



Wiederbewaldungsstrategien für Kalamitätsflächen im Klimawandel

In den Jahren 2018 bis 2020 war die Ertragssituation der deutschen Forstwirtschaft durch sehr hohes ungeplantes Holzaufkommen und zahlreiche Kalamitätsflächen mit Bedarf an Wiederbewaldung geprägt. Die Forstbetriebe standen und stehen vor großen Herausforderungen. In diesem Beitrag werden für zwei kontrastierende Wiederbewaldungsstrategien die langfristigen ökonomischen Folgen abgeschätzt.

TEXT: BJÖRN SEINTSCH, LYDIA ROSENKRANZ, GUNDULA VON ARNIM UND TEAM*

Die historisch beispiellose Situation und vergleichbare Extremphänomene werden sich nach den aktuellen Projektionen aufgrund des Klimawandels mit hoher Sicherheit wiederholen. Deshalb muss für aktuelle Hauptbaumarten von einem erhöhten Mortalitätsrisiko und sich grundlegend ändernden Flächenanteilen ausgegangen werden. Die Forstbetriebe stehen vor der Herausforderung, ihre Wiederbewaldungsstrategie für Kalamitätsflächen im Klimawandel anzupassen, um einerseits klimaresiliente Wälder für die Zukunft aufzubauen und um andererseits auch die künftige Holzproduktion und die Wirtschaftlichkeit ihrer Forstbetriebe zu sichern.

Die Mortalitätsrisiken der aktuellen Hauptbaumarten werden sich im Klimawandel auf vielen Standorten deutlich erhöhen. Auf diesen Kalamitätsflächen dürften die bisherigen Hauptbaumarten häufig nicht mehr klimaangepasst sein [1]. Waldeigentümerinnen und Waldeigentümer stehen vor der Entscheidung, entweder hohe Investitionskosten für eine aktive, klimaangepasste Wiederbewaldung der Kalamitätsflächen zu leisten oder auf eine passive Wiederbewaldung durch natürliche Sukzession zu setzen. Während bei der passiven Wiederbewaldungsstrategie anfänglich hohe Investitionskosten eingespart werden, wären diese Sukzessionsflächen jedoch mindestens auf Jahrzehnte mit ertragschwächeren Sukzessionsbaumarten bestockt. Ertragsstarke Ersatzbaumarten könnten, wenn überhaupt, erst langfristig natürlich einwandern. Somit stehen den geringeren Kosten fehlende Einnahmen gegenüber – im Gegensatz zur aktiven Strategie.



Foto: L. Rosenkranz

Abb. 1: Käferfichten im Harz. Forstbetriebe stehen auf Flächen wie diesen nicht nur vor einer großen Herausforderung, sondern auch vor der Entscheidung, welche Wiederbewaldungsstrategie sie verfolgen möchten.

In einem gemeinsamen Forschungsvorhaben vom Thünen-Institut und von der Universität Göttingen wurden die kurz-, mittel- und langfristigen wirtschaftlichen Auswirkungen der beiden Wiederbewaldungsstrategien für die heutigen und künftigen Kalamitätsflächen in Deutschland modelliert und ökonomisch bewertet. Dies soll wissenschaftliche Entscheidungshilfen für Waldeigentümerinnen und -eigentümer sowie die Forstpolitik bereitstellen. Die Studie beleuchtet die wirtschaftlichen Aspekte der Rohholzproduktion; andere Umwelt- und Ökosystemleistungen werden nicht berücksichtigt. Um die erhöhten Mortalitätsrisiken im Klimawandel abzubilden, wurden die Überlebenswahrscheinlichkeiten der Hauptbaumarten von Brandl et al. (2020, [2]) für das RCP8.5-Klimaszenario extrapoliert. Das RCP8.5-Szenario des Weltklimarates ist das extremste und pessimistische Klimaszenario [3].

Schneller ÜBERBLICK

- » Die aktive Wiederbewaldung von Kalamitätsflächen erfordert erhebliche finanzielle Investitionen der heutigen Generation zugunsten künftiger Generationen
- » Die hohen Unsicherheiten über die künftigen Klima-, Wachstums- und Ertragsbedingungen könnte davon abhalten, Investitionen in die Klimaanpassung der Wälder zu tätigen
- » Eine aktive Wiederbewaldung mit klimaresistenten und ertragsstarken Baumarten ist jedoch langfristig vorteilhafter

„Eine aktive Wiederbewaldung von Kalamitätsflächen im Klimawandel erfordert erheblichen finanziellen Input der heutigen Generation zugunsten künftiger Generationen.“

BJÖRN SEINTSCH

Szenarien

Für den deutschen Wald wurden zwei unterschiedliche Szenarien entwickelt:

- **High Intensity Adaptation (HIA)-Szenario:** Hier werden eine aktive Wiederbewaldung auf den Kalamitätsflächen sowie ein Waldumbau auf den regulären Endnutzungsflächen mit Baumarten durchgeführt, welche nach derzeitigem Wissen an die sich verändernden klimatischen Bedingungen angepasst sind. Dies bedeutet, dass nach dem Auftreten von Waldschäden erhebliche Investitionen zur Wiederbewaldung (i. d. R. Pflanzung oder Saat) getätigt werden.
- **Low Intensity Adaptation (LIA)-Szenario:** Hier wird hingegen eine passive Wiederbewaldungsstrategie durch natürliche Sukzession auf den Kalamitätsflächen verfolgt, während ein aktiver klimaangepasster Waldumbau nur auf regulären Endnutzungsflächen durchgeführt wird. Auf den Sukzessionsflächen wird überwiegend eine dauerhafte Bestockung mit ertragsschwächeren Baumarten angenommen, da standörtlich vorhandene Wirtschaftsbaumarten nicht mehr klimaangepasst sind und ertragsstarke Ersatzbaumarten innerhalb von 200 Jahren nicht, oder nur in geringem Umfang, natürlich einwandern werden.

Simulationsmodell und Eingangsdaten

Zur Simulation der Szenarien wurde das Forest Economic Simulation Model (FESIM) verwendet. Mit diesem Modell können naturale und ökonomische Kenn-

Baumartengruppenfläche

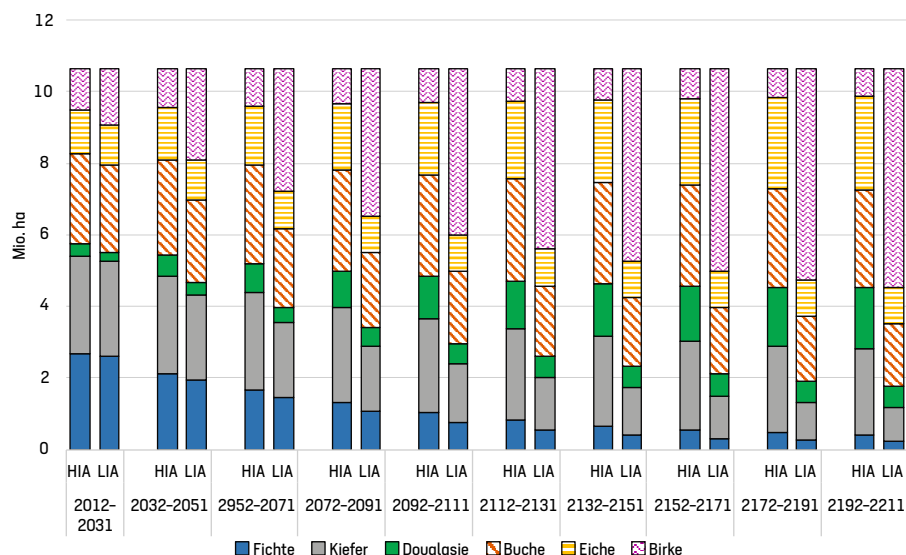


Abb. 2: Entwicklung der Baumartengruppenfläche im High Intensity Adaptation (HIA)- und im Low Intensity Adaptation (LIA)-Szenario

zahlen der forstlichen Produktion über 200 Jahre projiziert werden. Das FESIM besteht aus einem ertragstafelbasierten Waldwachstums- und Waldbewirtschaftungsmodell sowie einem Modul zur ökonomischen Bewertung.

In den beiden Szenarien wurde der deutsche Wald mit der begehbaren und bestockten Holzbodenfläche von 10,6 Mio. ha nach der dritten BWI (2012) simuliert. Weitere Eingangsdaten für die Simulation waren:

- *Waldzustandsdaten der dritten BWI,*
- *Steuerungsgrößen des WEHAM-Basis-szenarios (WEHAM = Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung) 2012,*
- *Anbauempfehlungen für klimaangepasste Baumarten ausgewählter Waldbaurichtlinien und Studien,*
- *Walderneuerungskosten ausgewählter Waldbewertungsrichtlinien,*
- *Holzerlöse und -erntekosten des Testbetriebsnetzes Forst des BMEL und*
- *altersabhängige Ausfallwahrscheinlichkeiten [2], welche mithilfe des RCP8.5-Szenarios extrapoliert wurden. Die ausfallende Waldfläche wurde durch Multiplikation der einzelnen Baumartenflächen mit deren Ausfallwahrscheinlichkeiten berechnet.*

Die modellierten Baumarten Fichte, Kiefer, Buche, Eiche, Douglasie und Birke dienten in dieser Studie als „Repräsentanten“ für Baumartengruppen. Mit der Birke wurde eine ertragsschwache Sukzessionsbaumart aus der Gruppe „Ande-

re Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (ALN)“ abgebildet; mit der Douglasie eine ertragsstarke Nadelholz-Ersatzbaumart.

Ergebnisse

Entwicklung der Baumartenflächen

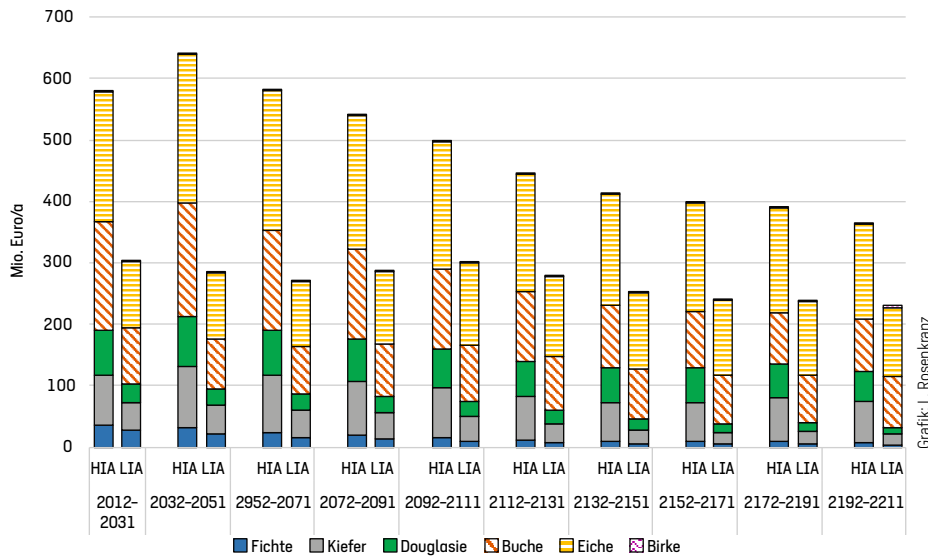
Die Flächenentwicklung der Baumarten über die 200-jährige Simulationsperiode sind in Abb. 1 dargestellt. Im HIA-Szenario orientierte sich die Baumartenwahl an den Anbauempfehlungen der Länder für die Kalamitäts- und die regulären Endnutzungsflächen. Das Szenario ist gekennzeichnet durch eine Zunahme der Flächenanteile von Eiche und Douglasie infolge aktiver Klimaangepasstung. Insbesondere die Fichte unterliegt starken risikobedingten Verlusten und wird durch an den Klimawandel besser angepasste Arten und/oder Sukzessionsarten ersetzt. Aufgrund der weiter zunehmenden Kalamitätsflächen ist das LIA-Szenario durch eine Dominanz der Birke bestimmt, wel-



Abb. 3: Auch durch Sturmwurf sind – wie hier im Harz – vielerorts Waldschäden entstanden.



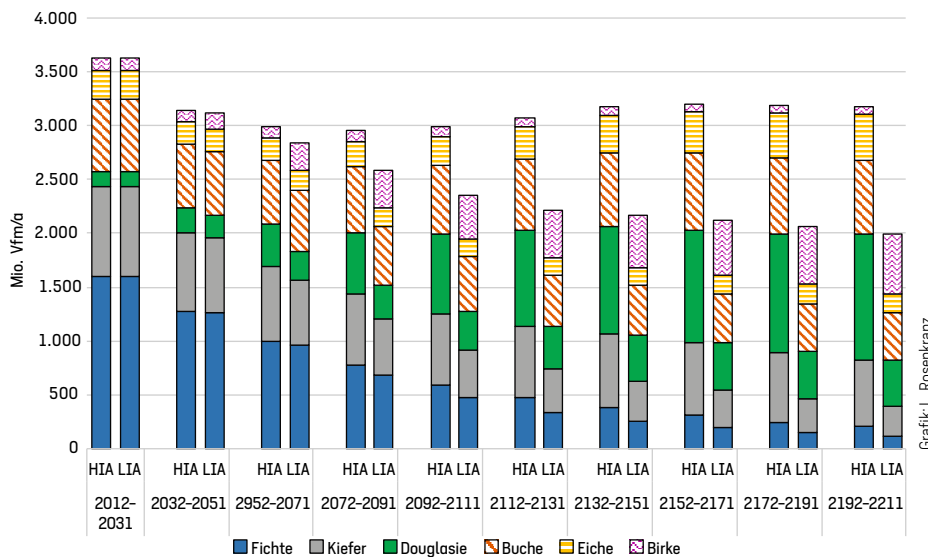
Investitionskosten



Grafik: L. Rosenkranz

Abb. 4: Entwicklung der Investitionskosten in Wiederbewaldung und Waldumbau im High Intensity Adaptation (HIA)- und im Low Intensity Adaptation (LIA)-Szenario

Holzvorräte



Grafik: L. Rosenkranz

Abb. 5: Entwicklung des Holzvorräte im High Intensity Adaptation (HIA)- und im Low Intensity Adaptation (LIA)-Szenario

che mehr als die Hälfte der Fläche in der letzten Periode einnimmt. Unter den Mortalitätsannahmen von Brandl et al. [2] im RCP8.5-Szenario fallen im LIA-Szenario durchschnittlich 40.000 ha Kalamitätsflächen pro Jahr zur Wiederbewaldung an. Diese jährliche Kalamitätsfläche der eigenen Simulation liegt unter der wiederzubewaldenden Kalamitätsfläche der Jahre 2018–2020, welche sich in der dreijährigen Summe auf 285.000 ha beläuft [3]. In der letzten Periode des HIA-Szenarios entfallen 57 % auf Laub- und 43 % auf Nadelbäume, während es

im LIA-Szenario 83 % Laub- und 17 % Nadelbäume wären.

Entwicklung der Investitionskosten

Bei der aktiven Wiederbewaldungsstrategie im HIA-Szenario sind neben der künstlichen Walderneuerung auch hohe Investitionskosten für die Kulturpflege und Lägerungen der Kalamitätsflächen über den gesamten Zeitraum erforderlich. Im HIA-Szenario belaufen sich diese im Mittel auf 485 Mio. €/a (Spannweite: 360 bis 640 Mio. €/a) auf den Kalamitäts- und den regulären Endnutzungsflächen (Abb. 2).

Ein Großteil der Investitionen in diesem Szenario entfällt auf die „teuren“ Baumarten Eiche und Buche mit 67 % der Gesamtkosten im Mittel über den 200-jährigen Zeitraum. Im Vergleich dazu sind die Kosten für Wiederbewaldung im LIA-Szenario deutlich niedriger und belaufen sich im Mittel auf 270 Mio. €/a (Spannweite: 230 bis 300 Mio. €/a), da hier nur auf den regulären Endnutzungsflächen ein aktiver Waldumbau erfolgt. Im LIA-Szenario entfallen im Mittel über die 200 Jahre 75 % der Gesamtkosten auf die Baumarten Eiche und Buche.

Entwicklung der Holzvorräte

Aufgrund der reduzierten Überlebenswahrscheinlichkeiten [2] im RCP8.5-Szenario und der ertragsschwächeren Verjüngung auf den Kalamitätsflächen geht der Holzvorrat deutlich zurück (Abb. 3). Während der Holzvorrat im HIA-Szenario bis zum Ende des 200-jährigen Simulationszeitraums um 12 % sinkt, sind es im LIA-Szenario 45 %. Hierdurch reduziert sich auch der Kohlenstoffspeicher im Wald. Im LIA-Szenario sind in der letzten Simulationsperiode 17 % der Fläche mit Nadelbäumen bestockt, auf diese entfallen 41 % des gesamten Holzvorrates.

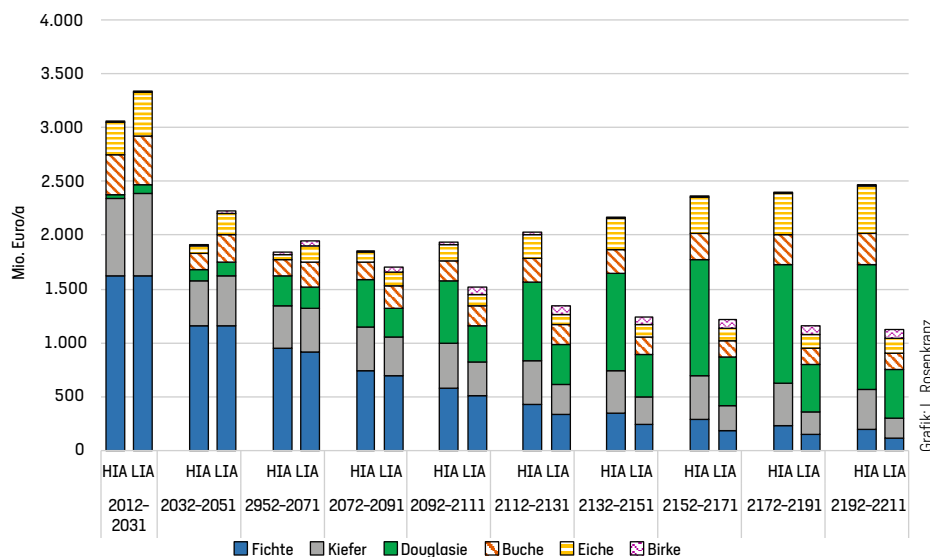
Entwicklung des Holzeinschlages

Da der Wald in der Simulation mit der Altersklassenstruktur der BWI 2012 unmittelbar auf die altersabhängigen Überlebenswahrscheinlichkeiten [2] für das RCP 8.5-Szenarios sowie auf die modellbedingt voreingestellten Umtriebszeiten trifft („Modell trifft Realität“), fallen in der ersten Periode hohe Anteile der Altbestände aus. Der Gesamteinschlag aus Kalamitäten und Endnutzung ist daher hoch und beläuft sich in beiden Szenarien auf rund 109 Mio. Efm/a. Die größte Reduzierung der Holzeinschläge erfolgt im LIA-Szenario und diese setzt sich auch über den gesamten Simulationszeitraum fort. Der durchschnittliche Gesamteinschlag beträgt im LIA-Szenario rund 68 Mio. Efm/a über den 200-jährigen Simulationszeitraum, was 84 % des jährlichen durchschnittlichen Gesamteinschlages des HIA-Szenarios entspricht. Die gesamte Holzeinschlagsmenge redu-

Literaturhinweise:

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

Deckungsbeiträge



Grafik: L. Rosenkranz

Abb. 6: Entwicklung der waldbaulichen Deckungsbeiträge (holzerntekostenfreier Erlös zuzüglich Kultur- und Lässerungskosten) im High Intensity Adaptation (HIA)- und im Low Intensity Adaptation (LIA)-Szenario

ziert sich im LIA-Szenario von der ersten bis zur letzten Periode um rund 50 % auf 54 Mio. Efm/a. Dies ist hauptsächlich auf den Rückgang des Fichteneinschlags (um 35 % der gesamten Holzeinschlagsmenge aller Baumarten) zurückzuführen. Obgleich die Birke in Bezug auf Fläche und Einschlagsmenge im Vergleich zur ersten Periode stark zunimmt (32 % des Gesamteinschlags in der letzten Periode), kann dies den Rückgang des Gesamtholzeinschlags nicht kompensieren.

Der Holzeinschlag im HIA-Szenario bewegt sich ab der zweiten Simulationsperiode im Vergleich zum LIA-Szenario auf einem relativ konstanten Holzeinschlagsniveau von 74 bis 80 Mio. Efm/a. Holzeinschläge werden jedoch nicht mehr von der Fichte dominiert, sondern hauptsächlich von der Douglasie (34 % des Gesamteinschlags in der letzten Periode) sowie der Buche und der Eiche (22 % bzw. 17 % des Gesamteinschlags in der letzten Periode).

Entwicklung der Deckungsbeiträge

Bedingt durch die Kombination aus der Entwicklung des Holzeinschlags und der Investitionskosten in Wiederbewaldung und Waldumbau unterscheiden sich auch die waldbaulichen Deckungsbeiträge in beiden Szenarien. Diese berechnen sich aus den holzerntekostenfreien Erlösen, zuzüglich der Kultur- und Lässerungskosten. Während der Deckungsbeitrag in den drei Anfangsperioden des LIA-Szenarios den des HIA-Szenarios übersteigt, kehrt sich dies in den folgenden 20-Jah-

res-Perioden grundlegend um. Bei einer vergleichbaren Einschlagshöhe in den beiden Anfangsperioden wird im LIA-Szenario auf die hohen Investitionskosten für eine aktive Wiederbewaldung der Kalamitätsflächen verzichtet. In den Folgeperioden kommt dann zum Tragen, dass im LIA-Szenario keine ertragsreichen Wirtschaftsbaumarten auf Kalamitätsflächen eingebracht wurden. Infolgedessen fehlen deren Vor- und Endnutzungen. Ausgehend von einem Deckungsbeitrag im LIA-Szenario von 3,3 Mrd. €/a zu Beginn der Simulation, geht dieser auf 1,1 Mrd. €/a in der letzten Periode zurück. Der anfängliche Deckungsbeitrag im HIA-Szenario von 3,1 Mrd. €/a erreicht seinen Tiefpunkt mit 1,8 Mrd. €/a (2052-2071) und steigt dann auf zuletzt 2,5 Mrd. €/a an (Abb. 5).

Folgerungen

Die Simulationsstudie zeigt, dass Passivität bei der Wiederbewaldung von Kalamitätsflächen im Klimawandel langfristig zu sinkenden Holzvorräten und -erntemengen sowie zu einer Verschlechterung des forstbetrieblichen Erfolgs führen wird. Eine grundlegende Annahme dabei ist, dass klimaangepasste, ertragsstärkere Baumarten in den betrachteten 200 Jahren nur in

**Beteiligt waren außerdem Hermann Englert, Dr. Kai Husmann, Cornelius Regelmann, Dr. Hans-Walter Roering, Richard Rosenberger, Prof. Dr. Matthias Dieter und Prof. Dr. Bernhard Möhring.*

sehr geringem Umfang natürlich in die mit ertragsschwachen Pionieren (im Modell: Birke) bestockten Kalamitätsflächen einwandern. Eine aktive Wiederbewaldung von Kalamitätsflächen mit klima-resistenten und ertragsstarken Baumarten ist daher langfristig ökonomisch vorteilhafter. Die aktive Wiederbewaldung würde jedoch erheblichen finanziellen Input der heutigen Generation zugunsten künftiger Generationen erfordern.

Hohe Unsicherheiten bezüglich der künftigen Klima-, Wachstums- und Ertragsbedingungen könnte die Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer heute davon abhalten, diese Investitionen in Klimaanpassung zu tätigen. Vor diesem Hintergrund erscheint es erforderlich, dass sich die Gesellschaft an den hohen finanziellen Kosten für die Klimaanpassung der deutschen Wälder gemeinsam mit den Waldeigentümern beteiligt. Stehen finanzielle Mittel nur begrenzt zur Verfügung, könnten auch beide Strategien kombiniert werden: Die aus Sukzession entstandenen Vorwälder auf den Kalamitätsflächen könnten zu einem späteren Zeitpunkt aktiv mit klimaangepassten und ertragsreichen Baumarten umgebaut werden.



Dr. Björn Seintsch
bjorn.seintsch@ti.bund.de

ist Leiter des Arbeitsbereichs Waldwirtschaft in Deutschland am Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie in Hamburg. **Dr. Lydia Rosenkranz** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Thünen-Institut für Waldwirtschaft. **Gundula von Arnim** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Abteilung Forstökonomie und nachhaltige Landnutzungsplanung der Universität Göttingen.