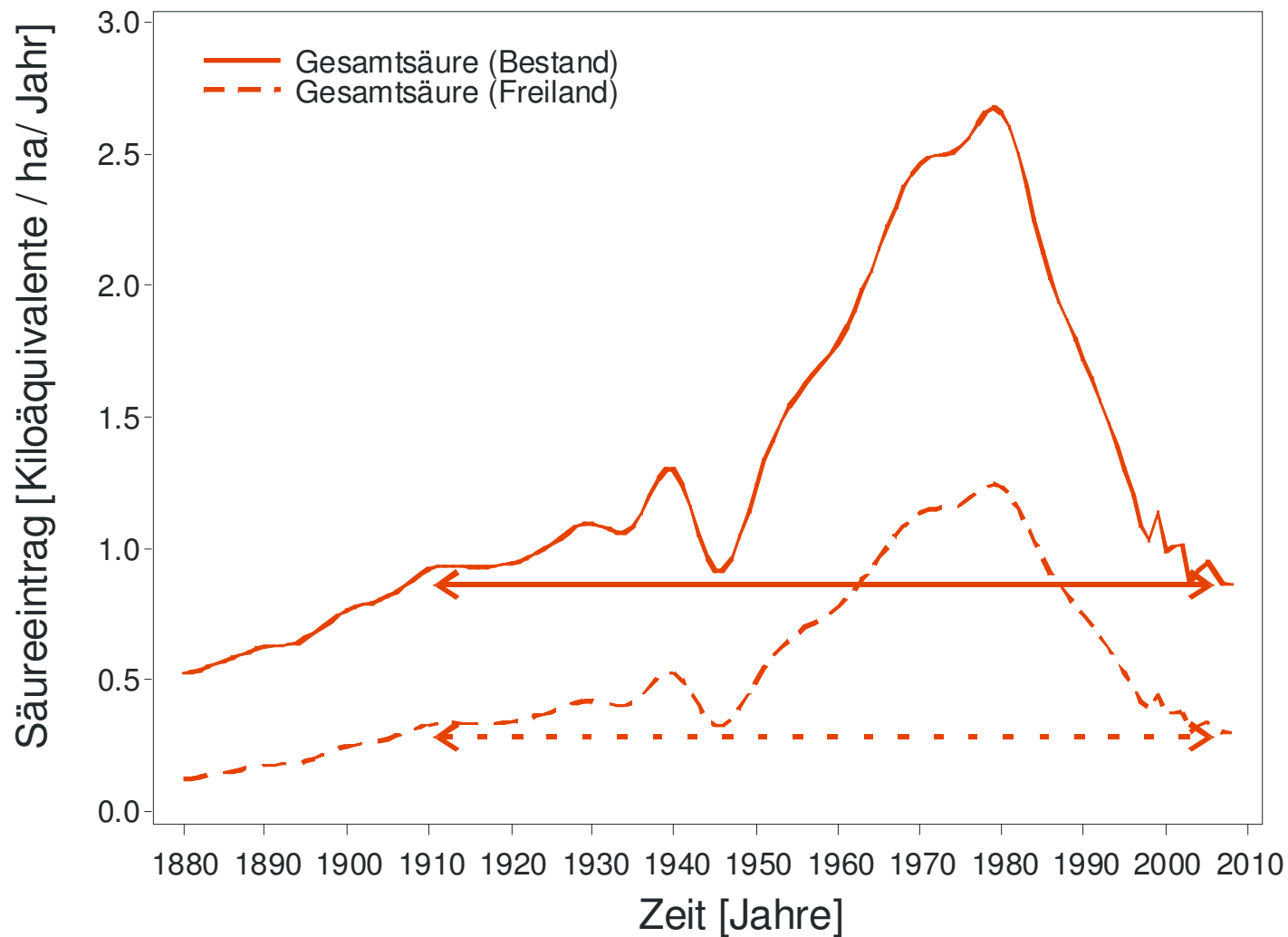


Begründung, Technik und Wirkung der Bodenschutzkalkung

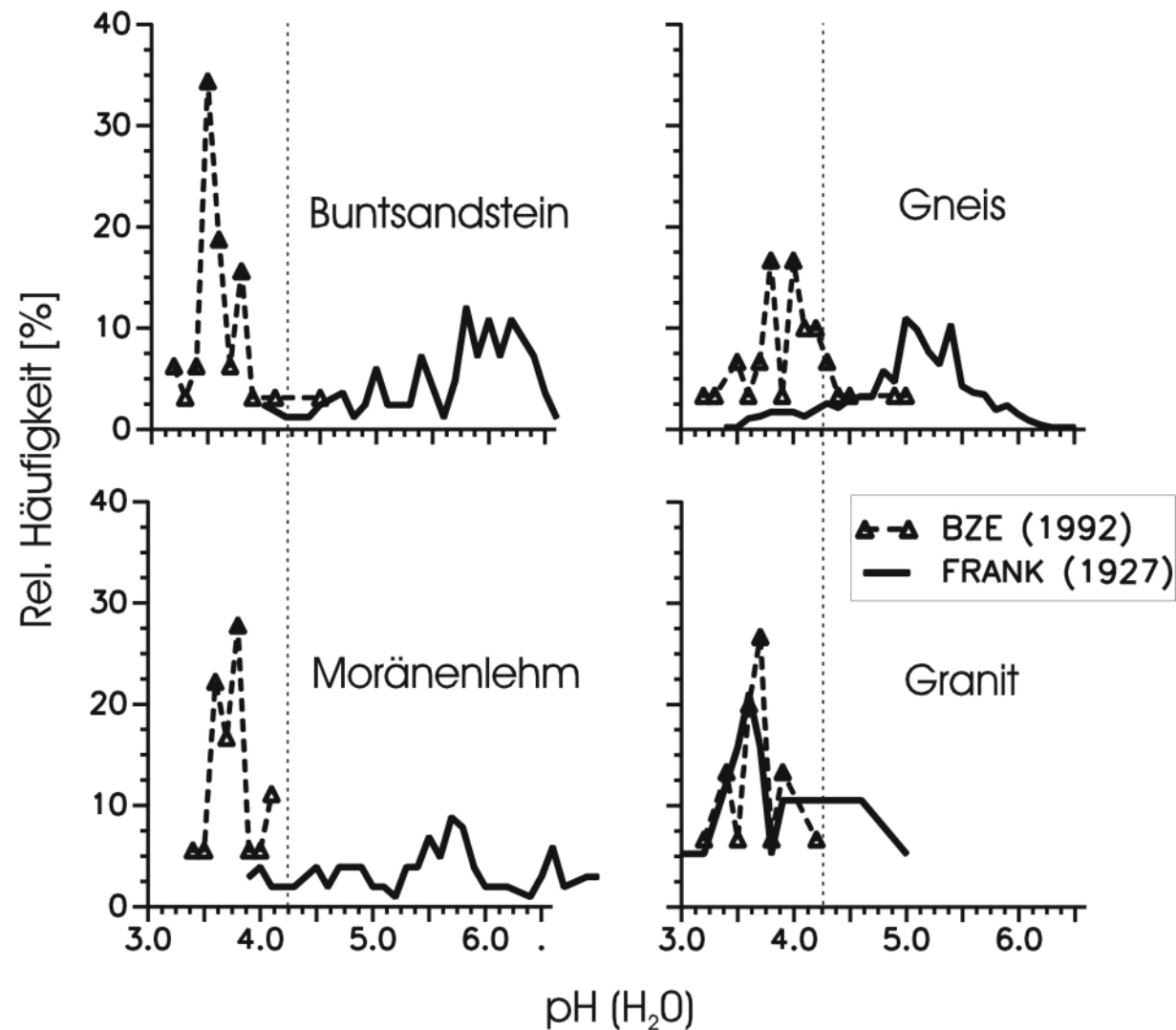
Kolloq Waldkalkung – Umweltvorsorge oder
Naturschutzproblem? 25.10.2013

Klaus v.Wilpert, Peter Hartmann, Jürgen Schäffer

Zeitreihe der durchschnittlichen Gesamtsäure-Deposition in Baden-Württemberg



Oberbodenversauerung (0-5cm) auf unterschiedlichen geologischen Substraten



Ist natürliche Regeneration eine Alternative?

Vergleich pH, BS 1992-2007

pH-Trend (Zeit bis 2 pH-Stufen ausgeglichen sind):

ca. 250 Jahre ohne Kalkung

ca. 80 Jahre mit Kalkung

$\Delta \text{pH H}_2\text{O}$ (a^{-1})	ungekalkt			Zwischen Bze1 u. 2 gekalkt		
	Median	%	Sign	Median	%	Sign
L+Of	0.017	0.42	***	0.056	1.59	**
Oh	0.015	0.42	***	0.023	0.72	
0-5cm	0.011	0.26	***	0.032	0.85	***
5-10cm	0.008	0.19	***	0.026	0.71	**
10-30cm	0.009	0.20	***	0.017	0.41	**
30-60cm	0.010	0.18	***	0.012	0.26	**
60-90cm	0.010	0.15	***	0.010	0.23	

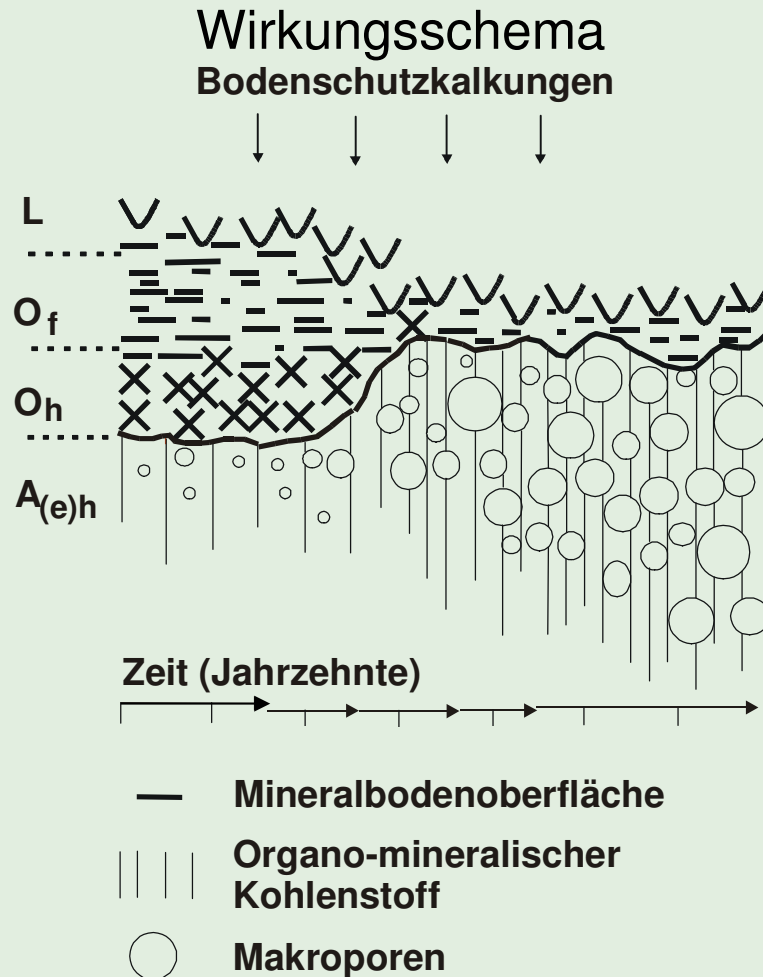
Basensättigung-Trend (Zeit bis 20 BS% ausgeglichen sind):

???? Jahre ohne Kalkung (-0,6% /15a)

ca. 40 Jahre mit Kalkung

Δ Basen- sättigung (% a^{-1})	ungekalkt			Zwischen Bze1 u. 2 gekalkt		
	Median	%	Sign	Median	%	Sign
0-5cm	-0.03	-0.2		0.89	8.2	**
5-10cm	-0.01	-0.2		0.38	9.3	**
10-30cm	-0.04	-0.7	*	0.15	3.4	**
30-60cm	-0.05	-0.5	**	0.07	2.0	
60-90cm	-0.04	-0.1		-0.02	-0.3	

Bodenschutzkalkung im Wald



Was soll die Kalkung leisten?

- Neutralisierung aktueller Säureeinträge an der Bodenoberfläche
- Erhöhung der Basensättigung (Mg, K, Ca) im oberen Mineralboden
- Erhöhung der Pufferkapazität
- Biologische Einarbeitung organischer Substanzen vom Auflagehumus in den Mineralboden (Ah-Horizont) sowie eine Erhöhung der Austauschkapazität im Wurzelraum
- Langfristige Vertiefung des durch Feinwurzeln erreichbaren Wurzelraumes

Experimentelle Basis der Studie

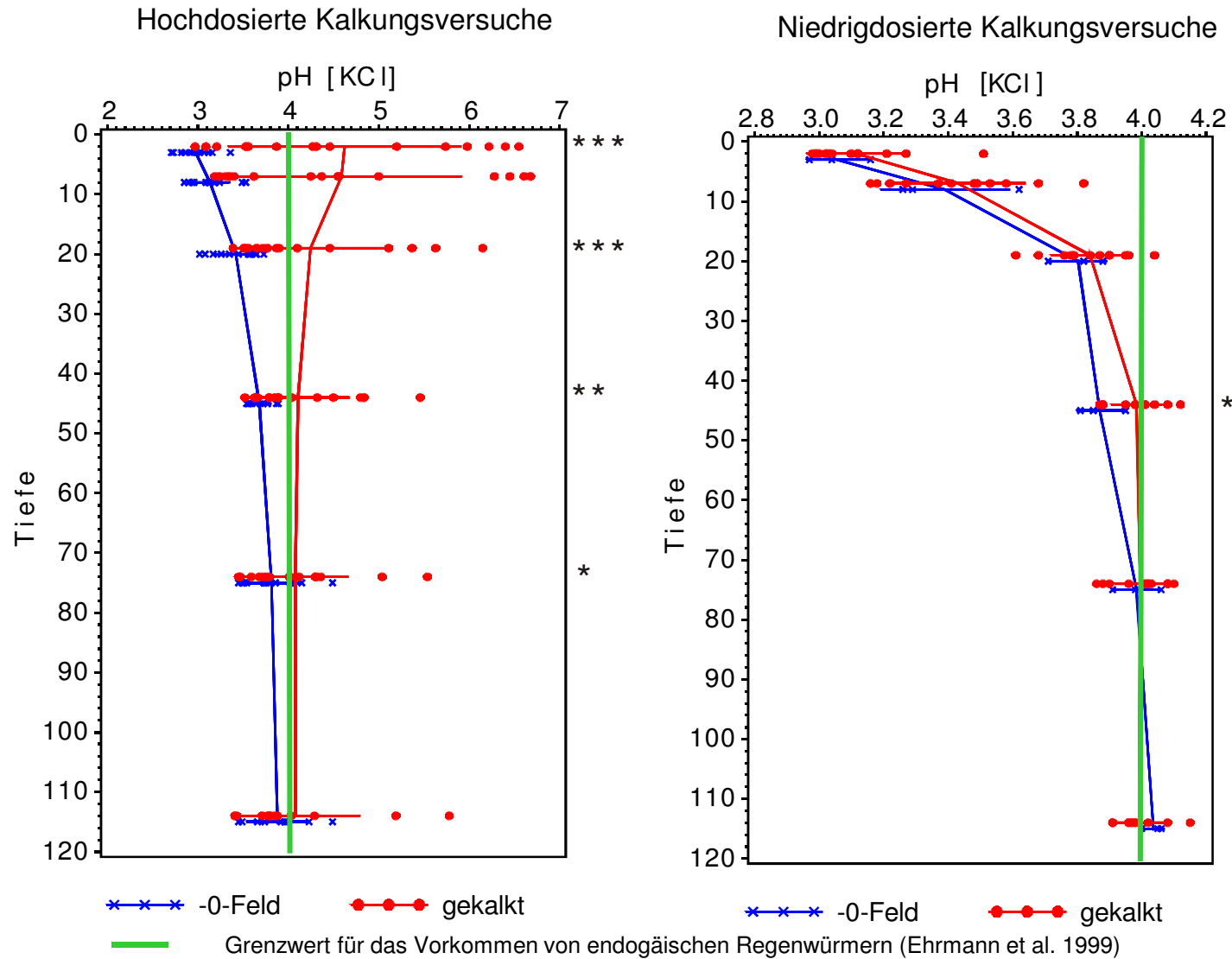
1. Hoch dosierter „aktueller Kalkungsversuch“ Ochsenhausen- kurzfristige Effekte

Versuchsflächen- bezeichnung	Wuchsgebiet	Bodentyp	Düngung
Düngeversuch Ochsenhausen	7/01b, Riß- Grundmoräne	Pseudogley- Parabraunerde	10 t/ha kohlensaurer Kalk, 1994

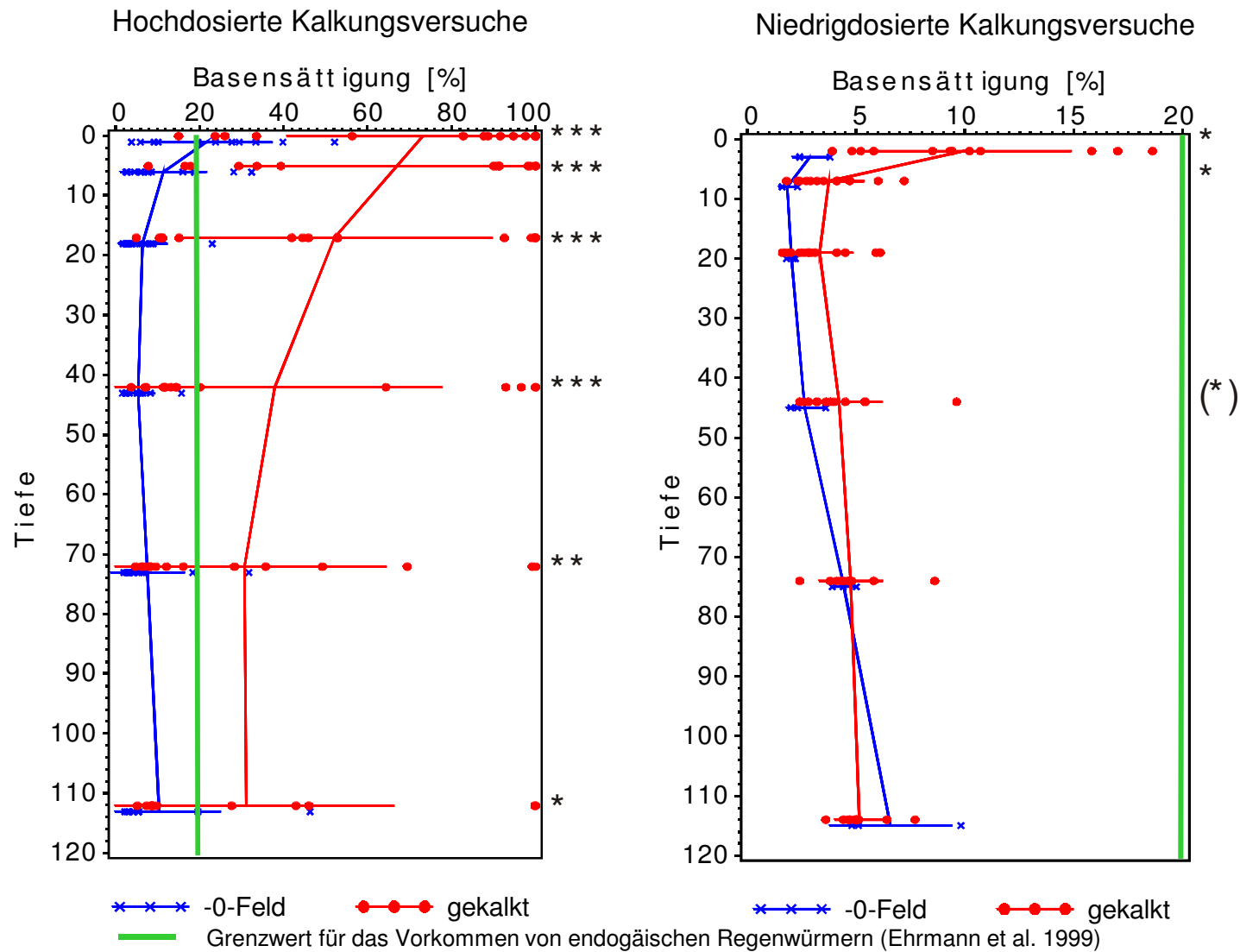
2. „Historische“ Kalkungsversuche“, Abschätzung von Langzeiteffekten

Versuchsflächen- bezeichnung	Wuchsgebiet	Bodentyp	Düngung
Fi 337 Pfalzgrafenweiler	3/06 Flächenschwarzwald	Braunerde	2 t/ha kohlensaurer Kalk 1953, 1t/ha Thomasphosphat
DV 7 Pfalzgrafenweiler	3/06 Flächenschwarzwald	Braunerde	10 t/ha kohlensaurer Kalk, 1949, 0,5t/ha Thomasphosphat, 1949
DV 9 Schönmünzach	3/05 Schwarzwald- Hornisgrinde	Podsol / Podsol - Braunerde	5 t/ha kohlensaurer Kalk, 1949
DV 35 Klosterreichenbach	33/05 Schwarzwald- Hornisgrinde	Podsol	20 t/ha Branntkalk, 1949
DV 35 Klosterreichenbach	3/05 Schwarzwald- Hornisgrinde	Podsol	66 t/ha Kalkmergel, 1949
DV 2 / Calw	3/06 Flächenschwarzwald	Podsol - Pseudogley	10 t/ha kohlensaurer Kalk, 1949
Bonndorf 4/I-III	5/03 Schwarzwald Obere Wutach	Pseudogley-Braunerde / Braunerde	6 t/ha Branntkalk, 1949
Triberg 1/I-IV	3/14 Mittlerer Schwarzwald	Braunerde/ Pseudogley-Braunerde	6 t/ha Branntkalk, 1950
DV 39 Ulm	7/01 b Voralpine Deckenschotter	Pseudogley- Parabraunerde	9,2 t/ha kohlensaurer Kalk, 1952

Effekte auf die Bodenreaktion



Effekte auf die austauschbare Basensättigung



Kalkungseffekt auf die Humusform, Kalkungsversuch Ochenhausen (6 Jahre nach Kalkung)

Kontrolle



- O₁ – Nadelstreu, Thuidium (0.5 cm)
- O_f – schichtig gel. Nadelstreu (3.5 cm)
- O_h – oben torfartig, bröckelig
zerfallend (1.5 cm)

Dolomit



- O₁ - Nadel-/Laubstreu (0.5 cm)
- O_f – stark vernetzte Bruchstücke (1.5 cm)
- O_h – locker, krümelig, biogen
umgearbeitet (1.5 cm)

Kalkungseffekt auf die Humusform (Dünnschliff, 0.4mm)

Kaliumdüngerversuchsfläche Ochsenhausen

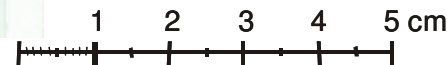
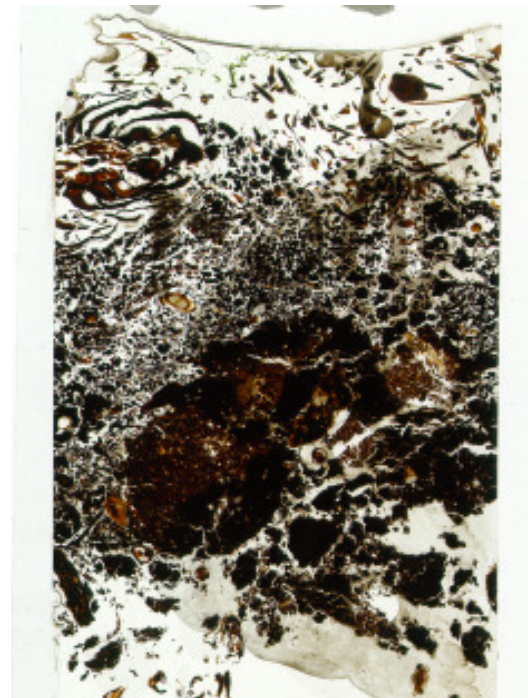
Nullfläche

P3 – 0,4 mm

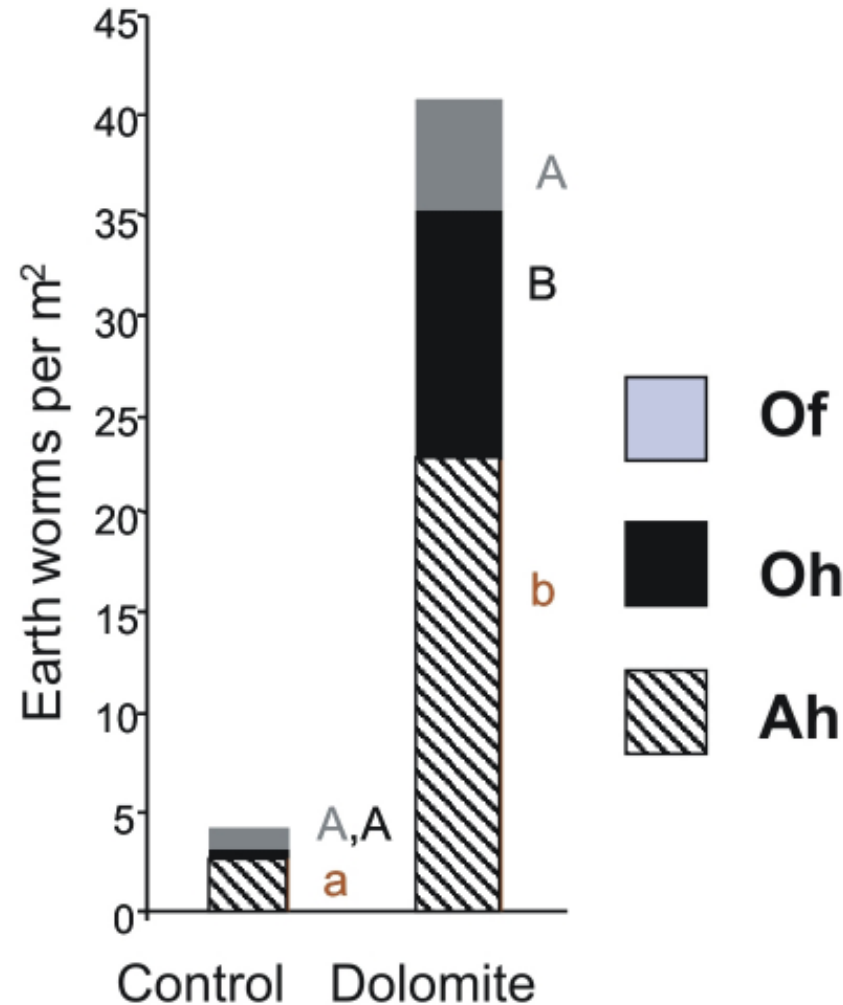


Dolomit

P1 – 0,4 mm



Kalkungseffekt auf Regenwurm Abundanz

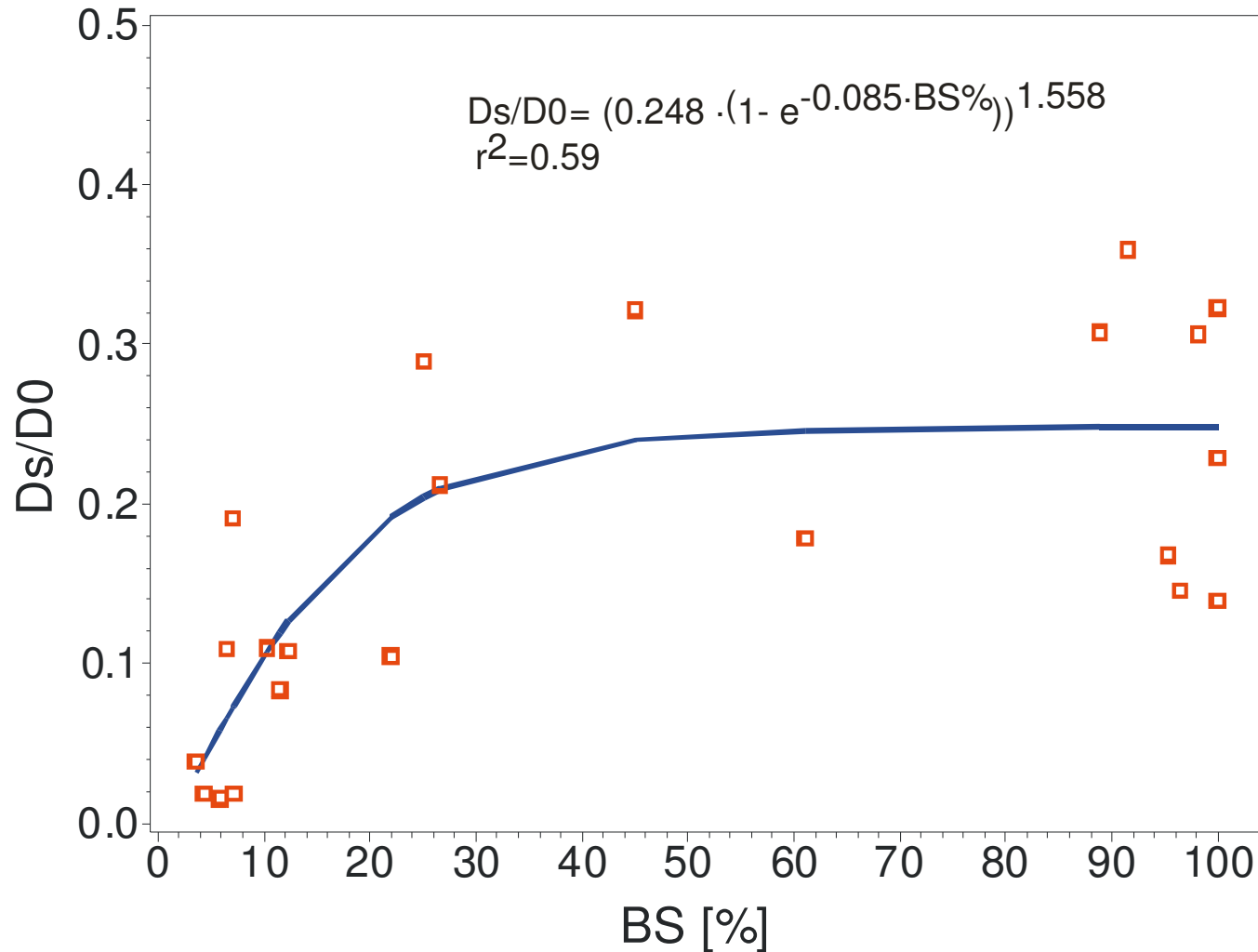


Kalkungsversuch Ochsenhausen

Abundanz von Regenwürmern in Humusaufgabe und oberem Mineralboden, 6 Jahre nach Applikation von 10 t/ha Dolomitkalk (A/B, a/b, verschieden $p < 0,05$)

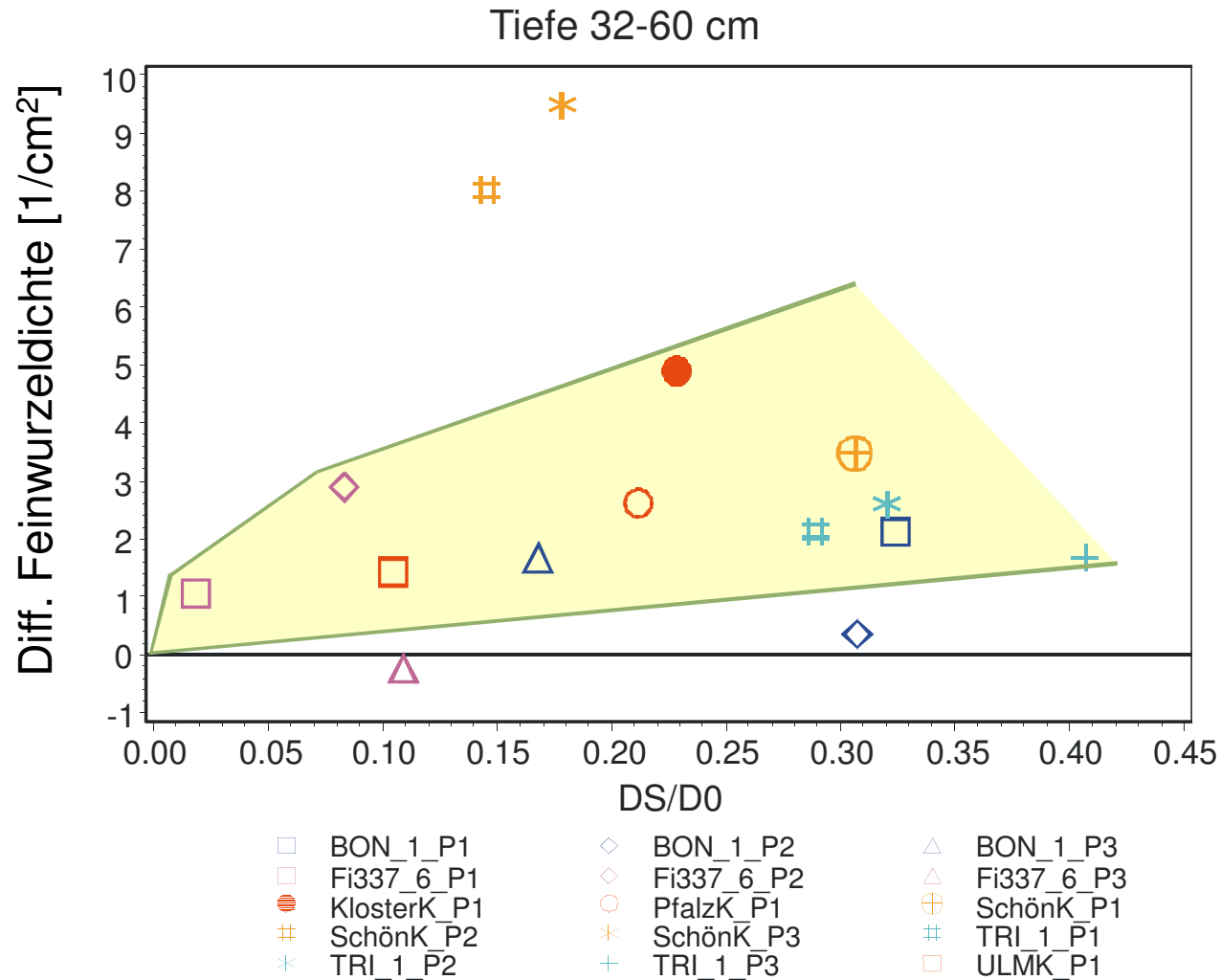
Effekt auf Gas Diffusivität und Bodenbelüftung

Relativer scheinbarer Gas Diffusions Koeffizient (Messung nach SCHACK-KIRCHNER et. al. 2001) in Abhängigkeit der Basensättigung

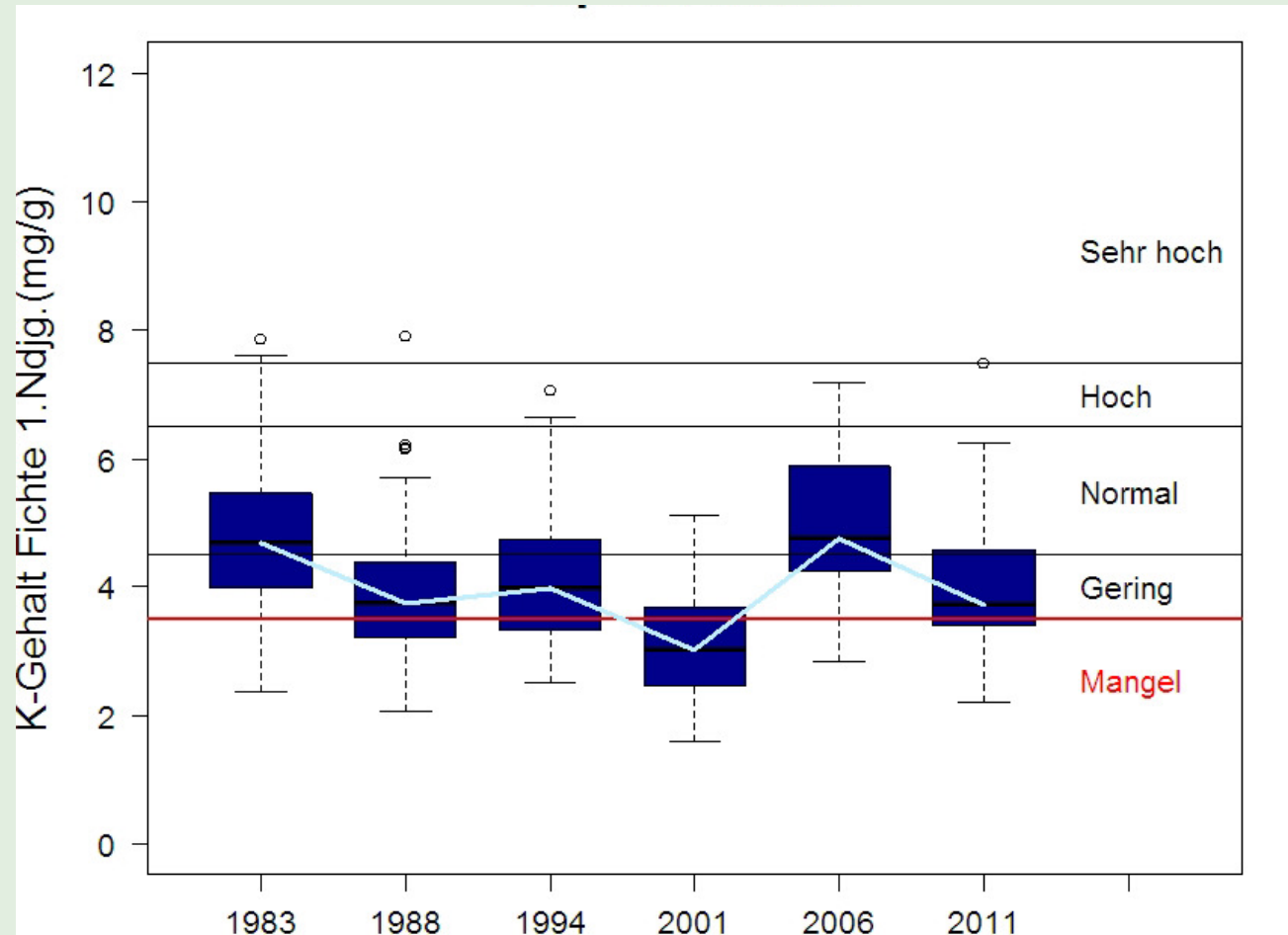


Bodenbelüftung und Feinwurzeldichte

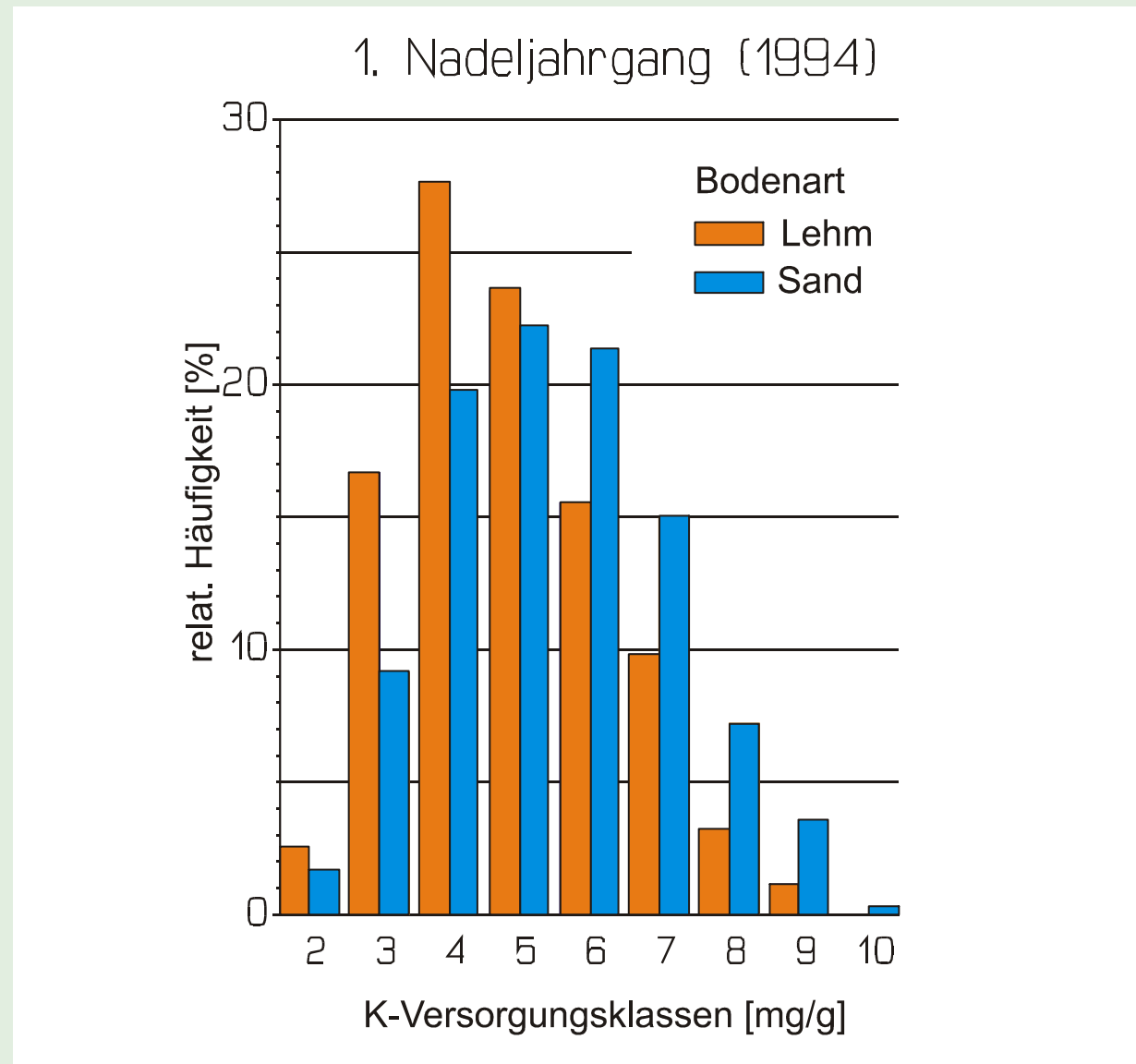
Differenz der Feinwurzeldichten zwischen Kontrolle und Kalkung über D_s/D_0



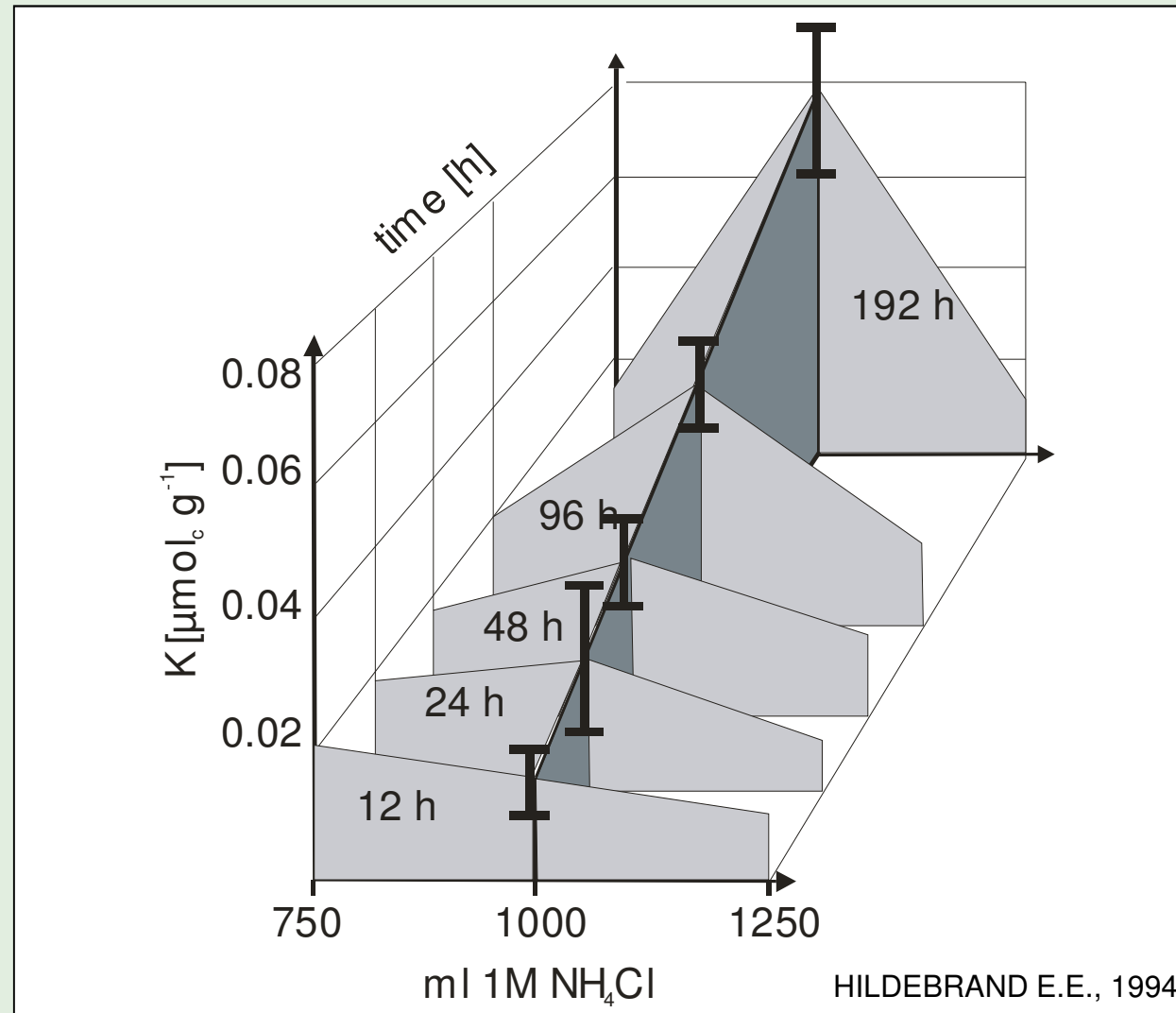
Zunehmender Kaliummangel (Beispiel Südwestdeutsches Alpenvorland)



Bodenartliche Gliederung der Kaliumernährung

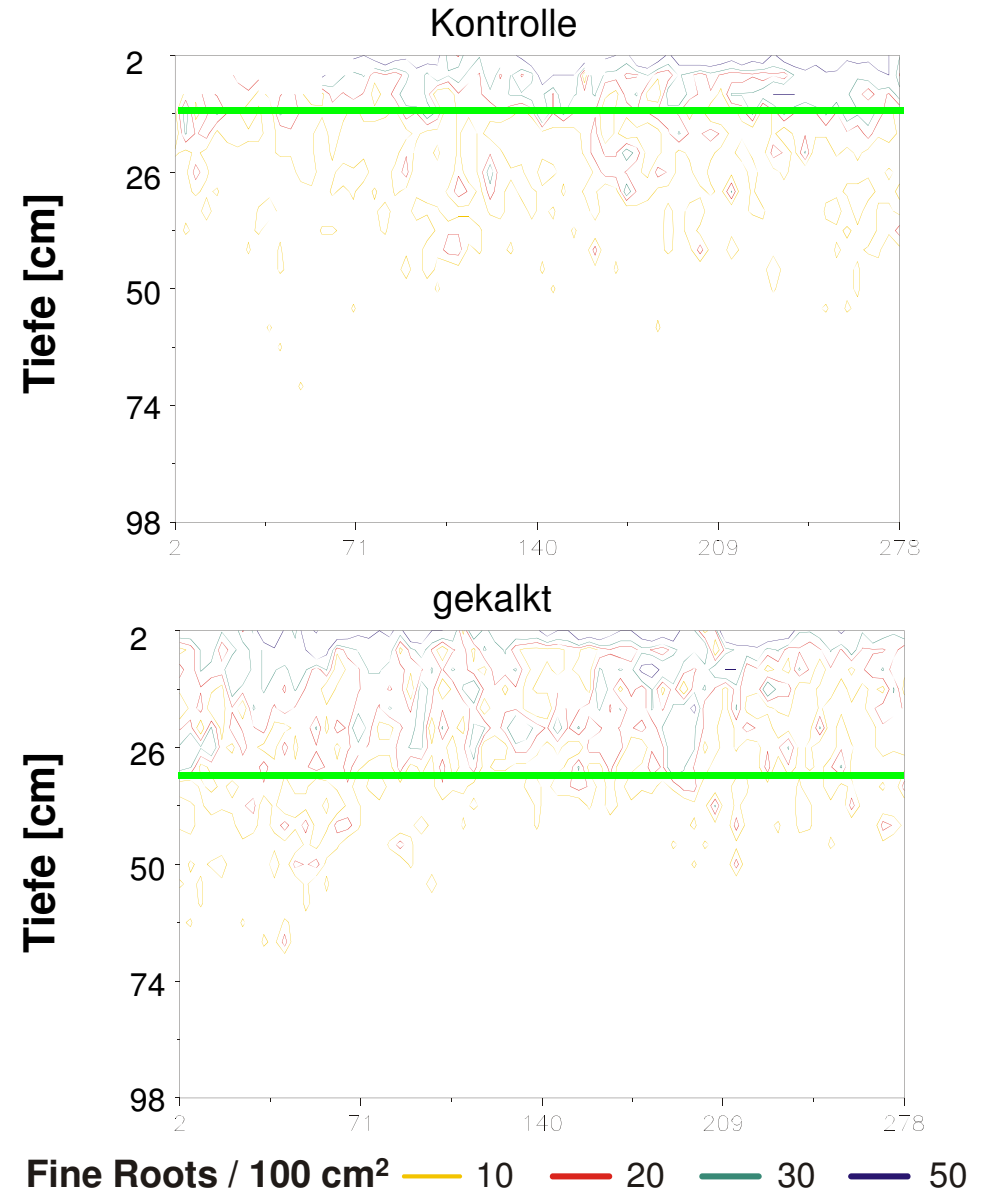


Results of interrupted percolation trials provide information about diffusive recharge of aggregate surfaces

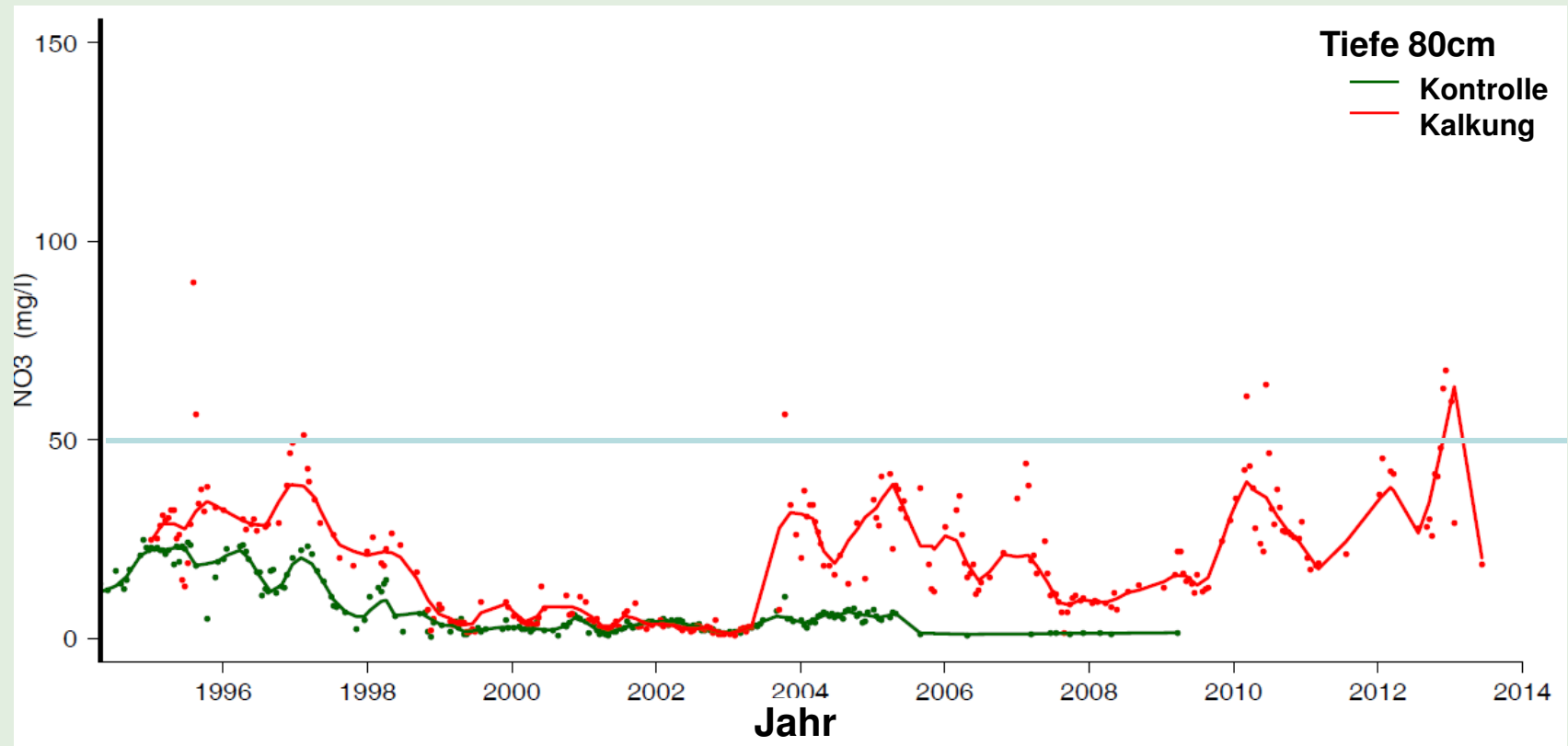


Effekt der Kalkung auf die Feinwurzelverteilung

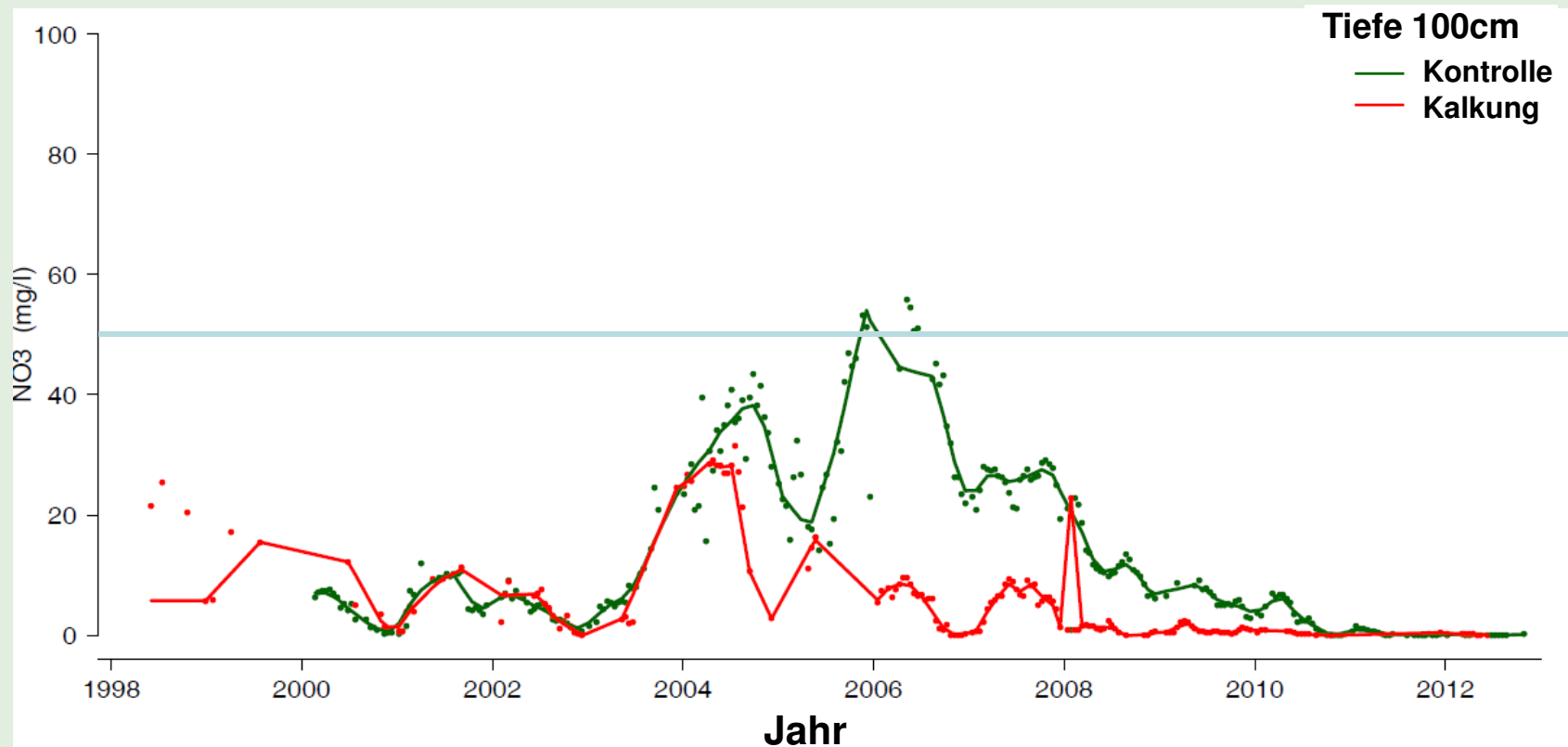
Ulm, Kalkungsversuch 39,
1952 gekalkt mit 9.2 t/ha



Nitrat Leaching als ungewollter kurzfristiger Nebeneffekt Kalkungsexperiment Ochsenhausen, (10 t/ha 1994)



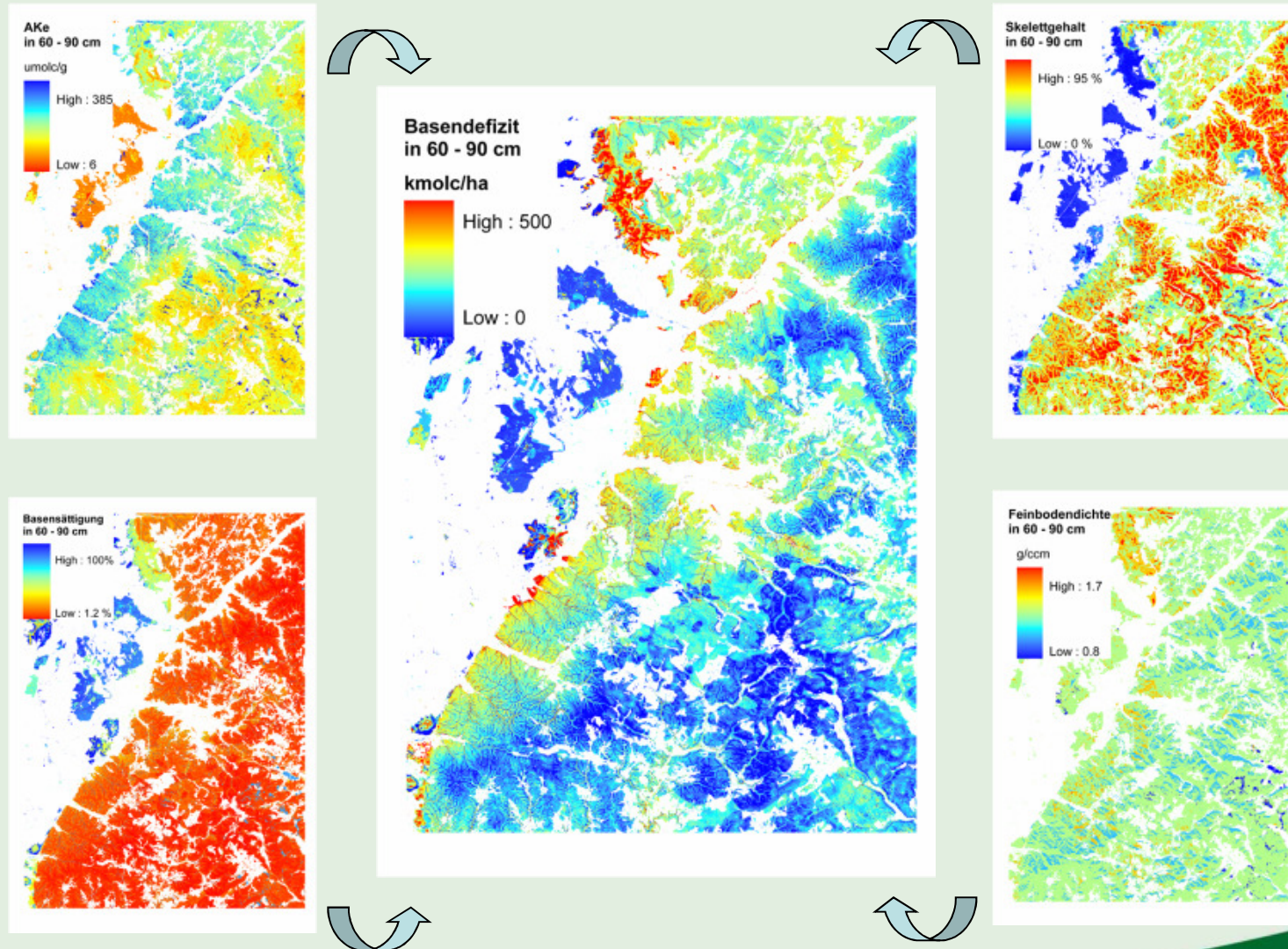
Langfristige Umkehr der Nitrifizierungsintensität Kalkungsexperiment Heidelberg, (2,5 t/ha 1975)



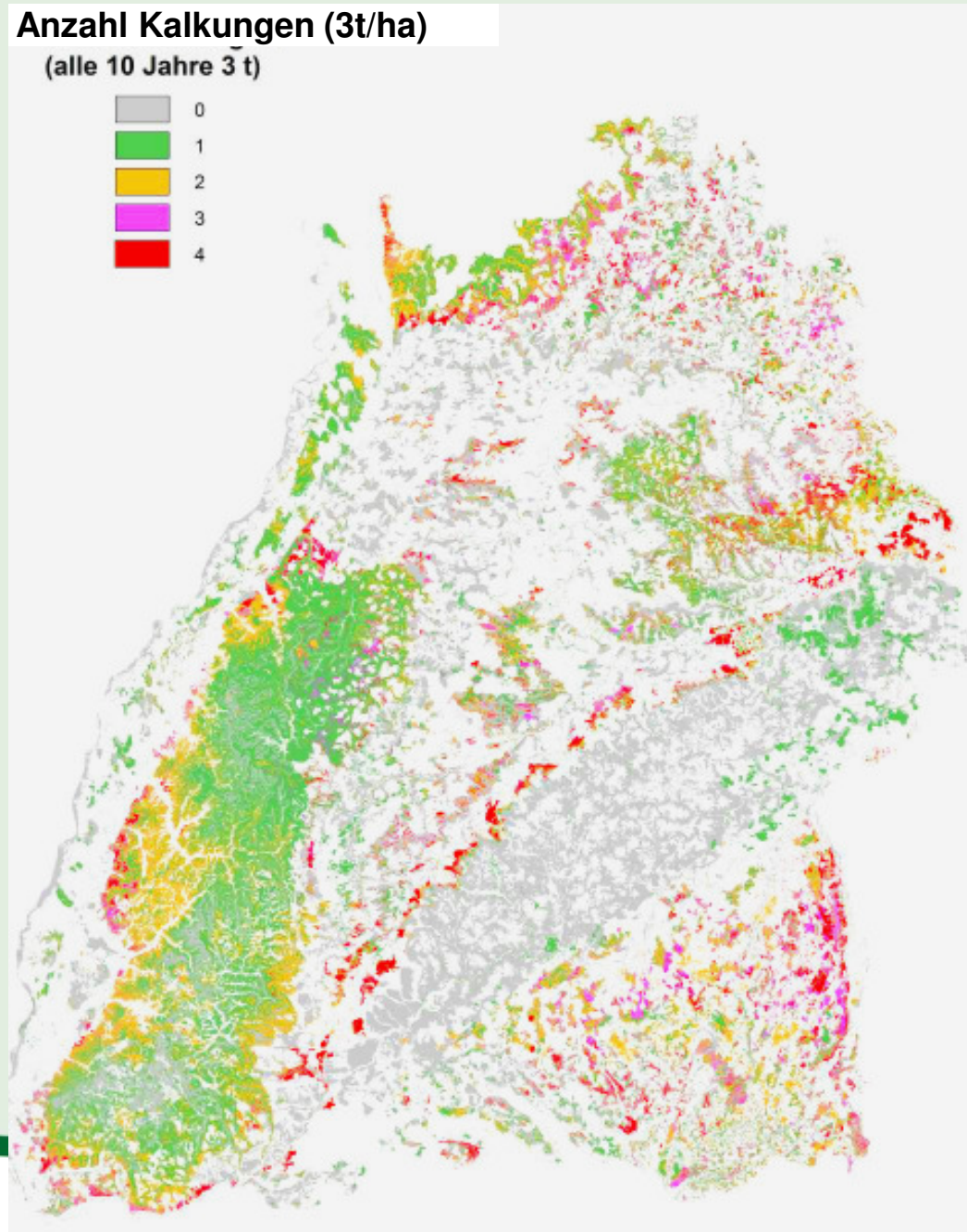
Identifikation des Kalkungsbedarfs für die Regeneration der natürlichen Bodenfunktionen

- Aluminium wird durch starke Säuren mobilisiert, bei pH-Werten $< 4,5$
- Natürliche Versauerung durch organische Säuren reicht normalerweise nicht tiefer als 50cm
- Aluminium Sättigung in 60-90cm Tiefe ist überwiegend anthropogen verursacht
- Sie ist ein Indikator für den Kalkungsbedarf um den kumulierten Effecten der Bodenversauerung entgegen zu wirken.

Herleitung des Kalkungsbedarfs



Relativer Kalkungsbedarf in Baden-Württemberg



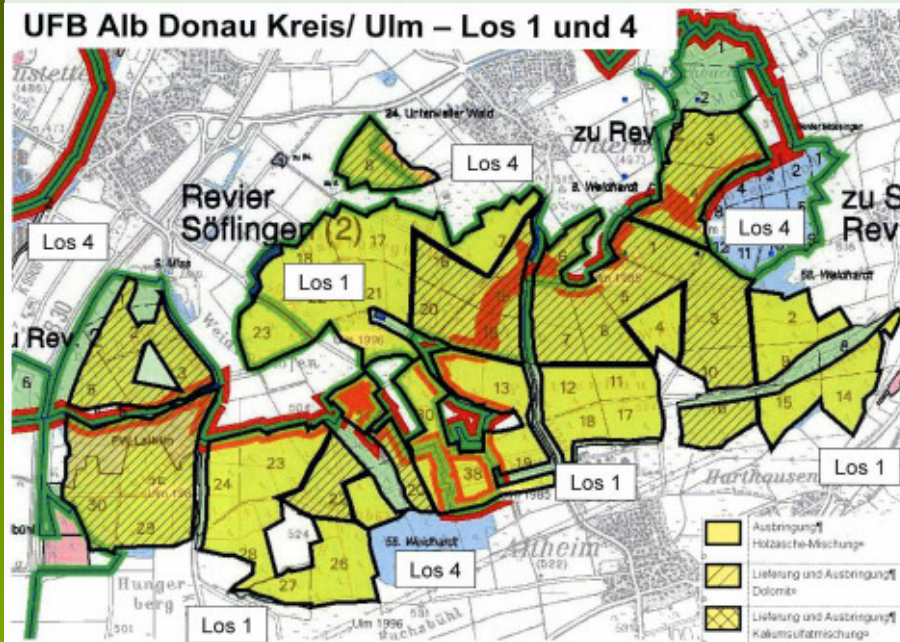
Entwicklung GIS-Kalkungstool

- ▶ Weitgehend automatisierte Ableitung von Kalkungsflächen auf der Basis vorhandener Datengrundlagen (STOKA, BZE-Modell, Kalkungsdokumentation) unter Berücksichtigung von Restriktionsflächen
- ▶ Expertenbearbeitung für nicht eindeutig zuordenbaren Prüfflächen
- ▶ Einbindung der Probenentnahme zur Absicherung der Expertenentscheidung
- ▶ Vorschlag zur Ausbringungstechnik und zum Ausbringungsmaterial
- ▶ Überführung in konkreten Kalkungsmaßnahmenplan

GIS-Kalkungstool: Maßnahmenplan

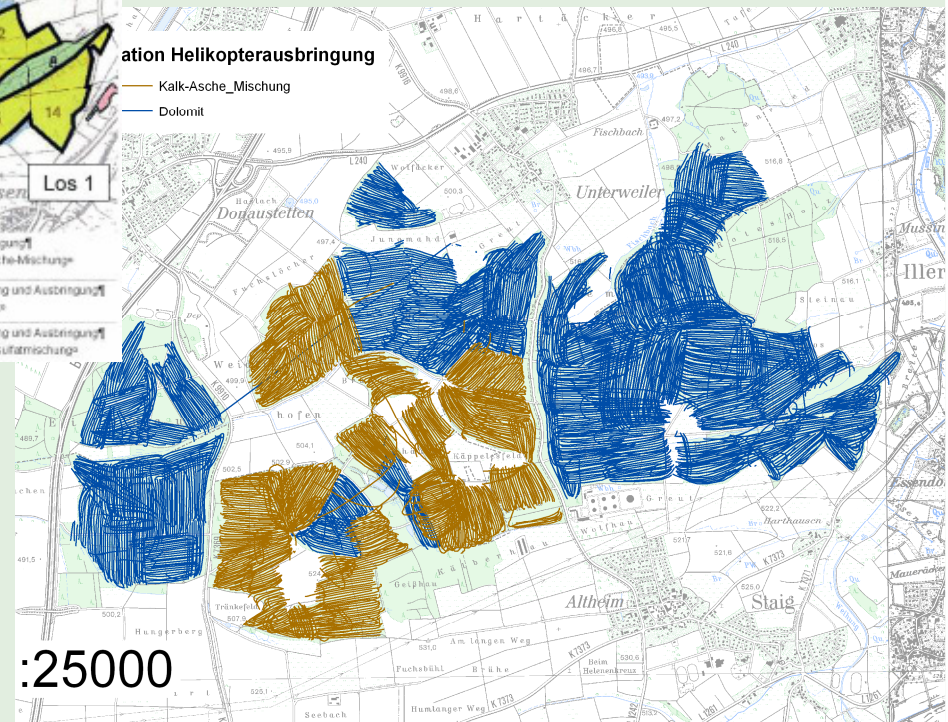


Technische Umsetzung



Kontrolle / Dokumentation

- Dosierung, Rezeptur
- Einhaltung Ausschlussflächen



Detaillierte Flächenplanung

- Rezeptur
- Dosierung
- Ausbringungsform: Heli, Verblasen
- Festlegung Lande- Umschlagplätze
- Technische Ausschlussflächen (Straßen)

Bodenschutzkalkung von Wäldern in Baden-Württemberg

Berücksichtigung der Waldbiotope,
FFH-Waldlebensraumtypen
und Auerhuhnhabitate



Foto: Erich Marek

Naturschutz und Bodenschutzkalkung

Kalkungssensibilität von Waldbiotope/FFH-Lebensraumtypen

Kategorien

1. **Kalkungsunempfindliche**
Biotope/ Lebensraumtypen
- keine fachliche Bedenken
2. **Kalkungsempfindliche**
Biotope/ Lebensraumtypen
- grundsätzlich von Kalkung
ausgenommen
3. **Biotope/Lebensraumtypen mit
kalkungsunempfindlichen
Strukturen > 2 ha,**
- Einzelfallprüfung, sensible
Strukturen ausgenommen

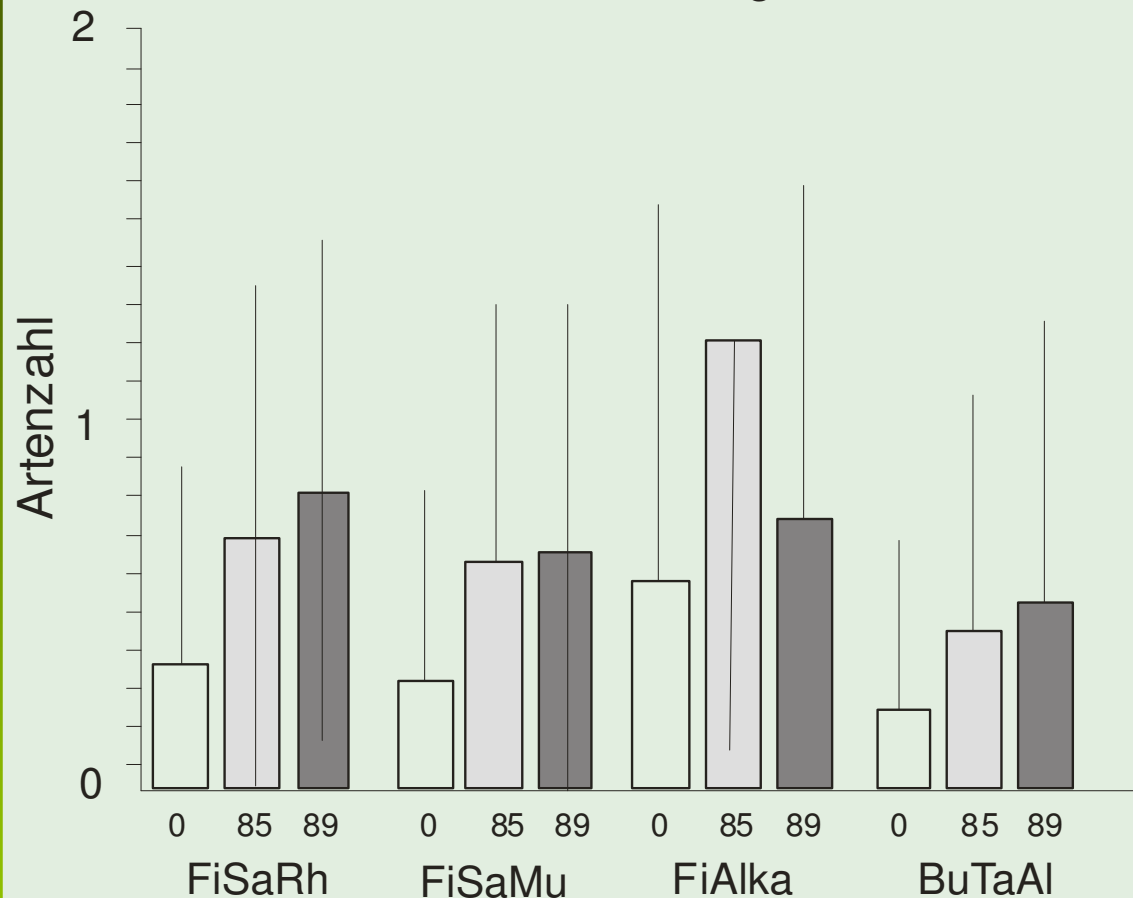
chnik, Wirkung



Forstliche Versuchsanstalt
Baden-Württemberg

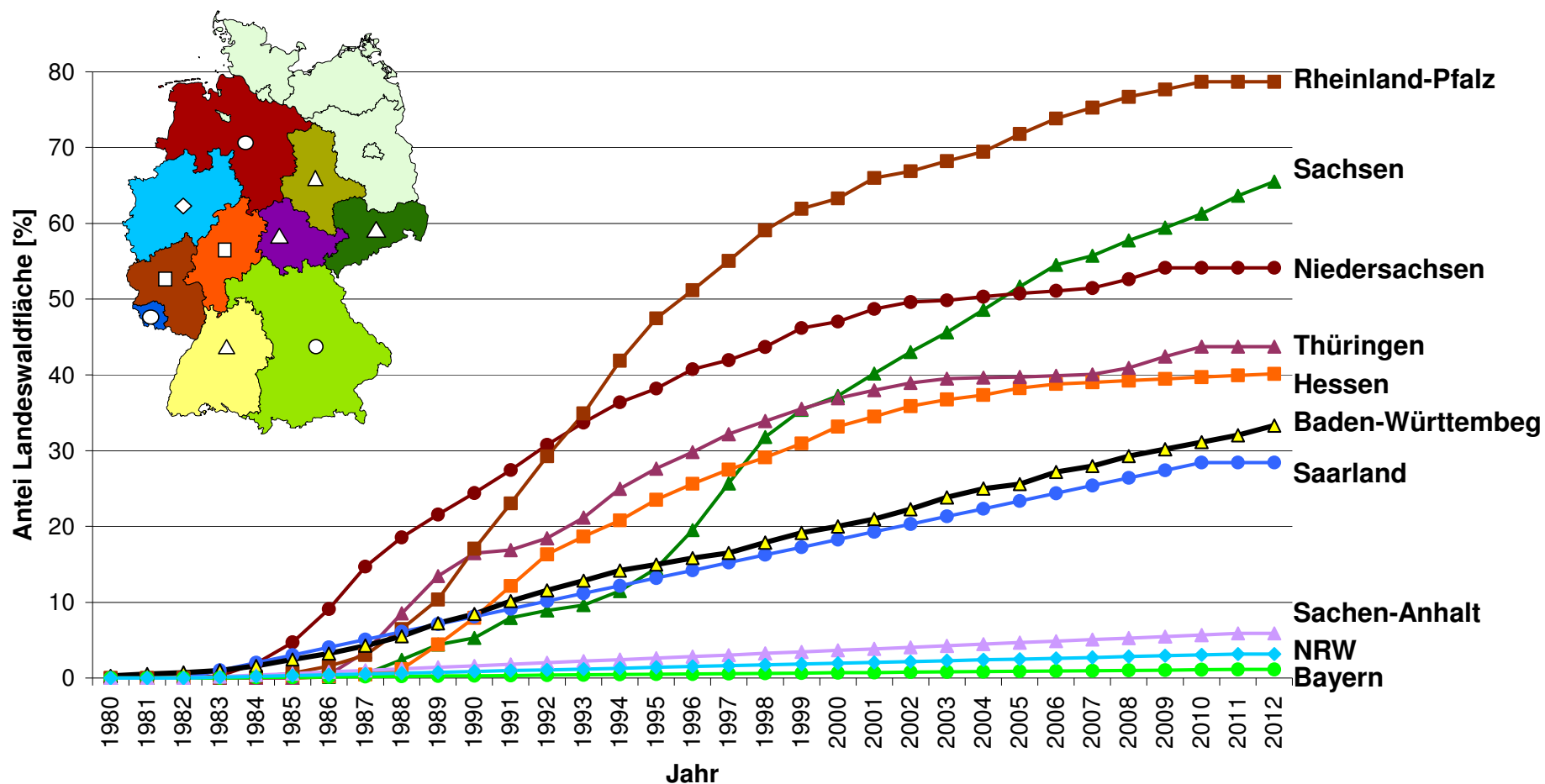
Anzahl der Rote-Liste-Arten LfU Baden-Württemberg / 83, Stufen 0-5

**Ergebnis
Praxiskal-
kungsversuch
1983 auf ca.
8.500 ha
(v.Wilpert et
al. 1993)**



FiSaRh: Fichte, schwach gepufferte Substrate, mächtige Humusauflage
 FiSaMu: Fichte, schwach gepufferte Substrate, geringmächtige Humusauflage
 FiAlka: Fichte, gut gepufferte Substrate
 BuTaAl: Buche/Tanne, gut gepufferte Substrate, mächtige Humusauflage

Prozentanteil der Landeswaldfläche gekalkt



Leitlinien des Konzepts zur regenerativen Bodenschutzkalkung

- **Natürliche Bodenfunktionen sollen so weit wie möglich wiederhergestellt werden** (damit werden Wälder gegen Klimastress stabilisiert)
- **Die Dosierung wird streng am standortsspezifischen Kalkungsbedarf orientiert**
- **Prinzip der Vorsicht** (Orientierung an 70% des errechneten Kalkungsbedarfs)
- **Behebung von akutem Kaliummangel durch Beimischung von 30% Holzasche** statt des ökologisch wenig sinnvollen K-Sulfats
- **Ökologische Wirkungen des Kalkungsprogramms werden durch das Forstliche Umweltmonitoring überwacht** (z.B. Boden- und Waldernährungsmonitoring)
- **Sensitive Naturschutzflächen werden konsequent bei der Bodenschutzkalkung ausgeschlossen**

A photograph of a forest floor with several red and white survey poles planted in the ground. The forest floor is covered with green ferns and brown fallen leaves. Tall trees are visible in the background.

**Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit**