

Abschlussbericht für das Projekt

## Rette einen Baum in Sanssouci

Gesch.Z.: 22-F211-06-ATB/001/001

Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2022 – 31.12.2022

Berichtszeitraum: 01.01.2022 – 30.06.2023

### Autoren

Thomas Hoffmann<sup>1)</sup>, Barbara Sturm<sup>1)</sup>, Judy Libra<sup>1)</sup>, Nader Marzban<sup>1)</sup>, Ahmed Abdelfattah<sup>1)</sup>, Daniel Höfle<sup>1)</sup>, Manfred Forstreuter<sup>2)</sup>, Sebastian Haß<sup>2)</sup>, Maike Arendt<sup>3)</sup>, Sebastian Sperber<sup>4)</sup>

### Projektbeteiligte

Gabriele Berg<sup>1)</sup>, Marcus Antoinetti<sup>5)</sup>, Svitlana Filonenko<sup>5)</sup>, Michael Rohde<sup>6)</sup>, Katharina Matheja<sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB)

<sup>2)</sup> Freie Universität Berlin (FU Berlin)

<sup>3)</sup> Humboldt-Universität zu Berlin (HU Berlin)

<sup>4)</sup> Berliner Hochschule für Technik (BHT)

<sup>5)</sup> Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung (MPIKG)

<sup>6)</sup> Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg (SPSG)

### Unterauftragnehmer

Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V. (ILU), Bad Belzig

Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB), Finsterwalde



Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur (MWFK) des Landes Brandenburg gefördert.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	6
Kurzfassung .....	7
1 Motivation .....	8
2 Material und Methoden .....	9
2.1 Herstellung der Huminstoffe .....	9
2.2 Applikation von Huminstoffen an einer Rotbuche im Park Sanssouci .....	11
2.3 Topfversuche mit einjährigen Rotbuchen für pflanzenphysiologische Untersuchungen .....	12
2.3.1 Anlegen des Topfversuches.....	12
2.3.2 Unterschiede in der Ausbildung von Pflanzenteilen .....	15
2.3.3 Bestimmung der Photosyntheserate an Buchenblättern.....	16
2.3.4 Bestimmung des Blattwasserpotentials .....	16
2.3.5 Ermittlung der Bodenrespiration.....	17
2.3.6 Statistische und visuelle Auswertung der Ergebnisse .....	18
2.4 Mikrobiologische Untersuchungen .....	18
2.4.1 Untersuchungen zur Wirkung von Huminsäuren auf das Bodenmikrobiom .....	18
2.4.2 Wirkung von Huminsäuren auf die Transmission vom Samen zum Keimling .....	19
3 Ergebnisse und Diskussion .....	20
3.1 Praxisversuch bei einer Rotbuche im Park Sanssouci.....	20
3.2 Pflanzenphysiologische Untersuchungen anhand des Topfversuches mit einjährigen Rotbuchen .....	22
3.2.1 Wassermanagement in den Pflanztöpfen in Abhängigkeit von den Behandlungsstufen .....	22
3.2.2 Auswirkungen der Huminstoffe auf das Pflanzenwachstum .....	24
3.2.3 Das Blattwasserpotential in Abhängigkeit von den Huminstoff-Applikationen.....	28
3.2.4 Photosyntheserate in Abhängigkeit von der Huminstoff-Applikation .....	32
3.2.5 Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte in Buchenblättern .....	33
3.2.6 Die Bodenrespiration in Abhängigkeit von den Behandlungsstufen.....	36
3.3 Ergebnisse zur mikrobiellen Wirkung von Huminstoffen.....	37
3.3.1 Beeinflussung des Bodenmikrobioms .....	37
3.3.2 Wirkung von Huminsäuren auf die Transmission vom Samen zum Keimling .....	39
4 Planung eines weiterführenden Projektes und Einbindung von Unteraufträgen.....	39
4.1 Konzept für ein weiterführendes Projekt und Anlegen eines Feldversuchs .....	39
4.2 Unterauftrag an das Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften (FIB) .....	41
4.2.1 Geplante Arbeiten zur Vorbereitung eines Praxisversuchs.....	41
4.2.2 Ergebnisse der Bestandsaufnahme .....	42

4.3	Unterauftrag an das Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V. (ILU) .....	43
4.3.1	Vorgehen zur Ermittlung von Informationen zum Mikrobiom .....	43
4.3.2	Erste Ergebnisse zum Mikrobiom.....	43
5	Schlussfolgerungen.....	46
6	Öffentlichkeitsarbeit.....	47
7	Zusammenfassung.....	48
	Anhang 1: Projektskizze „Vorwald mit Huminstoffen“ (Akronym: VorWald) .....	50
	Anhang 2: Auszug aus dem Bericht vom Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften (FIB) .....	54

## Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
Char	feste, kohleartige Bestandteile nach der hydrothermalen Humifizierung
C <sub>org</sub>	Gehalt an organischem Kohlenstoff [%]
DNA	Desoxyribonukleinsäure
FNR	Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe
HA	Huminsäuren ( <i>Humic Acids</i> )
HTC	Hydrothermale Karbonisierung ( <i>Hydrothermal Carbonisation</i> )
HTH	Hydrothermale Humifizierung ( <i>Hydrothermal Humification</i> )
LMA	Leaf Mass per Area
N <sub>verfüg</sub>	Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff [%]
ZR	Huminstoffe auf Basis von Zuckerrüben-Pellets

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Druckreaktor für die hydrothermale Humifizierung mit 18,7 Liter Volumen.....	11
Abb. 2: HTH-Schlamm nach dem Öffnen des Reaktors.....	11
Abb. 3: Stufenweise aufbereitete Huminstoffe nach der hydrothermalen Humifizierung .....	11
Abb. 4: Rotbuche im Park Sanssouci am 12.04.2022 mit ringförmigen Furchen um den Stamm zur Applizierung des huminstoffhaltigen Schlamms.....	11
Abb. 5: Junge Rotbuche in einem speziellen Anzucht-Behälter vor dem Umtopfen.....	12
Abb. 6: Rotbuchen nach dem Umtopfen in 6-Liter Pflanztöpfe im Kaltgewächshaus.....	12
Abb. 7: Verlauf des Wassergehalts am Beispiel eines Plus-Topfes aus der Behandlungsstufe Huminstoffe auf Basis von Zuckerrüben-Pellets ZR 0,1 % .....	14
Abb. 8: Verlauf des Wassergehalts am Beispiel eines Minus-Topfes aus der Behandlungsstufe Huminstoffe auf Basis von Zuckerrüben-Pellets ZR 0,1 % .....	14
Abb. 9: Gaswechsellmessanlage Licor 6400 -XT zur Bestimmung der Photosyntheserate .....	16
Abb. 10: „Scholander-Bombe“ zur Bestimmung des Blattwasserpotentials .....	17
Abb. 11: Versuchsdesign zur Ermittlung des Einflusses von Huminsäuren auf das Bodenmikrobiom .....	19
Abb. 12: Mikrokosmos zur Kultivierung von Pflanzen unter sterilen Bedingungen .....	20
Abb. 13: Versuchsaufbau zur Bestimmung der Transmission des Mikrobioms vom Samen zum Keimling .....	20
Abb. 14: 160-Jahre alte Rotbuche in Sanssouci, bei der Huminstoffe appliziert wurden.....	21

Abb. 15: Gehalt an organischer Masse im Boden bei der Rotbuche im Park Sanssouci zum Zeitpunkt der Applikation am 12.04.2022 (Monat 0) und nach 6 und 12 Monaten .....	21
Abb. 16: Gesamtwasserabnahme (gleichbedeutend mit Gießmenge) nach dem ersten Erreichen der Zielfeuchte 25 Vol.-% bei den Plus-Töpfen und 7 Vol.-% bei den Minus-Töpfen in Abhängigkeit von den Behandlungsstufen .....	23
Abb. 17: Separate Darstellung der Gesamtwasserabnahme mit angepasster Ordinate für die 5-wöchige Versuchsdauer .....	24
Abb. 18: Relativer Höhenzuwachs der Jungpflanzen in Abhängigkeit von den Behandlungsstufen .....	25
Abb. 19: Relativer Zuwachs beim Sprossdurchmesser der Jungpflanzen in Abhängigkeit von den Behandlungsstufen .....	25
Abb. 20: Normierte Blattfläche: Gewachsene Blattfläche [cm <sup>2</sup> ] einer Pflanze bezogen auf die Summe der volumetrischen Wasserabnahme [Vol.-%] in den Vegetationsabschnitten 12.07. - 20.07., 21.07. - 25.07., 26.07. - 01.08. und während der Gesamtzeit 12.07. – 01.08. in Abhängigkeit von den Behandlungsstufen .....	26
Abb. 21: Blattmasse von ausgestanzten Blattscheiben zu den Zeitpunkten 26.07.2022, 05.08.2022 und 01.09.2022 in Abhängigkeit von den Behandlungsstufen .....	27
Abb. 22: Blattwassergehalt gemessen an ausgestanzten Blattscheiben zu den Zeitpunkten 26.07.2022, 05.08.2022 und 01.09.2022 in Abhängigkeit von den Behandlungsstufen .....	28
Abb. 23: Blattwasserpotential vor Sonnenaufgang (4:00 Uhr) an den Messtagen 26.07.2022, 05.08.2022 und 01.09.2022 .....	29
Abb. 24: Auszug von Abb. 23 zum Blattwasserpotential, nur Termin 01.09.2022, geänderte Einteilung der Ordinate.....	30
Abb. 25: Blattwasserpotential gemessen ab 10:00 Uhr an den Messtagen 26.07.2022, 05.08.2022 und 01.09.2022 .....	31
Abb. 26: Blattwasserpotentials, Differenz des 10:00 Uhr Wertes minus 04:00 Uhr Wert .....	32
Abb. 27: Photosyntheserate von einzelnen Blättern von Rotbuchen in Abhängigkeit von den Behandlungsstufen .....	33
Abb. 28: Kohlenstoffgehalt (C-Gehalt) in Buchenblätter in Abhängigkeit von der Behandlungsstufe zu drei Zeitpunkten .....	34
Abb. 29: Stickstoffgehalt (N-Gehalt) in Buchenblätter in Abhängigkeit von der Behandlungsstufe zu drei Zeitpunkten .....	35
Abb. 30: C/N-Verhältnis in den Blättern in Abhängigkeit von der Behandlungsstufe zu drei Zeitpunkten.....	36
Abb. 31: Bodenrespiration am 01.09.2022 in Abhängigkeit von den Behandlungsstufen .....	37
Abb. 32: Vergleich der Koloniebildenden Einheiten an Bakterien bei normaler Wasserversorgung und unter Trockenheit nach 1, 10 und 25 Tagen nach Zugabe von Huminsäuren (HA).....	38

Abb. 33: Übersicht der identifizierten Bakterien auf Genus-level in Abhängigkeit von den Behandlungsstufen .....	39
Abb. 34: Nach dem Brand geräumte Forstfläche in Falkenberg/Elster kurz vor dem Beginn der Wiederaufforstung.....	41
Abb. 35: Pflanzloch mit Stechrute und Applikation einer vorbereiteten Huminstoff-Menge .....	41
Abb. 36: Artenvielfalt bei bodenlebenden Pilzen bei der Rotbuche im Park Sanssouci im unbehandelten Bereich (Control) und im Bereich mit der Huminstoffapplikation auf Basis von Zuckerrüben-Pellets ZR 0,1 % .....	44
Abb. 37: Artenvielfalt an bodenlebenden Pilzen bei ausgewählten Plus- und Minus-Töpfen beim Topfversuch mit Rotbuchen im ATB .....	45
Abb. 38: Artenvielfalt an bodenlebenden Pilzen beim Topfversuch mit Rotbuchen bei unbehandelten Töpfen (Plus- und Minus-Töpfe zusammen) und Töpfen mit Huminstoffen auf Basis von Zuckerrüben-Pellets ZR 0,1 % .....	45

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Untersuchte Biomassen und Prozessbedingungen während der hydrothermalen Humifizierung.....	10
Tab. 2: Rohstoffe und Behandlungsstufen für den Topfversuch mit Rotbuchen .....	13
Tab. 3: Typische Bereiche des Blattwasserpotentials vor Sonnenaufgang .....	30

## Kurzfassung

Das Projekt verfolgte die Hypothese, dass die Vitalität von Rotbuchen gegenüber hohen Temperaturen und Trockenstress gestärkt werden kann, wenn ihnen in den Wurzelbereich Huminstoffe appliziert werden. Im Projekt galt es, geeignete Huminstoffe herzustellen und deren Wirkung auf die Rotbuchen und den Boden im Wurzelbereich festzustellen. Weil es für diese Bewertung keine standardisierten Messabläufe gibt, bestand die Aufgabe, verschiedene Methoden zu testen.

Die Huminstoffe wurden durch thermochemische Konversion hergestellt. Als effektiven Rohstoff hat sich eine Mischung aus Gras und Gärrest erwiesen.

Die Huminstoffe wurden in unterschiedlichen Konzentrationen eingesetzt, wobei das Versuchsprogramm vier Skalen beinhaltete: Praxisversuch an einer 160 - Jahre alten Rotbuche im Park Sanssouci, Topfversuche mit rund 100 einjährigen Rotbuchen in einem Kaltgewächshaus, Untersuchungen zum Mikrobiom im Boden und Wirkung von Huminsäuren auf Samen.

Beim Topfversuch wurden die Hälfte der Töpfe komfortabel mit Wasser versorgt, indem sie regelmäßig auf 25 Vol.-% Wassergehalt im Boden aufgegossen wurden. Die zweite Hälfte trocknete auf 7 Vol.-% Wasser ab und wurde auf diesem Niveau gehalten. Mit 7 Vol.-% Wassergehalt sollte Trockenstress erzeugt werden. Anhand des Blattwasserpotential musste eingeschätzt werden, dass die Pflanzen erst am Beginn des Stressbereichs waren.

Die positive Wirkung der Huminstoffe konnte vor allem anhand der Parameter Gehalt an organischem Kohlenstoff im Boden, Zunahme des Sprossdurchmessers, Normierte Blattfläche, Blattwasserpotential als Differenz zwischen 10:00 Uhr und 04:00 Uhr Wert, Anzahl koloniebildender Einheiten im Boden und bioinformatische Identifikation gezeigt werden. Einige Messreihen laufen noch.

Die positive Wirkung konnte anhand von Tendenzen aufgezeigt werden. Für eine bessere statistische Absicherung ist ein nachfolgendes Projekt in Vorbereitung. Das Folgeprojekt wird auch einen größeren Praxisversuch enthalten.