

# Mehr Mischung, mehr Produktivität

Forschungsergebnisse der Waldwachstumskunde beweisen positive Zusammenhänge zwischen Baumartenvielfalt und Produktivität

## Hans-Joachim Klemmt

**In einem viel beachteten Aufsatz im renommierten Wissenschaftsjournal Science ist es einem internationalen Forscherverbund, in den die TU München (Lehrstuhl für Waldwachstumskunde) und die LWF miteingebunden waren, gelungen, die positiven Effekte zwischen Baumartenvielfalt und Produktivität grundlegend nachzuweisen. Die Studie zeigt global einen positiven Zusammenhang zwischen der Biodiversität und der Produktivität von Wäldern. Baumartenverarmung löst demnach signifikante Produktivitätsverluste aus. Dagegen kann die Umwandlung von Reinbeständen in Mischbestände hohe Produktivitätsgewinne erbringen.**

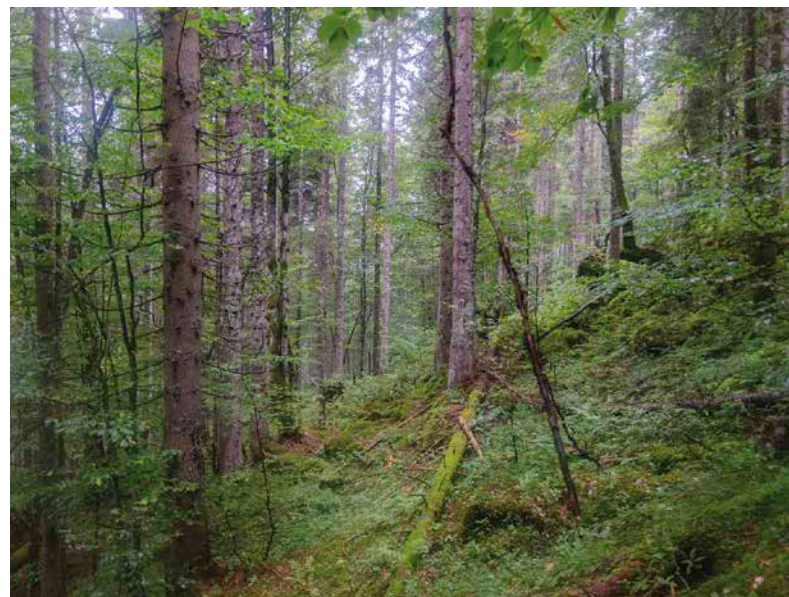
Seitdem sich Karl Gayer zu einer Zeit, als die Reinbestandswirtschaft sehr überschätzt wurde, in seinem berühmten Waldbaulehrbuch vehement für die Begründung und Pflege der Mischbestockung eingesetzt hatte, haben Forstwissenschaftler die Wuchsdynamik und die Leistung verschiedener Mischbestandstypen untersucht (Kramer 1988). Die Erkenntnisse aus Mischbestandsuntersuchungen ließen sich bisher nur schwer generalisieren. Gründe hierfür sind Unterschiede in der Mischung, im Alter sowie in den Wuchsrelationen und Standortansprüchen der beteiligten Baumarten. Daher waren die Vergleiche von Zuwächsen und Vorräten von Rein- und Mischbeständen in der Vergangenheit nicht einheitlich bzw. konnten Unter-

schiede bisher nur unzureichend quantifiziert werden. Um diese Erkenntnislücke zu schließen, hat sich ein international besetzter Forscherverbund unter Leitung von Professor Liang (West Virginia University, Morgantown, USA) zum Ziel gesetzt, die Zusammenhänge zwischen Produktivität und Baumartenvielfalt grundlegend zu untersuchen. Maßgeblich mit eingebunden waren in diesen Verbund Prof. Dr. Hans Pretzsch (Leiter des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde der TU München) sowie Susanne Brandl (Mitarbeiterin in Abteilung »Boden und Klima« der LWF). Die Ergebnisse der Forschungsaktivitäten mündeten 2016 in einem vielbeachteten, wissenschaftlichen Aufsatz im Wissenschaftsjournal Science (Liang et al. 2016).

**490 Mrd. US-Dollar Verlust – jährlich**  
Grundlage für die weltumspannende Untersuchung bildeten im Wesentlichen Forstinventurdaten von 770.000 Inventurpunkten in 44 Ländern der Erde. Einbezogen wurden hierbei 8.737 verschiedene Baumarten in allen waldbedeutsamen Vegetationszonen der Erde. Mit Hilfe dieser Daten wurden mit geostatistischen Methoden räumlich basierte, gemischte Modelle entwickelt und angepasst. Die Ergebnisse der Studie zeigen positive Zusammenhänge zwischen der Baumartenvielfalt und der Produktivität von Waldbeständen. Die Autoren folgern daraus, dass ein Rückgang der Baumartenanzahl auf der Fläche mit deutlichen Rückgängen in der Produktivität einhergeht, während in Mischbestände umgewandelte Monokulturen signifikant höhere Holzzuwächse erbringen können. Aufbauend auf den Ergebnissen zur globalen Naturalentwicklung wurde ein hypothetischer jährlicher Verlust von 490 Milliarden US-Dollar errechnet, wenn sich weltweit betrachtet baumartenreiche Mischbestände immer mehr zu baumartenärmeren Mischbeständen oder zu Reinbeständen entwickeln, wie in den vergangenen Jahren immer mehr zu beobachten war.



1 Fichten-Reinbestand im Tertiären Hügelland Foto: W. Pförtsch, AELF Bayreuth



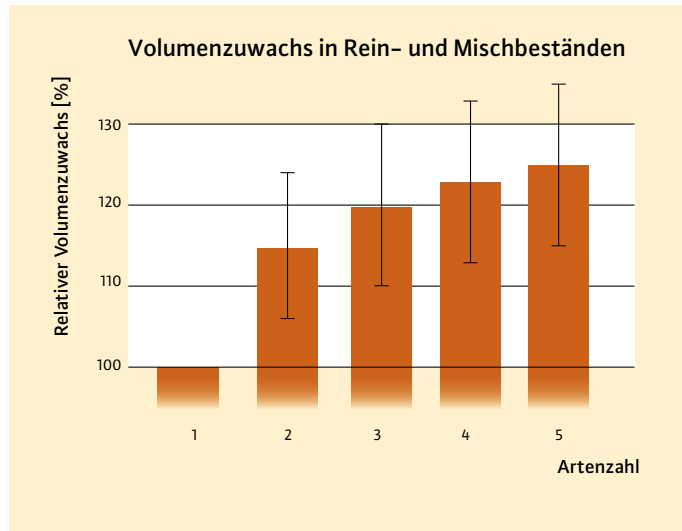
2 Bergmischwald in der Nähe von Kreuth Foto: W. Pförtsch, AELF Bayreuth

## Ergebnisse für die Forstpraxis

Seit rund 150 Jahren existiert in Bayern und Deutschland ein Netz langfristig angelegter, ertragskundlicher Versuchsfelder. Aufgrund der konsequenten, kontinuierlichen Betreuung und Auswertung dieser Flächen können die generellen Ergebnisse der eingangs vorgestellten Studie weiter konkretisiert werden. In Pretzsch (2016) sind die Effekte von Baumartenmischung auf Zuwachs und Vorratshöhe von Waldbeständen für die Forstpraxis aufbereitet dargestellt.

## Zuwachsniveau steigt mit der Zahl der Mischbaumarten

Die letzte Bundeswaldinventur hat für Bayern gezeigt, dass Reinbestände an Fläche verlieren, während gemischte Bestände deutlich an Fläche gewonnen haben. Aktuell sind circa 15% der Waldfläche in Bayern mit lediglich einer Baumart bestockt. Eine Auswertung der Inventurpunkte in Bayern zeigt, dass in bayerischen Privatwäldern im Durchschnitt rund zwei Baumarten je Inventurpunkt gefunden wurden. Der Vergleichswert für die öffentlichen Wälder Bayerns liegt mit circa drei Baumarten nach der letzten Bundeswaldinventur etwas höher (LWF2014). Abbildung 3 zeigt den Effekt der Baumartenzahl in Beständen auf das Zuwachsniveau. Betrachtet man zunächst nur die Mittelwerte, so erkennt man, dass das Zuwachsniveau in Beständen mit mehr als einer Baumart deutlich höher liegt als in ungemischten Beständen mit lediglich einer Baumart. Es wird allerdings auch ersichtlich, dass sich die Zuwächse durch das zusätzliche Einmischen weiterer Baumarten nicht unendlich steigern lassen. Pretzsch (2016) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass es hierzulande praktisch keine gesicherten waldwachstumskundlichen Erkenntnisse zu Mischungen mit mehr als vier Baumarten gibt.



3 Schematische Darstellung der Veränderung des Bestandeszuwachses mit zunehmender Artenzahl (verändert nach Pretzsch 2016)

## Mischung bringt bis zu 30 % mehr Zuwachs

Zur Schätzung von Zuwächsen in Mischbeständen werden derzeit in der Forstpraxis häufig Reinbestandsertragstabellen auch auf Mischbestände angewendet. Dabei werden die Anteile der einzelnen Baumarten in der Regel nach dem Flächenanteilsverfahren nach Laer gewichtet und verrechnet (beschrieben in Kramer und Akca 2008). Hierbei wird allerdings unterstellt, dass Mischung einen rein additiven Effekt auf den Zuwachs und indirekt auf die Vorratshöhen hat. Neuere Forschungsergebnisse weisen allerdings auf multiplikative Effekte hin, weshalb Zuwächse und Bestandesdichten in Mischbeständen deutlich über dem gewichteten Mittel von Reinbeständen (auf gleichen Standorten) liegen können. Pretzsch führt hierzu aus, dass Artenmischungen den Zuwachs im Vergleich zum flächengewichteten Mittel entsprechender Reinbestände um 11 bis 30% erhöhen können. In Abbildung 3 symbolisieren die oberen bzw. unteren Rahmen die jeweiligen Grenzen. Ob sich in einem gemischten, gleichaltrigen Bestand das

Zuwachsniveau eher an der Obergrenze oder Untergrenze des Rahmens bewegt, hängt von der Nischenkomplementarität der in Beständen gemischten Baumarten ab. Werden Bäume mit relativ ähnlichen ökologischen Nischen zusammen ausgebracht (z. B. Fichte und Buche), so bewegen sich die Zuwachssteigerungen eher im unteren Bereich des jeweiligen Rahmens. Werden hingegen Baumarten mit unterschiedlichen ökologischen Nischen gemischt (z. B. Kiefer und Buche), können deutlich höhere Zuwachssteigerungen erreicht werden.

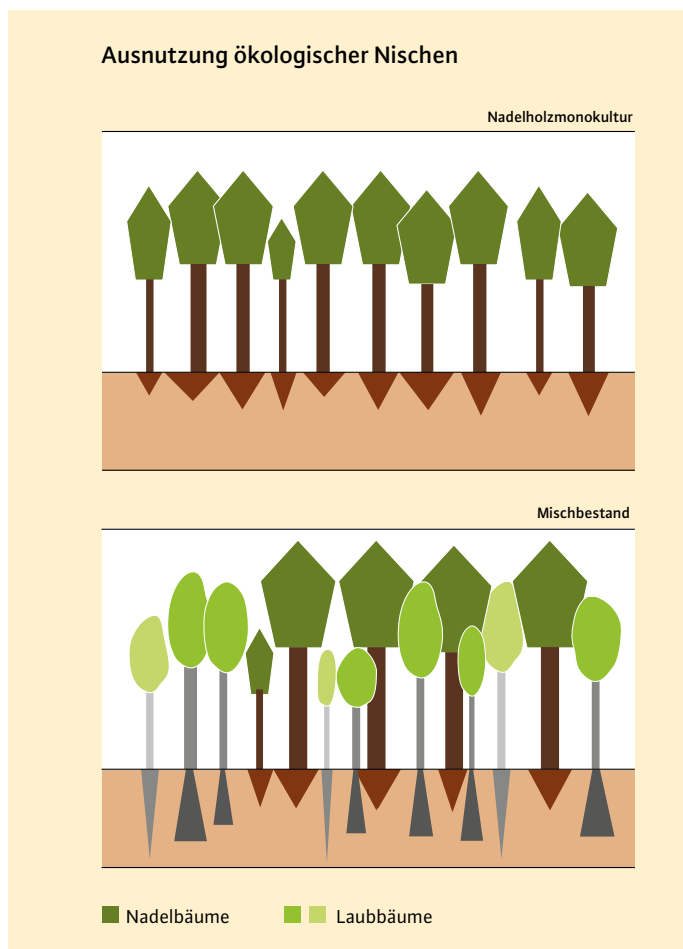
## Mischbaumarten mit unterschiedlichen ökologischen Nischen

Nach Pretzsch (2016) können Mischbestände mit zunehmender Komplementarität der ökologischen Nischen ihrer Baumarten auch höhere Bestandesdichten erreichen als Reinbestände. Komplementarität kann erreicht werden durch die Mischung von Licht- und Schattbaumarten, Nadel- und Laubbaumarten, Flach- und Tiefwurzlern, früh- und spätaustreibenden Baumarten oder durch die Beimischung von stickstoffbindenden Arten. In Mischbeständen können bei gleicher Bestandeshöhe um etwa 10% bis 30% mehr Bäume, höhere Grundflächen und Vorräte stehen. Abbildung 4 verdeutlicht dies noch einmal schematisch für einen Reinbestand (oben) im Vergleich zu einem Mischbestand mit drei komplementären Arten.

## »Science« und der Impact Factor

Science ist die Fachzeitschrift der American Association for the Advancement of Science (AAAS, Amerikanische Gesellschaft zur Förderung der Naturwissenschaften) und gilt neben Nature als das weltweit wichtigste Journal ihrer Art. Es besitzt einen Impact Factor von 34,661 (2015). Letzterer dient dem Vergleich der Bedeutung wissenschaftlicher Fachorgane und gibt an, wie häufig im Durchschnitt ein in dieser Zeitschrift veröffentlichter Artikel von anderen wissenschaftlichen Artikeln pro Jahr zitiert wird. Mit dem o.g. Wert liegt Science in der Kategorie multidisziplinäre Wissenschaften weltweit an zweiter Stelle (Wikipedia 2017 a, b).

4 Schematische Darstellung einer Nadelholzmonokultur (oben) und eines Mischbestandes (unten), aufgebaut aus drei komplementären Arten zur besseren Ausnutzung der ökologischen Nischen



Die dargestellten Zahlen für Zuwachserhöhungen bzw. Vorraterhöhungen von gleichaltrigen, gemischten Beständen im Vergleich zu Reinbeständen münden im zitierten Aufsatz in tabellarisch zusammengestellten Korrekturfaktoren für Reinbestandsertragstafeln. In Verbindung mit Korrekturfaktoren aufgrund verbesserter Wachstumsbedingungen lassen sich so auf Basis von Reinbestandsertragstafeln realistische Größenordnungen für Zuwächse und Vorräte in Rein- und Mischbeständen für aktuell vorherrschende Wuchsbedingungen ableiten.

#### Ausblick

Die angesprochenen Korrekturfaktoren stellen nur ein vorläufiges Hilfsmittel für die Forstpraxis dar. Sie ermöglichen nur eine grobe Abschätzung wichtiger Zustands- und Veränderungsgrößen für forstpraktische Zwecke. Zukünftig gilt es, die generell gewonnenen Erkenntnisse zum Wachstum von gemischten Beständen weiter zu erforschen. Eine weitere

Präzisierung nach aktuell vorherrschenden bzw. vor dem Hintergrund des Klimawandels als zukünftig wichtig erachteten Baumarten muss vorangetrieben werden. Zudem wird eine weitere Konkretisierung nach Standorten in einer Codierung, die der Praxis zugänglich ist und die potenzielle Änderungen aufgrund klimatischer Änderungen berücksichtigt, von Seiten der Forstpraxis erwünscht. Dank der Existenz sowie der konsequenten Weiterentwicklung langfristig angelegter, ertragskundlicher Versuchsflächen in Verbindung mit flächenhaft verfügbaren, weniger hochaufgelösten Daten aus Forstinventuren verfügt die Forstwissenschaft über entsprechende Datenquellen, die es ermöglichen, das Waldwachstum im komplexen Ökosystem Wald zu durchdringen und die auch zukünftig wertvolle, zuverlässige Grundlagen für die praktische Waldbewirtschaftung zu liefern.



5 Mischbestände können bis zu 30% mehr leisten als Reinbestände Foto: J. Böhm

#### Zusammenfassung

Baumartenvielfalt und Produktivität hängen positiv zusammen. Dies grundlegend nachzuweisen ist einem internationalen Forscherverbund im Jahr 2016 gelungen. Dank der Existenz langfristiger ertragskundlicher Versuchsflächen ist es möglich, diese generellen Erkenntnisse für Bayern und Deutschland weiter zu konkretisieren. Gegenüber Reinbeständen liegen aktuell Zuwächse und Vorräte in gleichaltrigen, einstufigen gemischten Beständen circa 10% bis 30% über den Werten von Reinbestandsertragstafeln. Die Werte steigen mit zunehmender Komplementarität der gemischten Baumarten. Aufgrund der besseren Möglichkeit der Ressourcennutzung nimmt die Komplementarität zum Beispiel bei der Mischung von Licht- und Schattbaumarten, Nadel- und Laubbaumarten, Flach- und Tiefwurzlern zu. Die Ableitung der angeführten Zahlenwerte wird für hiesige Wachstumsverhältnisse durch die Auswertung von langfristig angelegten, ertragskundlichen Versuchen sowie von Forstinventurdaten möglich.

#### Literatur

- LWF – Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2014): Nachhaltig und naturnah. Wald und Forstwirtschaft in Bayern. Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. LWF spezial, 34 S.
- Kramer, H. (1988): Waldwachstumslehre. Parey, 531 S.
- Kramer, H.; Akca, A. (2008): Leitfaden zur Waldmesslehre. Sauerländer, J.D., 5. Auflage, 280 S.
- Liang, J.; Crowther, T.W.; Picard, N.; Wiser, S.; Zhou, M.; Alberti, G.; Schulze, E.D.; McGuire, A.D.; Bozzato, F.; Pretzsch, H.; de-Miguel, S.; Paquette, A.; Hérault, B.; Scherer-Lorenzen, M.; Barrett, C.B.; Glick, H.B.; Hengeveld, G.M.; Nabuurs, G.J.; Pfautsch, S.; Viana, H.; Vibriens, A.C.; Ammer, C.; Schall, P.; Verbyla, D.; Tchebakova, N.; Fischer, M.; Watson, J.V.; Chen, H.Y.H.; Lei, X.; Schelhaas, M.J.; Lu, H.; Gianelle, D.; Parfenova, E.I.; Salas, C.; Lee, E.; Lee, B.; Kim, H.S.; Bruelheide, H.; Coomes, D.A.; Piotta, D.; Sunderland, T.; Schmid, B.; Gourlet-Fleury, S.; Sonké, B.; Tavani, R.; Zhu, J.; Brandl, S.; Vayreda, J.; Kitahara, F.; Searle, E.B.; Neldner, V.J.; Ngugi, M.R.; Baraloto, B.; Frizzera, L.; Balazy, R.; Oleksyn, J.; Zawila-Niedzwiecki, T.; Bouriaud, O.; Bussotti, F.; Finér, L.; Jaroszewicz, B.; Jucker, T.; Valladares, V.; Jagodzinski, A.M.; Peri, P.L.; Gonmadje, C.; Marthy, W.; O'Brien, T.; Martin, E.H.; Marshall, A.R.; Rovero, F.; Bitariho, R.; Niklaus, P.A.; Alvarez-Loayza, P.; Chamuya, N.; Valencia, R.; Mortier, F.; Wortel, V.; Engone-Obiang, N.L.; Ferreira, L.V.; Odeke, D.E.; Vasquez, R.M.; Lewis, S.L.; Reich, P.B. (2016): Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. *Science* 354: 12 S. DOI: 10.1126/science.1238957
- Pretzsch, H.; Uhl, E.; Nickel, M.; Steinacker, L.; Schütze, G. (2016): Die lange Geschichte der ertragskundlichen Versuchsflächen in Bayern. LWF Wissen 76, S. 7–30
- Pretzsch, H. (2016): Ertragstafel-Korrekturfaktoren für Umwelt- und Mischungseffekte. *AFZ-Der Wald* 14, S. 47–50
- Wikipedia (2017a): Science. <https://de.wikipedia.org/wiki/Science>
- Wikipedia (2017b): Impact Factor. [https://de.wikipedia.org/wiki/Impact\\_Factor](https://de.wikipedia.org/wiki/Impact_Factor)

#### Autor

Dr. Hans-Joachim Klemmt leitet die Abteilung »Boden und Klima« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.  
Kontakt: Hans-Joachim.Klemmt@lwf.bayern.de