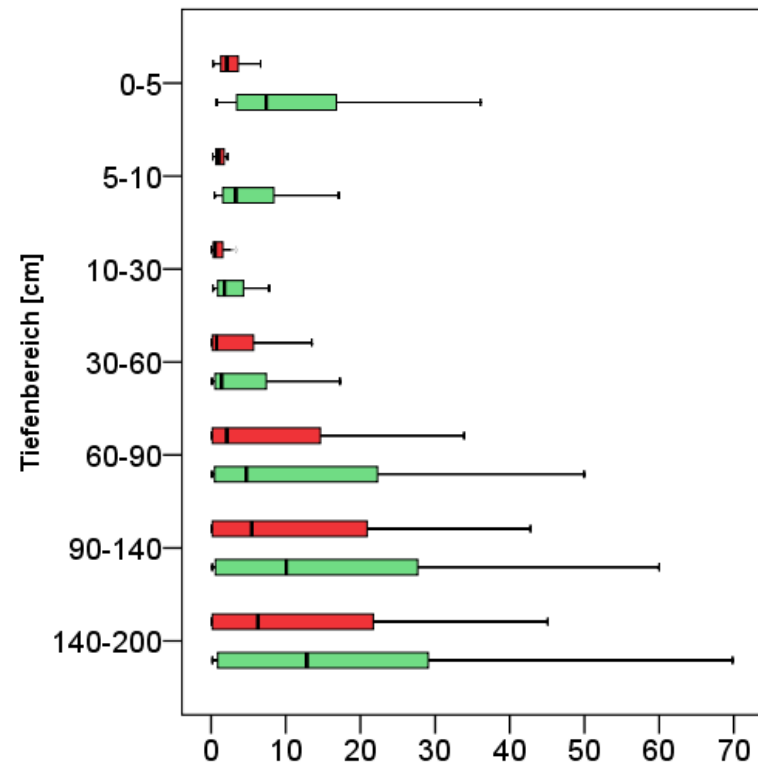
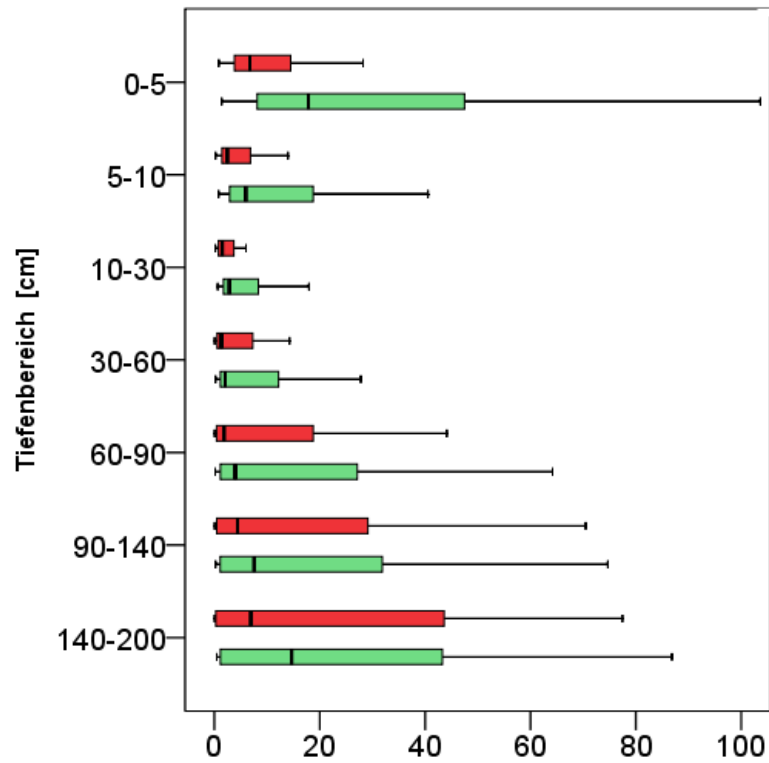
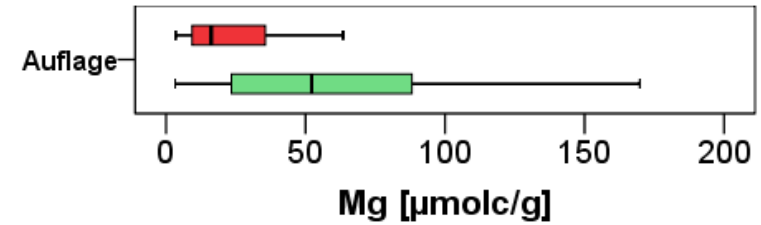
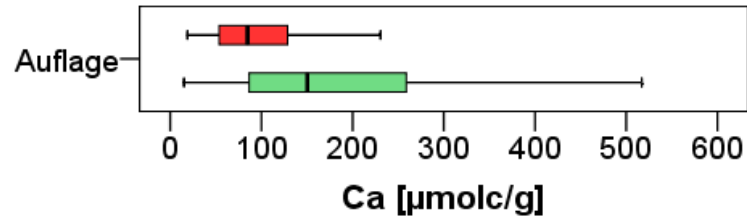
BZE I



BZE II

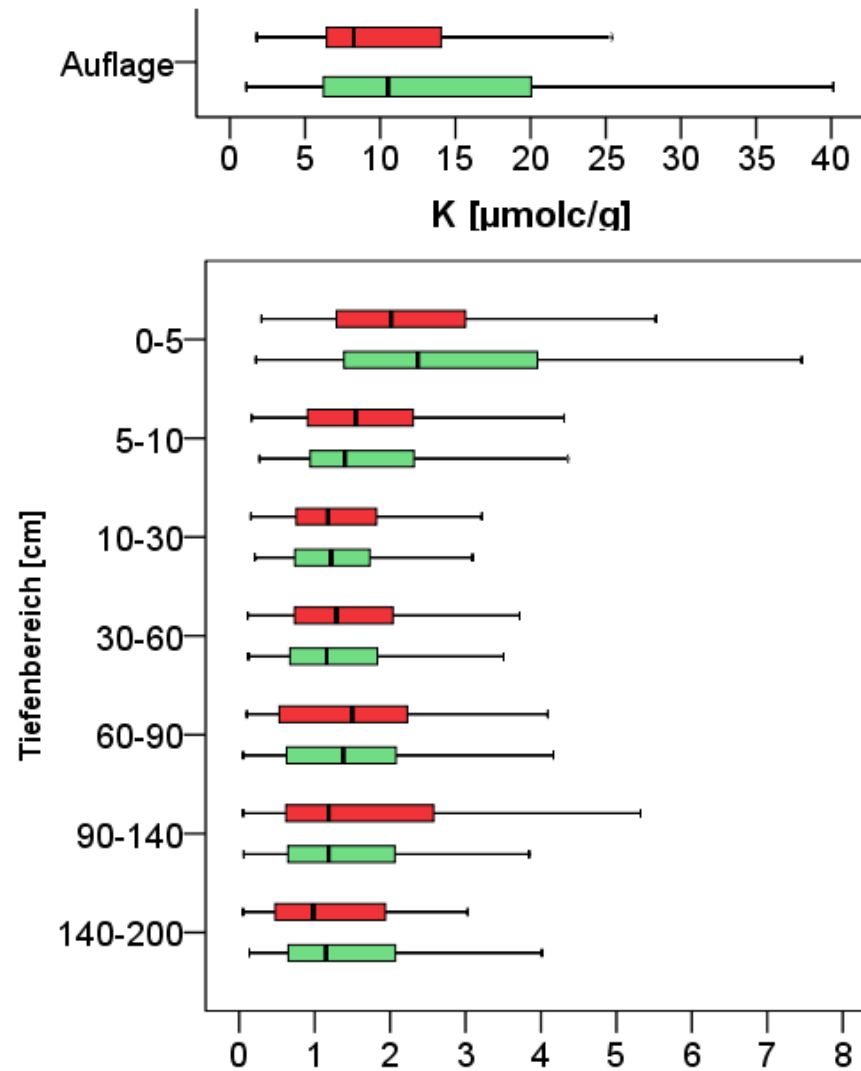


Basekationen Ca und Mg



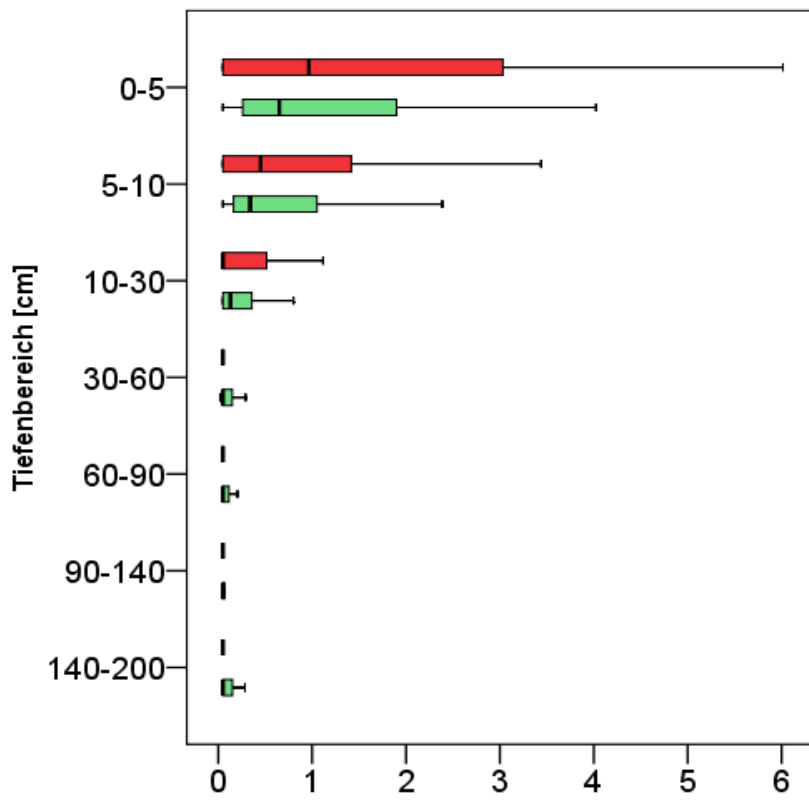
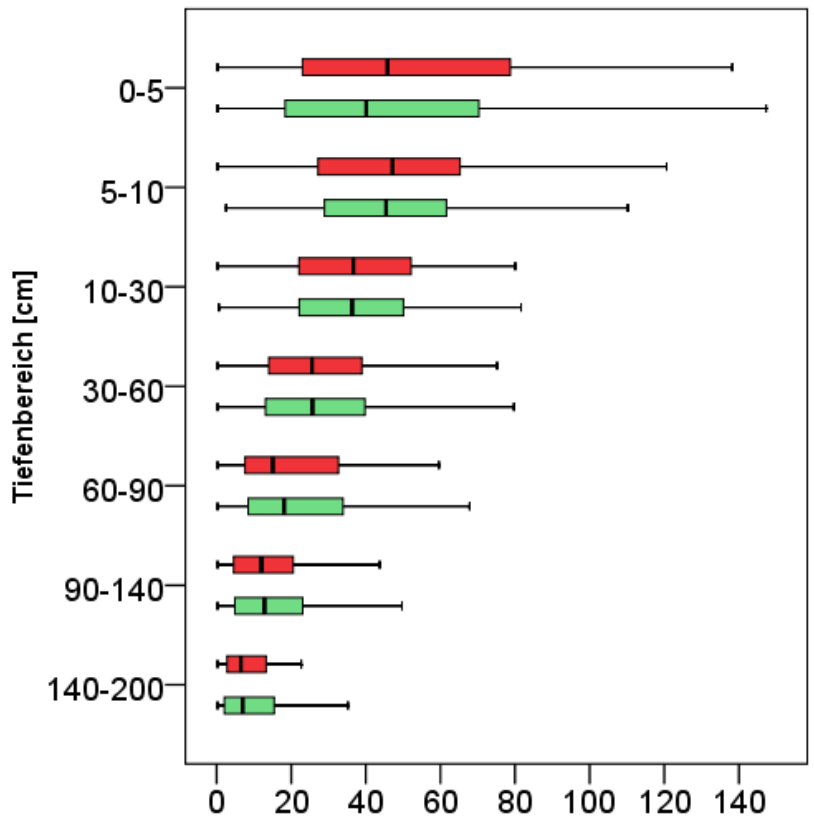
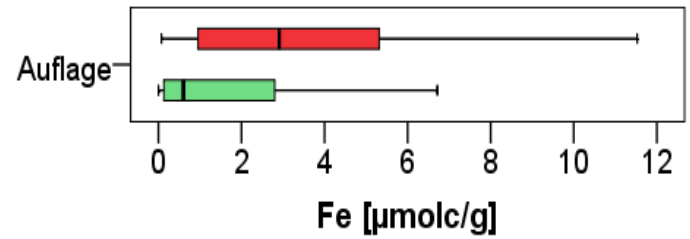
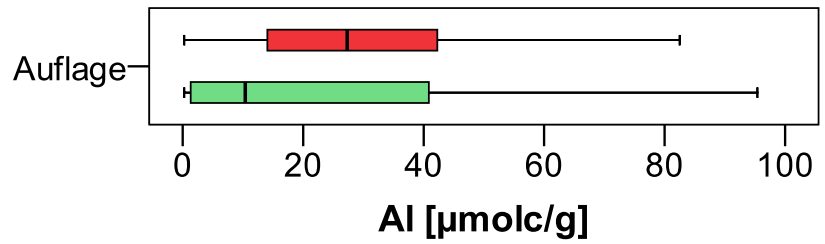
Kolmogorov-Smirnov-Test: alle Veränderung zwischen BZE I u. II in Hum u. Min sind signifikant

Austauschbares Kalium



Kolmogorov-Smirnov-Test: Veränderungen zwischen BZE I und II in Hum u.
Min bis 5cm signifikant

Kationsäuren Al und Fe

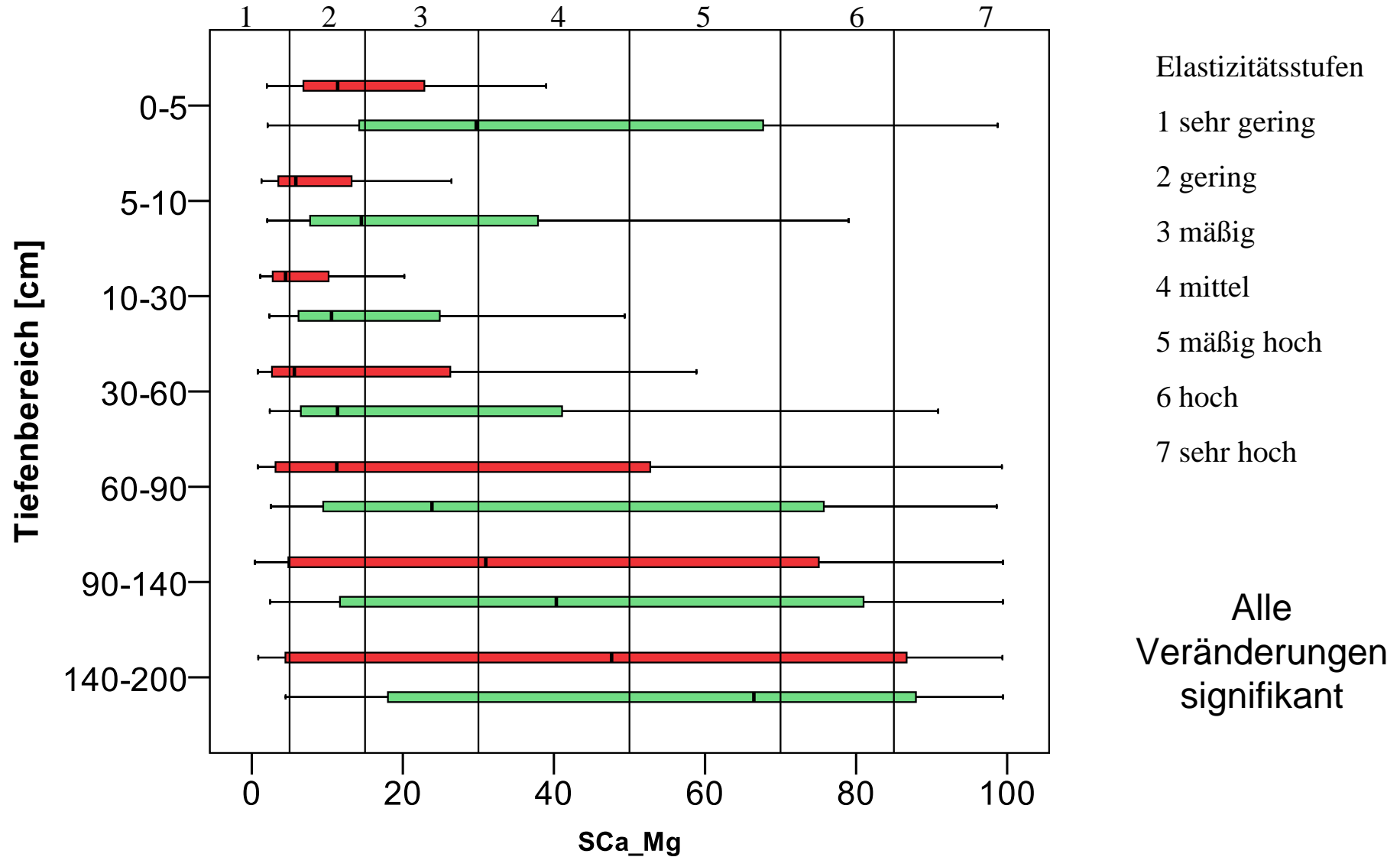


Kolmogorov-Smirnov-Test: bei Al sind nur die Veränderungen in der Humusauflage, bei Fe alle Veränderungen in Hum u. Min bis 90cm signifikant

Ca+Mg Sättigung

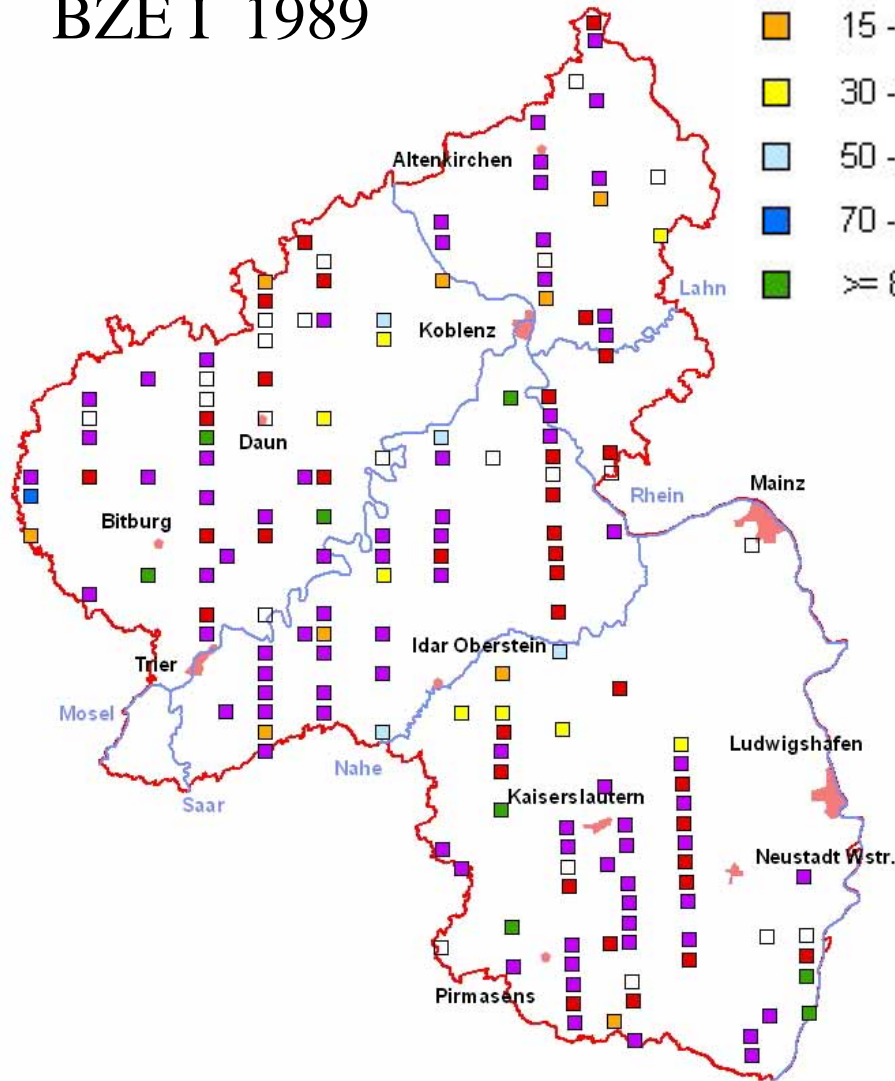
BZE I (rot: 143 Plots) und BZE II (grün: 165 Plots)

Elastizitätsstufen

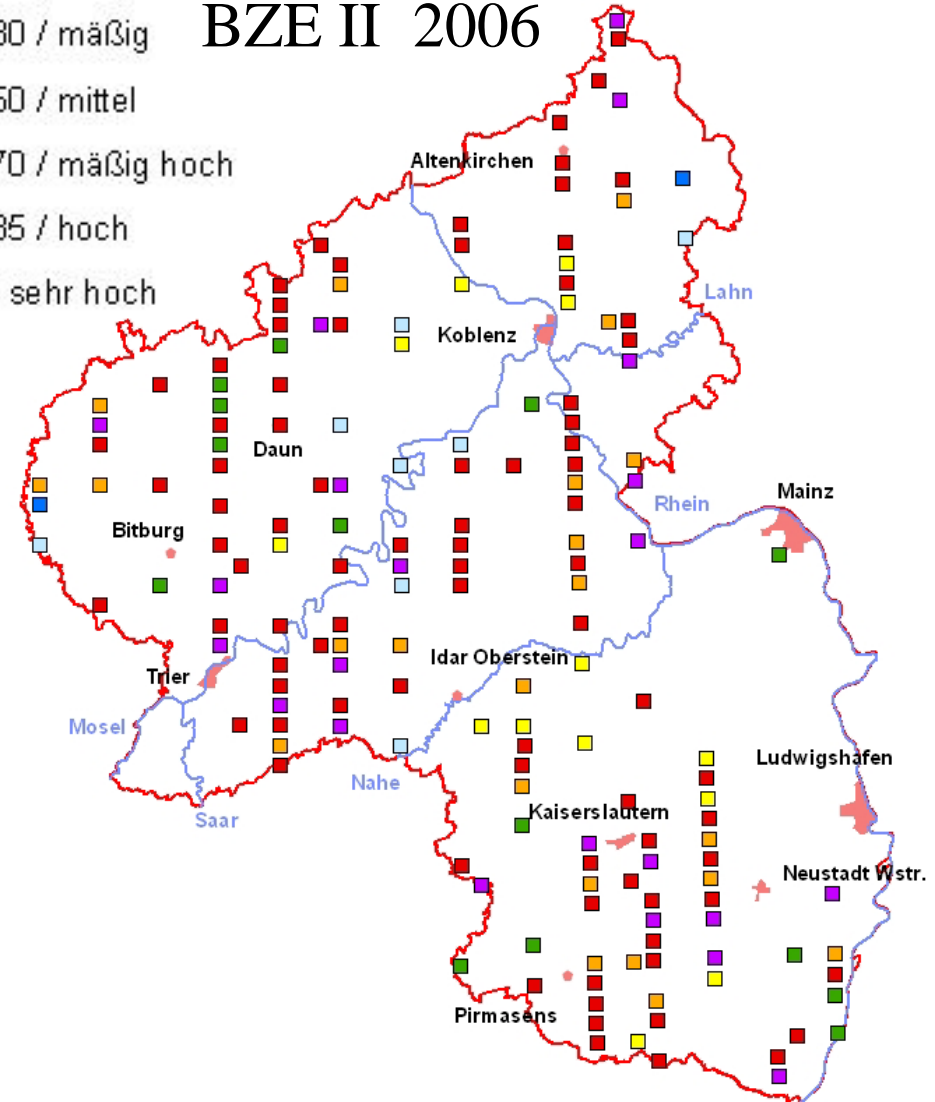


Ca + Mg – Sättigung 10-30cm

BZE I 1989



BZE II 2006



Bisherige Ergebnisse

- Bodenversauerung
- Nährstoffvorräte in Feinboden und Bodenskelett
- Wirkung der Bodenschutzkalkung
- Kohlenstoffspeicherung
- Stickstoffsättigung
- Schadstoffbelastung

Nährstoffvorräte im Wurzelraum (Median Humusaufgabe und Mineralboden)

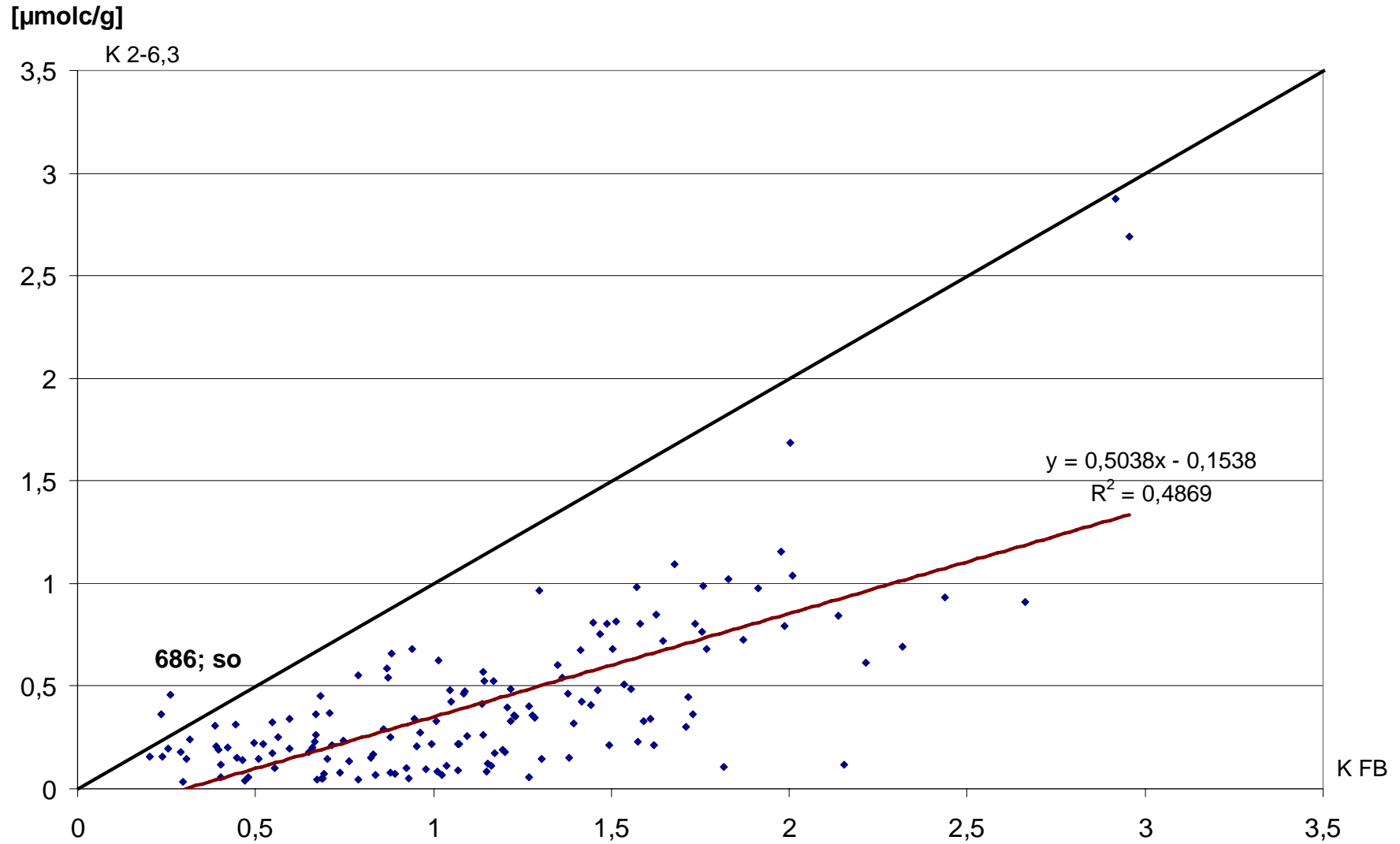
- N: 5908 (BZE I) \Rightarrow 6301 (BZE II) n.s.
- P: 1651 (BZE I) \Rightarrow 1704 (BZE II) n.s.
- K: 322 (BZE I) \Rightarrow 383 (BZE II) n.s.
- Ca: 408 (BZE I) \Rightarrow 979 (BZE II) ***
- Mg: 113 (BZE I) \Rightarrow 368 (BZE II) ***

N und P: KöWa-Auszug; K, Ca und Mg: austauschbare
Vorräte

AKe Bodenskelett

- Im Vorfeld: Siebung aller Mineralbodenproben (<2mm, 2 - 6,3mm, 6,3 - 12,5mm, 12,5 – 20mm, 20 – 63mm)
- Auswahl von Plots mit geeigneten Substraten und Skelett >15% (19% der analysierten Tiefenstufen <15% Skelett)
⇒ 77 (von 165) Plots, überwiegend Tonschiefer, Flaserschiefer, Sandsteine
- Analyse AKe Bodenskelett 2-6,3mm von Tiefenstufen 10-30 und 30-60cm durch Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Univ. Freiburg
- Kalkulation AKe 2-63mm über relative Anteile der einzelnen Skelettfractionen
- Probenvorbereitung, Analyse und Kalkulationen konsequent nach HFA A3.2.1.10

Relation Kalium-Gehalte im Skelett 2-6,3mm (y-Achse) zu Gehalten im Feinboden (x-Achse)



Anteil Skelett an Gesamtvorrat im Mineralboden bis 90 cm Tiefe [%] bei unterschiedlichen Substraten

Mg	Minimum	Maximum	Median	N
dev. Ton- und Flaserschiefer	0,8	75,2	21,7	25
Dev. Sandsteine und Grauwacken	1,5	39,1	14,2	21
Buntsandstein	0,1	20,2	4,2	17
Rotliegendes	0,6	49,5	6,5	4
Ca	Minimum	Maximum	Median	N
dev. Ton- und Flaserschiefer	0,7	73,3	11,1	25
Dev. Sandsteine und Grauwacken	1,6	28,1	9,6	21
Buntsandstein	0,2	11,8	1,9	17
Rotliegendes	0,6	32,3	3,8	4
K	Minimum	Maximum	Median	N
dev. Ton- und Flaserschiefer	2,5	59,4	14,5	25
Dev. Sandsteine und Grauwacken	3,6	39,9	12,9	21
Buntsandstein	0,2	19,7	7,6	17
Rotliegendes	0,5	42,0	7,4	4

Fazit:

- Bei Ca, Mg und K liegt an 17 bis 26% der Rasterpunkte der im Bodenskelett verfügbare Anteil bei über 10% des Gesamtvorrates (Feinboden + Skelett), an 10 bis 15% der Punkte über 20% und an 3 bis 9% über 30%.
- Bedeutung AKe Skelett meist gering, in Ausnahmefällen aber auch sehr hoch (bis 59% bei K, bis 73 bzw. 75 % bei Ca und Mg)
- Vergleichsweise hohe Anteile des AKe Skelett bei dev. Tonschiefer, Flaserschiefer, paläozoischen Sandsteinen, geringe Anteile bei Buntsandstein; je stärker tektonische Überprägung des Gesteins, umso höher AKe des Bodenskeletts

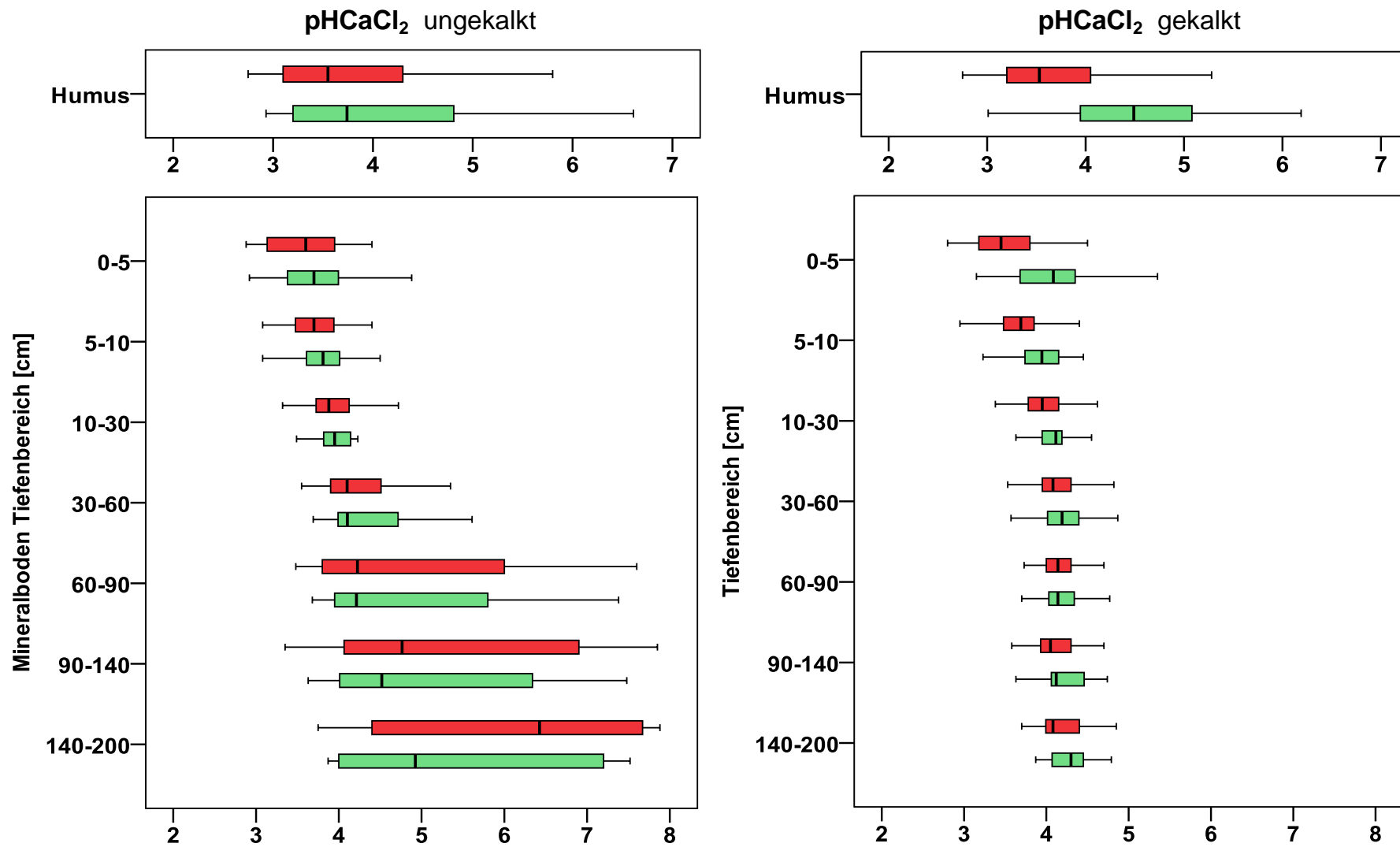
Bisherige Ergebnisse

- Bodenversauerung
- Nährstoffvorräte in Feinboden und Bodenskelett
- Wirkung der Bodenschutzkalkung
- Kohlenstoffspeicherung
- Stickstoffsättigung
- Schadstoffbelastung

Wirkung der Bodenschutzkalkung

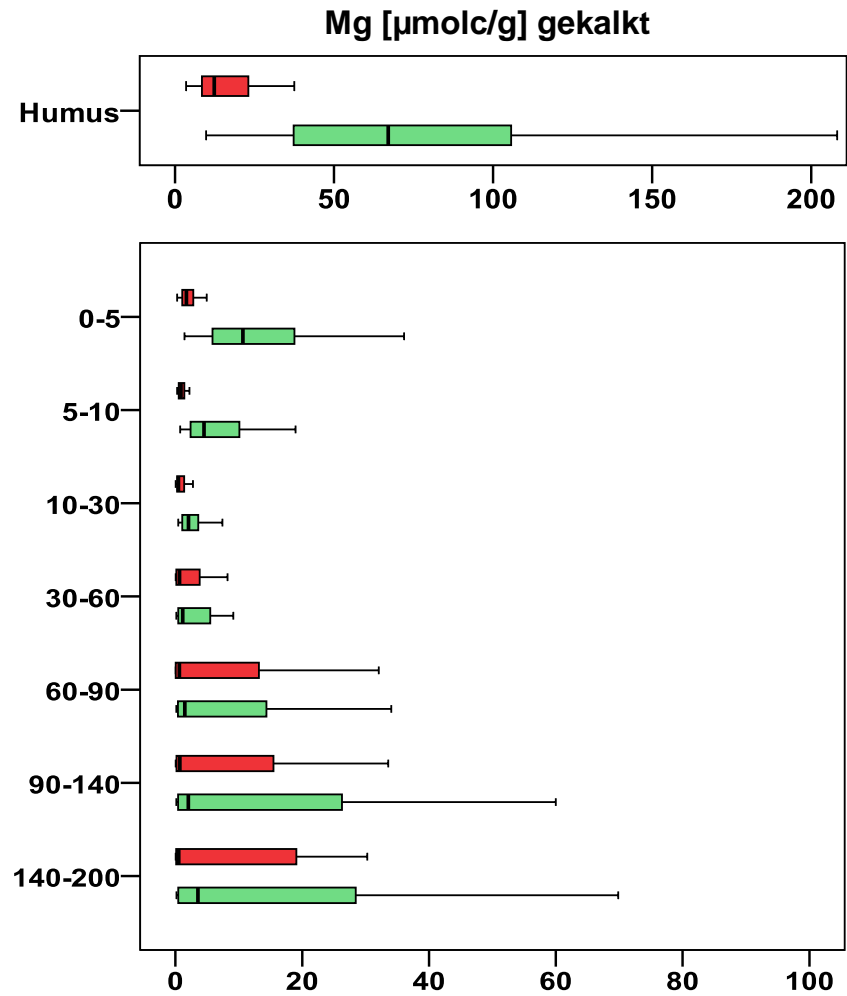
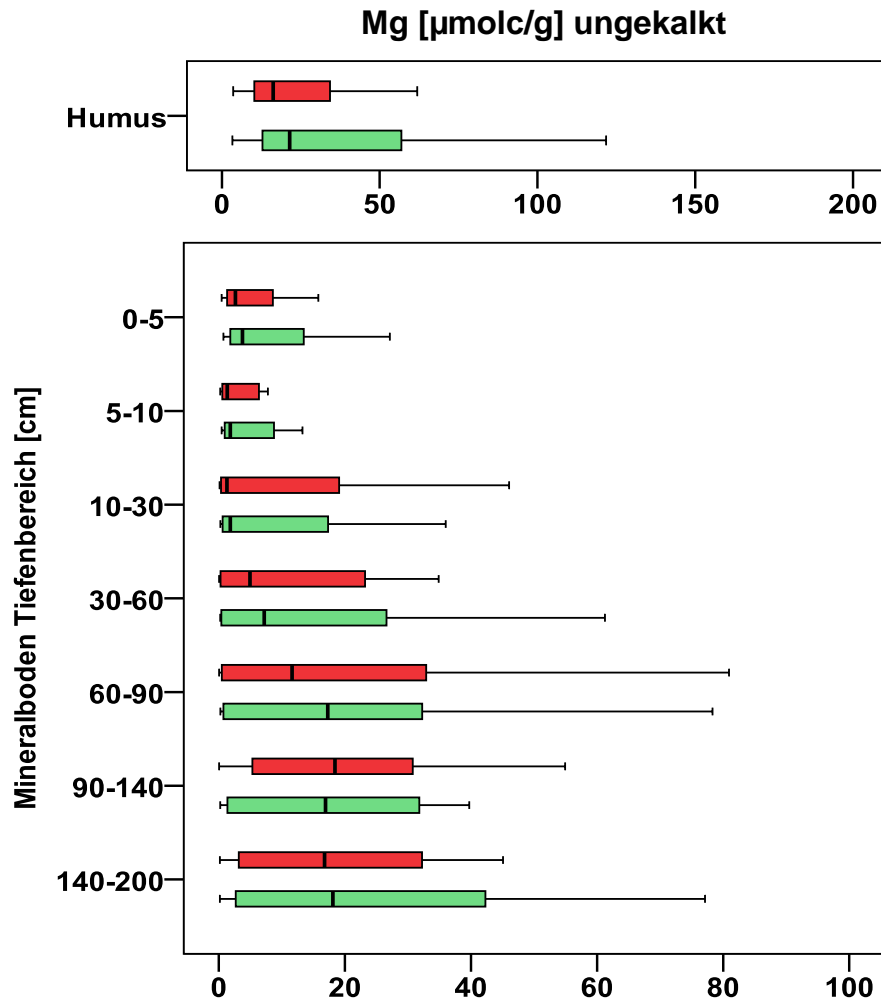
- 165 BZE II Rasterpunkte
davon 104 gekalkt (63%), davon 12 vor BZE I und 92 zwischen BZE I und II
- von 104 gekalkten Plots sind
85 (81%) 1x
18 (17%) 2x
2 (2%) 3x gekalkt
- wenn Angabe vorhanden, immer „Dolomit“ oder „kohlensaurer Mg-Kalk“
- 106 Kalkungsmaßnahmen, Schwerpunkt Mitte der 90er Jahre
- Aufwandmengen:
je Maßnahme: 6 x 6t/ha, 1x4t/ha, übrige 3t/ha
insgesamt: 21 x 6t/ha, 1 x 9t, 1x 10t, 1 x 12t, übrige 3t/ha

Veränderung des $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ zwischen BZE I (rot) und BZE II (grün); idente Plots: ungekalkt: 31; gekalkt: 54



Kolmogorov-Smirnov: ungekalkt: Veränderungen in allen Tiefen nicht signifikant; gekalkt: Veränderungen bis 30cm signifikant

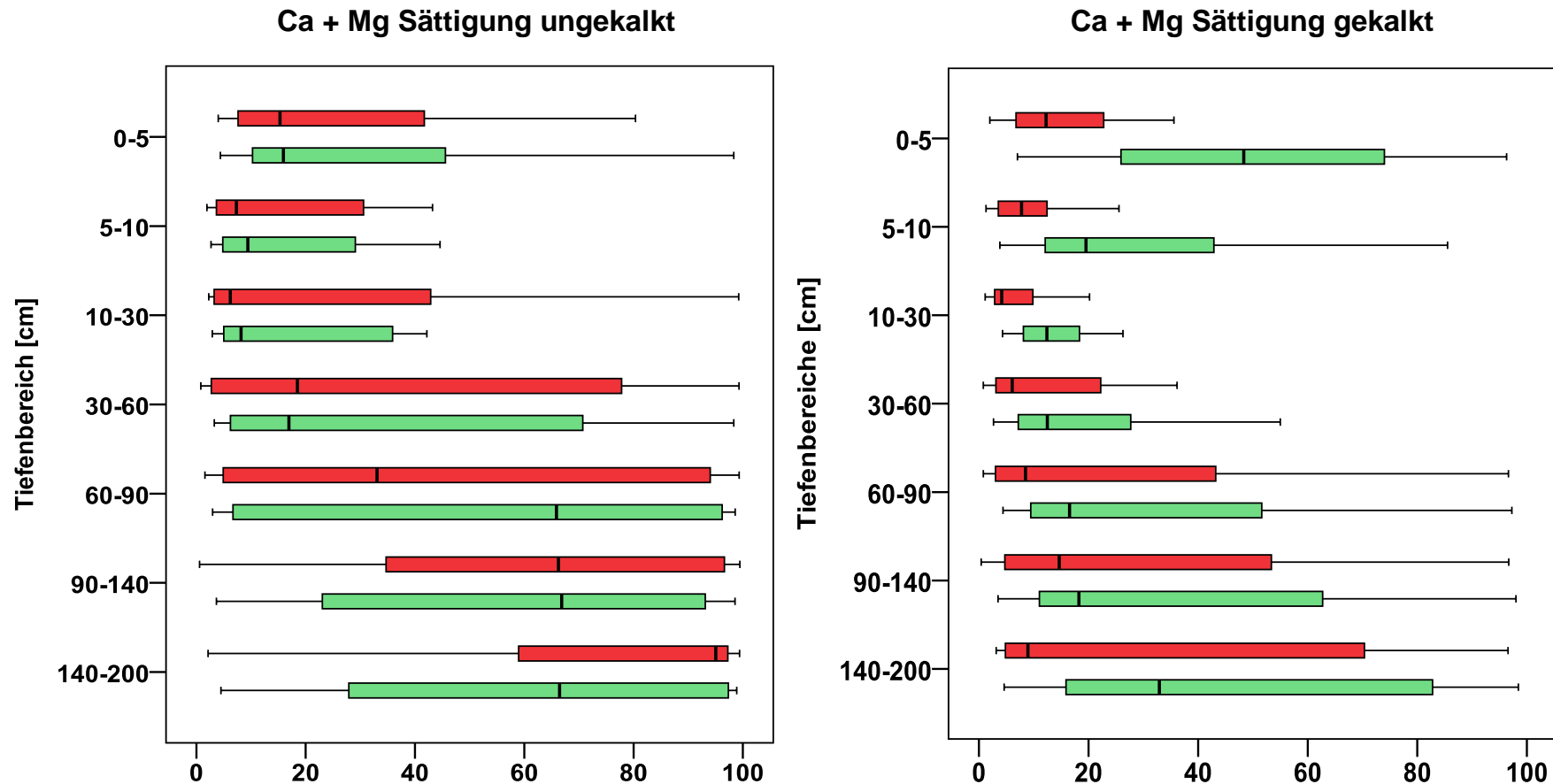
Veränderung des Mg_{aust} - Gehalts zwischen BZE I (rot) und BZE II (grün); idente Plots



Kolmogorov-Smirnov: ungekalkt: keine signifikanten Veränderungen;

gekalkt: Veränderungen in Humusaufgabe und Mineralboden bis 90cm signifikant

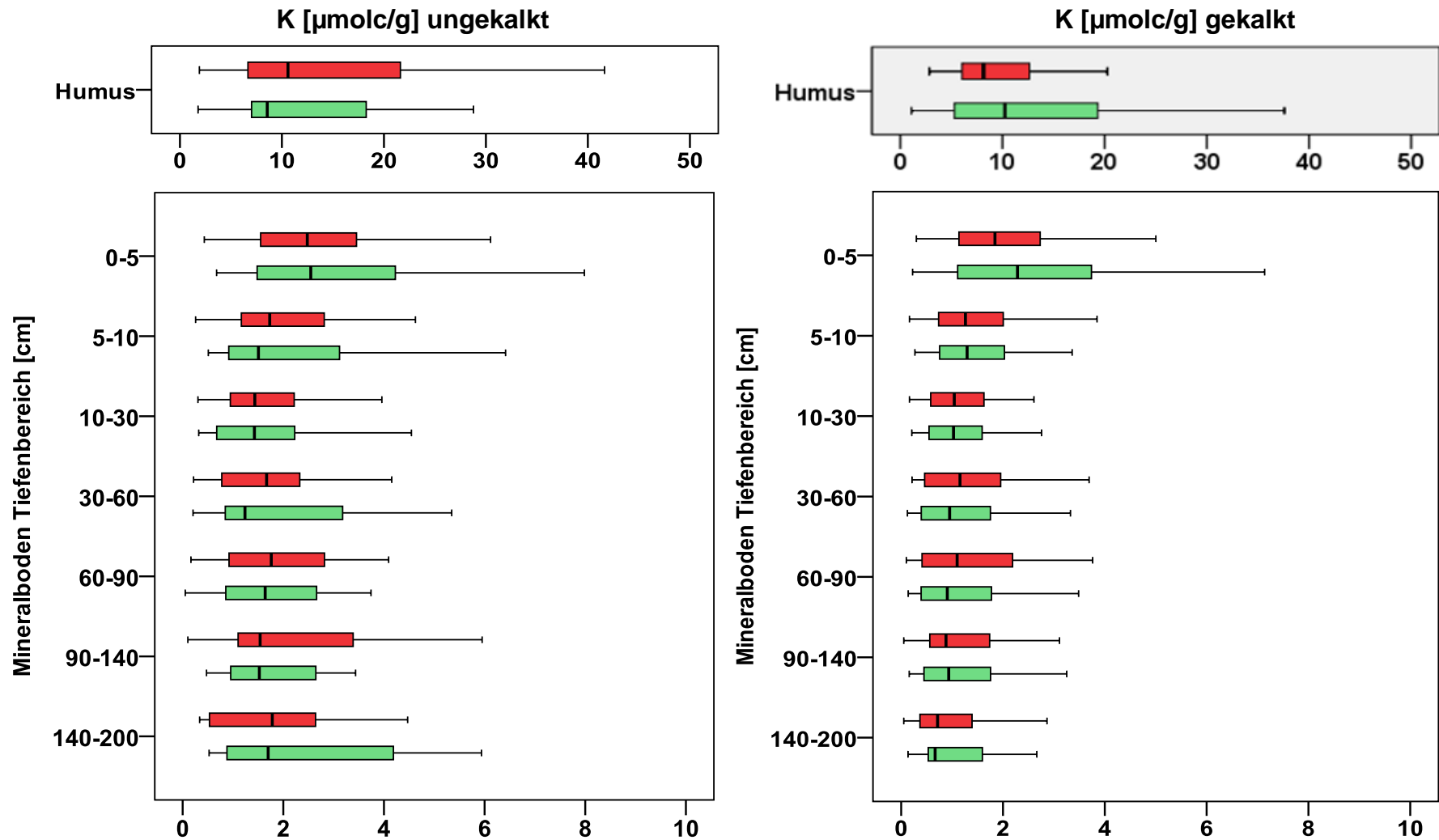
Veränderung der **Ca+Mg-Sättigung** zwischen BZE I (rot) und BZE II (grün); idente Plots



Kolmogorov-Smirnov: ungekalkt: Veränderungen in allen Tiefen nicht signifikant;

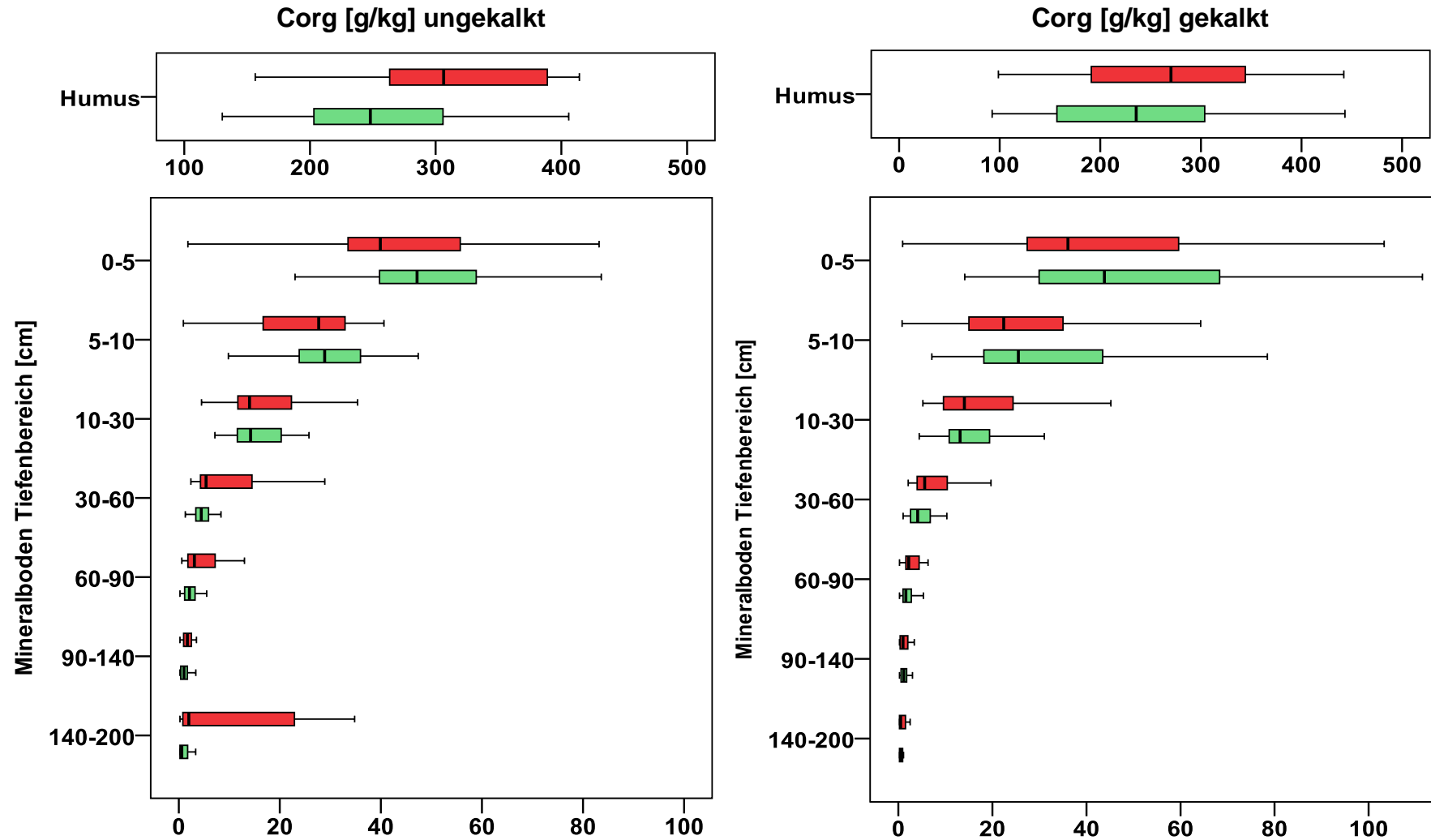
gekalkt: Veränderungen bis 90cm signifikant

Veränderung des K_{aust} - Gehalts zwischen BZE I (rot) und BZE II (grün); idente Plots



Kolmogorov-Smirnov: keine signifikanten Veränderungen zwischen BZE I und II

Veränderung des C_{org} - Gehalts zwischen BZE I (rot) und BZE II (grün); idente Plots

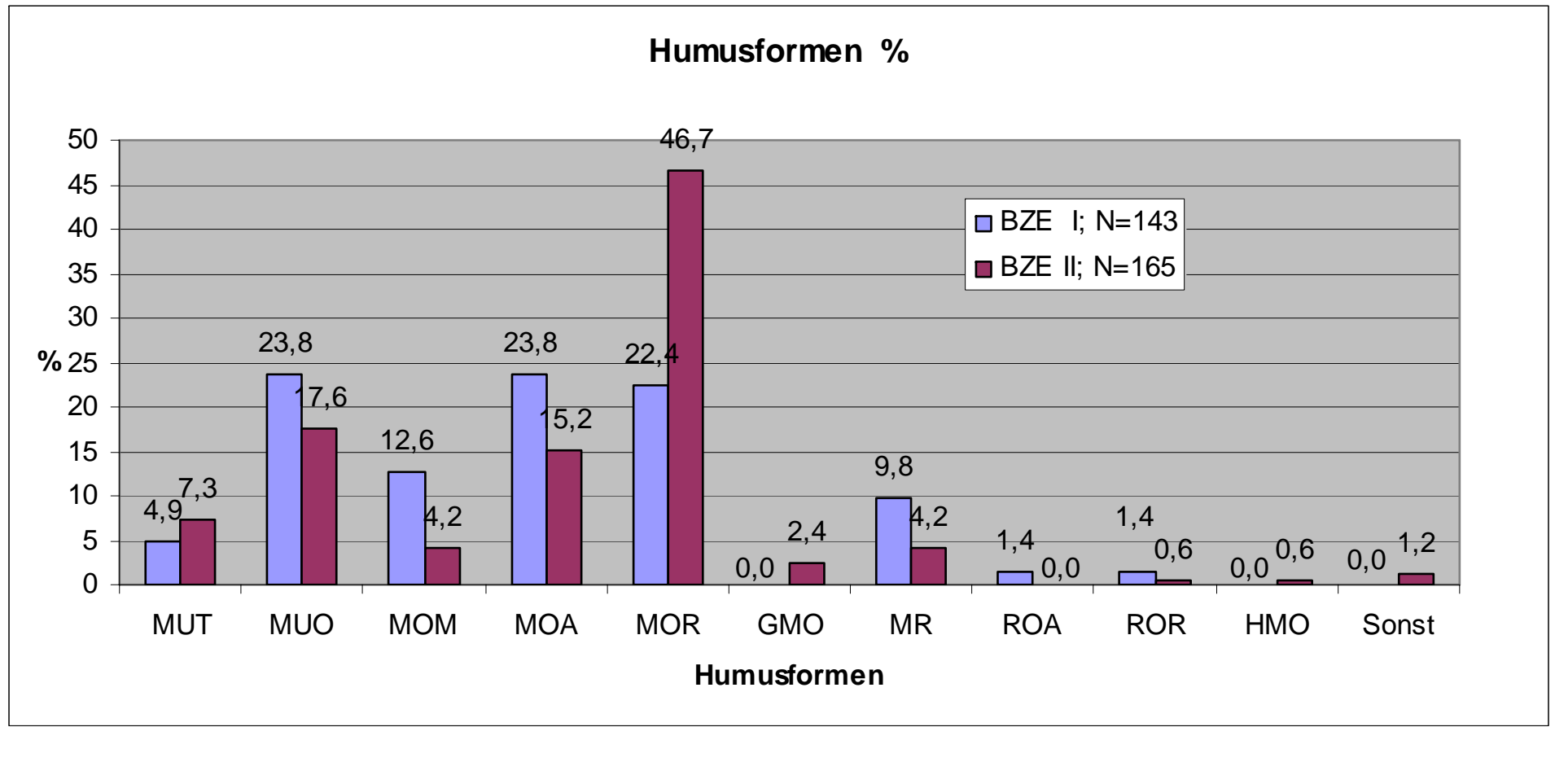


Kolmogorov-Smirnov: ungekalkt: nur Veränderungen in Humusaufgabe signifikant; gekalkt: nur Veränderungen in 30 bis 60cm signifikant

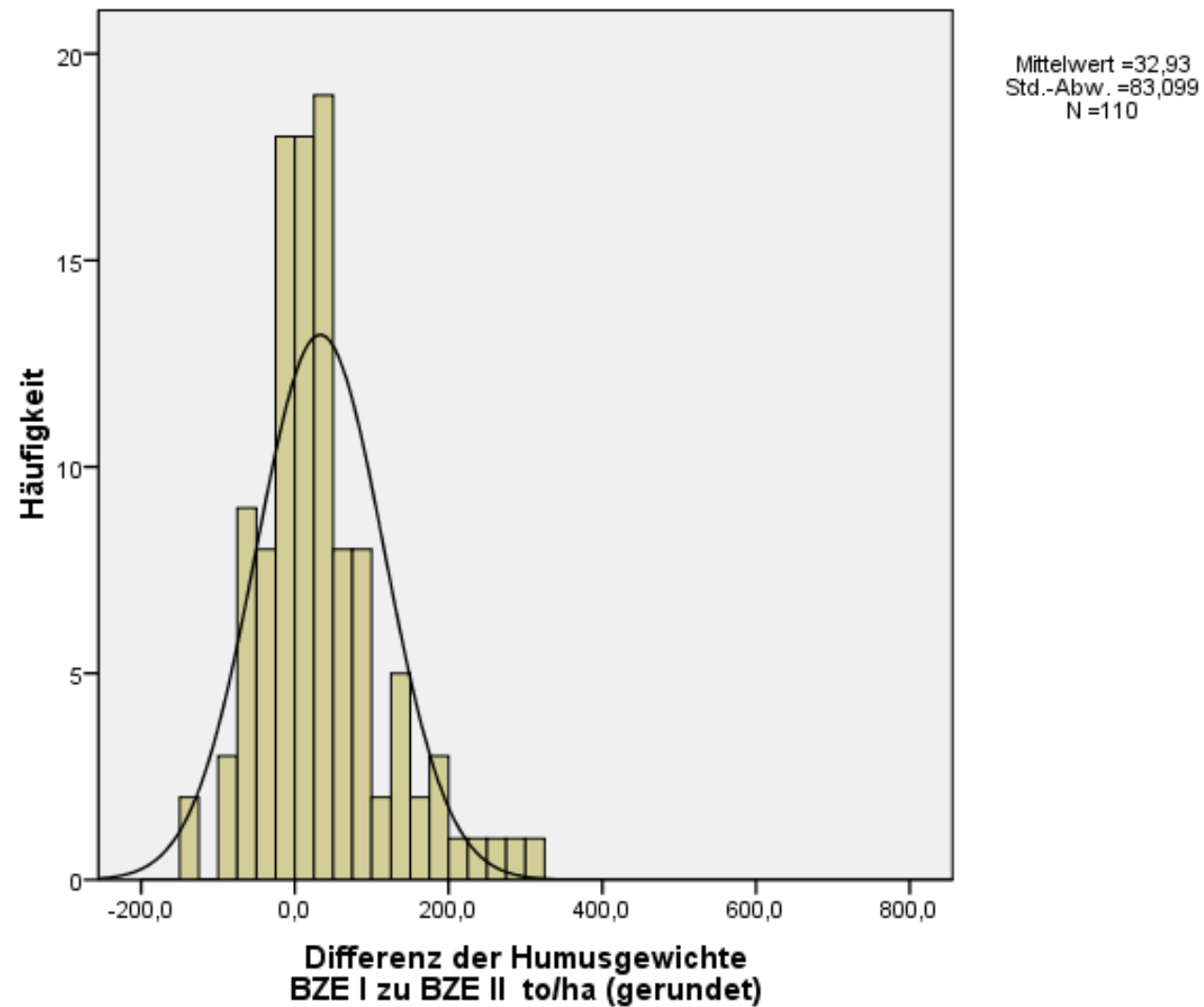
Bisherige Ergebnisse

- Bodenversauerung
- Nährstoffvorräte in Feinboden und Bodenskelett
- Wirkung der Bodenschutzkalkung
- Kohlenstoffspeicherung
- Stickstoffsättigung
- Schadstoffbelastung

Problem: unterschiedliche Trennung Humusaufgabe / Mineralboden und unterschiedliche Ansprache der Humusform zwischen BZE I und II



Differenz Auflagehumusmenge BZE I - BZE II



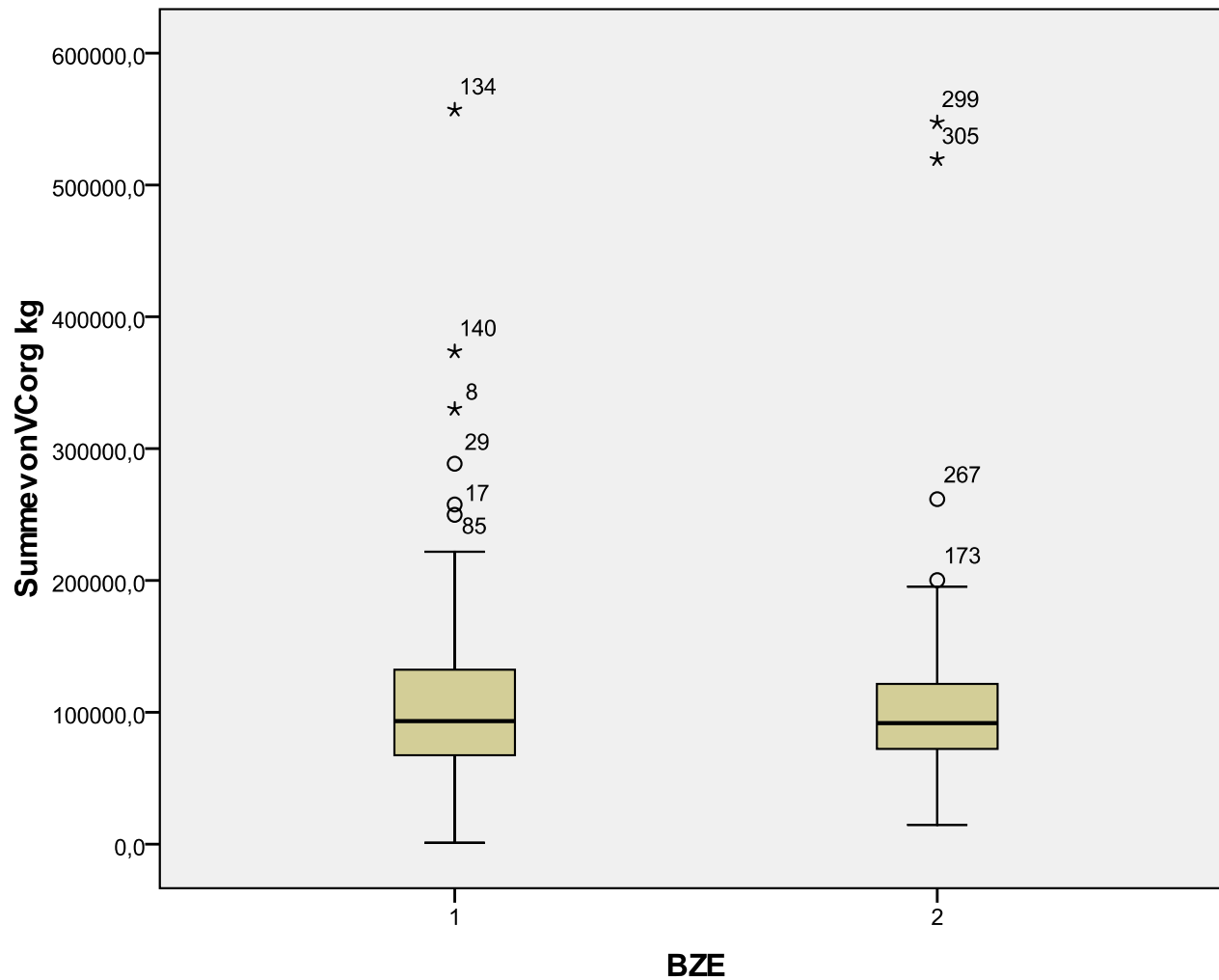
→ Trennung Auflage – Mineralboden **nicht reproduzierbar**

Corg-Vorrat im Wurzelraum (Auflage + Mineralboden)

BZE I: 93,3t Corg/ha

BZE II: 91,8t Corg/ha

Veränderung nicht signifikant



Corg-Vorrat im Wurzelraum (Auflage + Mineralboden)

ungekalkte Plots (Median):

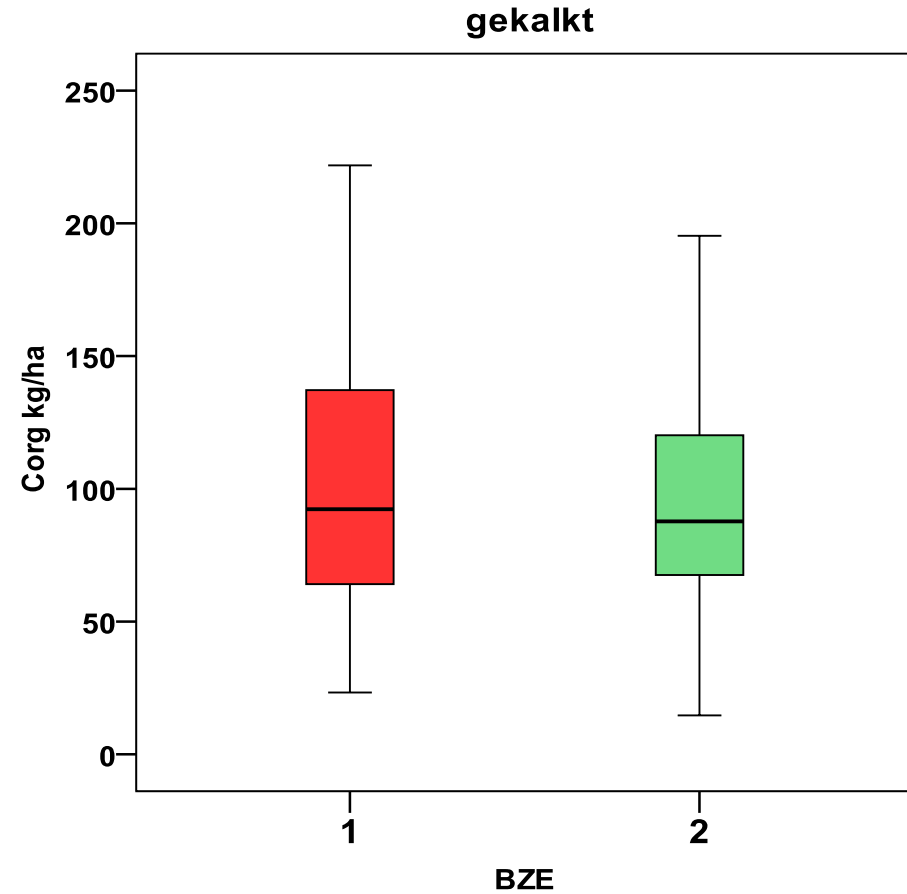
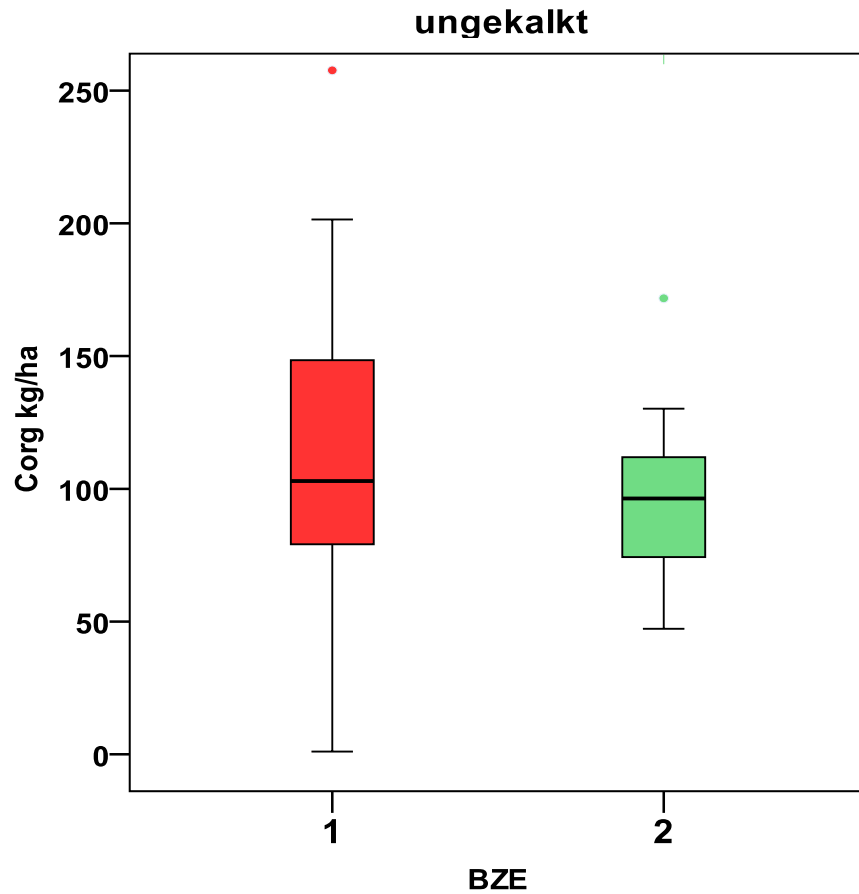
BZE I: 103 t/ha

BZE II: 96 t/ha

gekalkte Plots (Median):

BZE I: 92 t/ha

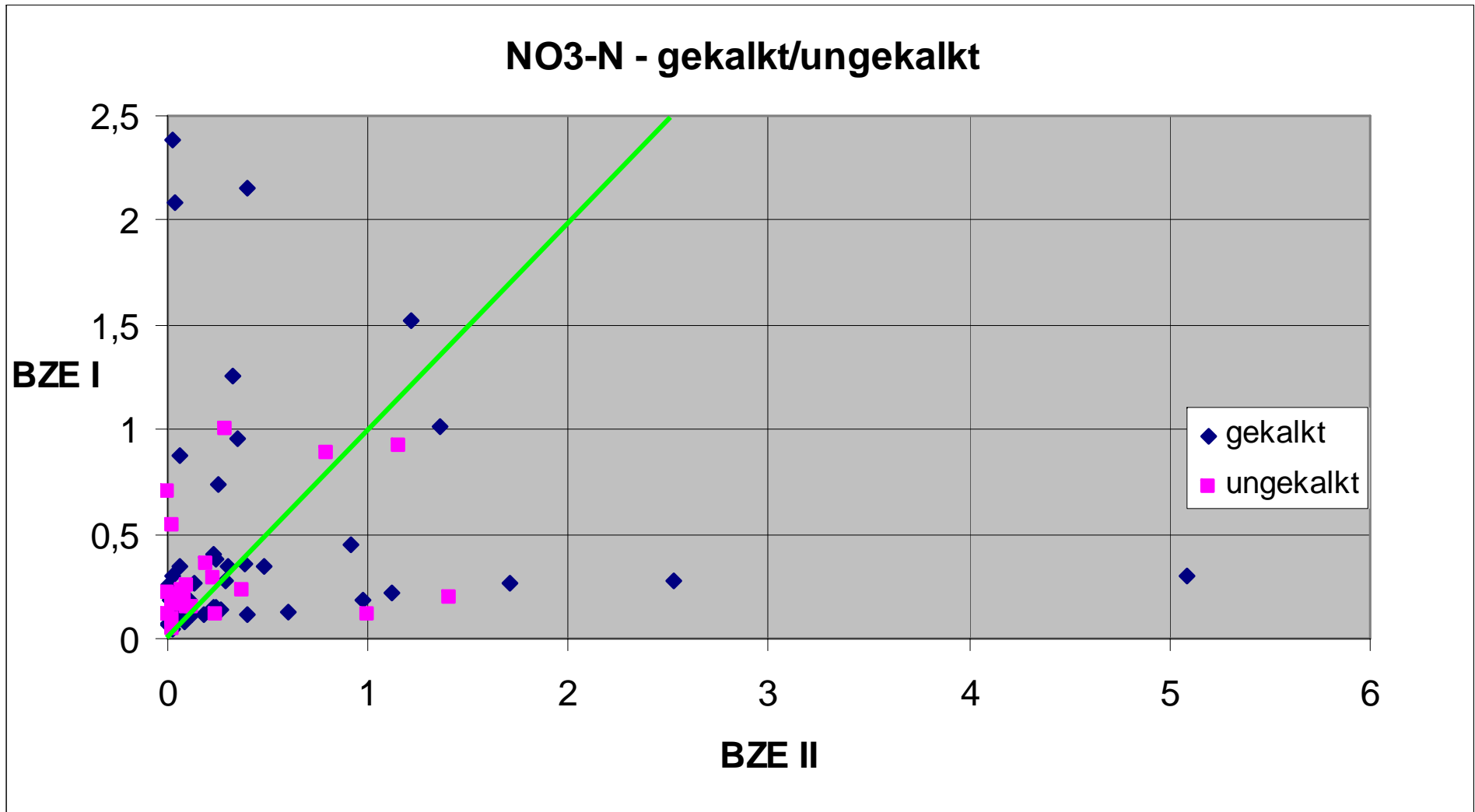
BZE II: 88 t/ha



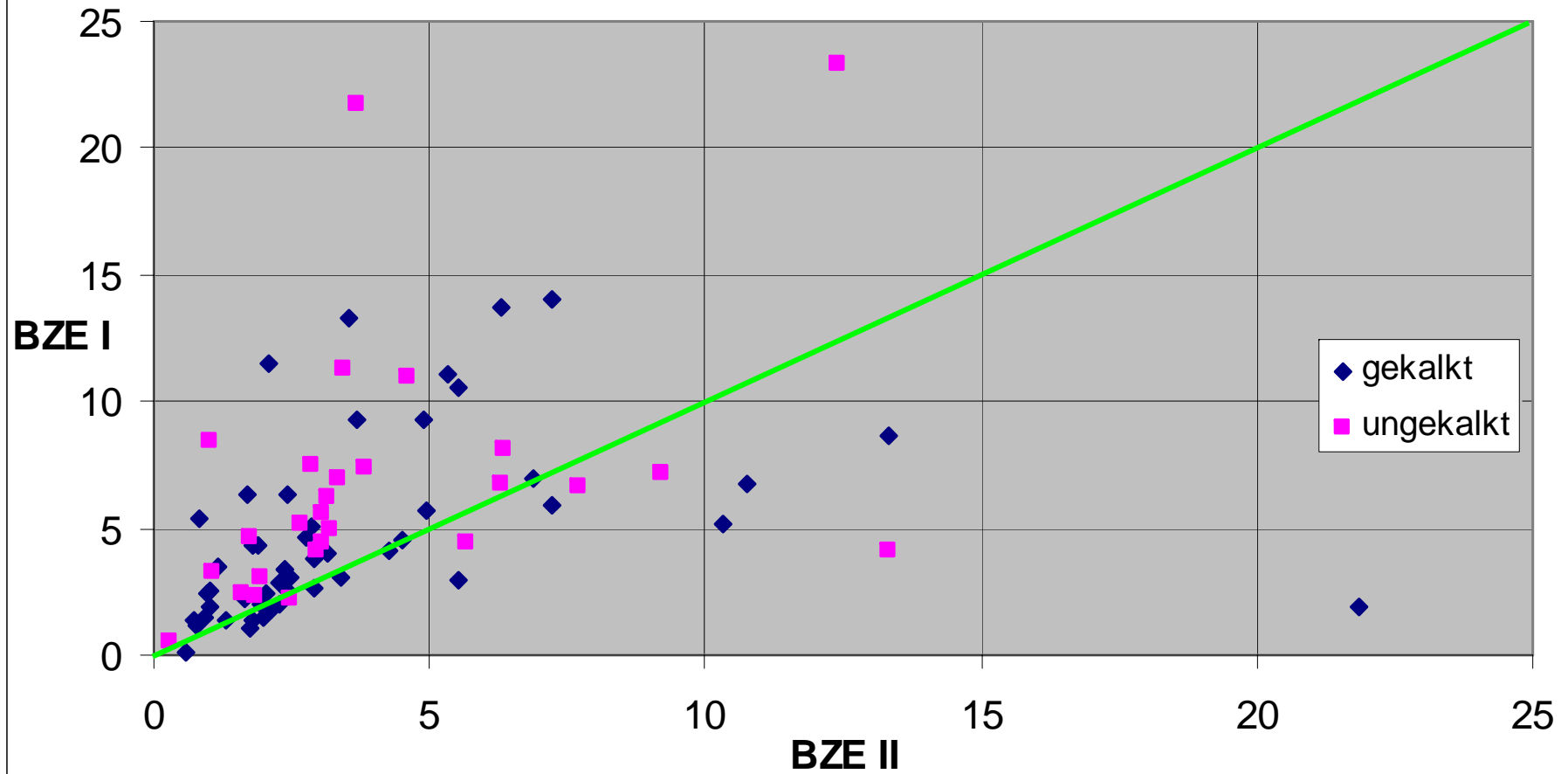
Bisherige Ergebnisse

- Bodenversauerung
- Nährstoffvorräte in Feinboden und Bodenskelett
- Wirkung der Bodenschutzkalkung
- Kohlenstoffspeicherung
- Stickstoffsättigung
- Schadstoffbelastung

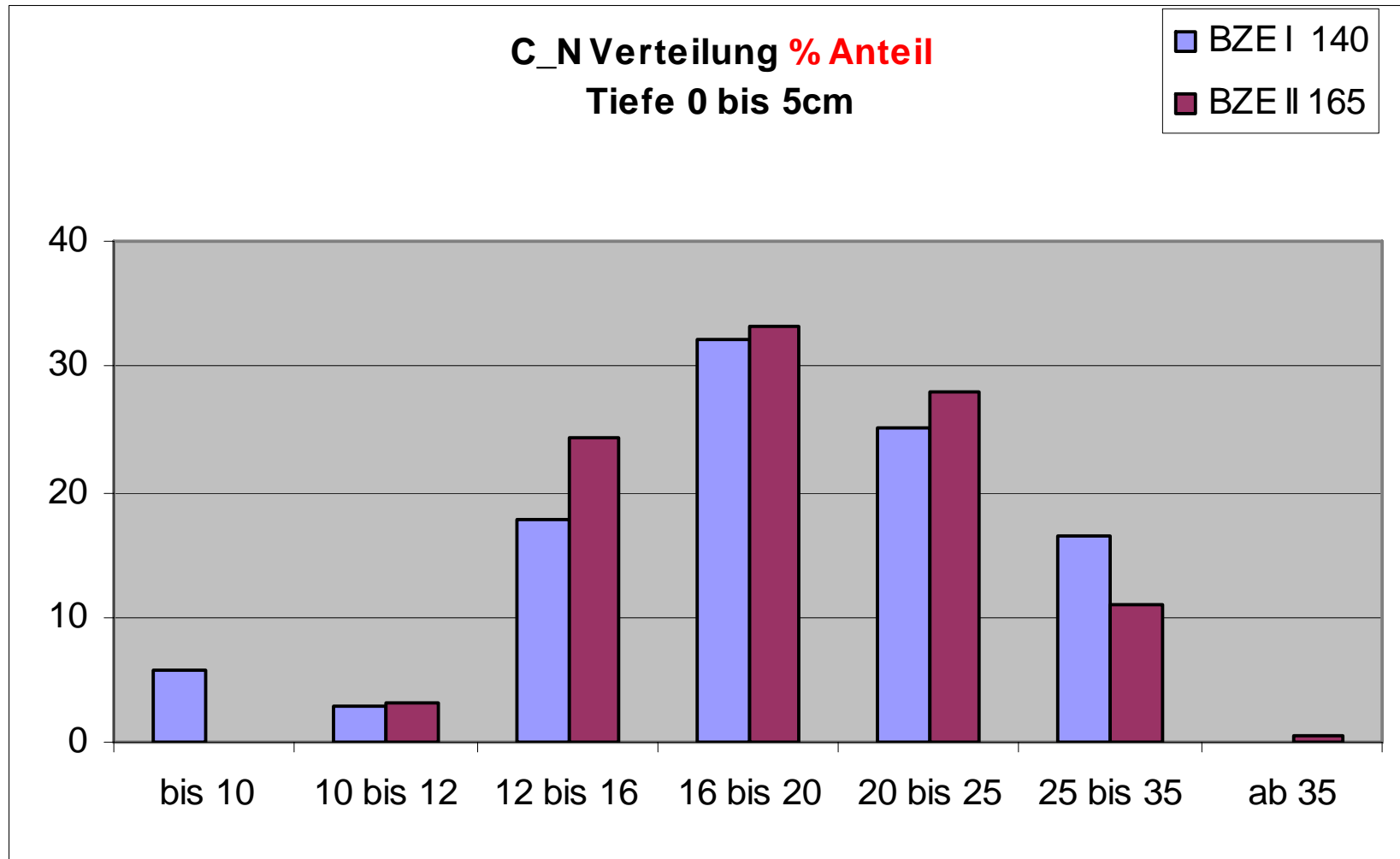
Wässriger 1:2 Extrakt



SO4-S - gekalkt/ungekalkt



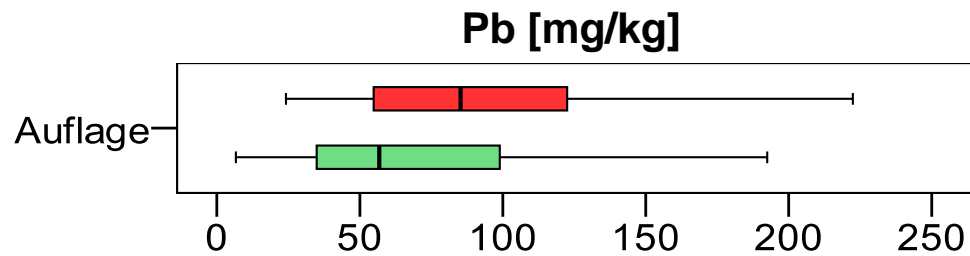
C/N-Verhältnis



Bisherige Ergebnisse

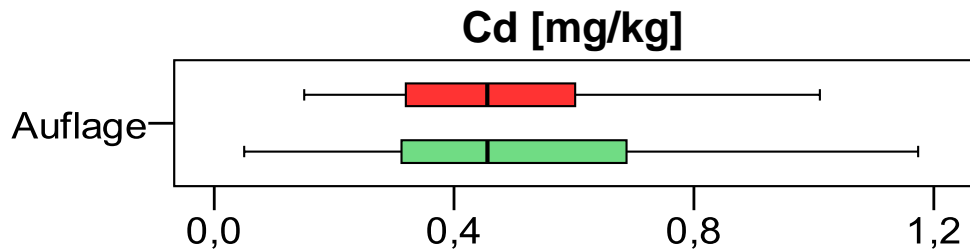
- Bodenversauerung
- Nährstoffvorräte in Feinboden und Bodenskelett
- Wirkung der Bodenschutzkalkung
- Kohlenstoffspeicherung
- Stickstoffsättigung
- Schadstoffbelastung

Schwermetallgehalte in der Humusauflage

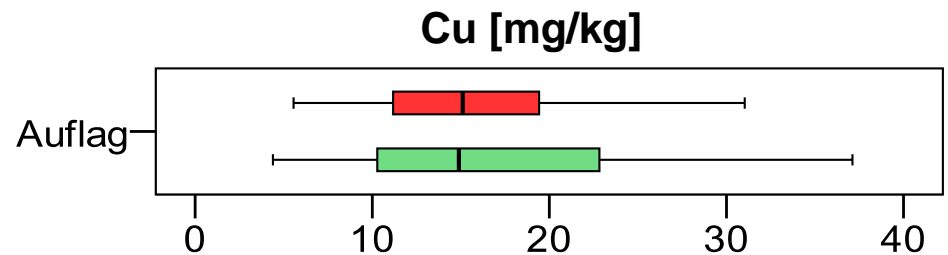


Vorsorgewerte nach Prüess 1994,
überschritten an % Plots:

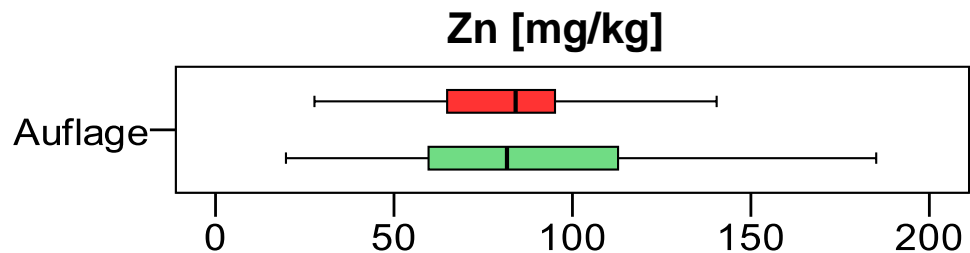
Pb 130 mg/kg BZE I: 22%, BZE II: 17%



Cd 0,7 mg/kg BZE I: 15%, BZE II: 23%



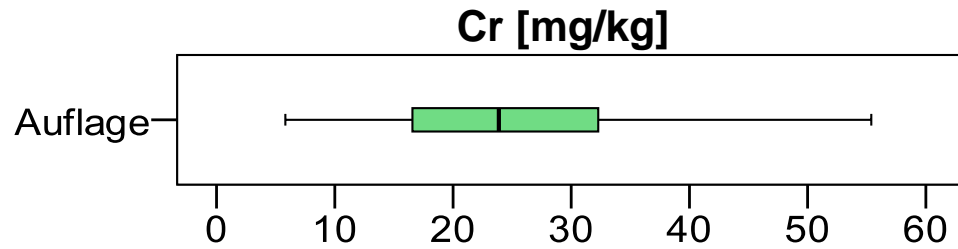
Cu 20 mg/kg BZE I: 24%, BZE II: 32%



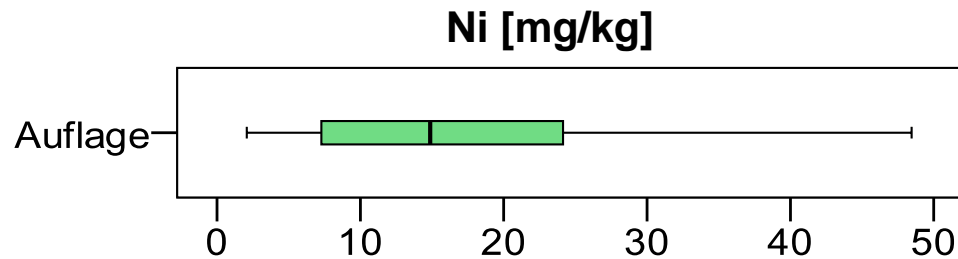
Zn 85 mg/kg BZE I: 49%, BZE II: 48%

Schwermetallgehalte in der Humusaufgabe

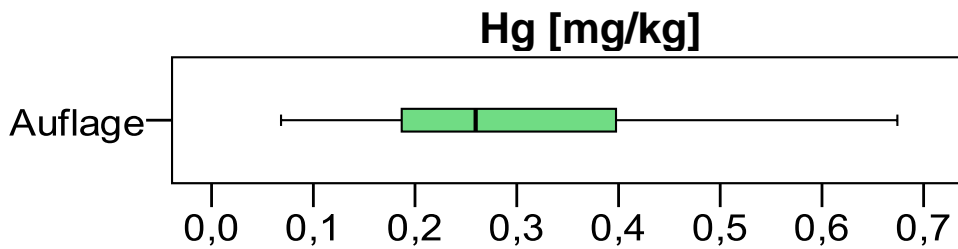
Vorsorgewerte nach Prüess 1994,
überschritten an % Plots:



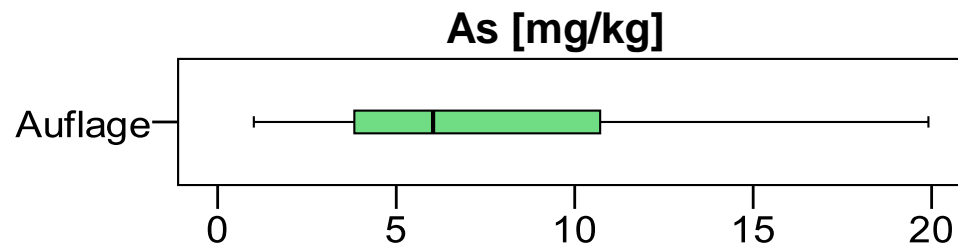
Cr 20 mg/kg BZE II: 59%



Ni 15 mg/kg BZE II: 48%



Hg 0,5 mg/kg BZE II: 13%



As 10 mg/kg BZE II: 27%

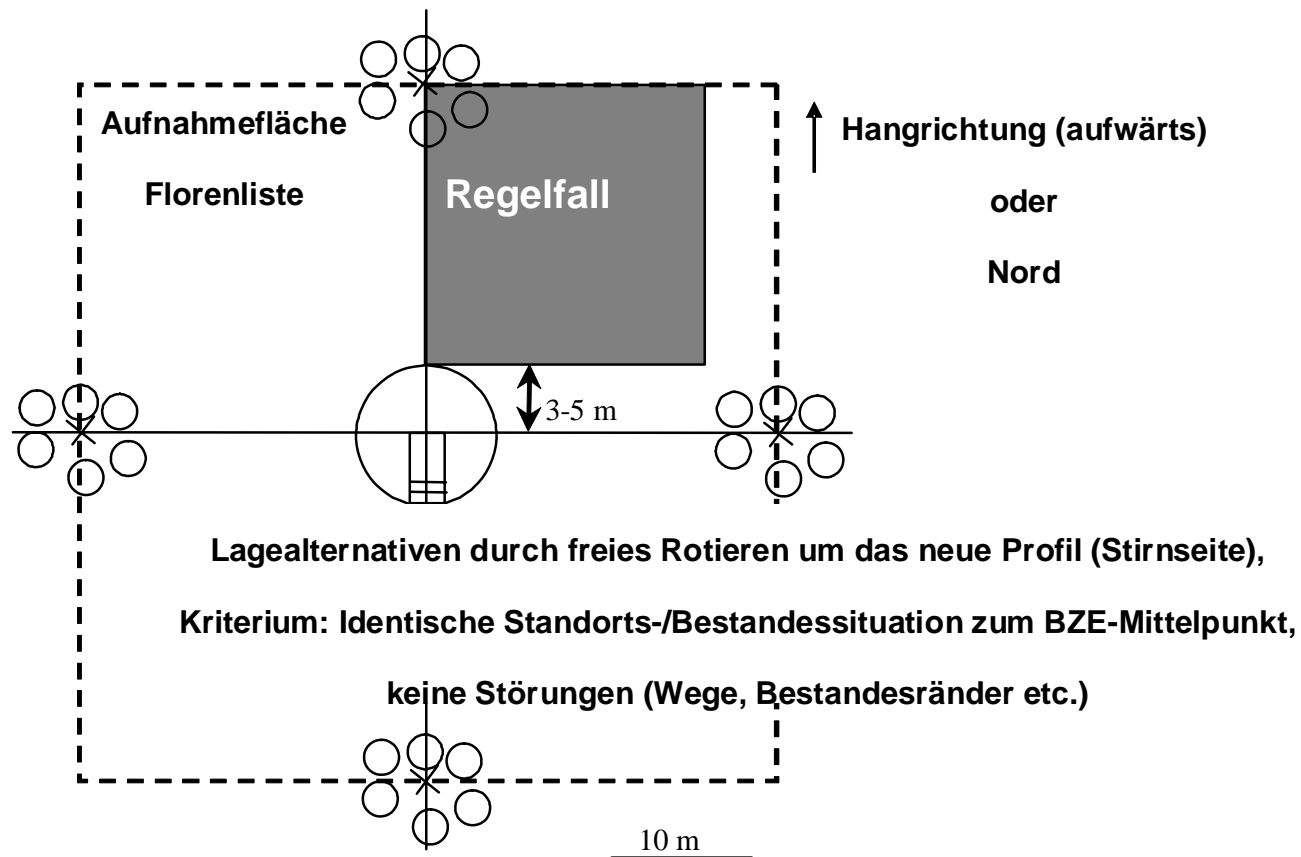
Schwermetallgehalte im Mineralboden

- Keine Königswasseranalyse des Mineralboden bei BZE I
- Bei der BZE II überschreiten in der Tiefenstufe 0-5cm bei
Pb: 58% Zn: 32% As: 24% Cd: 14%
Cr: 13% Cu: 9% Ni: 16% Hg: 78%
der Plots den Vorsorgewert nach PRÜESS

Bisherige Ergebnisse

- Bodenversauerung
 - Nährstoffvorräte in Feinboden und Bodenskelett
 - Wirkung der Bodenschutzkalkung
 - Kohlenstoffspeicherung
 - Stickstoffsättigung
 - Schadstoffbelastung
-
- Bodenvegetation

Design BZE II Vegetationsaufnahme 2005,
ergänzt um Frühjahrsblüher 2007



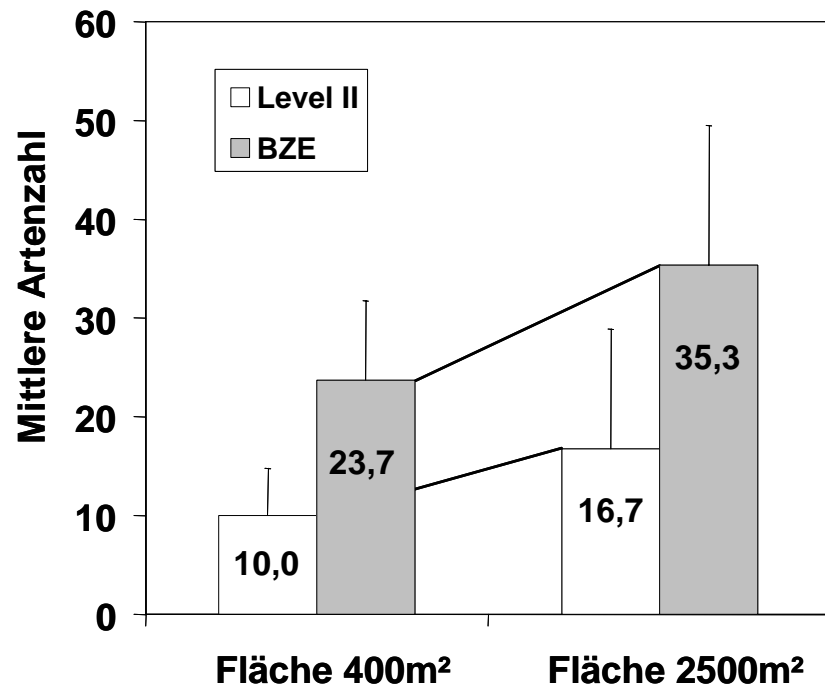
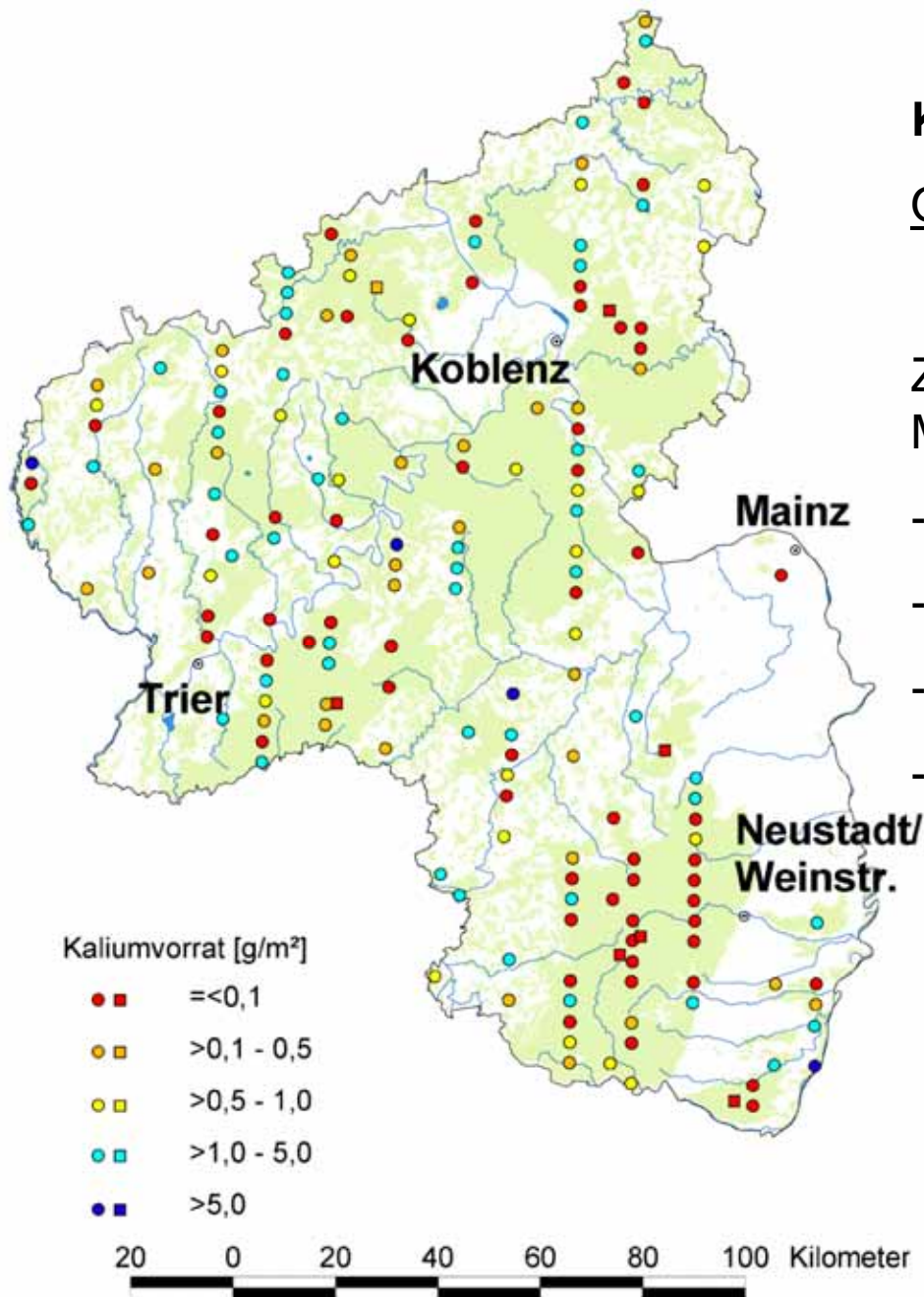


Abbildung 3: Mittlere Artenzahlen auf den BZE- und Level II-Flächen, 400 m² - Aufnahmeflächen und 2500 m²-Aufnahmefläche

Mittlere Artenzahlen 2500qm Fläche

Hauptbaumart	Anzahl Plots	Mittlere Artenzahl	Standardabweichung
Fichte	59	43,5	12,8
Buche	30	25,0	11,7
Tr. Eiche	30	31,8	12,8
St. Eiche	2	49,5	17,7
Kiefer	26	28,3	10,5
Douglasie	5	46,6	11,0
And. Lb	9	40,6	8,6
And. Nb	4	28,3	6,8



Kaliumvorrat in der Bodenvegetation:

0 bis 88, im Mittel 10kg/ha

Zum Vergleich: Kaliumvorrat Level II
Merzalben (UKS):

- Bodenvegetation: 0,1kg/ha
- oberird. Baumbiomasse 283kg/ha
- Stock und Wurzeln: 128kg/ha
- Humusaufgabe + Mineralboden: 298kg/ha

Ausblick

- Weitere systematische Auswertung in Anlehnung an Riek und Wolff 2007 (Bodenversauerung, Stickstoffstatus, Bodenkohlenstoff, Schwermetallbelastung, POP`s, Regenerationsfähigkeit /Standortsnachhaltigkeit, Kalkung (Bericht und Internetpräsentation 2011))
- Differenzierung nach Substraten und Bestockung
- Kalkulation der Kohlenstoff- u. Nährstoffvorräte an jedem Plot (Mineralboden, Humusaufgabe, Reisig/Totholz, Bodenvegetation, Waldverjüngung/Sträucher, Bäume)
- Modellierung Wasserhaushalt- und Stoffhaushalt an jedem Plot
-

Herzlichen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit



Befunde der landesweiten Waldernährungserhebung (WEE) in Rheinland-Pfalz

Joachim Block, FAWF, Abt. Waldschutz

Seminar 1.2.6 Ergebnisse der Bodenzustandserhebung und der
Waldernährungserhebung – Konsequenzen für die Forstplanung
am 10.06.2010 in Trippstadt

Forstliches Umweltmonitoring

Übersichtserhebungen (Level I) (landesweites Raster)

Waldzustands-
erhebung

WSE

Kronen-
zustand

jährlich

**Wald-
ernährungs-
erhebung**

WEE

**Nadel-/Blatt-
Analysewerte**

**ca. alle
15 Jahre**

Bodenzustands-
erhebung

BZE

chemischer
Boden-
zustand

ca. alle
15 Jahre

wesentliche
Indikatoren

Aufnahme-
turnus

Wichtigste Ziele:

Erkennen von Schadschwerpunkten
Erfassung der Schadentwicklung

Intensivuntersuchungen (Level II / III) (ausgewählte Flächen)

Dauerbeob.
Waldökosysteme

- Kronenzustand
- Nährstoffversorg.
- Waldwachstum
- Bodenzustand
- Bodenvegetation
- Mykorrhiza
- Phänologie
- Mortalität
- biotische
Schadeinflüsse
- u.a.

Dauermessung
Umwelt-
Bedingungen

- Immission
- Deposition
- Witterung
- Critical Loads
- Wasser- u.
Stoffhaushalt
- u.a.

Experimente/
Projekte

- Kalkungs-
Versuche
- Nährstoffentzug
- Mortalitäts-
entwicklung
- u.a.

Wichtigste Ziele:

Erkennen von Ursachen-Wirkungsbeziehungen
Ableitung/Prüfung von Gegenmaßnahmen

Ziele der Waldernährungserhebung

- Einschätzung der aktuellen Ernährungssituation
- Erkennen von Veränderungen der Ernährungssituation
- Erkennen von Veränderungen der Belastungssituation
- Prüfung der Wirksamkeit von Luftreinhaltemaßnahmen
- Prüfung der Wirkung der Bodenschutzkalkung

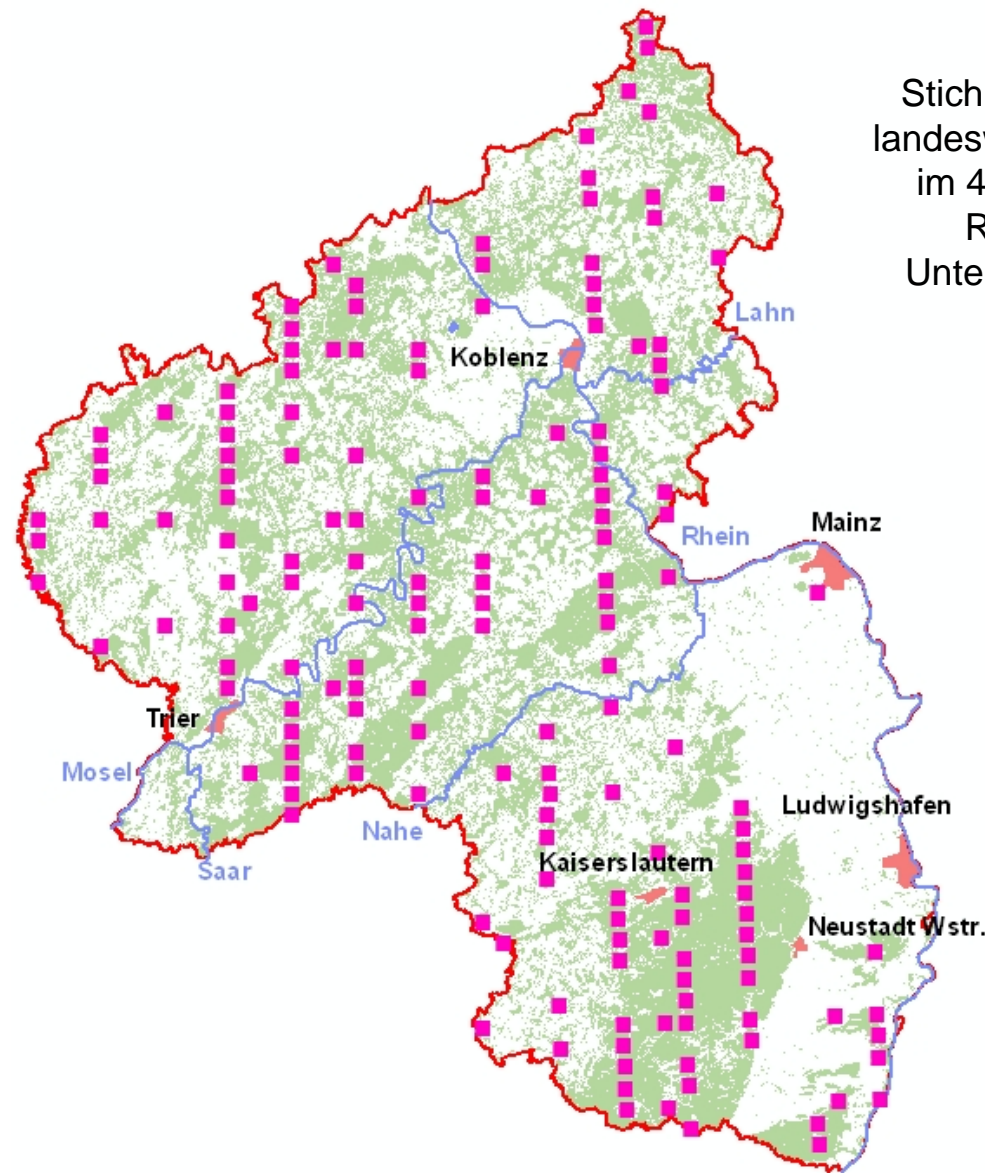
Landesweite Waldernährungserhebungen

1988:

- Fichte 60 Plots
- Kiefer 30 Plots

2006/07:

- Fichte 72 Plots
- Kiefer 46 Plots
- Buche 85 Plots
- Eiche 64 Plots



Stichprobenpunkte der
landesweiten Erhebungen
im 4x12 u. 16x16 km
Raster (TWE –
Unterstichprobe, BZE,
WEE)

Probenahmen

WEE I:

Nadelbäume: Dez. 1988 – Februar 1989

WEE II:

Nadelbäume: November 2006 bis März 2007

Laubbäume: 16.07. – 17.08 2007

Je Plot: 3 herrschende Bäume pro Baumart innerhalb eines 30m Radius um den Plotmittelpunkt

Je Baum: 3 Äste aus der voll besonnten Lichtkrone bzw. dem oberen Kronendrittel (Fichte +- 7. Quirl) aus verschiedenen Himmelsrichtungen

Wertvollere, ältere Bäume (etwa ab BHD 25 – 30 cm) wurden von Baumsteigern stehend beprobt, jüngere Bäume nach Fällung.



Bonituren und Probenaufbereitung

Bonituren:

- Nadel-/Blattverlust
- Vergilbung
- Triebblängen (Fichte und Kiefer)
- Biotische und abiotische Schäden
- Fruchtanhang

Probenaufbereitung:

- Trennung Jahrgänge
- Abzupfen der Blätter
- Trocknung bei 60° C



Bestimmung der 100 Blatt- / 1000 Nadel-Gewichte (105°C) (1 Mischprobe je Baum)

Chemische Analysen LUFA Speyer(1 Mischprobe je Plot, Baumart, Nadeljahrgang)

- Wassergehalt
- C, N, P, K, Ca, Mg, Na, S, Fe, Zn, Cu, Mn, B, Al, Pb, Cd,

Auswertungen

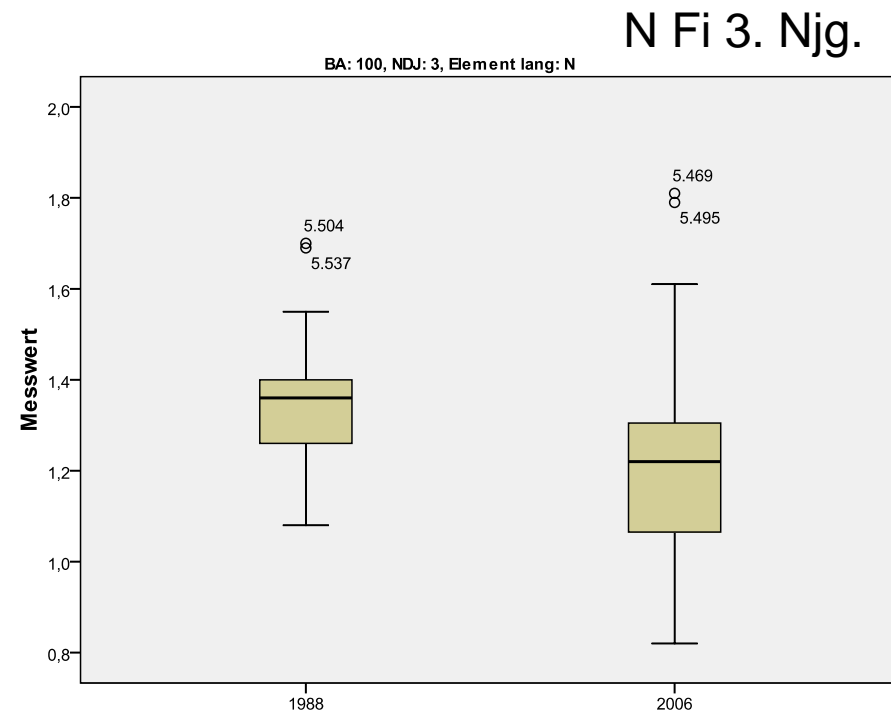
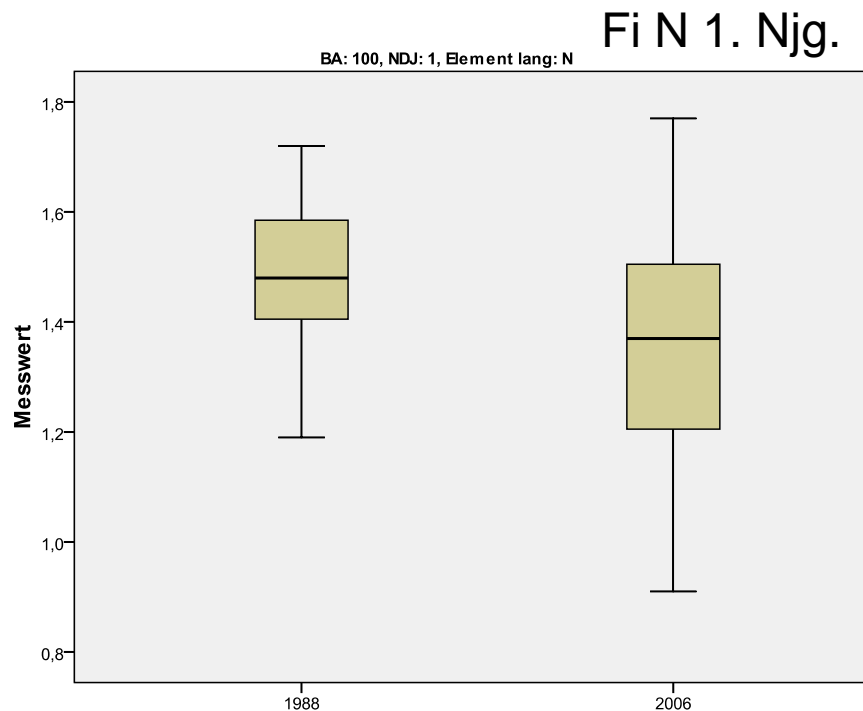
- Getrennt nach Baumart, ggfls. Nadeljahrgang, Element
- Klassifizierung nach Perzentilklassen und – wenn verfügbar - ökologischen Bewertungsstufen (Wolff und Riek 1997)
- Darstellung der Häufigkeitsverteilungen als Boxplot (PASW Statistics)
- Prüfung der Signifikanz von Unterschieden in der Werteverteilung zwischen WEE I und II mit nicht parametrischem Kolmogorov-Smirnov Test
- Darstellung der räumlichen Strukturen über Landeskarten mit Rasterpunkten

Befunde und Bewertungen

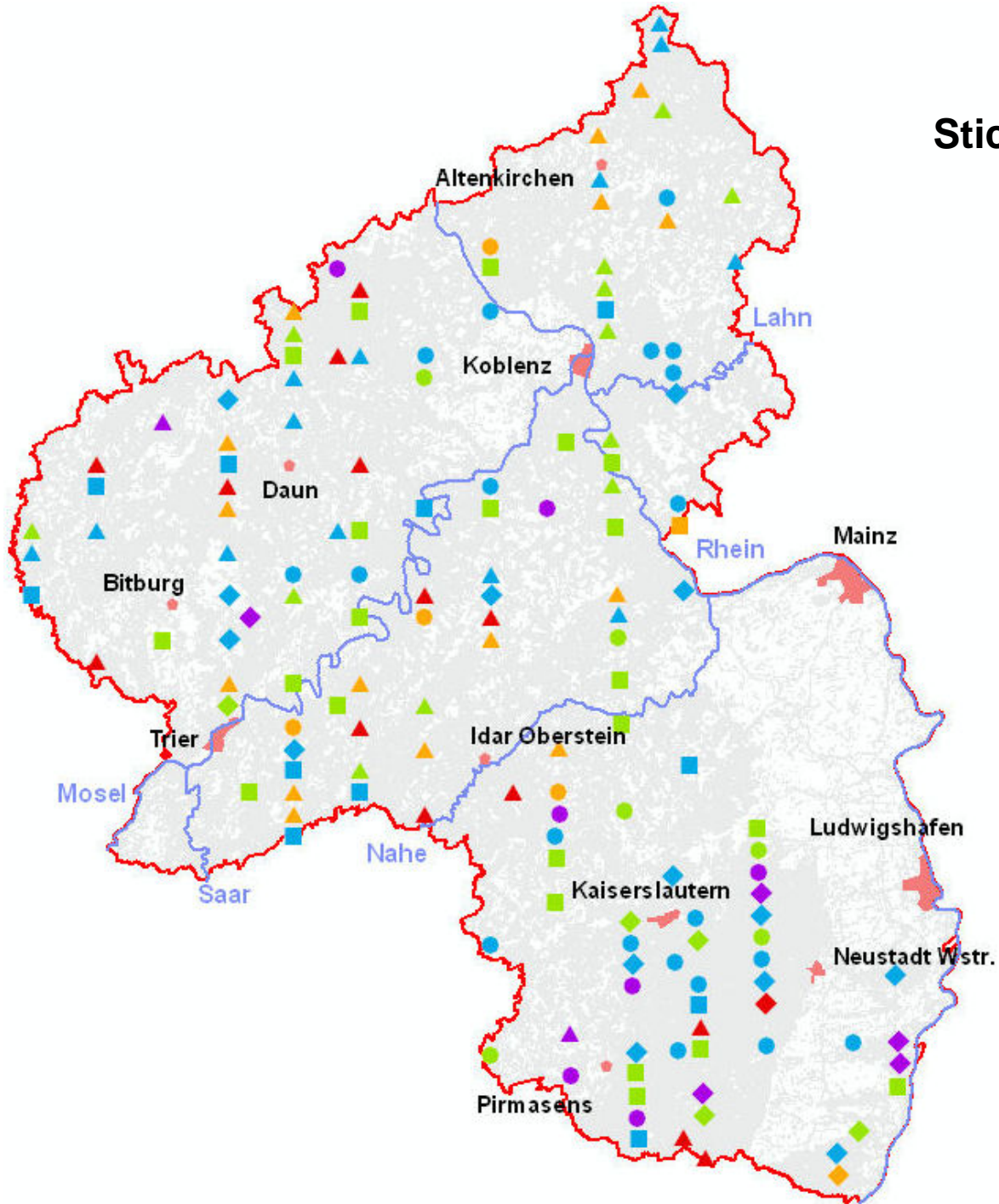
Nährelemente

Stickstoff:

- große Unterschiede zwischen Baumarten: Bu, Ei, Ki meist „mittel“ bis „hoch“ versorgt; an jeweils 15% der Plots Bu und Ki „sehr hoch“ = „überversorgt“; bei Fi dagegen an 35% der Plots „sehr gering“ = „unzureichend versorgt“
- an ein und demselben Plot hoch versorgte Bu und sehr gering versorgte Fichten
- signifikante Abnahme der N-Gehalte bei Fi und Ki zwischen WEE I (1988) und WEE II (2006)



Stickstoffgehalte WEE II



Fi	Ki	Bu	Ei	
▲	◆	●	■	Mangel
▲	◆	●	■	gering
▲	◆	●	■	normal
▲	◆	●	■	hoch
▲	◆	●	■	sehr hoch

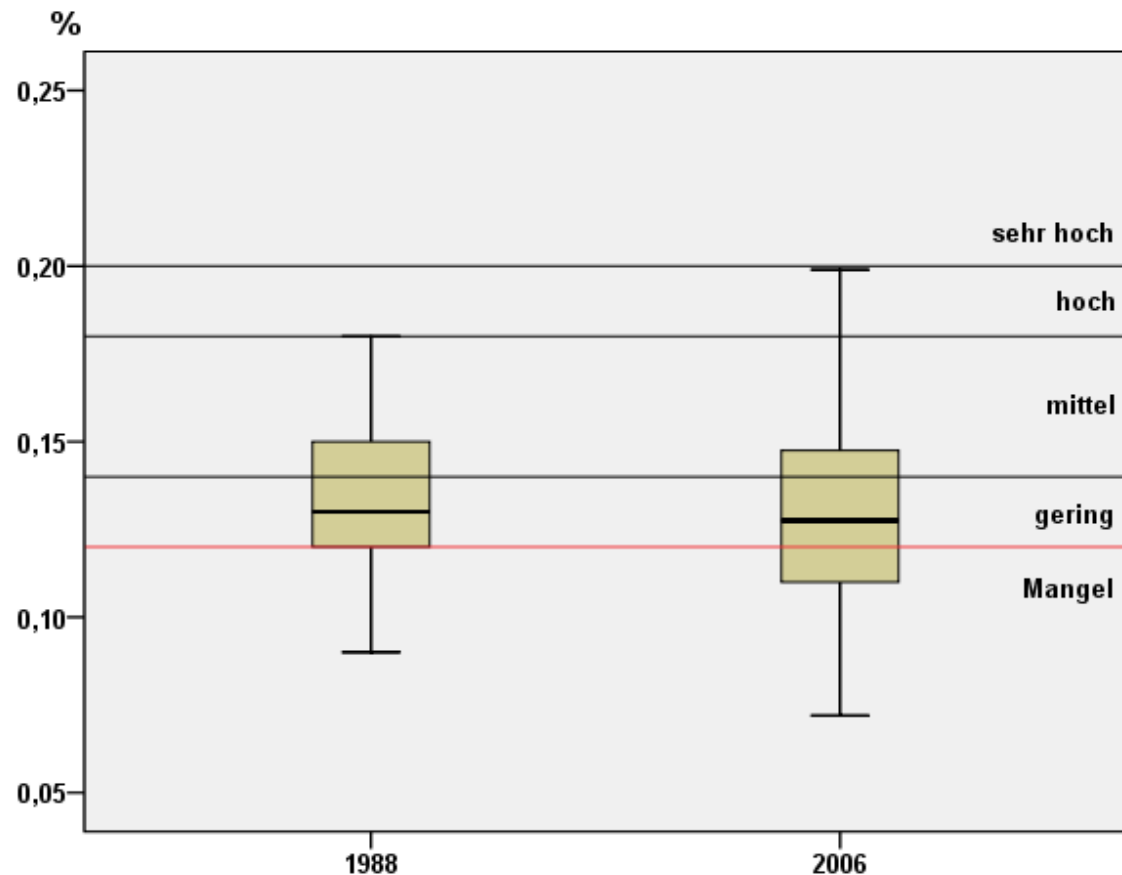
Potenzielle Ursachen der (scheinbaren?) Abnahme der N-Gehalte bei Fi und Ki und der „Mangel“-Einwertung bei Fi

- Starke Gehaltsschwankungen von Jahr zu Jahr; könnten mit witterungsbedingt variierender Streuzersetzung und N-Mineralisierung zusammenhängen
- Behinderung der N-Aufnahme durch starke Trockenheit in Juni und Juli 2006 (Beleg: Trieblänge bei Fichte 2006 deutlich kleiner als in Vorjahren)
- Häufung von Fruktifikationsjahren (N-Umverteilung in Früchte)
- Erhöhte N-Bereitstellung aus atmogener Deposition \Rightarrow höhere Biomasseproduktion \Rightarrow höhere N-Vorräte in Biomasse, nicht zwangsweise höhere Gehalte in Nadeln

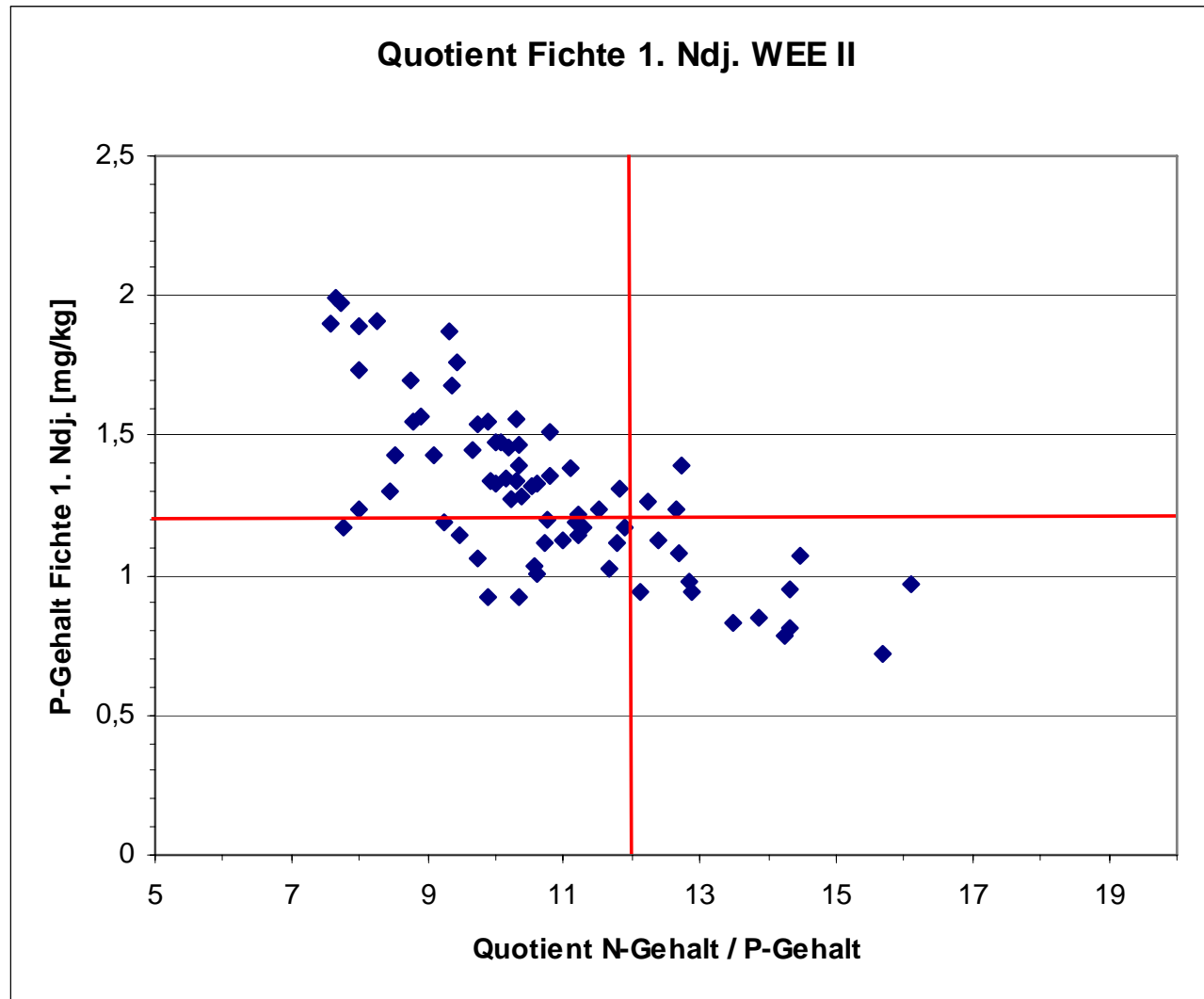
\Rightarrow Aussagekraft der N-Gehalte im mittleren Bereich?

Phosphor:

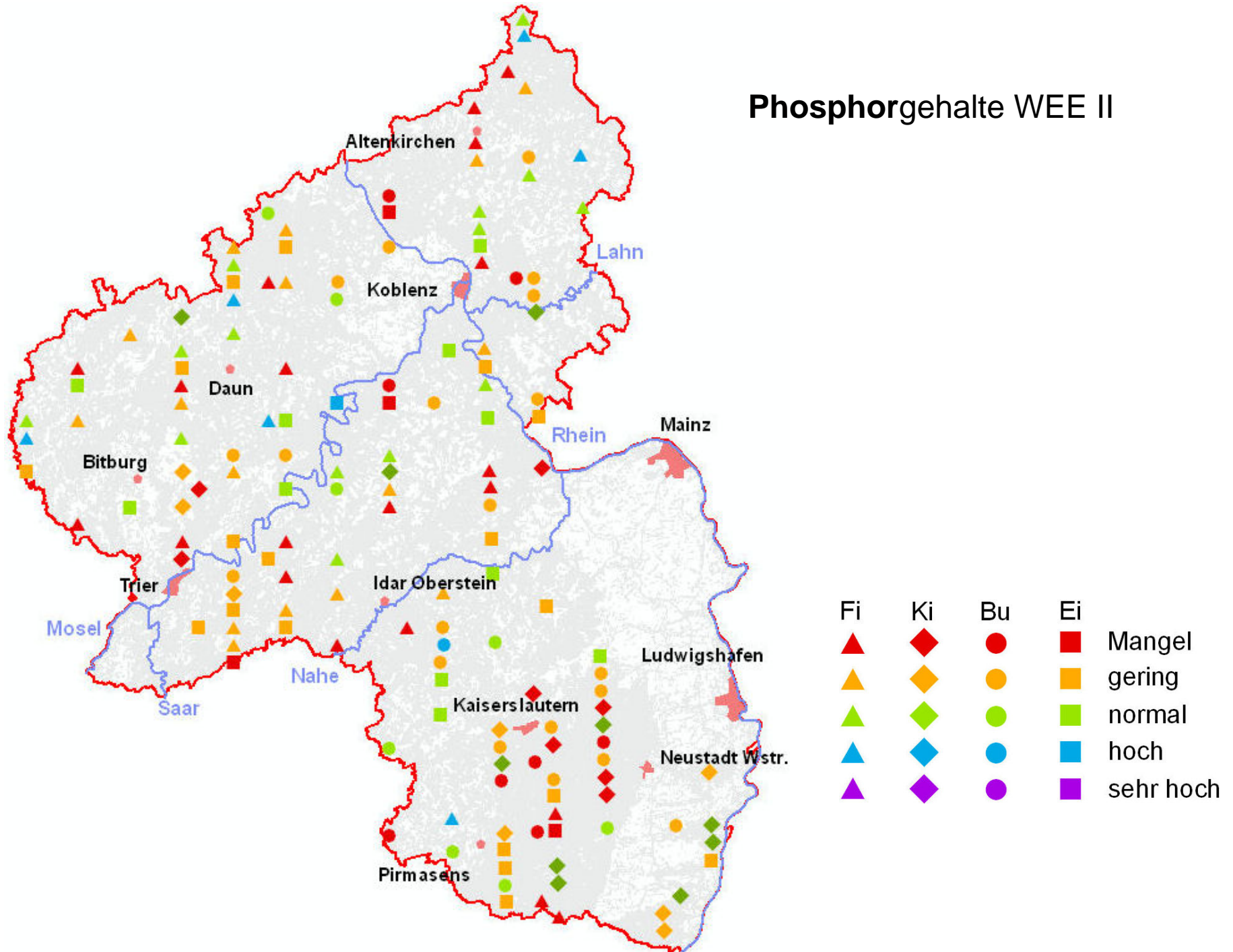
- P-Versorgung an der Mehrzahl der Plots bei allen Baumarten „gering“, an einem Viertel im Mangelbereich, nur sehr wenige „hoch“ versorgte Plots
- signifikante Abnahme der P-Gehalte bei Fi, aber signifikante Zunahme bei Ki zwischen WEE I (1988) und WEE II (2006)
- keine erkennbaren P-Mangelsymptome



N/P-Quotient und P-Gehalt in Fichtennadeln (1. Ndjg.)
unterhalb der horizontalen Linie: P-Mangel
rechts der vertikalen Linie: disharmonische Ernährung

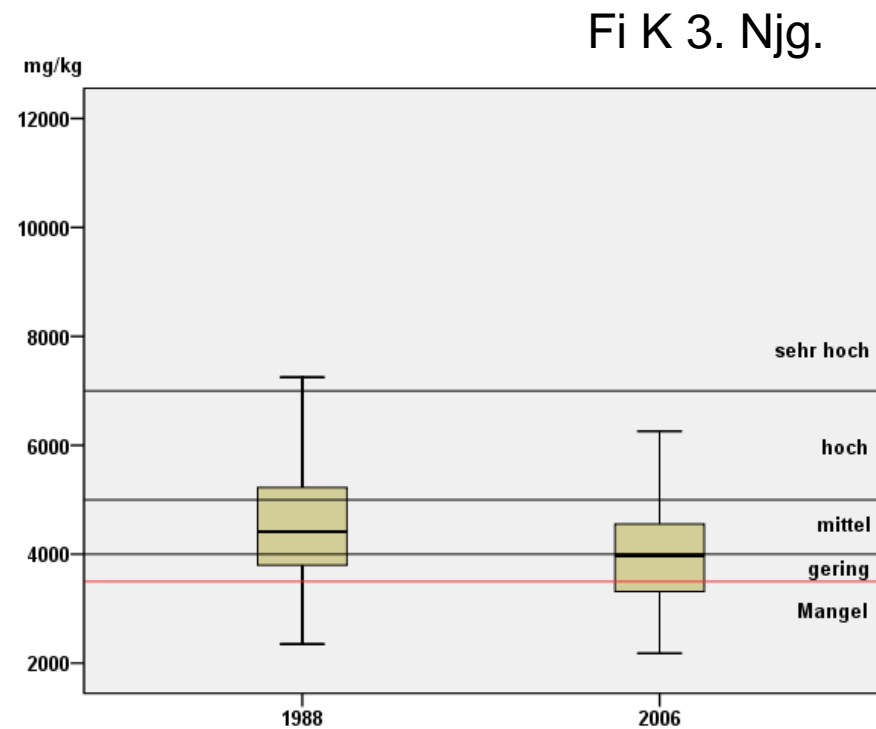
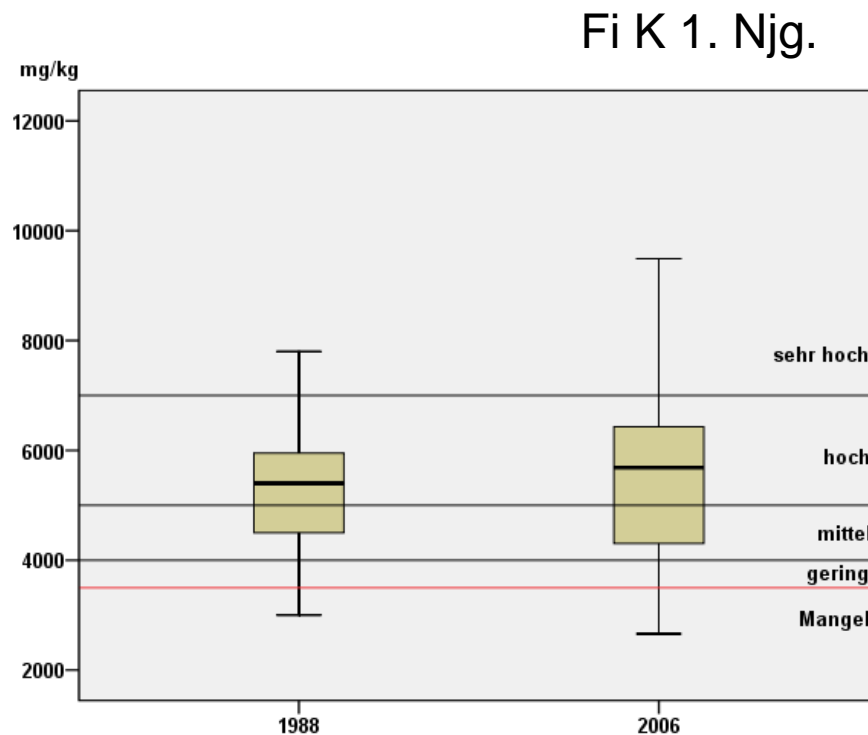


Phosphorgehalte WEE II

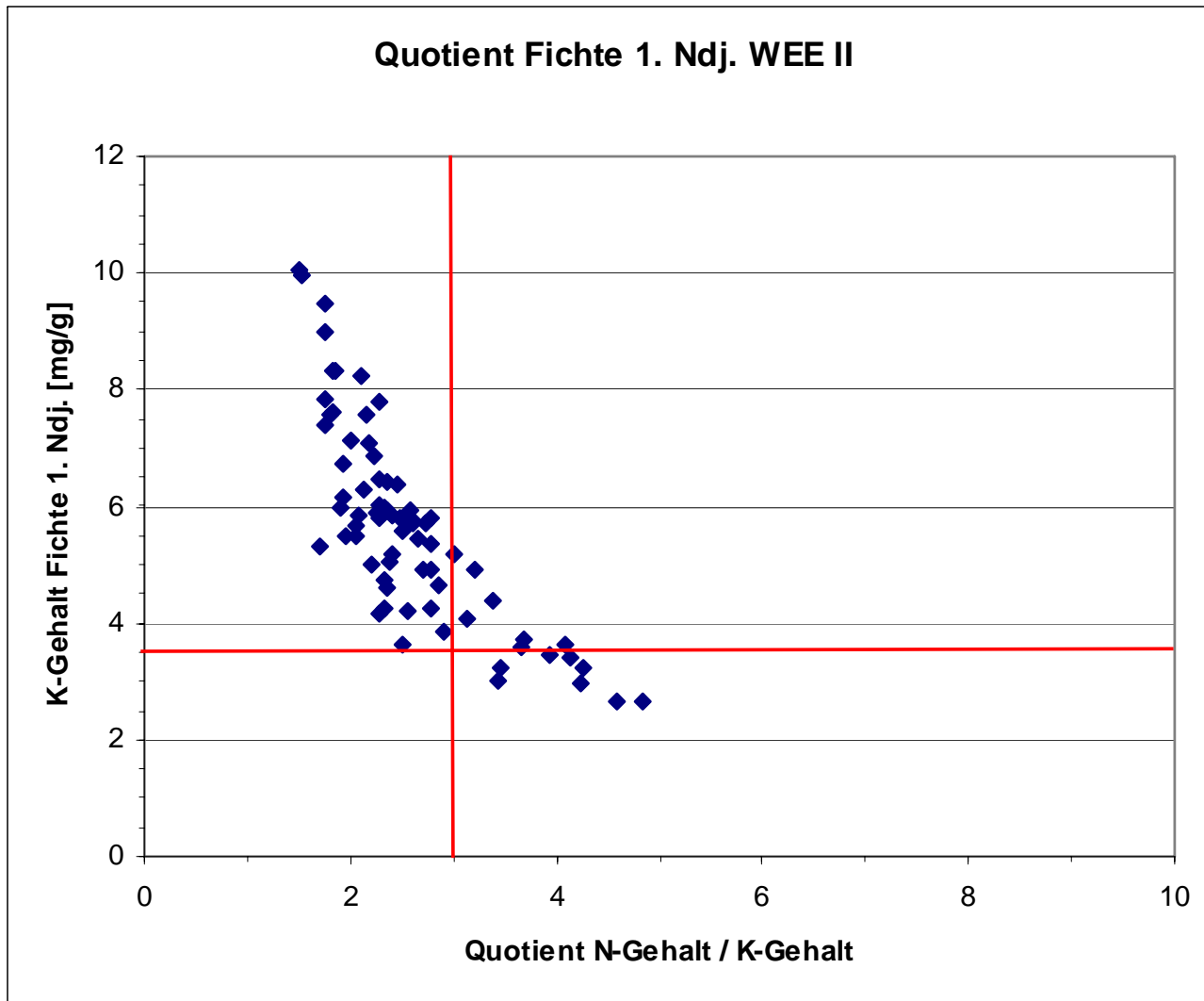


Kalium:

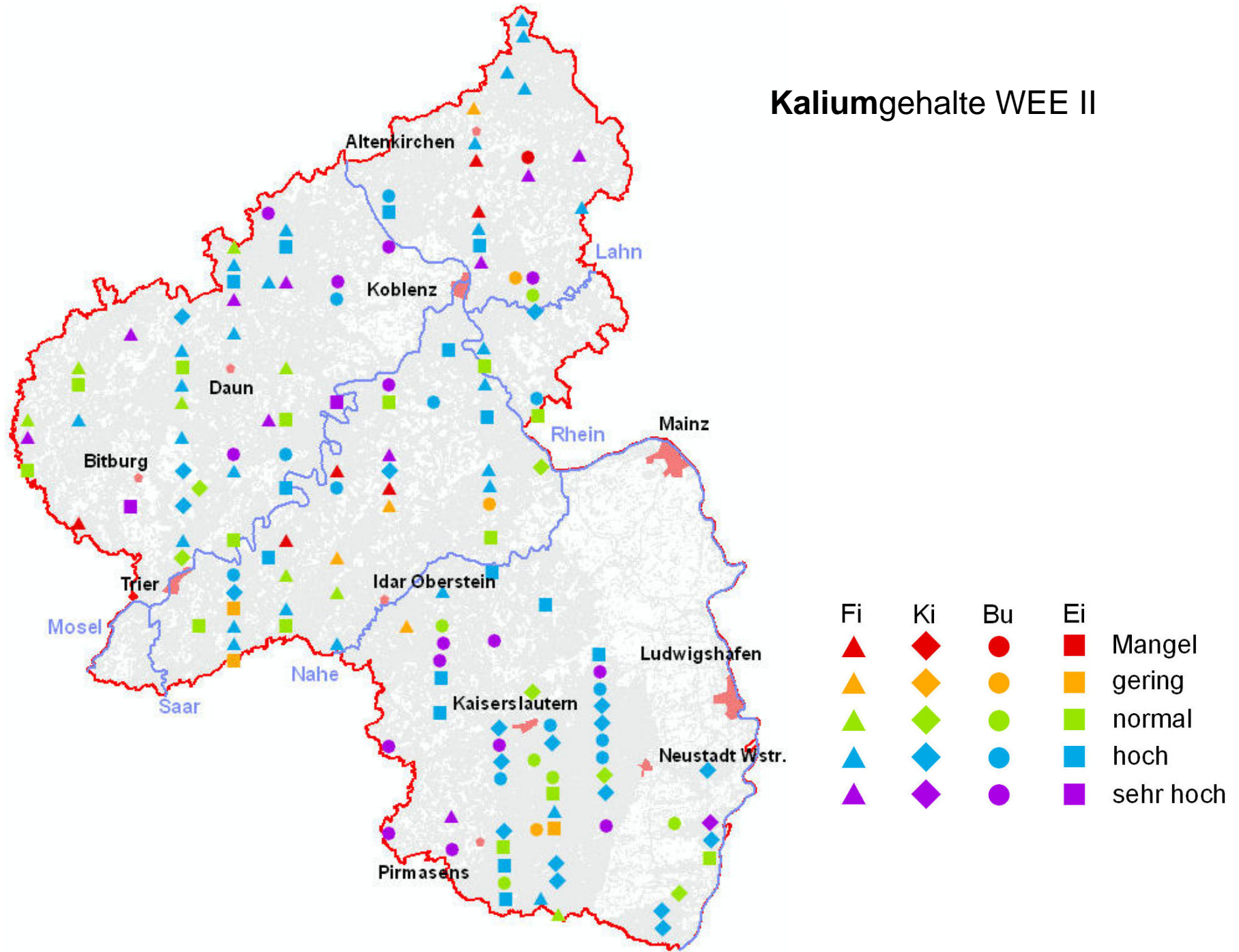
- K-Versorgung bei allen Baumarten meist ausreichend bis sehr hoch; nur an einigen wenigen Fichtenplots „Mangel“;
- signifikante Zunahme der K-Gehalte bei Ki, bei Fi keine signifikanten Veränderungen zwischen WEE I (1988) und WEE II (2006)
- kein Hinweis auf negativen Einfluss der Kalkung auf Kaliumversorgung



N/K-Quotient und K-Gehalt in Fichtennadeln (1. Ndjg.)
unterhalb der horizontalen Linie: K-Mangel
rechts der vertikalen Linie: disharmonische Ernährung



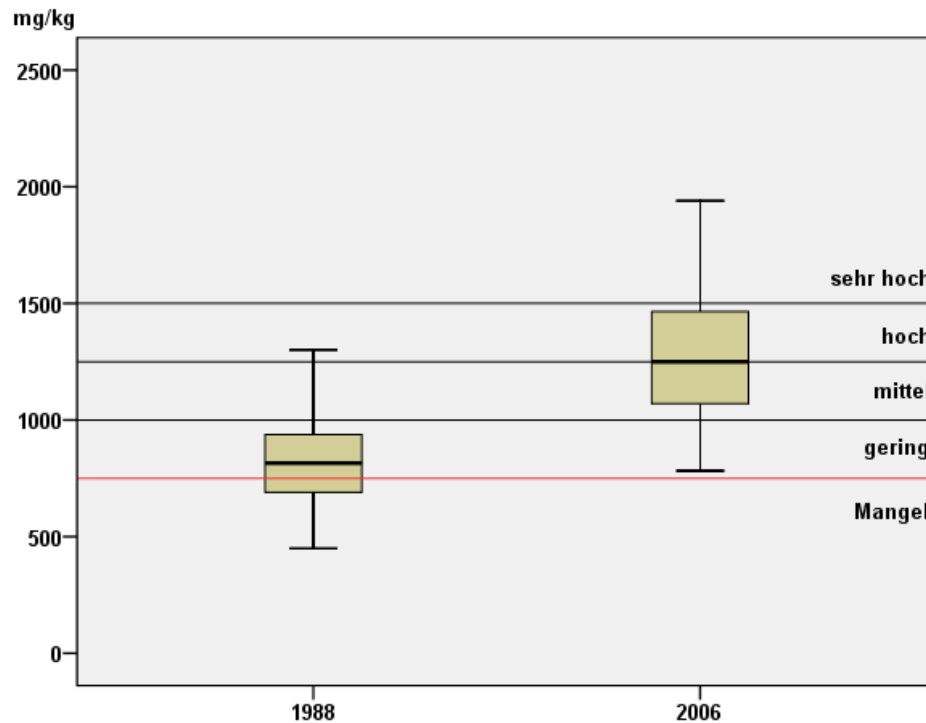
Kaliumgehalte WEE II



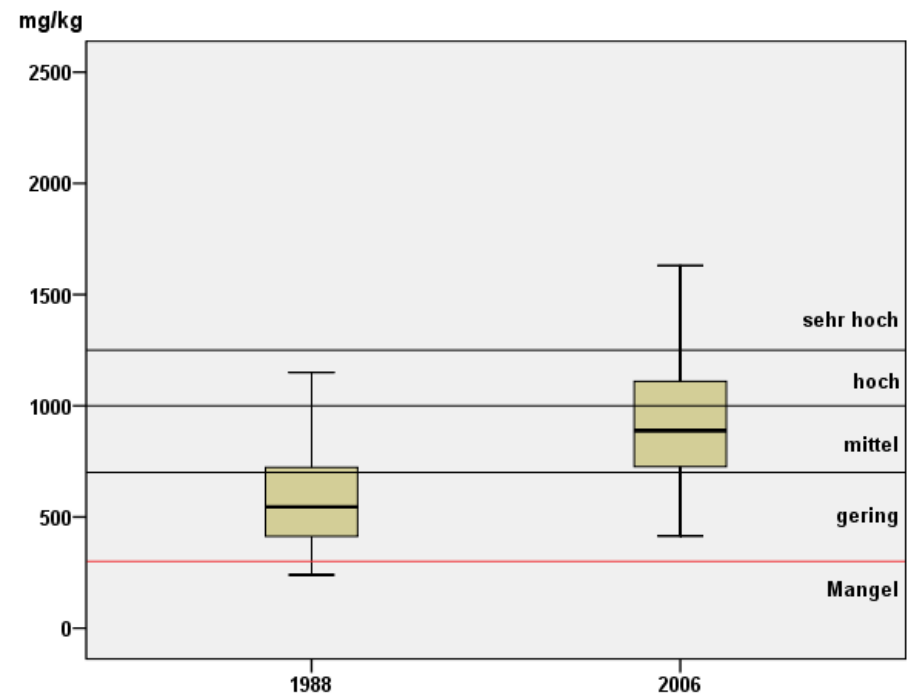
Magnesium:

- Mg-Versorgung bei allen Baumarten meist ausreichend bis sehr hoch; nur an einigen wenigen Kiefern- und Buchenplots „Mangel“;
- Mg-Versorgung hat sich erheblich verbessert: Bei WEE I an vier Fünftel der Fichtenplots und mehr als der Hälfte der Kiefernplots gering versorgt oder sogar Mg-Mangel. Bei WEE II nur noch an 2 Ki- Plots.
- Deutliche Effekte der Kalkung!

Fi Mg 1. Njg.



Fi Mg 3. Njg.



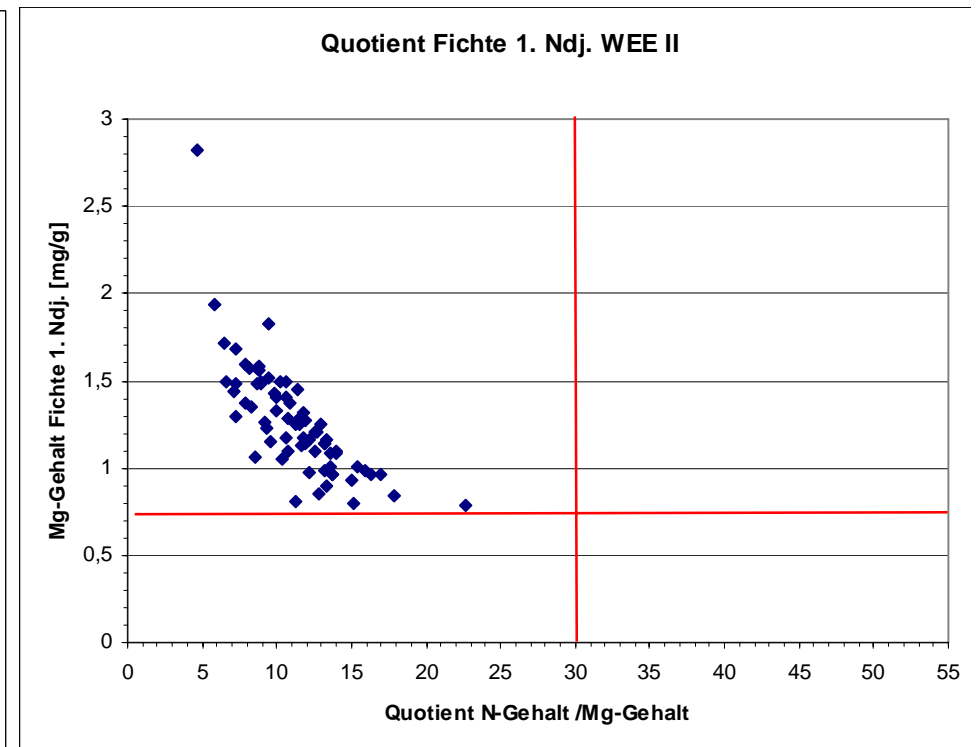
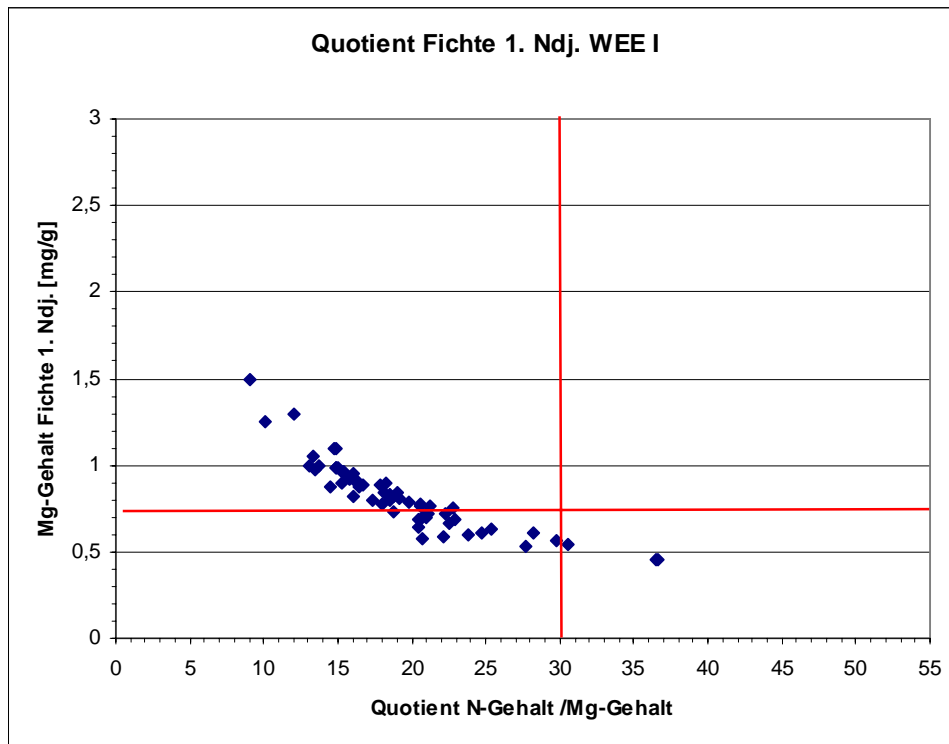
N/Mg-Quotient und Mg-Gehalt in Fichtennadeln (1. Ndjg.):

unterhalb der horizontalen Linie: Mg-Mangel

rechts der vertikalen Linie: disharmonische Ernährung

1988

2006

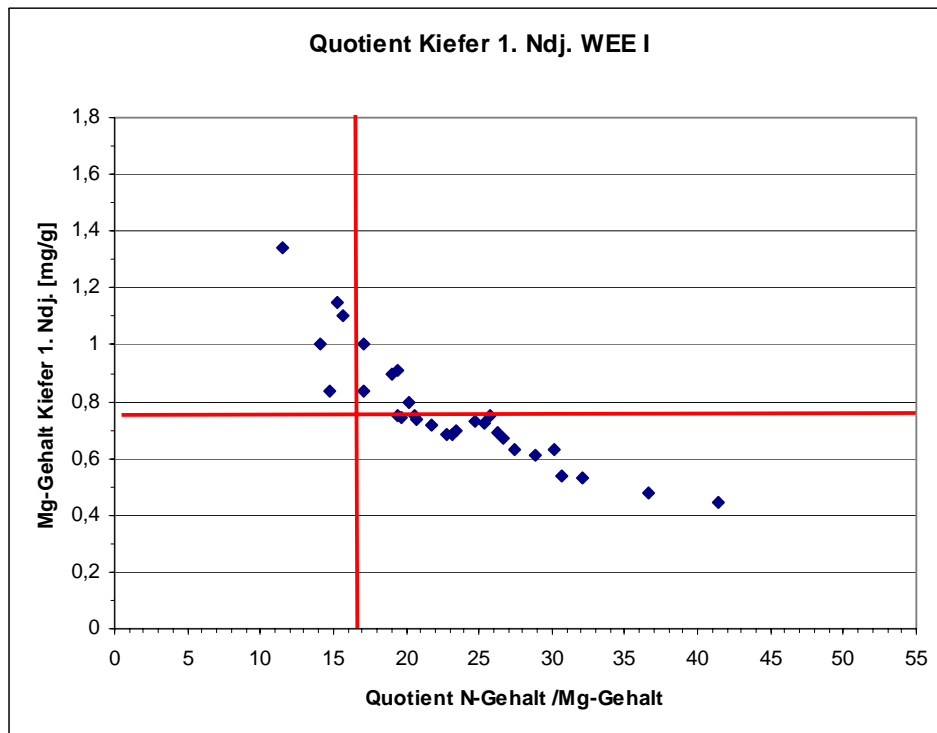


N/Mg-Quotient und Mg-Gehalt in Kiefernadeln (1. Ndj.):

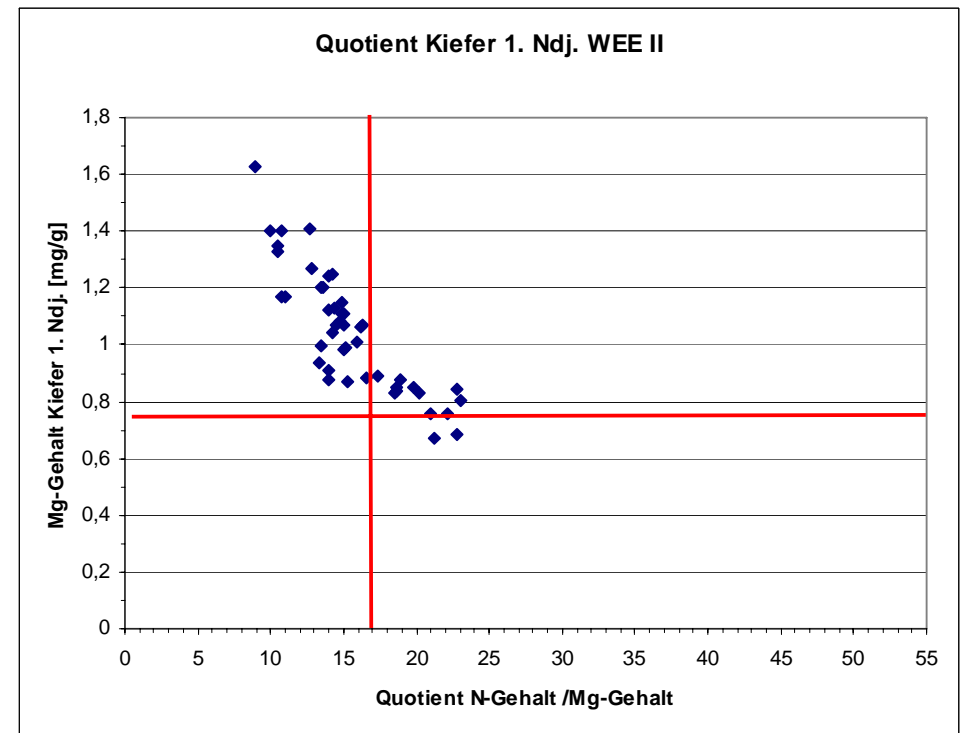
unterhalb der horizontalen Linie: Mg-Mangel

rechts der vertikalen Linie: disharmonische Ernährung

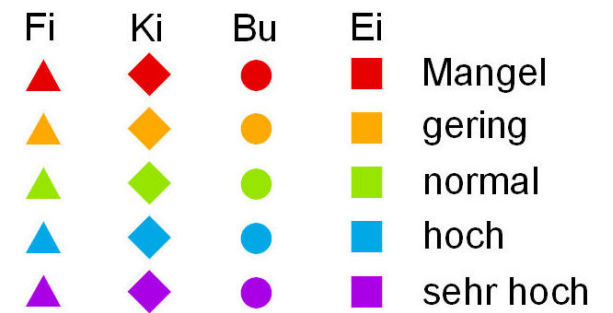
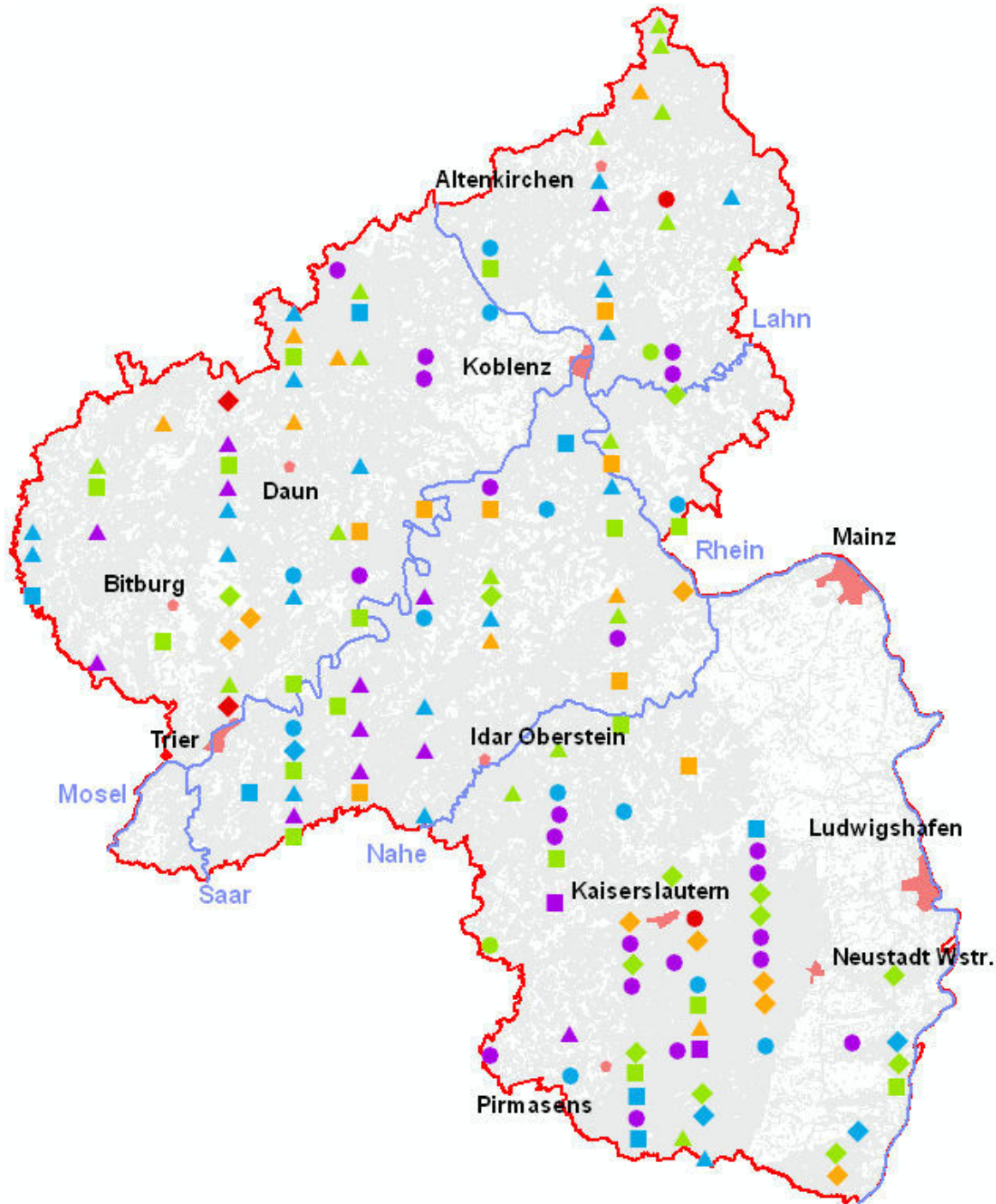
1988



2006



Magnesiumgehalte WEE II



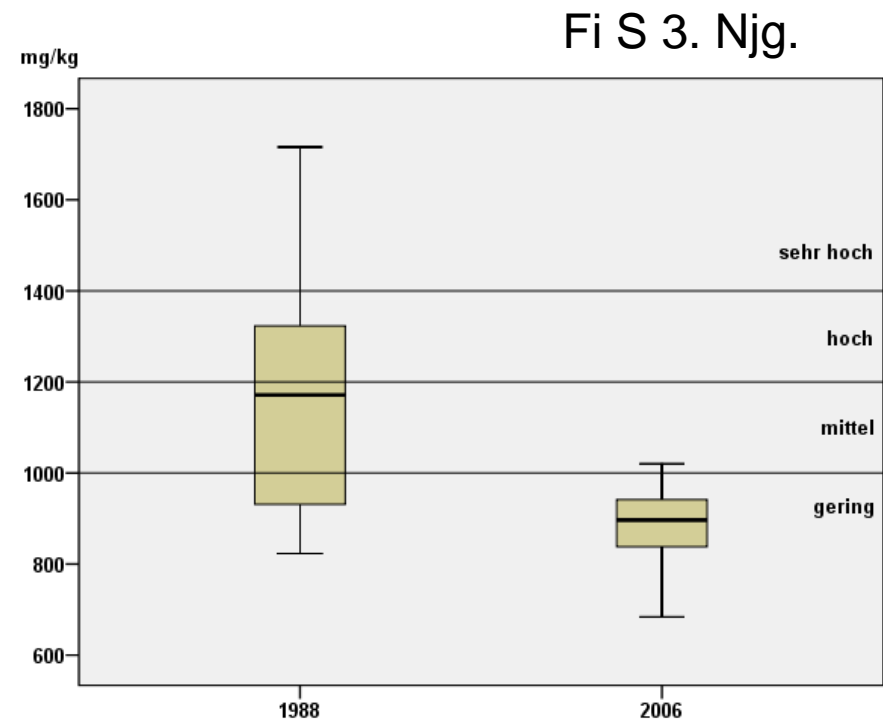
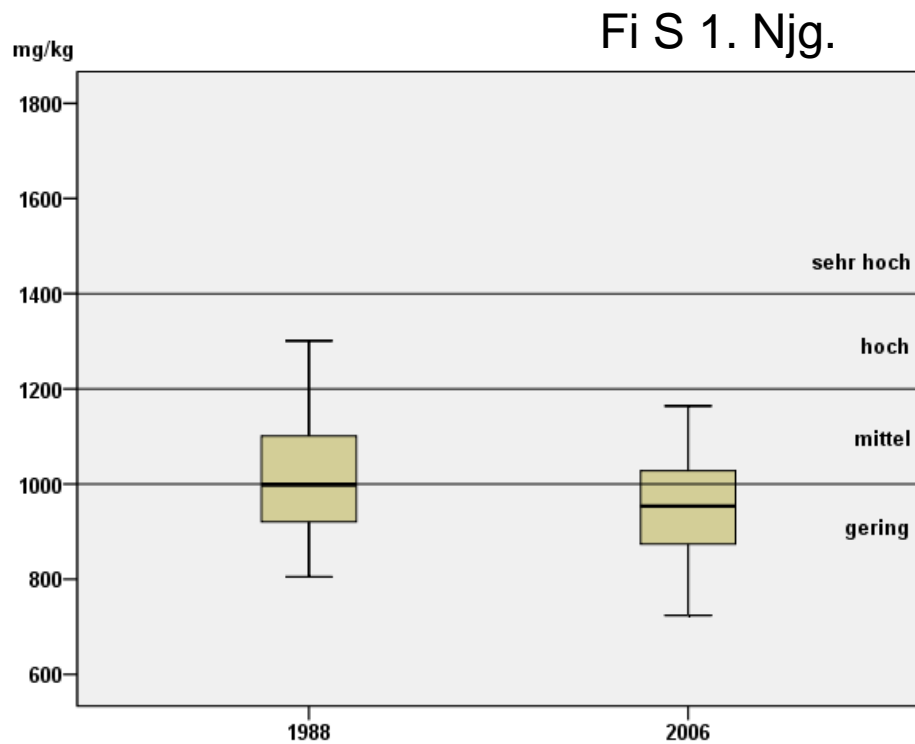
Mg-Versorgung Fichte; „Alterslinien“ nach Reemtsma 1986

Alterslinie	Njg.	Schwellenwert (mg/kg TS)	WEE 1988		WEE 2006	
			N	%	N	%
1. +/- stabile Mg-Gehalte in allen Nadeljahrgängen (Njg:)	1.	>=1000				
	3.	>900	6	10	34	47
2. altersbedingte Verdünnung ohne Mg Entzug	1.	>=1000				
	3.	>700 - 900	1	2	16	22
3. Zunehmender Mangel 3.1 steiler Abfall der Mg-Gehalte vom 1. zum 3. Njg.	1.	>=1000				
	3.	>=300 - 700	0	0	8	11
3.2 1 Njg. unter Basiswert 1000 3 Njg. über Vergilbungsschwelle	1.	< 1000				
	3.	>=300	51	85	14	19
3.3 zusätzliche Unterschreitung der Vergilbungsschwelle	1.	< 1000				
	3.	< 300	2	3	0	0
			60	100	72	100

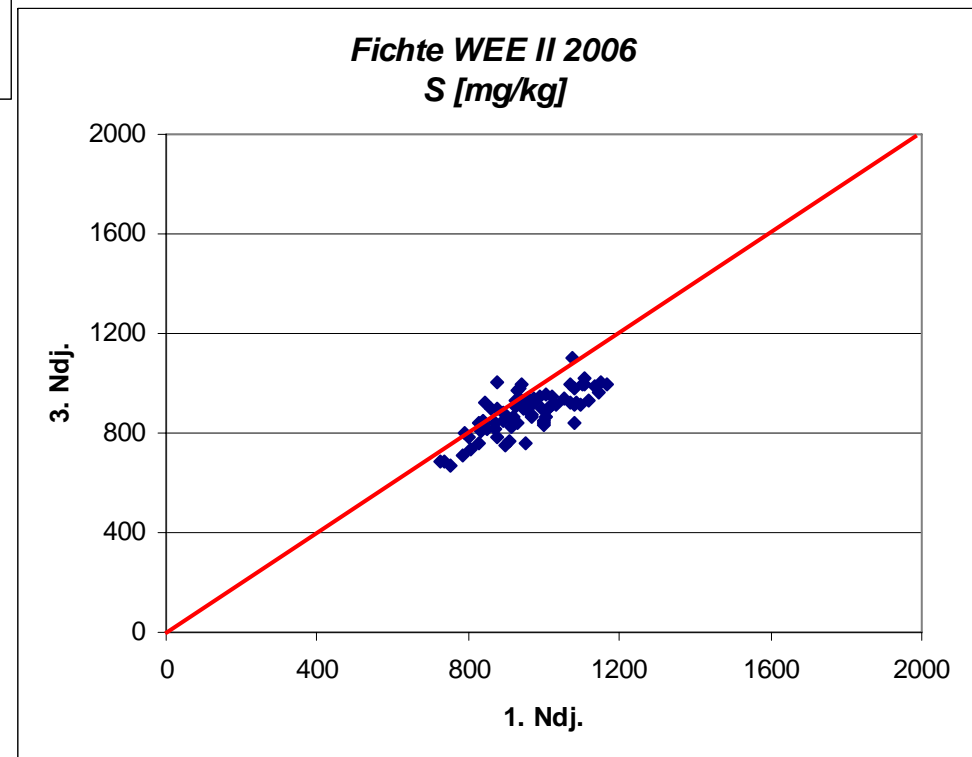
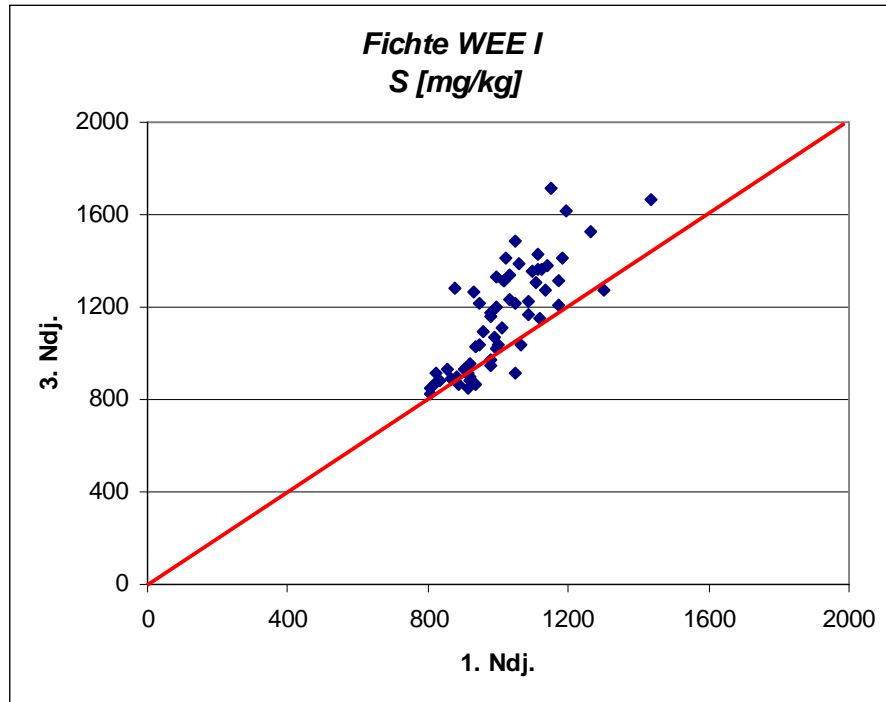
Befunde und Bewertungen „Schadstoffe“

Schwefel:

- deutliche Abnahme der S-Gehalte vor allem in älteren Fichtennadeln
- keine Hinweise auf unzureichende Schwefelversorgung

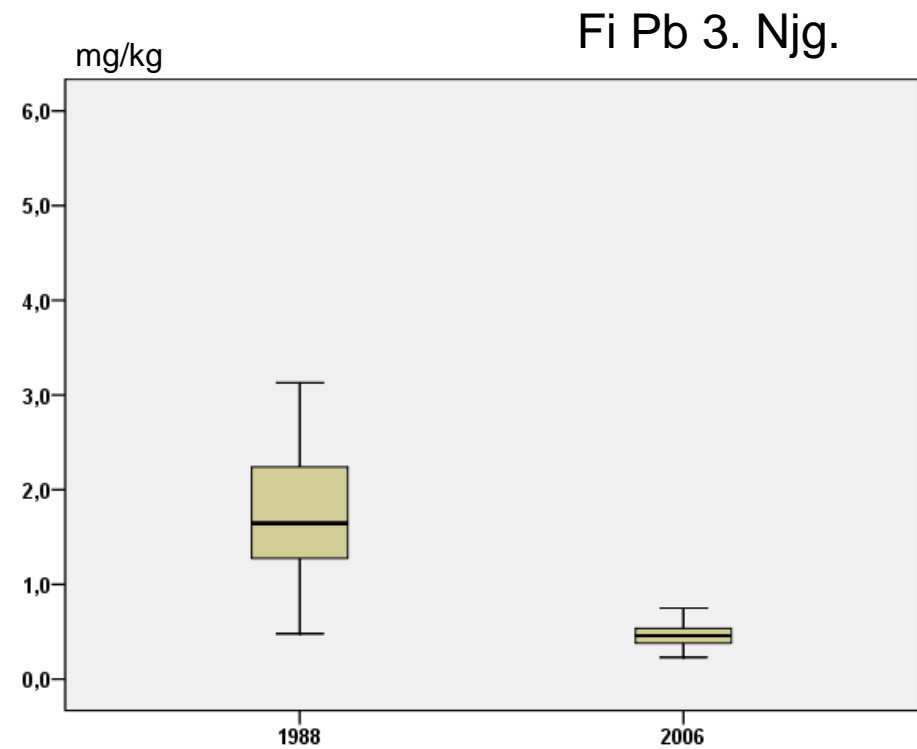
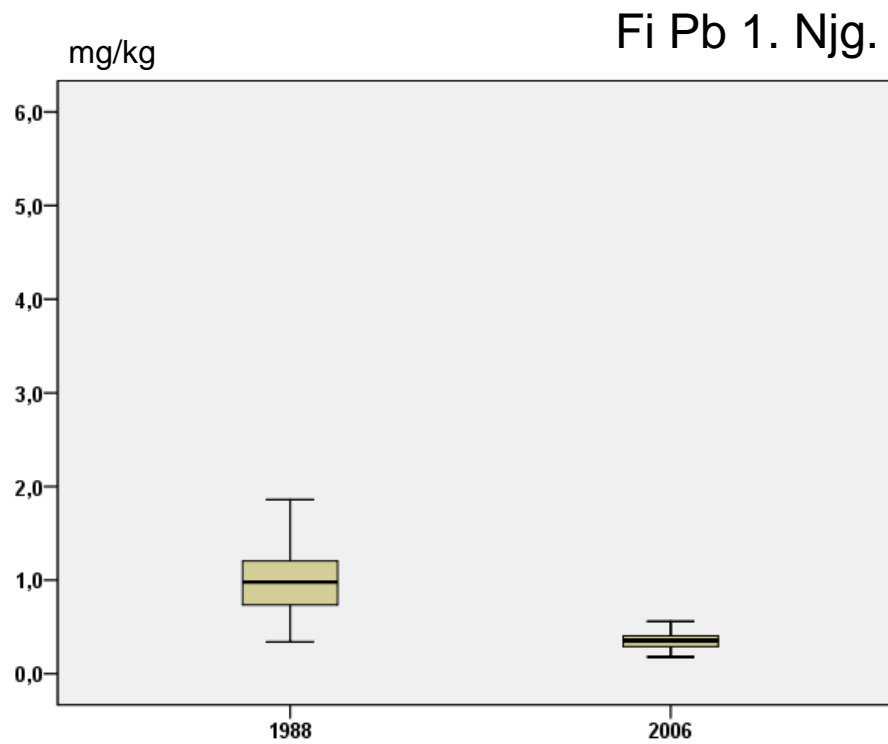


Schwefelgehalte im 1. und 3.
Nadeljahrgang von Fichte bei
BZE I und II



Blei:

- sehr deutliche Abnahme der Pb-Gehalte bei Fichte und Kiefer



Andere Elemente:

- **Ca** ähnlich deutliche Zunahme bei Fi wie Mg (Kalkungseffekt)
- **Mn** tendenzielle Abnahme, nicht signifikant; kein Mangel; einige sehr hohe Werte
- **Al** bei Fi signifikante Abnahme (reduzierte Staubbelastung)
- **Fe** bei Fi und Ki signifikante Abnahme (reduzierte Staubbelastung); kein Mangel
- **Zn** bei Ki signifikante Abnahme; kein Mangel
- **Cu** bei Fi signifikante Abnahme; an 15% der Plots „sehr gering“
- **Cd** bei Fi und Ki signifikante Abnahme

(vorläufiges) Fazit

- Deutlicher Beleg für Wirksamkeit der Luftreinhaltemaßnahmen
Schwefeldioxidemission \Rightarrow Schwefelgehalt
Bleireduzierung in Kraftstoffen \Rightarrow Bleigehalt
Staubreduzierung \Rightarrow Schwermetalle (Cd, Pb)
- Deutlicher Beleg für Wirksamkeit der Bodenschutzkalkungen zur Wiederherstellung einer ausreichenden Mg- (und Ca-) Ernährung
- Verbreitet sehr geringe P-Gehalte
Bewertungsprobleme \Rightarrow vorläufig keine Empfehlung zur P-Düngung
sondern weiterer Forschungsbedarf
- Abnahme der Versorgung mit Spurennährstoffen (Zn, Cu, Fe) weiter beobachten
- Ökologische Bewertungsstufen für Stickstoff bei Fichte und Kiefer prüfen



Rheinland-Pfalz

Herzlichen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

Nutzung der Befunde der BZE II in der forstlichen Planung und Praxis

Jürgen Gauer

Referent für forstl. StOK



Landesforsten
Rheinland-Pfalz

Nachhaltigkeit

Die Funktionen und Leistungen des Waldes bestehen in seinem

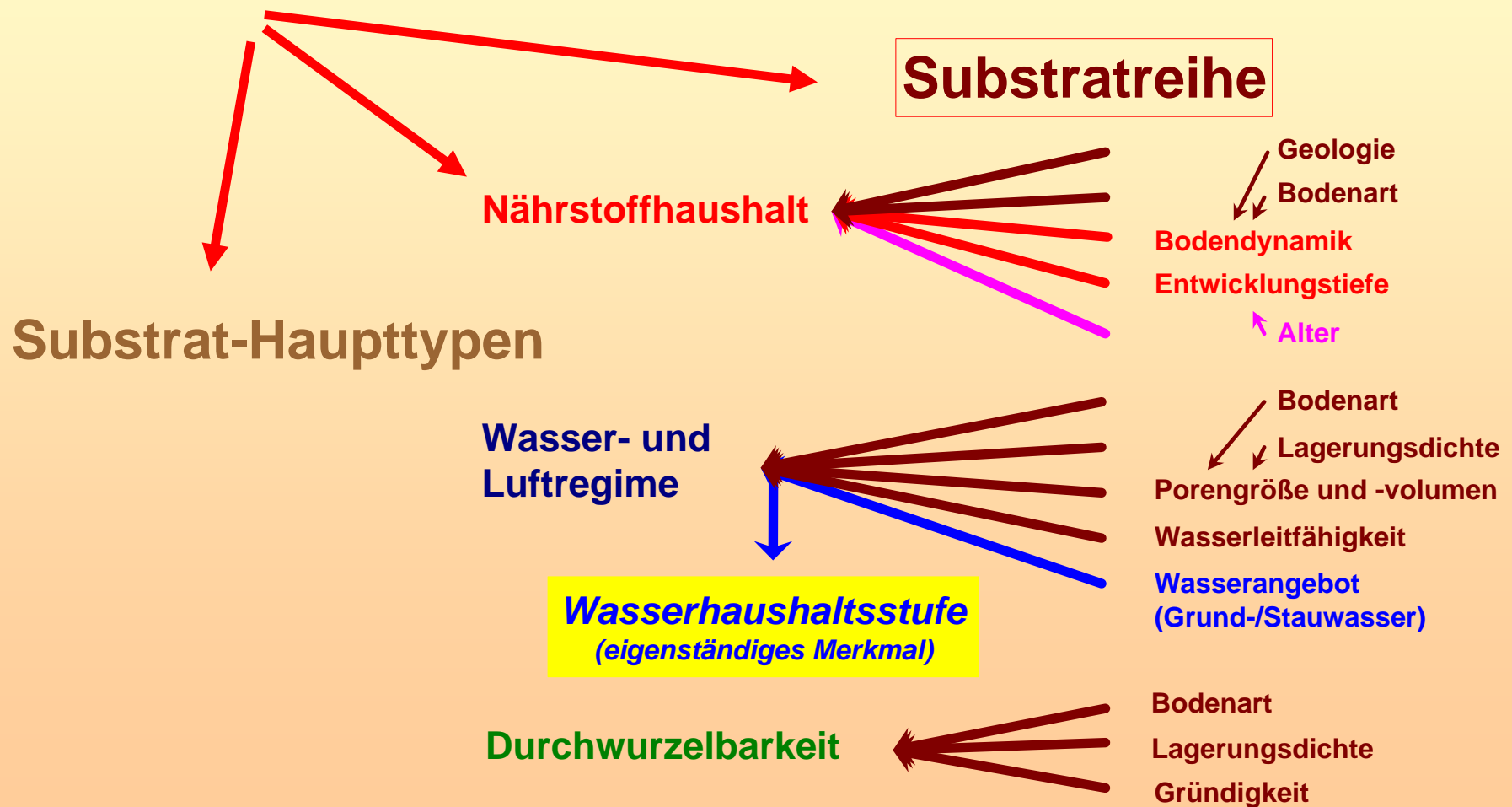
- wirtschaftlichen Nutzen,
- seinem Beitrag für die Umwelt, insbesondere für die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, das Klima, den Wasserhaushalt, die Reinhaltung der Luft, **die Bodenfruchtbarkeit**, der Erhaltung der Genressourcen, das Landschaftsbild,
- **die Biodiversität**
- sowie seinem Beitrag für die Erholung.

Sie werden durch eine naturnahe Waldbewirtschaftung sichergestellt. Das Landesforstgesetz verpflichtet die Waldbesitzer zu nachhaltiger Wirtschaft. Die Forstbehörden achten auf die Einhaltung der diesbezüglichen Grundpflichten.

Waldbau findet am konkreten Einzelstandort statt

Erschließung der BZE II Ergebnisse

Ergebnisse der BZE auf Einzelstandorte beziehen



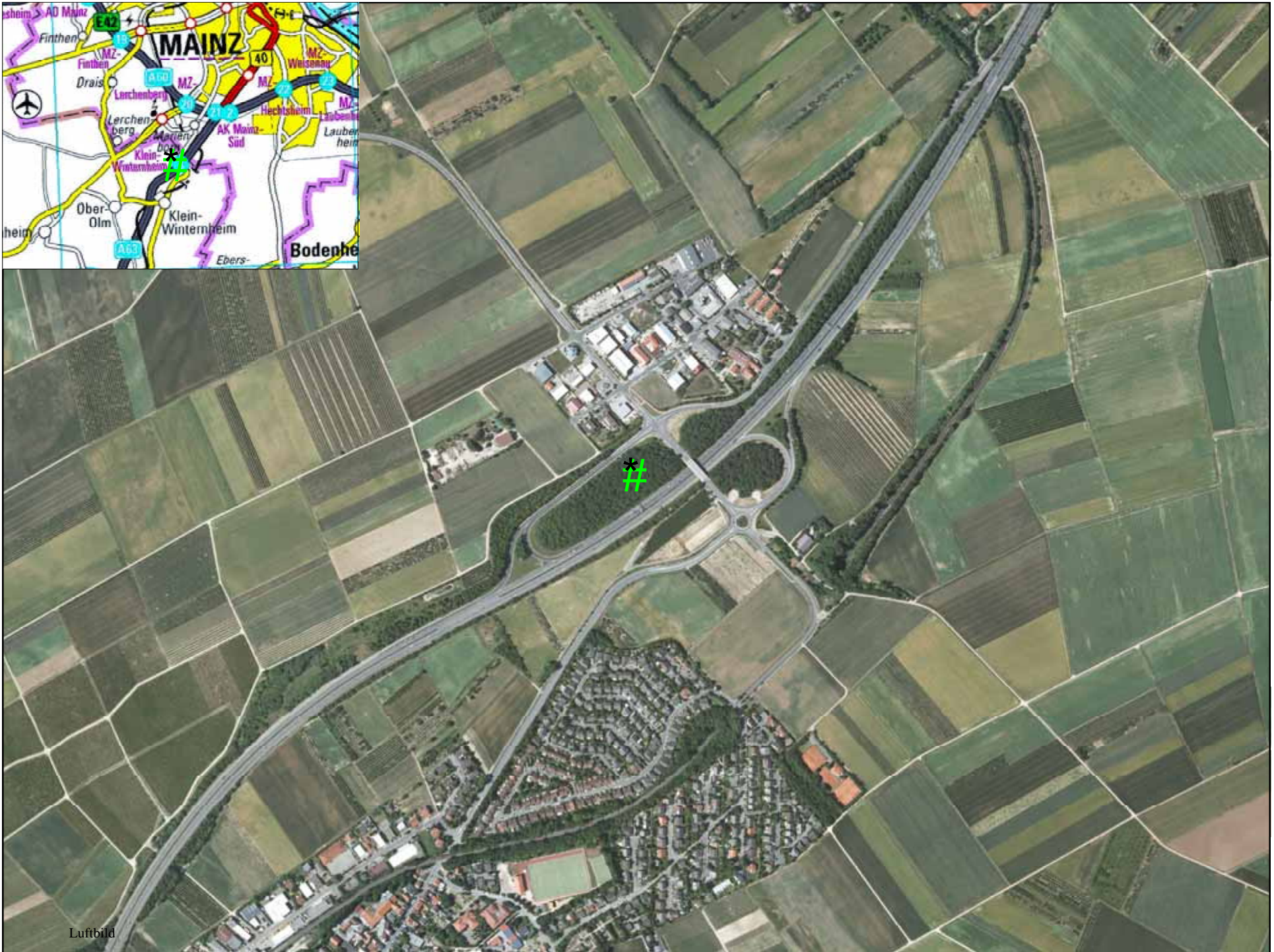
1 BZE-Pkt = 5000 ha

Pkt 601



Schwarzerde



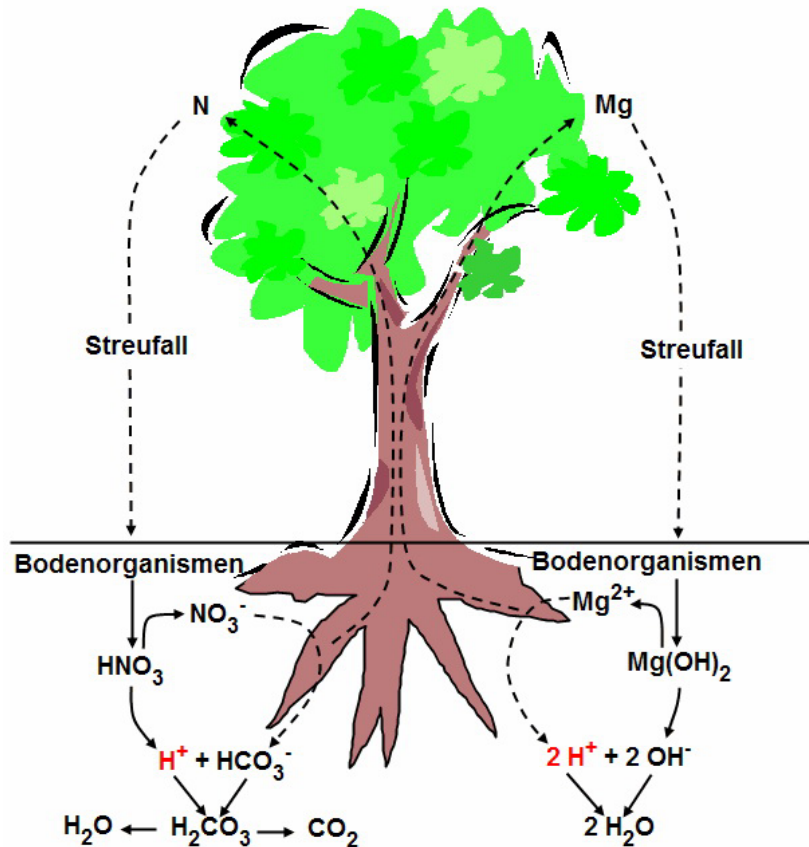


Luftbild

Bodenchemischer Zustand > Basis und Kriterium

für nachhaltigen Waldbau

Protonenbilanz bei geschlossenem Ionenkreislauf



Ionenaufnahme	- 1 H^+	Ionenaufnahme	+ 2 H^+
Mineralisierung	+ 1 H^+	Mineralisierung	- 2 H^+
Protonenbilanz	0 H^+	Protonenbilanz	0 H^+

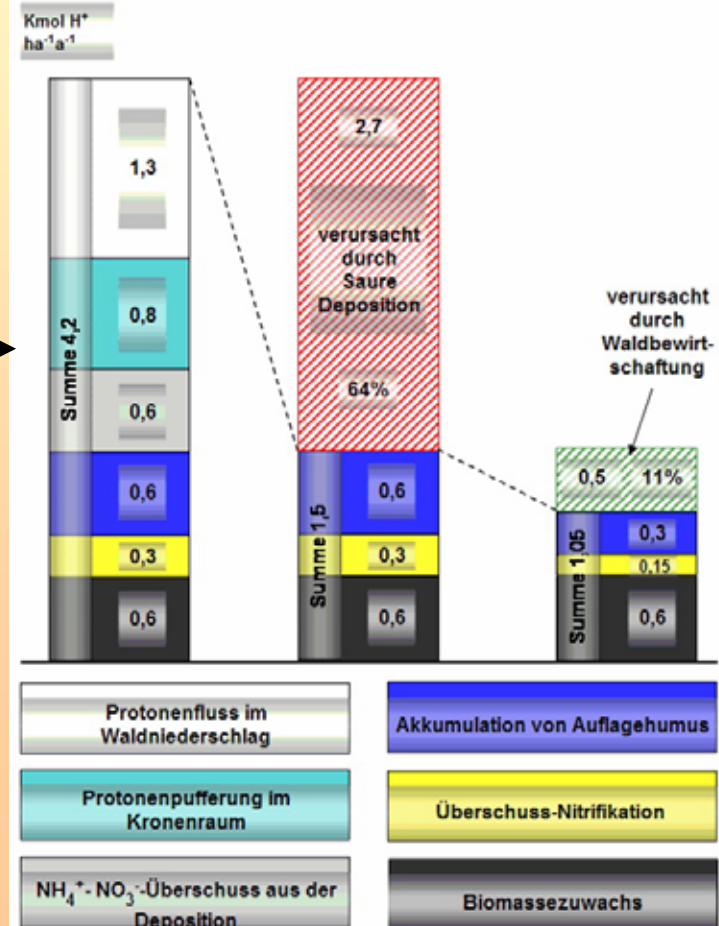
Quelle: [IRSLINGER, R. 1997](#)

Protonenbilanz

Ideal

Realität

Zur Protonenbilanz beitragende Prozesse in Abhängigkeit von Saurer Deposition und Waldbewirtschaftung



Pufferbereiche bestimmen das bodenchemische Milieu

- > Baumarten, Waldgesellschaften
- > Elastizität, Resilienz, Stabilität

Pufferung im Karbonat-Pufferbereich

pH_(GBL) 8,6 - 6,2 GBL = Gleichgewichtsbodenlösung

Puffersubstanzen Karbonate (CaCO₃, CaMg(CO₃)₂)

Pufferreaktionen

Bei Kohlensäurebelastung



Bei Schwefelsäurebelastung



Bei Salpetersäurebelastung



Reaktionsprinzip



Ökologische Bedeutung

Freisetzung des basischen Kations Ca⁺⁺ in die Bodenlösung

Bodenlösung Ca⁺⁺ dominiert, daneben reichlich Mg⁺⁺, K⁺

Pufferkapazität 150 Kmol H⁺ · ha⁻¹ · dm⁻¹ Bodentiefe
Je 1% CaCO₃ (hoch)

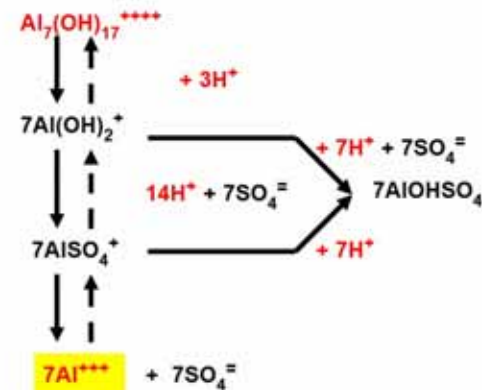
Pufferrate > 2,0 Kmol H⁺ · ha⁻¹ · a⁻¹ (hoch)
Keine kinetische Begrenzung der Pufferreaktion!

Pufferung im Aluminium-Pufferbereich

pH_(GBL) 4,2 - 3,0 GBL = Gleichgewichtsbodenlösung

Puffersubstanzen Tonminerale und polymere Aluminium-hydroxokationen

Pufferreaktionen



Reaktionsschema im Anhalt an ULRICH, B.; MAYER, R.; KHANNA, P. K. (1979): teilweise hypothetisch (PRENZEL, J. 1981).

Ökologische Bedeutung

Freisetzung potenziell toxischer, monomerer Aluminiumionen (Al⁺⁺⁺) in die Bodenlösung

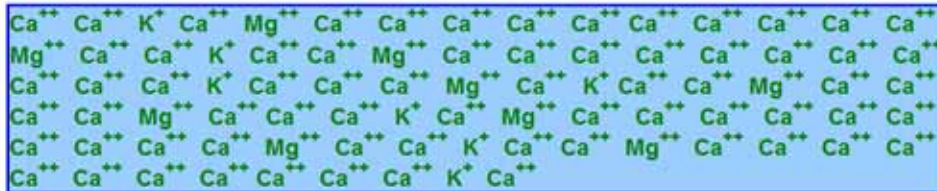
Bodenlösung Al⁺⁺⁺ (H⁺, Ca⁺⁺, [K⁺, Mg⁺⁺])

Pufferkapazität 150 Kmol H⁺ · ha⁻¹ · dm⁻¹ Bodentiefe
Je 1% Ton (hoch)

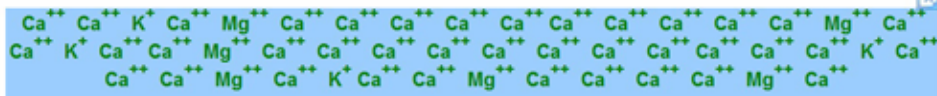
Pufferrate > 2 Kmol H⁺ · ha⁻¹ · a⁻¹ (hoch)

Kationenaustauschkapazität + Basensättigung als Indikator

Zusammensetzung der Bodenlösung im Karbonat-Pufferbereich



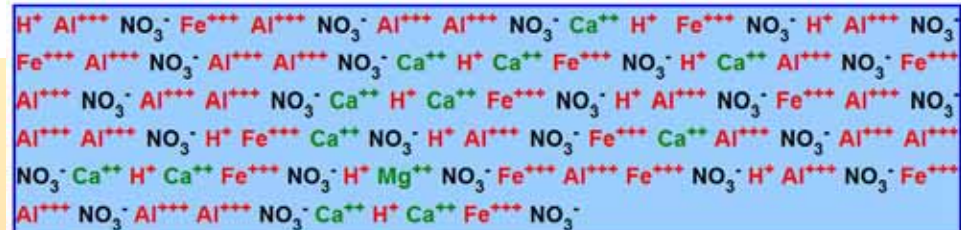
Zustand des Ionenaustauschers im Karbonat-Pufferbereich



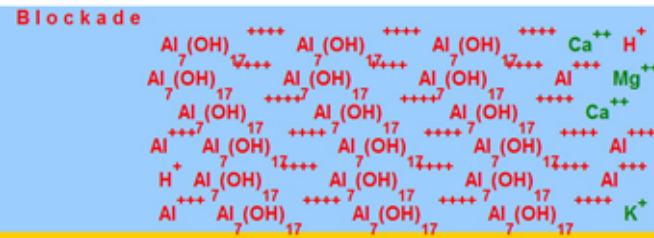
Ionenaustauscher

Ionenaustauscher = Ionrelation = Bodenlösung

Zusammensetzung der Bodenlösung im Aluminium-Pufferbereich



Zustand des Ionenaustauschers im Aluminium-Pufferbereich



Ionenaustauscher

Ionenaustauscher = Ionrelation = Bodenlösung

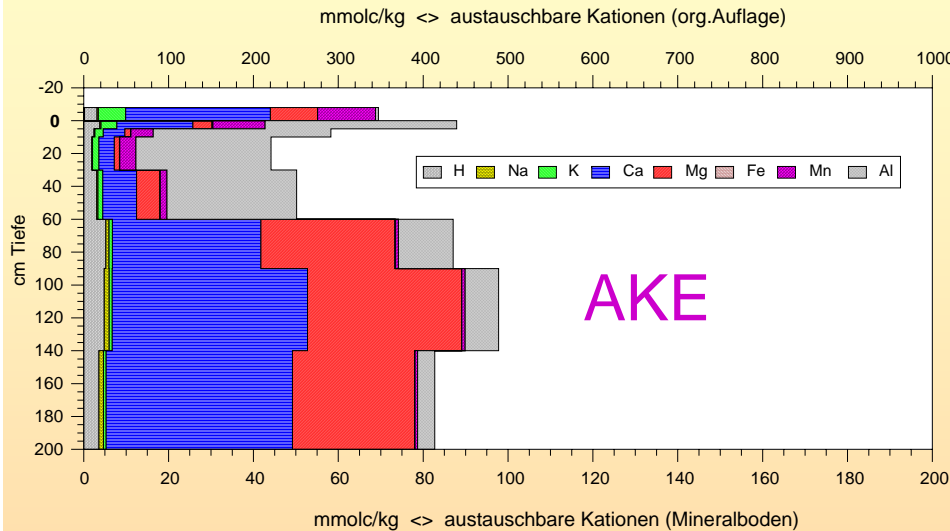
Ökologische Potenz mitteleuropäischer Baumarten (Otto 1996)

Baumart	Standorts-Eigenschaften			Art-Eigenschaften					Gefährdungen				Bewertung	
	Kälte-toleranz	Trocken-heits-toleranz	Nährstoff-mangel-toleranz	Schatten-toleranz	Höhen-wuchs	Stabilität	Lebens-dauer	Verjüngungs-potenz	Spätfrost-resistenz	Windwurf/Schnee-bruchresist.	Waldbrand-resistenz	Widerstand geg. biot. Schaderreg.	Mittelwerte	ökologische Potenz-gruppen
Buche	4	3	3	5	5	4	4	4	2	4	5	3	3,8	über 3,5
Weißtanne	4	2	4	5	5	5	4	4	1	5	2	2	3,6	
Traubeneiche	2	4	4	1	4	5	5	3	2	5	5	5	3,8	
Stieleiche	2	3	3	1	4	5	5	3	2	5	5	5	3,6	
Bergahorn	4	2	2	3	4	4	4	5	4	4	5	3	3,7	
Europ. Lärche	5	4	4	1	5	4	4	4	2	4	4	2	3,6	
Waldkiefer	5	5	5	2	4	4	4	4	5	2	1	2	3,6	
Fichte	5	3	4	5	5	1	4	4	2	1	2	1	3,1	über 3,0 bis 3,5
Esche	2	3	1	2	5	3	4	5	1	4	5	2	3,1	
Hainbuche	2	2	2	4	3	4	4	4	3	4	5	4	3,4	
Aspe	5	2	5	2	3	4	2	5	5	2	4	2	3,4	
Sandbirke	5	4	5	1	2	2	1	5	5	2	2	4	3,2	
Elsbeere	1	4	1	3	3	4	4	1	5	5	5	3	3,3	
Speierling	1	4	1	4	2	5	4	1	5	5	5	1	3,2	
Roterle	3	2	2	1	3	5	2	2	4	3	5	3	2,9	unter 3,0
Wildkirsche	1	4	2	1	3	3	1	2	4	4	5	1	2,6	
Wildapfel	3	3	2	1	2	4	3	3	3	4	5	3	3,0	
Walnuss	1	4	2	1	3	5	4	3	1	4	5	3	3,0	

Toleranzniveau > 1 = sehr niedrig <> 2 = niedrig <> 3 = mittel <> 4 = hoch <> 5 = sehr hoch

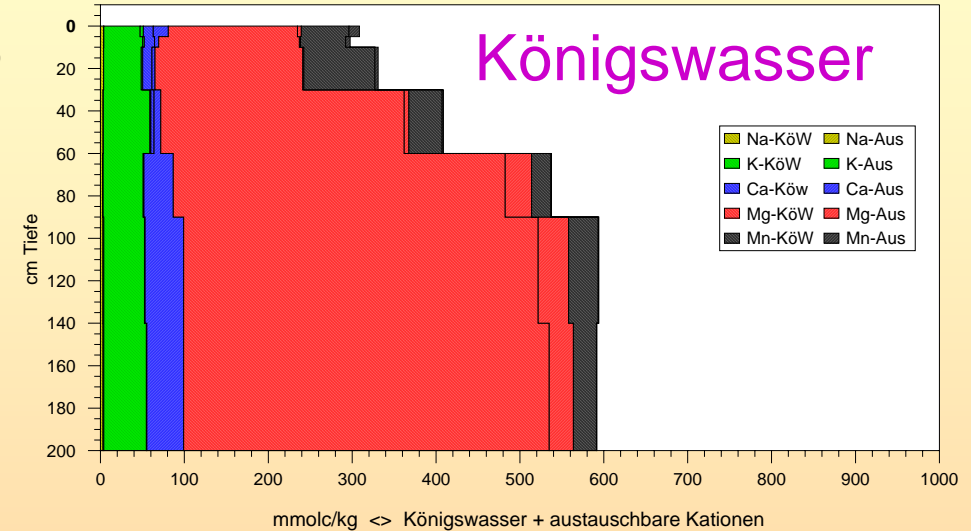
Analysen der BZE II zur Bewertung von Einzelstandorten und zur Gruppierung von Standorten

0492 <> 138-R0492-287



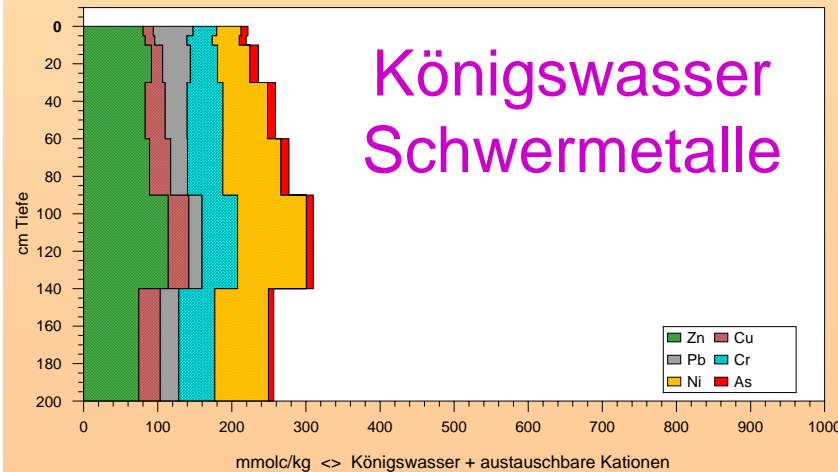
0492 > wöDL°JL'd; sfr <> d-dzH ;qpLöl <> BSK^d3tJ1994*

0492 <> 138-R0492-287



0492 > wöDL°JL'd; sfr <> d-dzH ;qpLöl <> BSK^d3tJ1994*

0492 <> 138-R0492-287

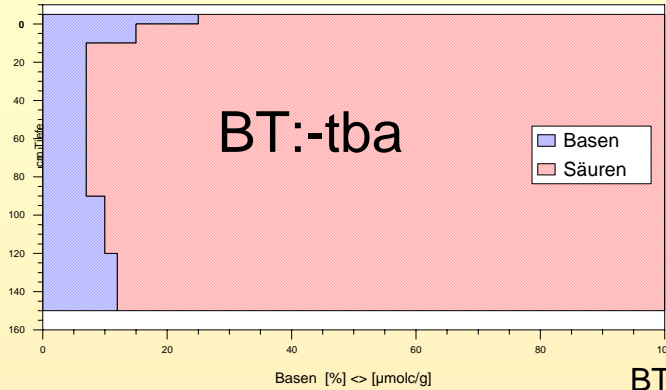


0492 > wöDL°JL'd; sfr <> d-dzH ;qpLöl <> BSK^d3tJ1994*

RLP_Hnr	Quarz	K-Fsp	Albit	Fe-Min	Anatas	Calcit	Dolomit	PyroBol	Kaol	Chi MgFe	Chi AlFe	Illit 1	Illit 2	Ver 1	Ver 2	Al-V	deAl-V	Sm	WL I/V	WL C/V
0492.01	49	7	0	0	0	0	0	0	8	2	0	31	0	3	0	0	0	0	0	0
0492.02	46	7	0	0	0	0	0	0	8	3	0	33	0	4	0	0	0	0	0	0
0492.03	42	5	1	0	0	0	0	0	7	2	0	25	12	5	0	0	0	1	0	1
0492.04	38	4	2	0	0	0	0	0	7	1	0	16	24	6	0	0	0	1	0	2
0492.05	33	2	2	0	0	0	0	0	7	1	0	8	36	7	0	0	0	2	0	3
0492.06	29																			3
0492.07	25																			4
0492.07	25																			4

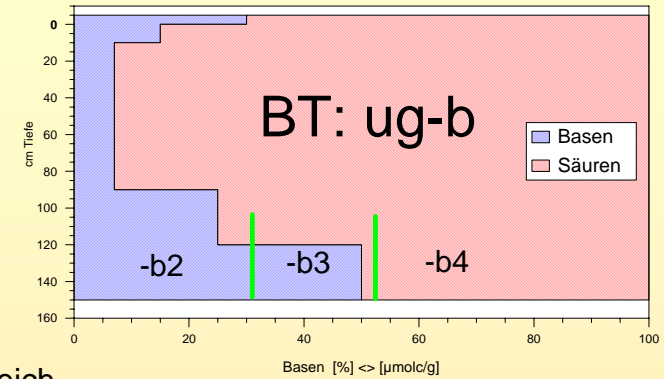
**Mineralanalyse
Röntgendiffraktometrie**

BT-1 <> BT tba <> tiefgründig basenarm



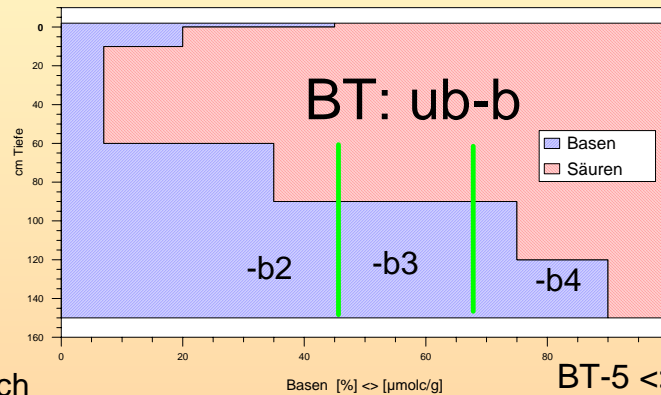
Basenausstattungs- typen

BT-2 <> BT ug-b <> Untergrund basenhaltig



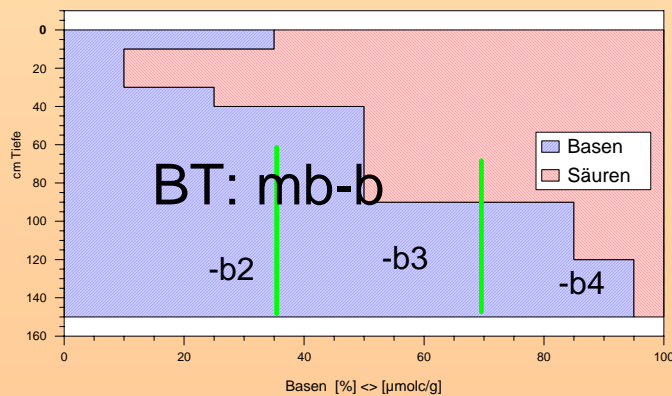
Tiefenverlauf der
Basensättigung und
Basengehalte

BT-3 <> BT ub-b <> Unterboden basenreich

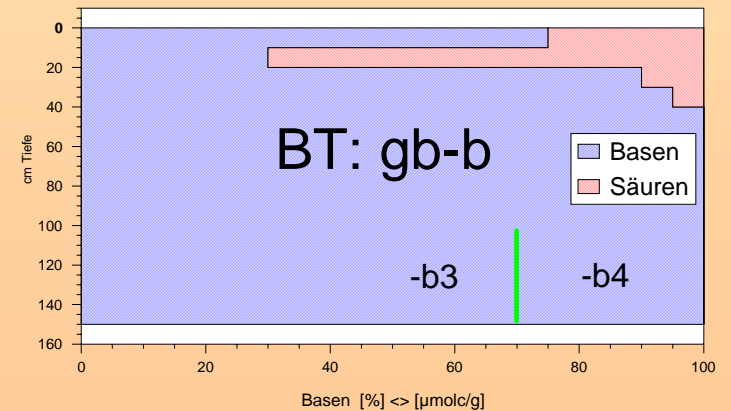


nach Kölling u.a.
modifiziert v. Gauer

BT-4 <> BT-mb-b <> Mittelboden basenreich














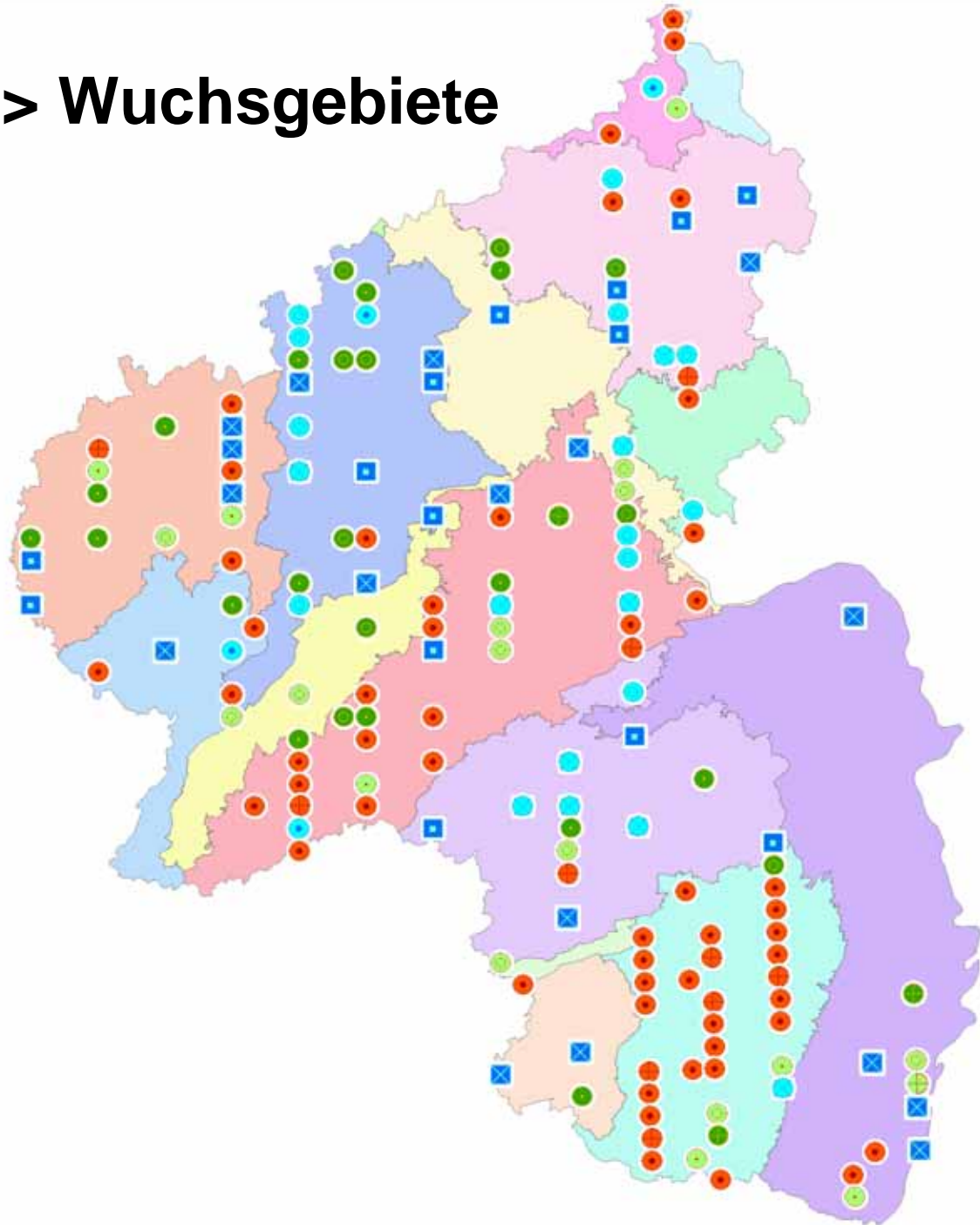
BT-5 <> BT gb-b <> Gesamtboden basenreich



BZE2 <> Punkte <> Wuchsgebiete









Basentypen

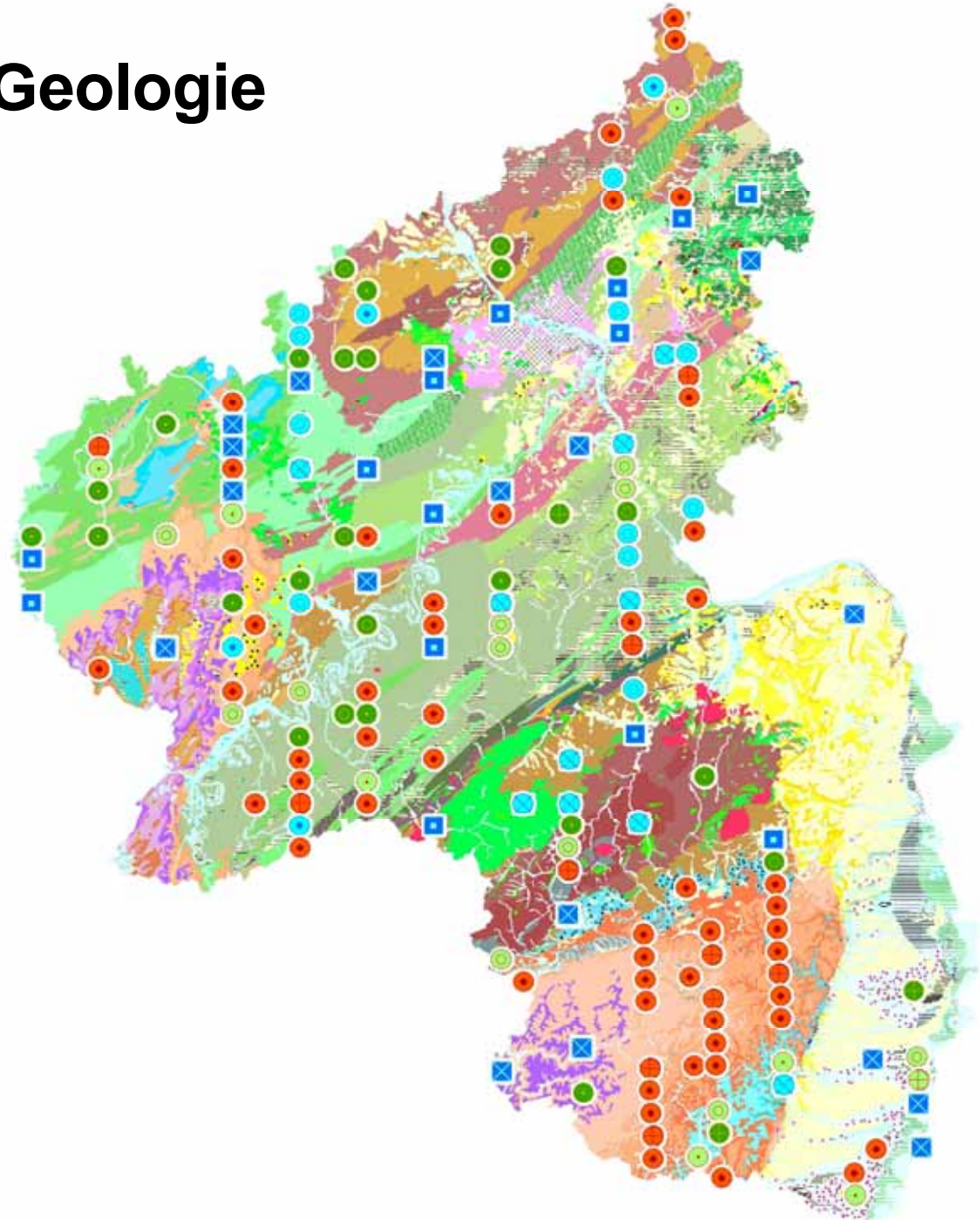
-  gb-b4
-  gb-b3
-  mb-b4
-  mb-b3
-  mb-b2
-  ub-b4
-  ub-b3
-  ub-b2
-  ug-b4
-  ug-b3
-  ug-b2
-  tba+
-  tba



BZE2 <> Punkte <> Geologie

Basentypen

-  gb-b4
-  gb-b3
-  mb-b4
-  mb-b3
-  mb-b2
-  ub-b4
-  ub-b3
-  ub-b2
-  ug-b4
-  ug-b3
-  ug-b2
-  tba+
-  tba



Substrat-Haupttypen als Zusammenfassung von SR

Substrat-Haupttyp	Basentyp	Substrat-Haupttyp Bezeichnung
&BiL;(-)-Typ	tiefbasenarm	Bimsmischlehme (über div. devonische Substraten)
L;(-)'lqU-Typ		Lehme aus quartären Umlagerungen (Sammel-SR)
Q'q-Typ		quarzreiche Sande des Quartär
Ls-L^s;(-)'r;s-Typ		Lehmsande bis Lehme aus Sandsteinen des Rotliegenden und Buntsandstein
Q's-Typ		quarzreiche Sande des Buntsandstein
DL/J*Tsf;^s;*Q(-)'d-Typ		Decklehme über Tonschiefer-; Sandstein- ;Quarzit-Saprolith des Devon
*Tsf;^s;(-)'d-Typ		Tonschiefer; Sandsteine des Devon
Q'd-Typ		quarzreiche Substrate des Devon
+Va-Typ	Untergrundbasenhaltig	Magmatische Lehme aus basenarmen Magmatiten
öDL;<%-Typ		Lößdecklehme (über div. Substraten)
KL;<%QAT		Kieslehme quartärer Altterrassen
Q;<%q-Typ		quarzreiche Sande des Quartär
LS-L^s;<%r;s-Typ		Lehmsande bis Lehme aus Sandsteinen des Rotliegenden und Buntsandstein
Q;<%s-Typ		quarzreiche Sande des Buntsandstein
DL/JL*Tsf;^s;<%d-Typ		Decklehme über Tonschiefer-; Sandstein-Saprolith des Devon

Substrat-Haupttypen als Zusammenfassung von SR

Substrat-Haupttyp	Basentyp	Substrat-Haupttyp Bezeichnung
öDL;%-Typ	Unterbodenbasenhaltig	Lößdecklehme (über div. Substraten)
Q;%'q-Typ		quarzreiche Sande des Quartär
LS-L^u;^ssi;%'r;s-Typ		Lehmsande bis Lehme aus silikatischen Schluff/-Sandsteinen des Rotliegenden und Buntsandstein
ZL'r;s-Typ		Schichtlehme des Rotliegenden und Buntsandsteines
DL/JL*Tsf;^s;%'d-Typ		Decklehme über Tonschiefer-; Sandstein-Saprolith des Devon
*Tsf;^s;%'d-Typ		Tonschiefer; Sandsteine des Devon

Substrat-Haupttypen als Zusammenfassung von SR

Substrat-Haupttyp	Basentyp	Substrat-Haupttyp Bezeichnung
BiL-Typ	Mittelboden-basenreich	Bims(misch)lehme (über div. devonische Substrate)
ö/+Vb-Typ		lößreiche magmatische Lehme aus basischen (intermetiären) Magmatiten
öDL-Typ		Lößdecklehme (über div. Substraten)
ZL'r;s-Typ		Schichtlehme des Rotliegenden und Buntsandsteines
DL/JL*Tsf;^s;€'d-Typ		Decklehme über Tonschiefer-; Sandstein-Saprolith des Devon
*Tsf;^s;€'d-Typ		Tonschiefer; Sandsteine des Devon
+Vb-Typ	Gesamtboden-basenreich	Magmatische Lehme aus basenreichen Magmatiten
BiL;\$-Typ		Bims(misch)lehme (über div. devonische Substrate)
cL;\$'lqU-Typ		kalkgründige Lehme aus quartären Umlagerungen (Sammel-SR)
L;\$'lqU-Typ		Lehme aus quartären Umlagerungen (Sammel-SR)
CL-Typ		Karbonat-Standorte (Sammel-SR)
cTL-Typ		kalkgründige Tonlehme und Kalkverwitterungslehme
TL;\$'r;s-Typ		Tonlehme des Rotliegenden und Buntsandsteines
*Tsf;^s;\$'d-Typ		Tonschiefer; Sandsteine des Devon

Substrat-Haupttypen als Aufteilung auf Basentypen

SR_Typ	Basentyp					Summe
	tba	ug-bh	ub-bh	mb-br	gb-br	
+Vb-Typ					6	6
ö/+Vb-Typ				4		4
+Va-Typ		1				1
BiL-Typ				3	4	7
&BiL;-Typ	3					3
CL-Typ					4	4
cTL-Typ					2	2
öDL-Typ		1	3	7		11
KL'QAT		1				1
Q'q-Typ	3	3	1			7
cL'lqU-Typ					4	4
L'lqU-Typ	1				3	4
LS-L ^s r;s-Typ	2	4				6
LS-L ^u ;^ssi'r;s-Typ			3	1		4
TL'r;s-Typ					1	1
ZL'r;s-Typ			2	2		4
Q's-Typ	31	2				33
DL/J*Tsf;^s;*Q'd-Typ	16					16
DL/JL*Tsf;^s'd-Typ		7	12	3		22
*Tsf;^s'd-Typ	4		7	5	7	23
Q'd-Typ	2					2
Gesamtergebnis	62	19	28	25	31	165



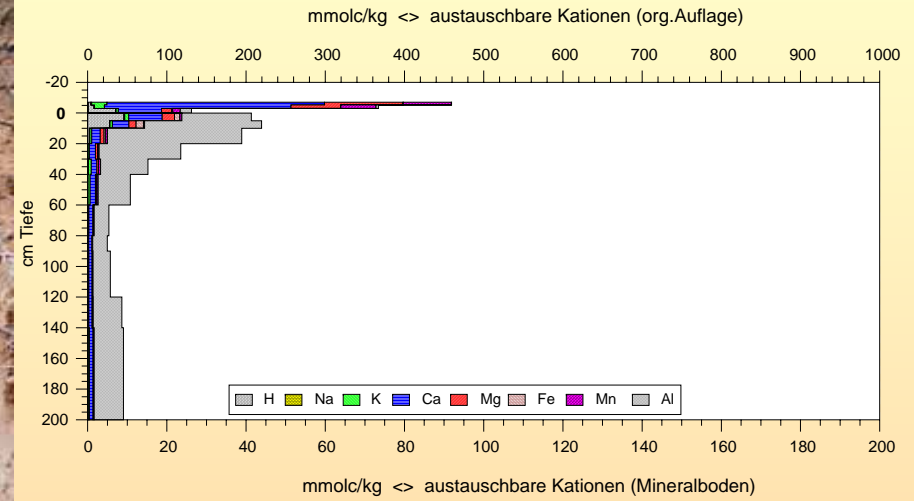
Q's-Typ

1069 <> 337-E1069-083 : S^ssK <> sfr; t <> tba

>tba <> Q's-Typ

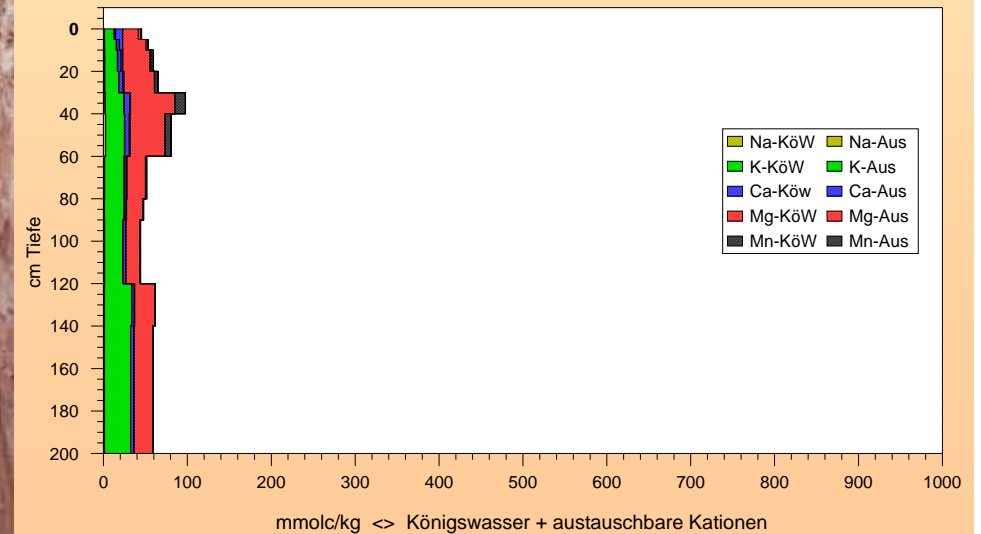
>quarzhaltige Sande des Buntsandstein

1069 <> 337-E1069-083



1069 > S^ssK; sfr <> s-sRS ;sK3 <> BSK^d3tJ1990*

1069 <> 337-E1069-083



1069 > S^ssK; sfr <> s-sRS ;sK3 <> BSK^d3tJ1990*



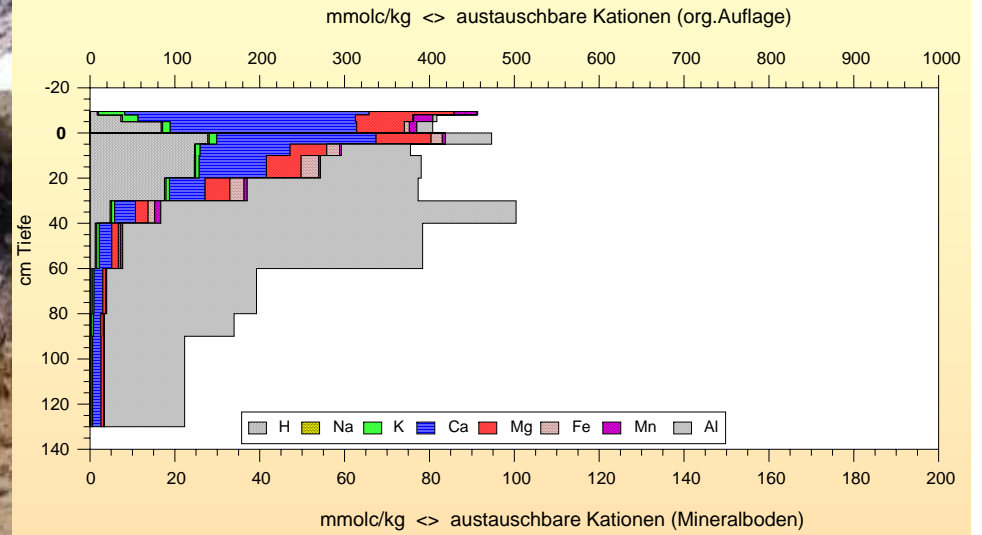
Q'd-Typ

728 <> 214-E0728-198 : aNL*Q'd <> n; t <> tba

>tba <> Q'd-Typ

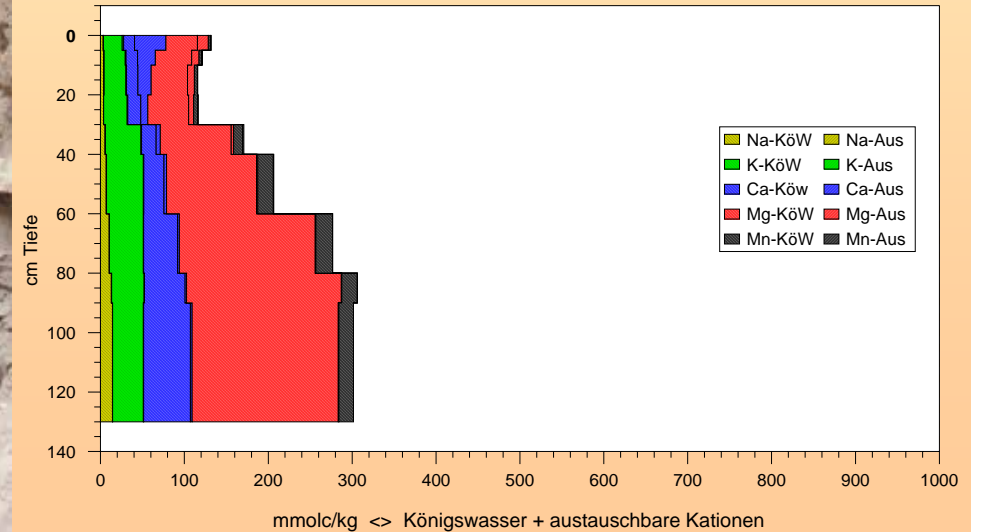
>quarzreiche Substrate des Devon

0728 <> 214-E0728-198



0728 > aNL*Q'd; n <> d-dsT <> BSK^d3tJ1995;BSK^dtJ1988*

0728 <> 214-E0728-198



0728 > aNL*Q'd; n <> d-dsT <> BSK^d3tJ1995;BSK^dtJ1988*

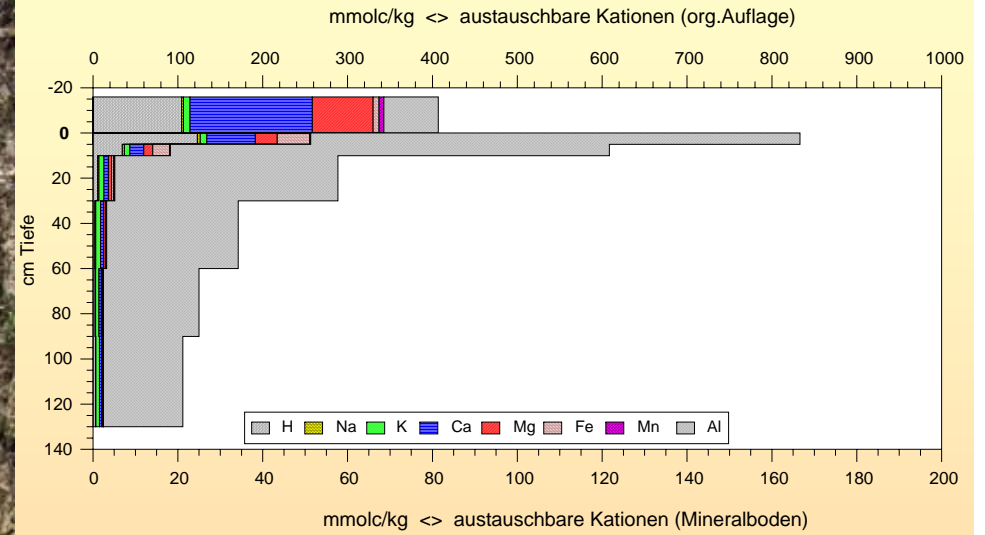


759 <> 205-B0759-185 : wDL(-)/^sJL'd <> sfr; s2 <> tba

>tba <> DL/J*Tsf;^s;*Q(-)d-Typ

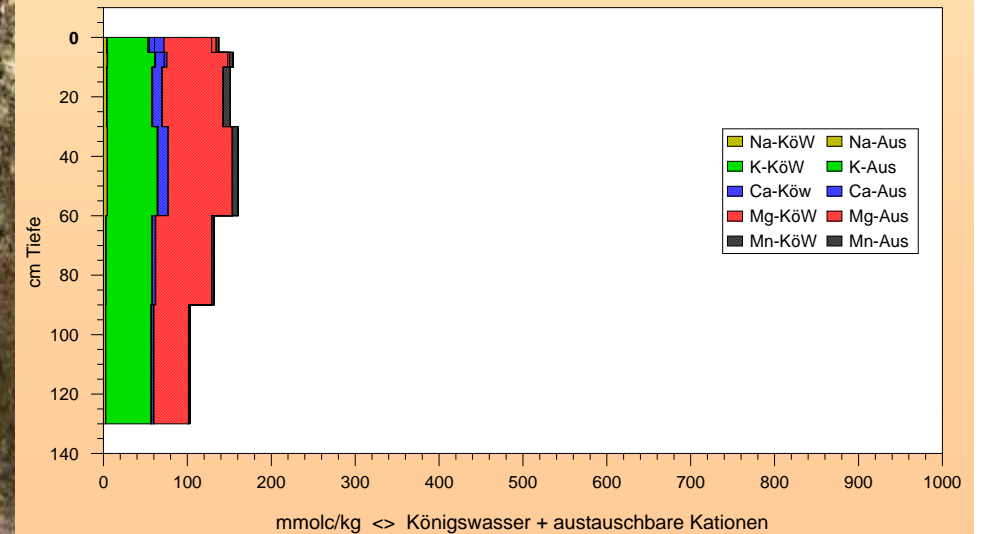
>Decklehme über Tonschiefer-; Sandstein- ;Quarzit-Saprolith des Devon

0759 <> 205-B0759-185



0759 > wDL(-)/^sJL'd <> sfr; s2 <> d-dzH <> BSK^d3tJ1995*

0759 <> 205-B0759-185



0759 > wDL(-)/^sJL'd; sfr <> d-dzH <> BSK^d3tJ1995*



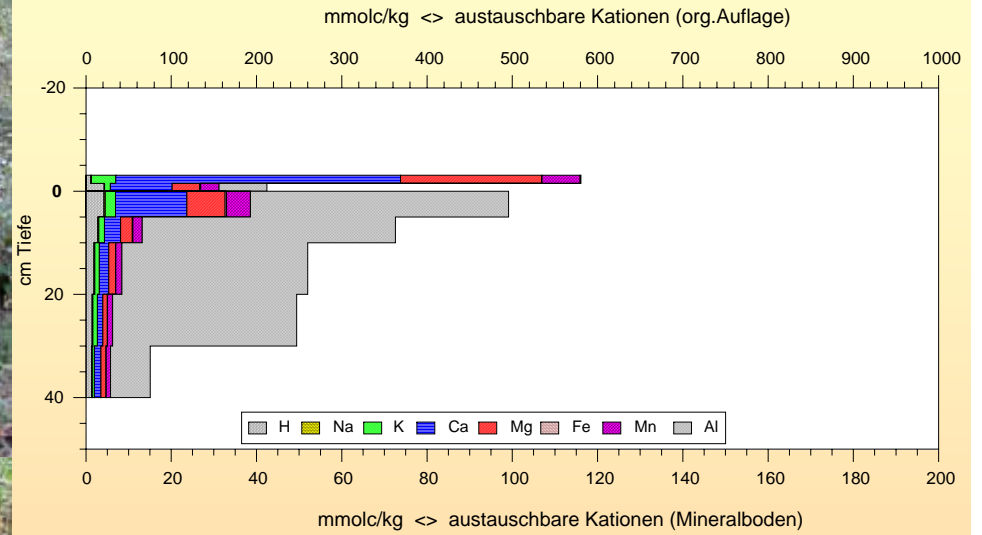
*Tsf;^s;(-)'d-Typ

859 <> 208-E0859-146 : NL(-)*Tsf'd <> str; t <> tba

>tba <> *Tsf;^s;(-)'d-Typ

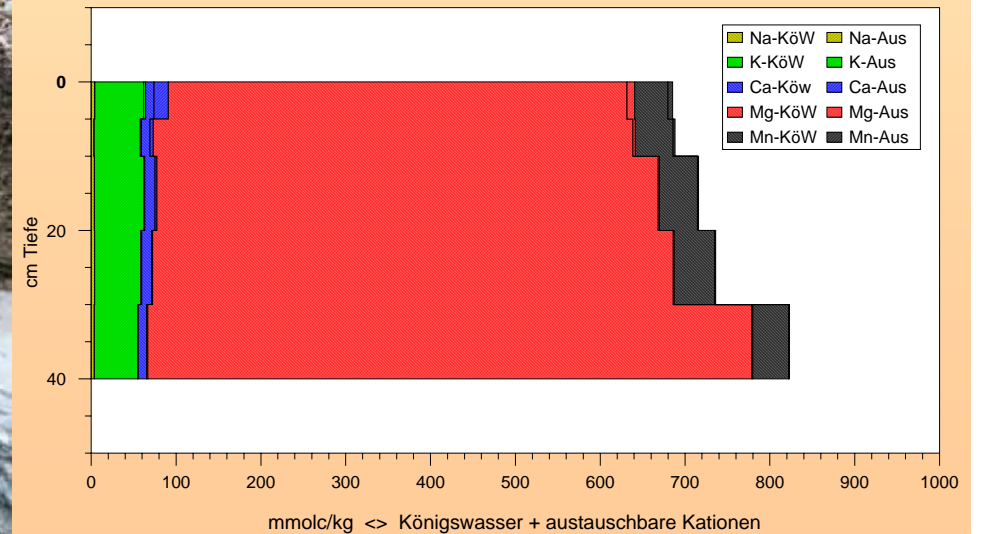
>Tonschiefer; Sandsteine des Devon

0859 <> 208-E0859-146



0859 > NL*Tsf'd; str <> d-dzH <> BSK^d3tJ1995*

0859 <> 208-E0859-146



0859 > NL(-)*Tsf'd; str <> d-dzH <> BSK^d3tJ1995*

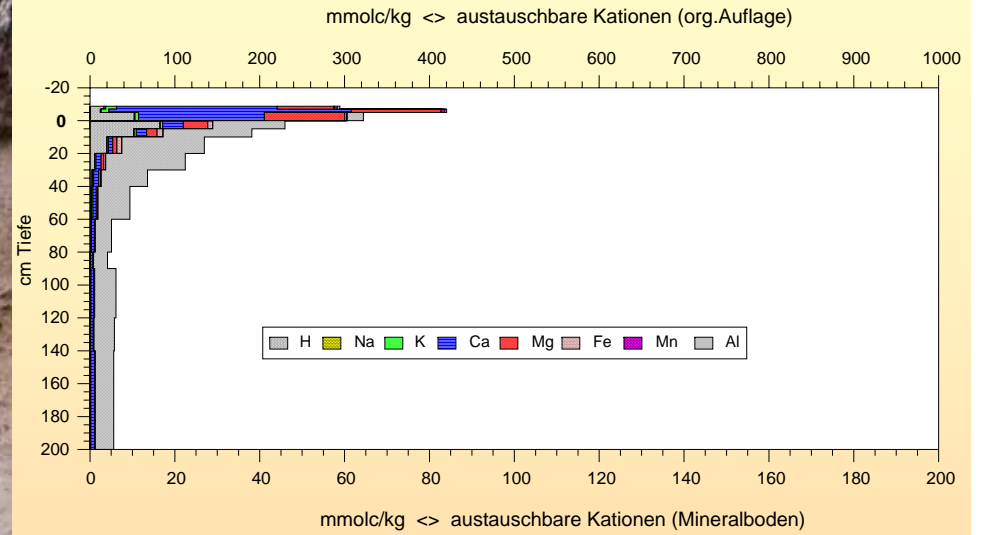


1223 <> 322-E1223-017 : S°Sauz <> fr; t <> tba

> tba <> Q'q-Typ

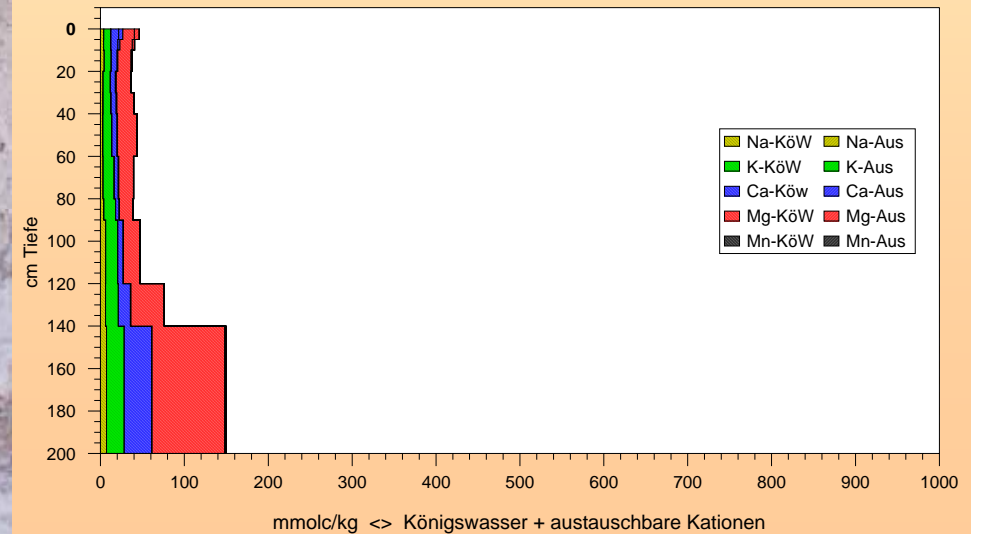
> quarzreiche Sande des Quartär

1223 <> 322-E1223-017



1223 > S°Sauz; fr <> qhp-sw;s/a <> BSK_Vermutung*

1223 <> 322-E1223-017



1223 > S°Sauz; fr <> qhp-sw;s/a <> BSK_Vermutung*



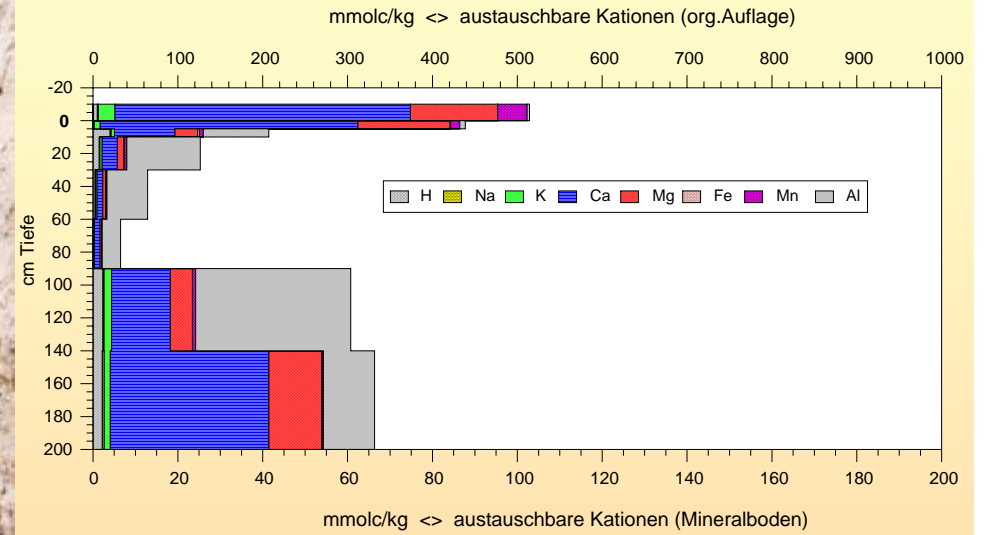
Q; \leq 'q-Typ

1161 \leftrightarrow 306-S1161-051 : S(%)'SF \leftrightarrow fr; t \leftrightarrow ug-b3

\triangleright ug-bh \leftrightarrow Q; \leq 'q-Typ

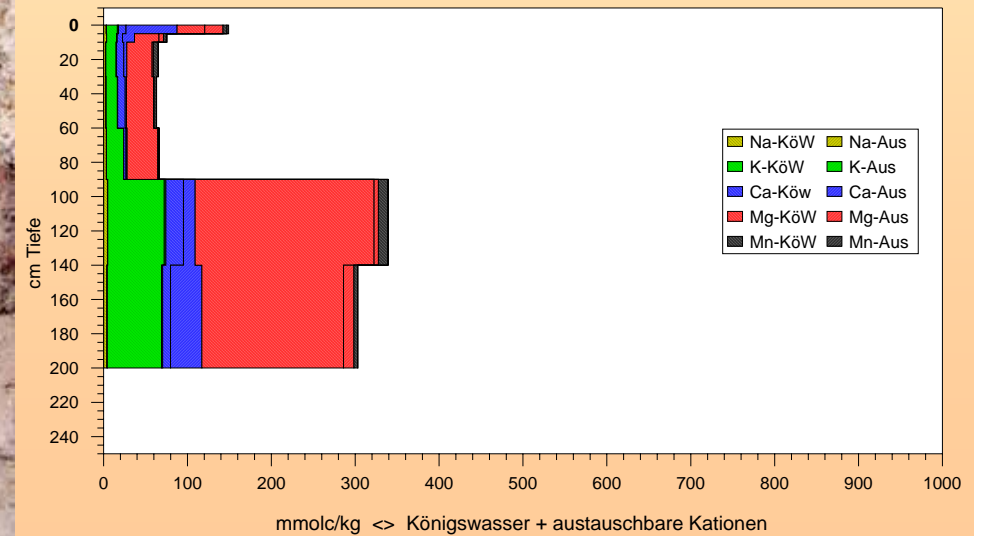
\triangleright quarzreiche Sande des Quartär

1161 \leftrightarrow 306-S1161-051



1161 > S'SF; fr \leftrightarrow qhp-sw \leftrightarrow BSK^d3tJ2000*

1161 \leftrightarrow 306-S1161-051



1161 > S(%)'SF; fr \leftrightarrow qhp-sw \leftrightarrow BSK^d3tJ2000*



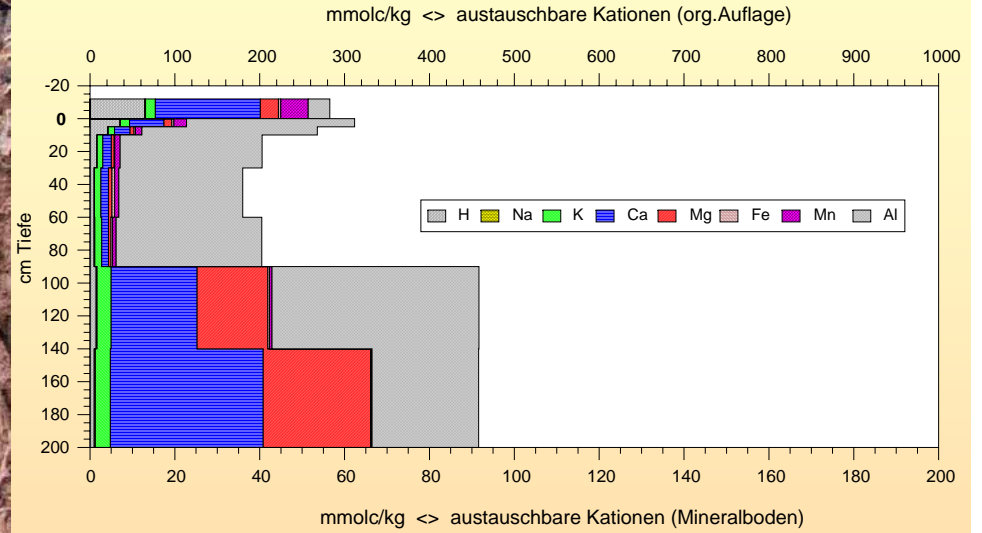
LS-
L^s:<%^r;s-

1041 <> 339-S1041-088 : SL^{^s}r <> sfr; t <> ug-b3

> ug-bh <> LS-L^s; <%^r;s-Typ

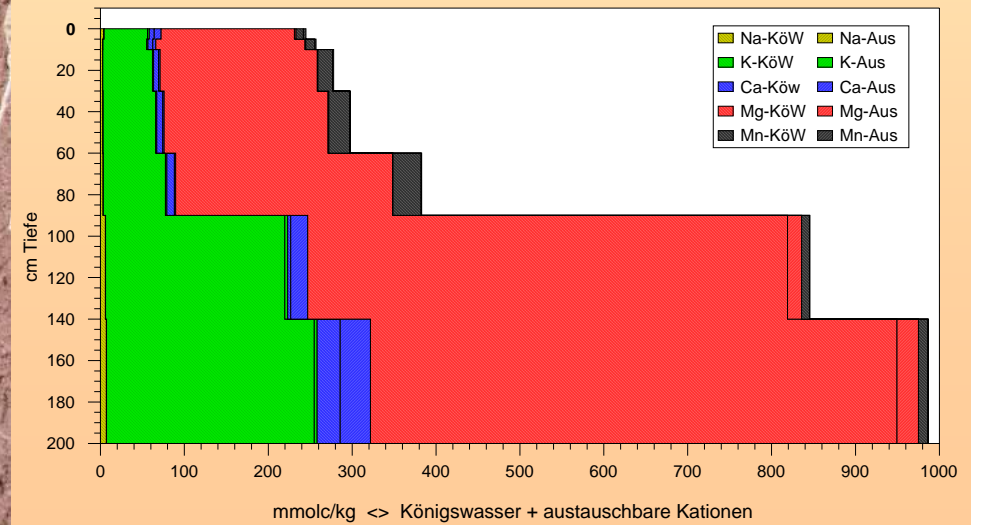
> Lehmsande bis Lehme aus Sandsteinen des Rotliegenden und Buntsandstein

1041 <> 339-S1041-088



1041 > SL^{^s}r; sfr <> r-rgu ;ruK <> BSK^{^d3tJ1933*}

1041 <> 339-S1041-088



1041 > SL^{^s}r; sfr <> r-rgu ;ruK <> BSK^{^d3tJ1933*}



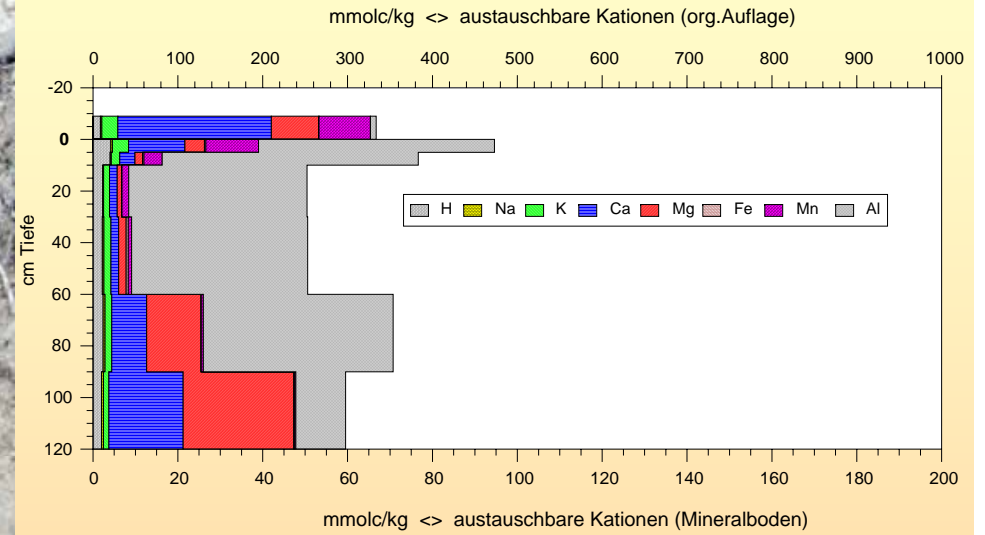
429 <> 138-R0429-311 : wDL/*TsfJL'd <> sfr; s2 <> ub-b3

> ub-bh <> DL/JL*Tsf;^s;%d-Typ

> Decklehme über Tonschiefer-; Sandstein-Saprolith des Devon

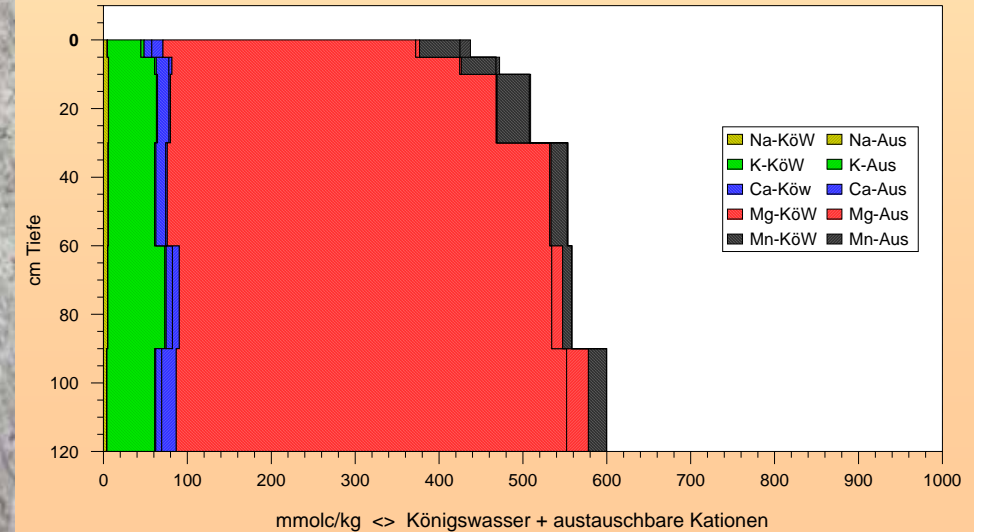
DL/JL*Tsf;^s;%d-Typ

0429 <> 138-R0429-311



0429 > wDL/(Tsf)JL'd; sfr <> d-dzP <> BSK^d3tJ1991*

0429 <> 138-R0429-311



0429 > wDL/*TsfJL'd; sfr <> d-dzP <> BSK^d3tJ1991*

mmol/kg <> Königswasser + austauschbare Kationen

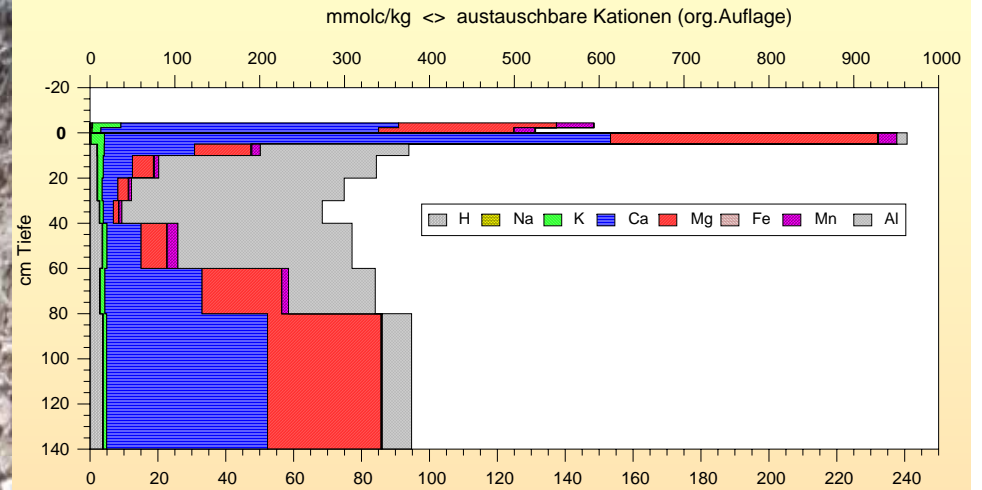


448 <> 203-E0448-295 : NL*Tsf'd <> n; t <> ub-b3

> ub-bh <> *Tsf;^s;%d-Typ

> Tonschiefer; Sandsteine des Devon

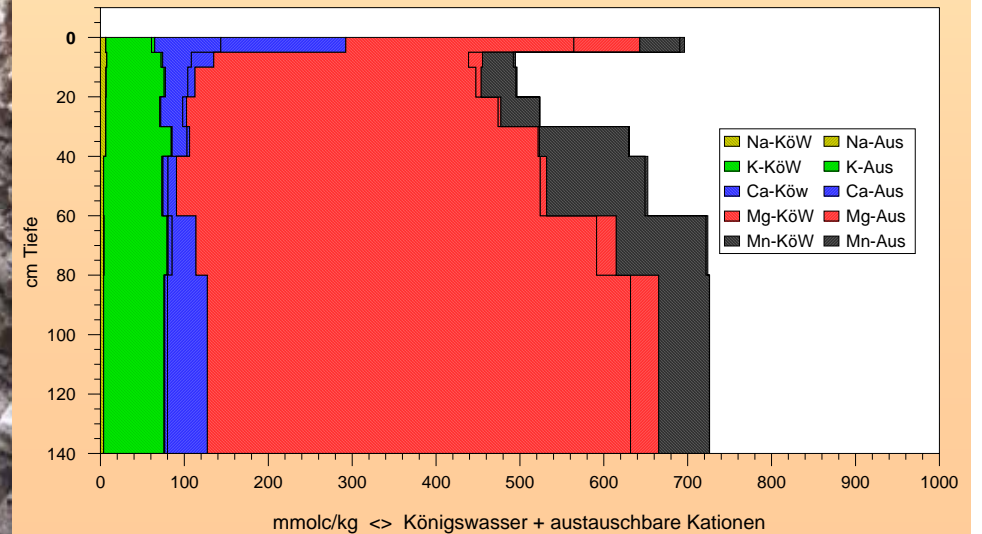
0448 <> 203-E0448-295



mmolc/kg <> austauschbare Kationen (Mineralboden)

0448 > %NL*Tsf'd; n <> d-dzP <> BSK^d3tJ1995*

0448 <> 203-E0448-295



mmolc/kg <> Königswasser + austauschbare Kationen

0448 > NL*Tsf'd; n <> d-dzP <> BSK^d3tJ1995*

*Tsf;^s;%d
-Typ

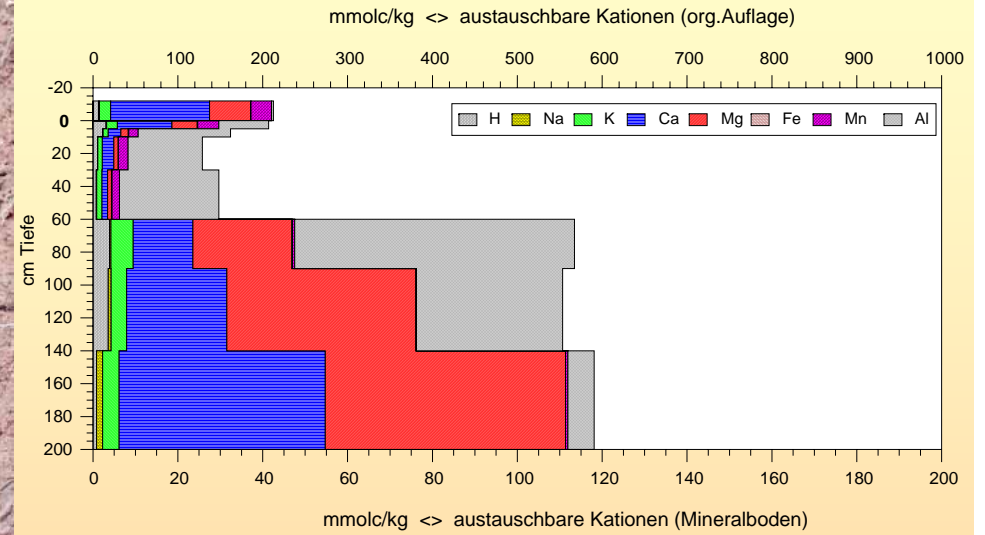


970 <> 333-S0970-122 : S/TL^u'r <> sfr; t <> ub-b3

>ub-bh <> ZL;%r;s-Typ

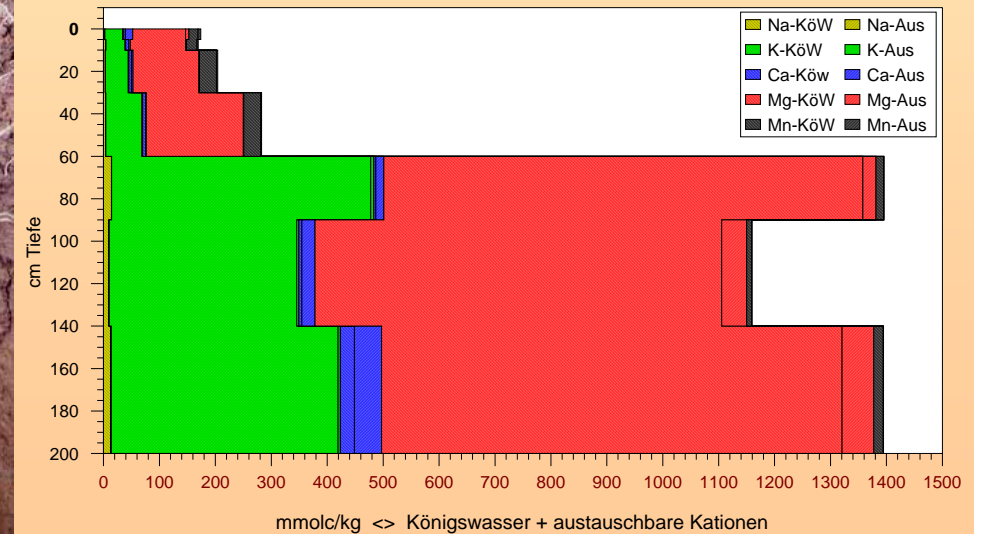
>Schichtlehme des Rotliegenden und Buntsandsteines

0970 <> 333-S0970-122



0970 > S/TL^u'r; sfr <> r-rn ;suST <> BSK^d3tJ2000*

0970 <> 333-S0970-122



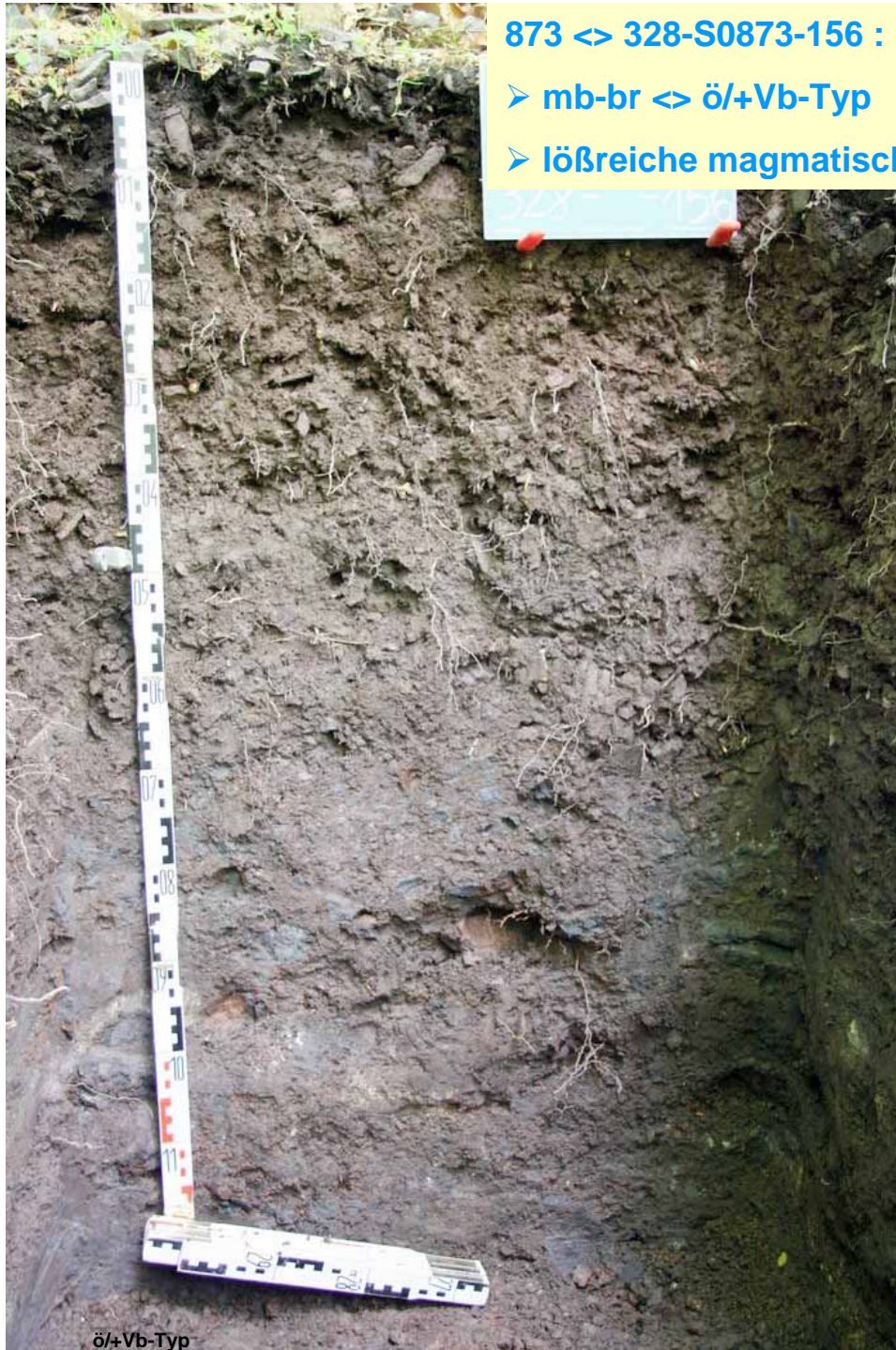
0970 > S/TL^u'r; sfr <> r-rn ;suST <> BSK^d3tJ2000*

ZL;%r;s

873 <> 328-S0873-156 : ML+An <> fr; t <> mb-b4

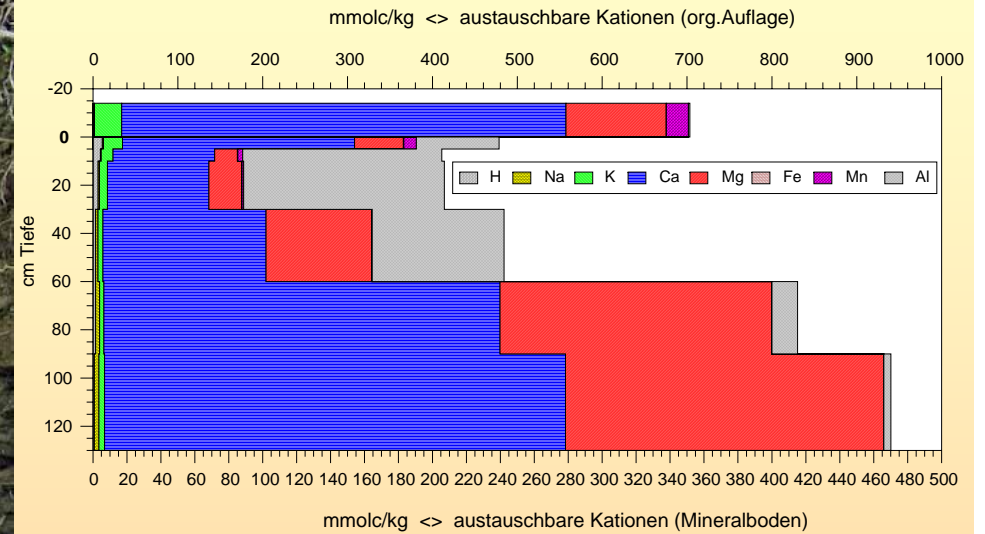
> mb-br <> ö/+Vb-Typ

> lößreiche magmatische Lehme aus basischen (intermetiären) Magmatiten



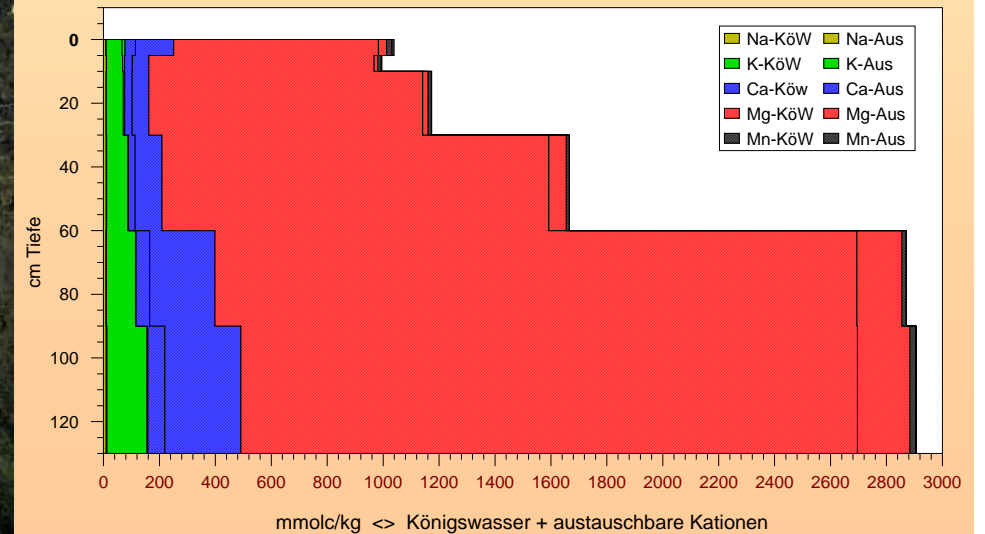
ö/+Vb-Typ

0873 <> 328-S0873-156



0873 > ML+An; fr <> +Kr'r+E *

0873 <> 328-S0873-156



0873 > ML+An; fr <> +Kr'r+E *

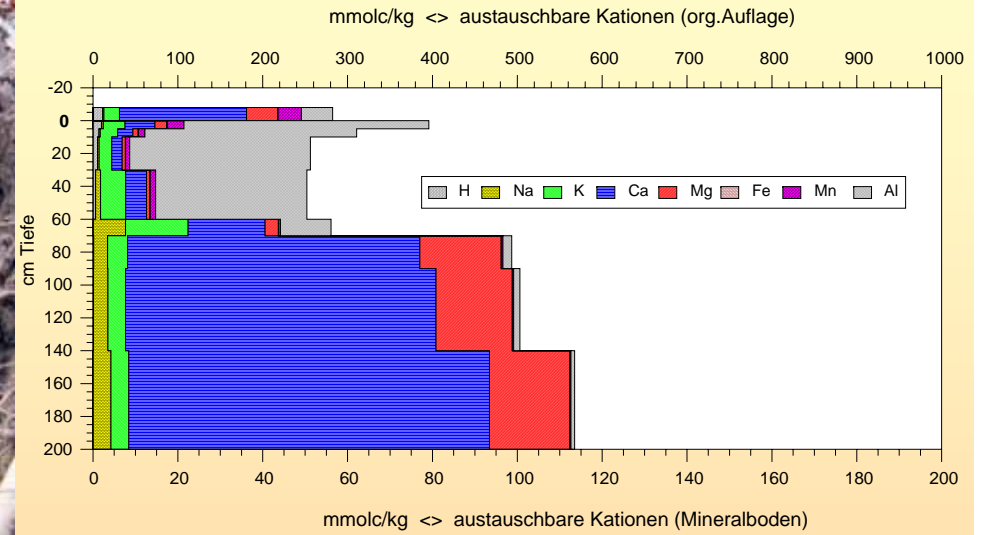


BiL-Typ

162 <> 130-R0162-406 : BiL/°Jl'd <> sfr; t <> mb-b2

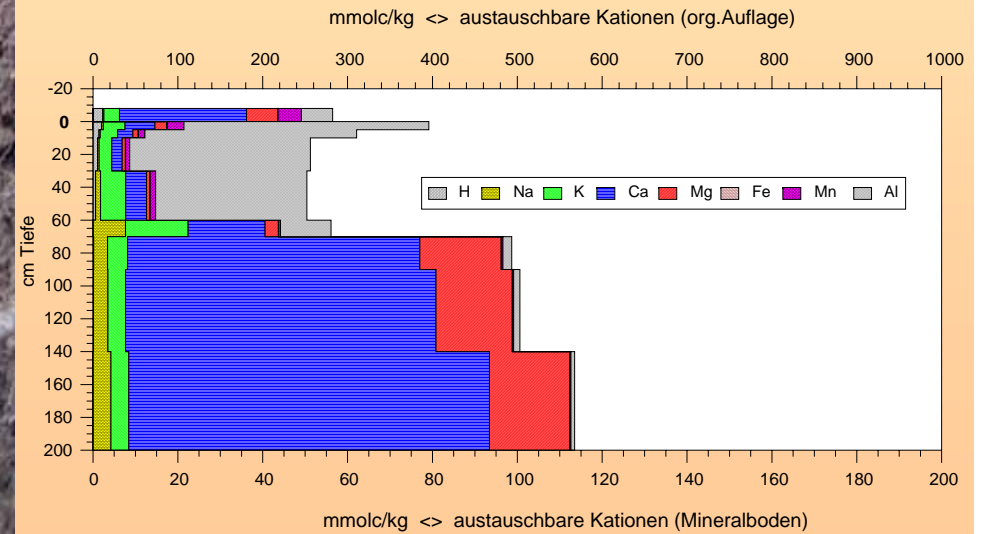
- > mb-br <> BiL-Typ
- > Bims(misch)lehme (über div. devonische Substrate)

0162 <> 130-R0162-406



0162 > BiL/°Jl'd; sfr <> qp-Lo ;+Bi *

0162 <> 130-R0162-406



0162 > BiL/°Jl'd; sfr <> qp-Lo ;+Bi *



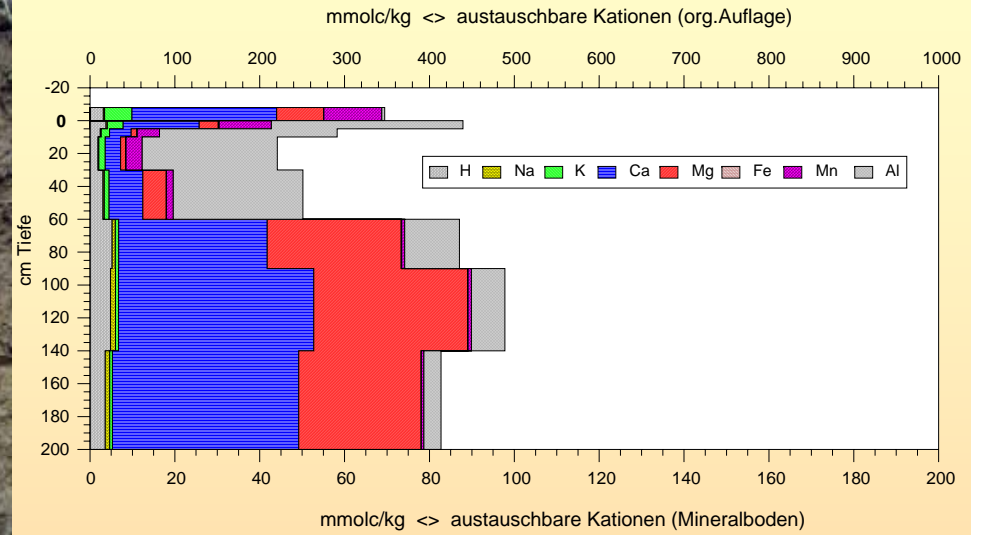
öDL-Typ

492 <> 138-R0492-287 : wöDL/°JL'd <> sfr; s4 <> mb-b3

> mb-br <> öDL-Typ

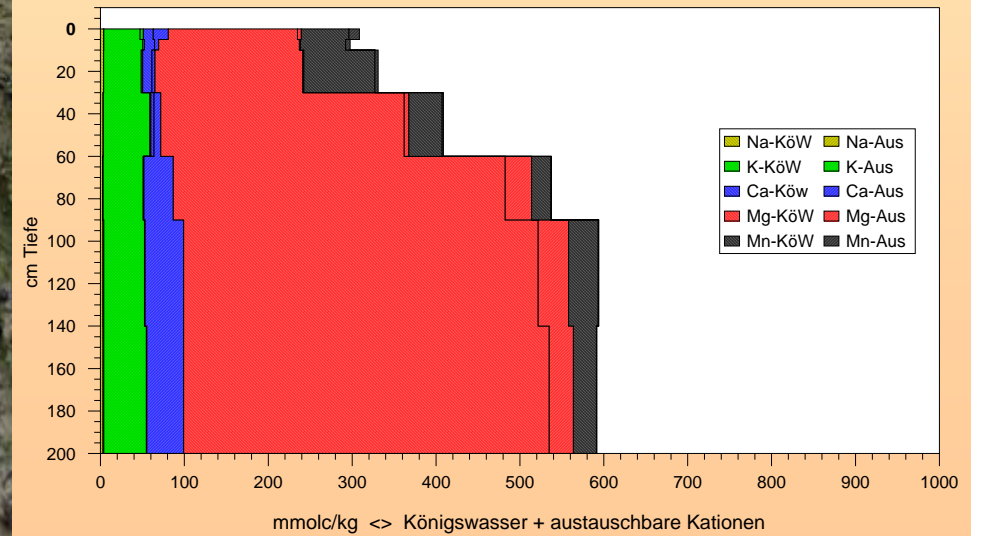
> Lößdecklehme (über div. Substraten)

0492 <> 138-R0492-287



0492 > wöDL/°JL'd; sfr <> d-dzH ; qpLöl <> BSK^d3tJ1994*

0492 <> 138-R0492-287



0492 > wöDL/°JL'd; sfr <> d-dzH ; qpLöl <> BSK^d3tJ1994*



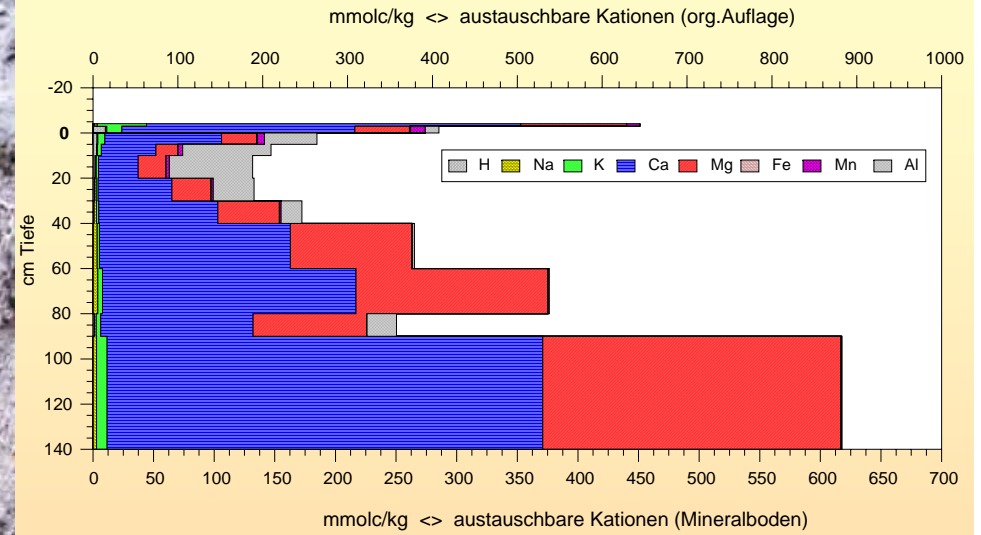
+Vb-Typ

127 <> 140-E0127-427 : ML+B <> zfr; t <> gb-b4

> gb-br <> +Vb-Typ

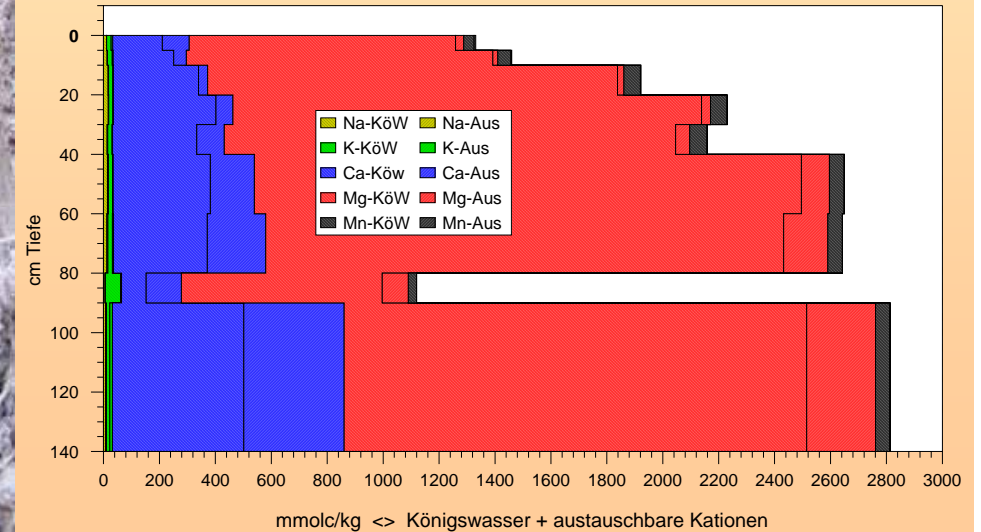
> Magmatische Lehme aus basenreichen Magmatiten

0127 <> 140-E0127-427

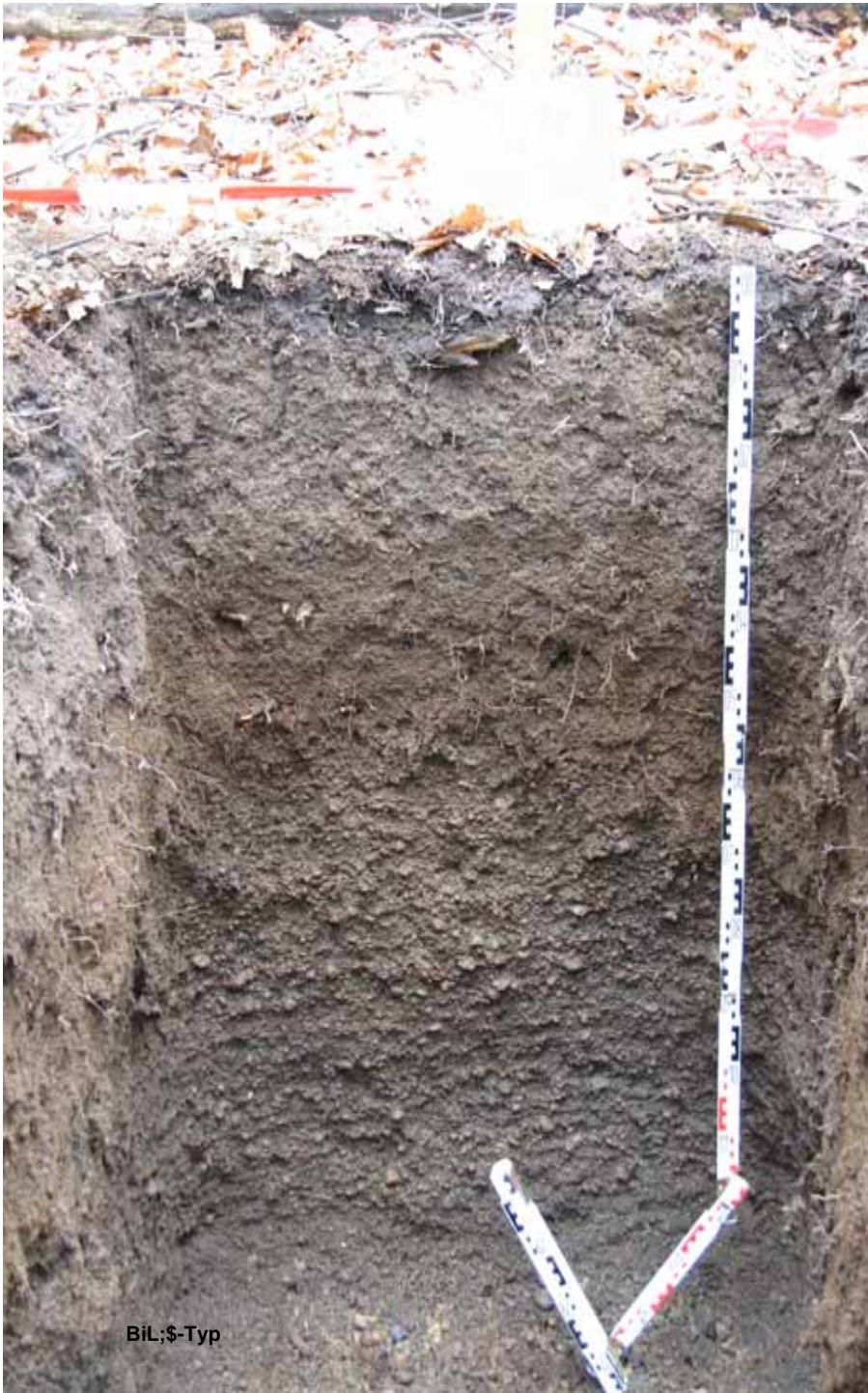


0127 > ML+B; zfr <> +Kr't+B*

0127 <> 140-E0127-427



0127 > ML+B; zfr <> +Kr't+B*



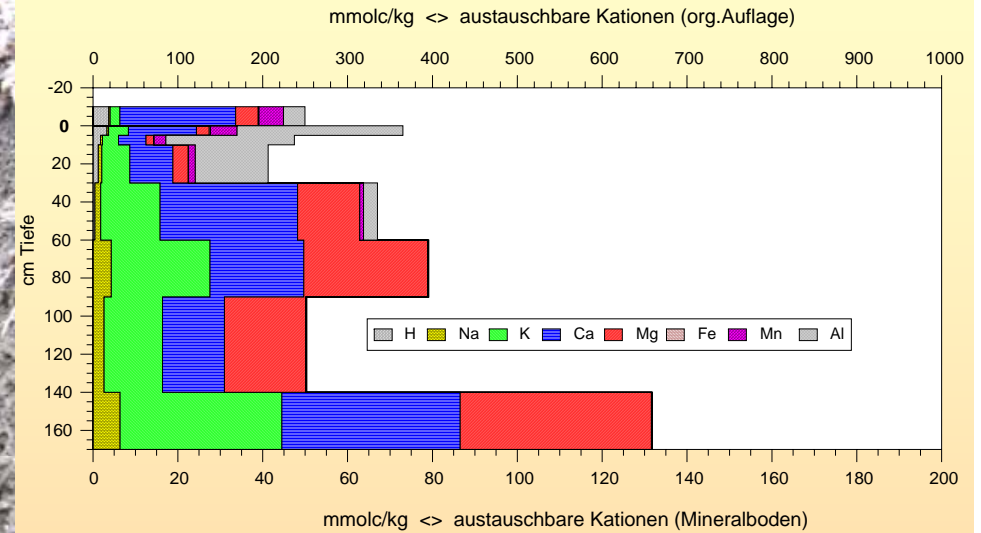
BiL;\$-Typ

157 <> 104-R0157-404 : BiL+VTbs <> sfr; t <> gb-b3

> gb-br <> BiL;\$-Typ

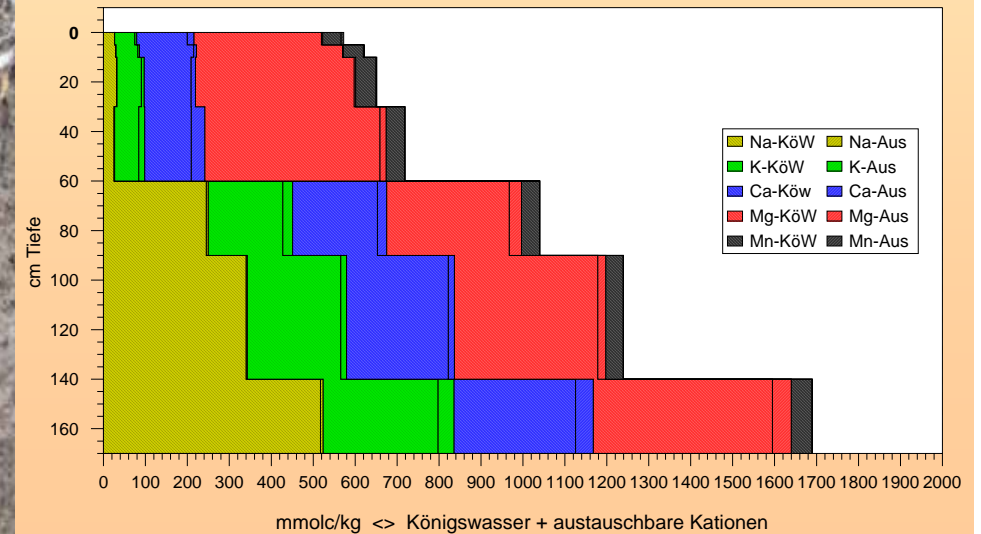
> Bims(misch)lehme (über div. devonische Substrate)

0157 <> 104-R0157-404



0157 > BiL+VTbs; sfr <> d-dsS ;+vt *

0157 <> 104-R0157-404



0157 > BiL+VTbs; sfr <> d-dsS ;+vt *

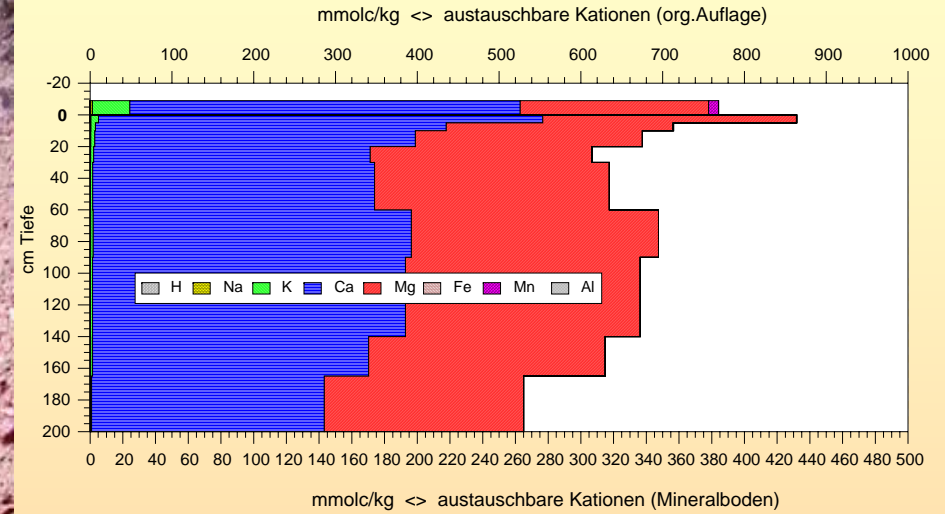


314 <> 206-W0314-347 : CL^d'd <> fr; t <> gb-b4

➤ gb-br <> CL-Typ

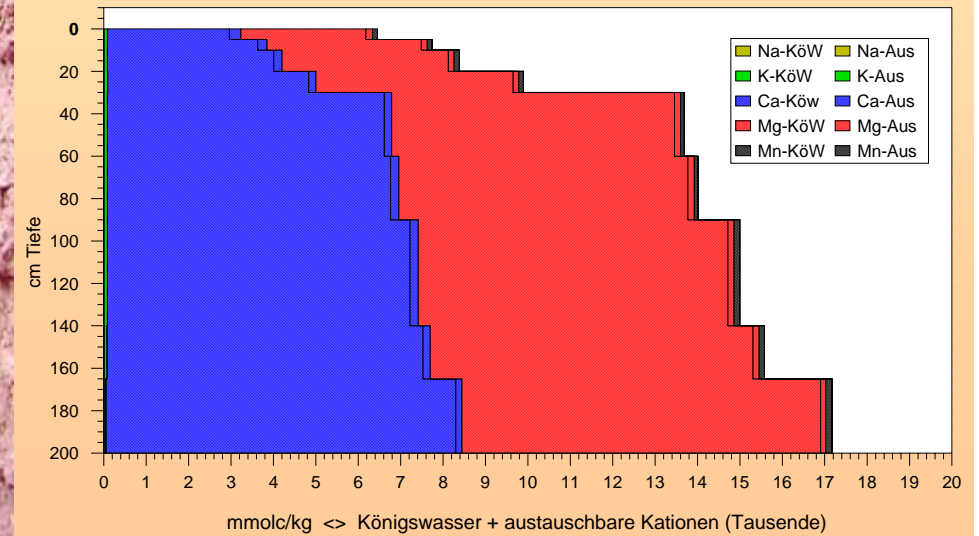
➤ Karbonat-Standorte (Sammel-SR)

0314 <> 206-W0314-347



0314 > CL^d'd; fr <> d-dv*

0314 <> 206-W0314-347



0314 > CL^d'd; fr <> d-dv*

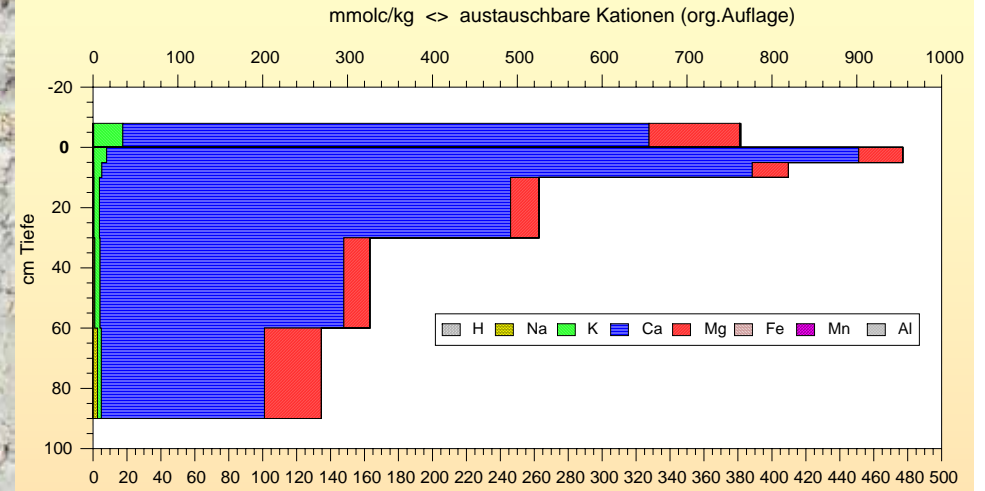


1196 <> 306-S1196-031 : GA°Mf'RA <> äfr; g3 <> gb-b4

➤ gb-br <> cL;\$'lqU-Typ

➤ kalkgründige (Kalk) Lehme aus quartären Umlagerungen (Sammel-SR)

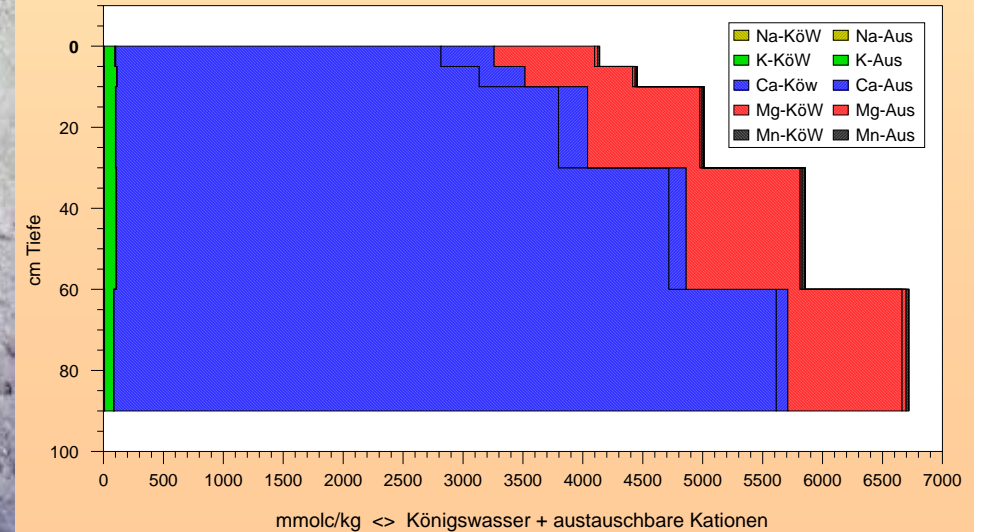
1196 <> 306-S1196-031



mmolc/kg <> austauschbare Kationen (Mineralboden)

1196 > GA°Mf'RA; äfr <> qh-Rhr*

1196 <> 306-S1196-031



1196 > GA°Mf'RA; äfr <> qh-Rhr*



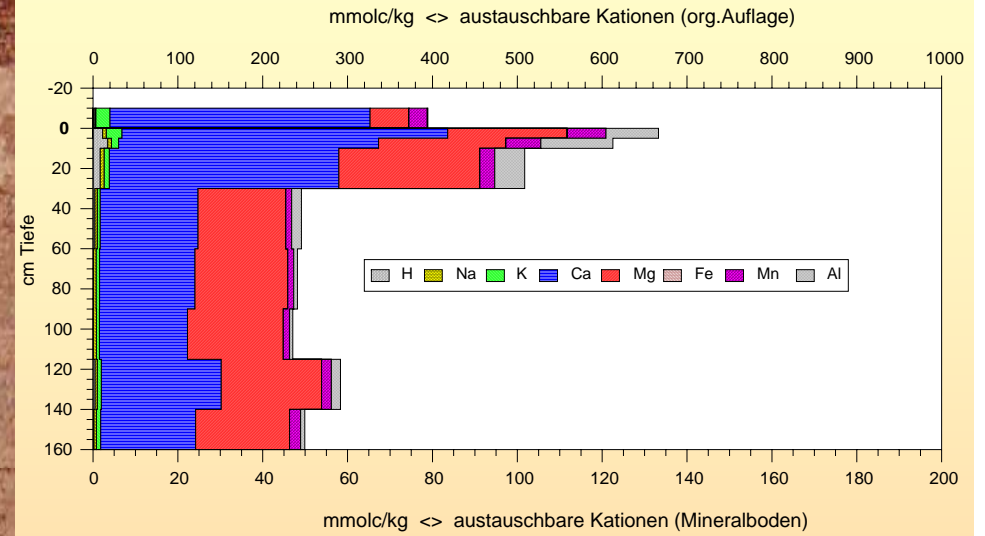
L;\$'lqU-
Typ

221 <> 114-W0221-375 : LBA(\$) <> äfr; a <> gb-b4

➤ gb-br <> L;\$'lqU-Typ

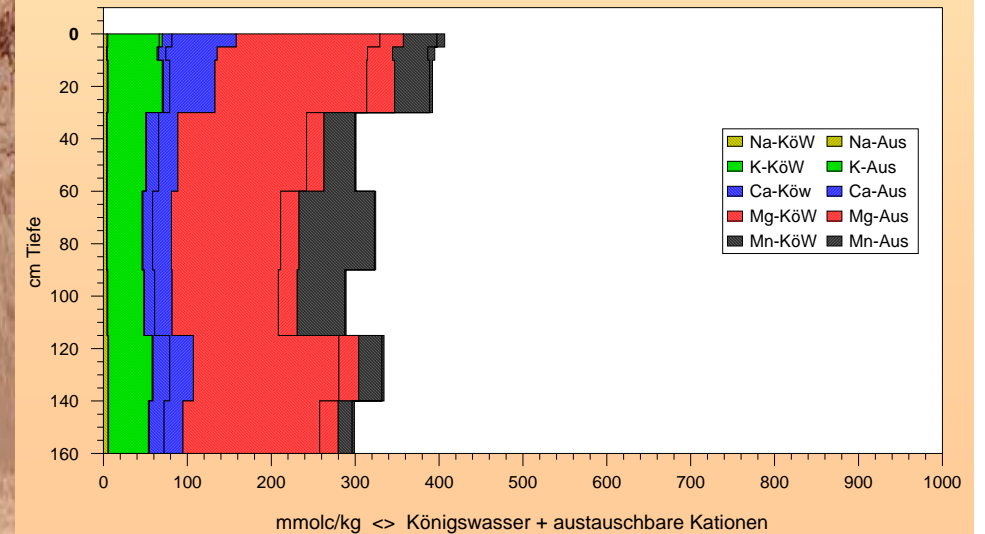
➤ Lehme aus quartären Umlagerungen (Sammel-SR)

0221 <> 114-W0221-375



0221 > \$LBA; äfr <> d-dzG ;a <> BSK^d3tJ1993*

0221 <> 114-W0221-375



0221 > LBA(\$); äfr <> d-dzG ;a <> BSK^d3tJ1993*



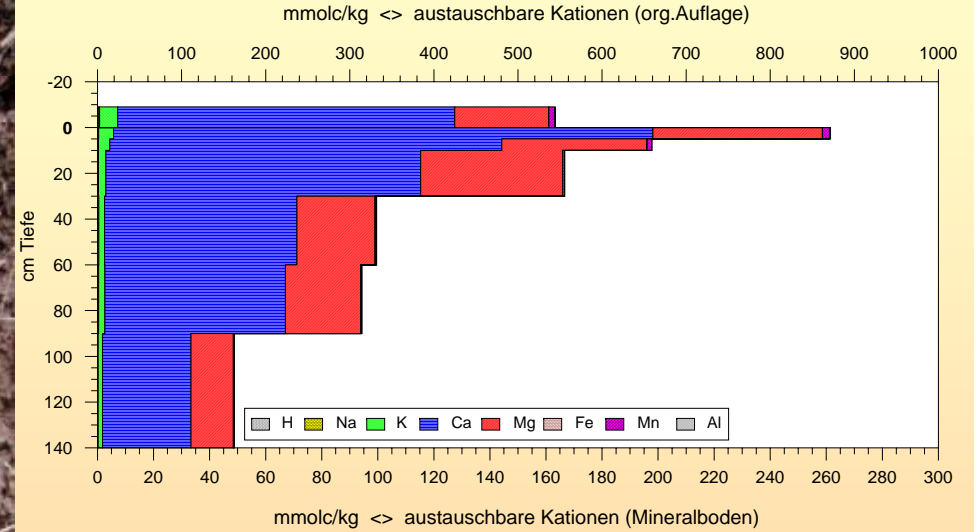
TL;\$r;s-Typ

1125 <> 341-S1125-052 : TL^s'so <> fr; t <> gb-b4

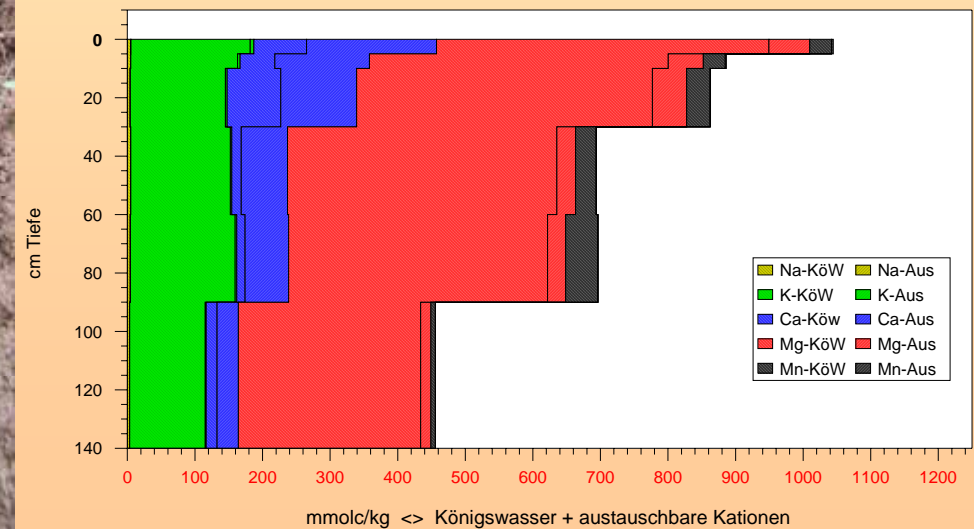
➤ gb-br <> TL;\$r;s-Typ

➤ Tonlehme des Rotliegenden und Buntsandstein

1125 <> 341-S1125-052



1125 > TL^s'so; fr <> s-smoP*
1125 <> 341-S1125-052



1125 > TL^s'so; fr <> s-smoP*



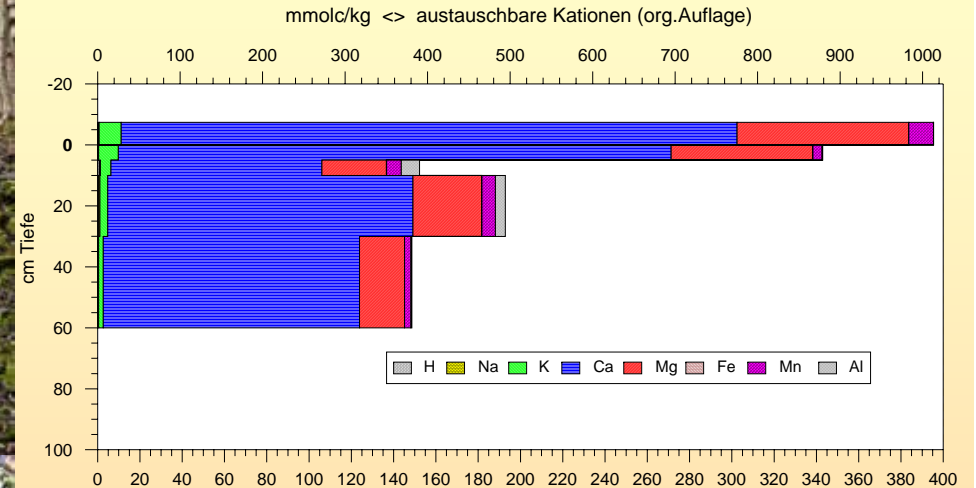
*Tsf;^s;\$'d-Typ

330 <> 107-E0330-349 : X(\$)*Tsf'd <> mtr; t <> gb-b4

➤ gb-br <> *Tsf;^s;\$'d-Typ

➤ Tonschiefer; Sandsteine des Devon

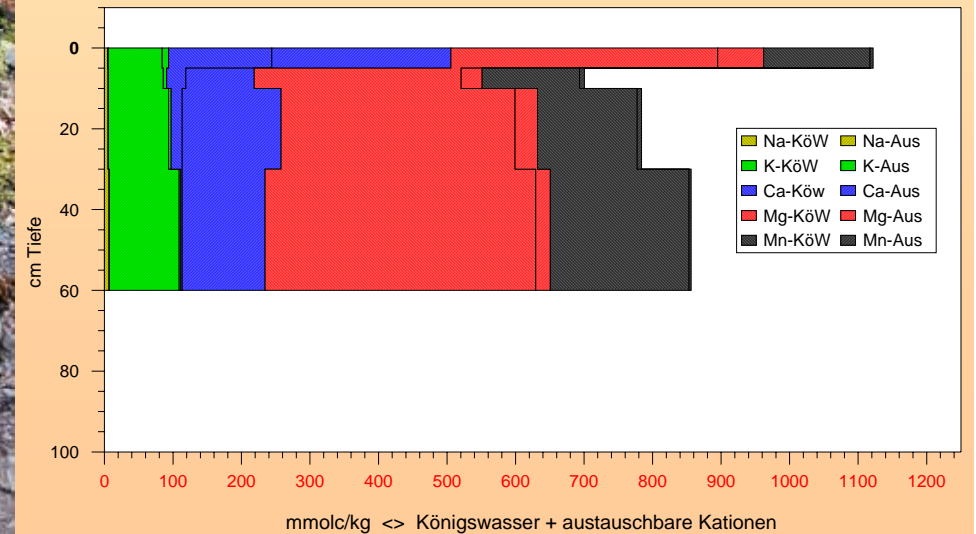
0330 <> 107-E0330-349



mmolc/kg <> austauschbare Kationen (Mineralboden)

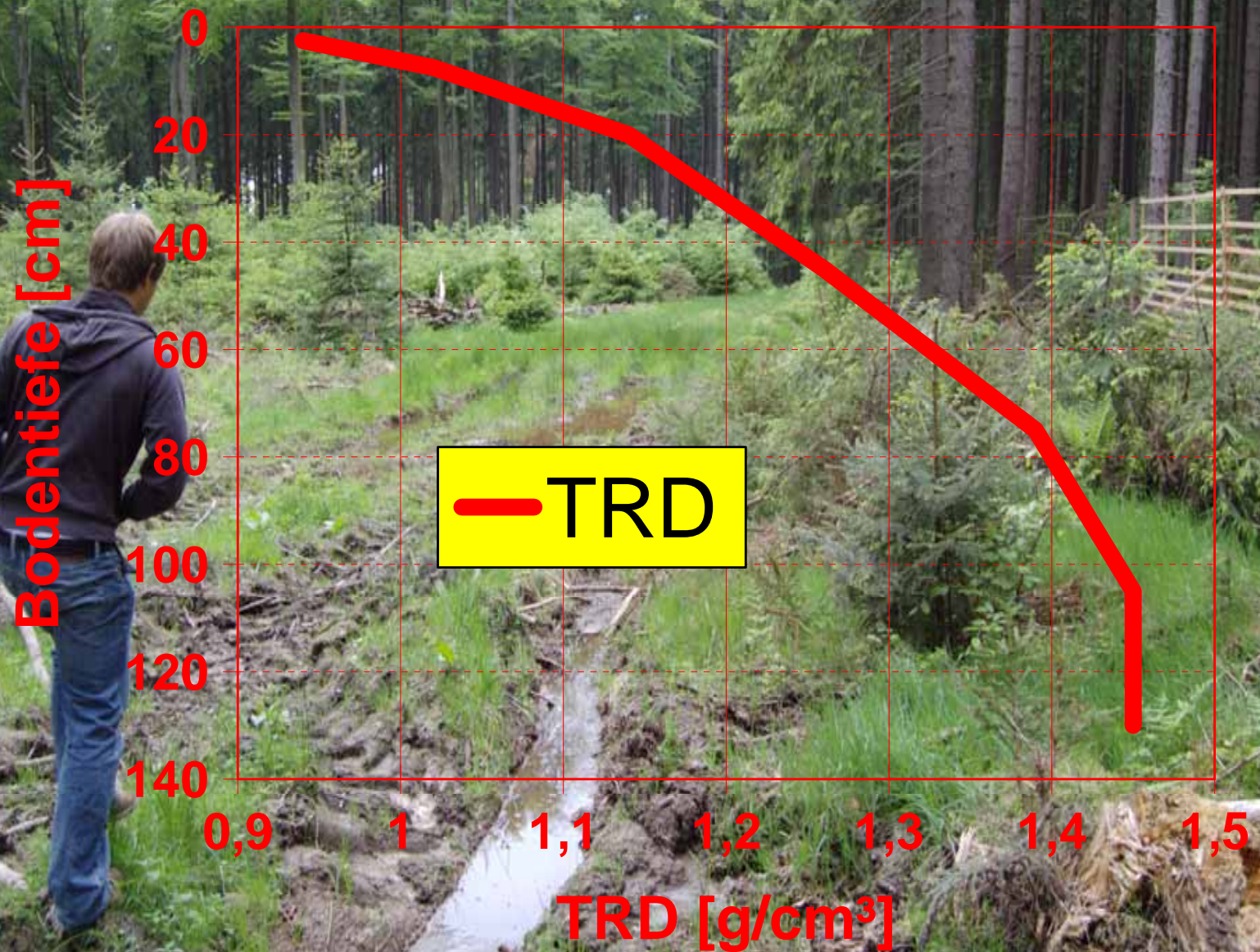
0330 > \$X*Tsf'd; mtr <> d-dzM <> BSK^d3tJ1993*

0330 <> 107-E0330-349



0330 > X(\$)*Tsf'd; mtr <> d-dzM <> BSK^d3tJ1993*

Mittlere Bodendichte der BZE2 Profile



Top-50 der Bodenvegetation

Latein	Deutsch	N	%
Rubus fruticosus agg.	Brombeere	94	57
Rubus idaeus	Himbeere	84	51
Deschampsia flexuosa	Draht-Schmiele	81	49
Dryopteris dilatata	Breitblättriger Dornfarn	73	44
Agrostis capillaris	Rotes Straußgras	69	42
Sorbus aucuparia	Eberesche	67	41
Dryopteris filix-mas	Männlicher Wurmfarne	63	38
Carex pilulifera	Pillen-Segge	58	35
Galeopsis tetrahit	Gewöhnlicher Hohlzahn	58	35
Urtica dioica	Große Brennessel	57	35
Senecio fuchsii	Fuchs' Greiskraut	55	33
Mycelis muralis	Mauer-Lattich	53	32
Luzula luzuloides	Weißer Hainsimse	52	32
Cytisus scoparius	Besenginster	49	30
Digitalis purpurea	Roter Fingerhut	49	30
Athyrium filix-femina	Wald-Frauen-Farn	47	28
Dryopteris carthusiana	Gewöhnlicher Dornfarn	47	28
Dactylis polygama	Wiesen-Knäulgras	44	27
Epilobium montanum	Berg-Weidenröschen	44	27
Epilobium angustifolium	Schmalblätt. Weidenröschen	43	26
Moehringia trinervia	Dreinnervige Nabelmiere	43	26
Poa nemoralis	Hain-Rispengras	43	26
Lonicera periclymenum	Wald-Geißblatt	42	25
Oxalis acetosella	Sauerklee	42	25
Vaccinium myrtillus	Heidelbeere	42	25

Latein	Deutsch	N	%
Galium saxatile	Harzer Labkraut	41	25
Holcus lanatus	Wolliges Honiggras	41	25
Veronica officinalis	Wald-Ehrenpreis	39	24
Teucrium scorodonia	Salbei-Gamander	36	22
Sambucus nigra	Schwarzer Holunder	34	21
Deschampsia cespitosa	Rasen-Schmiele	33	20
Sambucus racemosa	Trauben-Holunder	33	20
Geranium robertianum	Stinkender Storchschnabel	32	19
Viola reichenbachiana	Wald-Veilchen	32	19
Carex sylvatica	Wald-Segge	31	19
Milium effusum	Flattergras	31	19
Corylus avellana	Hasel	30	18
Hypericum pulchrum	Schönes-Johanniskraut	30	18
Scrophularia nodosa	Braunwurz	29	18
Galium aparine	Kletten-Labkraut	27	16
Melica uniflora	Einblütiges Perlgras	27	16
Salix caprea	Sal-Weide	27	16
Fragaria vesca	Wald-Erdbeere	26	16
Frangula alnus	Faulbaum	24	15
Galium odoratum	Waldmeister	24	15
Stellaria holostea	Große Sternmiere	24	15
Juncus effusus	Flatter-Binse	23	14
Arrhenatherum elatius	Glatthafer	22	13
Calluna vulgaris	Heidekraut	21	13
Geum urbanum	Echte Nelkenwurz	21	13

Vielen Dank

BZE-Pkt: 306-S1196-031 : GAøMfRA; „fr, g