



Wurzelerwicklung auf rekultivierten Tagebauflächen

Die Aufforstung von Rekultivierungsböden der Bergbaufolgelandschaften im Lausitzer Revier ist langwierig und risikoreich. Die vorliegenden Ergebnisse weisen darauf hin, dass Eichensaaten ein ausgeprägteres und kräftigeres Wurzelsystem hervorbringen als die Eichenpflanzung, was den Etablierungserfolg dieser Bestände unter den erschwerten Bedingungen des Klimawandels in Kombination von Saat und Pflanzung garantieren kann.

TEXT: THORA BELLONA HAUBOLD, KARL PREUSSNER, DIRK LANDGRAF



Foto: T.B. Haubold

Abb 1: Bestand der untersuchten Saatfläche mit dem Kraftwerk Jämschwalde im Hintergrund

Die Landschaft der Lausitz ist durch die Gewinnung von Braunkohle in Tagebauen stark geprägt. Nach Abbau der Braunkohle entstehen auf den Kippenflächen vegetationslose Rohböden [23], die durch eine gesetzlich vorgeschriebene Rekultivierung [3, 4] wieder nutzbar gemacht werden müssen. Die Aufforstung dieser Extremstandorte stellt dabei eine enorme Herausforderung dar, da diese durch Trockenheit, fehlendes Bodenleben [18] und Nährstoffarmut [23] erschwert ist. Neben Pionierbaumarten wie der Kiefer (*Pinus spec.*) oder der Birke (*Betula spec.*) [6] eignet sich besonders die Traubeneiche (*Quercus petraea*) für die Aufforstung der Flächen, da sie sich dank ihrer hohen Standorttoleranz sowohl auf nährstoffarmen als auch sauren Böden etablieren kann [13] und eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Trockenperioden [16] aufweist.

Für eine erfolgreiche Bestandsetablierung spielt das Wurzelsystem der Eiche eine entscheidende Rolle. Die in der Jugend gebildete kräftige Pfahlwurzel [17] entwickelt sich später zu einer Herz-Senkwurzel mit breiten Seitenwurzeln [12]. Somit stand der Vergleich des Wurzelwachstums gesäter und gepflanzter Traubeneichen im Mittelpunkt dieser Untersuchungen.

Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet (Abb. 1 u. 2) liegt im Braunkohle-Tagebau Jämschwalde auf 70 bis 73 m ü. NN. [7], ca. 15 km nordöstlich der Stadt Cottbus in Brandenburg und grenzt östlich an die Republik Polen [15]. Klimageographisch ist das Lausitzer Braunkohlerevier in die thermisch kontinentalen Bereiche des nordostdeutschen Tieflandes einzuord-

nen. Das langjährige Mittel (1981 bis 2010) der Niederschlagsmenge beträgt 600 bis 650 mm/Jahr und die Jahresmitteltemperatur 8,5 °C [9].

Für die Untersuchung der Wurzelerwicklung wurden zwei Teilflächen ausgewählt: eine im Herbst 2016 maschinell bepflanzte Fläche sowie eine ebenfalls im Herbst 2016 angelegte Saatfläche. Auf beiden Flächen stocken Traubeneichen, wobei den Eichen auf der Pflanzfläche außerdem im Schachbrettmuster Schwarz-erle und Zitterpappel beigemischt sind.

Die Entstehung der Flächen ist auf die Verkipfung und Planierung des Abraummateri- als im Tagebau Jämschwalde zurückzuführen. Hierbei wurden tertiäre und quartäre Substrate vermischt, sodass

Schneller ÜBERBLICK

- » Aufforstungen auf ehemaligen Tagebauflächen mit zerstörter Bodenstruktur sind eine enorme Herausforderung
- » Eichensaaten entwickeln auf Rekultivierungsböden ein deutlich ausgeprägteres Wurzelsystem als gepflanzte Eichen
- » Gepflanzte Eichen mit schnellerem Höhenwachstum verhindern die Winderosion
- » Die Kombination beider Verfahren auf einer Fläche scheint die nachhaltigste Methode zu sein

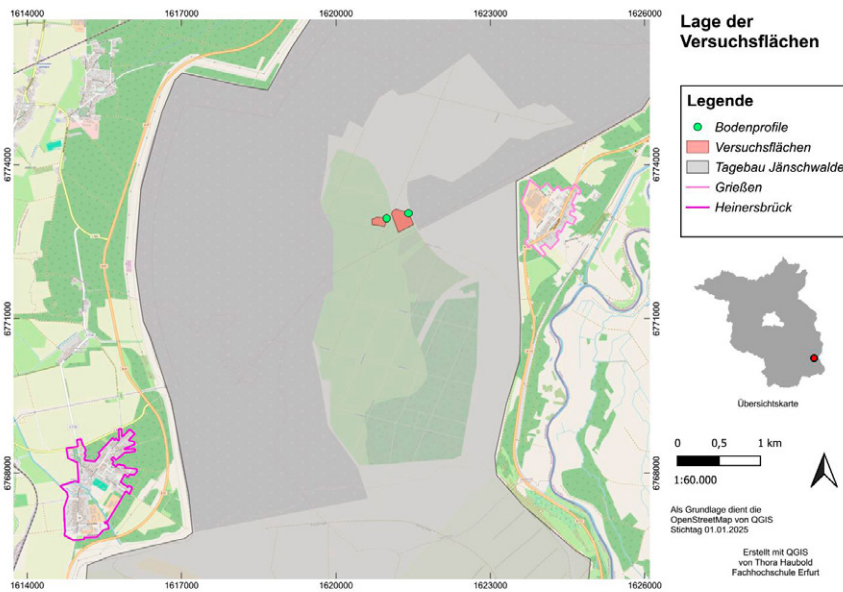


Abb. 2: Kartographische Einordnung der Lage der Versuchsflächen im Tagebau Jämschwalde

ein flach welliges Relief und ein grundwasserferner Standort entstehen [7]. Die bodengeologischen Kartierungen aus dem Jahr 2015 weisen einen kiesführenden Kipp-Kohlelehmsand mit quartären Beimengungen aus. Dieser ist durch eine geringe nutzbare Feldkapazität, hohe Wasserdurchlässigkeit und eine insgesamt saure Bodenreaktion gekennzeichnet. Der Standort ist karbonatfrei und wird der Nährkraftstufe M (mittel) zugeordnet [7]. Ein Qualitätsnachweis von 2016 bestätigt eine bis 1 m Tiefe durchgeführte Melioration mit Kalkung und Düngung [8]. Dennoch zeigen die pH-Werte erhebliche Unterschiede [8]: So weist die Pflanzfläche oberflächlich zwar neutrale bis mäßig saure Bedingungen auf (pH = 6,5), fällt in tieferen Schichten jedoch auf extrem saure pH-Werte ab (pH = 2,5) [1]. Bei der Saatfläche ist der Abfall nicht ganz so stark (pH = 6,9 - 3,2).

Zur Bestimmung der Höhen, Wurzelhalsdurchmesser und der Pflanzendichte wurden stichprobenartig drei Reihen von je 100 m Länge auf beiden Flächen ausgewählt. Daraus wurden vier Probebäume ausgewählt, je zwei aus Pflanzung und Saat. An jedem der ausgewählten Bäume wurde ein Bodenprofil durch einen Minibagger quer zur Reihe [5] angelegt. Für die Erfassung der Wurzeln diente ein Aluminiumrahmen mit 1 x 1 m Innenmaß, der sich durch ein 10-cm-Raster in Quadranten unterteilt [5]. Die Wurzeln wurden nach Köstler et al. (1968) in drei Durchmesserstufen eingeteilt: Grobwurzeln (5-20 mm), Schwachwurzeln

(2-5 mm) und Feinwurzeln (≤ 2 mm) [12]. Wurzeln der Begleitvegetation wurden nicht berücksichtigt.

Zur Prüfung signifikanter Unterschiede zwischen den genannten Parametern gesäter und gepflanzter Traubeneichen wurde der nicht-parametrische Mann-Whitney-U-Test mittels SPSS Statistics durchgeführt, da die Daten nicht normalverteilt sind [11].

Ergebnisse

Auf der Saatfläche wurde eine Mittelhöhe von 140 cm und ein mittlerer Wurzelhalsdurchmesser von 3,0 cm ermittelt, bei einer Pflanzendichte von

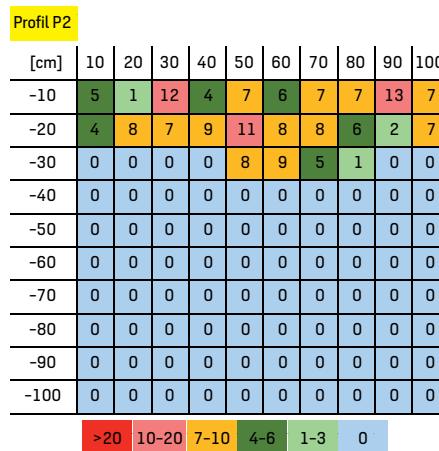


Abb. 3: Wurzelverteilung und -anzahl im Zählrahmen von Bodenprofil 2 (Pflanzfläche). Die Farben bedeuten die Wurzelanzahl im Zählrahmen

4.750 St./ha. Viel höher ist die Pflanzendichte auf der Saatfläche mit 32.375 Pflanzen pro Hektar. Dafür beträgt die Mittelhöhe nur 61 cm und der mittlere Wurzelhalsdurchmesser 1,3 cm. Als problematisch erwies sich daher die objektive Ermittlung der vier Probebäume. Den arithmetischen Mittelbaum zu Grunde zu legen, hätte die teilweise gut entwickelten Saatpflanzen wegen der extrem hohen Pflanzenzahl stark benachteiligt. So wurde als Weiserwert eine Oberhöhe der 600 stärksten Bäume pro Hektar definiert [24]. Auf der Pflanzfläche liegt der Großteil der Wurzeln in den oberen 30 cm. Die Wurzelentwicklung endet recht abrupt in dieser Tiefe, sodass nur 12 % aller erfassten Wurzeln unterhalb von 30 cm Bodentiefe liegen. Die Feinwurzeln dominieren deutlich, während Schwach- und Grobwurzeln nur vereinzelt auftreten (Abb. 3).

Auf der Saatfläche (Abb. 4) erstrecken sich die Wurzeln deutlich tiefer. Sie erreichen die maximale Zählrahmentiefe von 1 m, wobei 25 bis 39 % der Wurzeln unterhalb von 30 cm liegen. Schwachwurzeln dringen bis 90 cm Tiefe vor, Grobwurzeln bis 40 cm. Die horizontale Verteilung ist annähernd gleichmäßig. Mit 311 erfassten Wurzeln wird eine deutlich höhere Anzahl als bei den Pflanzprofilen (124 und 201 Wurzeln) festgestellt. Die Feinwurzeln überwiegen deutlich und sind auch in größeren Tiefen noch zahlreich vorhanden (66 Feinwurzeln ab 60 cm). Die Schwachwurzeln konzentrieren sich in

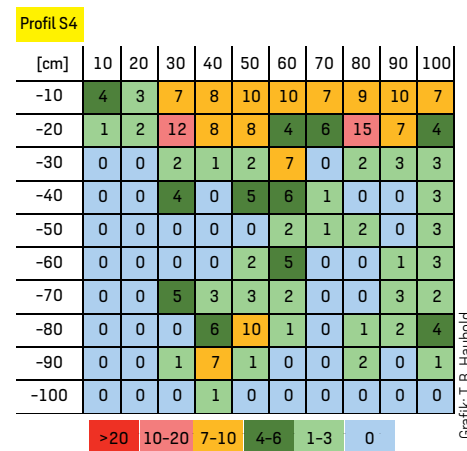


Abb. 4: Wurzelverteilung und -anzahl im Zählrahmen Bodenprofil 4 (Saatfläche)



den unteren Bodentiefen (80 cm), während Grobwurzeln nur vereinzelt auftreten. Die Wurzelichte beträgt zwischen 2,9 und 3,1 Wurzeln/dm². Somit konnte klar herausgestellt werden, dass sich die Wurzeln auf der Pflanzfläche stark in den oberflächennahen Bereichen konzentrieren, während die Wurzeln auf der Saatfläche tiefer und insgesamt zahlreicher wachsen. Die Feinwurzeln dominieren in allen Profilen, Schwach- und Grobwurzeln sind auf die oberen Bodenbereiche beschränkt.

Eine zusätzliche Bestätigung erhalten diese Aussagen durch das Ausgraben je einer gepflanzten und einer gesäten Eiche (Abb. 5 u. 6). Bei der gepflanzten endet das Wurzelsystem etwa bei 40 cm, während die gesäte Eiche in 174 cm Tiefe gekappt werden musste, weil die Boden-grube nicht tiefer reichte.

Diskussion

Die deutlichen Unterschiede im Höhenwachstum der Eichen lassen sich durch verschiedene Aspekte erklären. Zum einen können die höheren Werte der gepflanzten Eichen auf den Altersvorsprung von zwei Jahren und die günstigeren Ausgangsbedingungen in der Baumschule zurückzuführen sein. Wider Erwarten führt dies bei den gepflanzten Exemplaren nicht zu einem stärkeren Wurzelwachstum. Während die Pflanz-bäume ihre Energie in den ersten Jah-



Foto: T.B. Haubold

Abb. 5: Wurzelbild der vollständig ausgegrabenen Eiche aus Profil 1

ren vor allem in Spross und Wurzelhals-durchmesser investieren, müssen gesäte Eichen zunächst ihr Wurzelsystem etablieren [12]. Dies könnte ihr größeres Wurzelsystem bei gleichzeitig langsamerem oberirdischem Wachstum erklären. Zusätzlich führt der höhere Konkurrenzdruck auf der Saatfläche zu begrenztem Zugang zu Licht und Wasser [2], während die gepflanzten Bäume durch geringere Konkurrenz gleichmäßiger wachsen.

Die Pflanzfläche weist starke Versauerung in tieferen Schichten auf (pH < 5,5), was das Tiefenwachstum der Wurzeln hemmt. Auf der Saatfläche liegen die oberen 66 cm nahe am neutralen Bereich, was Nährstoffverfügbarkeit und Wurzelentwicklung begünstigt [1]. Allerdings ist bei der Saatfläche auch im stark sauren Bereich (pH 3,9) kein sprunghafter Abfall der Wurzelentwicklung zu erkennen.

Die mechanische Verdichtung durch Abbauprozesse oder Maschinen [10] kann ebenfalls das Eindringen der Wurzeln erschweren [20] und eine seitliche Ausbreitung verstärken [6]. Da sich auf der Saatfläche jedoch eine gute Durch-



Foto: T.B. Haubold

Abb. 6: Wurzelbild der vollständig ausgegrabenen Eiche aus Profil 4

„Eine Kombination aus Saat und Pflanzung erscheint für Aufforstungen auf Rekultivierungsflächen des Braunkohlenbergbaus am erfolgversprechendsten.“

THORA BELLONA HAUBOLD

wurzelbarkeit bis in 1 m Tiefe zeigt, ist eine lokale Bodenverdichtung auf der Pflanzfläche eine Möglichkeit. Die wasser-durchlässigen Kippböden führen zu Wassermangel im Oberboden. Gesäte Bäume entwickeln tiefe Wurzeln, um nach unten versickertes, pflanzenverfügbares Wasser zu erreichen, während gepflanzte Bäume oberflächennah bleiben.

Die Ausbringung der Eichen durch Pflanzung bringt entscheidende Vorteile mit sich, kann aber das Wurzelwachstum beeinträchtigen. Häufig entstehen durch den Wurzelschnitt in der Baumschule [22] oder Pflanzungsfehler [19] Schäden, die zu Pflanzschock [6], Wurzelstauung und Deformation führen. Dadurch bleibt die Hauptwurzel oft flach und auch die Seitenwurzeln weichen von ihrer ursprünglichen Wuchsrichtung ab [14], was die Stabilität des Baumes mindert. Dies ist eine häufig beobachtete Reaktion auf Wurzelschäden [14]. Die Saat bietet demgegenüber klare Vorteile. Die Wurzeln können ungestört und standortangepasst wachsen, wodurch ein tiefreichendes, stabiles Wurzelsystem entsteht.

Das horizontale Wurzelwachstum der Eichen ist weniger stark ausgeprägt als das vertikale und liegt überwiegend in den oberen 30 cm des Bodens. Auf der Pflanzfläche sind die Wurzeln anteilig oberflächennaher, während die gesäten Eichen tiefer wurzeln. Auf der Pflanzfläche liegt der Boden in tieferen Bodenregionen im stark sauren Bereich, was das Vertikalwachstum der Wurzeln hemmt. Die Pflanzen reagieren darauf, indem sie ihre Wurzeln stärker horizontal ausbreiten, um in den oberflächennahen

Schichten die dort verfügbaren Nährstoffe aufzunehmen [21]. Zudem kann geschlossen werden, dass die Wurzelverletzungen der gepflanzten Bäume dazu führen, dass die Hauptwurzel ihre ursprüngliche Wuchsrichtung verliert und horizontal weiterwächst. Die Ausgrabung des gepflanzten Baumes bestätigt diese Aussage.

Folgerungen

Saatbäume bilden ein deutlich tiefer reichendes, stabileres Wurzelsystem, was ihre Standsicherheit und Trockenresistenz erhöht. Das Wurzelwachstum der gepflanzten Eichen hingegen begrenzt sich auf den Oberboden. Die horizon-

Literaturhinweise:

Download des Literaturverzeichnisses in der digitalen Ausgabe von AFZ-DerWald (<https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald>) sowie unter: www.forstpraxis.de/downloads

tale Verteilung ist bei beiden Verfahren ähnlich und unterstützt die Nährstoff- und Wasseraufnahme. Ursachen für das eingeschränkte Tiefenwachstum der Pflanzbäume könnten Wurzelschnitt, Pflanzfehler oder ungünstige Standortbedingungen sein. Eindeutige Zusammenhänge lassen sich wegen des notwendigerweise begrenzten Stichprobenumfangs nicht abschließend klären. Insgesamt zeigt sich, dass die Saat ein natürliches Wurzelsystem begünstigt, die Pflanzung aber Vorteile bei der Bestandesbegründung bietet. Eine Kombination beider Verfahren könnte daher eine erfolgversprechende Strategie zur Etablierung stabiler Eichenbestände auf Kippenflächen darstellen. Aufgrund ihrer hohen Anpassungsfähigkeit gilt die Traubeneiche zudem als zukunftsfähige, klimastabile Baumart für die Rekultivierung. Für belastbare Handlungsempfehlungen sind weitere standortspezifische Studien notwendig.



Thora Bellona Haubold
afzmail@thora.cc

hat ihre Bachelorarbeit in der Fachrichtung Forstwirtschaft und Ökosystemmanagement der Fakultät für Landschaftsarchitektur, Gartenbau und Forst an der FH Erfurt geschrieben. Dr. Karl Preußner leitete bis 2007 die forstliche Rekultivierung der Braunkohlentagebaue der Vattenfall Europe Mining AG in Cottbus und betreute gemeinsam mit Prof. Dr. Dirk Landgraf die Bachelorarbeit. Er ist Inhaber der Professur für Nachhaltigkeitsrohstoffe und Holzmarktlehre an der Fachhochschule Erfurt.

Know-how für echte Profis

Das **Forst&Technik** Sonderheft Forstraupen!



- ✓ Vielfältige Einsatzmöglichkeiten
- ✓ Umfassender Marktüberblick
- ✓ 88 Seiten kompaktes Fachwissen
- ✓ Technische Daten von 61 Forstraupenmodellen

* zzgl. Versandkosten (Deutschland: 5,90 €, Österreich: 6,50 €, Schweiz: 8,40 SFr).
Ab 30 € Bestellwert versandkostenfrei.



Jetzt bestellen unter: forstundtechnik.de/ratgeber
Telefon: +49 89 12705-228 · E-Mail: produkt@dlv.de