

Plentern mit Kiefern – Ergebnisse aus den USA

James M. Guldin

USDA Forest Service, Southern Research Station, Hot Springs (USA)

Don C. Bragg

USDA Forest Service, Southern Research Station, Monticello (USA)

Andreas Zingg

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)*

Plentern mit Kiefern – Ergebnisse aus den USA

Für die Plenterung mit Lichtbaumarten fehlen in Europa bisher wissenschaftlich zuverlässige Daten. Diese Lücke schliessen langfristige Versuche aus den USA, u.a. mit Gelbkiefern. Im südlichen Bundesstaat Arkansas wurden im Rahmen eines grossen Versuchs mit Mischbeständen von Loblolly-Kiefer (*Pinus taeda* L.) und Shortleaf-Kiefer (*Pinus echinata* Miller) im Jahr 1936 zwei je 16 ha grosse Parzellen ausgeschieden, in denen seither mittels einzelstammweiser Nutzung von vorwiegend Sägerundholz (BHD >30 cm) und mit Naturverjüngung geplentert wird. Ziel des Versuchs ist die Erforschung der Möglichkeiten und Grenzen ungleichaltrigen Waldbaus mit schattenintoleranten Baumarten und ob dieser in gepländerten Gelbkiefernbeständen angewendet werden kann, um Bestandesstruktur und Zuwachs zu verbessern und periodische Nutzungen zu ermöglichen. Die beiden Flächen hatten unterschiedliche Ausgangszustände – die eine war mehr oder weniger voll bestockt, die andere wies eine schwache Anfangsbestockung auf. Seit 1936 wurden in beiden Flächen 18 Vollerhebungen mit einer Kluppschwelle von 10 cm und 14 Plentereingriffe mit der Vorratskontrolle-Zieldurchmesser-Methode durchgeführt. Die ungleichförmige Struktur wurde mithilfe der Durchmesserverteilung auf vier Teilflächen und die Ungleichaltrigkeit mittels Jahrringinformationen überprüft. Beide Flächen blieben im ganzen Beobachtungszeitraum unter Schirm. Die anfänglichen Unterschiede in Bezug auf die Stammzahl, die Grundfläche und den Vorrat, den Vorratsanteil des Sägerundholzes, die mittlere Grundflächenhaltung und den Durchmesser des Grundflächen-Mittelstammes (d_g) glichen sich im Laufe der Zeit an, was die Flexibilität des Plenterns und die Tendenz zur Entwicklung von Beständen zeigt, in denen die Nutzung des Zuwachses nachhaltig zu sein scheint. Der d_g des ausscheidenden Bestandes lag am Anfang etwas über 20 cm, heute beträgt er mehr als 50 cm. Der durchschnittliche Gesamtzuwachs liegt bei etwa 6 m³/ha und Jahr. Die Ergebnisse zeigen, dass es sich hier um ungleichaltrige Bestände in einem fortgeschrittenen Stadium der Plenterüberführung handelt. Wir vermuten, dass, wenn keine grösseren natürlichen Störungen auftreten, die Plenterung in diesen Gelbkiefernbeständen in den Südstaaten der USA auch in Zukunft Erfolg versprechend sein wird.

Keywords: plentering, transformation to uneven-aged stands, light-demanding tree species, yellow pines, *Pinus taeda*, *Pinus echinata*, Arkansas, USA

doi: 10.3188/szf.2017.0075

* Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, E-Mail andreas.zingg@wsl.ch

Die Plenterung mit Lichtbaumarten wird kontrovers diskutiert. Verschiedentlich wurde die Hypothese formuliert, dass Plenterung mit allen Baumarten und Baumartenkombinationen möglich sei (Zingg et al 2009), «wenn der Vorrat bzw. die Grundfläche entsprechend den Lichtbedürfnissen der Baumarten gewählt wird» (Zingg 2012). Für die Kombination der drei schattentoleranten Baumarten Tanne, Fichte und Buche bestehen langjährige und gut dokumentierte Erfahrungen von der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL, von Forschungsanstalten in Europa sowie von schweizerischen und ausländischen Forstbetrieben. Daneben bestehen Erfahrungen mit der Buche in Thüringen. Im Ge-

gensatz dazu fehlen in Europa bis heute gut dokumentierte Beispiele für die Plenterung mit Lichtbaumarten, zum Beispiel mit Kiefern. Es mag wohl praktische Beispiele geben, ihr Wert ist in der Diskussion aber dadurch geschmälert, dass zu ihnen in der Regel keine wissenschaftlich verlässlichen Daten vorliegen. Diese Lücke können Beispiele aus den Südstaaten der USA füllen. Anlässlich einer Konferenz der IUFRO-Arbeitsgruppe 1.05.00, Uneven-aged Silviculture, im Sommer 2016 konnten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in Crossett, Arkansas, Bestände aus in den Südstaaten der USA vorkommenden Gelbkiefernarten besuchen, in denen seit mehreren Jahrzehnten geplentert wird und deren

Entwicklung auch wissenschaftlich gut dokumentiert ist. Die hier vorgestellten Daten und Ergebnisse sind den Exkursionsführern entnommen und aufbereitet worden.

Im Jahr 1934 wurde der Southern Forest Experiment Station (heute Southern Research Station) des U.S. Forest Service von der Crossett Lumber Company (heute Georgia-Pacific Corporation) im südlichen Teil des Staates Arkansas der Crossett Experimental Forest mit einer Fläche von 680.9 ha zur Verfügung gestellt mit dem Ziel, Forschung zur Bewirtschaftung von Sekundärbeständen von Gelbkiefern durchzuführen, deren Ergebnisse Forstwirten und Landbesitzern im gesamten Süden zur Verfügung stehen sollten. Die Versuche im Crossett Experimental Forest zur Forschung für einen praktischen, kostengünstigen Waldbau in naturnahen Beständen enthalten unterschiedlichste Versuchsanordnungen und werden heute zusammen mit weiteren Versuchen zu den Themen Wildtiermanagement und Standortproduktivität der von Kiefern dominierten Waldökosysteme betreut. Diese Forschung zur Ökologie und Bewirtschaftung von Kie-

Material und Methoden

Die Daten für die hier vorgestellten Versuche stammen von zwei je 16.2 ha grossen Versuchsflächen, die im Jahr 1936 im Crossett Experimental Forest angelegt wurden, um die Möglichkeiten und Grenzen eines ungleichaltrigen Waldbaus mit den schattenintoleranten bzw. den lichtbedürftigen Baumarten Loblolly-Kiefer (*Pinus taeda* L.) und Shortleaf-Kiefer (*Pinus echinata* Miller) zu erforschen. Bei beiden Beständen handelt es sich bei Versuchsbeginn um geplünderte – ca. 1915 bis 1917 wurden alle verwertbaren Bäume mit BHD >30 cm genutzt – und aus Naturverjüngung entstandene, unbehandelte Sekundärwälder. Ziel war, festzustellen, ob ungleichaltriger Waldbau in solchen Kiefernbeständen der Südstaaten angewendet werden kann, um die Bestandesstruktur und den Zuwachs zu verbessern und periodische Nutzungen zu ermöglichen.

Die Versuchsflächen sind Teil eines grösseren Versuchskonzepts und liegen bei Crossett, im Süden des Bundesstaates Arkansas (33.033638 N,



Abb 1 Die Versuchsflächen «Good Forty» (im Januar 2014; links) und «Poor Forty» (nach dem Schlag im September 2011; rechts). Fotos: James M. Guldin

fernökosystemen der Südstaaten ist ein Teil des Bereiches Forest Ecosystem Restoration and Management der Southern Research Station.

Im Crossett Experimental Forest werden zwei Bestände seit Versuchsbeginn als ungleichaltrige Bestände mit einzelstammweiser Nutzung behandelt. Bei den Baumarten handelt es sich um zwei Gelbkiefernarten. Der Versuch ist mit guten, durchgehenden Datenreihen dokumentiert und eignet sich deswegen, zur Frage der Plenterung mit Lichtbaumarten beizutragen. Ziel dieses Beitrages ist es, die Ergebnisse der Kiefernplenterwälder von Crossett, AR, mit Bezug zu ungleichaltrigem Waldbau unter anderem mit Erfahrungen aus der Schweiz und Europa zu vergleichen, Übereinstimmungen und Unterschiede herauszuarbeiten und zu beurteilen, inwieweit diese Bestände als gelungene Plenterwälder betrachtet werden können.

91.938528 W), in einer Ebene. Bei den Böden handelt es sich um Silt-Lehm-Böden mit einer zwischen 15 und 30 cm variierenden Lössdecke als oberstem Bodenhorizont. Jährlich fällt 1450 mm Niederschlag. Die Oberhöhenbonität für Loblolly-Kiefer beträgt auf beiden Flächen etwa 27 m im Alter 50. Dies sind in der Region im Allgemeinen für Waldwachstum produktive Standorte. Allerdings unterschieden sich die beiden Flächen in Bezug auf die Bestockung. Eine systematische Feinerschliessung ist nicht vorhanden.

Die erste Versuchsfläche, «Good Forty» (G40; Abbildung 1, links) – so bezeichnet wegen ihrer bei Versuchsbeginn guten, d.h. voll bestockten 40 Acres (16 ha) –, sollte zeigen, wie vollbestockte Bestände effizient behandelt werden können. Die Anfangsbestockung umfasste bei einer Kluppschwelle von 10 cm Brusthöhendurchmesser (BHD) 326 Bäume/ha

und eine Grundfläche von 15.4 m²/ha. Der Vorrat betrug 125.4 m³/ha, was ungefähr 25.6 t/ha Frischgewicht entspricht.

Die zweite Versuchsfläche, die «Poor Forty» (P40; Abbildung 1, rechts), war schlecht mit Kiefern bestockt, von Laubhölzern geringer Qualität besetzt und sah bestenfalls marginal aus, was zu dieser Zeit in der Region nicht ungewöhnlich war. Die Anfangsbestockung umfasste für Bäume ≥ 10 cm BHD 210 Bäume/ha und eine Grundfläche von 8.7 m²/ha. Der Vorrat betrug 68.3 m³/ha, was ungefähr 13.9 t/ha Frischgewicht entspricht.

Die Inventuren sind Vollerhebungen mit einem Grenzdurchmesser von 10 cm BHD. Das auf den Flächen vor allem in der Unterschicht vorhandene Laubholz wurde nicht erfasst. Die Bäume sind nicht nummeriert und nicht lagegenau eingemessen. Um eine allenfalls strukturelle Heterogenität innerhalb der Flächen zu untersuchen, wurden sie in der Inventur 2015 nach Vierteln erfasst.

Beide Flächen wurden mit der Vorratskontrolle-Zieldurchmesser-Methode behandelt (Reynolds 1959), eine Anpassung von Biolleys Ansatz (Knuchel 1946) derart, dass die zulässige Nutzung im Wesentlichen dem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs entspricht. Ziel dieses Verfahrens ist die Nutzung des Zuwachses, den der Bestand geleistet hat. Das Volumen des verbleibenden Bestandes soll bei 5000 bis 7000 Doyle Board Feet¹ pro Acre liegen, was 60 bis 90 m³/ha «Sägerundholz» (Stämme mit einem BHD >30 cm) entspricht. Der Zieldurchmesser wird mithilfe einer Tariftable bestimmt. Dabei wird vom Grenzdurchmesser her das Volumen der Durchmesserklassen aufsummiert bis das gewünschte Zielvolumen erreicht ist. Bei dieser Durchmesserklasse liegt der Zieldurchmesser, d.h., im Prinzip können alle Bäume im Bestand, die den Zieldurchmesser erreicht haben, geerntet werden. Mit dieser Vorgabe erfolgt die Anzeichnung, wobei es zulässig ist, einen vitalen Baum guter Qualität über dem Zieldurchmesser stehen zu lassen und stattdessen ein gleiches Volumen an Bäumen unter dem Zieldurchmesser anzuzeichnen und so in diesen Durchmessern eine Auslese zu ermöglichen. Zusammenfassend kann für diesen Anzeichnungsprozess Folgendes festgehalten werden:

- Die Durchführung dieses Verfahrens erfordert 1) ein aktuelles Bestandesinventar, 2) die zu erwartenden Volumenwachstumsraten für den Bestand nach der Ernte und 3) eine lokale Volumen-(Tarif-)Tabelle.
- Angezeichnet wird nur in den Bäumen mit BHD >30 cm.
- Das Sägerundholzvolumen des verbleibenden Bestandes wird zwischen der unteren Grenze von 60 m³/ha und der oberen Grenze von 90 m³/ha gehalten (siehe oben). Dieser Vorratsbereich ergibt 1) ein akzeptables Wachstum des Bestandes mit

handelbaren Holzdimensionen und 2) geeignete Verhältnisse für die Verjüngung.

- Es gibt zwei Bedingungen für den Hiebsatz: 1) Er muss gross genug sein, damit ein Schlag durchgeführt werden kann, und 2) das Volumen darf nicht unter die untere Grenze der Bestockung fallen. Der Hiebsatz wird durch Variation der Umlaufzeit eingestellt. Die minimale Erntemenge, die als durchführbar gilt, ändert sich mit der lokalen Holzmarktsituation und den einzelnen Holzernteunternehmen; sie dürfte bei ca. 300 m³ Erntevolumen pro Versuchsfläche von 16 ha liegen.

In beiden Flächen wurde in den ersten 32 Jahren der Bewirtschaftung (1936–1968) jährlich geerntet und nach dem Unterbruch des Versuchs (1969–1978) etwa alle fünf Jahre, jeweils in den Inventurjahren. 2005, 2008 und 2015 fand kein Eingriff statt.

Auf der gut bestockten G40-Fläche wurde der zulässige Hiebsatz absichtlich etwas tiefer festgelegt, als es der Zuwachs ermöglicht hätte, um das Bestandeswachstum etwas zu erhöhen. Auf der P40-Fläche wurde weniger als die Hälfte des Jahreszuwachses geerntet, um den Vorrat bis zur Vollbestockung zu erhöhen. Der Ansatz war, in den Bestand zu investieren, statt den Zuwachs zu nutzen.

Entscheidend für die Anwendung ungleichartigen Waldbaus in diesen Beständen ist nach hiesiger Auffassung die Steuerung der Harthölzer (Laubhölzer) geringer Qualität, die mit den Kiefern konkurrieren. Bei Beginn der Versuche erfolgte die Kontrolle des Hartholzes durch Fällen und Ringeln. In den 1950er- und 1960er-Jahren wurden Herbizide eingesetzt, über die Häufigkeit ihrer Verwendung ist aber nichts bekannt. Ein grosses Problem in Bezug auf die Konkurrenzkontrolle entwickelte sich durch die vorübergehende Einstellung des Versuchs von 1969 bis 1978. Versuche, das Unterholz aus anderen Baumarten als Kiefern zu kontrollieren, bestanden in der Zeit nach dem Unterbruch aus 1) dem Mähen der beiden Flächen im Jahr 1979, 2) dem kontrollierten Abbrennen der G40-Fläche im Jahr 1981 und 3) der Anwendung von Breitbandherbiziden in beiden Flächen in den Jahren 1986, 1989, 1998 und 2003. In der P40-Fläche gab es im Frühjahr 2015 auch ein nicht vorgesehenes, kontrolliertes Feuer in mehr als der Hälfte des Bestandes.

Im Rahmen einer Studie wurde untersucht, ob die Bestände wirklich ungleichaltrig sind oder ob ihre Struktur nur das Ergebnis unterschiedlichen Wachstums in einer oder zwei Altersgruppen als Folge unterschiedlicher Überschirmung ist. Dazu

¹ Ein US Doyle Board Foot ist definiert als ein Brett von 1 × 12 × 12 inches (2.5 × 30 × 30 cm) und wurde entwickelt, um die Schnittholzmenge zu schätzen, die man aus einem Baum der Sägerundholz-Dimension (BHD >11.6 inches [29.5 cm]) erzeugen kann. Es gibt nichts Vergleichbares ausserhalb der USA. Aus verschiedenen Gründen lassen sich Doyle Board Feet nicht ohne Weiteres in metrische Einheiten übersetzen.

wurde im Spätsommer 2009 in beiden Flächen 250 Proben für Jahrringzählungen genommen.

Für einige Auswertungen werden die Ergebnisse nach dem gesamten Volumen aller erfassten Bäume mit einem BHD ≥ 10 cm und nach dem «Sägerundholz»-Volumen (Stämme mit einem BHD >30 cm) differenziert.

Ergebnisse

Beide Bestände blieben in den letzten 79 Jahren unter einem kontinuierlichen Schirm. Langzeitdaten sind für die G40-Fläche in Tabelle 1 und für die P40-Fläche in Tabelle 2 zusammengestellt.

Good Forty	Jahr(e)	Grundfläche		Vorrat	
		≥ 10 cm BHD (m ² /ha)	≥ 10 cm BHD (m ³ /ha)	>30 cm BHD (m ³ /ha)	Frischgewicht (t)
Inventur	1936	15.4	125.4	71.4	25.6
Inventur	2015	13.8	116.7	78.4	24.1
Gesamte Nutzung	1936–2015	46	435	345	91
Jährliche Nutzung	79 Jahre	0.6	5.5	4.4	1.2
Gesamtwuchsleistung	1936–2015	44.1	427	352	89.7
Durchschnittlicher Gesamtzuwachs dGZ	79 Jahre	0.56	5.4	4.5	1.14

Tab 1 Kennziffern zur «Good Forty»-Fläche nach 79 Jahren Bewirtschaftung.

Poor Forty	Jahr(e)	Grundfläche		Vorrat	
		≥ 10 cm BHD (m ² /ha)	≥ 10 cm BHD (m ³ /ha)	>30 cm BHD (m ³ /ha)	Frischgewicht (t)
Inventur	1936	9	68.3	36.1	13.9
Inventur	2015	15	125.8	83.8	25.9
Gesamte Nutzung	1936–2015	53	497	371	103
Jährliche Nutzung	79 Jahre	0.7	6.3	4.7	1.3
Gesamtwuchsleistung	1936–2015	59.2	554	418	115.5
Durchschnittlicher Gesamtzuwachs dGZ	79 Jahre	0.7	7.0	5.3	1.5

Tab 2 Kennziffern zur «Poor Forty»-Fläche nach 79 Jahren Bewirtschaftung.

Stammzahl

In der G40-Fläche ist die Stammzahl der Bäume >30 cm BHD relativ konstant (Abbildung 2). Jene der kleineren Bäume sinkt zunächst, steigt dann stark an, um nach 1972 wieder abzusinken und ab 1996 wieder anzusteigen. Diese letzte Phase ist praktisch gleich wie in der P40-Fläche, deren frühere Entwicklung sich von jener der G40-Fläche aber deutlich unterscheidet. In der P40-Fläche ist die Stammzahl der Bäume >30 cm BHD zu Beginn beinahe nur halb so gross, steigt bis 1978 kontinuierlich an und verläuft dann praktisch parallel zur Entwicklung der G40-Fläche. Die Anzahl der kleineren Bäume nimmt nach der dritten Periode (1946) bis 1964 stark zu, ist während dieser Zeit deutlich höher als in der G40-Fläche und sinkt dann wieder ab. Die Entwicklung reflektiert die Ausgangszustände und die Bestandesbehandlung.

Grundfläche und Vorrat

Die Entwicklung von Grundfläche und Vorrat (Abbildung 3) verlaufen praktisch gleich. Die am Anfang deutlich tiefere Grundfläche und der deutlich tiefere Vorrat der P40-Fläche haben die Werte der G40-Fläche nach 25 Jahren erreicht und liegen anschliessend immer etwas höher. Der Effekt des Versuchsunterbruchs 1969–1978 ist eine deutliche Zunahme der Grundfläche und des Vorrates. Die Grundfläche bzw. der Vorrat der Bäume mit BHD 10–30 cm war zeitweise in der P40-Fläche deutlich höher als in der G40-Fläche, ab 1990 sind sie absolut und anteilmässig aber etwa gleich.

Die Sägerundholzanteile (BHD >30) sind am Anfang gleich (Abbildung 4), entwickeln sich dann aber zunächst wegen der massiven Zunahme der Stammzahlen der kleineren Bäume (Einwuchs) in der P40-Fläche verschieden (siehe Abbildung 2). Seit circa 1990 sind sie aber wieder praktisch gleich und liegen bei rund 66%.

Der Durchmesser des Grundflächenmittlammes des verbleibenden Bestandes (d_g ; Abbil-

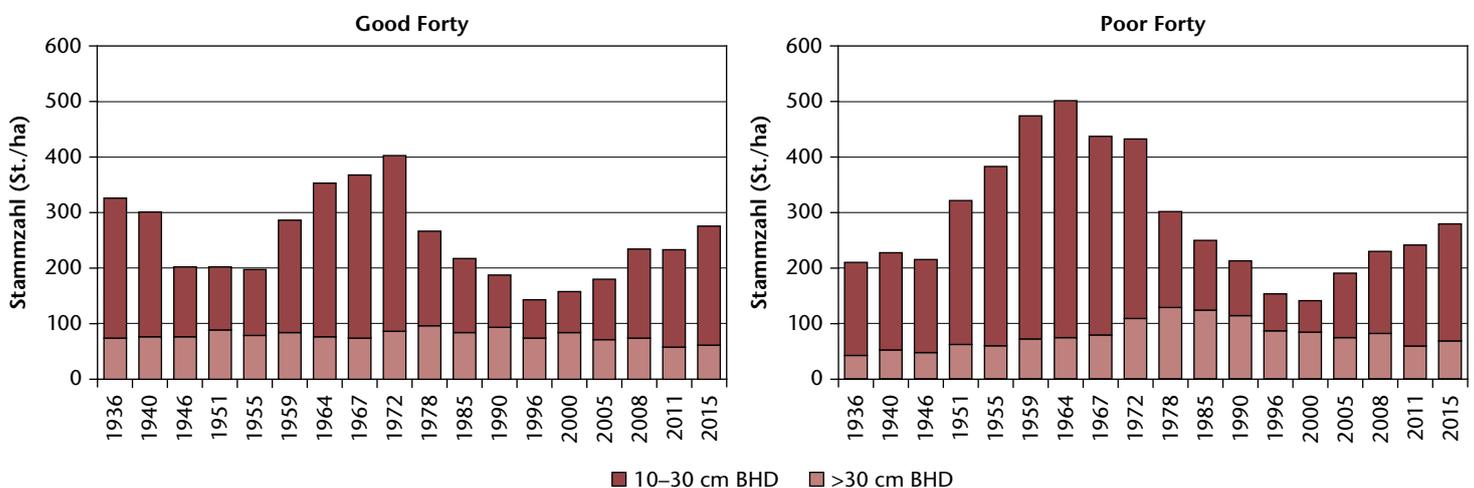


Abb 2 Stammzahlentwicklung in der «Good Forty»- (links) und der «Poor Forty»-Fläche (rechts).

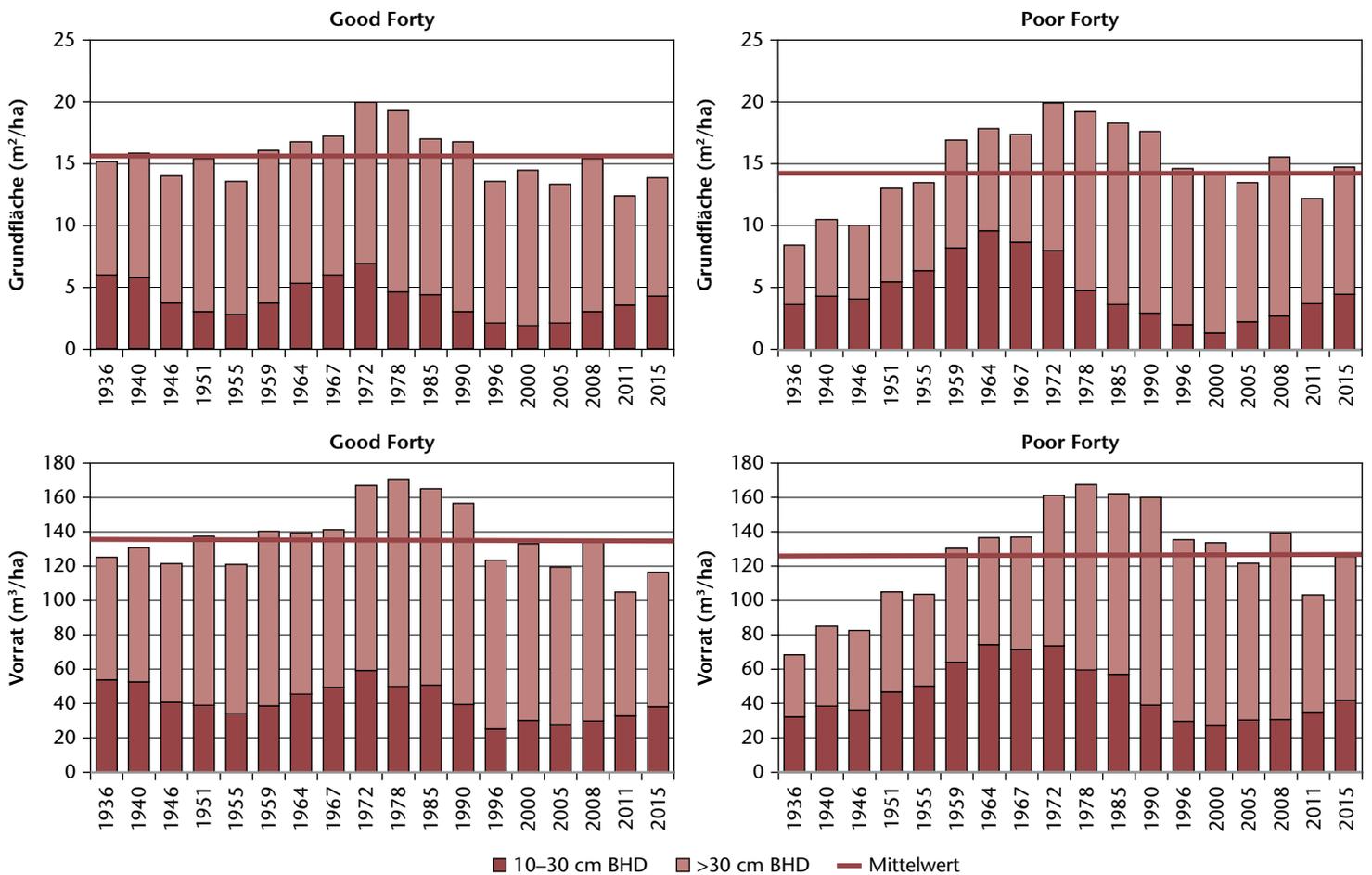


Abb 3 Entwicklung von Grundfläche (oben) und Vorrat (unten) in der «Good Forty»- (links) und der «Poor Forty»-Fläche (rechts).

derung 5, links) nahm im Zuge des Versuchsunterbruchs (1969–1978) zu. In den letzten Perioden ging er aber wieder zurück und ist heute nur leicht höher als zu Versuchsbeginn. Seit etwa 1967 ist der d_g auf beiden Flächen etwa gleich gross. Ganz anders der d_{gE} des ausscheidenden Bestandes (Abbildung 5, rechts): Zwischen 1955 und 2000 war dieser in der G40-Fläche in der Regel deutlich höher als in der P40-Fläche. Auffallend ist ausserdem die Zunahme des d_{gE} nach dem Versuchsunterbruch und der mehr als doppelt so hohe d_{gE} von über 50 cm BHD in der

letzten Inventur 2011 verglichen mit dem Wert zu Versuchsbeginn.

Zuwachs und Nutzung

Auf der gut bestockten G40-Fläche betrug der durchschnittliche Gesamtzuwachs (d_{GZ} ; alle Bäume ≥ 10 cm BHD) 1936–1940 0.57 m²/ha an Grundfläche und 5.6 m³/ha oder 1.15 t/ha Volumen, auf der P40-Fläche 0.63 m²/ha an Grundfläche und 6.0 m³/ha oder 1.23 t/ha an Volumen (Abbildung 6). Die Absicht war, bei der P40-Fläche in den Bestand zu investieren, statt den Zuwachs zu nutzen, was funktionierte. Der d_{GZ} war in der P40-Fläche bereits ab 1950 höher als in der G40-Fläche. Wir erklären dies damit, dass die anfängliche Unterbestockung der P40-Fläche durch geringere Konkurrenz zu einer Stimulierung des Wachstums führte, was allerdings die bis heute anhaltende Tendenz nicht zu erklären vermag.

Die periodischen Schwankungen sind in beiden Flächen auf unterschiedlichem Niveau, aber gleichlaufend, deren Ursache liegt vermutlich in standörtlich-klimatischen Schwankungen. Ein statistisch relevanter Zusammenhang mit dem verbleibenden Vorrat kann nicht festgestellt werden: Die Bestimmtheitsmasse R^2 aller linearer Regressionen V_{IV} der Bäume mit ≥ 10 cm bzw. >30 cm BHD liegen unter 0.1.

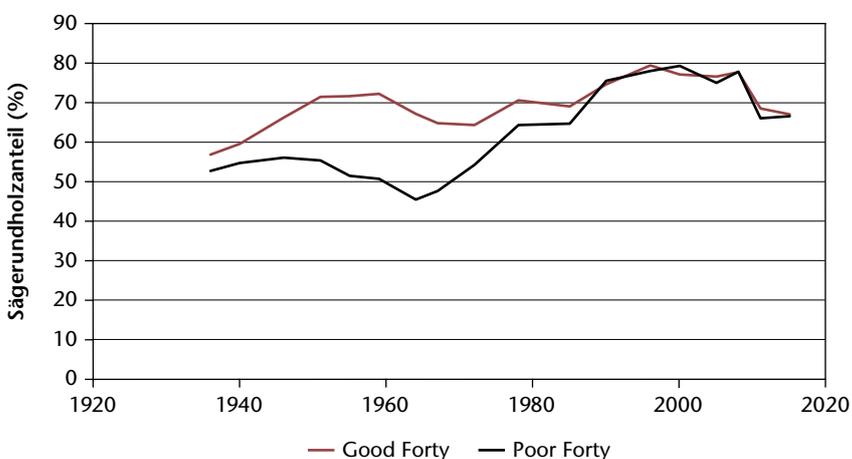


Abb 4 Entwicklung des Sägerundholzanteils am Vorrat (Bäume mit BHD >30 cm) in der «Good Forty»- und der «Poor Forty»-Fläche.

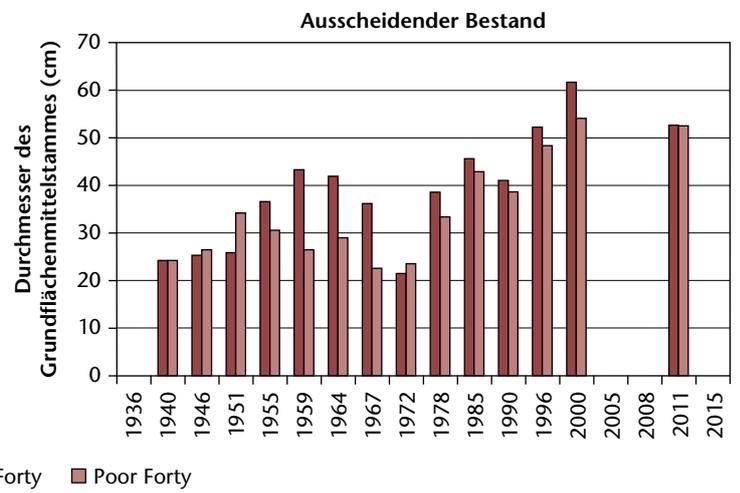
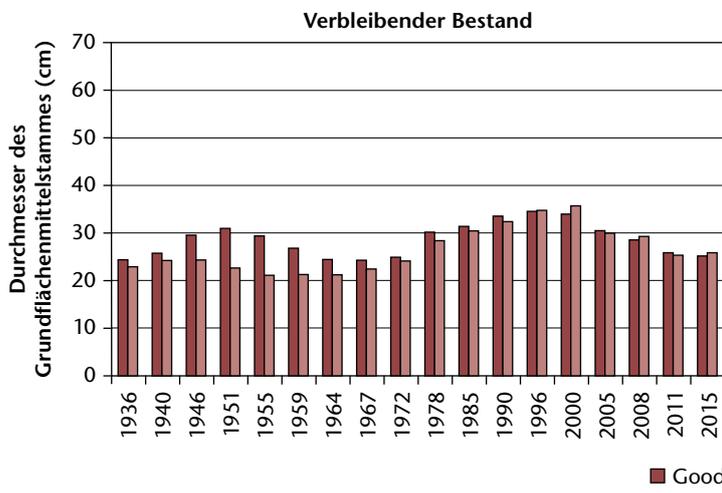


Abb 5 Entwicklung des Durchmessers des Grundflächenmittelstammes für den verbleibenden Bestand (d_g ; links) und für den ausscheidenden Bestand (d_{ge} ; rechts) in der «Good Forty»- und der «Poor Forty»-Fläche.

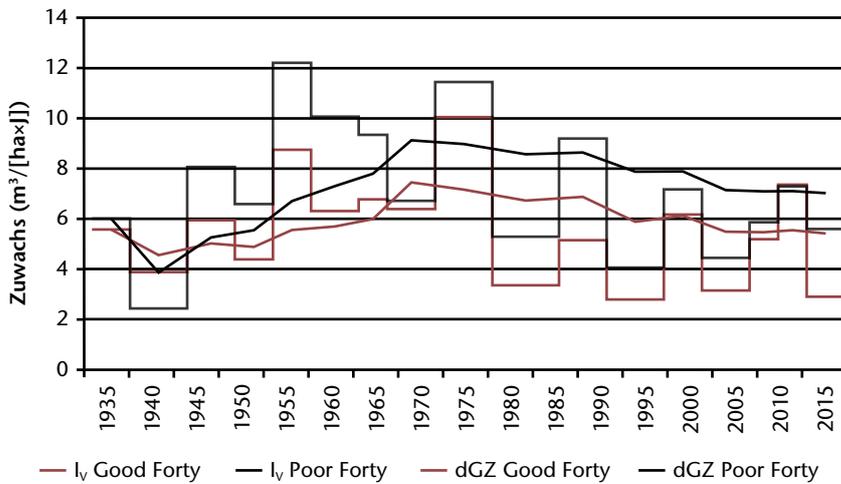


Abb 6 Periodischer Zuwachs I_v und durchschnittlicher Gesamtzuwachs dGZ in der «Good Forty»- und der «Poor Forty»-Fläche.

Der periodische Zuwachs schwankte in den vergangenen 79 Jahren ebenfalls deutlich. Der im Vergleich zur P40-Fläche stärkere Rückgang in der letzten Periode 2011–2015 könnte darauf zurückzuführen sein, dass in der G40-Fläche im Jahr 2011 ein Drittel des Volumens geerntet wurde, um eine An-

sammlung von Bäumen mit grossem Durchmesser (60–75 cm) zu vermeiden. Dies war die grösste Ernte, sowohl absolut als auch in Prozent in der Geschichte des Versuches.

Die Eingriffsstärke lag in der G40-Fläche im Mittel bei 18% (Minimum 9%, Maximum 33%) des Vorrates vor dem Schlag; in der P40-Fläche waren es 21% (8%–36%). In beiden Beständen wird in den nächsten zwei bis drei Jahren ein Schlag durchgeführt werden, um die ungleichaltrige Struktur zu erhalten.

Struktur und Verjüngung

Die beiden Bestände zeigen im Jahr 2015 die typische Durchmesserverteilung ungleichaltriger Bestände, beide mit einem leichten Defizit in den Durchmesserklassen 25–41 cm (Abbildung 7). Die Übervertretung in den Klassen 41–55 cm geht auf die Zeit zurück, als der Crosett Experimental Forest geschlossen war und Grundfläche, Stammzahl und Volumen zunahm.

Die Untersuchung der strukturellen Heterogenität innerhalb der Flächen in der Inventur von 2015

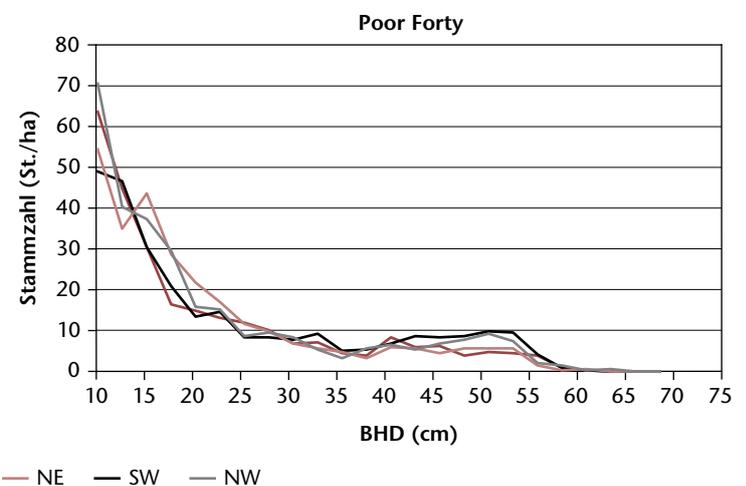
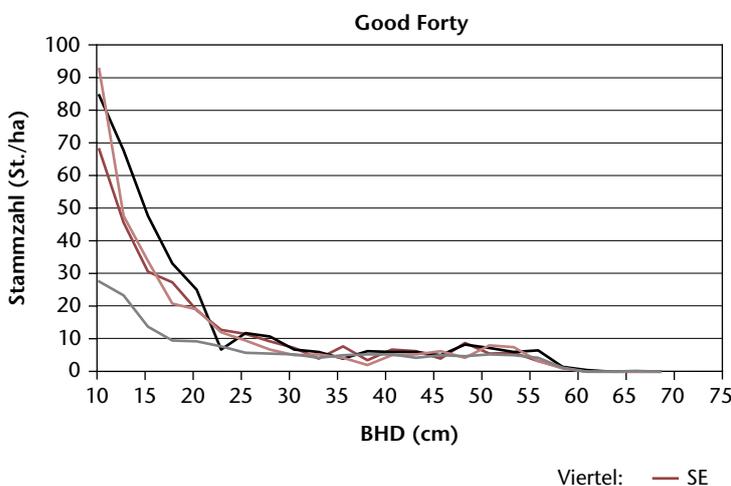


Abb 7 Durchmesserverteilung nach Vierteln nach der 18. Aufnahmeperiode im Jahr 2015 in der «Good Forty»- (links) und der «Poor Forty»-Fläche (rechts).

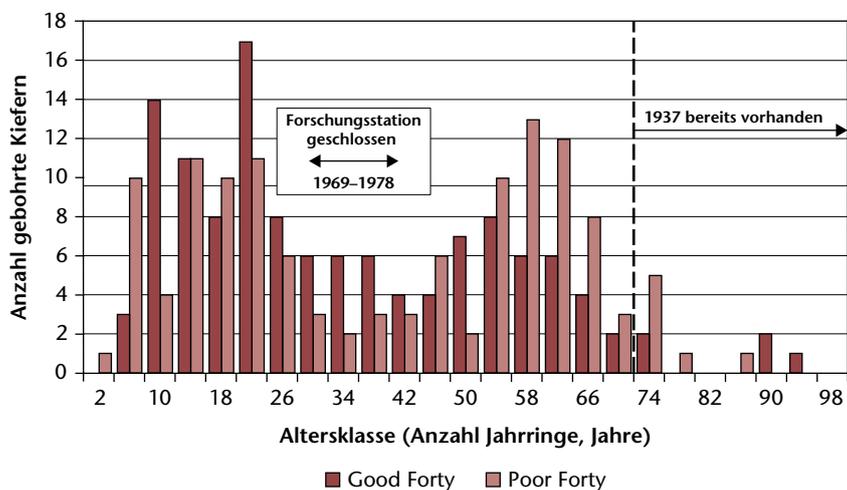


Abb 8 Altersverteilung in der «Good Forty»- und der «Poor Forty»-Fläche, erhoben im Jahr 2009 nach der 73. Vegetationsperiode mithilfe von Jahrringzählungen an Probestämmen. Quelle: Bragg & Guldin (2015), verändert.

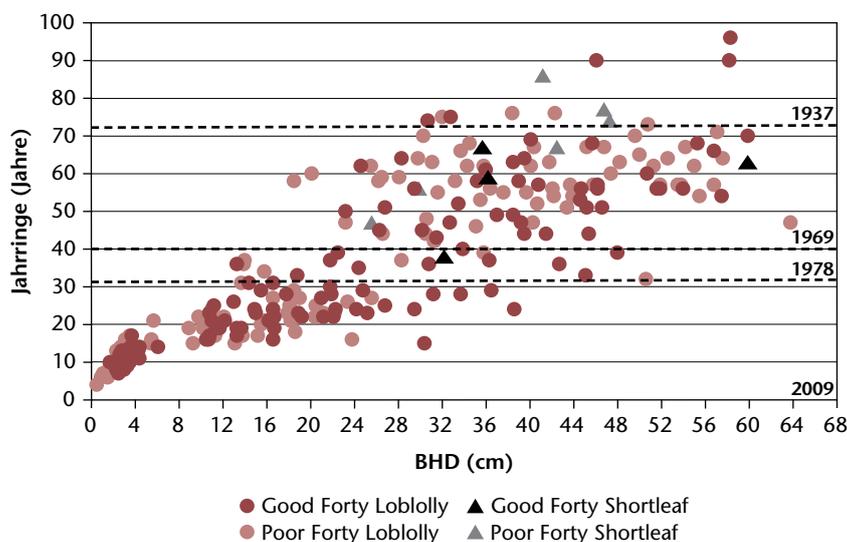


Abb 9 Verhältnis von Alter und Durchmesser bei den beiden Kiefernarten in der «Good Forty»- und der «Poor Forty»-Fläche. Erhoben im Jahr 2009 nach der 73. Vegetationsperiode mithilfe von Jahrringzählungen an Probestämmen.

ergab Folgendes: In der G40-Fläche (Abbildung 7, links) gibt es grössere Unterschiede in den Durchmesserklassen kleiner als Sägerundholz (≤ 30 cm BHD), also in jenen Klassen, die bei der Anzeichnung nicht durch das Vorratskontrolle-Zieldurchmesser-Verfahren reguliert werden. In der P40-Fläche (Abbildung 7, rechts) ist eine engere Übereinstimmung in diesen Durchmesserklassen zu beobachten. Allerdings weist die westliche Hälfte des Bestandes im Bereich der Durchmesser von 48 bis 53 cm BHD höhere Stammzahlen pro Hektar auf als die östliche Hälfte, die sich in der Nähe der Strasse befindet. Dies ist wahrscheinlich ein Artefakt der letzten Ernte.

Die Verjüngung in den Versuchsflächen erfolgte gemäss der Jahrringzählung in zwei Wellen (Abbildung 8): Die erste Welle kam unmittelbar nach der Einrichtung des Versuchs im Jahr 1937, vor allem in der unterbestockten P40-Fläche. Während der neunjährigen Schliessung der Forschungsstation von

1969 bis 1978 waren die Bedingungen für Verjüngung erschwert. Die zweite Welle der Verjüngung erfolgte nach der Wiederaufnahme der Forschung und der periodischen Ernten unmittelbar danach.

Vor allem Bäume mit einem BHD von mehr als 38 cm stammen aus der Zeit vor der Schliessung der Station (Abbildung 9). Nur 6% der im Jahr 2009 gebohrten Kiefern stammen aus der Zeit vor Beginn des Versuchs im Jahr 1937, und die grösseren von ihnen wurden wahrscheinlich im Schlag von 2011 geerntet.

Diskussion

Zunächst stellt sich die Frage, ob aufgrund der vorliegenden Daten und Auswertungen die beiden Bestände als Plenterwälder aufgefasst werden können. Die zeitliche Entwicklung der Stammzahlen, der Grundfläche und des Volumens sowie der Nutzung lassen den Schluss zu, diese Bestände als Plenterwälder in einem fortgeschrittenen Stadium der Überführung zu betrachten. Die Schwankungen in diesen Daten sind vermutlich grösser als bei einem Plenterwald im Gleichgewicht, was aber mit der Überführung und dem erwähnten, neunjährigen Unterbruch erklärt werden kann.

Typisch für einen Plenterwald im Gleichgewicht ist unter anderem der relativ konstante Anteil des Starkholzes, wobei eine für alle Standorte gleiche Definition von Starkholz nicht unbedingt sinnvoll ist (vgl. Zingg et al 2009). Für die Verhältnisse in diesen Gelbkiefernwäldern verwenden wir die Grenze von 30 cm BHD (= 12 inches, Sägerundholz), die in den Südstaaten der USA üblich und wirtschaftlich begründet ist. Der Sägerundholzanteil beträgt heute rund 66%, ist um 10% höher als zu Versuchsbeginn und ist nur in der P40-Fläche zeitweise unter 50% gefallen. Er kann damit in dem Sinne interpretiert werden, dass er eine nachhaltig mögliche Nutzung von Sägerundholz erlaubt.

Die Eingriffsstärken lagen mit 18% (Minimum 9%, Maximum 33%) in der G40-Fläche bzw. 21% (8–36%) in der P40-Fläche bei den Durchschnittswerten der schweizerischen Plenterwaldversuchsflächen mit 19% (14–35%), sowohl in Beständen im Gleichgewicht als auch in Überführungsbeständen (Zingg et al 2009).

Die Durchmesserverteilungen der G40- und der P40-Fläche sind im Jahr 2015 sowohl auf der ganzen Fläche als auch auf Teilflächen typisch für einen Plenterwald. Auch die Frage nach der Ungleichaltrigkeit wird durch die Ergebnisse der Jahrringuntersuchung positiv beantwortet. Diese Daten zeigen die grosse Vielfalt der Baumalter und damit die Ungleichaltrigkeit dieser Bestände (Bragg & Guldin 2015).

Aufgrund dieser Ergebnisse kann geschlossen werden, dass die Plenterung mit den hier vorhandenen Baumarten erfolgreich ist. Einschränkend muss

man allerdings hinzufügen, dass es sich um zwei Fallstudien handelt. Ausserdem entspricht der Einsatz von Herbiziden nicht den schweizerischen Vorstellungen, ist in den USA aber offensichtlich nicht unüblich.

Eine offene Frage betrifft die Leistung der Bestände auf diesem Standort. Sind die im Vergleich zu europäischen Plenterwäldern relativ tiefen Grundflächen, Vorräte und Zuwächse typisch für die Loblolly- und die Shortleaf-Kiefer? Zumindest die Ausgangssituation der als vollbestockt bezeichneten G40-Fläche erlaubt es, die Frage nach Grundfläche und Vorrat positiv zu beantworten. In Schweizer Versuchsflächen mit Lichtbaumarten liegen diese Werte jedoch höher, wobei es allerdings keine Kiefern-Plenterversuchsflächen gibt (Zingg 2012). Schütz et al (2016) geben für Eichenwälder – eine ebenfalls schattenintolerante Baumart – eine maximale Grundfläche von 16 m²/ha (zitiert aus AFI 2011) an, bei der eine Verjüngung noch möglich ist, ein Wert, der nahe bei den durchschnittlich 15 m²/ha der Kiefernversuchsflächen von Crossett, AR, liegt. Ein weiterer Hinweis gibt ein unbehandelter Mischwald im Crossett Experimental Forest, die sog. Reynolds Research Natural Area, auf der 1991 bei einer Gesamtgrundfläche von 36 m²/ha die beiden Kiefernarten 22 m²/ha und bei der letzten Inventur 2015 knapp 20 m²/ha von insgesamt 37 m²/ha Grundfläche einnahmen (Bragg & Shelton 2016).

Es bleibt die Frage nach möglichen Zuwachsverlusten im Vergleich zu gleichaltrigen Beständen. Es gibt zwei Studien, in denen das Wachstum der beiden hier vorgestellten Flächen mit vergleichbaren, aber anders behandelten Beständen verglichen wird, allerdings nur für kürzere Zeiträume von 36 (Guldin & Baker 1988) bzw. 53 Jahren (Cain & Shelton 2001). Nach 36 Jahren betrug die Gesamtwuchsleistung (GWL) der Bäume mit BHD ≥ 10 cm der «intensiv behandelten», ungleichaltrigen Bestände – die G40- und die P40-Fläche – 83 bzw. 63% der Variante mit der höchsten GWL, eines aus Pflanzung hervorgegangenen, «konventionell behandelten», gleichaltrigen Bestandes. Die GWL bezüglich Sägerundholz (BHD > 30 cm) der G40- und der P40-Fläche lag mit 93 bzw. 79% des besten Bestandes deutlich über den Ergebnissen der meisten anderen Varianten. Guldin & Baker (1988) erklären dies damit, dass in den ungleichaltrigen Beständen der Anteil an Sägerundholz produzierender Grundfläche über den ganzen Zeitraum gleich gross ist.

In der Studie von Cain & Shelton (2001) erreichten die periodischen Zuwächse während der ersten 53 Jahre in den gleichaltrigen Behandlungsvarianten zeitweise höhere Werte. Die periodischen Zuwächse in den ungleichaltrigen Beständen waren aber relativ konstant, besonders beim Sägerundholz (BHD > 30 cm). Die GWL der ungleichaltrigen Bestände lag bei 68% der besten Variante bzw. bei 82%, wenn nur das Sägerundholz betrachtet wurde.

Der durchschnittliche Gesamtzuwachs erreichte in der besten gleichaltrigen Variante nach 53 Jahren 7.39 m³/ha und Jahr, in den ungleichaltrigen Beständen 5.02 m³/ha und Jahr.

Beide Studien kommen zum Schluss, dass die Unterschiede zwischen gleichaltrigen und ungleichaltrigen Beständen relativ klein sind und sich vor allem hinsichtlich der Produktion von Sägerundholz statistisch nicht absichern lassen (Cain & Shelton 2001). Hingegen weisen Guldin & Fitzpatrick (1991) darauf hin, dass die Stammqualität, hauptsächlich bezüglich Astigkeit, in aus Naturverjüngung hervorgegangenen Beständen, also auch in ungleichaltrigen, besser war. Und nicht zuletzt ist zu erwähnen, dass bei gleichaltrigen Beständen das Einkommen für den Waldbesitzer nach dem Kahlschlag für mindestens zwei Dekaden ausbleibt.

Damit ist die Frage der Zuwachsverluste allerdings noch nicht abschliessend beantwortet. Dafür müssten vergleichbare Daten über einen gleich langen Zeitraum und über volle Umtriebszeiten gleichaltriger Bestände ausgewertet werden. Falls dann Zuwachsverluste nachgewiesen werden können, stehen diesen immer noch ein geringeres Betriebsrisiko und eine allenfalls höhere Wertleistung ungleichaltriger Bestände gegenüber.

Folgerungen und Ausblick

Die Kiefernwirtschaft in den Südstaaten der USA wird von industrieller Forstwirtschaft dominiert: Pflanzung von genetisch verbesserter Loblolly-Kiefer mit Bodenbearbeitung und Düngung, einmalige Reihendurchforstung im Alter 12–15 und eine Umtriebszeit von 22 bis 25 Jahren auf heute 14 Mio. Hektaren. Damit werden Bauholz und in der Nähe von Crossett, AR, auch Holzpellets produziert, welche als Brennstoff für die Heizkraftwerke nach Europa verschifft werden. Da die Holzqualität und die Stammdimensionen beim Verkauf nach Gewicht keine Rolle spielen, kann feinringig gewachsenes Holz nicht zu besseren Preisen verkauft werden als das schnell gewachsene aus industrieller Produktion. Der Vorteil des Plenterwaldes der dauernd möglichen Produktion von qualitativ gutem Holz kann damit nicht zum Zug kommen. Dies ist bedauerlich, da die beiden hier vorgestellten Baumarten Loblolly- und Shortleaf-Kiefer ansprechende, ökologisch wertvolle und forstlich nutzbare Bestände bilden können. Anlässlich der Konferenz im Sommer 2016 hat die IUFRO-Gruppe auch weitere Kiefernversuchsflächen besucht, unter anderem Bestände aus Longleaf-Kiefer (*Pinus palustris* Mill.), die schöne, vermutlich ungleichaltrige Bestände mit Verjüngung bilden, die ebenfalls nach dem Beispiel der G40- und der P40-Fläche bewirtschaftet werden könnten. ■

Eingereicht: 6. Oktober 2016, akzeptiert (mit Review): 18. Januar 2017

Literatur

- AFI (2011) Management of irregular forests; developing the full potential of the forests. Paris: Association Futaie Irrégulière. 144 p.
- BRAGG DC, GULDIN JM (2015) The silvicultural implications of age patterns in two southern pine stands after 72 years of uneven-aged management. *For Sci* 61: 176–182.
- BRAGG DC, SHELTON MG (2016) The Reynolds research natural area. In: Guldin JM, Bragg DC. Welcome to the Crossett Experimental Forest. Monticello: Southern Research Station, USDA Forest Service, IUFRO tour June 1, 2016. 8 p.
- CAIN MD, SHELTON MG (2001) Natural loblolly and shortleaf pine productivity through 53 years of management under four reproduction cutting methods. *Southern J Appl For* 25: 7–16.
- GULDIN JM, BAKER JB (1988) Yield comparisons from even-aged and uneven-aged loblolly-shortleaf pine stands. *Southern J Appl For* 12: 107–114.

- GULDIN JM, FITZPATRICK MW (1991) Comparisons of log quality from even-aged and uneven-aged loblolly pine stands in south Arkansas. *Southern J Appl For* 15: 10–17.
- KNUCHEL H (1946) Management control in selection forest. Oxford: Imperial Forestry Bureau, Techn Comm 5. 32 p.
- REYNOLDS RR (1959) Eighteen years of selection timber management on the Crossett Experimental Forest. New Orleans: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Techn Bull 1206. 68 p.
- SCHÜTZ JP, SANIGA M, DIACI J, VRŠKAT (2016) Comparing close-to-nature silviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe. *Ann For Sci* 73: 911–921.
- ZINGG A, FRUTIG F, BÜRGI A, LEMM R, ERNI V ET AL (2009) Ertragskundliche Leistung in den Plenterwald-Versuchsflächen der Schweiz. *Schweiz Z Forstwes* 160: 162–174. doi: 10.3188/szf.2009.0162
- ZINGG A (2012) Überall plentern? Über 100 Jahre Forschung in Plenterwäldern. *Wald Holz* 93 (9): 24–28.

Forêt jardinée de pins – résultats des Etats-Unis

Jusqu'à présent, les données scientifiques au sujet de forêts jardinées avec des essences de lumière manquent en Europe. Des essais à long terme aux Etats-Unis avec, entre autres, des pins jaunes comblent cette lacune. Au sud des Etats-Unis, dans l'Etat d'Arkansas, dans le cadre d'un grand essai datant de 1936 avec des peuplements mixtes de pin à l'encens (*Pinus taeda* L.) et de pin échiné (*Pinus echinata* Miller), des exploitations pied par pied ont lieu depuis dans deux parcelles de 16 ha chacune, dans lesquelles sont extrait du bois de service ($d_{90} > 30$ cm) et qui sont rajeunies naturellement. L'objectif de cet essai est de trouver les possibilités et les limites d'une sylviculture de peuplement étagé avec des essences peu tolérantes à l'ombre et de définir si ce système peut être appliqué dans des peuplements de pins jaunes dévastés afin d'en améliorer la structure et l'accroissement tout en permettant des exploitations périodiques. Les deux parcelles étaient très différentes – l'une avait un fort, tandis que l'autre avait un faible volume sur pied. Depuis 1936, 18 inventaires intégraux avec un seuil d'inventaire de 10 cm et 14 interventions de forêt jardinée avec la méthode du contrôle du matériel sur pied et du diamètre cible ont été effectués. La structure étagée a été contrôlée sur quatre surfaces partielles à l'aide de la répartition des diamètres et la répartition des âges avec l'étude des cernes. Les deux parcelles ont gardé un couvert tout au long de cet essai. Les différences initiales en termes de nombre de tiges, de surface terrière et de volume sur pied, de la proportion de volume de bois de service, de la surface terrière moyenne et du diamètre de la tige de surface terrière moyenne (d_g) se sont estompées avec le temps; ce qui démontre la flexibilité de la forêt jardinée et la tendance de développement des peuplements dans lesquels l'exploitation de l'accroissement semble être durable. Le d_g des tiges exploitées était, au début de l'essai, un peu supérieur à 20 cm et se monte aujourd'hui à plus de 50 cm. L'accroissement moyen est d'environ 6 m³/ha et an. Les résultats démontrent qu'il s'agit ici de peuplements inéquiens dans un stade avancé de la conversion vers une forêt jardinée. Nous estimons que, si aucun important dérangement naturel n'intervient, le traitement en forêt jardinée de ces peuplements de pins jaunes dans les Etats austraux des Etats-Unis continuera d'être prometteur.

Plentering with pines – results from the United States

Until now, scientifically reliable data on plentering of light-demanding tree species in Europe have been lacking. This gap is filled with long-term trials from the USA, among others with southern yellow pines. In the southern state of Arkansas, two plots of 16 hectares were installed in 1936, in the context of a large-scale trial of mixed loblolly pine (*Pinus taeda* L.) and shortleaf pine (*Pinus echinata* Miller) stands, in which plentering has been applied using single-tree harvest of predominantly sawtimber-sized trees ($dbh > 30$ cm) with natural regeneration. The aim of the experiment is to investigate the possibilities and limits of uneven-aged silviculture with shade-intolerant tree species, and whether this can be applied in cutover southern yellow pine stands in order to improve the stand structure, to increase growth, and to make periodic harvests possible. The two plots were in different initial states – one more or less fully stocked, the other with poor initial stocking. Since 1936, 18 complete surveys have been conducted where all trees 10 cm and larger were tallied by diameter. During that same time period, 14 plenter harvests have been carried out using the Volume Control-Guiding Diameter Limit method in both plots. In order to check the variability of stand structure within the 16-hectare stands, each was subdivided into four quarters, and the diameter distributions were compared within each quarter. The uneven-aged structure was checked by a sample of tree-ring counts. Both stands retained continuous canopy cover throughout the observation period. The initial differences in the number of stems, the basal area, the standing volume, the proportion of sawtimber, the average basal area and the mean quadratic diameter d_g became alike in the course of time, which shows the flexibility of plentering and the tendency to develop stands where the harvest of growth appears to be sustainable. The d_g of the harvest was initially slightly more than 20 cm, but is today more than 50 cm. The average total growth is 6 m³/ha and year. The results show that these stands are uneven-aged stands in an advanced stage of the transformation to plentering. We suspect that in the absence of a major natural disturbance event, the plentering approach in southern yellow pines will continue to be promising in the future.