

Kiefernwachstum in einer warm-trockenen Klimakulisse

Auf zahlreichen Standorten mit eingeschränkter Wasserversorgung wächst die Kiefer außerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets. So auch in den kiefernreichen Waldgebieten in der Oberrheinischen Tiefebene im Dreiländereck von Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen. Diese Region zählt bereits heute zu einer der wärmsten, trockensten und sonnenreichsten in Südwestdeutschland.

TEXT: TOBIAS STUBENAZY, ULRICH KOHNLE, JOACHIM KLÄDTKE

Der umfangreiche Anbau der Kiefer (*Pinus sylvestris*) im Bereich nahe Philippsburg (Abb. 1) hat vor allem nutzungshistorische Ursachen und ist in erster Linie eine Folge intensiver Streunutzungen. Umfang und Bedeutung jener Nutzungen verdeutlicht folgendes Zitat:

„Über 100 Jahre wurde zwischen der Forstverwaltung und den Hardtgemeinden um die Reduktion der Streunutzung gestritten. Noch bis Anfang der 1950er Jahre wurde im Staatswald die Streunutzung ausgeübt, in den angrenzenden Gemeindewäldern sogar noch etwas länger“ [1].

Entlang des Oberrheintals ist das Baumwachstum beeinträchtigt durch ein zunehmend mediterran geprägtes Klima (mit abnehmenden Sommernie-

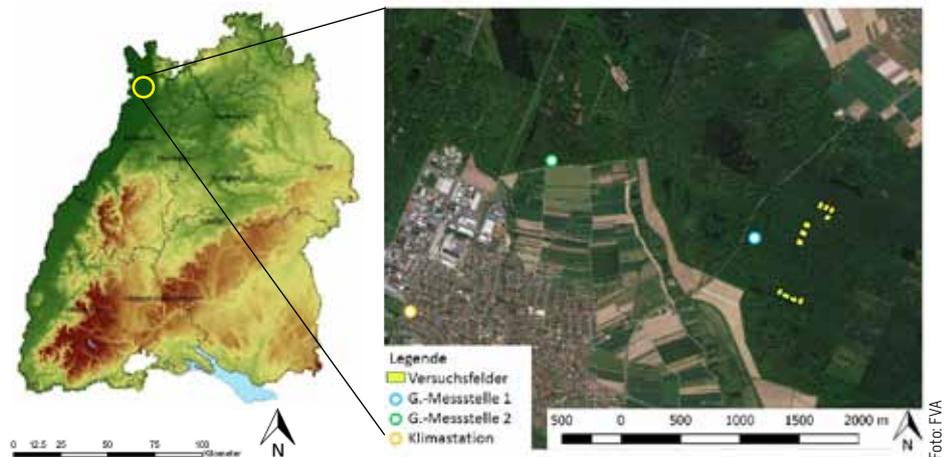


Abb. 1: Lage der Versuchsflächen

derschlagen und steigenden Temperaturen), sinkende Grundwasserstände und eine massive Ausbreitung der Mistel.

Im Folgenden soll am Beispiel von Kiefern-Durchforstungsversuchen das Baum- und Bestandeswachstum im Zusammenspiel von Durchforstungseingriffen mit diesen Umwelteinflüssen dargestellt und die Widerstands- und Erholungsfähigkeit von Kiefernwäldern gegenüber extremer Trockenheit aufgezeigt werden.

Ausgangsbedingungen

Für die Untersuchung wurden 11 rund 1/4 Hektar (2.500 m²) große Kiefern-Durchforstungsversuche (geogr. Breite: +49°14'39“, geogr. Länge: +8°35'8“) der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg herangezogen. Zwischen 1956 und 2016 wurden im Abstand von anfangs

drei, später fünf Jahren 17 Aufnahmen durchgeführt. Um jährlich aufgelöste Zuwachsdaten zu erhalten, wurden im Winter 2017/2018 zusätzlich von 55 Kiefern in Brusthöhe Stammscheiben aus dem Baumkollektiv der hundert dicksten Kiefern je Hektar (D_{100}) entnommen und jahringanalytisch vermessen.

Als Bodensubstrate treten auf den Versuchsflächen hauptsächlich Hochflutablagerungen sowie Terrassensande auf. Der Oberboden besitzt eine nur geringe Nährstoffausstattung und eine Wasserspeicherfähigkeit mit geringem kapillarem Aufstieg. In der Klimaperiode 1981 bis 2010 lag nach Daten der nahegelegene Klimastation Waghäusel-Kirrlach die Jahresmitteltemperatur (T_j) bei 11 °C und die durchschnittliche jährliche Niederschlagssumme (N_j) bei 705 mm. Die Mittelwerte für die Vegetationszeit (1.4. bis 15.9.) lagen bei 16,8 °C (T_{veg}) bzw. 368 mm (N_{veg}).

Foto: FVA

Schneller ÜBERBLICK

- » **Am Beispiel** von Kiefern-Durchforstungsversuchen im Rheintal werden das Baum- und Bestandeswachstum im Kontext von Durchforstung und extremer Trockenheit dargestellt
- » **Die Auswertung** ergab, dass sich Trockenjahre im Lauf der Beobachtungsdauer zunehmend stärker auf den Zuwachs auswirkten
- » **Dabei spielen** möglicherweise eine tendenziell zunehmende Aridität sowie sinkende Grundwasserstände eine Rolle

Versuchsdurchführung

Die Durchforstungsversuche beinhalten neben drei unbehandelten Vergleichsfeldern acht Felder mit Z-Baum-orientierter Auslesedurchforstung in zwei Intensitätstufen (Abb. 2, C). Auf diesen Feldern wurden bei einer Oberhöhe von etwa 20 m etwa 150 Z-Bäume/ha ausgewählt und gezielt gefördert. Die angestrebte Endbaumzahl betrug hier 250 Kiefern/ha, auf den unbehandelten Vergleichsfeldern lag sie im Mittel 2,4-mal so hoch.

Die Vorratsentwicklungen bringen die Abhängigkeit von Grundflächenhaltung und Durchforstungsstärke zum Ausdruck (Abb. 2, A). Entsprechend dem Versuchskonzept erreichen die behandelten Varianten gegen Versuchsende Vorräte zwischen 300 und 400 Vfm/ha. Im Alter von 75 Jahren wird der Maximalvorrat mit knapp 700 Vfm/ha auf einem Nullfeld erreicht. Der laufende Gesamtzuwachs an Volumen kulminiert in einem Oberhöhenbereich zwischen 16 und 28 m (Abb. 3, B).

Um die Effekte der Behandlungen auf die der Probestämme nach Trockenjahren zu untersuchen wurde das Lloret-Konzept [2] angewandt. Dazu dient das mittlere jährliche Niveau des Grundflächenzuwachses der 3-Jahres-Periode vor einem Trockenstressereignis (PräTr) als Referenzwert, zu dem die Zuwachsreaktion im Trockenjahr selbst in Beziehung gesetzt wird (Resistenz), bzw. die Entwicklung in der dem Trockenjahr folgenden 3-Jahres-Periode (PostTr; Resilienz; Abb. 2).

Einfluss der Durchforstung

Zum Zeitpunkt der Anlage der Versuche waren die Kiefern 25 Jahre alt und die Baumzahlen lagen zwischen 1.800 bis 3.300 Kiefern/ha. Auf den drei undurchforsteten Vergleichsfeldern schied bis zur letzten Aufnahme 80 % der Bäume durch natürliche Mortalität aus, darunter befanden sich aber nur fünf Bäume aus dem D_{100} -Kollektiv. Die Entwicklungen der Nullfelder verdeutlichen, wie die Baumzahl konkurrenzbedingt mit zunehmender Höhe abnimmt und in der Regel vor allem durchmesser-schwache, konkurrenzunterlegene Kiefern zuerst absterben.

Effekte der Behandlung

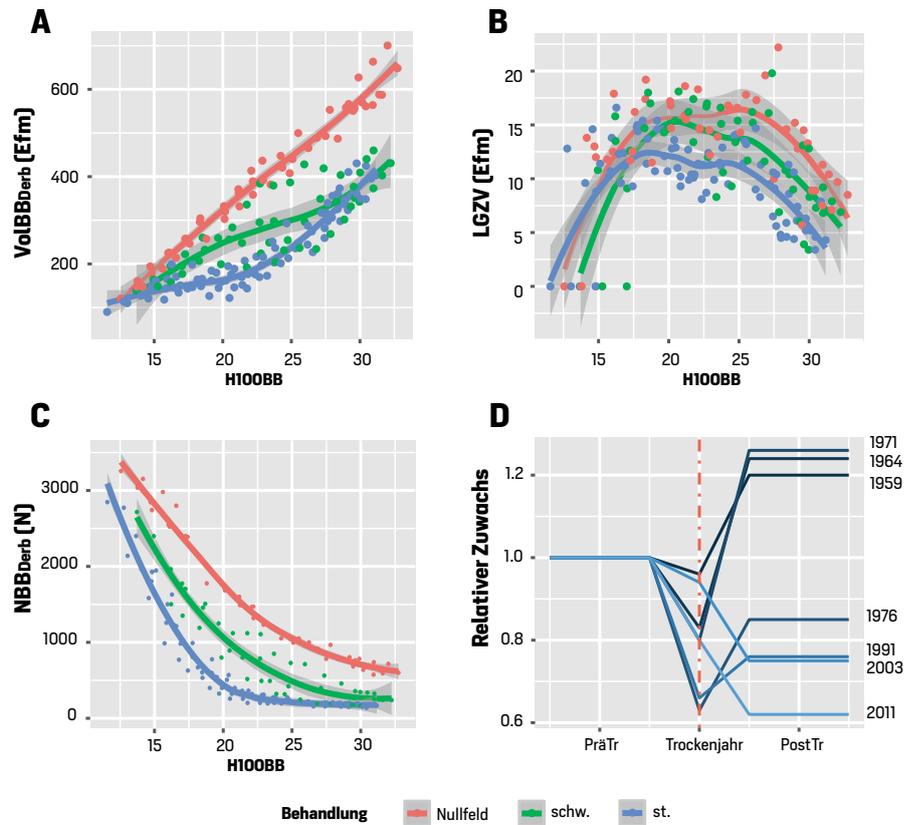


Abb. 2: Entwicklungen des Derbholz-Vorrats (VolBB_{Derb}, **A**), laufenden Zuwachses an Volumen (LGZV, **B**), Baumzahlentwicklungen (NBB_{Derb}, **C**) über der Höhe der hundert stärksten Kiefern je Hektar (H₁₀₀BB) und Entwicklungsverläufe nach Lloret et al. (2011) unten rechts (**D**)

Insgesamt zeigen sich sehr enge Beziehungen zwischen Oberhöhe (H₁₀₀) und volumenbezogener Gesamtwuchsleistung (GWLVol, Abb. 3, A). Die sehr starke Durchforstung bewirkte bis zur

Oberhöhe von 30 m (Alter 80 Jahre) eine Minderung der Gesamtwuchsleistung gegenüber den Nullfeldern um rund 180 Vfm/ha. Die Durchmesserentwicklung der hundert stärksten Kiefern

Wuchsleistung, Durchmesser

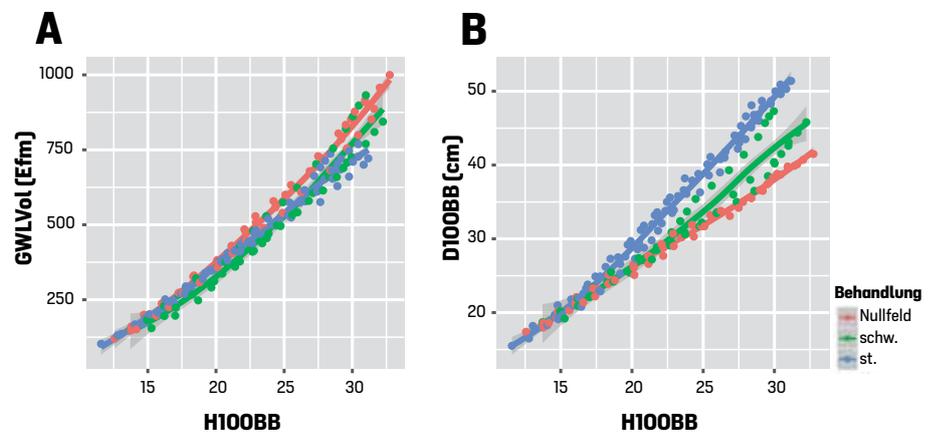


Abb. 3: Entwicklung der Gesamtwuchsleistung an Volumen (GWLVol, **A**) und des Durchmessers der hundert durchmesserstärksten Individuen je Hektar des Bleibenden Bestandes (D₁₀₀BB, **B**), in Abhängigkeit der Höhenentwicklung der Bestände (H₁₀₀BB)

je Hektar differenziert sich mit zunehmender Bestandeshöhe entsprechend der Behandlungsintensität (Abb. 3, B): die durchforsteten Felder weisen bei gleicher Höhe höhere Durchmesser auf als die unbehandelten Vergleichsfelder, wobei der Anstieg bei der frühzeitig stark durchforsteten Variante deutlich rascher verläuft.

Aus diesen Versuchen lässt sich für die Durchforstungspraxis ableiten, dass mit Blick auf eine möglichst rasche Durchmesserentwicklung der Z-Bäume ein früher Durchforstungsbeginn (Oberhöhe 12 bis 15 m) angestrebt werden sollte, um so den Durchmesser wie auch den Volumenzuwachs auf die späteren Wertträger zu konzentrieren. Ab einer Oberhöhe von 20 bis 22 m sollte die Dimensionierung der Kiefern dann abgeschlossen sein und ein weiteres Ausreifen der Z-Bäume sichergestellt werden.

Einfluss von Trockenheitsereignissen

Die Verlaufskurve des Ariditätsindex [3] zeigt (Abb. 4, A), dass ein Grenzwert von 25 für Trockenjahre im Beobachtungszeitraum sieben Mal unterschritten wurde. Anhand dieser Trockenjahre wurden die Reaktionen der Bäume auf Trockenheit überprüft. Erwartungsgemäß zeigt sich zudem, dass die Grundwasserstände nach ausgeprägten Trockenjahren wie 1976, 1991 oder 2003 deutlich absinken (Abb. 4, B).

Außerdem ist ab den 2000er Jahren ein deutlicher Anstieg des Mistelbefalls in den Kiefernbeständen bis zum Ende des Versuchs zu konstatieren (Abb. 4, C). Ein flächenbezogener Mistelbefall hätte sich natürlicherweise, ohne den regelmäßigen Aushieb von befallenen Bäumen, gegenläufig zur Stammzahlab senkung verändert.

Bei allen sieben untersuchten Trockenheitsereignissen ging der Zuwachs der Bäume noch im Trockenjahr markant zurück (Abb. 2). Die Größenordnung der Zuwachsrückgänge lag dabei zwischen rund 10 bis 40 %. Besonders starke Zuwachseinbrüche waren in den Trockenjahren 1976 und 1991 zu verzeichnen; beide Jahre zeichnen sich durch auffällig niedrige Grundwasserstände und starke Aridität aus.

„Für eine rasche Durchmesserentwicklung der Z-Bäume sollte ein früher Durchforstungsbeginn angestrebt werden“

TOBIAS STUBENAZY

Betrachtet man die Entwicklung der Resilienz, also die Entwicklung des Zuwachses nach dem Trockenjahr, fallen folgende Entwicklungen auf (Abb. 5):

Aridität, Grundwasser, Mistel

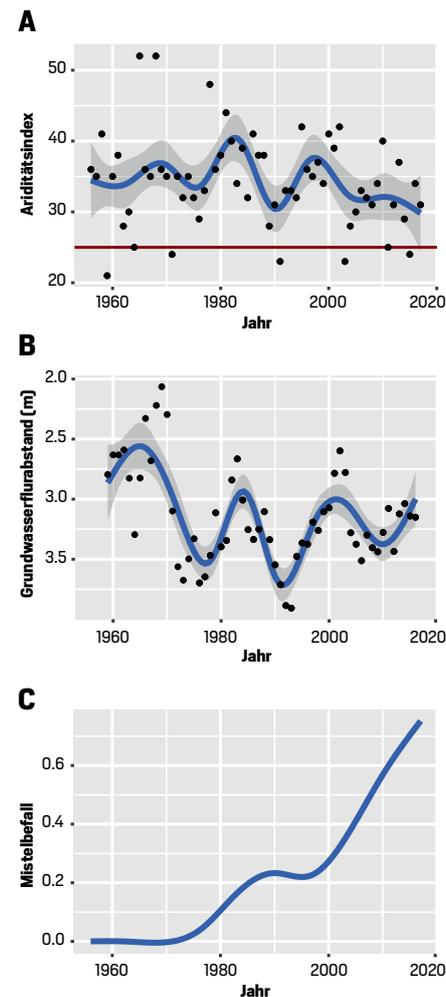


Abb. 4: Ariditätsindex (A), Grundwasserflurabstand (B) und Mistelbefall (C)

In den jüngeren Entwicklungsphasen (etwa bis Anfang der 1970er Jahre) stiegen die Zuwächse nach dem Trockenjahr über das Zuwachsniveau vor dem Trockenjahr an. Dabei nahm der Grad der Erholung mit der Intensität der Durchforstung des jeweiligen Feldes zu.

In den letzten Jahrzehnten nahm dagegen die Resilienz kontinuierlich ab – und zwar weitestgehend unabhängig von der Intensität der Durchforstung. Die Gründe hierfür werden in folgenden Faktoren vermutet:

Die zielgerichtete Standraumverweigerung in der frühen Dimensionierungsphase (1959, 1964, 1971) führte auch zu einer besseren Erholung nach Trockenjahren, da das Durchmesserwachstum durch einen verringerten Konkurrenzdruck und eine erhöhte Ressourcenverfügbarkeit stärker angeregt wurde. Mit steigendem Alter und vor allem auch mit zunehmendem Mistelbefall sinkt dagegen die Reaktionsfähigkeit von Bäumen auf Durchforstungen. Der Vergleich zeigt, dass die Zuwachsrückgänge bei Kiefern mit Mistelbefall deutlich stärker ausgeprägt waren als bei befallsfreien Bäumen. Dies ist auch plausibel: Während befallsfreie Kiefern bei angespannter Wasserversorgung durch Schließen der Stomata wirkungsvoll ihren Wasserverbrauch reduzieren, entziehen die Misteln durch ihre anhaltende Transpiration dem Wirtsbaum weiter Wasser und Nährstoffe mit damit verbundenen negativen Folgen für Wachstum und Baumernährung [4] (Abb. 6).

Zusammenfassung

Die Auswertung von Kiefern-Durchforstungsversuchen im Rheintal ergab, dass sich Trockenjahre im Lauf der Beobachtungsdauer zunehmend stärker auf den Zuwachs auswirkten. Neben einem altersbedingten Trend spielten dabei möglicherweise auch eine tendenziell zunehmende Aridität sowie sinkende Grundwasserstände eine wesentliche Rolle.

Als weiterer ungünstiger Faktor wirkte sich zum Ende der Beobachtungsdauer ein zunehmender Mistelbefall aus. Hinsichtlich des Durchforstungsbeginns und der Durchforstungsintensität war festzustellen, dass sich in den frühen Entwicklungsphasen intensive Hochdurchforstungen auf die Zuwachs-

Entwicklung des Zuwachses nach Trockenjahren

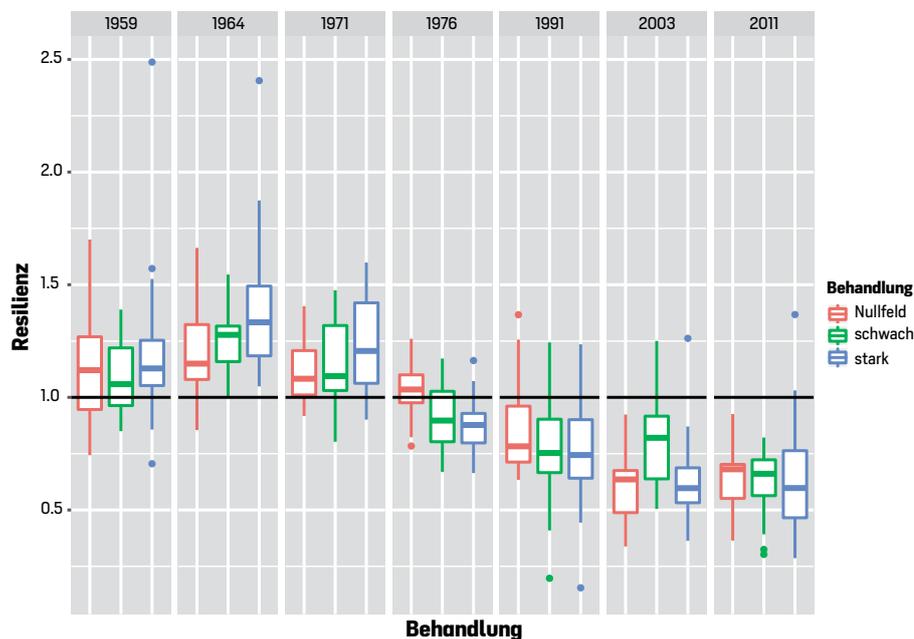


Abb. 5: Resilienz der drei Behandlungen auf sieben ausgewählte Trockenjahre

reaktion der Kiefern eindeutig günstig auswirkten. Dagegen war in den späteren Phasen des Versuchs ein solcher förderlicher Einfluss nicht mehr zu erkennen.

Nur resistente und resiliente Bäume und Wälder können einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, zweckmäßig sind daher die regelmäßige Beurteilung der Einzelbaumvitalität sowie frühe zuwachs- und resilienzfördernde Hochdurchforstungen.

Literaturhinweise:

- [1] EICK, S. (2014): Vom kurfürstlichen Forst zum Waldgebiet für alle: Geschichte der „Schwetzinger Hardt“. *AFZ-DerWald*, H. 22, S. 23–26.
 [2] LLORET, F.; KEELING, E. G.; SALA, A. (2011): Components of tree resilience: effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. *Oikos*. 120, S. 1909–1920.
 [3] MARTONNE DE E. (1926): Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. *La Météorologie*. 21, S. 449–458. [4] RIGLING, A.; MOSER, B.; FEICHTINGER, L.; GÄRTNER, H.; GIUGGIOLA, A.; HUG, C.; WOHLGEMUT, T. (2018): 20 Jahre Waldföhrensterben im Wallis: Rückblick und aktuelle Resultate. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 169, S. 242–250.

Reaktionsfähigkeit und Mistelbefall

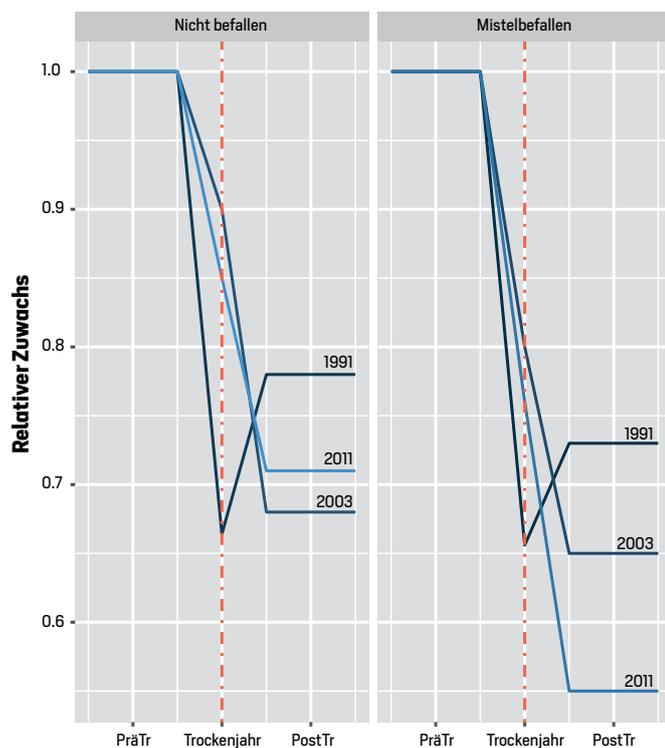


Abb. 6: Resistenz, Erholung und Resilienz von nicht befallenen und mistelbefallenen Bäumen



Tobias Stubenazy

Tobias.Stubenazy@wald-rlp.de,

war wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Abt. Waldwachstum der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) und absolviert derzeit sein Forstreferendariat im Landesbetrieb Landesforsten Rheinland-Pfalz.

Prof. Dr. Ulrich Kohnle

ist Leiter der Abt. Waldwachstum an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA).

Dr. Joachim Klädtke

ist stellvertretender Leiter der Abt. Waldwachstum an der FVA Baden-Württemberg.