

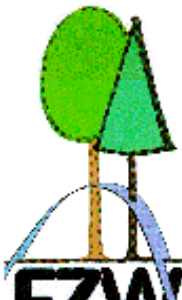
Grenzen der Nachhaltigkeit bei der Ressource Boden



Beitrag zur Tagung "Steuerungs- und Kommunikationsinstrumente für eine nachhaltige Forstwirtschaft", 11.03.2003, Osnabrück



Michael Bredemeier, Hubert Schulte-Bisping, Friedrich Beese;
Forschungszentrum Waldökosysteme der Universität Göttingen



FORSTLICHE RESSOURCEN	GESUNDHEIT UND VITALITÄT	PRODUKTIONS-FUNKTION	BIOLOGISCHE DIVERSITÄT	SCHUTZ-FUNKTIONEN	SOZIO-ÖKONOMISCHE FUNKTIONEN
Waldfläche nach Waldgesellschaften	Deposition aus der Luft	Zuwachs und Nutzung	Baumarten-zusammensetzung	Schutzwälder (Boden, Wasser)	Eigentümerstruktur
Holzvorrat	chem. Bodenzustand	Rundholz (Wert und Menge)	Anteile versch. Verjüngungstypen	Schutzwälder (Klima, Lärm, Immissionen, Sicht)	Anteil am Brutto-Inlandsprodukt
Alters- bzw. Durchmesserstruktur	Nadel-/Blattverluste	Nichtholzprodukte (Wert und Menge)	Naturnähe der Wälder		Reinertrag der Forstbetriebe
Kohlenstoffvorrat	Waldschäden (abiotisch, biotisch; Bewirtschaftung)	vermarktungsfähige Dienstleistungen	Anbaufläche fremdl. Baumarten		Investitionen in die Forstwirtschaft
		Fläche mit FE-Planung	Totholz (Vorrat stehend / liegend)		Beschäftigte in der Forstwirtschaft
			Genressourcen		Arbeitsunfälle im Wald
			Landschaftsdiversität		Holzverbrauch pro Kopf
			Anzahl gefährdeter Waldarten		Holzhandel (Import Export)
			Vorrangflächen Naturschutz		Energiegewinnung aus Holz
					Recyclingrate für Papierprodukte
					Erholungswald
					Kultur- und Naturdenkmale

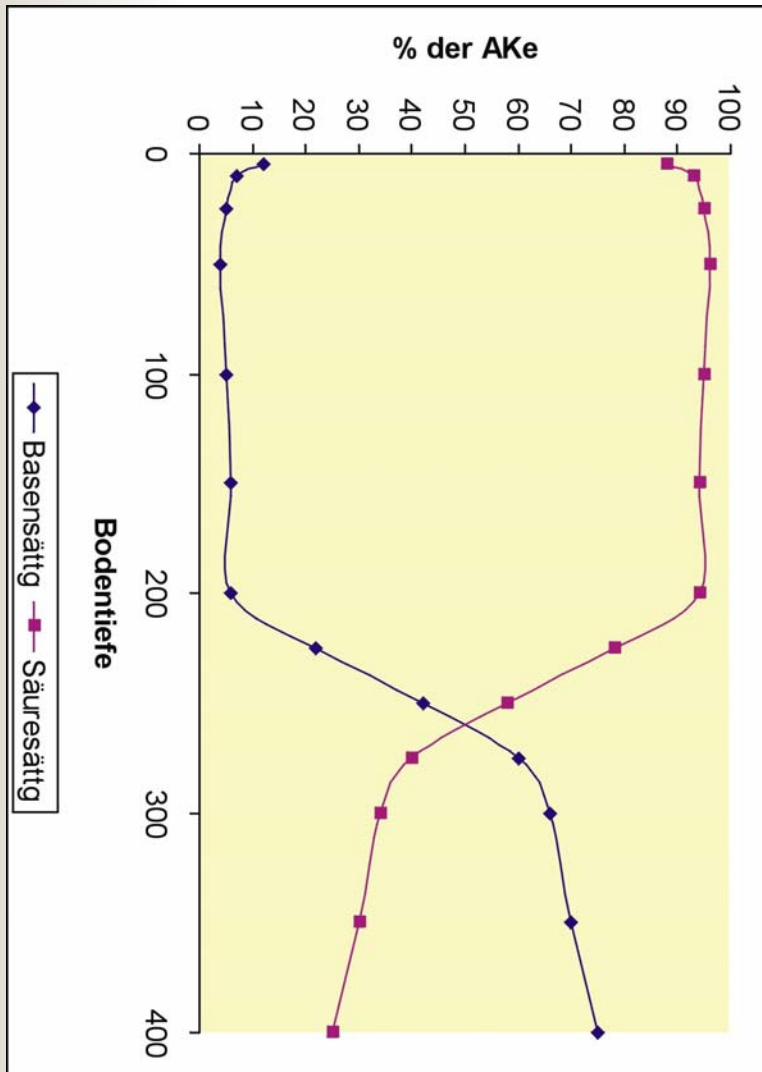
Grenzen der Nachhaltigkeit bei der Ressource Boden - Übersicht

- Die **Regelungsfunktion**: zentrale Bedeutung des Waldbodens
- Überschreitung der Nachhaltigkeitsgrenze
 - Physikalische Degradation: Erosion (Bodenverlust), **Bodenverdichtung**
 - Chemische Degradation: Versalzung und Kontamination, **Versauerung und Nährstoffverarmung**
- Der Kritikalitätsansatz zur Gruppierung und Bewertung von Indikatoren
- Folgerungen und Empfehlungen

Bedeutendste Aspekte der Regelungsfunktion von Waldböden

- Nährstoffversorgung und Säure/Base-Pufferreaktionen
- Kopplung von Ionen- und Nährstoffkreisläufen
- Wasserhaltekapazität und –versorgung, Luft
- Quantität und Qualität der Trinkwasserressource
- Bodenschutz, insbesondere Erosionsschutz
- Bindung von Kohlenstoff und Stickstoff
 - Potential der Langzeit-Senke für C
 - Verhinderung der N-Auswaschung
- Bindung und Festlegung toxischer Stoffe (z.B. Schwermetalle, persistente Organika)

Eine tiefreichende Versauerungsfront im Waldboden (Fichte, Solling)



- Bodenversauerung ist die Folge von:
 - humidem Klima und Vegetationsbedeckung
 - natürlichen Ökosystemstörungen
 - menschlicher Nutzungsgeschichte
 - Anthropogener saurer Deposition
- Sie bedeutet eine erhebliche Einschränkung der Regelungsfunktion des Waldbodens hinsichtlich Pufferung und Nährstoffversorgung



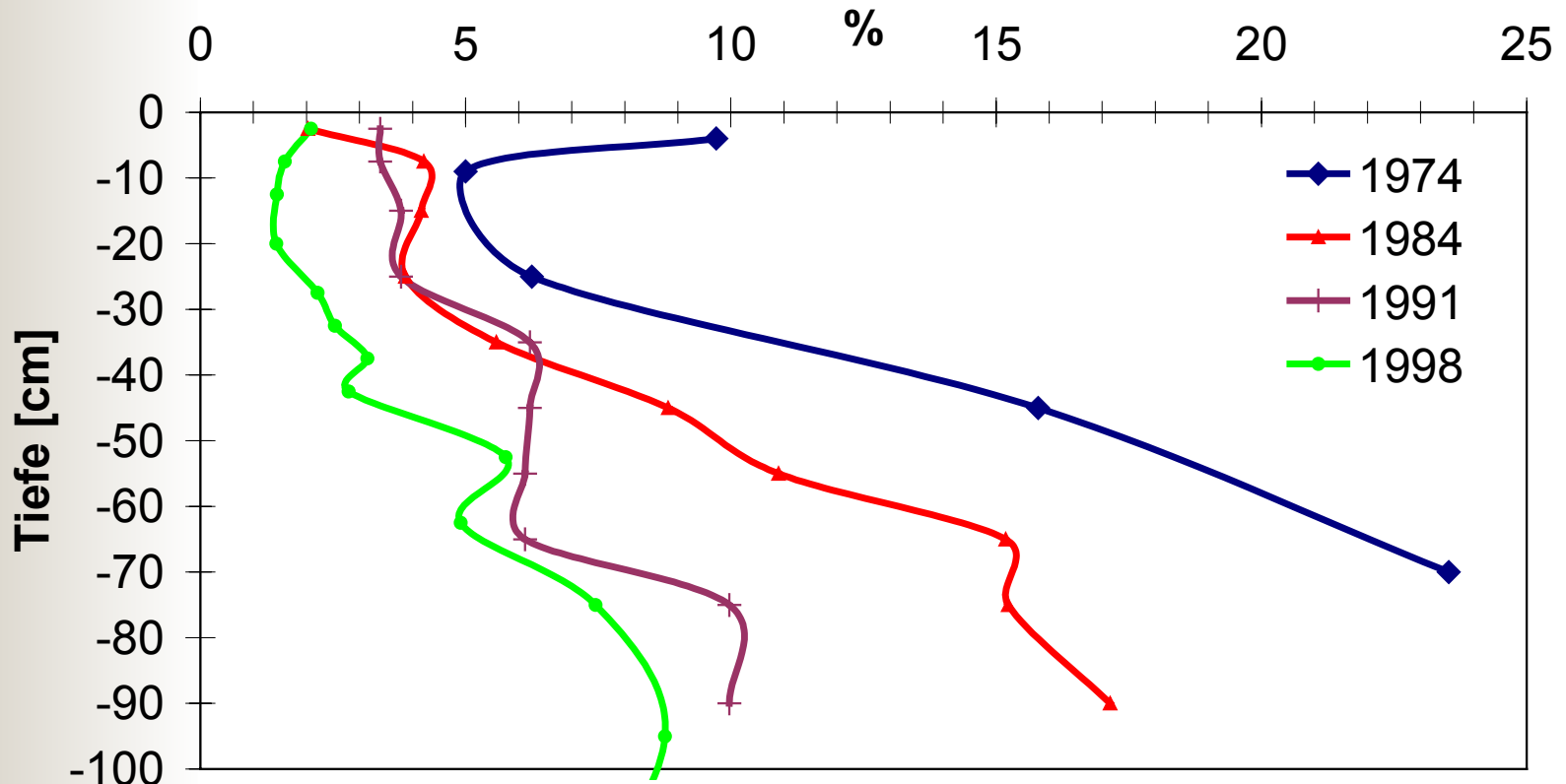
Historische Übernutzung und Degradation der Waldböden

- Streunutzung
- Verlichtung/Entwaldung
- Waldweide
- Schneiteln u.a.m.



Entwicklung der Basensättigung am Standort Lange Bramke, Nordhang (Harz)

Basensättigung



Meesenburg, NFV Göttingen, unveröff.

Matrix Kriterien / Kritikalität für die Zuordnung von Indikatoren

	Kritische Einträge	Kritische Eingriffe	Kritische Zustände	Kritische Austräge
Ressourcen				
Vitalität	<ul style="list-style-type: none"> ■ Indikator 1 ■ Indikator 2 ■ ... 			
Produktion				
Biodiversität				
Schutzfkt.				
Sozioökonomie				

Kritikalitäts-Indikation für den Sektor **Einträge**

	Einträge
Kriterien	Immission und Deposition von Nähr- und Schadstoffen (gasförmig, flüssig, fest) Verwitterung von Mineralen; Bestandesniederschlag
Indikatoren	Gaskonzentrationen: SO ₂ , NO _x , NH ₃ , O ₃ Summe der Einträge/Jahr(zehnt): H, NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , N _{org} , S, Mg, Ca Schwermetalle (Cd, Cu, Pb, Zn) und POPs; Silikatverwitterung
Maßeinheiten	Veränderung/Jahr(zehnt): (k)g ha ⁻¹ a ⁻¹ , kmol _c ha ⁻¹ a ⁻¹ , ppbh
Grenzwerte	5-15 kg N ha ⁻¹ a ⁻¹ ; 30 kg S ha ⁻¹ a ⁻¹ (standort- und baumartenspezifisch) 200 µg NO ₂ /m ³ ; 80-180 µg SO ₂ /m ³ (Median) 200 (65) µg O ₃ /m ³ h (24h); AOT40: 10 ppmh
Datenquelle	<i>UNECE: Critical Loads & Critical Levels (LRTAP-Konvention)</i> <i>WHO Guidelines (1996), EURL 96/62/EEC, 22. BImSchV (1993), VDI 2310</i> <i>Level II</i>

Kritikalität Einträge

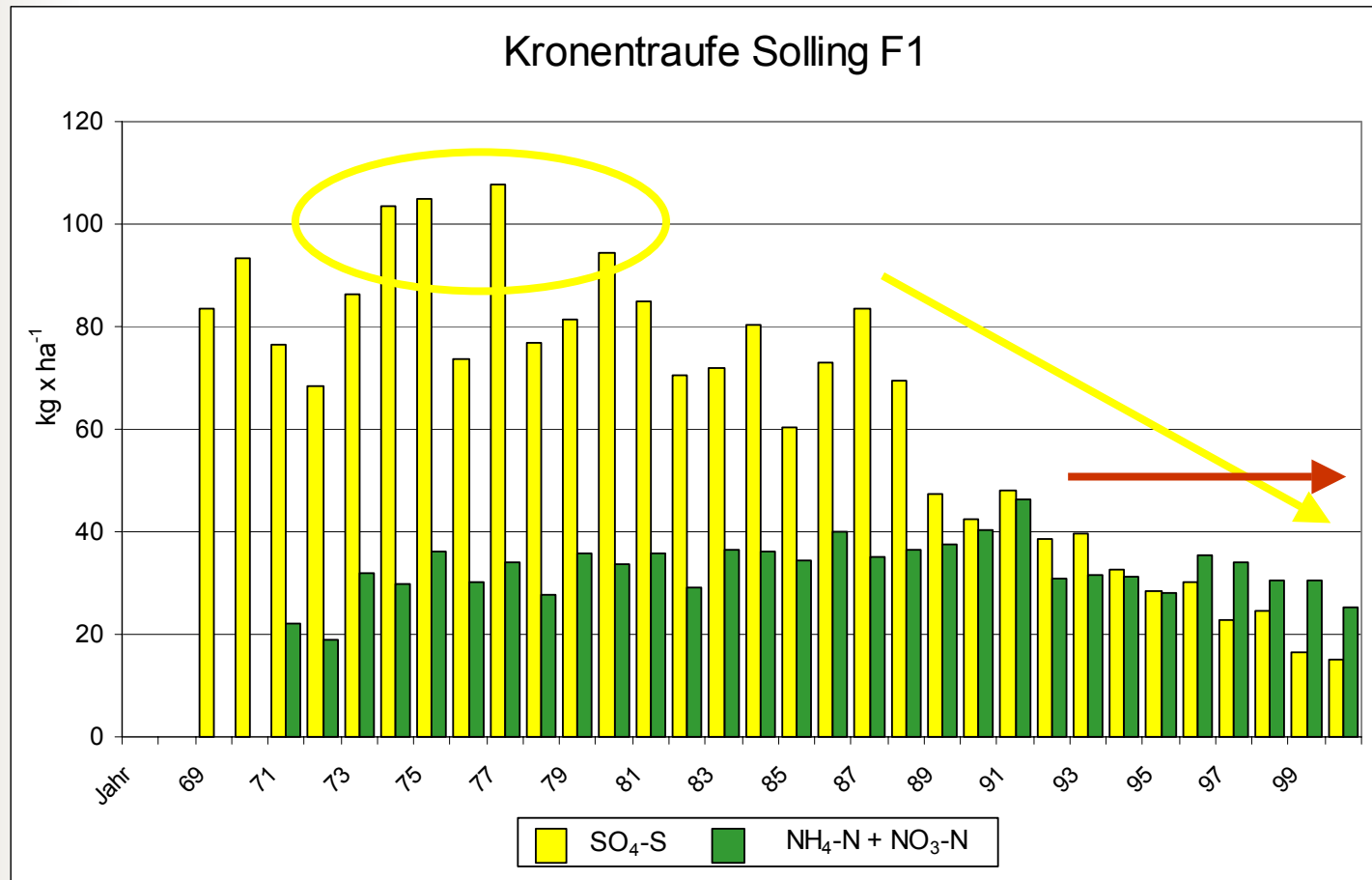
(Spitzenkonzentrationen der Immissionen,
akute Toxizitäten) >

N- und Nährstoffkationen-Einträge >

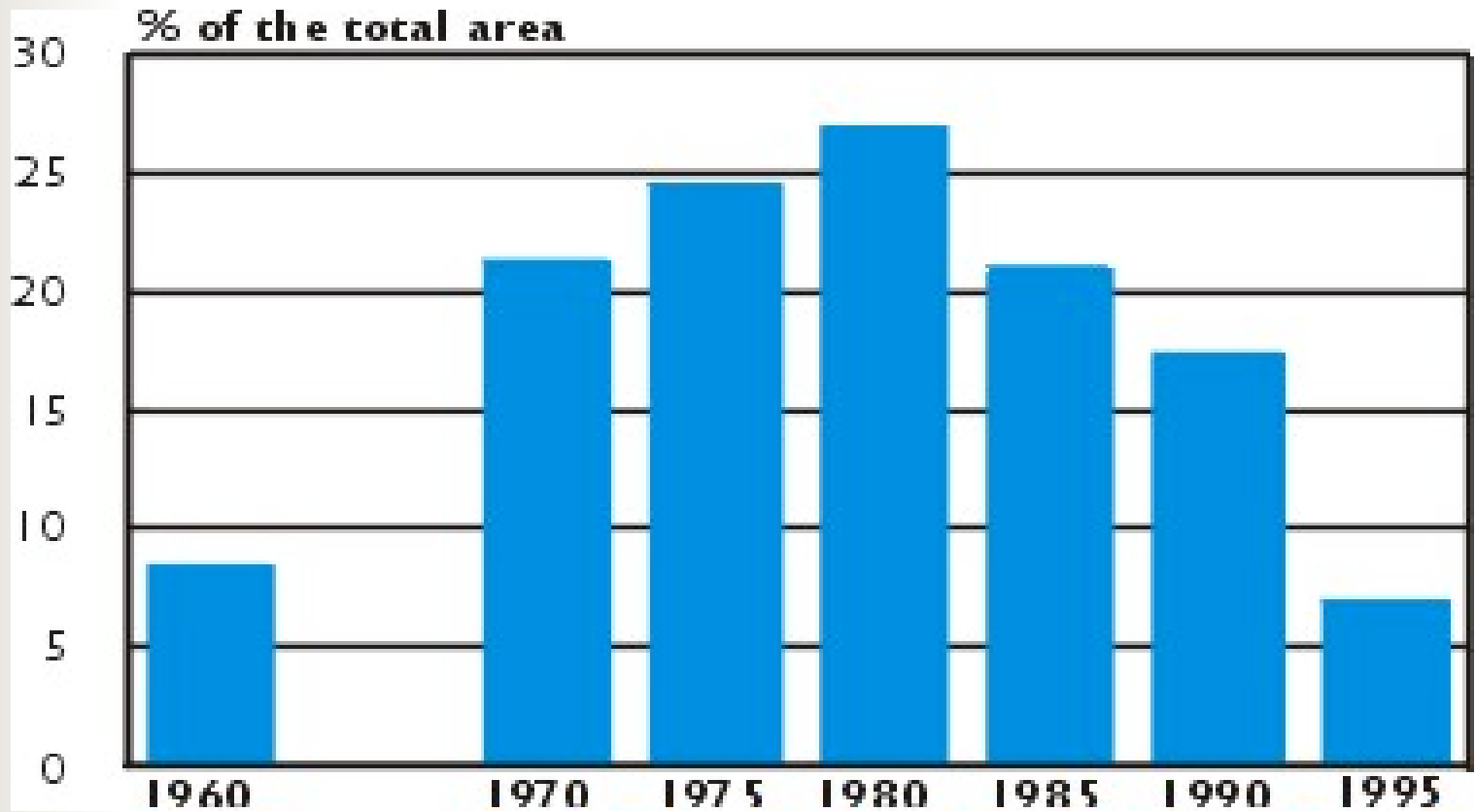
Säuredeposition >

Standörtliche Mineralverwitterungsrate

Langzeitmeßreihen der Schwefel- und Stickstoffeinträge in einem Fichtenaltbestand im Solling



Aktueller Rückgang der Überschreitung kritischer Einträge (Beispieldaten Finnland)

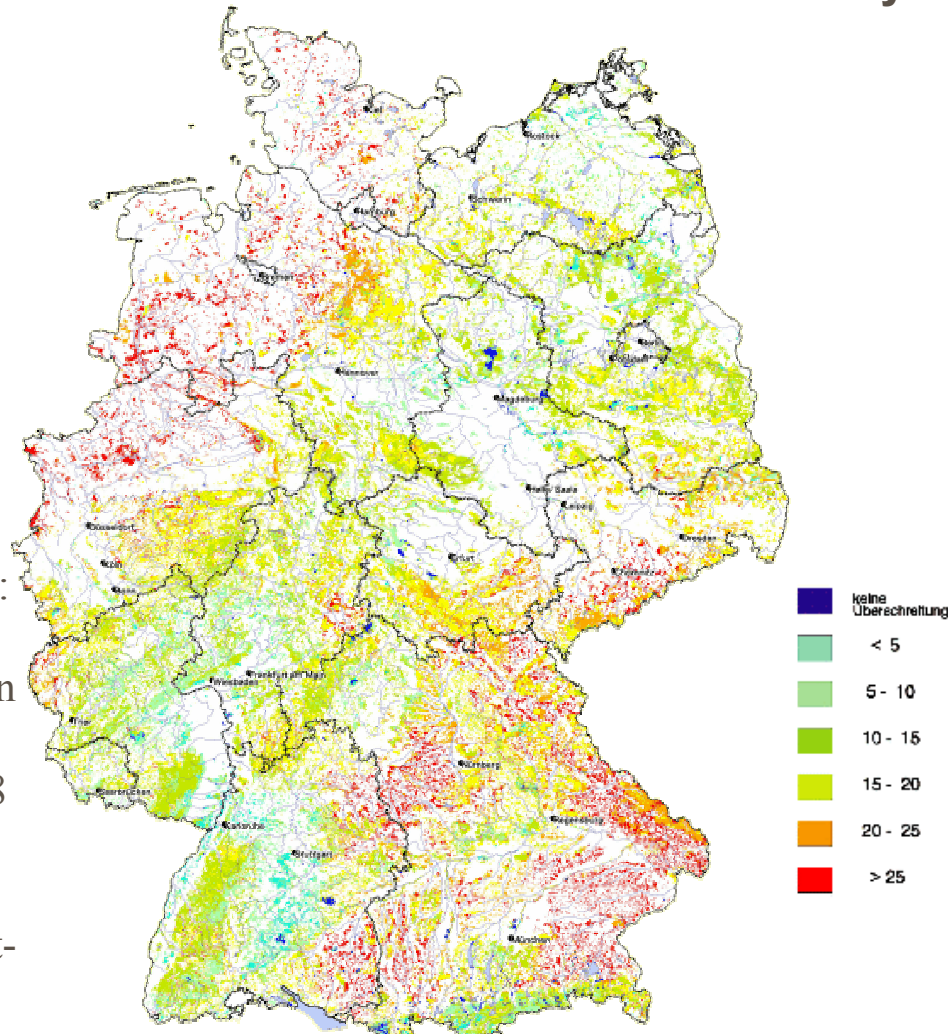


Indicator 3.2. Areas exceeding the critical sulphur load 1960-95 (percentage of Finland's forest and lake areas). Source: Re-drawn from Johansson 1999: Integrated models for the assessment of air pollution control requirements. Monographs of the Boreal Environment Research 13

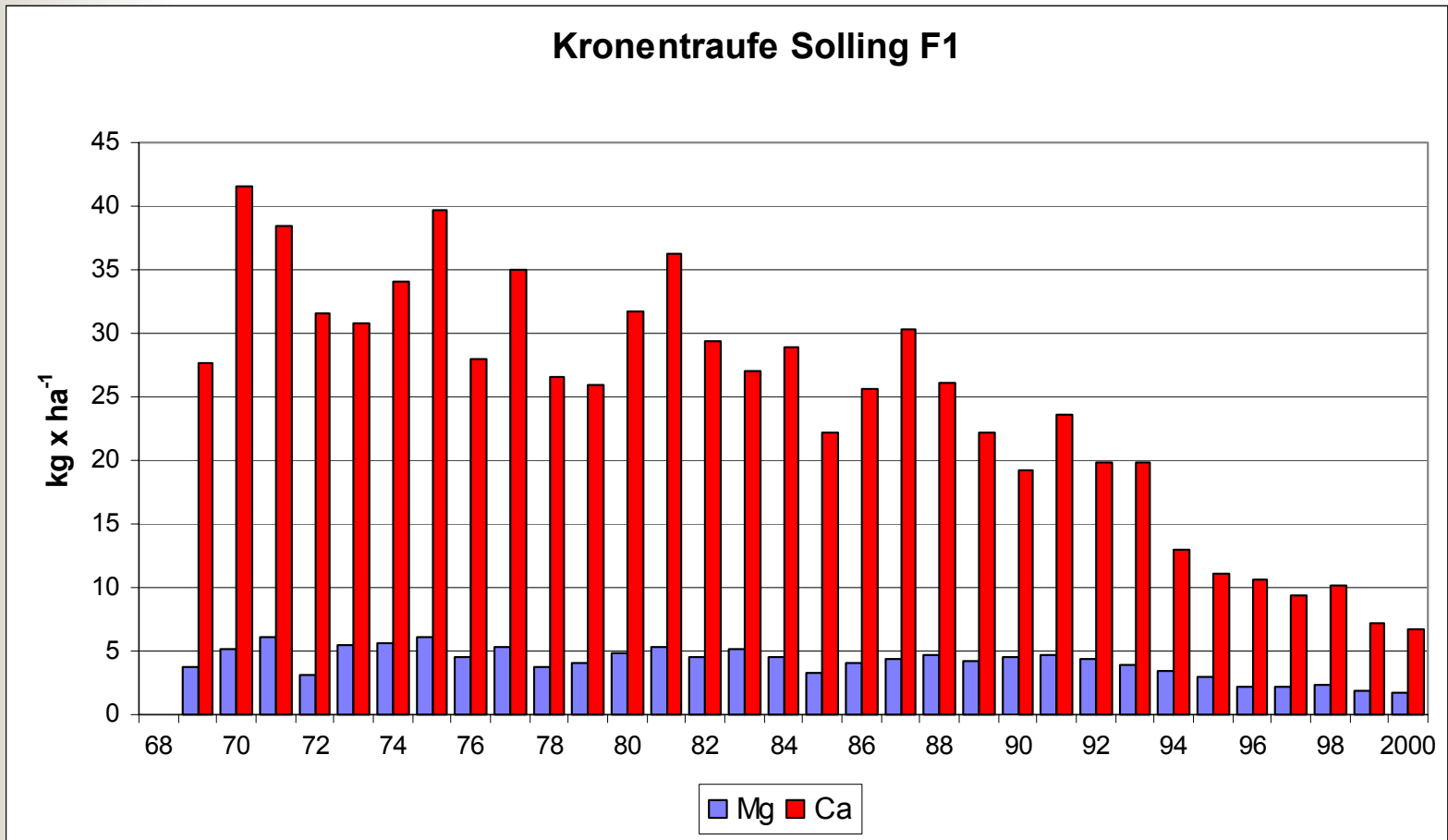
Überschreitung der Critical Loads Stickstoff durch die Stickstoffgesamtdeposition 1995 [kg N ha⁻¹ a⁻¹] Rezeptor: Wälder und naturnahe waldfreie Ökosysteme

Datengrundlage:

Technische Realisierung:
Öko-Data, Strausberg
Karte der Bodeneinheiten
BÜK1000: BGR, 1996
Klimadaten: DWD, 1998
Landnutzung: CORINE
Land Cover; StBa, 1997
N-Deposition: INS, Stuttgart;
RIVM, Bilthoven



Langzeitmessreihen der Calcium- und Magnesium- einträge in einem Fichtenaltbestand im Solling



Kritikalität Eingriffe

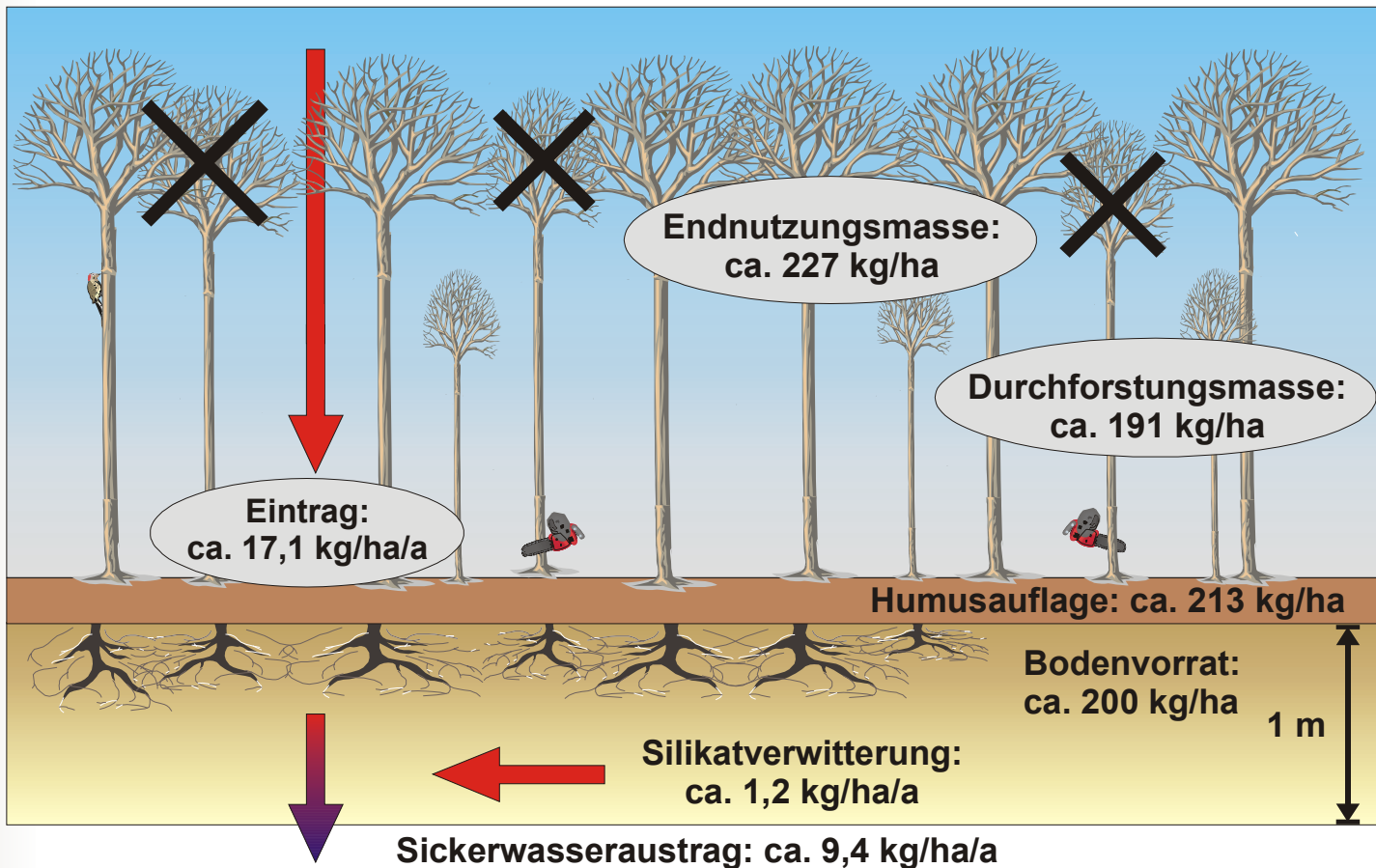
(großflächige Devastierung durch
Sturmwürfe oder Feuer) >

**Relation von Nährstoffentzug durch
Nutzung und Nährstoff-Nachlieferung >**

Bodenverdichtung durch Maschineneinsatz>

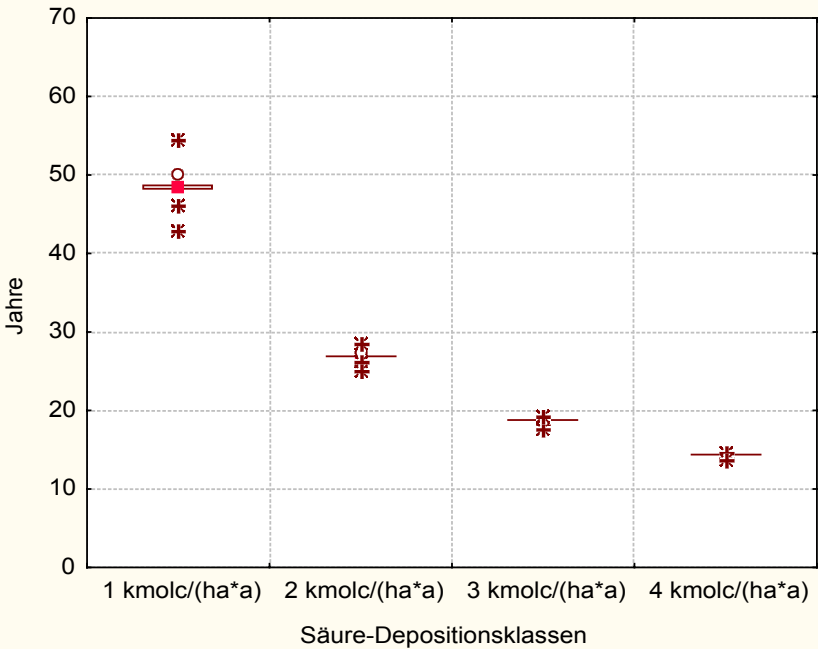
Kahlschläge (stoffliche Wirkungen) Nebenw. Kalkung u. s.

Ökosystemare Stoffbilanzen zur Ermittlung kritischer Ernteentzüge (Beispiel Calcium)

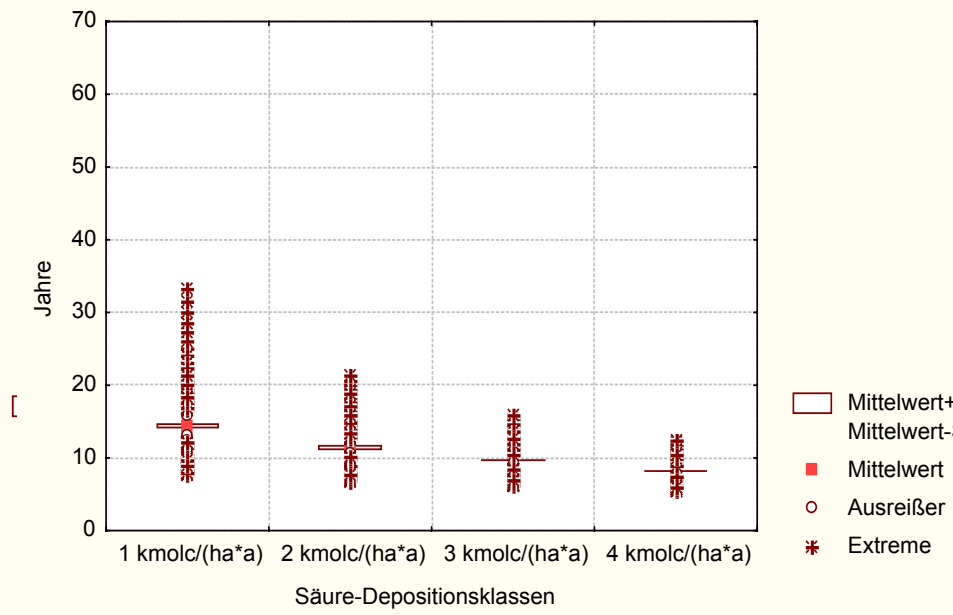


Verbesserte Modellrechnungen für die Waldkalkung (Beispiel Niedersachsen)

Wiederholungszeiträume der Bodenschutzkalkung in Niedersachsen
 Faktoren: Deposition, Ernteentzug



Wiederholungszeiträume der Bodenschutzkalkung in Niedersachsen
 Faktoren: Deposition, Ernteentzug, Silikatverwitterung, Basenauswaschung, Säure-Altlast



Kritikalität Zustände

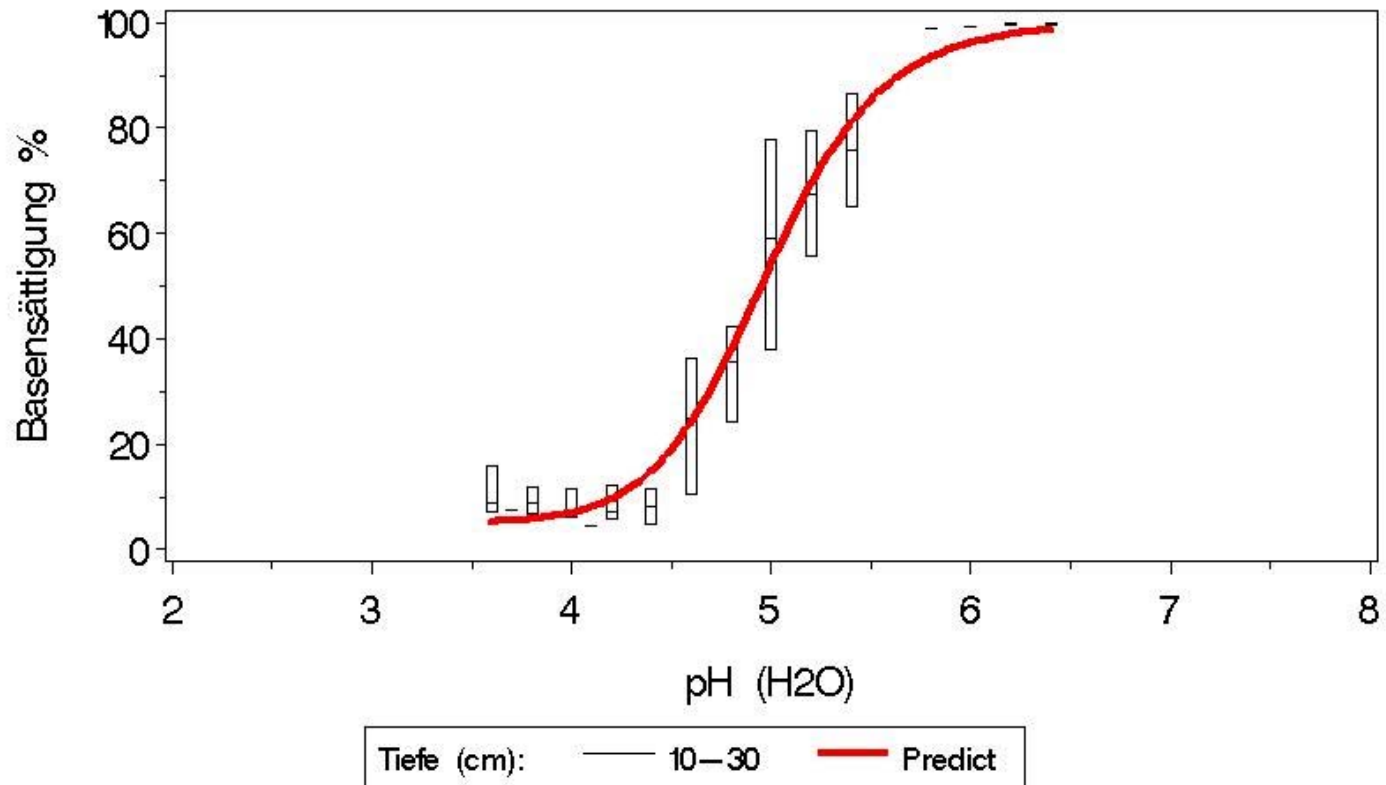
(Standörtliche Wasserhaushaltsgrößen:
Textur, Humus, LD, GPV, nWK, ...) >

N- und P-Verfügbarkeit, Basensättigung, Gesamtvorräte >

Pufferbereich, Risiko für Säuretoxizität >

Spez. Spurennährstoffe (lokal evtl. bedeutsam)

Regressionsmodell zwischen der Basensättigung und dem pH-Wert; vorhergesagte und gemessene Basensättigung in 10-30 cm Mineralbodentiefe (Datensatz: Niedersächsische BZE)



$$y = 5 + (100 - 5) / (1 + (0,2018 * \text{pH_H2O})^{**} - 16,85)^{**} (1 - (1 / -16,85))); \quad n = 180$$

Kritikalität Austräge

(Bodenerosion, Bergstürze, Hangrutschungen ...) >

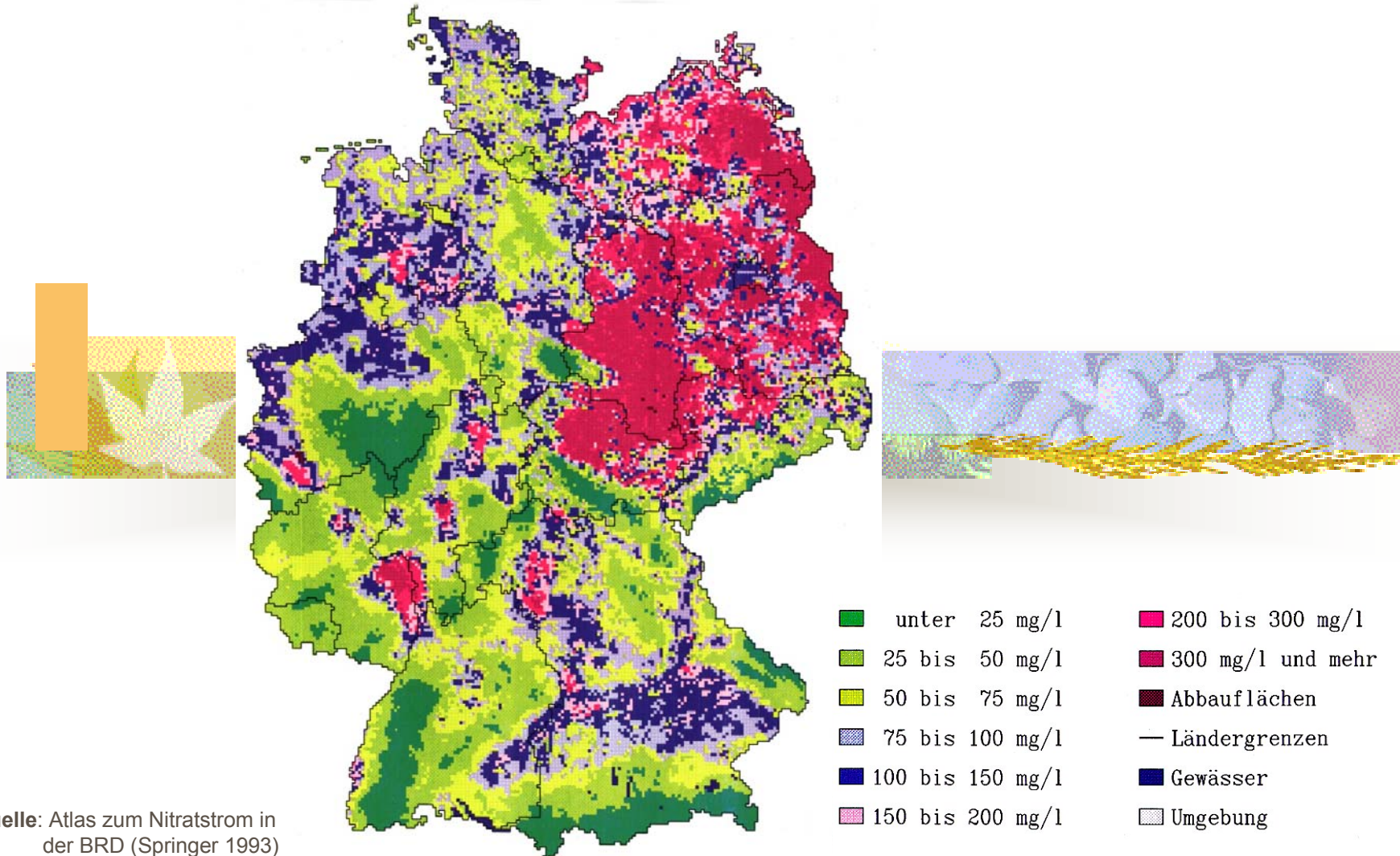
Nitratauswaschung und Nährstoffkationenauswaschung >

Al-Austräge und Spurengasemissionen >

Auswaschung von Schwermetallen


Potenzielle Nitrat-Konzentration im Sickerwasser

bei Annahme von 50% Denitrifikationsverlust des N-Überschusses in der ungesättigten Zone



Quelle: Atlas zum Nitratstrom in der BRD (Springer 1993)

Datenbasis: Sickerwasserhöhe
N-Überschuss



Weiterer Erhebungs- und Forschungsbedarf für Boden- und Stoffhaushaltsindikatoren, Empfehlungen für die Inventurverfahren

- Standortkartierung in allen Waldbesitzarten
- Aufnahme eines Mindestsatzes an quantitativen Indikatoren in die flächendeckenden forstlichen Standortaufnahmeverfahren (C, Textur, pH ...; regionale Harmonisierung)
- Aufstellung eines wissenschaftlich qualifizierten und praktisch umsetzbaren Indikatorensystems für die stofflichen Aspekte des forstlichen Waldökosystemmanagements
- Bestehende Informationslagen konsequent auswerten

Empfehlungen für die Sicherung bzw. Verbesserung der Ressource Boden in Waldökosystemen

- Bodenzustand verbessern:
 - Versauerungsbedingte Schwächen der Nährstoffausstattung und Pufferkapazität beheben (Fortsetzung der Waldkalkung bzw. Ausbringung von Holzaschen)
 - Biologischen Bodenzustand verbessern (Ausbringung unkontaminierter (!) Komposte, Inokulationen von Bodenorganismen)
 - Bodenverdichtung und -verletzung durch angepassten Maschineneinsatz minimieren
- Dauernde Waldbedeckung sicherstellen (?)
 - Einsatz geeigneter Verjüngungsverfahren