



Abb. 1: Kulla-Kultivator

# Kulla-Kultivator fördert Kiefern-Naturverjüngung

Karsten Posselt, Franka Huth, Sven Wagner, Arne Barkhausen, Michael Müller

Die Gemeine Kiefer nimmt im Nordostdeutschen Tiefland einen Anteil von 70 % ein [1]. Damit kommt dieser Baumart auch in Zukunft eine große wirtschaftliche Bedeutung zu. Im Zuge naturnaher und ökonomisch günstiger Waldbaukonzepte soll die Verjüngung heute natürlich erfolgen. Zur Unterstützung des Verjüngungserfolgs kann hier, auch auf zertifizierten Flächen, der Kulla-Kultivator eingesetzt werden [10]. Die Wirkung des Kulla-Kultivators auf die Verjüngung der Kiefer wurde beispielhaft in den Revieren Preilack und Drachhausen (Oberförsterei Cottbus, Land Brandenburg) untersucht. Neben der Charakterisierung vorhandener Bodendeckungsvarianten konnte die Erhöhung der Verjüngungsdichten nachgewiesen und quantifiziert werden.

## Naturverjüngung der Kiefer – eine waldbauliche Herausforderung

Bevor der Grundstein für eine planmäßige und intensive Forstwirtschaft im 19. Jahrhundert gelegt wurde, erfolgte die Verjüngung von Kiefernbeständen vor allem aus Kostengründen auf natürlichem Wege [2, 11, 25]. Die erneute Diskussion um eine erfolgreiche Umsetzung natürlicher Verjüngungsverfahren für die Baumart Kiefer

ist durch veränderte Rahmenbedingungen verursacht [8]. Dabei geht es um Klimawandel, wirtschaftliche und zugleich auch ökologisch veränderte Ansprüche. Die kontinuierliche Stickstoffanreicherung im Oberboden ärmerer Standorte, die nachweislich eine Förderung konkurrenzstarker Bodenvegetation zur Folge hat, ist ein weiterer Teilaspekt veränderter Umweltbedingungen [1, 5, 10]. Das natürliche Verjüngungsfenster für die Pionierbaumart Kiefer ist somit deutlich begrenzt. Eine Unterbrechung der Konkurrenzwirkung, die von der Bodenvegetation ausgeht, ist daher besonders während der frühen Etablierungsphase erforderlich.

Verfahren zur flächigen Oberbodenfreilegung werden aus Gründen der Bodenpfleglichkeit und der Gewährleistung kontinuierlicher Bestandesbedingungen abgelehnt [22]. Die Suche nach geeigneten Verjüngungsverfahren mit einem vertretbaren Technisierungsgrad ist bedeutsam für großflächige Kieferngebiete, die eine konkurrenzstarke Bodenvegetation, wie

Land-Reitgras (*Calamagrostis epigejos*), Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*) oder Blaubeere (*Vaccinium myrtillus*) aufweisen.

## Einsatz des Kulla-Kultivators

Den Ausführungen der PEFC-Leitlinien [22] ist zu entnehmen, dass unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen der Zertifizierung

„auf eine flächige, in den Mineralboden eingreifende Bodenbearbeitung zu verzichten ist. Eine schonende Bodenverwundung sowie eine plätzeweise und streifenweise Bodenbearbeitung ist zulässig, wenn die Einleitung der Verjüngung auf anderem Wege nicht möglich ist.“

Der Einsatz des Kulla-Kultivators (Abb. 1) stellt ein technisches Verfahren dar, welches diesen Ansprüchen der Zertifizierungsbestimmungen gerecht wird [10, 18].

Der Kultivator wird durch eine Dreipunktaufhängung mit einem 60 bis 80 PS starken Schlepper verbunden und arbeitet mit einer drehbaren Mühle, an der sich viermal drei Eingriffswerkzeuge befinden. Die drei Mühlenarme greifen grubberartig in die Humusschicht (Arbeitstiefe bis 10 cm) und die Bodenvegetation ein und legen im vorgegebenen Zeittakt den Mineralboden frei [3]. Danach gibt die Anschlagrolle die Mühle so frei, dass sie bis zu den nächsten drei Mühlenarmen (90°) weiterdrehen kann. Dabei bleibt das abgezogene Material (Aufwurf) umgekehrt liegen und der nächste Eingriff beginnt [3, 29]. Das Ergebnis in einem derart behandelten Kiefernaltbestand ist eine kleinflächige, mosaikartige Freilegung des Mineralbodens und zugleich die vorüber-



Abb. 2: Mit dem Kulla-Kultivator bearbeitete Untersuchungsfläche

K. Posselt ist Absolvent der Forstlichen Fakultät in Tharandt. F. Huth ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Waldbau und Forstschutz in Tharandt. S. Wagner ist Professor für Waldbau an der Forstlichen Fakultät in Tharandt. A. Barkhausen ist Leiter der Oberförsterei Cottbus, AfF Peitz, Land Brandenburg. M. Müller ist Professor für Forstschutz an der Forstlichen Fakultät in Tharandt.



Karsten Posselt  
karsten.posselt@gmx.de

## Untersuchungsgebiet und methodisches Vorgehen

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Südosten des Landes Brandenburg (20 km nördlich von Cottbus; Reviere Drachhausen und Preilack) und wird dem Wuchsgebiet Mittelbrandenburger Talsand und Moränenland zugeordnet [15]. Das gesamte Gebiet ist durch Gletscher-, Schmelzwasser und Beckenablagerungen des Weichsel-Glazials beeinflusst [12]. Als Untersuchungsflächen wurden homogene Kiefernreinbestände ausgewählt, die auf Standorten der Nährkraftstufen Z2 (ziemlich arme Trophie, mäßig frische Wasserversorgung) und A2 (arme Trophie, mäßig frische Wasserversorgung) stocken [15].

Von den Flächen, die mit dem Kulla-Kultivator bearbeitet wurden, gelangten jene zur Auswahl, die eine Mindestflächengröße von 2 ha und ein Bestandesalter von mehr als 80 Jahren umfassten.

Unter Berücksichtigung der genannten Kriterien konnten neun Kiefernbestände untersucht werden (Tab. 1), die in drei unterschied-

lichen Jahren 2005, 2006 und 2008 durch den Kulla-Kultivator bearbeitet wurden. Für das Jahr 2007 stand kein Bestand zur Verfügung, und für das Jahr 2005 konnte lediglich ein Bestand ausgewählt werden.

Die ausgewählten Flächen verfügten über die Humusarten Rohhumus (Ro) und Mager-Rohhumus (Ma). Aufgrund der unterschiedlichen Flächengröße der Bestände ergibt sich eine unterschiedliche Anzahl an Probepunkten (Tab. 1, letzte Spalte; Größe der Probepunkte 1 x 1 m), die systematisch in einem Raster von 30 x 10 m im Bestand angelegt wurden. Da die Arbeitsrichtung des Kultivators von West nach Ost verlief, wurde für die Messlinien eine um 90° versetzte Richtung (Nord-Süd) gewählt.

Alle vorliegenden Untersuchungsergebnisse stammen aus dem Aufnahmezeitraum Spätsommer bis Herbst 2009. Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistik-Programm SPSS 15.0 und umfasst die Anwendung parametrischer Mittelwertvergleiche (T-Tests).

genommen. Dabei waren die Anteile der Probepunkte aller Kiefernbestände zu 60 % mit Moosen, 14 % Gräsern, 12 % Kulla-Plätzen (Bereich mit freigelegtem Mineralboden), 8 % Aufwurf und 6 % Nadelstreu bedeckt. Aufgrund der unterschiedlichen Einsatzjahre des Kultivators bot sich die Betrachtung nach Jahren an. Abb. 3 zeigt, dass im Jahr der Aufnahme 2009 ein Anstieg der Kulla-Platzanteile vom Jahr 2005 (7 %) zum Jahr 2008 (14 %) erkennbar ist. Dies gilt gleichermaßen für den Aufwurf. Die Anteile mit Moos lassen hingegen im Mittel mit 71 % (2005) und 60 % (2008) einen leichten Rückgang erkennen. Diese Anteilsverschiebungen können jedoch auch nach statistischer Prüfung (T-Test, nicht signifikant) nur als Trend angesehen werden. Auch die Bereiche mit Gräsern und Nadelstreu weisen deutliche und auf die Einzelfläche zurückzuführende Schwankungen in den Anteilen auf, sodass sich kein Trend innerhalb der zeitlichen Entwicklung abbilden lässt.

## Verjüngungssituation in den untersuchten Kiefernaltbeständen

Aus Tab. 2 kann zunächst die mittlere und die maximal vorgefundene Verjüngungsdichte je Quadratmeter auf den einzelnen Untersuchungsflächen, jedoch unabhängig von der Bodendeckungsvariante, entnommen werden. Innerhalb eines Etablierungsjahres zeigen sich anhand der mittleren Verjüngungsdichten sowohl für 2006 mit 0,6 bis 6,4 Kiefern pro m<sup>2</sup> als auch für das Jahr 2008 mit 0,5 bis 5,8 Kiefern-sämlingen pro m<sup>2</sup> enorme Unterschiede im Verjüngungserfolg der Bestände. Für beide Etablierungsjahre gilt außerdem, dass auf einzelnen Flächen maximale Dichten an Verjüngungspflanzen von umgerechnet mehr als 40 000 Individuen pro Hektar erreicht wurden. Insgesamt lag die mittlere Verjüngungsdichte der Kiefern, alle Untersuchungsflächen eingeschlossen, bei 28 000 Individuen pro Hektar.

Da der Verjüngungserfolg auch daran gemessen wird, ob eine flächige Präsenz der Naturverjüngung vorliegt, sollen die Angaben zum Variationskoeffizienten (in Tab. 2 mit VK bezeichnet) Berücksichtigung finden. Dies gilt auch für die Anteile an Probepunkten, die keine Kiefernverjüngung aufweisen. Insbesondere auf den Flächen C (2006) und F (2008) konnten auf mehr als 70 % aller Probepunkte keine Verjüngungspflanzen gefunden werden. Größere Schwankungen innerhalb einer Bestandesfläche zeigen sich hingegen auf der Fläche I (VK > 211,1). Dies legt den Schluss größerer Heterogenität in den

**Tab. 1: Kenndaten der untersuchten Kiefernreinbestände, die in den Revieren Drachhausen und Preilack mit dem Kulla-Kultivator bearbeitet wurden. (Bezeichnungen der Humusform: Ro – Rohhumus, Ma – Mager-Rohhumus, n – Stickstoffstufe, b - Basenstufe)**

Fläche	Kultivator-einsatz	Bestandes-alter	Flächen-größe [ha]	B°	Nährkraft-stufe	Humus-form	Anzahl der Probepunkte
A	Mai 05	124	2,2	0,7	Z 2	mn4b4 Ro	41
B	Feb 06	123	2,2	0,7	Z 2	mn4b3 Ro	54
C	Feb 06	131	1,9	0,4	Z2	tMa	48
D	Mrz 06	137	4,2	0,7	Z 2	mn4b4 Ro	112
E	Apr 06	122	7,1	0,7	Z 2	mn4b4 Ro	131
F	Mrz 08	108	3,8	1,0	Z 2	tMa	111
G	Apr 08	106	3,4	0,9	A 2	tMa	83
H	Jun 08	109	5,8	1,0	A 2	tMa	125
I	Jun 08	90	5,5	1,1	A 2/ Z2	tMa/mMa	104

gehende Unterbrechung der Konkurrenz durch die Bodenvegetation (Abb. 2). Die Schirmstellung des Kiefernaltbestandes bleibt unter diesen Bedingungen erhalten.

## Charakterisierung der Probepunkte

Auf den neun Untersuchungsflächen wurden insgesamt 809 Probepunkte auf-

**Tab. 2: Angaben zur Dichte der Kiefernaltverjüngung auf den Probepunkten der Untersuchungsflächen A bis I (VK bezeichnet den Variationskoeffizienten, der die Streuung in den Daten beschreibt). Ausgewiesen sind insbesondere auch die Verjüngungsdichten auf den vom Kulla-Kultivator bearbeiteten Partien („Kulla“) im Vergleich zu den vom Moos bedeckten Bereichen („Moos“).**

Fläche (Jahr)	Max. Verjüngungsdichte auf einem Probepunkt [N/m <sup>2</sup> ]	Mittlere Verjüngungsdichte [N/m <sup>2</sup> ]						Probepunkte ohne Verjüngung
		Gesamt	(VK)	Kulla	(VK)	Moos	(VK)	
A (05)	11	1,7	(123,5)	1,2	(225,0)	0,3	(300,0)	34,1 %
B (06)	11	2,3	(113,0)	1,7	(252,9)	0,1	(200,0)	33,3 %
C (06)	5	0,6	(200,0)	1,4	(257,1)	0,3	(300,0)	70,8 %
D (06)	46	6,4	(120,3)	24,6	(92,3)	3,9	(151,3)	19,6 %
E (06)	45	6,1	(142,6)	32,3	(108,4)	3,1	(145,2)	22,9 %
F (08)	5	0,5	(200,0)	4,3	(174,4)	0,1	(600,0)	73,9 %
G (08)	8	1,1	(163,6)	1,1	(309,1)	0,0	(-)	55,4 %
H (08)	40	5,8	(122,4)	30,9	(85,1)	3,1	(129,0)	22,4 %
I (08)	14	0,9	(211,1)	4,1	(153,7)	0,4	(575,0)	63,5 %

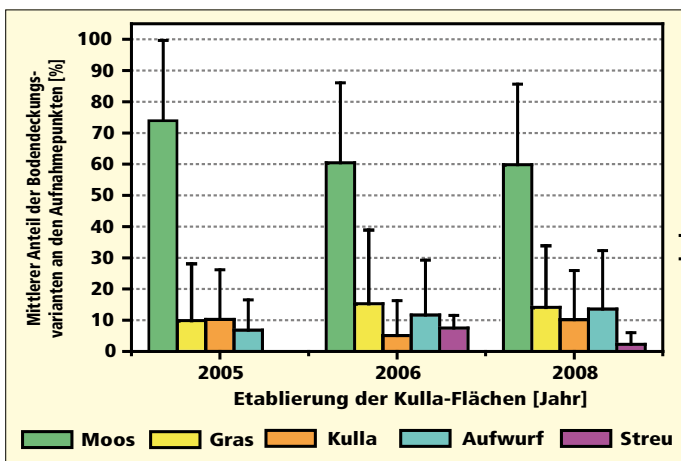


Abb. 3: Situation der Bodendeckungsvarianten auf den Untersuchungsflächen im Jahr 2009, unter Berücksichtigung des Etablierungszeitpunkts. Die statistische Prüfung der Unterschiede blieb auf die Untersuchungsjahre 2006 und 2008 begrenzt, da im Jahr 2005 nur 1 Fläche zur Verfügung stand.

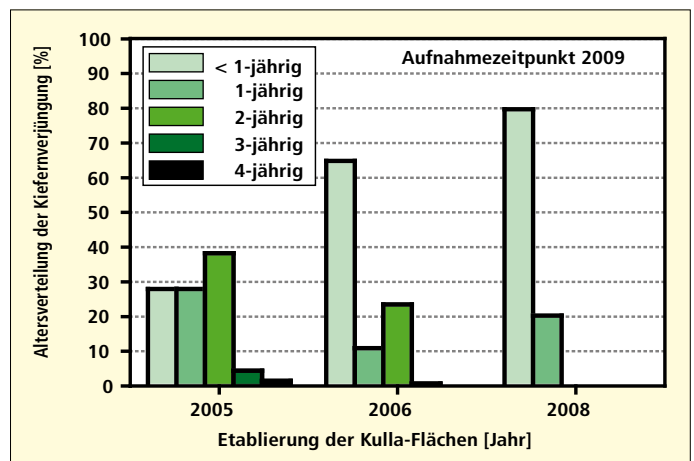


Abb. 4: Altersverteilung der Kiefernverjüngung auf den Untersuchungsflächen

Verjüngungsdichten innerhalb einer Fläche nahe.

Obwohl die Anteile an Moosen auf den Probestellen vergleichsweise hoch waren (Abb. 3), lagen hier die mittleren Verjüngungsdichten auf einem geringeren Niveau als auf den Kulla-Plätzen (Tab 2). Insgesamt erreichte die mittlere Verjüngungsdichte auf allen Kulla-Plätzen einen Wert von mehr als 10 000 Individuen je Hektar. Besonders hohe Werte von mehr als 300 000 Kiefern je Hektar konnten auf den Flächen E und H ermittelt werden. Zudem wurde auf Bereichen mit Gräsern und Nadelstreu keine Kiefernverjüngung festgestellt.

### Altersverteilung der Verjüngung

Neben den Verjüngungsdichten sollte im Rahmen einer Ursachenanalyse auch die Altersverteilung der Kiefernverjüngung auf den erfassten Probestellen ermittelt werden. Dabei spiegeln sich die unterschiedlichen Bearbeitungszeitpunkte auf den Flächen auch in der Altersverteilung der Kiefernverjüngung wider. Auf den Flächen F und I (2008) sind zwischen der Behandlung durch den Kulla-Kultivator und der Aufnahme der Verjüngung etwa 1 bis 1,5 Jahre vergangen. In der grafisch dargestellten Altersverteilung (Abb. 4) wird dies anhand der großen Anteile (80 %) von Verjüngungspflanzen deutlich, die weniger als 1 Jahr alt sind. Dieser Anteil sinkt auf den Flächen aus dem Jahr 2006 auf einen Anteil von 65 % ab und vermindert sich nochmals auf 28 % für die Untersuchungsfläche A, die bereits im Jahr 2005 mit dem Kulla-Kultivator behandelt wurde.

Auffällig ist der vergleichsweise hohe Anteil 2-jähriger Kiefern auf den Flächen aus dem Jahr 2005 (38 %) und 2006 (24 %), der den Anteil 1-jähriger Kiefern deutlich übersteigt. Bei genauerer Betrachtung

auf Ebene der einzelnen Bestandesflächen wird deutlich, dass dieser Effekt für das Jahr 2006 in besonderem Maße durch den Kiefernbestand B (Anteil 2-jähriger Kiefern 61 %) verursacht ist. Die ältesten Kiefern (4-jährig) auf der Fläche A nehmen lediglich einen Anteil von 1,5 % aller gemessenen Verjüngungspflanzen dieses Bestandes ein.

### Einfluss der Bodendeckungsvarianten

Die Betrachtung der Verjüngungsdichten hat bereits verdeutlicht, dass ein unmittelbarer Einfluss der Bodendeckungsvarianten nahe liegt. Von besonderem Interesse ist hier der Effekt der Kulla-Plätze, die durch den technischen Einsatz und somit durch zusätzlichen Aufwand erzeugt wurden. Eine genauere Aussage ist durch die unmittelbare Gegenüberstellung der Anteile an Kulla-Plätzen zur Verjüngungsdichte möglich. Abb. 5 bestätigt den positiven Effekt der Kulla-Plätze auf die Verjüngungsdichte. Diese lassen sich als lineare Zusammenhänge darstellen und besitzen eine flächenübergreifende Gültigkeit. Dennoch unterscheidet sich die Stärke des Zusammenhangs zwischen den Etablierungszeitpunkten. Ähnliche Trends lassen sich auch für die Anteile mit Aufwurf und Moosen zeigen. Diese Trends können jedoch nicht statistisch belegt werden, da auch die Stärke des jeweiligen Zusammenhangs gering ist (nicht signifikant).

Es ergibt sich auf einzelnen Bestandesflächen weiterhin ein negativer linearer Zusammenhang zwischen dem gesamten Grasanteil auf dem jeweiligen Probestellen und der Gesamtverjüngungsdichte (Fläche C und E;  $R^2 = 0,1-0,2$ ;  $P < 0,01$ ). Dieser Zusammenhang ist demnach unabhängig vom eigentlichen Mikrostandort gültig, der das unmittelbare Umfeld der Kiefernverjüngung charakterisiert.

### Bewertung des Kulla-Einsatzes

Die Anpassung von Verjüngungsverfahren an bestehende, ökologisch und ökonomisch begründete Rahmenbedingungen beschäftigt gegenwärtig viele Waldbesitzer in den kieferndominierten Gebieten Deutschlands [6, 21]. Die Etablierung einer gesicherten Kiefernverjüngung

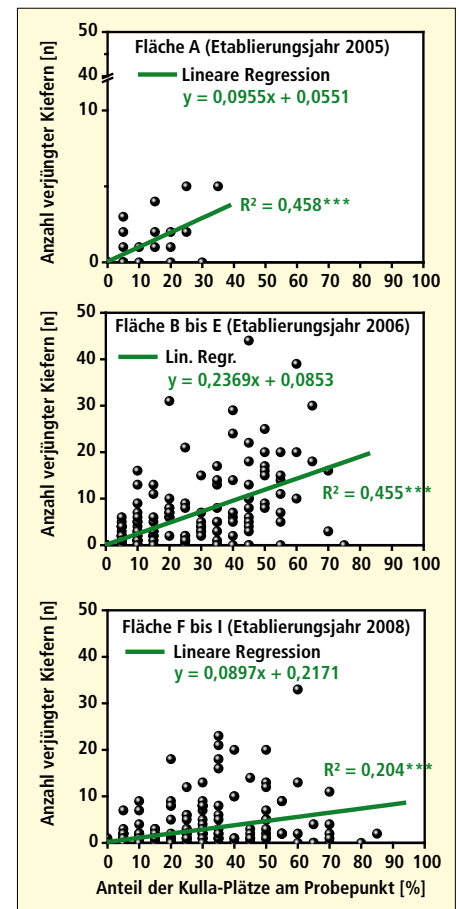


Abb. 5: Linearer Zusammenhang zwischen dem Anteil der Kulla-Flächen und der Anzahl an natürlich verjüngten Kiefern unter Berücksichtigung des Etablierungszeitpunkts (Lineare Regression auf dem Signifikanzniveau  $P < 0,0001$ )

erlangt dabei mit Blick auf ein praktikables, waldbauliches Handeln ebenso viel Interesse wie die Einbringung geeigneter Mischbaumarten [7, 19]. Seit geraumer Zeit werden die Möglichkeiten einer optimalen Kombination aus Schirmstellung und Bodenverwundung geprüft [14, 25]. Die Palette bodenschonender und zugleich flächig arbeitender Verfahren zur Verjüngung von Lichtbaumarten ist jedoch eingeschränkt [3]. Zudem ist der theoretische Kenntnisstand bisher nicht in ausreichendem Maße durch praktische Beispiele unterlegt.

Die vorliegende Untersuchung konnte auf die mehrjährige Anwendung des Kulla-Verfahrens in Kiefernbeständen vergleichbarer Standorte zurückgreifen. Angesichts vergleichsweise hoher Verjüngungsdichten, welche auch auf Ebene des Mikrostandorts auf den Kulla-Plätzen nachgewiesen werden konnten, muss zunächst von einem positiven Effekt des Verfahrens ausgegangen werden. Die bereits von WITTICH [31] und MALCOLM et al. [17] hervorgehobene, vorteilhafte Wirkung von Kleinstandorten, die mit Moosen (Speicherung der Feuchte) bewachsen sind, findet in unserer Untersuchung ebenfalls eine Bestätigung.

Eine abschließende Beurteilung des Verjüngungserfolgs ist jedoch noch nicht möglich, da bisher der Anteil der Kiefern mit einem Alter unter 2 Jahren überwiegt. Die nächsten 2 bis 5 Jahre werden darüber entscheiden, wie stark die Verjüngungsdichte durch Ausfälle abgesenkt wird. Erfahrungsgemäß erreichen die Mortalitätsraten natürlich verjüngter Pflanzen in den ersten zwei Entwicklungsjahren meist Werte von über 90 % [13, 24]. Diesen Effekt kann man auch in der Darstellung der Altersstufenanteile, die sich auf der Untersuchungsfläche A aus dem Jahr 2005 zeigen (Abb. 4), erkennen.

Für den praktischen Waldbau stellt sich jedoch die Frage, wie mit der offensichtlichen Heterogenität innerhalb eines Bestandes umzugehen ist. Hier kann die Chance zur Erzeugung kleinflächiger Ungleichaltrigkeit der Bestände liegen, die für die Baumart Kiefer sonst schwer zu erzeugen ist [11, 20, 28, 30]. Außerdem bieten Bestandesbereiche ohne Kiefernaturverjüngung die Option zur Anreicherung mit standortgerechten Mischbaumarten [4, 9]. Ferner sollte ein weiteres Augenmerk darauf gerichtet werden, welche Steuerungsmöglichkeiten der Kiefernschirm bietet. Angesichts geringer Zusammenhänge zwischen Bestockungsgrad (Tab. 1) und Verjüngungsdichte (Tab. 2) ist diesen Fragen weiter nachzugehen. Gleiches gilt für die Wahl eines optimalen

Bearbeitungszeitpunktes [3, 23, 29]. Konkrete Empfehlungen liegen in diesem Zusammenhang nicht vor.

Neben bestandes- bzw. regionalspezifischen Informationen zum Zapfenbehang der Altbäume muss die Wahrscheinlichkeit günstiger Witterungsbedingungen in der Keimungs- und Keimlingsphase eingeschätzt werden. Da der Einsatz des Kulla-Kultivators in das laufende Betriebsgeschehen integriert ist, fiel der bisherige Behandlungszeitraum mit Februar bis Juni sehr variabel aus. Es ist bekannt, dass die Freisetzung der Kiefern Samen hauptsächlich in einen Zeitraum von April bis Mai fällt [25]. Auch in diesem Zusammenhang bleibt offen, warum auf den Flächen H und I, die erst im Juni des Jahres 2008 durch den Kulla-Kultivator bearbeitet wurden, so unterschiedliche Verjüngungsdichten erreicht wurden.

Obwohl der Bearbeitungszeitpunkt vergleichsweise spät angesetzt war, kann der erste Verjüngungserfolg auf Fläche H als sehr gelungen eingeschätzt werden, während dies auf Fläche I unter vergleichbaren Bestandesbedingungen nicht der Fall war. Neben kleinstandörtlichen Unterschieden bleibt hier nur die Mutmaßung einer unterschiedlichen Fruktifikationsmenge der Altbäume oder einer verminderten Samenqualität. Die rückwirkende Prüfung des unmittelbaren Einflusses lokaler Klimabedingungen (Temperatur und Niederschlag) auf den Etablierungserfolg der Kiefernaturverjüngung erbrachte keine weiteren plausiblen Erklärungsansätze. Hier wäre eine zeitnahe Dokumentation von Verjüngungsdichte und Mikroklima zielführend, um auch die klimabedingte Wirkung des Altbestandsschirms besser einschätzen zu können [16, 26, 27].

## Folgerungen

Abschließend kann festgehalten werden, dass mithilfe der vorliegenden Untersuchung ein weiterer Schritt zur Quantifizierung des Verjüngungserfolgs der Baumart Kiefer getan wurde. Die unterstützende Wirkung durch den Einsatz des Kulla-Kultivators als boden- und bestandeschonender Behandlungsalternative in Kiefernreinbeständen konnte entsprechend unterlegt werden.

Für eine Optimierung des Verfahrens und die Offenlegung der Kausalitäten bedarf es weiterer, regionaler Informationen, die sich mit der Fruktifikation, den zeitnahen Klima- und Bestandeseffekten sowie den Mortalitätsursachen in der frühen Entwicklung der Kiefernaturverjüngung auseinandersetzen.

## Literaturhinweise:

- [1] ANDERS, S.; BECK, W.; BOLTE, A.; HOFMANN, G.; JENSEN, M.; KRAKAU, U.; MÜLLER, J. (2002): Ökologie und Vegetation der Wälder Nordostdeutschlands. Verlag Dr. Kessel, Oberwinter, 283 S.
- [2] BENINDE, J. (1938): Die Bedingungen für eine natürliche Verjüngung der Kiefer. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen Nr. 70, 166-170.
- [3] DOHRENBUSCH, A. (1997): Die natürliche Verjüngung der Kiefer (*Pinus sylvestris*). Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 123, J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 269 S.
- [4] ELMER, M.; GUTSCH, M.; BACHMANN, U.; BENS, O.; SUCKOW, F.; HÜTTL, R.F. (2009): Der Einfluss des Umbaus von Kiefern-Reinbeständen in Traubeneichen-Kiefern-Mischwäldern auf Standortqualität und Bestandesklima, Forst und Holz 64(3), 12-17.
- [5] EISENHAUER, D.-R. (2001): Bodenvegetations- und Verjüngungsdynamik in Kiefernbeständen in Abhängigkeit von Standort, Bestockungsstruktur und Verbissintensität. Forstarchiv 71, 3-16.
- [6] EISENHAUER, D.-R.; IRRGANG, S.; BEHRENS, S.; RITTER, K. (2004): Integration der Kiefern-Naturverjüngung in einen ökologisch orientierten Waldbau – Geotope, Bodenvegetation, Konkurrenz des Oberstandes. In: Naturverjüngung der Kiefer – Erfahrungen, Probleme, Perspektiven. Hrsg.: MLUR, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXI, Uni.-Druck. und Verl.-Gesellsch. Potsdam mbH, Potsdam und Eberswalde, 20-30.
- [7] FRITZ, P. (2006) Hrsg.: Ökologischer Waldumbau in Deutschland: Fragen, Antworten, Perspektiven. Verlag Oekom, München, 351 S.
- [8] GROß, J.; MÜLLER, J. (2006): Waldumbauplanung – Zukunftsziele der Waldentwicklung in Brandenburg. In: Tagungsband 1. Eberswalder Winterkolloquium. Hrsg.: MLUV, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXVI, Potsdam und Eberswalde, 16-21.
- [9] GROß, J. (2007): Langfristige Waldentwicklung und Waldumbaupotenziale von Kiefernbeständen in Brandenburg. In: Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung. Hrsg.: MLUV, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXII, Brandenburg. Uni.-Druck. und Verl.-Gesellsch. Potsdam mbH, 398.
- [10] HAGEMANN, H. (2004): Kiefern-Naturverjüngung auf mittleren und ziemlich armen Standorten – ein zertifizierungskonformes Konzept für die Lehrberufsstufe Finowtal. In: Naturverjüngung der Kiefer – Erfahrungen, Probleme, Perspektiven., Hrsg.: MLUR, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXI, Brandenburg. Uni.-Druck. und Verl.-Gesellsch. Potsdam mbH, 35-47.
- [11] HEINSDORF, M. (1994): Kiefernaturverjüngung – ein historischer Abriss. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 28, 62-65.
- [12] HENNINGSSEN, D.; KATZUNG, G. (2006): Einführung in die Geologie Deutschlands. 7., überarbeitete und erweiterte Auflage. Spektrum Akademischer Verlag. Abbildung 12.2-1: Vereinfachte Geologische Karte des Norddeutschen Tieflands mit Aufragungen des Untergrunds, 177.
- [13] JUNTUNEN, V.; NEUVONEN, S. (2006): Natural Regeneration of Scots Pine and Norway Spruce Close to the Timberline in Northern Finland. *Silva Fennica* 40(3), 443-458.
- [14] KARLSSON, M.; NILSSON, U. (2005): The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 205, 183-197.
- [15] KOPP, D.; SCHWANECKE, W. (1994): Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologischer Forstwirtschaft. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin GmbH, Berlin, 340 S.
- [16] LASAREW, J.; PENTJELKIN, S. (1984): Abhängigkeit der Individuendichte im Kiefernunterstand von der Dichte und Zusammensetzung des Oberstandes. *Lesnoje Chosjastvo* 56, 30-31. (in russisch).
- [17] MALCOLM, D. C.; MASON, W. L.; CLARKE, G. C. (2001): The transformation of conifer forests in Britain – regeneration, gap size and silvicultural systems. *Forest Ecology and Management* 151, 7-23.
- [18] MLUR (2002): Ergebnisse des PEFC-Audits 2002. (Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung).
- [19] MLUV (2007): Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXXII, Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft Potsdam mbH, 568 S.
- [20] MRAZEK, F. (1999): Kiefern-Naturverjüngung – einmal anders gesehen. *AFZ-Der Wald*, Nr. 17, 907-909.
- [21] MRAZEK, F. (2001): Aus Theorie und Praxis der Kiefern-Naturverjüngung. *AFZ-Der Wald*, Nr. 12, 617-619.
- [22] PEFC Deutschland e. V. (2009): Standards – PEFC Deutschland e. V. <http://www.pefc.de/waldwirtschaft/standards.html>, 15.08.2010.
- [23] RODE, J. (1984): Einsatzmöglichkeiten des Kulla-Kultivators bei der Bodenvorbereitung in den Staatlichen Forstämtern Sprakenohl und Binnen. Dipl.-Arbeit FH Hil./Holzm., FB Forstwirtschaft, 7-8, 13.
- [24] SHUGART, H. H.; LEEMANS, R.; BONAN, G. B. (1992): A Systems Analysis of the Global Boreal Forest. Cambridge-New York-Port Chester-Melbourne-Sydney: Cambridge University Press, 565 S.
- [25] VANSELOW, K. (1949): Natürliche Verjüngung im Wirtschaftswald. 2. Auflage, Neumann Verlag, Radebeul, 367S.
- [26] WAGNER, S. (2008): Zur räumlichen Optimierung der Altbestandsstellung im Rahmen schlagweiser Verfahren der Kiefernaturverjüngung. *Forst und Holz*, 63(4), 29-33.
- [27] WAGNER, S.; HERRMANN, I.; DEMPE, S. (2010): Spatial optimization for dispersion of remnant trees in seed-tree cuttings and retention-tree stands of Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25(5), 1-14.
- [28] WEIB, J. (1959): Kiefernachzucht auf Kleinflächen und unter Schirm. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 25, 460-464.
- [29] WIBBELT, A. (1981): Pflanzmaschinen – technischer Stand, Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungen. *Der Forst- und Holzwirt* Nr. 12, 277-280.
- [30] WIEDEMANN, E. (1926): Die Kiefernaturverjüngung in der Umgebung von Bärenthoren. *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen* 58, 269-304.
- [31] WITTICH, W. (1955): Die standörtlichen Bedingungen für die natürliche Verjüngung der Kiefer und für ihre Erziehung unter Schirm. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 109-117.