



**Bodenschutzkalkung
Ein Zwischenruf aus der Schweiz
oder
Was passiert, wenn nichts passiert**

Sabine Braun
Institut für Angewandte Pflanzenbiologie
Schönenbuch

Gliederung

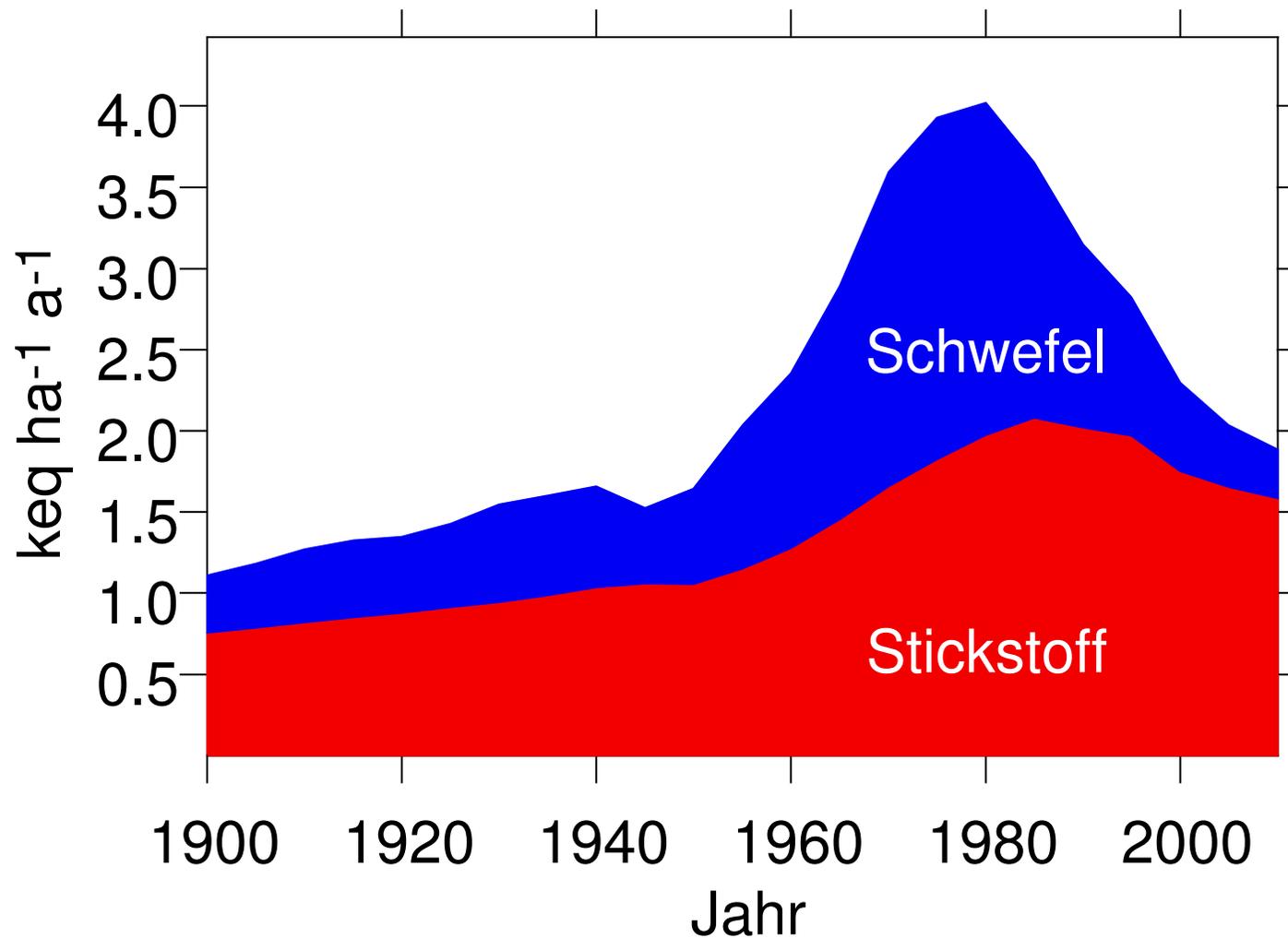
- Ausmass und Trends der Einträge von Stickstoff und Schwefel in der Schweiz
- Ausmass und Entwicklung von Bodenversauerung und Eutrophierung
- Wirkung von Bodenversauerung und Eutrophierung auf Bäume und Wälder



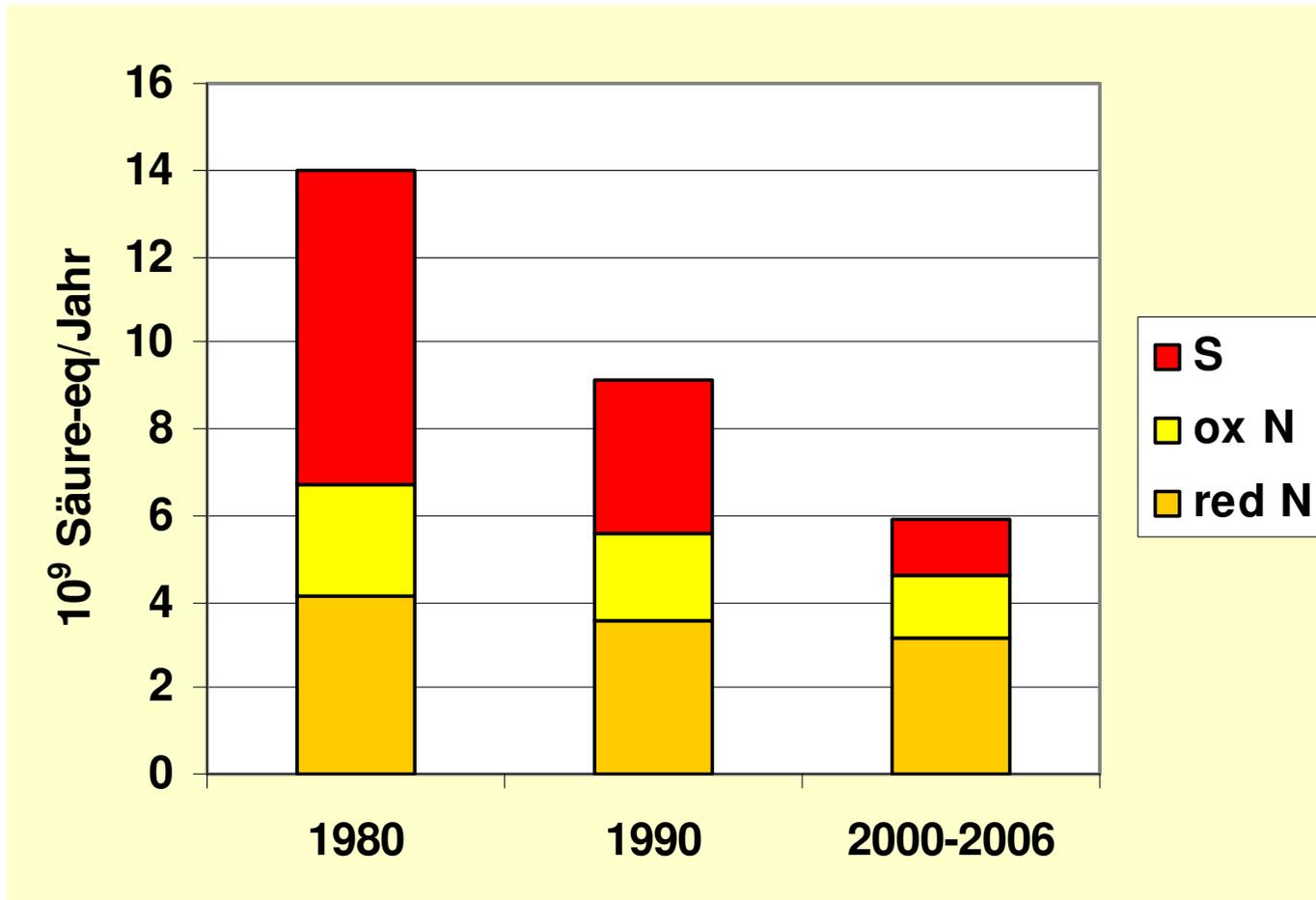
Eintragssituation



Entwicklung der Gesamtdeposition von versauernden Luftschadstoffen in der Schweiz



Versauernde Depositionen Schweiz



Bemerkungen: 1 mol S = 2 eq; 1 mol ox N = 1 eq; 1 mol red N = 1 eq



Vergleich von Silikatverwitterung und Deposition

Silikatverwitterungsraten einiger Böden auf typischen Ausgangsgesteinen, 1 m Bodentiefe (nach Ulrich, 1997)

Ausgangsgestein	Silikatverwitterungsrate ($\text{kmol}_c \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{Jahr}^{-1}$)
Basalt	1,7
Gneis	1,0 – 1,4
Gabbro	1,5
Granit	0,7
Tonschiefer	0,4
Mittl. Buntsandstein	0,2 – 0,4
Löß	0,3
Grauwacke	0,2
Sandstein	0,1

Depositionsraten ($\text{kmol}_c \cdot \text{ha}^{-1}$) in 2007 in Wälder der Schweiz (nach Meteotest 2010)

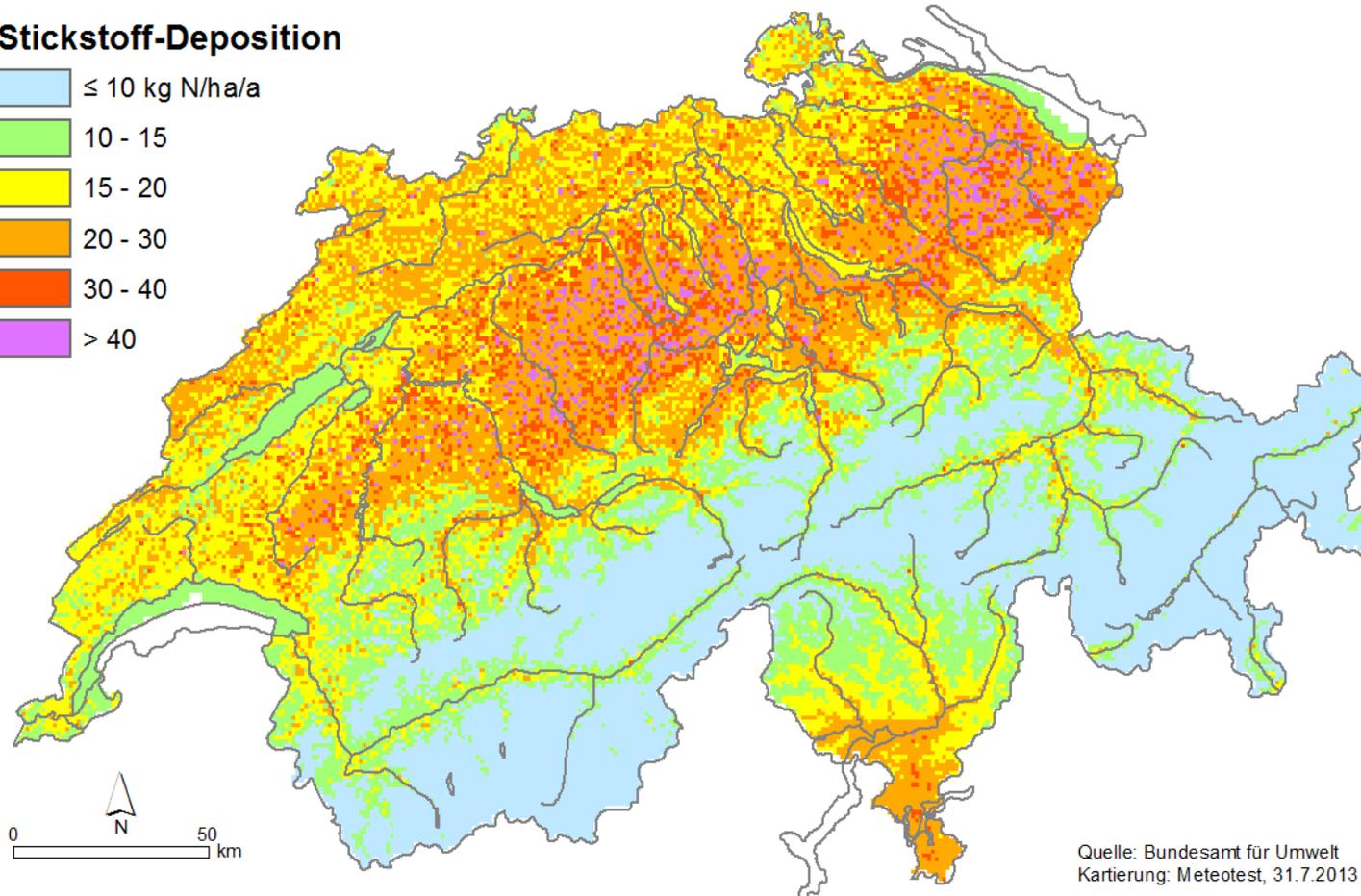
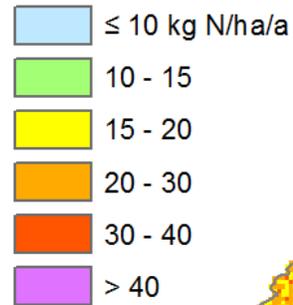
Schwefel	Stickstoff
0,30	1,71

2,01
 $\text{kmol}_c \text{ pro ha Wald}$



Modellierte Stickstoffdeposition in der Schweiz

Stickstoff-Deposition

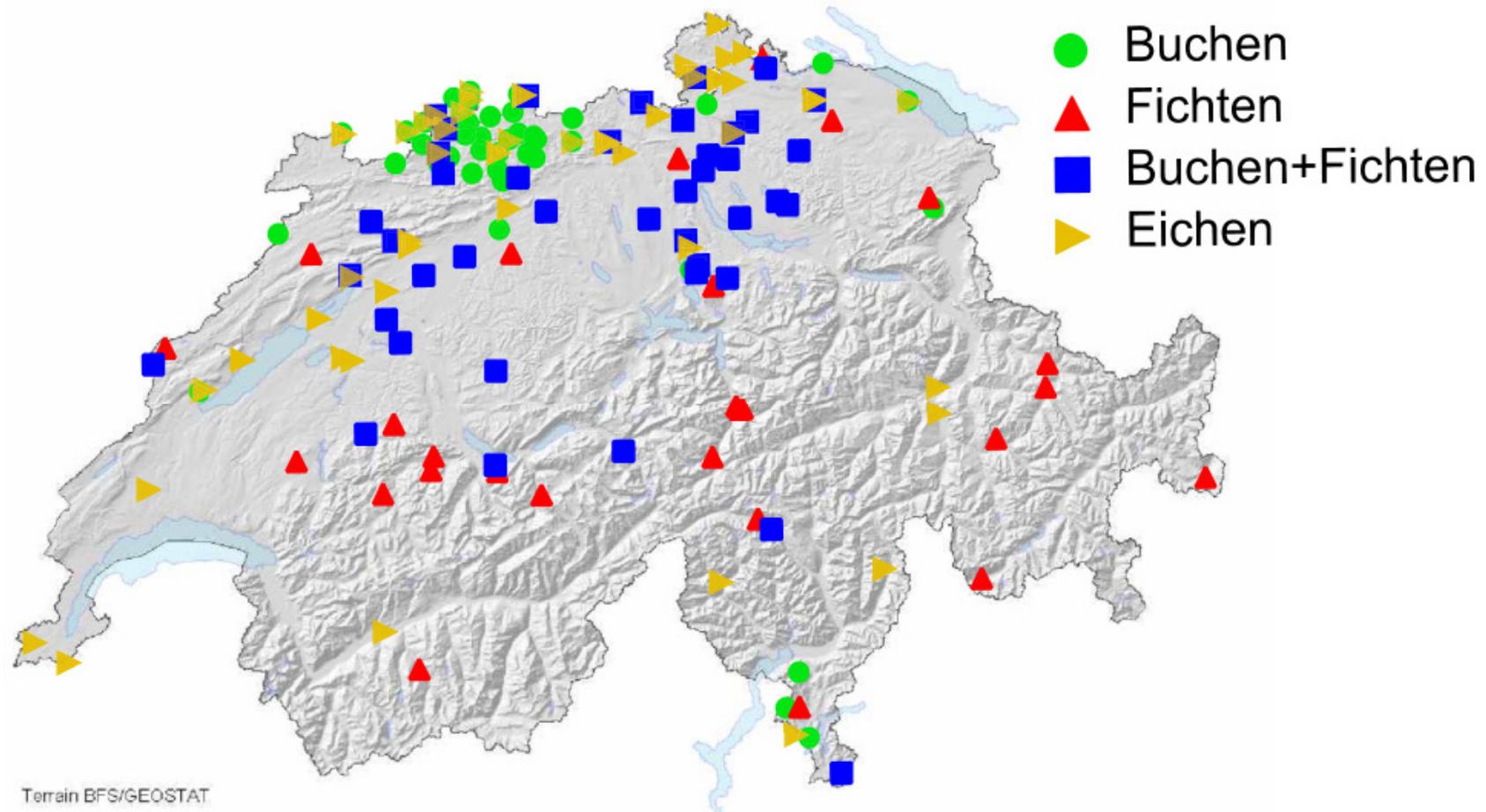


Quelle: Bundesamt für Umwelt
Kartierung: Meteotest, 31.7.2013

Meteotest 2010



Interkantoniales Walddauerbeobachtungsprogramm



Interkantoniales Walddauerbeobachtungsprogramm

- Dauerbeobachtung: Nachweis schleichender Veränderungen
- Experimentelle und epidemiologische Untersuchungen über die Auswirkung von
 - erhöhten Stickstoffbelastungen
 - erhöhten Ozonbelastungen
 - Klimaveränderung
- Ursachenabklärung festgestellter Veränderungen (z.B. P-Mangel, Wachstumsrückgang)
- Mithilfe bei der Evaluation kritischer Belastungsgrenzen (Critical Loads, Critical Levels) für Waldökosysteme im Rahmen der UN/ECE (Working Group on Effects)
- Sicherung der Nachhaltigkeit forstlicher Standortnutzung

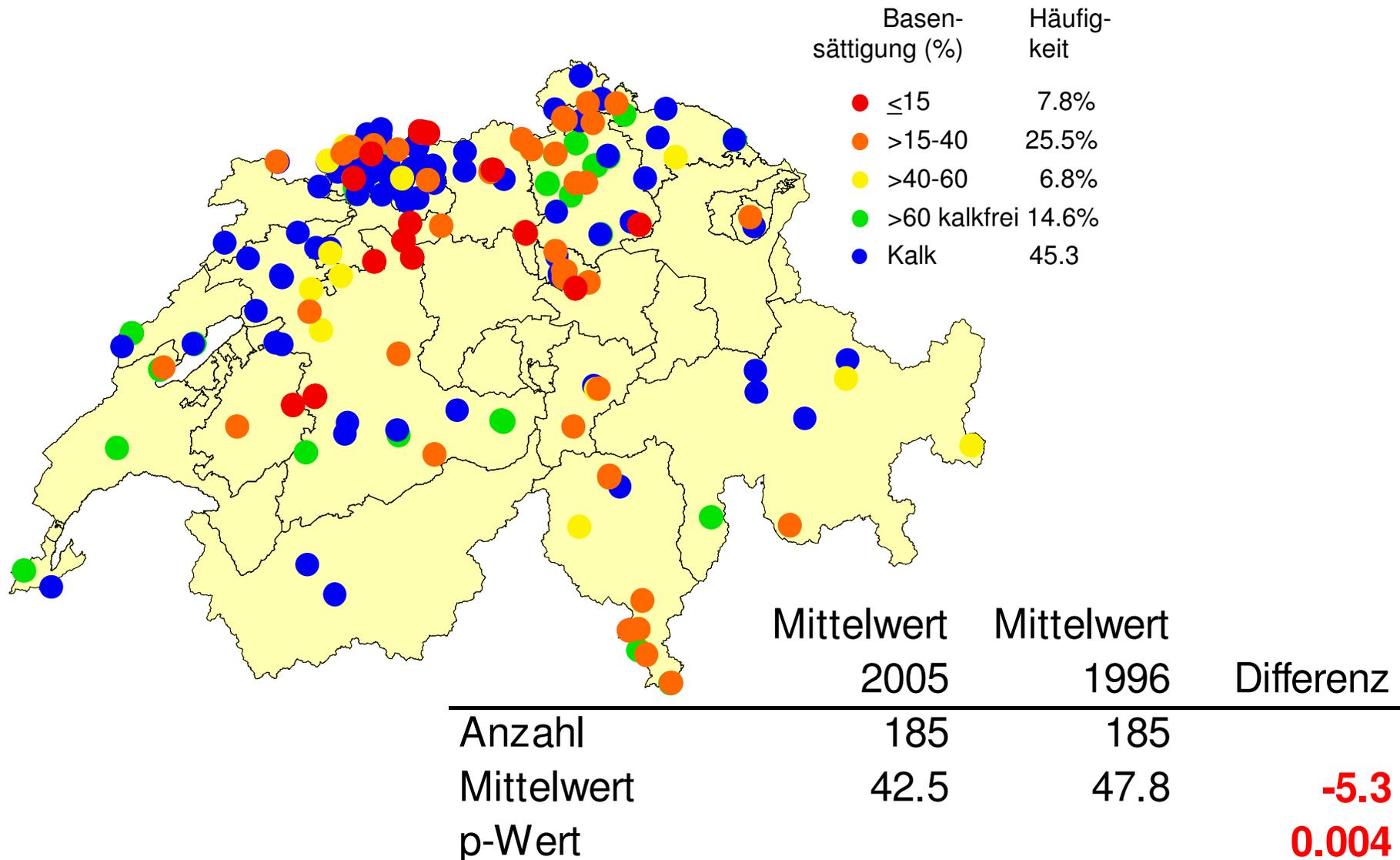


A photograph showing a cross-section of soil. The top layer is dark brown, rich with organic matter like leaves and twigs. Below this, a layer of roots is visible, extending downwards into the soil. The soil itself is a lighter, reddish-brown color, indicating a specific soil type or condition. The text 'Bodenversauerung' is overlaid in the center of the image.

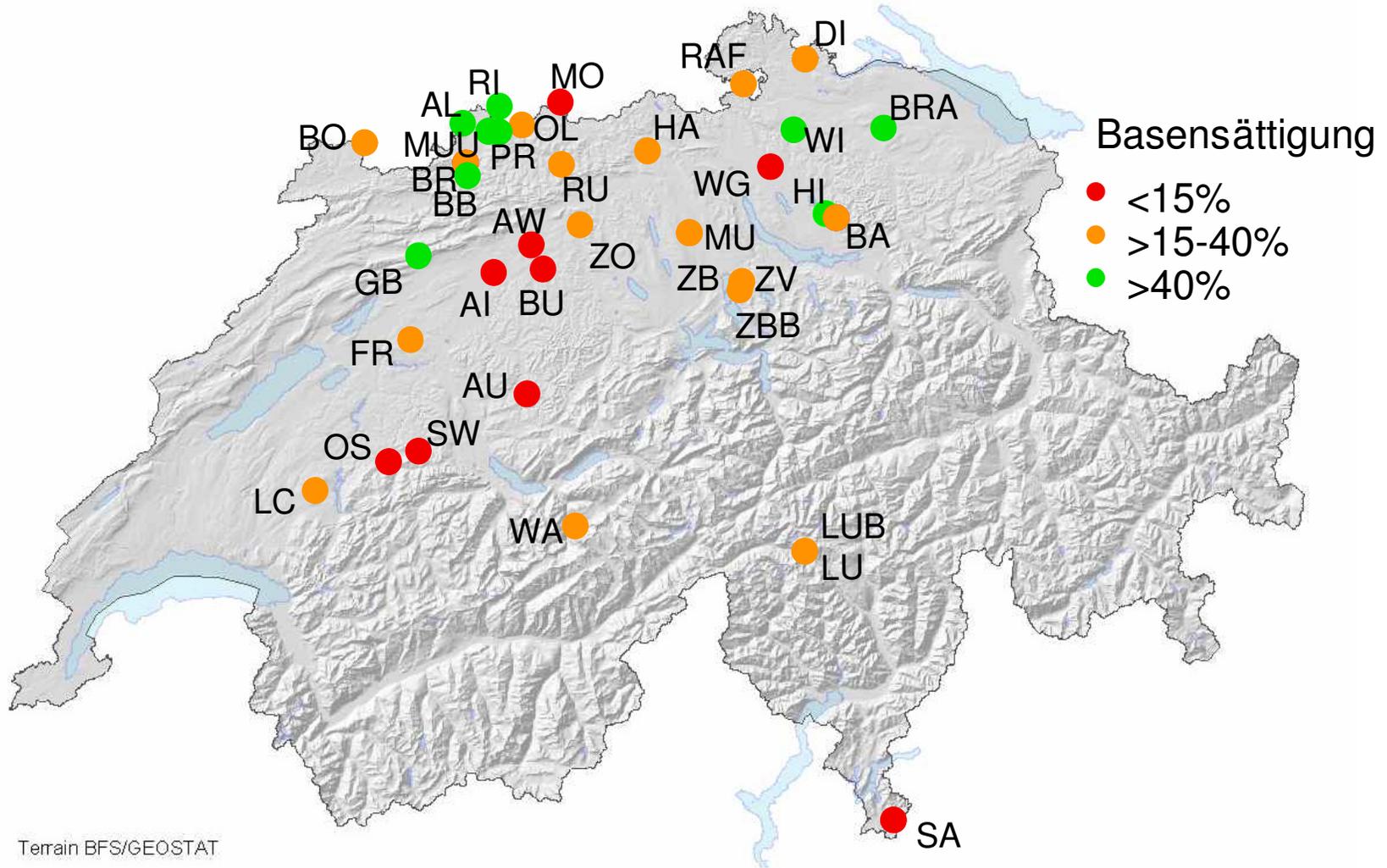
Bodenversauerung

Basensättigung im Boden: Analysenresultate 2005/11

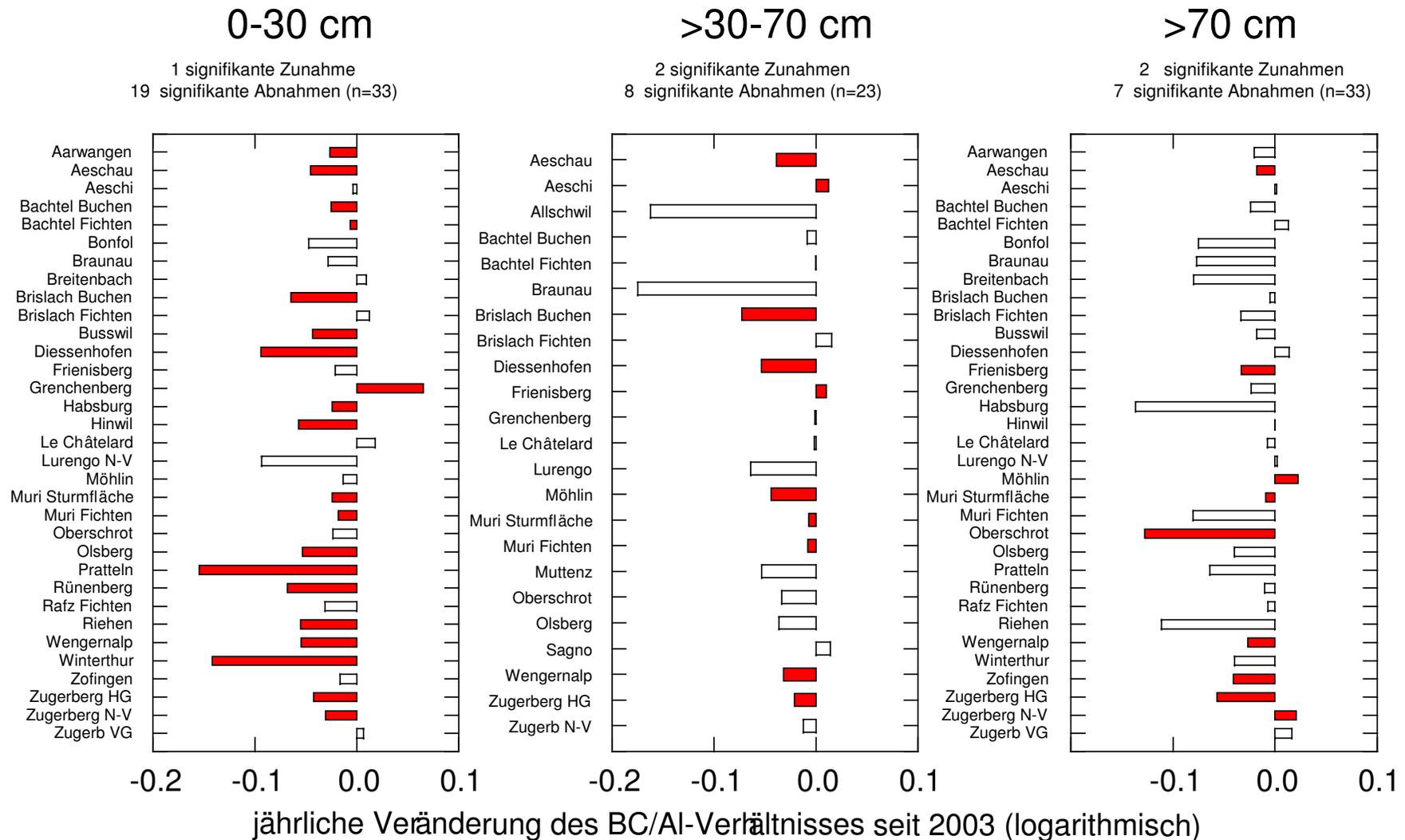
Mittelwert 0-40 cm



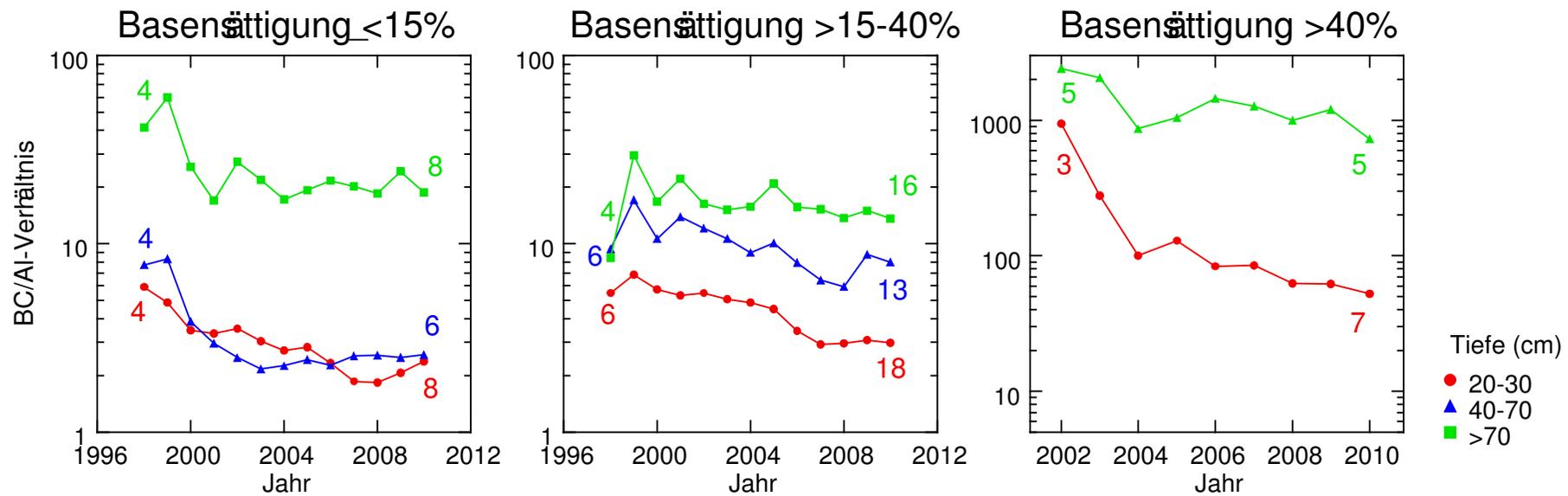
Flächen mit Bodenlösungsmessung



Entwicklung des Verhältnisses zwischen basischen Kationen und Aluminium 2003-2011



Entwicklung des Verhältnisses zwischen basischen Kationen und Aluminium in verschiedenen Böden

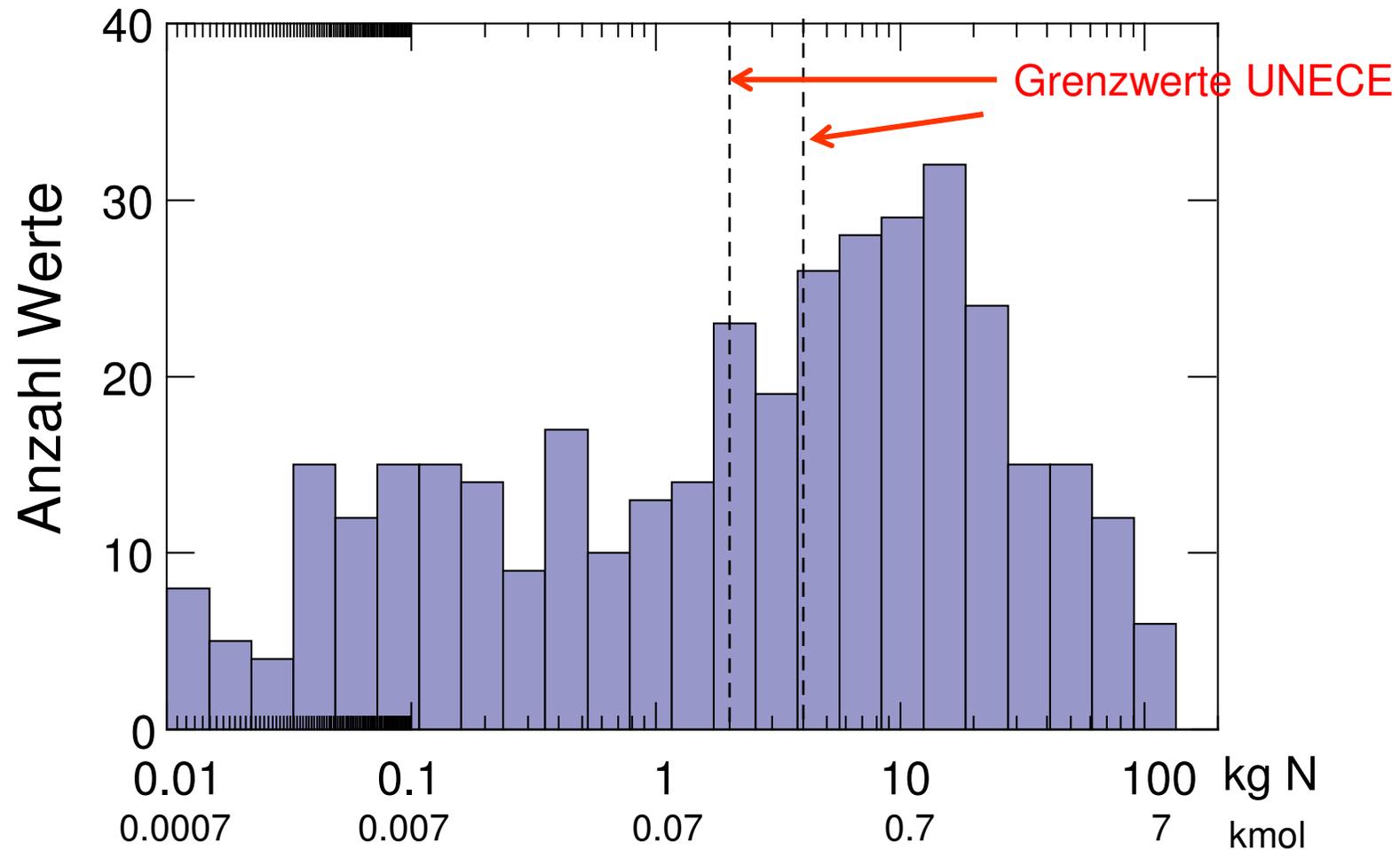


Rolle von Stickstoff bei der Bodenversauerung

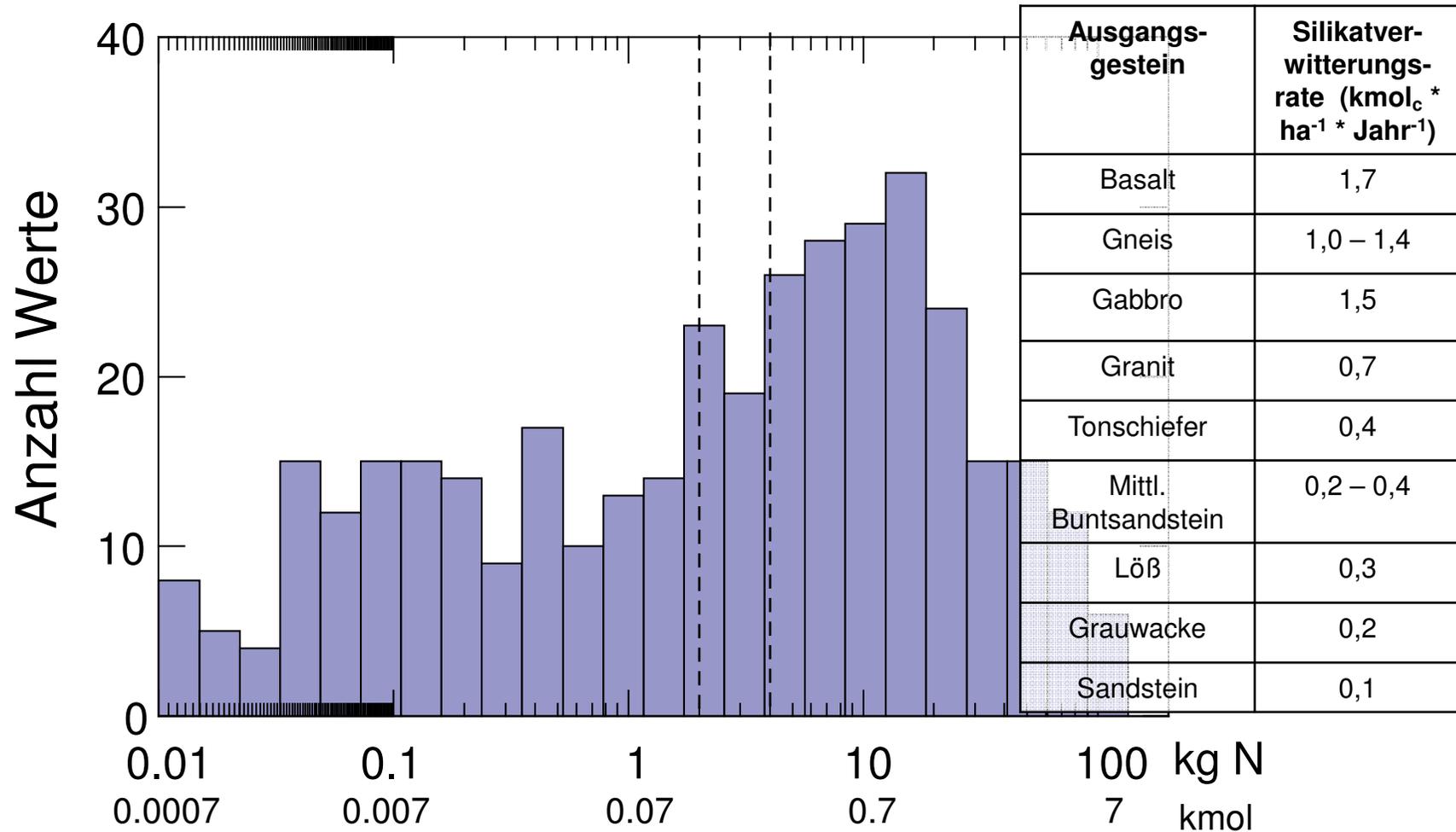
- Oxidierter Stickstoff (NO_x) wirkt direkt sauer.
- Die Umwandlung von Ammonium in Nitrat durch Bodenmikroorganismen (Nitrifikation) setzt Säure frei.
- Nitrat, das den Boden nach unten verlässt, nimmt aus Gründen der Elektroneutralität Kationen mit.



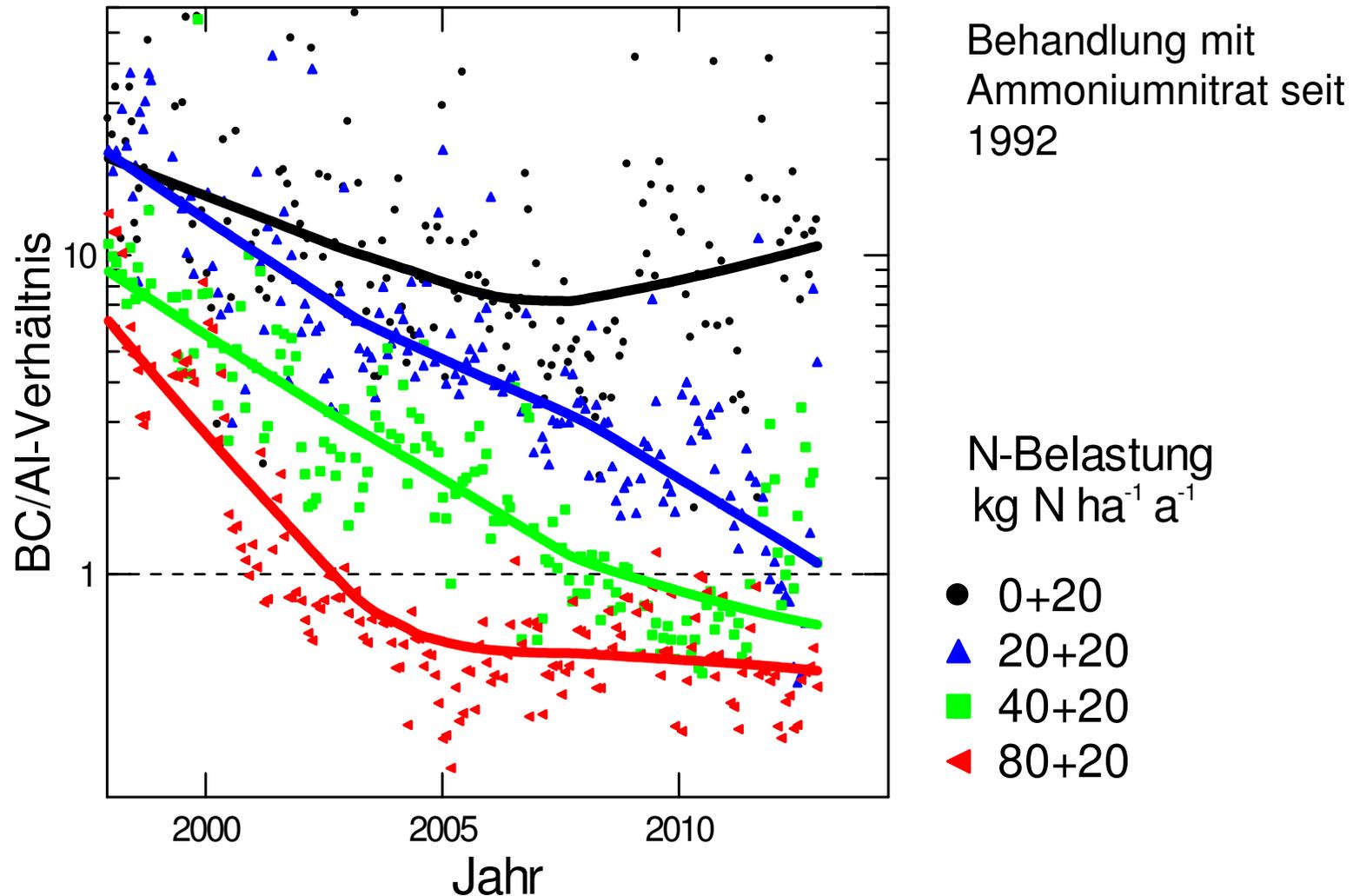
N-Auswaschung pro Hektar und Jahr (2005-2011, 40 Flächen)



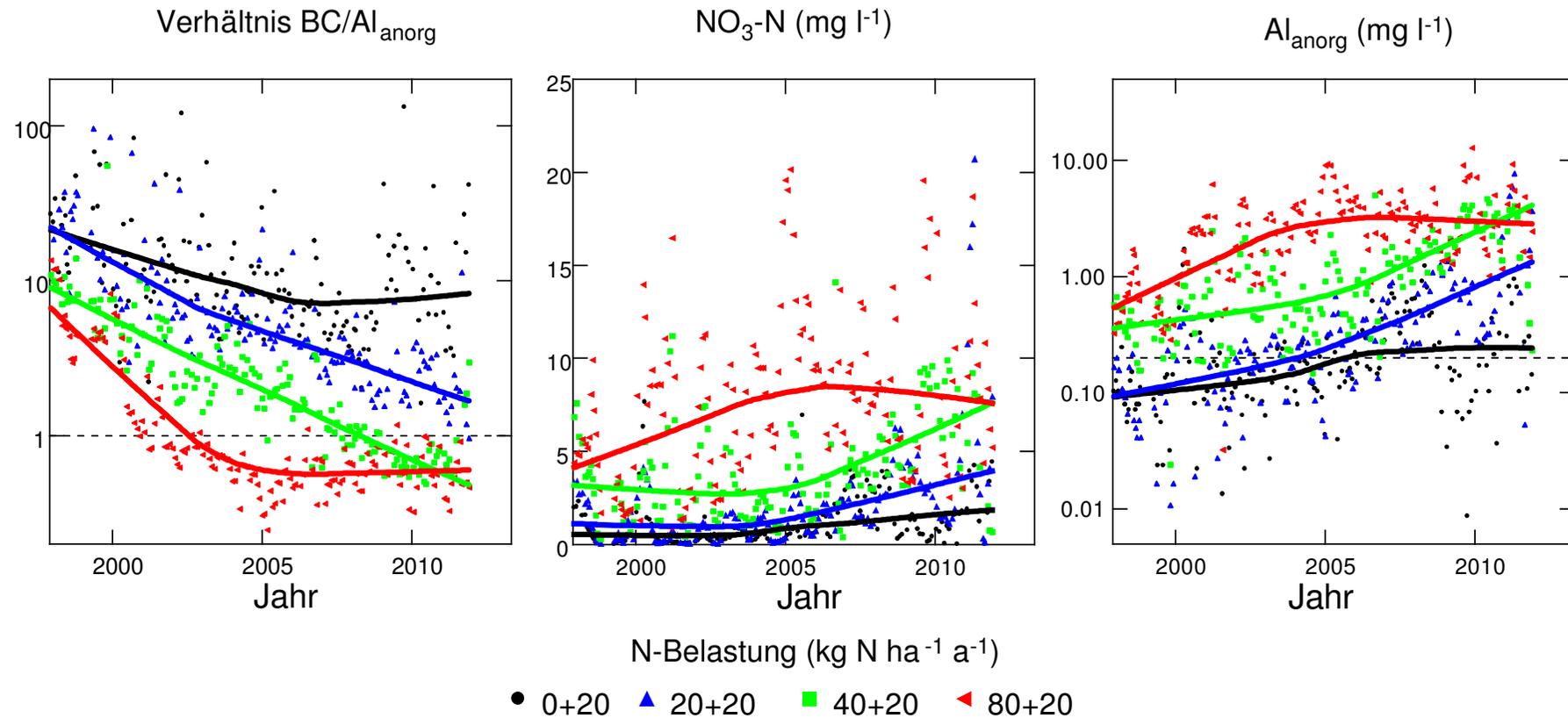
N-Auswaschung pro Hektar und Jahr (2005-2011, 40 Flächen)



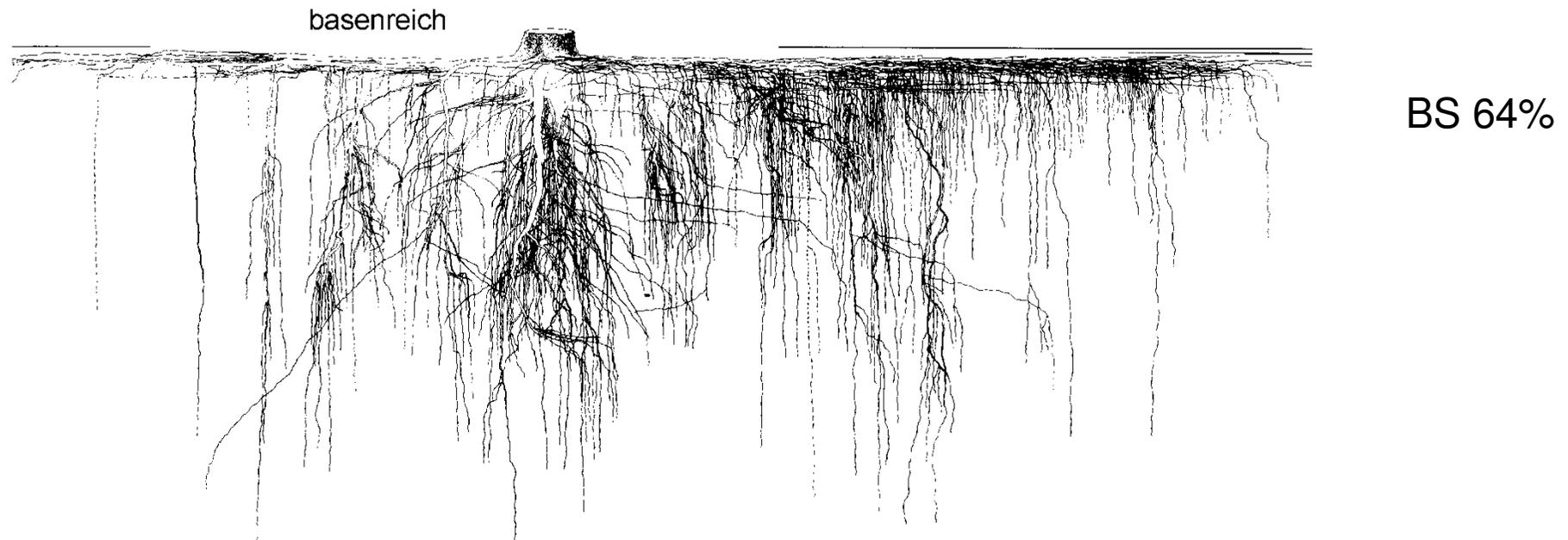
Verhältnis zwischen basischen Kationen und Aluminium im Bodenwasser eines Stickstoff-Düngungsversuchs (Zugerberg)



Verhältnis zwischen basischen Kationen und Aluminium im Bodenwasser eines Stickstoff-Düngungsversuchs (Zugerberg)

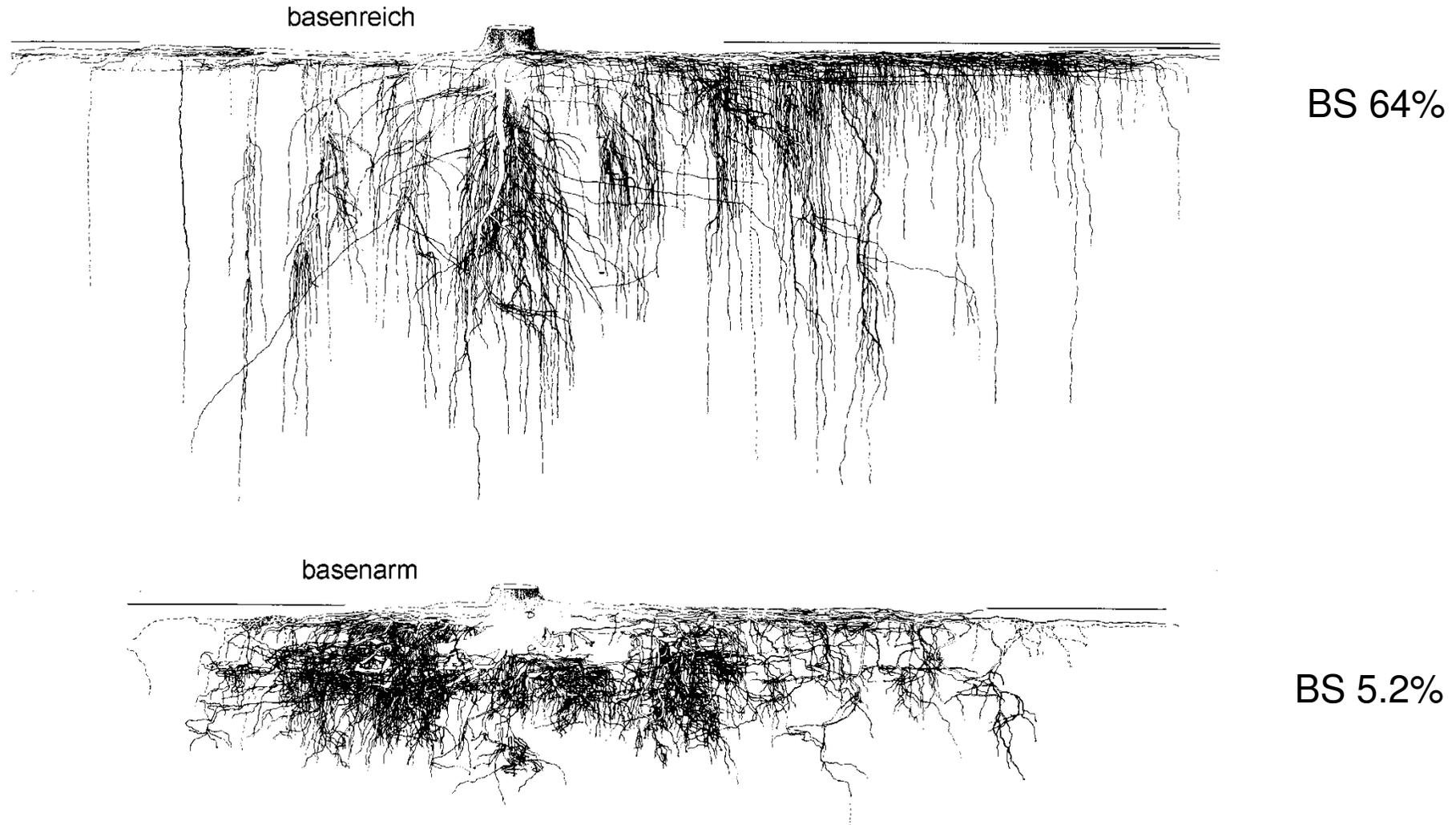


Wurzelsystem einer Fichte auf unversauertem Waldboden Puhe 1994

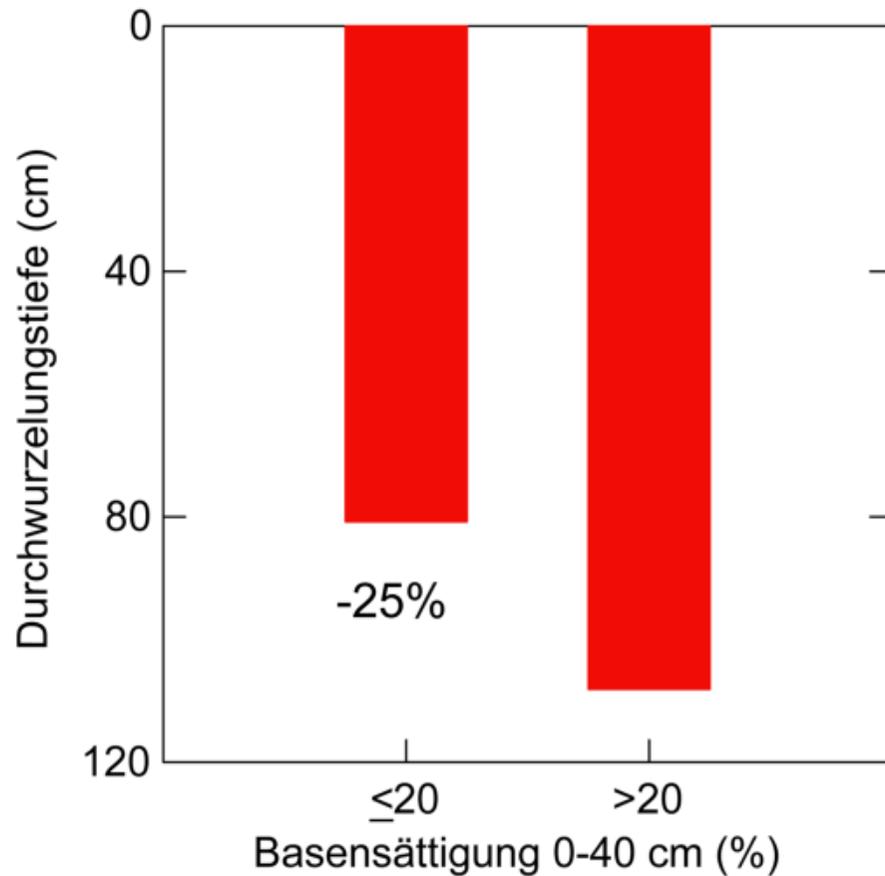


Wurzelsysteme gleichaltriger Fichten auf unversauertem (oben) und versauertem (unten) Waldboden

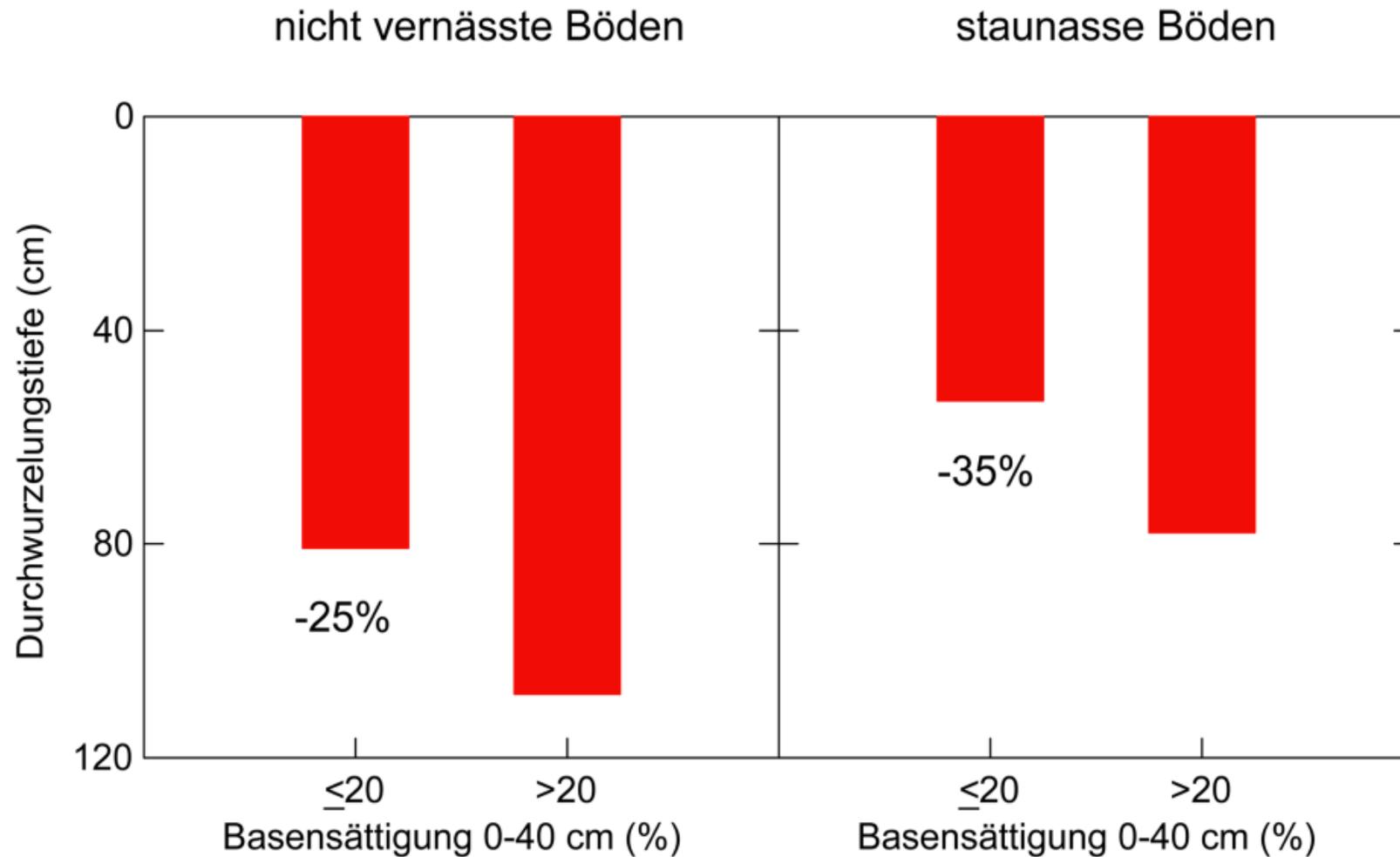
Puhe 1994



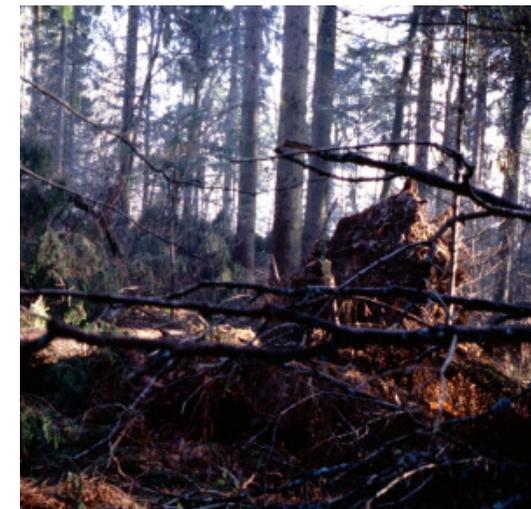
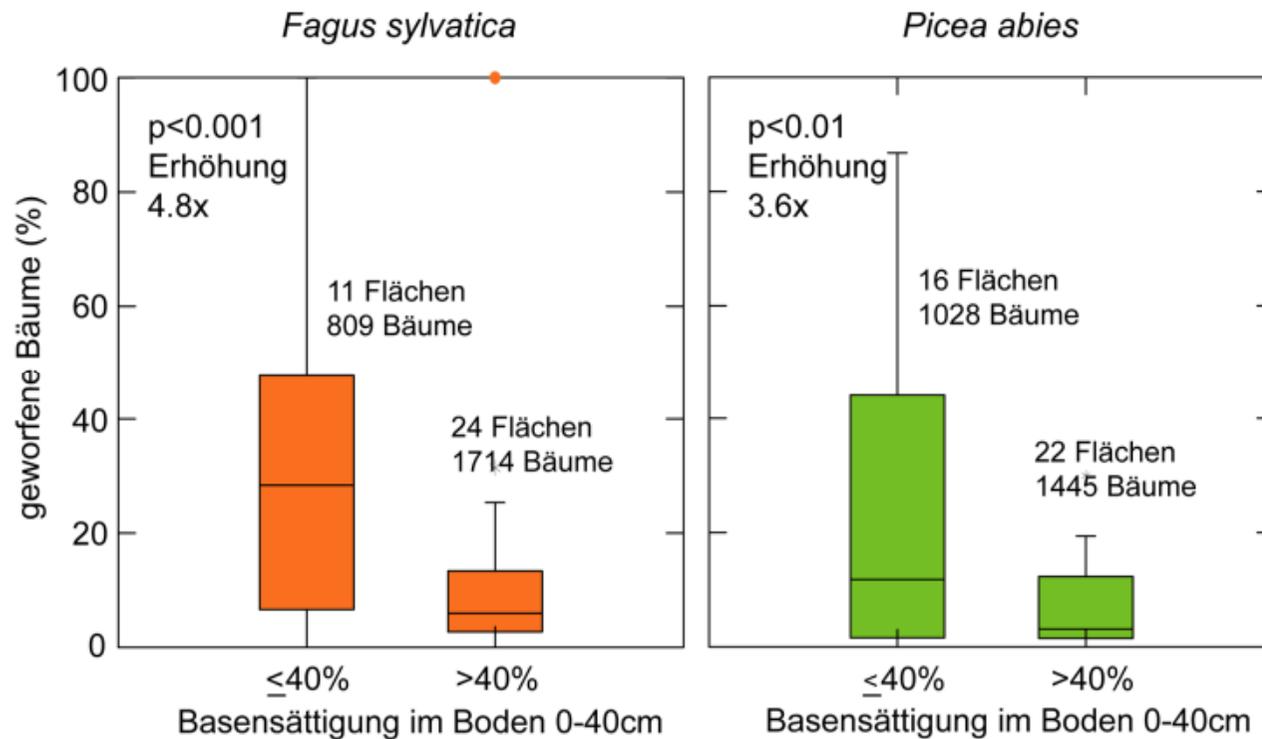
Durchwurzelungstiefe in Bodenprofilen von 128 Walddauerbeobachtungsflächen in Abhängigkeit von der Basensättigung



Durchwurzelungstiefe in Bodenprofilen von 128 Walddauerbeobachtungsflächen in Abhängigkeit von der Basensättigung und der Vernässung



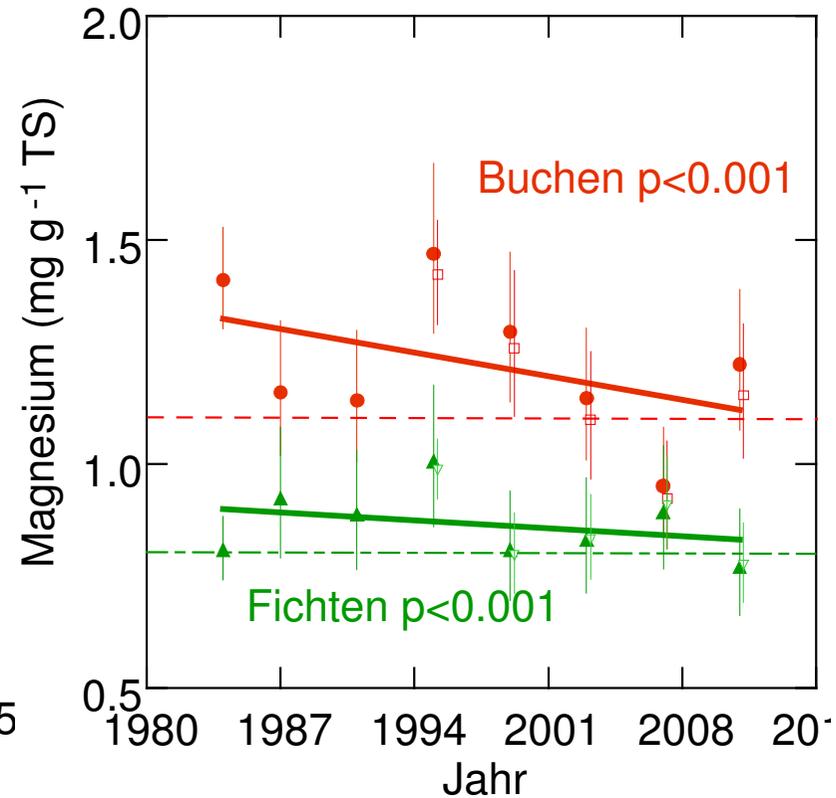
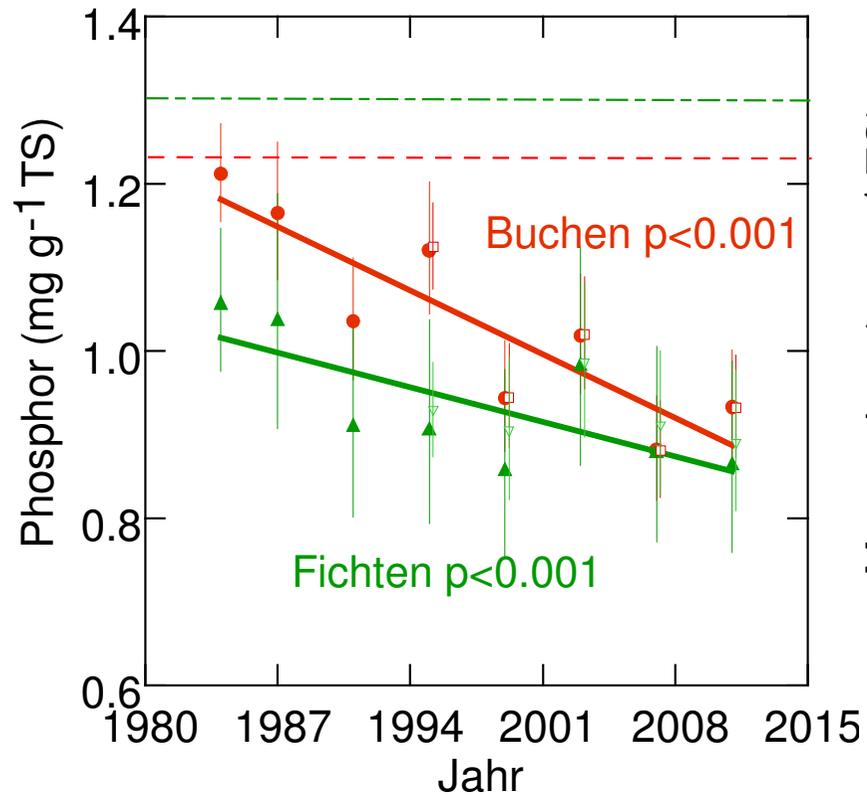
Windwurf in Beobachtungsflächen durch „Lothar“



Nährstoffe: Situation und Entwicklung



Entwicklung der Nährstoffversorgung bei Buchen und Fichten in Schweizer Dauerbeobachtungsflächen



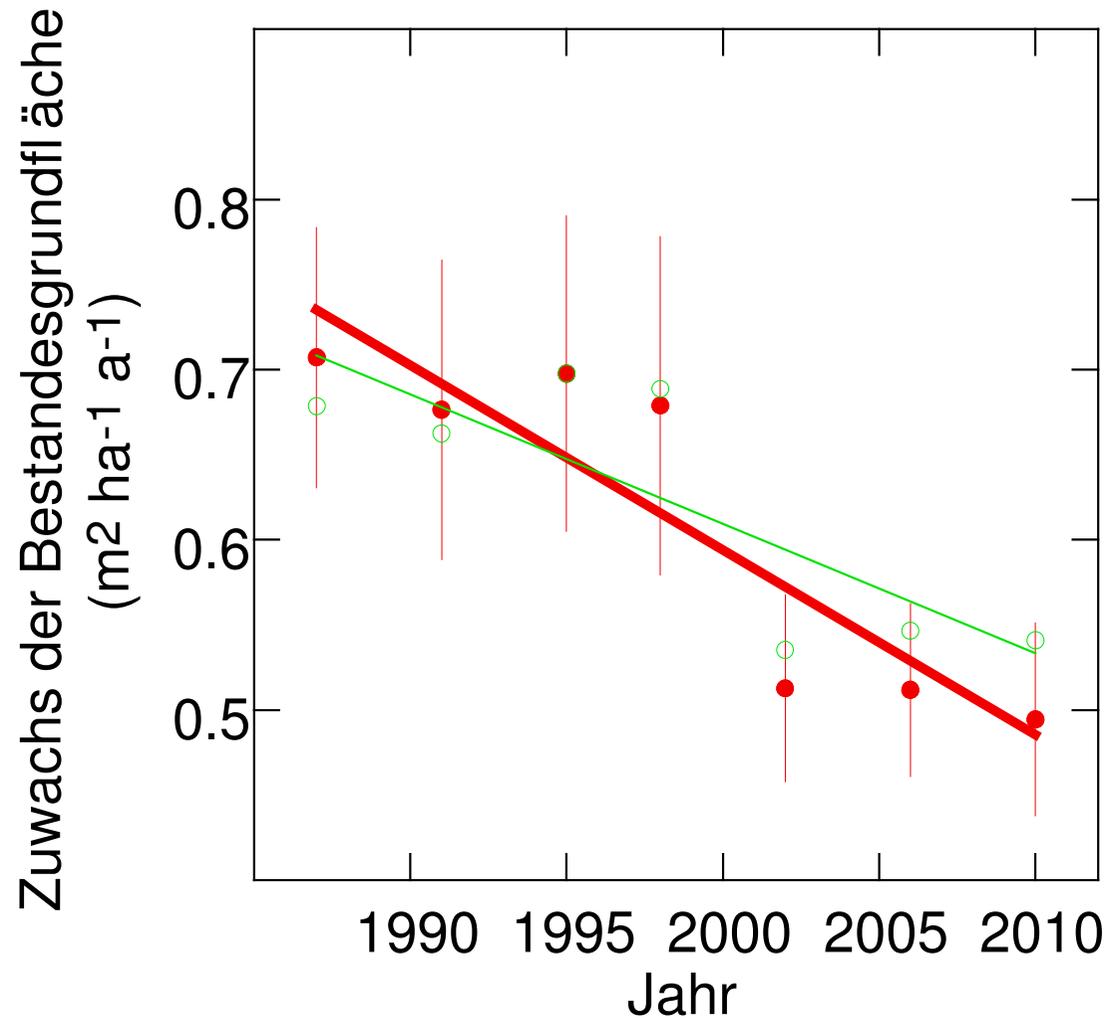
Anzahl Flächen: 82 (konstant ab 1987)



Zuwachs der Bestandesgrundfläche

51 Flächen mit Beobachtung seit 1984

(Buchen, Fichten, Buchen/Fichten gemischt)

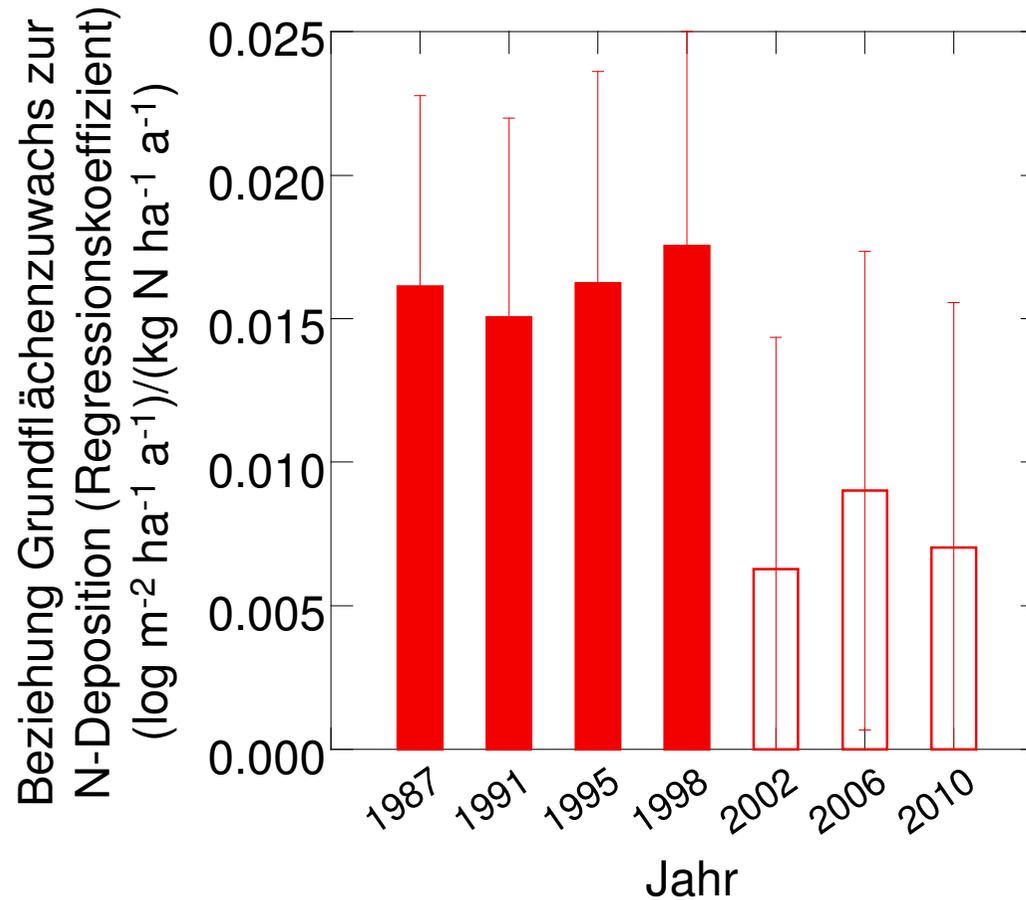


Bestandeswachstum von 51 Buchen- und Fichtenbeständen

Parameter	coef	SE	p-Value
(Intercept)	1.656	1.053	0.1171
log age	-0.726	0.202	0.0007
Eta/Etp	1.046	0.372	0.0052
N Deposition	0.014	0.007	0.0578
N Deposition * time	-0.002	0.000	<.0001



Entwicklung der Beziehung zwischen dem Grundflächenzuwachs und der N-Deposition



Balken=Standardfehler



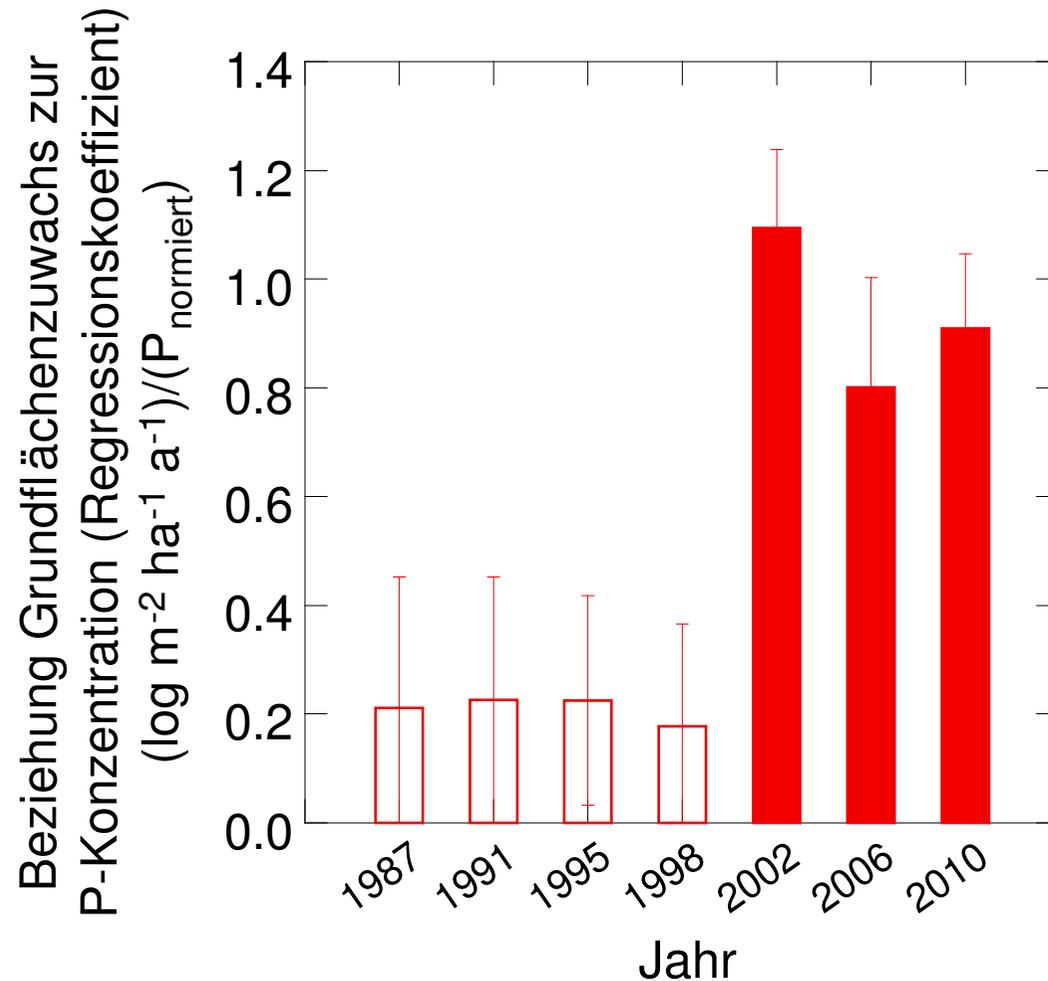
Bestandeswachstum von 51 Buchen- und Fichtenbeständen

Parameter	coef	SE	p-Value
(Intercept)	1.656	1.053	0.1171
log age	-0.726	0.202	0.0007
Eta/Etp	1.046	0.372	0.0052
N Deposition	0.014	0.007	0.0578
N Deposition * time	-0.002	0.000	<.0001

Parameter	coef	SE	p-Value
(Intercept)	1.668	1.094	0.1282
log age	-0.669	0.219	0.0036
Eta/Etp	1.255	0.383	0.0012
P in leaves (normalized)	0.430	0.134	0.0015
P in leaves * time	0.154	0.032	<.0001



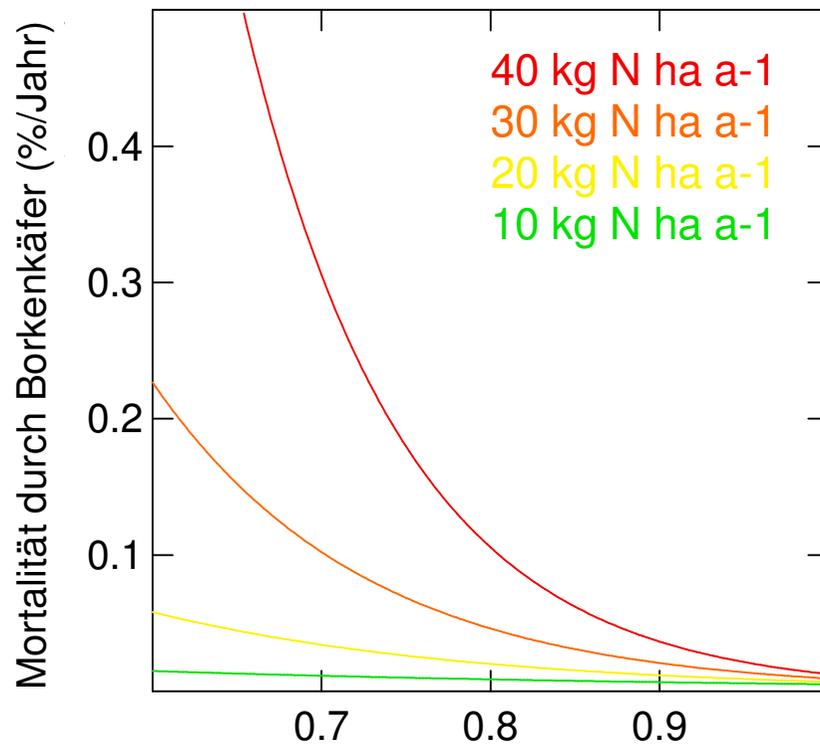
Entwicklung der Beziehung zwischen dem Grundflächenzuwachs und der P-Versorgung



Balken=Standardfehler



Stickstoff und Trockenheit wirken zusammen: Mortalität von Fichten durch Borkenkäfer



Verhältnis zwischen aktueller und potentieller
Evapotranspiration

Logistische Regression für
Mortalität
(function glmer in R, library lme4)
Flächen x Jahre= 1057
Anzahl Beobachtungen: 69'250

	Bark beetle mortality	
	coef.	p-value
(Intercept)	-8.655	0.033
K (≤ 2.8 , > 2.8)	-1.579	0.013
N deposition	0.296	0.057
N deposition * drought	-0.266	0.002



Zusammenfassung

- Die Bodenversauerung ist in den letzten 15 Jahren fortgeschritten.
- Hauptverursacher ist der Eintrag von Stickstoff, vor allem aus der Landwirtschaft.
- Auf versauerten Böden war der Windwurf erhöht.
- Die Versorgung der Waldbäume mit Phosphor hat stark abgenommen.
- Der Stammzuwachs hat seit der Jahrtausendwende abgenommen. Die anfängliche Beziehung zwischen Stammzuwachs und Stickstoffdeposition ist einer Beziehung mit Phosphor gewichen.



A photograph of a helicopter in flight, lifting a person from a tree. The helicopter is positioned in the upper center of the frame, with a person suspended by a rope below it. The background is a bright blue sky with a prominent lens flare on the right side. The foreground is filled with the green foliage of trees.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!!

Dank geht auch an:
Kantonsforstämter der Kantone AG, BE, BL, BS, FR, SO, TG, ZH und ZG
sowie das Bundesamt für Umwelt (BAFU)