



# ICP Forests

## Intensives Waldmonitoring in Europa mit Fokus auf Deutschland

-

## Zustand und Veränderungen

Henning Meesenburg

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt NW-FVA, Göttingen

# Agenda

- Bedarf an Bodeninformationen im Kontext zu Umweltbelastungen von Wäldern
- verfügbare Bodenerhebungen (Level I und II)
- Hauptergebnisse bisheriger Erhebungen
- Schlussfolgerungen
- Ausblick

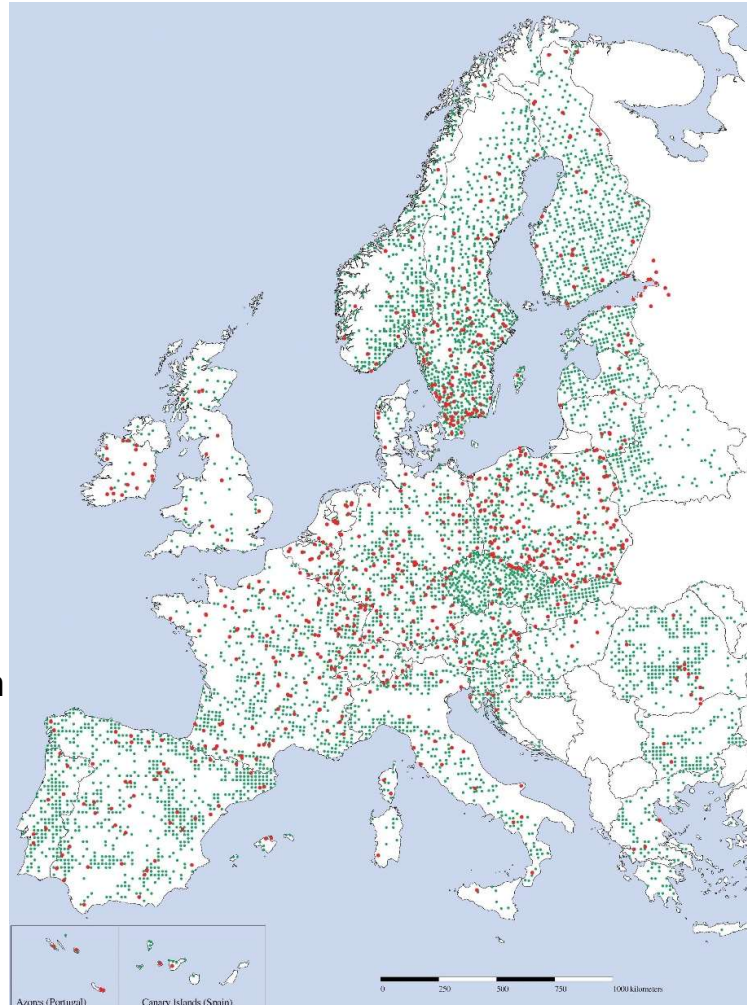
# Bedarf an Bodeninformationen im Kontext zu Umweltbelastungen von Wäldern

- Wirkung von Luftschadstoffeinträgen
  - Bodenversauerung
  - Nährstoffauswaschung
  - Schwermetallmobilisierung
  - Stickstoffsättigung – Nitratauswaschung
- Wirkung von Klimawandel
  - Bodenkohlenstoff
  - Trockenstress
- Lange Verzögerungszeiten
- Risiken sollten frühzeitig identifiziert werden

# 2-stufiges Pan-Europäisches Monitoring-Netzwerk

## Level I Monitoring

- ~ 6000 Plots
- regelmäßiges Raster
  - 16 x 16 km Raster
  - 32 x 32 km N.-Finnland
- periodischer Überblick
- **räumliche** und zeitliche Muster des Waldzustands
- in Beziehung zu
  - anthropogenen (z.B. Luftverschmutzung)
  - natürlichen Stress-Faktoren



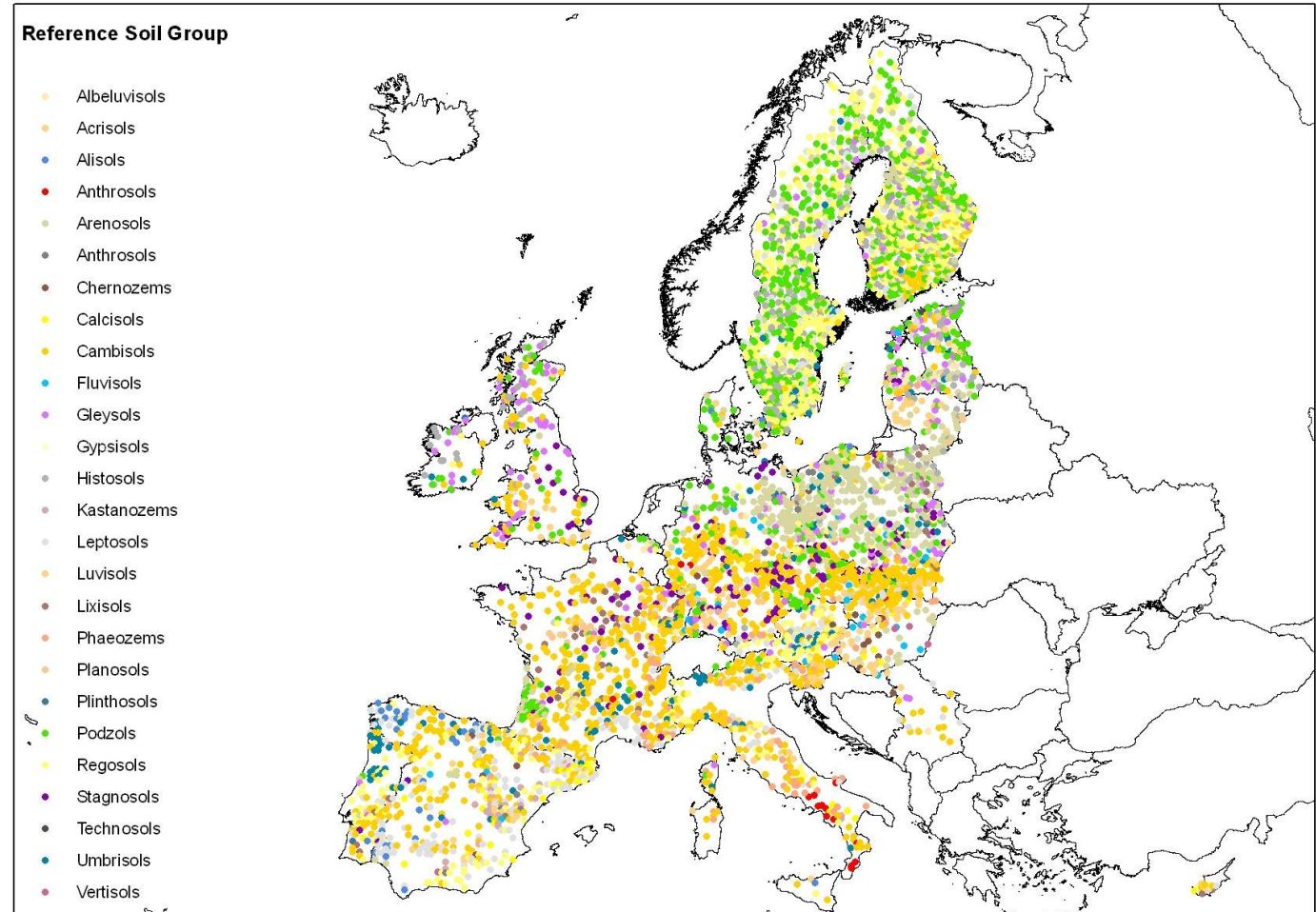
## Level II Monitoring

- ~ 800 Plots
- ~ 130 Core Plots
- ausgewählte Plots
- Ursache-Wirkungs-Beziehungen
- **räumliche** und **zeitliche** Muster des Waldzustands
- in Beziehung zu
  - anthropogenen (z.B. Luftverschmutzung)
  - natürlichen Stress-Faktoren

# Europäisches Boden-Monitoring Level I

## Bodentypen nach World Reference Base 2006

von den **32** RSGs  
der WRB sind **26**  
an den  
**Europäischen  
Level I-Plots**  
beschrieben  
worden



# Bodeninventuren in Europa auf Level I

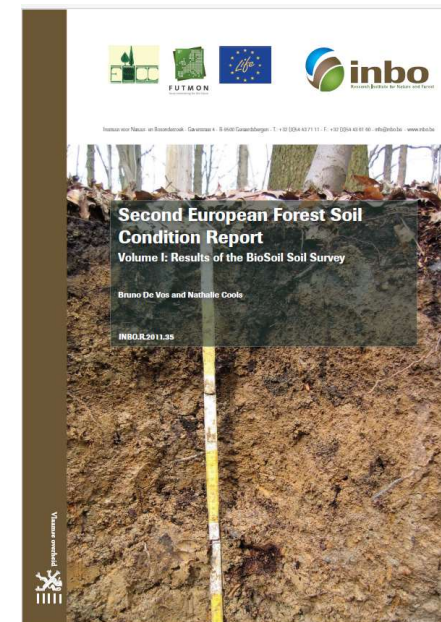
- **1. Europäische Bodeninventur (1985-1996)**
  - ✓ systematisches Raster (~16 x 16 km)
  - ✓ **23 Länder** beteiligt
- **1997:** 1. Europäischer Waldbodenzustandsbericht
- **2. Pan-Europäische Bodeninventur: BioSoil (2006-2008)**
  - ✓ 4928 Level I-Plots
  - ✓ erweitertes Set von Bodenvariablen, incl. Profilbeschreibung
  - ✓ **21 Länder** beteiligt

**Gesamt: Bodendaten von 28 Ländern**

Insg. Level I-Plots ~6000

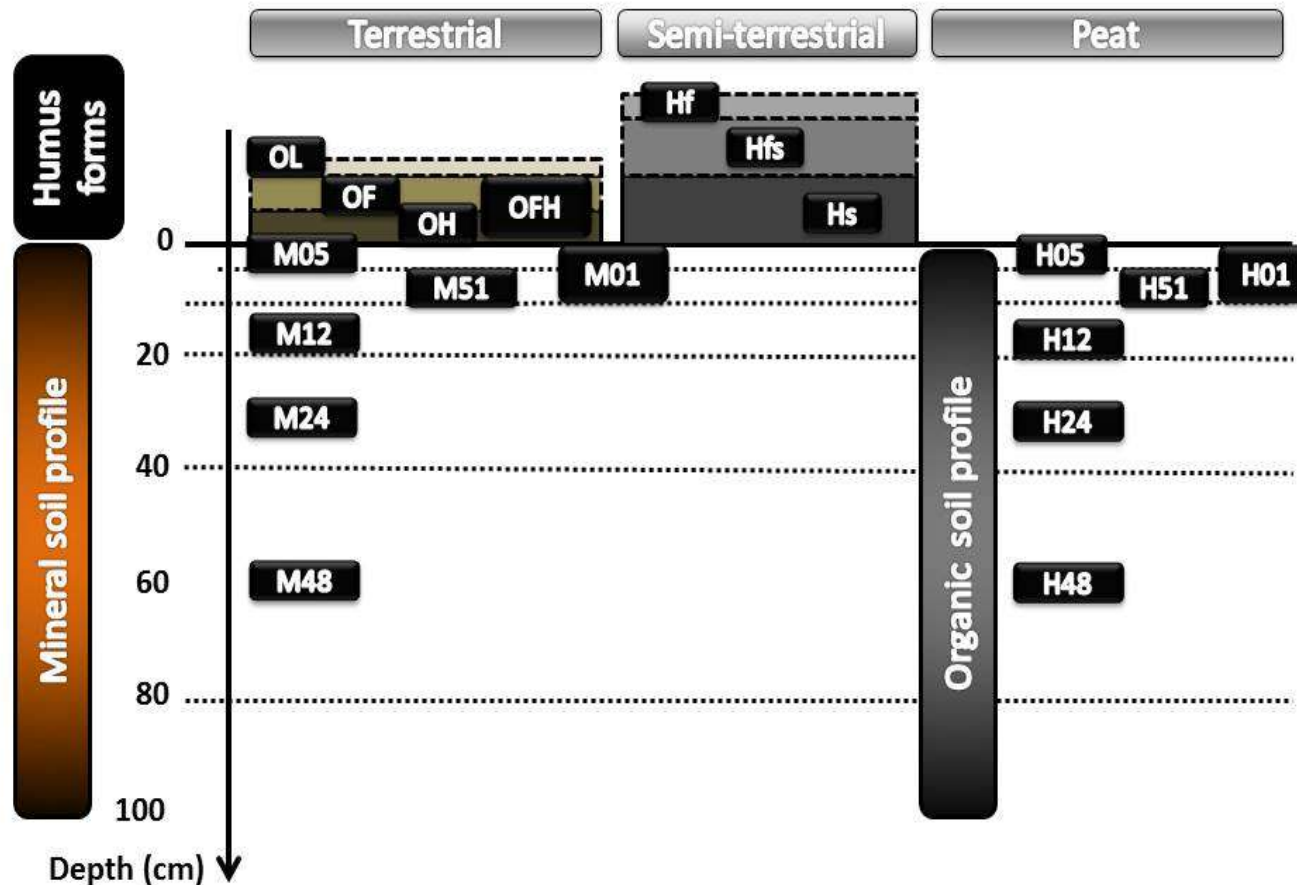
1. Bodeninventur: **5289 Plots**
2. **Bodeninventur: 4928 plots**

Wiederholung der 1. Inventur:  
**2326 plots (44%)**



[De Vos & Cools, 2011](#)

# Beprobungsschema des Bodenkompartmentes



Beprobungsschema auf Level I und Level II-Plots; Profilbeschreibung nach pedogenetischen Horizonten (de Vos et al. 2015 Geoderma)

# Bodenlösung: Beprobungstiefen und Methodik (Level II)



**TABLE 16.1** Sampling Depths for Soil Moisture and Soil Solution Measurements in Centimeter

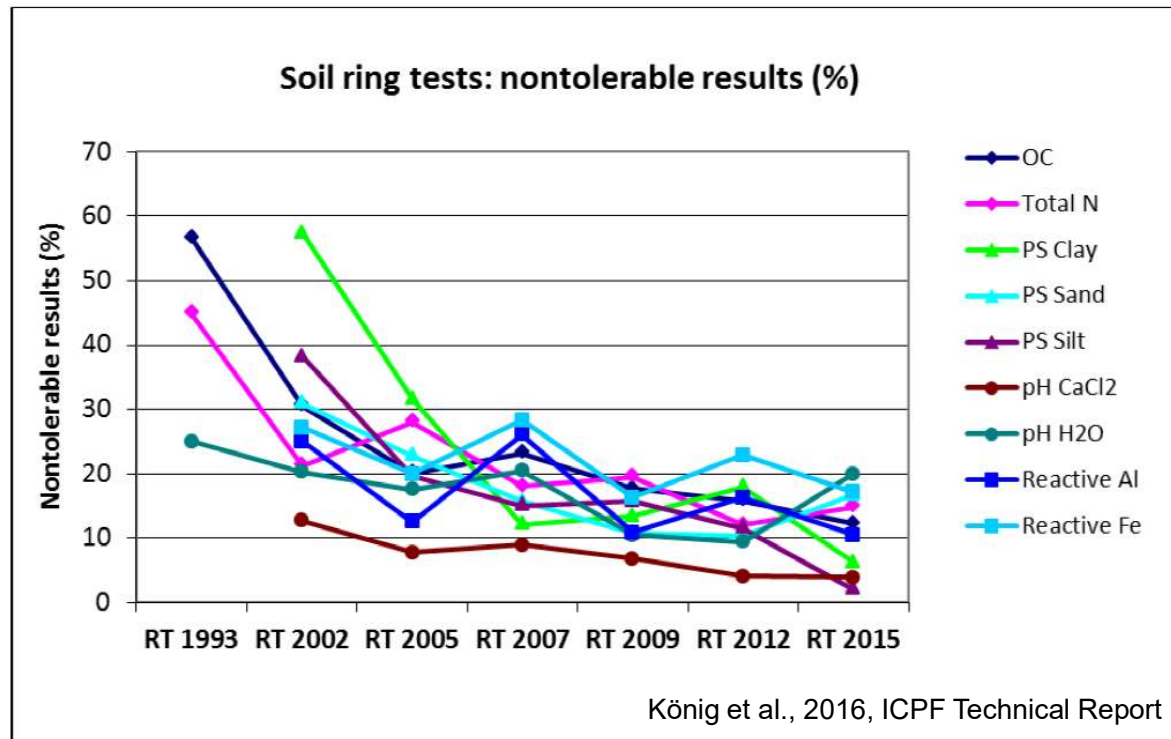
Layer depth <sup>a</sup> (cm)	Soil moisture	Soil solution	
	<i>Moisture probe</i>	<i>Zero-tension lysimeter</i>	<i>Tension lysimeter</i>
OL, OF, OH	>5 cm thick	–	–
0–5/5–10 0–10	0–20	0–5	0–10
10–20		–	
20–40	20–40	20–40	20–40
40–80	40–80	40–80	40–80

<sup>a</sup>The same fixed depths are applied for both solid soil and soil solution sampling. Modified from Nieminen (2011).

Nieminen et al. 2013, Forest Monitoring



# QA/QC im Boden-Monitoring unter ICP Forests



**Ringtest-Programm für Labore** zur kontinuierlichen Verbesserung der Analysenqualität für Boden und Bodenlösung.

Harmonisierung der Feld- und Labormethoden: ein Prozess für die Etablierung von **Best-Practice-Prozeduren**

# Bodenkohlenstoff in europäischen Waldböden (Level I)

Bisher umfassendste Erhebung der Bodenkohlenstoffvorräte bis 1 m Tiefe auf EU-Ebene

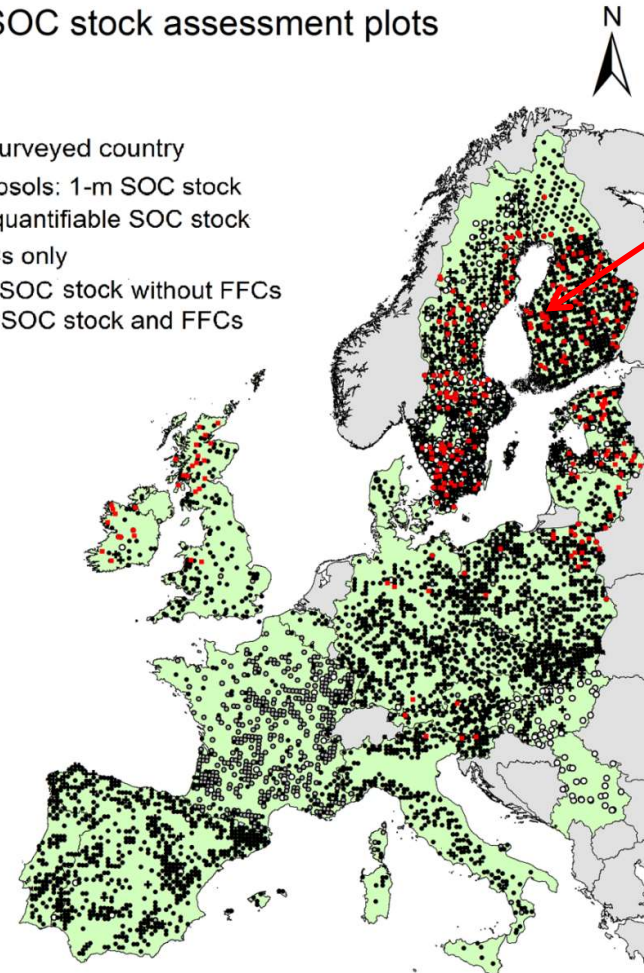


4914 Plots  
22 Länder



Level I SOC stock assessment plots

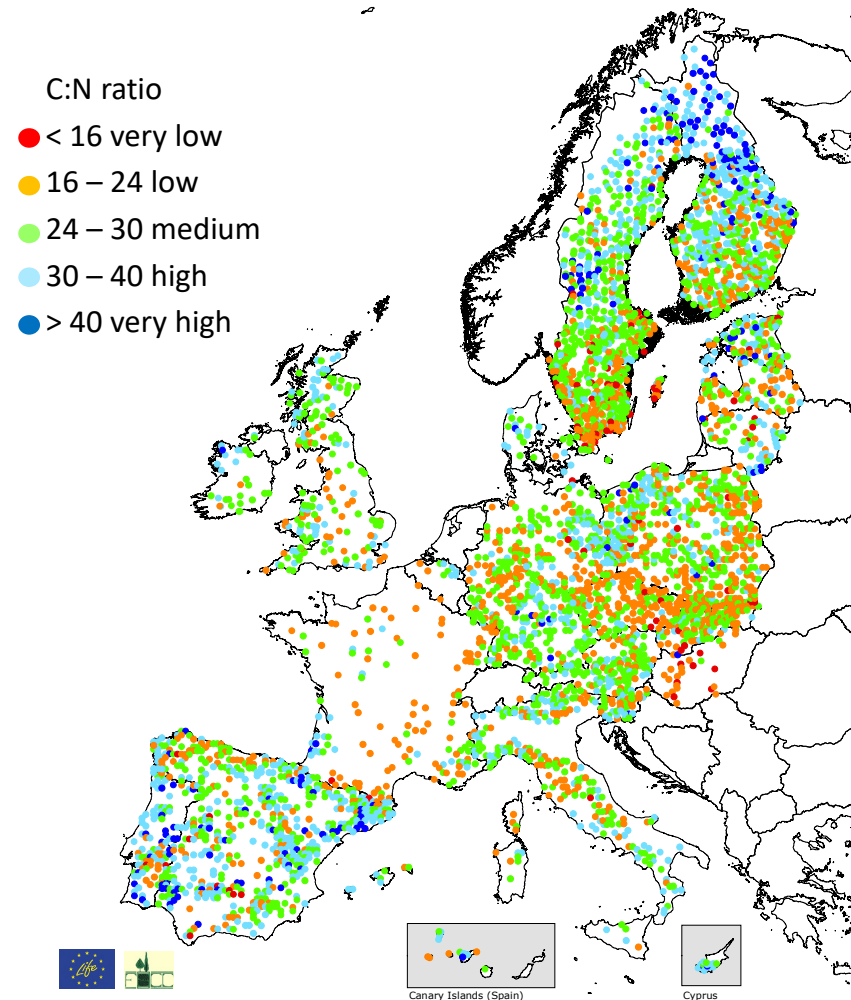
- Surveyed country
- Histosols: 1-m SOC stock
- No quantifiable SOC stock
- + FFCs only
- 1-m SOC stock without FFCs
- 1-m SOC stock and FFCs



Waldmoore sind Kohlenstoff-Hotspots

De Vos et al. 2013, Geoderma

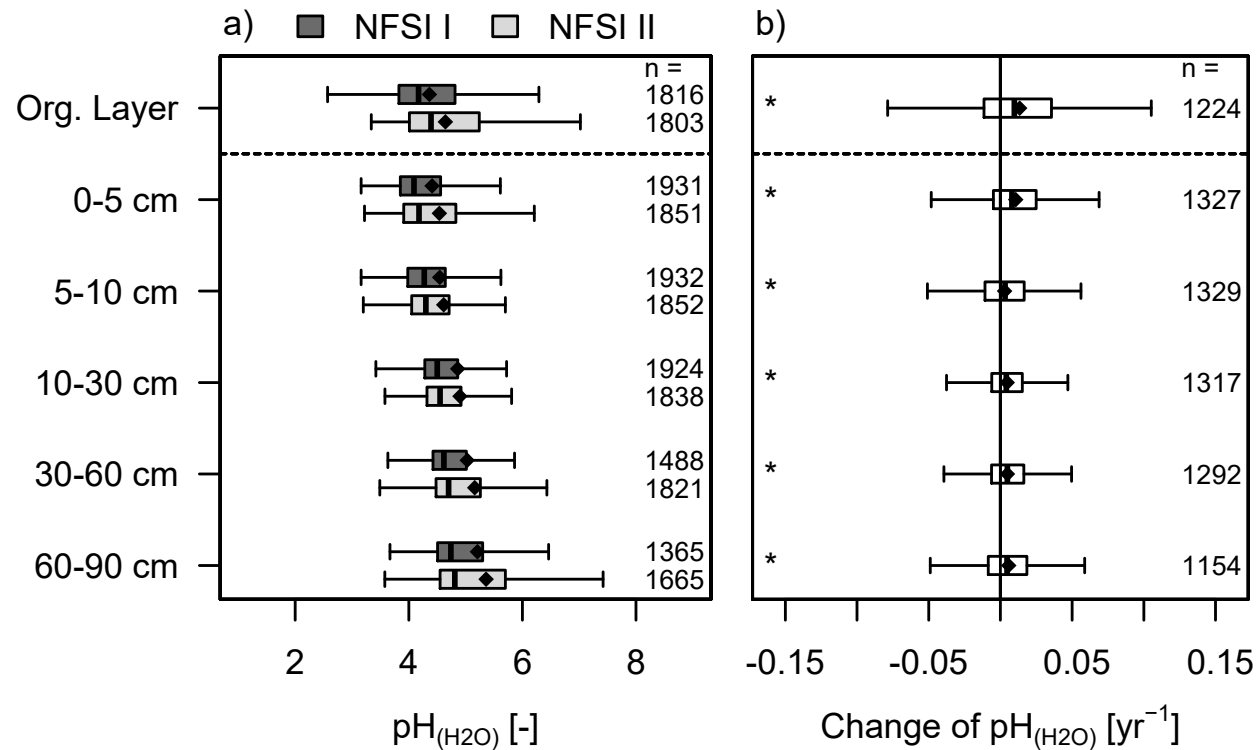
# C/N in Humusaufgabe europäischer Waldböden (Level I)



- C/N-Verhältnis als wichtiger Indikator für N-Sättigung aufgrund anthropogener N-Emissionen

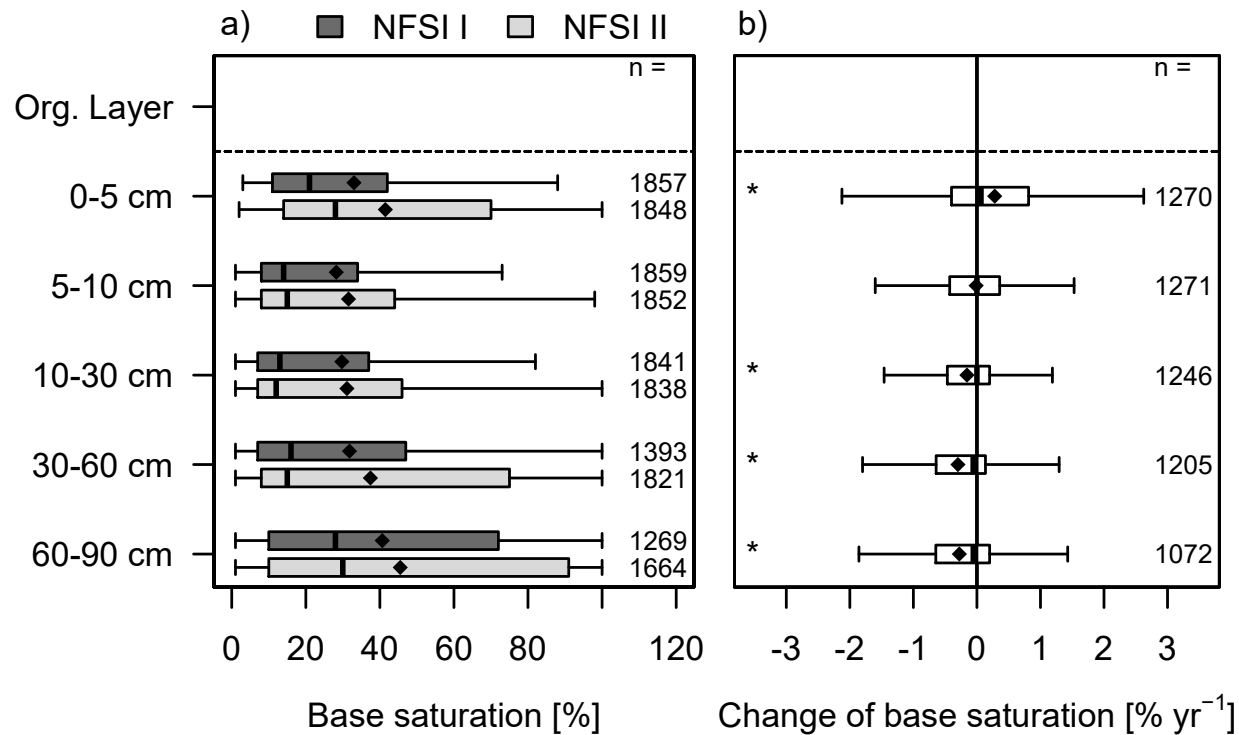
Cools et al. 2014. Tree species is the major factor explaining C:N ratios in European forest soils. Forest Ecol. Management.

# pH-Veränderungen in deutschen Waldböden (Level I)



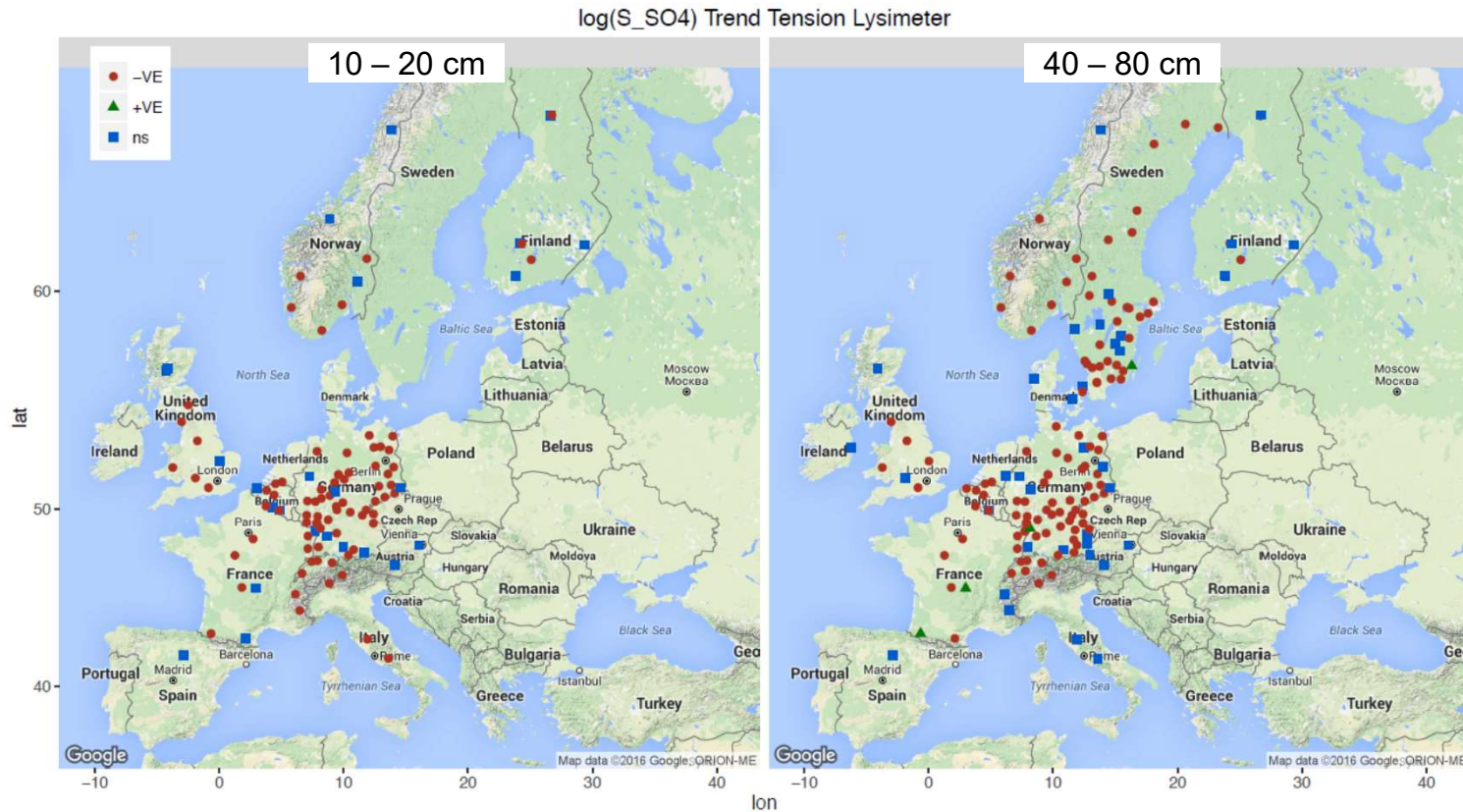
pH(H<sub>2</sub>O)-Werte in Humusaufgabe und Mineralböden für BZE I und BZE II (a, vollständige Stichprobe incl. Moore und organische Böden) und pH(H<sub>2</sub>O)-Differenz zwischen BZE I und BZE II (b, gepaarte Stichprobe ohne Moore und organische Böden, \*signifikante Differenz; Meesenburg et al. 2019 Ecol. Studies)

# Basensättigung in deutschen Waldböden (Level I)



Basensättigung in Humusaufgabe und Mineralboden für BZE I und BZE II (a, vollständige Stichprobe incl. Moore und organische Böden) und Basensättigungs-Differenz zwischen BZE I und BZE II (b, gepaarte Stichprobe ohne Moore und organische Böden, \*signifikante Differenz; Meesenburg et al. 2019 Ecol. Studies)

# Sulfat-Trends in der Bodenlösung in Europa (Level II)



Trends der  $\text{SO}_4$ -Konzentration in der Bodenlösung von Level II-Plots (1995-2012; Johnson et al. 2016 Global Change Biol.)

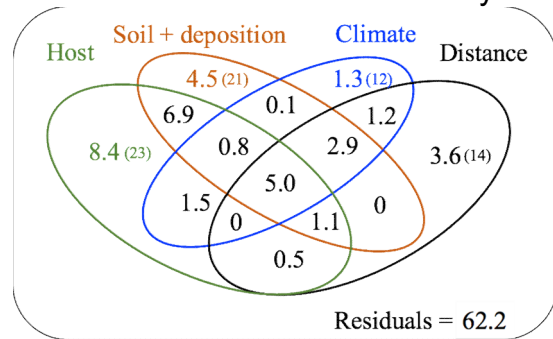
# Zukünftige Herausforderungen: biotische Indikatoren

Van der Linde et al. 2018 Nature

## Umwelt und Wirtspflanze regulieren Ektomykorrhizapilze

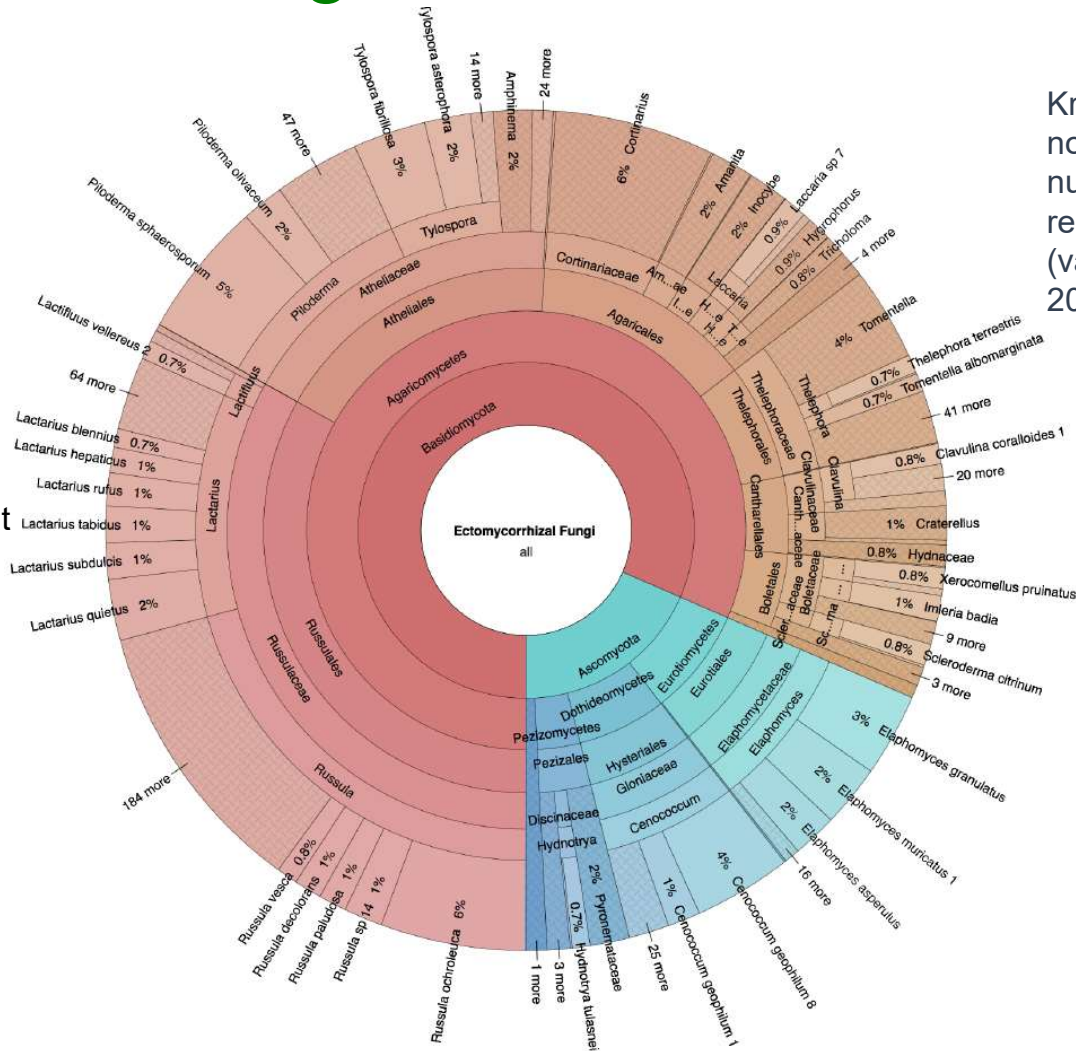
- Mykorrhiza-Diversität auf großer geographischer Skala
- 40,000 Mykorrhizen** analysiert
- 13 000 Bodenprofile**
- 137** (hauptsächlich LII) **Plots**
- 20 EU Länder**

Umwelt und Baumart erklären Mykorrhiza-Diversität



Spezifität und Plastizität von Mykorrhizen bisher unterschätzt

Starke Reduktion der Critical Loads für eutrophierende N-Deposition erforderlich (5-6 kg N ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>)



Krona-Chart der taxonomischen Zuordnung von ECM und relative Abundanz (van der Linde et al. 2018)

# Schlussfolgerungen

- ICP Forests Level I und II stellt das umfassendste Monitoringsystem für Waldböden in Europe dar
- Informationen über den Zustand europäischer Waldböden
  - Bodenkohlenstoff
  - Bodenversauerung
  - Stickstoffsättigung
- Informationen über Veränderungen europäischer Waldböden
  - Erholung von Versauerung
  - fortschreitender Nährstoffverlust
  - Überschreitung von Critical Loads
- Entscheidungsunterstützung für Umweltpolitik und forstliches Management
  - Luftreinhaltungsstrategien
  - Erfolgskontrolle von Luftreinhaltemaßnahmen
  - Kompensationsmaßnahmen(z.B. Waldkalkung)
  - Anpassungsstrategien für das forstliche Management



# Ausblick

- Integration von biotischen Indikatoren in das Boden-Monitoring
  - Potenzial DNA-basierter Methoden als leistungsfähige Monitoringkomponente
  - Erhebung der Erfüllung von Ökosystemleistungen durch Bodenorganismen
- Potenzial des Boden-Monitorings zur Analyse von Wirkungen des Klimawandels
  - Bodenkohlenstoffdynamik
  - Bodenwasserverfügbarkeit und Trockenstress



Vielen Dank für Ihr Interesse