



Waldnaturschutz in Brandenburg

Holzabbau im Boden von Kiefernwäldern

Jens Hannemann & Ralf Kätzel

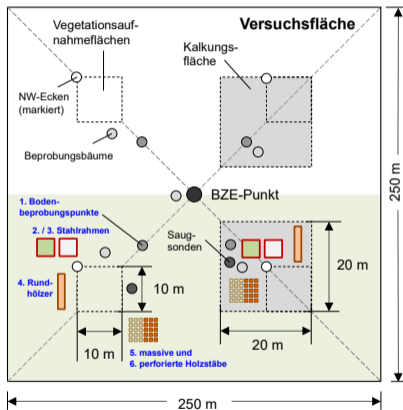


Kalkungsversuchsflächen

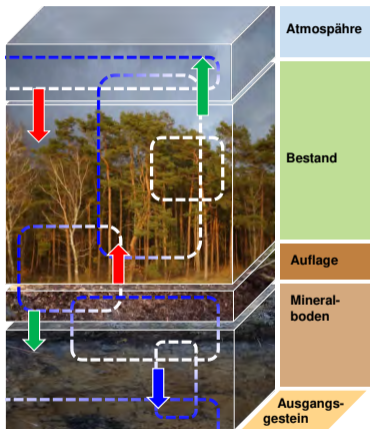


Lage der 6 intensiv untersuchten (von insgesamt 17) Versuchsflächen (VF) in Brandenburg

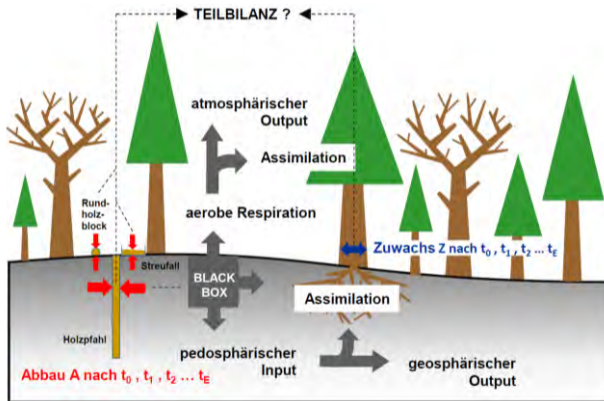
Versuchsanordnung



Anordnung der Punkte/Flächen für die Untersuchung des Bodens und des Holzabbaus



Stoffflüsse in und zwischen den Ökosystemkompartimenten



Darstellung des Zusammenhangs von Holzabbau und -zuwachs (stark vereinfacht)

Ursache - Wirkung

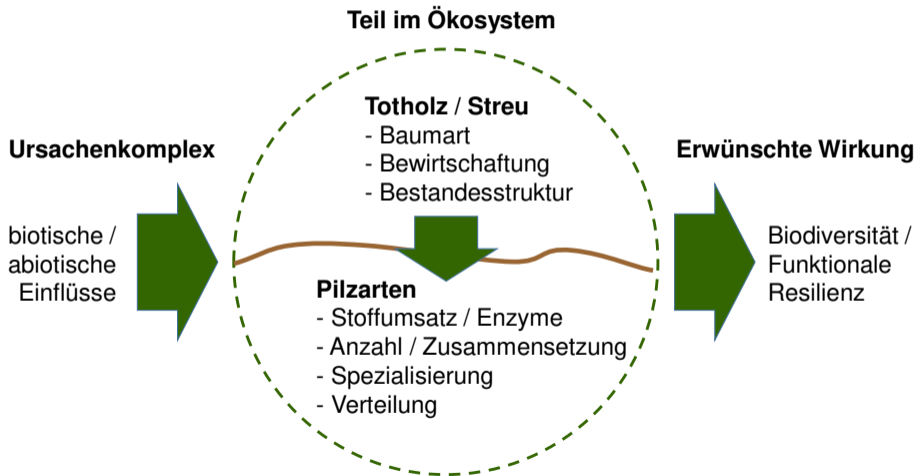


Abb. aus Folgeantrag HolzDeko (modifiziert)

Untersuchungsflow

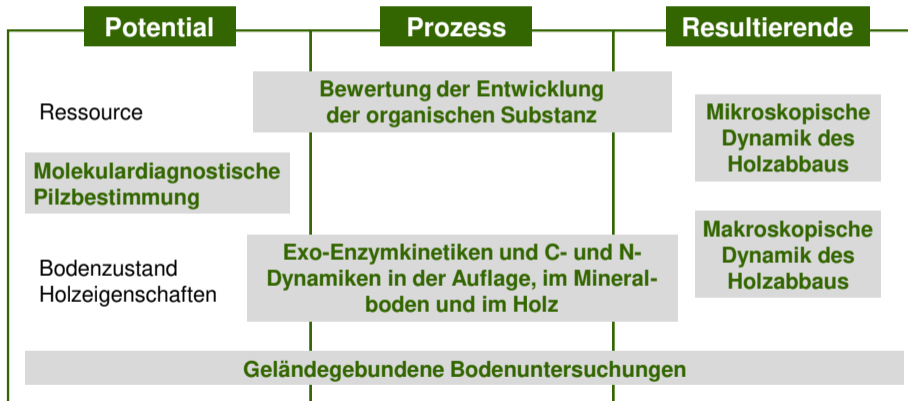


Abb. aus Folgeantrag HolzDeko (modifiziert)

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse

Auswahl

Untersuchungsschwerpunkte

- Untersuchung **wald- und bodenökologische Veränderungen** im Kontext einer **makroskopisch und mikroskopisch**, sowie **strukturell und stofflich determinierbaren Zielgröße (Holzabbau)**
- **standardisierte Bewertung** und quantitative Untersuchungsmethoden an **Holzprüfkörpern**
- minimalinvasiver Versuchsaufbau
- kontinuierliche Erfassung von **Parametern des Bodenmilieus** mittels Sensoren mit Loggerfunktion (Luft-/Bodentemperatur, Luft-/Bodenfeuchtigkeit)
- schwer fassbare (**räumliche**) **Heterogenität** des Bodens und (**zeitliche**) **Variabilität** der Umweltbedingungen erschweren eine Generalisierung der Ergebnisse
- sowohl **Zeitspannen** (z. B. Jahresverlauf, Vegetationsperioden, Vegetationsruhe) als auch die **Betrachtungsräume** (z. B. Wuchsgebiete, Naturräume, Substrateinheiten, kleinräumige Muster) sind entscheidend für die Bewertung von Umsatz- bzw. Abbauprozessen

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter
Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Untersuchungsschwerpunkte

- integrierende und zugleich differenzierende Betrachtung über **verschiedene Bodentiefen** hinweg
- **Vergleich: Holzabbau/-zuwachs** unter dem Einfluss von Kalkung/Nicht-Kalkung als Ausdruck des (Biomasse-) Produktion-/Respirations-Verhältnisses
- Abbau der einzelnen **Holzkomponenten** Lignin, Cellulose, Hemizellulose und Pektin
- **Klimafaktoren** → Spektrum und Häufigkeit der Pilzarten sowie Zusammenhang von **Pilzarten und Fäuletypen**
- **Optima im Funktionenset** von Parametern/Faktoren (pH-Wert, Temperatur, Feuchte, Alkalinität, N-verfügbarkeit etc.) → Sporenkeimung, Mycelwachstum, Enzymaktivität, Fruchtkörperausbildung, Sporenbildung, Bakterienaktivität
- **Rückkopplungsmechanismen und Priming-Effekte** von abiotischen und biotischen Faktoren
- Bestimmung von **Qualitätsparametern für den Humuszustand**

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

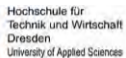
Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Projekt HolzDeko

Untersuchungen zur Holzerzersetzung im Mineralboden sowie in und auf der Auflage von gekalkten und ungekalkten Waldböden



1. LFE Bodenmilieu



2. MPA Masseverluste



Foto: SCHUMACHER, P., 2023

3. HNE Mikroskopie

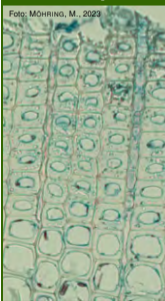


Foto: MÖHRING, M., 2023

4. HTW Thermalanalyse

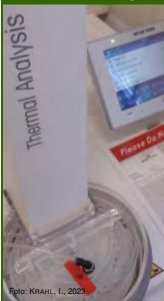


Foto: KRAHL, I., 2023

5. IHD Pilzdiagnostik



Foto: SCHUMACHER, P., 2023

6. FSU Enzymaktivität

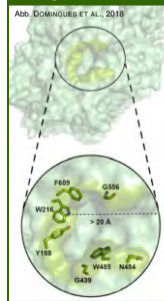


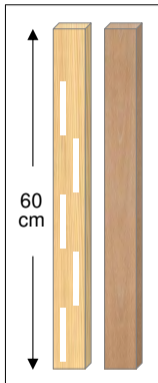
Abb. DOMINGUES ET AL., 2018

LFB - LFE
WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG
17.11.2023
Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter
Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl



Prüfkörper



manuelles Vorbohren



maschinelles Vorbohren

Einbringung der Prüfkörper in den Boden (**Juni 2020**)







LFB - LFE
WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG
17.11.2023
Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten

Einflussfaktoren
Bodenparameter
Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

	Kiefer					Buche						Kiefer					Buche				
F5_Glienig	531	532	533	534	535	531	532	533	534	535		576	577	578	579	580	576	577	578	579	580
 GKI_K_m	536	537	538	539	540	536	537	538	539	540	OKt. 2022 (28 M.)	581	582	583	584	585	581	582	583	584	585
 GKI_K_s	541	542	543	544	545	541	542	543	544	545		586	587	588	589	590	586	587	588	589	590
 GKI_nK_m																					
 GKI_nK_s	516	517	518	519	520	516	517	518	519	520		561	562	563	564	565	561	562	563	564	565
 RBU_K_m	521	522	523	524	525	521	522	523	524	525	OKt. 2021 (16 M.)	566	567	568	569	570	566	567	568	569	570
 RBU_K_s	526	527	528	529	530	526	527	528	529	530		571	572	573	574	575	571	572	573	574	575
 RBU_nK_m																					
 RBU_nK_s	501	502	503	504	505	501	502	503	504	505		546	547	548	549	550	546	547	548	549	550
	506	507	508	509	510	506	507	508	509	510	März 2021 (10 M.)	551	552	553	554	555	551	552	553	554	555
	511	512	513	514	515	511	512	513	514	515		556	557	558	559	560	556	557	558	559	560

Schematische Anordnung der Prüfkörper (untere Blöcke: 1. Entnahme, mittlere Blöcke: 2. Entnahme, obere Blöcke: 3. Entnahme); GKI: Gemeine Kiefer, RBU: Rotbuche, K: gekalkt, nK: nicht gekalkt, m: massiv, s: geschlitzt, $\Sigma=1080$

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG
17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten

Einflussfaktoren
Bodenparameter
Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl



Spreeau (K), GKI



Spreeau (K), RBU



Spreeau (N), GKI



Spreeau (N), RBU



Groß Liebitz (K), GKI



Groß Liebitz (K), RBU



Groß Liebitz (N), GKI



Groß Liebitz (N), RBU

In den Boden eingebrachte Holzprüfkörper der Versuchsfelder Spreeau und Groß Liebitz

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse

Auswahl









Entnahme mit Kernbohrgerät



Bodensäulen in Inlinern



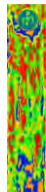
Prüfkörper im Bodenbohrkern



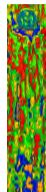
Spektralaufnahme der Bohrkern



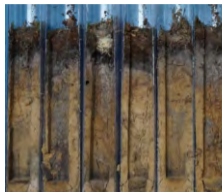
RGB



CLST



SEG



Boden ohne Prüfkörper

Alternative Entnahmetechnik mit Schlaghammer zur Gewinnung von Bodenbohrkern und Holzprüfkörper mit Inlinern für die Präparation im Labor und hyperspektrale Aufnahme



Kiefer am 24.03.2021, Glienig, nicht gekalkt



Buche am 05.10.2022, Hangelsberg, gekalkt

Unterseite Stammsegmente

LFB - LFE
WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG
17.11.2023
Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten

Einflussfaktoren
Bodenparameter
Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Einflussfaktoren

Standort:

- sechs Untersuchungsareale im **einheitlichen Landschaftsraum** mit **geologisch bedingten Unterschieden**
- **Spreeau (1)** und **Hangelsberg (2)** im Berliner Urstromtal → besser wasserversorgt
- **Groß Liebitz (3, tw. kiesig)** und **Krausnick (4)** sowie **Halbe (6)** im Bereich von Dünen und Sandersanden → schlechter wasserversorgt
- **Glienig (5, tw. kiesig)** saalezeitlicher Sander → Zwischenstellung
- **nährstoffarme Standorte (Z2)** der **Lokalbodenform BÄS (Bärenthorener Sand-Braunpodsol)** mit ausgewiesenem Grundwassereinfluss am Standort Hangelsberg (2), der u. a. durch Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*) angezeigt wird
- **sehr kleinräumige Heterogenität**, die selbst innerhalb der Prüfkörperfelder Einfluss auf den Holzabbau hat

weitere makrostrukturelle Faktoren:

- **Bewirtschaftung, Baumarten-/Altersklassenmischung, Bodenvegetation**

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse

Auswahl

Einflussfaktoren

Milieu:

- Lufttemperatur, -feuchte; **Bodentemperatur,- feuchte**; Licht / Strahlung; Niederschlag; Bodenfestphase / -lösungsphase (Bodenart, OBS, **pH-Wert**, Basensättigung, CN-Ratio, KAK, C_{org}, Nährstoffe - Ca, Mg, **N**, S, P, ...)

Zeit, Raum (Bodentiefe)

- Es bestehen große Unterschiede hinsichtlich der Bodentemperatur (Umkehrung Frühjahr und Herbst) und -feuchte in Abhängigkeit von der Tiefenstufe.

Holzart / Substrat:

- Kiefer / Buche

Folgeerscheinungen

1. Pilzbefall (Arten, Anzahl), KBE
2. Enzymaktivitäten, V_{max}
3. Zellwanddestruktion, Hyphenausbildung (-anzahl), Zellulose- / Ligninabbau
4. Fäuletypen, Masseverlust, Demarkationslinien, Farbveränderungen
5. Bodenatmung, thermischer Masseverlust

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

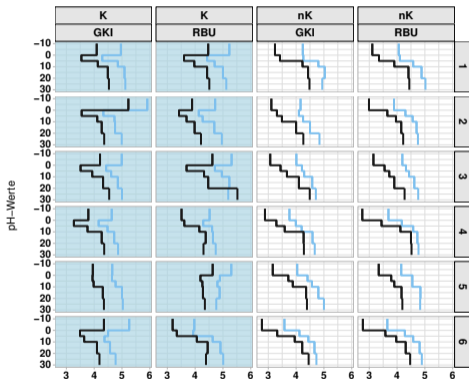
Masseverluste

Thermogravimetrie

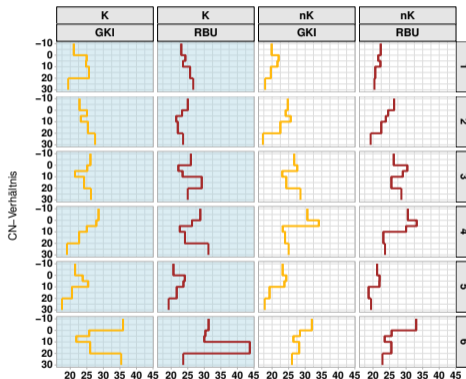
Ergebnisse

Auswahl

Tiefenverläufe von Bodenparametern bis 30 cm



■ pH (CaCl₂, KCl) ■ pH (H₂O)



CN-Verhältnisse

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

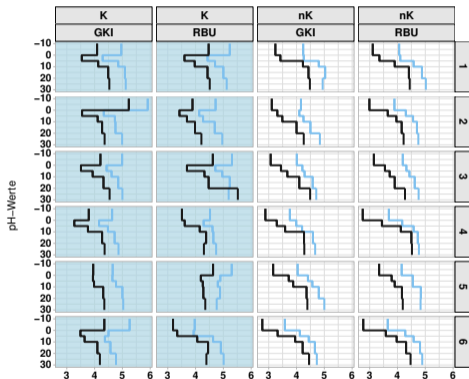
Masseverluste

Thermogravimetrie

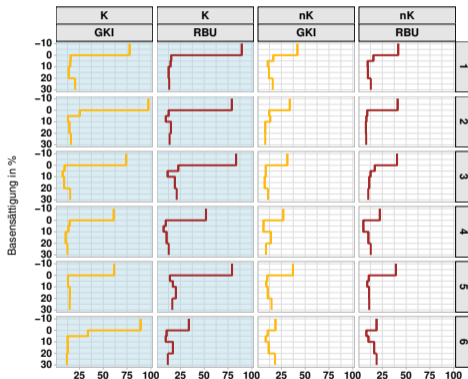
Ergebnisse

Auswahl

Tiefenverläufe von Bodenparametern bis 30 cm



■ pH (CaCl₂, KCl) ■ pH (H₂O)



Basensättigung

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

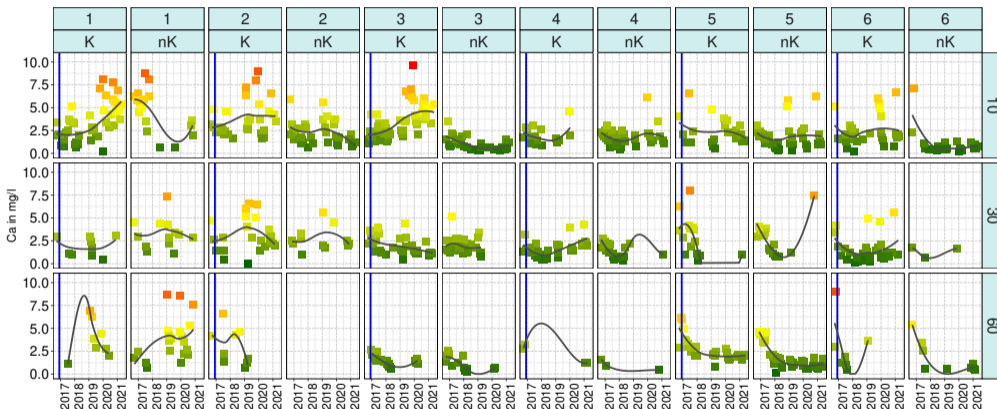
Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

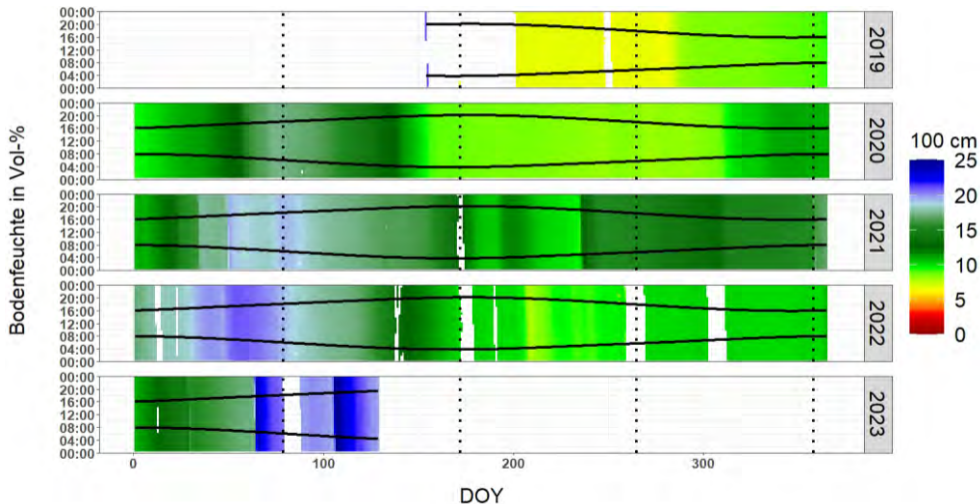
Ergebnisse
Auswahl

Bodensickerwasser



Sickerwasser: Entwicklung der Bodenlösungskonzentrationen von Ca (mg/l) in verschiedenen Tiefenstufen während des Beprobungszeitraums (nK: unbehandelte Teilflächen (Nullflächen), K: behandelte Flächen; Kalkungszeitpunkt: blaue senkrechte Linie).

Dynamik der Bodenfeuchte im Jahresverlauf (VF Halbe, Nr. 6, Tiefe: 100 → 10 cm)



LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

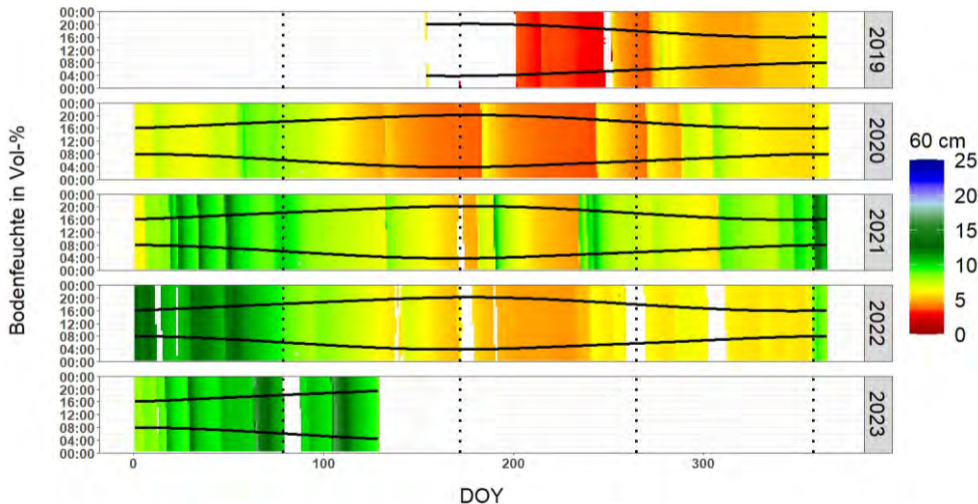
Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter

Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Dynamik der Bodenfeuchte im Jahresverlauf (VF Halbe, Nr. 6, Tiefe: 100 → 10 cm)



LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

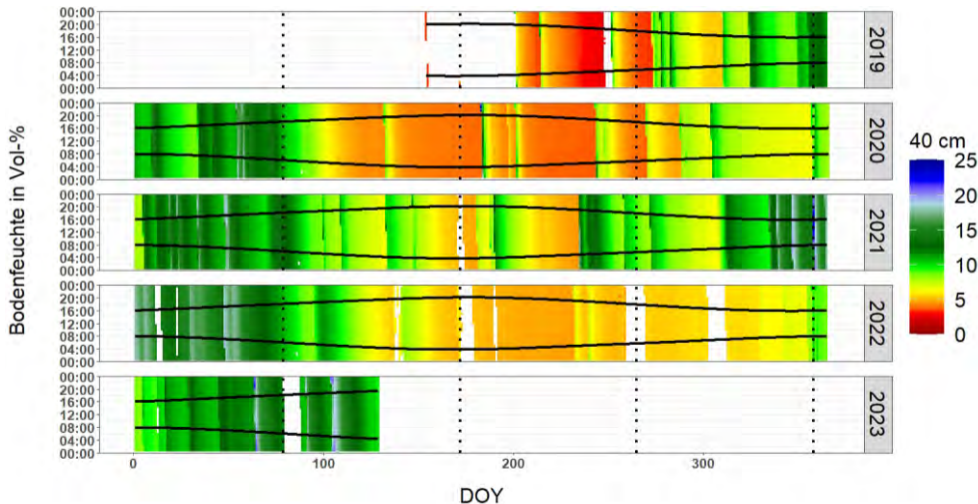
Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Dynamik der Bodenfeuchte im Jahresverlauf (VF Halbe, Nr. 6, Tiefe: 100 → 10 cm)



LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

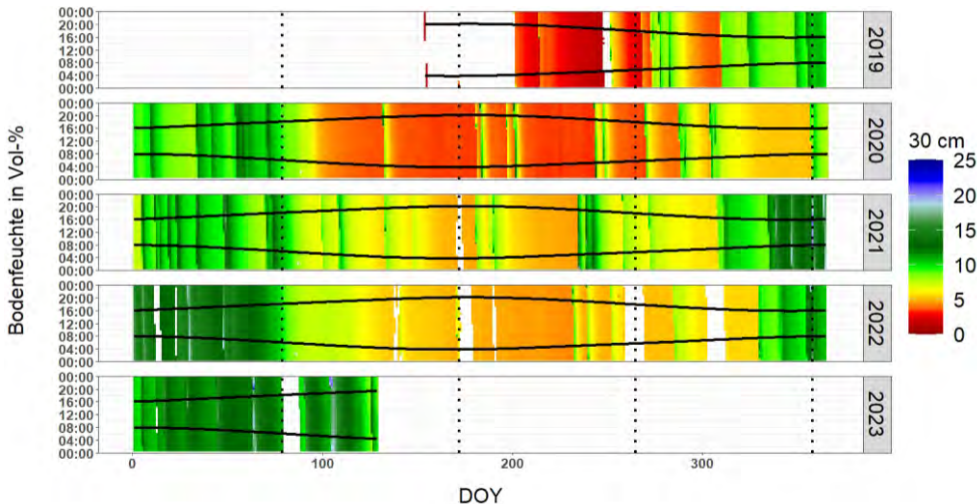
Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter

Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Dynamik der Bodenfeuchte im Jahresverlauf (VF Halbe, Nr. 6, Tiefe: 100 → 10 cm)



LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

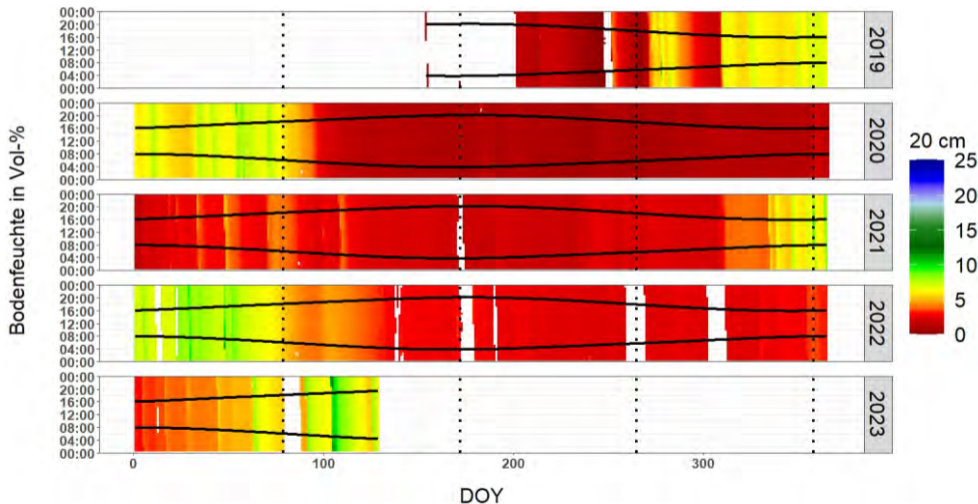
Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter

Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Dynamik der Bodenfeuchte im Jahresverlauf (VF Halbe, Nr. 6, Tiefe: 100 → 10 cm)



LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

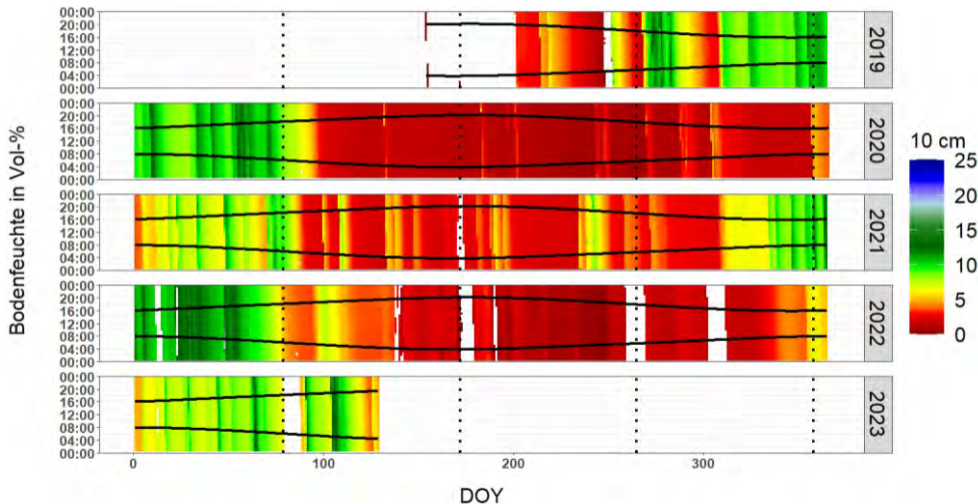
Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter

Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Dynamik der Bodenfeuchte im Jahresverlauf (VF Halbe, Nr. 6, Tiefe: 100 → 10 cm)



LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

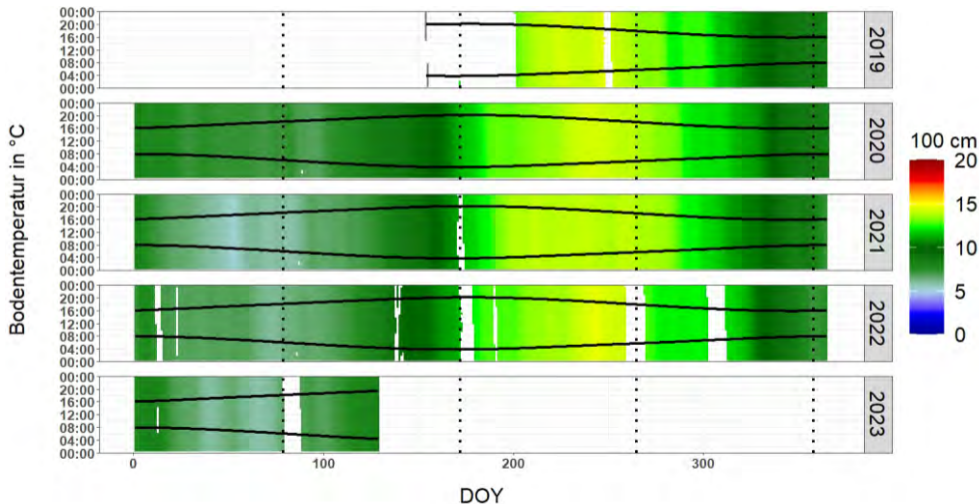
Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter

Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Dynamik der Bodentemperatur im Jahresverlauf (VF Halbe, Nr. 6, Tiefe: 100 → 5 cm)



LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

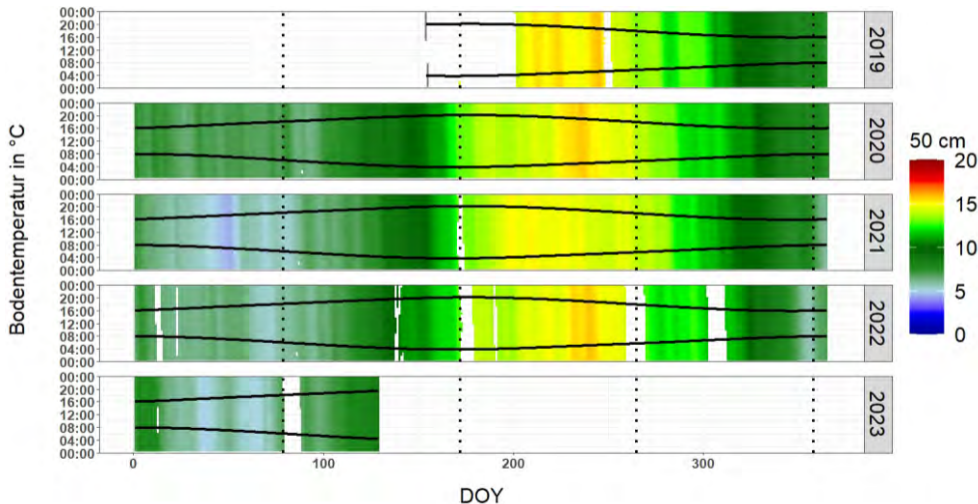
Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse

Auswahl

Dynamik der Bodentemperatur im Jahresverlauf (VF Halbe, Nr. 6, Tiefe: 100 → 5 cm)



LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

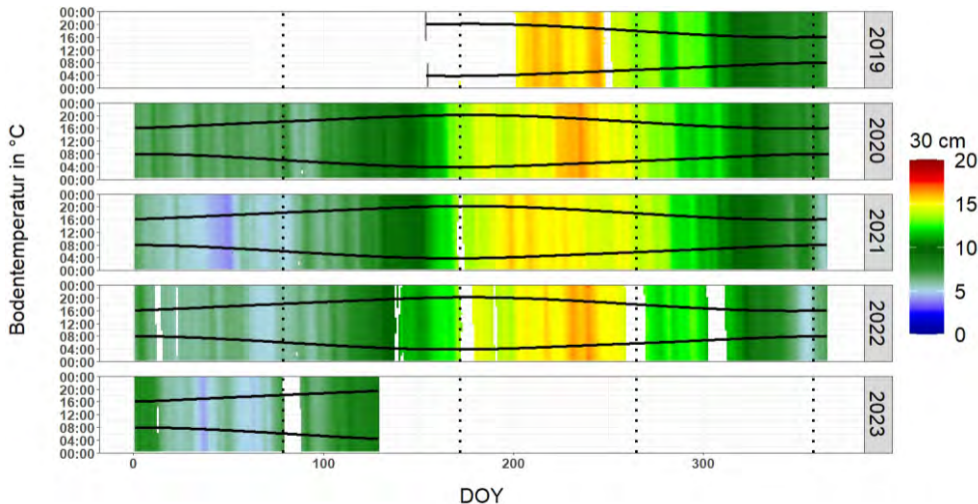
Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Dynamik der Bodentemperatur im Jahresverlauf (VF Halbe, Nr. 6, Tiefe: 100 → 5 cm)



LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

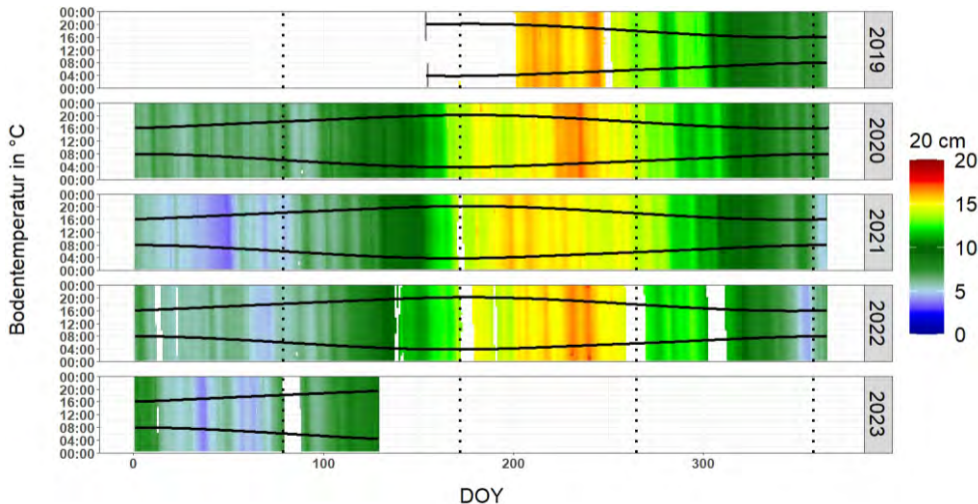
Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Dynamik der Bodentemperatur im Jahresverlauf (VF Halbe, Nr. 6, Tiefe: 100 → 5 cm)



LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

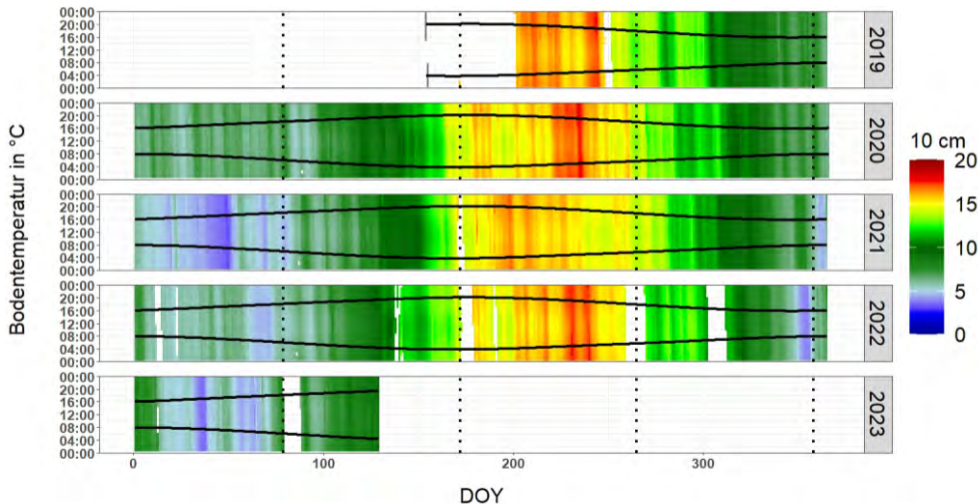
Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter

Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Dynamik der Bodentemperatur im Jahresverlauf (VF Halbe, Nr. 6, Tiefe: 100 → 5 cm)



LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

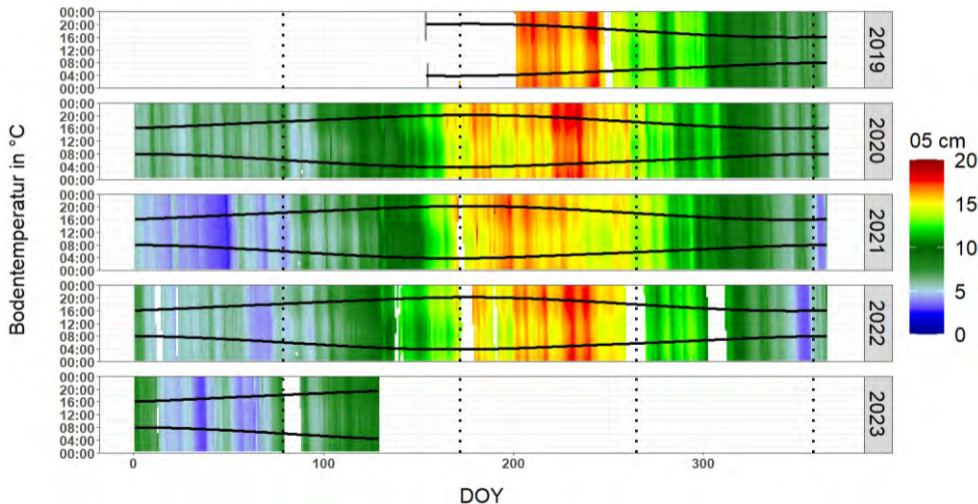
Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Dynamik der Bodentemperatur im Jahresverlauf (VF Halbe, Nr. 6, Tiefe: 100 → 5 cm)



LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Fäuletypen



Kiefer/Buche (nicht befallen)



Bläue



Weißfäule



Moderfäule



Braunfäule



Rotstreifenfäule (Fotos 3-6 IHD)

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse

Auswahl



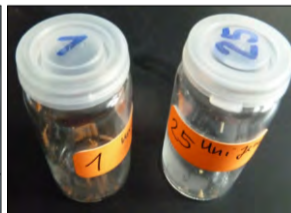
Bodenproben



Holzprüfkörper



Holzklötze



Holzspäne

Beispiele von Holz- und Bodenproben für die folgenden Untersuchungen



01_Spreeau (nk, RBU)
Wilder Hausschwamm (BF)
Serpula himantoides



02_Hangelsberg (nk, RBU)
Orangeroter Kammpilz (WF)
Phlebia radiata



03_Groß Liebitz (K, RBU)
Striegelige Tramete (WF)
Trametes hirsuta



04_Krausnick (nk RBU)
Dünnhätiger Braunsporrindenpilz (BF), *Coniophora arida*



05_Glienig (K, RBU)
Mehlstaubporling (WF)
Postia rennyi



06_Halbe (nk, RBU)
Aschgrauer Zystidenrindenpilz (WF), *Peniophora cinerea*

Methoden

DNA-Sequenzanalyse

- Wilder Hausschwamm (*Serpula himantoides*) häufigster Pilz im Kiefern-Waldboden (besonders bei Nadelholz im direkten Bodenkontakt oder in feuchten Stapeln)
- Weiterhin *Leucogyrophana mollusca*, *Coniophora arida*, *Gloeophyllum striatum* (→ intensive Braunfäule) und *Myceina epipterygia* oft in Bodenproben diagnostiziert
- Vermutliche Dominanz von Weißfäulepilzen in Laubwald-Böden
- *Serpula himantoides* und *Coniophora arida* sowie *Sistotrema brinkmannii* Erstbesiedler der Holzproben unabhängig von der Holzart und der Kalkung
- Gemeinsames Auftreten von Pilzen einer Gattung selten, z. B. bei Kellerschwämmen (*Coniophora sp.*)
- Bei Vergesellschaftungen (Mischbefall) von Basidiomyceten in einer Probe → eindeutige Pilzidentifizierung mittels Sequenzierung unmöglich
- hohe Aussagesicherheit bei Verdacht auf seltene Pilzart

DNA-Chip-Technologie (Makroarrays, LCD-Chips)

- sichere und eindeutige Pilzidentifizierung bei Mischbefall
- Bei den zwei eingesetzten DNA-Makroarrays war die Identifikation jedoch auf 50 Pilzarten beschränkt
- Keine Pilzdiagnostik bei ca. 40 % der Proben mit beiden Methoden
- In 300 Proben 66 Pilze identifiziert (58 Arten aus 40 Gattungen, 8 Mischbefall)
- 33 Arten für Weißfäule und 16 Arten für Braunfäule zuordenbar

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter
Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Nr.	Häufigkeit			1_Spreeau		2_Hangelsberg		3_Groß Liebitz		4_Krausnick		5_Glienig		6_Halbe		Insgesamt
	Pilzarten / Gattungen	Deutscher Name	Fäule	GKI nk	RBU	GKI k	RBU	GKI nk	RBU	GKI k	RBU	GKI nk	RBU	GKI k	RBU	
1	<i>Bjerkandera adusta</i>	Angebrannter Rauchporling	W													1
2	<i>Clavulinaceae sp.</i>	Keulenpilze	?													1
3	<i>Clitocybe phyllophila</i>	Bleiweißer Fimis-Trichterling	W								2					2
4	<i>Coniophora anda</i>	Dünnhäutiger Braunsporindenpilz	B	3	2			1	3	1	1	3				32
5	<i>Coniophora olivacea</i>	Oliver Braunsporindenpilz	B					1				1				2
6	<i>Coniophora sp.</i>	Kellerschwämme	B													2
7	<i>Delicatula integrella</i>	Weißer Ademabeling	W							1					1	1
8	<i>Egidia glandulosa</i>	Stoppeliger Drüseling	W			2	1									7
9	<i>Fibropona gossypium</i>	Wolliger Weißer Porenschwamm	B													2
10	<i>Fibropona nordlandica</i>	unbekannt	B								1					2
11	<i>Fomes fomentarius</i>	Zunderschwamm	W													1
12	<i>Gloeophyllum striatum</i>	unbekannt	B													1
13	<i>Gymnopilus decipiens</i>	Wegrand-Flämmling	W													1
14	<i>Gymnopilus penetrans</i>	Gemeine Flämmling	W													1
15	<i>Humicola fuscoatra</i>	unbekannt	M													4
16	<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i>	Falscher Pfefferling	B	1												1
17	<i>Hygrophorus yunnanensis</i>	Schneckling	B													1
18	<i>Hyphodiscus sp.</i>	unbekannt	?	1		1										1
19	<i>Hypholoma fasciculare</i>	Grünblättriger Schwefelkopf	W													1
20	<i>Luellia recondita</i>	Rosabrauner Schiffchensporindenpilz	W													1
21	<i>Macrolepiota fuliginosa</i>	Sternschuppiger Riesenschimmling	W			1										1
22	<i>Mycena amicta</i>	Geschmückter Helmling	W													1
23	<i>Mycena cinerella</i>	Mehlhelmling	W													2
24	<i>Mycena epipterygia</i>	Dehnbarer Helmling	W													12
25	<i>Mycena galopus</i>	Weißmilchender Helmling	W	1				1								6
26	<i>Mycena leptocephala</i>	Grauer Nitrathelmling	W													2
27	<i>Mycena meta</i>	Fleischbräunlicher Helmling	W			1										1
28	<i>Mycena rubromarginata</i>	Rotschneidiger Helmling	W	1												1
29	<i>Mycena sanguinolenta</i>	Purpurschneidiger Bluthelmling	W							1						2
30	<i>Mycena sp.</i>	Helmlinge	W			1								1	1	8
31	<i>Mycena zephirus</i>	Rostfleckeriger Helmling	W													3
32	<i>Neohyphichium geogenium</i>	Strohweißer Rindenpilz	W													1
33	<i>Oligoporus rennyi</i>	Gelber Saftporling	B													2
34	<i>Periophora cinerea</i>	Aschgrauer Zystidenrindenpilz	W													1
35	<i>Periophora sp.</i>	Eichen-Zystidenrindenpilz	W													1
36	<i>Phlebia radiata</i>	Orangeroter Kammpilz	W													1

Vorkommen der Pilze in den sechs Versuchsfächenpaaren in Brandenburg (Teil 1)

LFB - LFE
WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter
Fäuletypen

Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Nr.	Häufigkeit			1_Spreeau		2_Hangelsberg		3_Groß Liebitz		4_Krausnick		5_Glienig		6_Halbe		Insgesamt														
	Pilzarten / Gattungen	Deutscher Name	Fäule	GKI nk	RBU	GKI k	RBU	GKI nk	RBU	GKI k	RBU	GKI nk	RBU	GKI k	RBU															
37	<i>Phlebiopsis gigantea</i>	Großer Zystidenkammpilz	W													1														
38	<i>Pholiota mixta</i>	Runzelschüppling	W			1				1						3														
39	<i>Pholiota sp.</i>	Schüpplinge	W								1					2														
40	<i>Postia rennyi</i>	Mehlstaubporling	W	1												6														
41	<i>Postia stiptica</i>	Bitterer Saftporling	W	1									1	1	1	1														
42	<i>Resinicium bicolor</i>	Zweifarbiger Zystidenrindenpilz	W	2		3		7	3	1						24														
43	<i>Rhizoctonia quercus</i>	Wurzeltöter (unbekannt)	W	1						1						1														
44	<i>Rickenella fibula</i>	Orangeroter Hefelnabeling	W							1						1														
45	<i>Russula decolorans</i>	Orangeroter Graustiel-Täubling	W							2						3														
46	<i>Russula puellans</i>	Milder Wachs-Täubling	B			2						1				2														
47	<i>Russula vesca</i>	Fleischroter Speise-Täubling	B								2					2														
48	<i>Saitozyma podzolica</i>	unbekannt	?		1	2	1									9														
49	<i>Schizophyllum commune</i>	Gemeiner Spaltblätling	W		2											2														
50	<i>Scytalidium album</i>	unbekannt	?													1														
51	<i>Scytalidium sp.</i>	unbekannt	?		1											1														
52	<i>Serpula himantoides</i>	Wilder Hausschwamm	B	1	3	6	4	1	3	6	4	7	5	3	2	94														
53	<i>Sistotrema brinkmannii</i>	Brinkmanns Schütterzahn	B				2									11														
54	<i>Sistotrema suecicum</i>	Achtsporiger Vielsporrindenpilz	W													4														
55	<i>Sistotremastrum suecicum</i>	Kleinsporiger Schrumptbasidenrindenpilz	W													1														
56	<i>Sphaerobolus iowensis</i>	Kugelschneller	B								1					2														
57	<i>Sphaerobolus stellatus</i>	Kugelschneller	W													1														
58	<i>Steccherinum ochraceum</i>	Ockerrötlicher Resupinatstacheling	W													2														
59	<i>Stereum hirsutum</i>	Striegeliger Schichtpilz	W													1														
60	<i>Tapinella atrotomentosa</i>	Samtfußkrempling	B													3														
61	<i>Tomentella badia</i>	Haselhusbraunes Fitzgewebe	?			1										1														
62	<i>Trametes hirsuta</i>	Striegelige Tramete	W													2														
63	<i>Trechspora sp.</i>	Stachelporlinge	B													1														
64	<i>Xenasmataceae sp.</i>	Krustenpilzen	W													2														
65	<i>Xenasmateia vaga</i>	Schwefelgelber Rindenpilz	W				1									5														
66	<i>Xeromphalina sp.</i>	Glockchenmabelinge	W				3									1														
Gesamtergebnisse				33 = W, 16 B, 6 =?, M = 1	12	13	20	12	12	18	10	11	13	10	15	15	15	8	14	11	12	13	12	10	7	15	9	13	300	
					25		32		30		21		23		30		23		25		25		22		22		22			
					57		51		53		48		47		44															

Vorkommen der Pilze in den sechs Versuchsflächenpaaren in Brandenburg (Teil 2)

Kiefer: *Serpula himantoides*, *Coniophora arida* → **Braunfäule**
Resinicium bicolor, *Postia rennyi*, *Mycena sp.* → **Weißfäule**

LFB - LFE
WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG
17.11.2023
Jens Hannemann &
Ralf Kätzel
Einführung
Versuch
Holzabbau
Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter
Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie
Ergebnisse
Auswahl

Nr.	Häufigkeit			1_Spreeau		2_Hangelsberg		3_Groß Liebitz		4_Krausnick		5_Glienig		6_Halbe		Insgesamt														
	Pilzarten / Gattungen	Deutscher Name	Fäule	GKI nk	RBU	GKI k	RBU	GKI nk	RBU	GKI k	RBU	GKI nk	RBU	GKI k	RBU															
37	<i>Phlebiopsis gigantea</i>	Großer Zystidenkammpilz	W									1				1														
38	<i>Pholiota mixta</i>	Runzelschüppling	W			1				1						3														
39	<i>Pholiota sp.</i>	Schüpplinge	W							1						2														
40	<i>Postia rennyi</i>	Mehlstaubporling	W	1							1					6														
41	<i>Postia stiptica</i>	Bitterer Saftporling	W	1									1	1	1	1														
42	<i>Resinicium bicolor</i>	Zweifarbiger Zystidenrindenpilz	W	2		3		7	3	1						24														
43	<i>Rhizoctonia quercus</i>	Wurzeltöter (unbekannt)	W	1						1						1														
44	<i>Rickenella fibula</i>	Orangeroter Hefelnabeling	W							1						1														
45	<i>Russula decolorans</i>	Orangeroter Graustiel-Täubling	W							2						3														
46	<i>Russula puellaris</i>	Milder Wachs-Täubling	B			2						1				2														
47	<i>Russula vesca</i>	Fleischroter Speise-Täubling	B								2					2														
48	<i>Saitozyma podzolica</i>	unbekannt	?		1	2	1						1			9														
49	<i>Schizophyllum commune</i>	Gemeiner Spaltblätling	W		2											2														
50	<i>Scytalidium album</i>	unbekannt	?										1			1														
51	<i>Scytalidium sp.</i>	unbekannt	?		1											1														
52	<i>Serpula himantoides</i>	Wilder Hausschwamm	B	1	3	6	4	1	3	6	4	7	5	3	2	94														
53	<i>Sistotrema brinkmannii</i>	Brinkmanns Schütterzahn	B				2									11														
54	<i>Sistotrema suecicum</i>	Achtsporiger Vielsporrindenpilz	W							1	1	4				4														
55	<i>Sistotremastrum suecicum</i>	Kleinsporiger Schrumptbasidenrindenpilz	W													1														
56	<i>Sphaerobolus iowensis</i>	Kugelschneller	B							1						2														
57	<i>Sphaerobolus stellatus</i>	Kugelschneller	W										1			1														
58	<i>Steccherinum ochraceum</i>	Ockerrötlicher Resupinatstacheling	W										1	1		2														
59	<i>Stereum hirsutum</i>	Striegeliger Schichtpilz	W										1	1		1														
60	<i>Tapinella atrotomentosa</i>	Samtfußkrempling	B													3														
61	<i>Tomentella badia</i>	?	?			1				1	2					1														
62	<i>Trametes hirsuta</i>	Striegelige Tramete	W							1						2														
63	<i>Trechspora sp.</i>	Stachelporlinge	B						1		1					1														
64	<i>Xenasmataceae sp.</i>	Krustenpilzen	W													2														
65	<i>Xenasmatalea vaga</i>	Schwefelgelber Rindenpilz	W				1									5														
66	<i>Xeromphalina sp.</i>	Glockchenmabelinge	W				3									1														
Gesamtergebnisse				33 = W, 16 B, 6 =?, M = 1	12	13	20	12	12	18	10	11	13	10	15	15	15	8	14	11	12	13	12	10	7	15	9	13	300	
					25		32		30		21		23		30		23		25		25		22		22		22			
					57		51		53		48		47		44															

Vorkommen der Pilze in den sechs Versuchsflächenpaaren in Brandenburg (Teil 2)

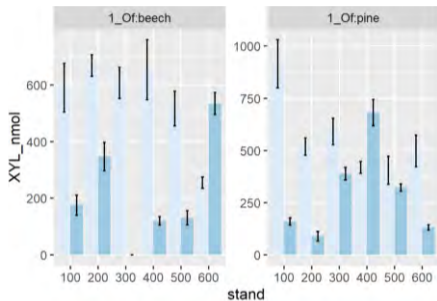
Buche: *Serpula himantoides*, *Coniophora arida*, *Sistotrema brinkmannii* → **Braunfäule**
Postia rennyi, *Xenasmataceae sp.*, *Mycena sp.* → **Weißfäule**

LFB - LFE
WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG
17.11.2023
Jens Hannemann &
Ralf Kätzel
Einführung
Versuch
Holzabbau
Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter
Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie
Ergebnisse
Auswahl

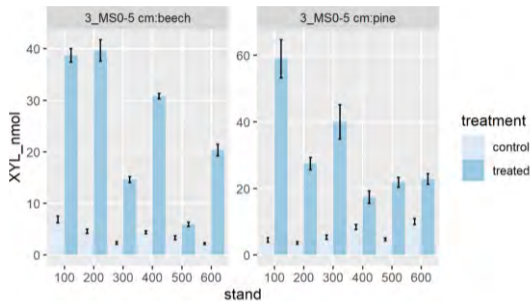
Enzyme (Beispiele)

- Enzyme = komplexe, langkettige Moleküle (meist Proteine), Katalyse von Stoffwechselvorgängen, hohe Spezifität, Enzym-Substrat-Komplex
- Exoenzyme = Ergebnis einer Sekretion, außerhalb der Zelle

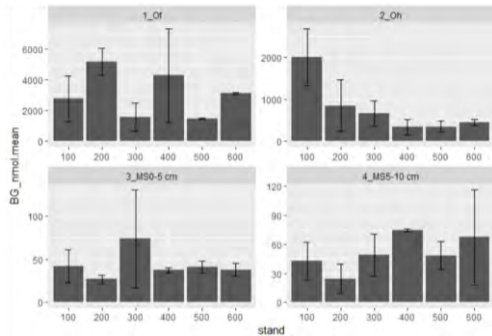
Enzym	Funktion	Substrat	Abkürzung
β -Glukosidase	C-Kreislauf: Zelluloseabbau	4-MUF- β -D-glucoside	BG
Zellobiohydrolase	C-Kreislauf: Zelluloseabbau	4-MUF- β -D-mannopyranoside 4-MUF- β -D-cellobioside	MAN (ab 2. PK) CBH
Xylanase, β -Xylosidase, β -Mannanase	C-Kreislauf: Hemizelluloseabbau	4-MUF- β -D-xylopyranoside	XYL
Phenol- /Peroxidase	C-Kreislauf: Abbau / Depolymerisation von Lignin	TMB/ H ₂ O ₂	Phen/Pox
N-acetyl- β -glucosaminidase	C- u. N-Kreislauf: Chitin- und Peptidoglykanabbau	4-MUF-2-deoxy-2-acetamido- β -D-glucoside	NAG
Sulfatase	S-Kreislauf: Abbau von organischem S	4-MUF-sulfate	Su
Phosphomono/ -diesterase	P-Kreislauf: Abbau von organischem P	4-MUF-phosphate/-bis-phosphate	AP/BAP



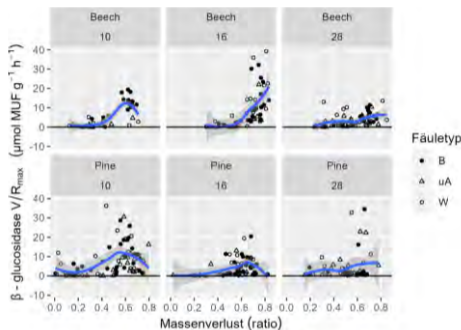
Xylanaseaktivität ($\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1} \text{Boden} \cdot \text{h}^{-1}$) in der **Of-Lage** im Nahbereich der **Buchenprüfkörper** (links) und der **Kiefernprüfkörper** (rechts) der organischen Auflage entlang des Standortsspektrums **als Funktion der Kalkung**



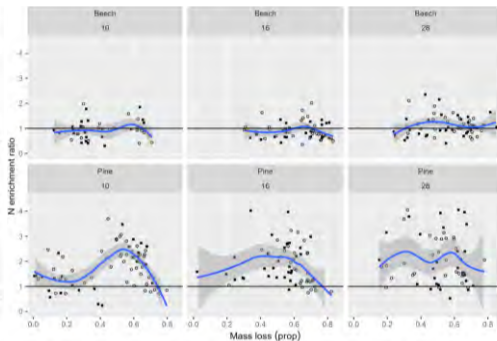
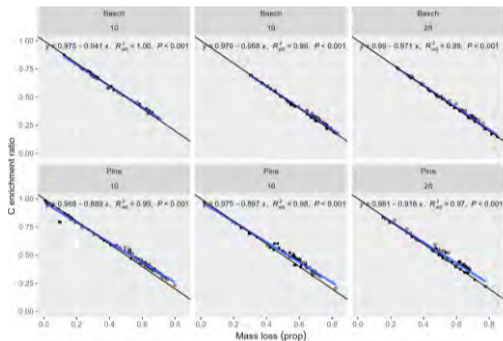
Xylanaseaktivität ($\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1} \text{Boden} \cdot \text{h}^{-1}$) im **oberen Mineralboden** (0-5cm) im Nahbereich der **Buchenprüfkörper** (links) und der **Kiefernprüfkörper** (rechts) entlang des Standortsspektrums **als Funktion der Kalkung**



β -Glukosidaseaktivitäten (nmol* g^{-1} Boden* h^{-1}) in der **Of-** und der **Oh-Lage** (oben) der organischen Auflage und in **5** und **10 cm Mineralbodentiefe** (unten) entlang des Standortsspektrums



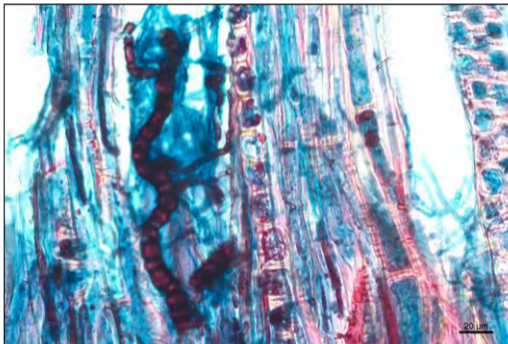
β -Glukosidaseaktivität als Funktion des Masseverlustes (Verhältnis mit 0.5 = 50 %) und Zuordnung zum Fäuletyp (B: Braunfäule, W: Weißfäule, uA: keine eindeutige Zuordnung möglich)



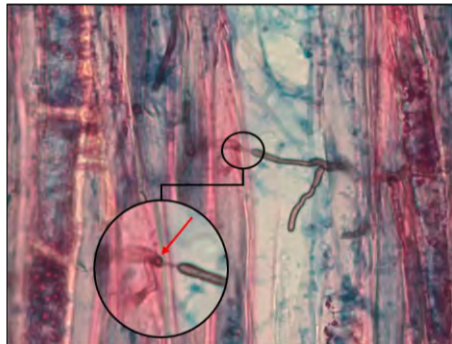
Kohlenstoff- An- bzw. Abreicherung im Verhältnis zum Massenverlust zu den Entnahmetermen; Buche oben, Kiefer unten (o nK, ■ K)
→ **linear**

Stickstoff- An- bzw. Abreicherung im Verhältnis zum Massenverlust zu den Entnahmetermen; Buche oben, Kiefer unten (o nK, ■ K)
→ **nicht linear**

Lichtmikroskopie



Chlamydosporen von Bläuepilzen nahe innerer Oberfläche, daneben weitere Hyphenstrukturen im Parenchym, Holzstrahlen und Gefäßen (Färbungen nach ETZOLD)



Hyphenwachstum direkt durch Zellwände beobachtbar via Transpressorium (Kreis), charakteristisches Loch an der Stielbasis der Bohrhyphe (Pfeil)

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

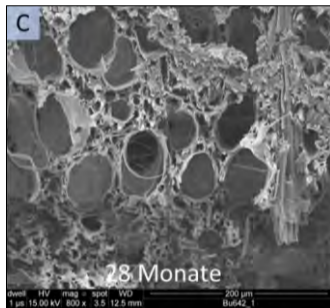
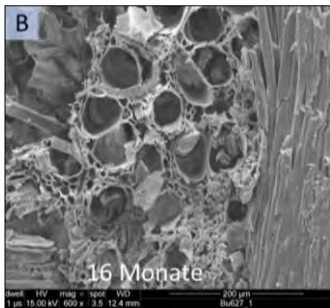
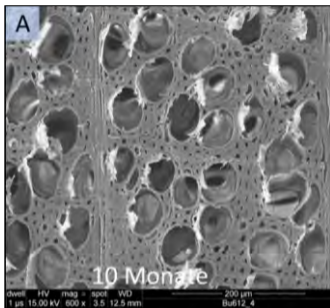
Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse

Auswahl

Weißfäule (Zeitsequenz des Buchenholz-Abbaus)



Nach **10 Monaten** kein Zellwandabbau sichtbar, tw. abgelöste Zellwände u. Hyphen in den Gefäßlumina

Nach **16 Monaten** Sekundärwände des Faserzellverbundes und Holzstrahlen stark abgebaut

Nach **28 Monaten** immer noch hohe Hyphenakkumulationen vor allem in den Gefäßlumina

mikroskopisch (REM)

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

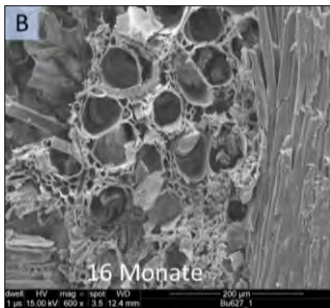
Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse

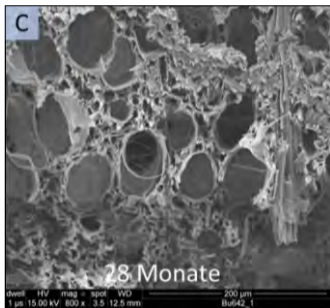
Auswahl

Weißfäule (Zeitsequenz des Buchenholz-Abbaus)

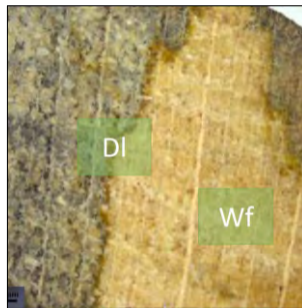


Nach **16 Monaten** Sekundärwände des Faserzellverbundes und Holzstrahlen stark abgebaut

mikroskopisch (REM)



Nach **28 Monaten** immer noch hohe Hyphenakkumulationen vor allem in den Gefäßlumina



Weißfäule (Wf) mit sog. Demarkationslinien (DI) zwischen befallenem u. unbefallenem Holz

makroskopisch

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

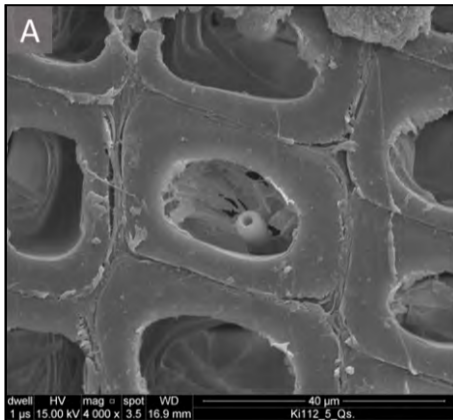
Masseverluste

Thermogravimetrie

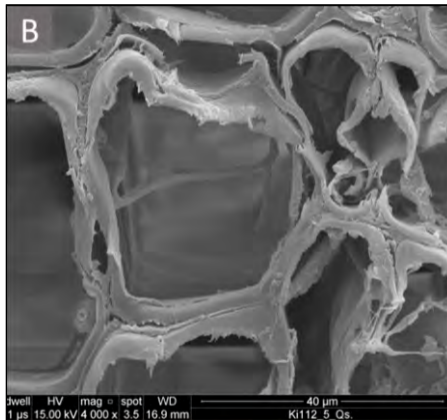
Ergebnisse

Auswahl

Rasterelektronenmikroskopie (REM); Kiefer nach 10 Monaten



Ligninreicher Spätholzverbund trotz Hyphenvorkommen im Zelllumen erhalten



Im Frühholz Zellverbund bereits sich von den Mittellamellen ablösende Zellwände

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

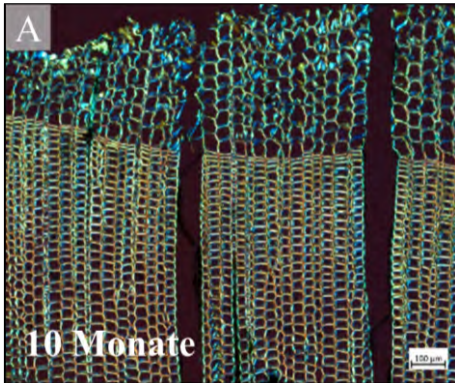
Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse

Auswahl

Polarisationslichtmikroskopie



Nach 10 Monaten noch keine Anzeichen von Celluloseabbau der **Kiefer**



Nach 16 Monaten abgebautes Gewebe mit starkem Verlust der Doppelbrechung der kristallinen Bereiche der Cellulose

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

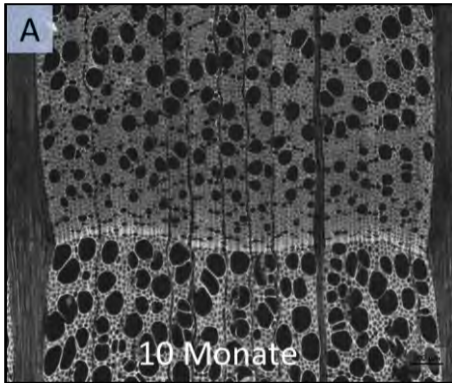
Masseverluste

Thermogravimetrie

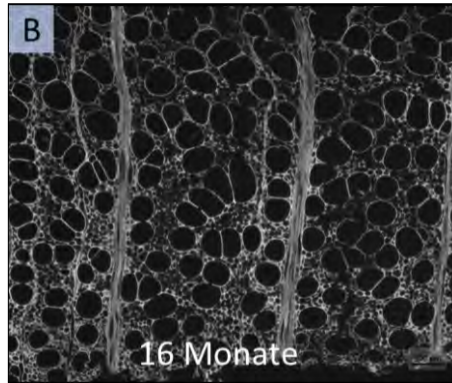
Ergebnisse

Auswahl

Fluoreszenzmikroskopie



Nach 10 Monaten keine delignifizierten Bereiche sichtbar, Zell- und Gewebestruktur intakt (**Buche**, VF Halbe, Nr. 6)



Nach 16 Monaten verminderte Leuchtintensität der Faserzellwände → fortgeschrittene Delignifizierung in den Zellwänden

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

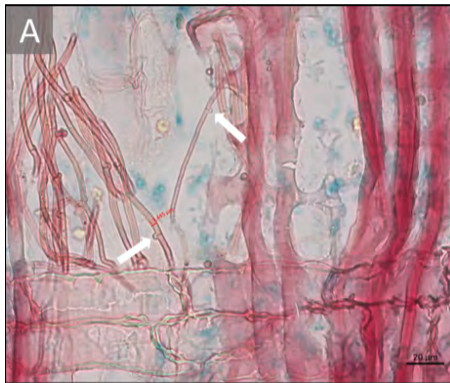
Masseverluste

Thermogravimetrie

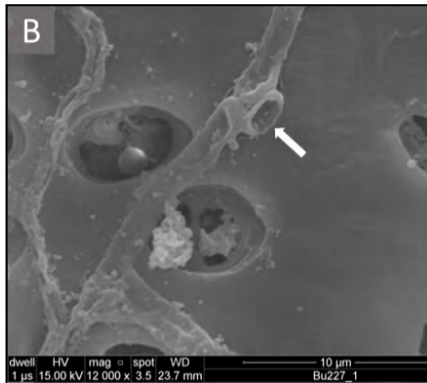
Ergebnisse

Auswahl

Licht- und RE-Mikroskopie



Kiefernprobe Spreeau nach 28 Monaten:
Akkumulation von Faserhyphen mit ein-
deutig erkennbaren Hyphen und Septen



Buchenprobe nach 16 Monaten: Sep-
tierte Substrathyphe mit Schnalle

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse

Auswahl



Vorbereitete Holzprüfkörper für die **Wägung**

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

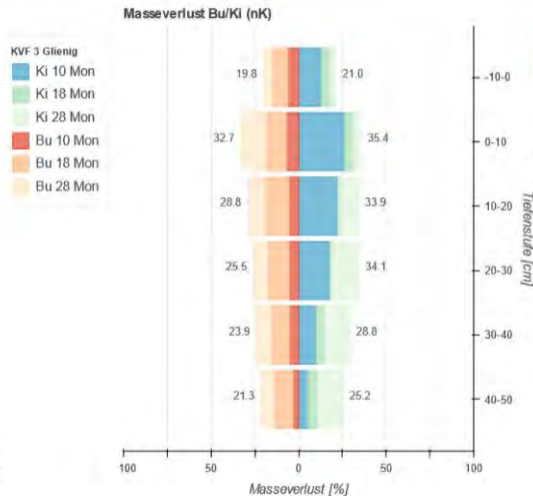
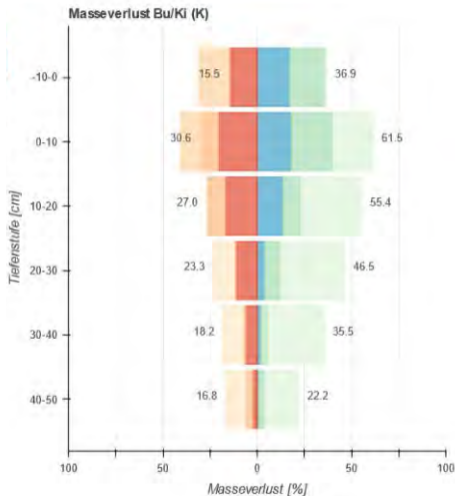
Mikroskopie

Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse

Auswahl



Masseverluste Standort Glienig

© ERDMANN, M. & BOROWY, P, 2023

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

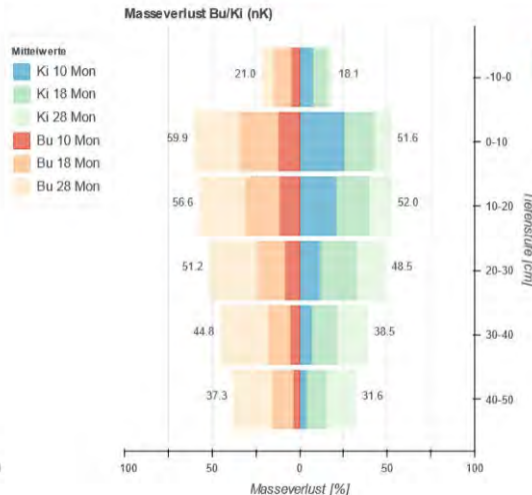
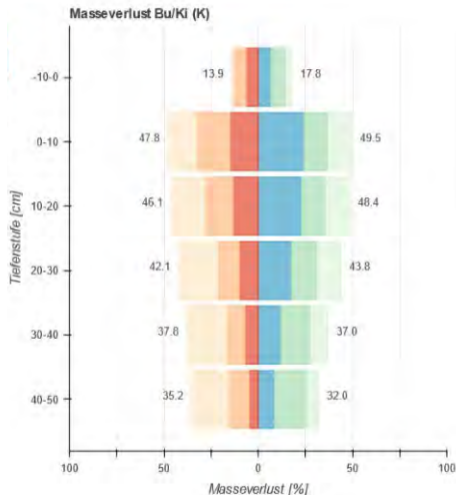
Mikroskopie

Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse

Auswahl



Masseverluste Mittelwerte Standorte

© ERDMANN, M. & BOROWY, P, 2023

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung

Versuch

Holzabbau

Projekt HolzDeko

Geländearbeiten

Einflussfaktoren

Bodenparameter

Fäuletypen

Pilzdiagnostik

Enzymaktivitäten

Mikroskopie

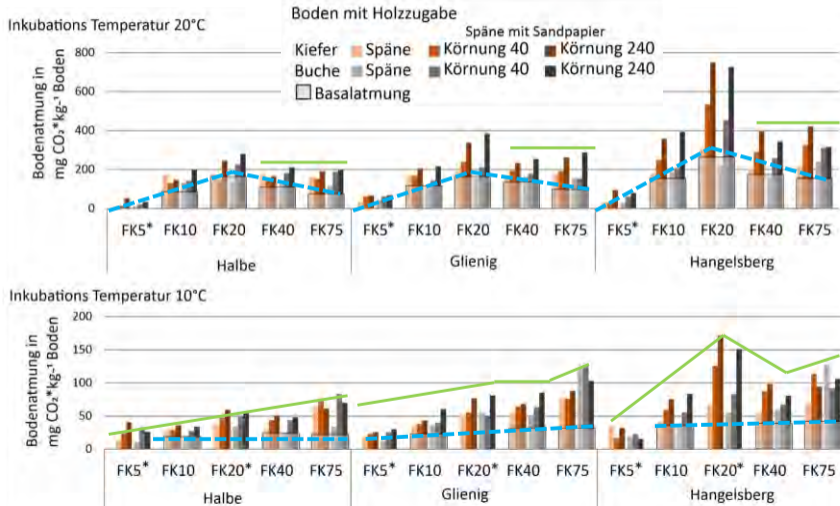
Masseverluste

Thermogravimetrie

Ergebnisse

Auswahl

Bodenatmung (Inkubation mit Holzzusätzen)



Bodenatmung abhängig von:

- Feuchte
- Temperatur
- Standort
- Holzzerkleinerung

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

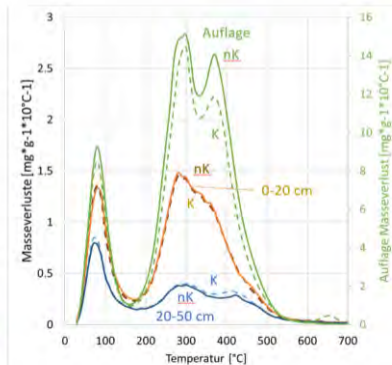
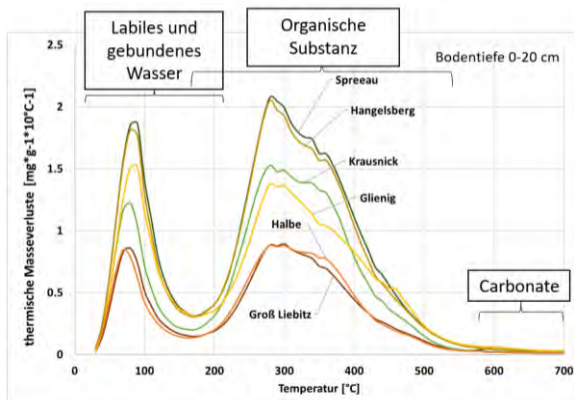
Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter
Fäuletypen
Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Thermogravimetrie (Thermalanalyse)

- Veraschung von Probenmaterial, Aufheizung mit 5 °C min^{-1} von 30 auf 950 °C
- Bestimmung des Masseverlustes, Fingerprinting möglich, Einschätzung der (thermischen) Stabilität



Abiotische Einflüsse

- **Kalkungsreaktionen** in der **Auflage** und den **oberen 5 cm** des **Mineralbodens** sowie im **Sickerwasser**
- Sehr **kleinräumige Standortsheterogenität** (vertikal, horizontal), auch innerhalb der Prüfkörperfelder
- **Hohe zeitliche Dynamik** von **Bodenfeuchte** und **-temperatur**
- pH-Wert, Bodenart, Porengrößen, Stickstoffverfügbarkeit

Enzymaktivitäten

- Kalkungseffekte nicht eindeutig
- **Xylanaseaktivität** im **Of-Horizont der gekalkten Flächen reduziert**, im **oberen Mineralboden erhöht**
- β -Glukosidase zeigt Standortunterschiede
- **intensiver Abbau der Kiefer** nach **10**, der **Buche** nach **16 Monaten**

Pilzdiagnostik

- Keine Unterschiede zwischen dem Vorkommen der Pilzarten in gekalkten oder ungekalkten Böden
- Pro Versuchsfläche bis zu 50 verschiedene Pilzarten identifiziert
- **Dominanz von Braunfäulepilzen**
- Besiedlung von Kiefernholz schneller ab als bei Buchenholz → Spezialisierung der Holzdestruenten
- ***Serpula himantoides*** u. ***Coniophora arida*** in allen 6 VF unabhängig von Bodentiefe und Holzart

Mikroskopie

- Zusammenhang zwischen Kalkung und Holzabbau nicht feststellbar
- Stärkerer Abbau **in den oberen 10 bis 20 cm des Waldbodens**
- Abbau von außen nach innen
- Dominanz Braunfäule an Kiefer
- Auflösung des Zellverbundes und Auftreten typischer Merkmale

Masseverluste/Fäuletypen

- **Kalkung ohne Einfluss** auf Zersetzung oder Fäule
- Kiefernwald: **stärkere Fäule an Kiefer**, Buchenwald: an Buchen
- Stärkerer Abbau **in den oberen 10 bis 20 cm des Waldbodens**
- Dominanz **Weißfäule an Buchenholz**, **Braunfäule an Kiefernholz**
- **Weißfäulen** langfristig mit geringeren Masseverlusten
- Überwachung der Weißfäulen durch Braunfäulen

Thermogravimetrie

- Atmungshemmung durch Zusatz v. Holzspänen bei geringer Feuchte
- **Basalatmung** in den **oberen Bodenschichten größer**
- Holzveränderung nach 10 und 16 Monaten mittels TG nachweisbar
- Zunahme der therm. Stabilität des Holzes mit erhöhtem Abbaugrad

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter
Fäuletypen

Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl

Abiotische Einflüsse

- **Kalkungsreaktionen** in der **Auflage** und den **oberen 5 cm** des **Mineralbodens** sowie im **Sickerwasser**
- Sehr **kleinräumige Standortunterschiede** in der **Terrogenität** (vertikal, horizontal) und auch innerhalb der Prüfkörper
- **Hohe zeitliche Dynamik** von **Luftfeuchte** und **-temperatur**
- pH-Wert, Bodenart, Porenraum, Stickstoffverfügbarkeit

Enzymaktivitäten

- Kalkungseffekte nicht einflussreich
- **Xylanaseaktivität** im **Offenland** der **gekalkten Flächen** nur geringfügig im **oberen Mineralboden**
- β -Glukosidase zeigt Standortunterschiede
- **intensiver Abbau der Kiefer** nach **10**, der **Buche** nach **16 Monaten**

Pilzdiagnostik

- Keine Unterschiede zwischen dem Vorkommen der Pilzarten in gekalkten oder ungekalkten Böden
- Pro Versuchsfläche bis zu 50 verschiedene Pilzarten identifiziert

Résumé

- Kalkungseffekte bezüglich des Holzabbaus nicht (eindeutig) feststellbar
- Hoher Einfluss der Standortunterschiede
- Schnellerer Abbau der Kiefer im Kiefernwald, schnellerer Abbau der Buche im Buchenwald
- Abbau in den oberen 10 bis 20 cm des Waldbodens am stärksten
- Dominanz Braunfäule an Kiefernholz, Weißfäule an Buchenholz

- Abbau von außen nach innen
- Dominanz Braunfäule an Kiefer
- Auflösung des Zellverbundes und Auftreten typischer Merkmale

Masseverluste/Fäuletypen

- **Kalkung ohne Einfluss** auf Zersetzung oder Fäule
- Kiefernwald: **stärkere Fäule an Kiefer**, Buchenwald: an Buchen

Abbau in den oberen 10 cm des Waldbodens

Weißfäule an Buchen- fäule an Kiefernholz

langzeitig mit geringeren Masseverlusten
Entstehung der Weißfäulen
Fäulen

Thermogravimetrie

Stabilität durch Zusatz v. Wasser bei geringer Feuchtigkeit
Abbau in den oberen Bodenschichten größer

- Holzveränderung nach 10 und 16 Monaten mittels TG nachweisbar
- Zunahme der therm. Stabilität des Holzes mit erhöhtem Abbaugrad

LFB - LFE

WALDNATUR-
SCHUTZ IN
BRANDENBURG

17.11.2023

Jens Hannemann &
Ralf Kätzel

Einführung
Versuch
Holzabbau

Projekt HolzDeko
Geländearbeiten
Einflussfaktoren
Bodenparameter
Fäuletypen

Pilzdiagnostik
Enzymaktivitäten
Mikroskopie
Masseverluste
Thermogravimetrie

Ergebnisse
Auswahl