

Bergmischwälder im Klimawandel: Ausgangslage, Gefährdung, Anpassungsmaßnahmen

von Christian Kölling und Jörg Ewald

Keywords: mountain mixed forests, climate change, vulnerability, adaptation

Ein Charakteristikum des bayerischen Alpenraums und der höheren Mittelgebirge Süddeutschlands ist der hauptsächlich aus Fichte, Tanne und Buche aufgebaute Bergmischwald. Er hat eine große Bedeutung für Forstwirtschaft, Naturschutz und Landeskultur. Durch den Klimawandel wird es in diesem Vegetationstyp zu Entmischungen kommen. Die gegenüber einer Temperaturerhöhung anfälligeren Fichten werden zu Gunsten der weniger anfälligen Buchen und Tannen an Bedeutung verlieren. Dadurch wird sich die Flächenverbreitung des Bergmischwalds verringern, sein Verbreitungsgebiet wird sich in höhere Lagen verschieben. Mit einem aktiven klimagerechten Waldumbau reichert man gefährdete reine oder wenig gemischte Fichtenbestände mit den zukunftsfähigen Baumarten Buche und Tanne an. Über Mischung, Risikostreuung und Anpassung wird auf diese Weise der Bergwald stabilisiert und auf die Zukunft vorbereitet.

Aus Fichten, Tannen und Buchen aufgebaute, innig gemischte Wälder prägen das Landschaftsbild der Alpen, des Alpenvorlands und der höheren süddeutschen Mittelgebirge (Abb. 1. Abb. 9). Dieser Grundstock der Schlusswaldbaumarten wird je nach Nährstoff- und Wasserhaushalt durch Zwischenwaldarten der Edellaubbaumgruppe (Berg-Ahorn, Esche, Berg-Ulme) und durch Lichtbaumarten wie Vogelbeere, Mehlbeere, Kiefer und Lärche aufgefüllt. Der Dreiklang von Fichte, Tanne und Buche ist eine Besonderheit des mittel- und osteuropäischen Gebirgsraums und formt außergewöhnliche Waldbilder. Bergmischwälder faszinieren ästhetisch, sie begeistern vor dem Hintergrund des Wildnisgedankens und vermögen, was die forstliche Produktivität und Stabilität angeht, Außerordentliches zu leisten (GAYER 1886). Der überwiegende Teil der in Mittel- und Osteuropa erhaltenen Urwaldreste fällt in die Kategorie des Bergmischwalds (LEIBUNDGUT 1982), der Bergmischwald trägt große Anteile der heimischen Rohholzproduktion und bildet die großartige Kulisse für vielfältige touristische Aktivitäten. Außerdem ist er mit seinem Reichtum an Pflanzen und Tierarten ein Hort der Biodiversität und nicht zuletzt vertrauter und wertvoller Bestandteil unserer Heimat.

Dreiklang Fichte – Tanne – Buche

Wie wir aus Abb. 2 entnehmen können, besetzen typische Bergmischwälder innerhalb Bayerns die kühl-feuchte Klimanische: In ihrem Vorkommensgebiet herrschen kühle Sommer, kalte, schneereiche Winter und überdurchschnittliche Niederschläge von Mai-September. Nicht die Berge machen den Bergmischwald, sondern das für die Berge charakteristische kühl-feuchte Klima. Es begünstigt gleichermaßen Fichte, Tanne und Buche. Betrachten wir Abb. 3, so sehen wir die modellierten Vorkommens-



Abb. 1: Typischer Bergmischwald als Dreiklang von Fichte, Tanne und Buche. Zusätzlich sind noch Berg-Ahorn (im Vordergrund) und Lärche (im Hintergrund) beigemischt. Die Fichten sind in sichtbarem Umfang durch Borkenkäferbefall abgestorben. Fischunkel, Nationalpark Berchtesgaden. (Foto: C. Kölling).

bereiche der drei Baumarten im Achsenkreuz des Diagramms. Es stellt einen Klimaraum dar, der aus Sommer- und Wintertemperaturen sowie dem Vegetationszeitniederschlag aufgespannt wird. Entlang der Temperaturachse ergibt sich eine Reihenfolge von der Fichte über die Tanne hin zur Buche. Die Fichte kann als einzige der drei Baumarten auch an der äußerst niederschlagsreichen und kalten Waldgrenze existieren, während sie am warm-trockenen Ende versagt. Bis hierhin, an den rechten, warmen und niederschlagsärmeren Teil des Diagramms, reicht der Herrschaftsbereich der Buche und geht darin auch über den der Tanne hinaus, welche insgesamt eine mittlere Position einnimmt. Wo sich alle drei Vorkommensbereiche überlappen, liegt als klimatische Schnittmenge der drei Baumarten der Herrschaftsbereich des Bergmischwalds. Seine Grenzen werden auf der einen Seite durch die Wärmegrenze der Fichte, auf der anderen durch die Kältengrenze der Buche abgesteckt. So ist der Bergmischwald streng an die klar umrissenen Klimaverhältnisse des Berglandes gebunden, nach unten begrenzt durch die fichtenfreie submontane Stufe, nach oben durch die raue subalpine Nadelwaldstufe. Deshalb weisen die Nordalpen und die höheren Mittelgebirge Süddeutschlands eine Höhenabfolge der Baumarten auf, die jedem Bergwanderer aus eigener Anschauung bekannt und die auch in vielen Büchern abgebildet ist. Allein das Klima, welches freilich stark von der Seehöhe abhängt, bestimmt im Gebirge die Höhenverteilung der Baumarten (EWALD u. KÖLLING 2009). Fichte, Tanne und Buche nehmen zusammen 84% des Waldes in den Bayerischen Alpen ein (Abb. 4). Allerdings ist das Verhältnis der drei Baumarten zueinander gegenwärtig nicht, wie zu erwarten wäre, 1:1:1, sondern 9:1:3. Dies liegt zum einen daran, dass die Baumart Fichte oberhalb der Bergmischwaldzone naturgemäß Reinbestände

bildet. Zum anderen wurde die Fichte aus forstwirtschaftlichen Gründen stark gefördert. Eine weitere Rolle spielt die besondere Empfindlichkeit der Tanne gegenüber dem Verbiss von Reh, Hirsch und Gams. Auch die Waldweide hat einen Einfluss auf die Zusammensetzung des Bergmischwalds. Nicht zuletzt haben bestimmte forstliche Bewirtschaftungsformen zu einem Übergewicht der Fichte und zur teilweisen Entmischung des Bergmischwalds geführt. Dennoch ist der Bergmischwald nach wie vor ein Charakteristikum der Bayerischen Alpen und kann dort auf großer Fläche und in vielen Spielarten besichtigt werden.

Liegt der Schwerpunkt des Bergmischwaldes in den Randketten der Alpen und Karpaten mit Ausläufern in Böhmerwald, Riesengebirge und Sudeten, so klingt er in seinen primären, natürlichen Vorkommen trotz durchaus geeigneten Klimas an den nordwestlichen und südlichen Rändern aus. Im Schweizer Jura, den Vogesen und im Schwarzwald zieht sich die Fichte auf Blockhalden und Moorränder zurück. Fichte und Tanne haben trotz klimatischer Eignung die Hohe Rhön nicht erreicht – hier bildet die Buche zusammen mit dem Bergahorn laubabwerfende Bergwälder. Auch im Balkangebirge, im Kontakt zum mediterranen Klima, zieht sich die Fichte in Frostwannen zurück und überlässt die Waldgrenze der Buche.

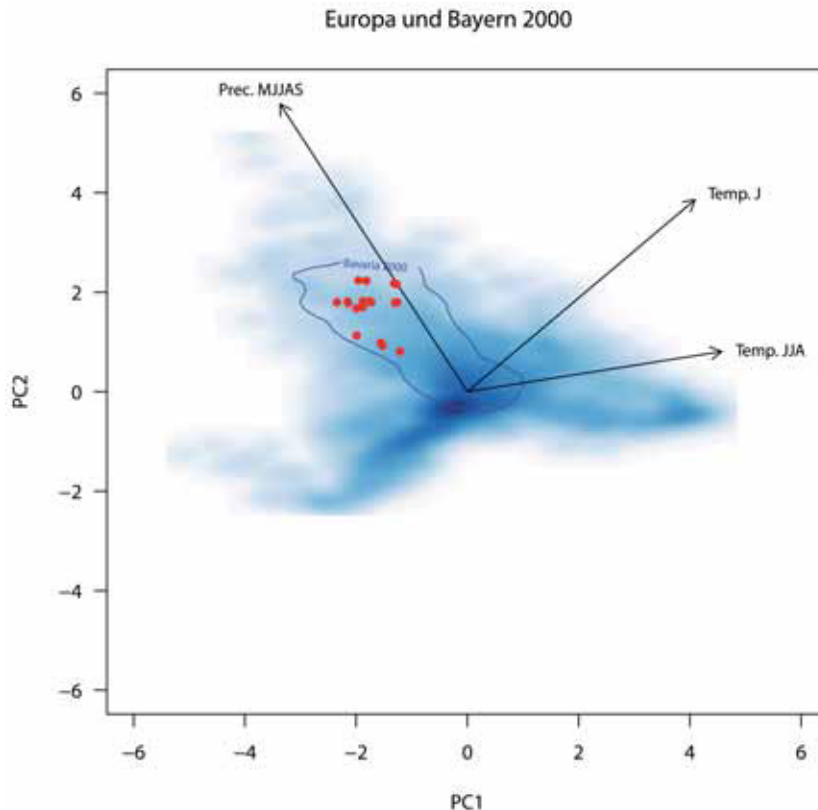


Abb. 2: Lage von Europa (blaue Wolke), Bayern (blauer Umriss) und 18 Bergmischwaldstandorten (rote Punkte) im Klimaraum aus Sommertemperatur (Temp. JJA), Januartemperatur (Temp. J) und Vegetationszeitniederschlag (Prec. MJJAS). Je weiter man sich im Achsenkreuz nach rechts bewegt, desto wärmer wird das Klima, je weiter man sich nach oben bewegt, desto feuchter wird es. Das den Bergmischwald bestimmende Gebirgsklima findet sich daher rechts oben im Diagramm.

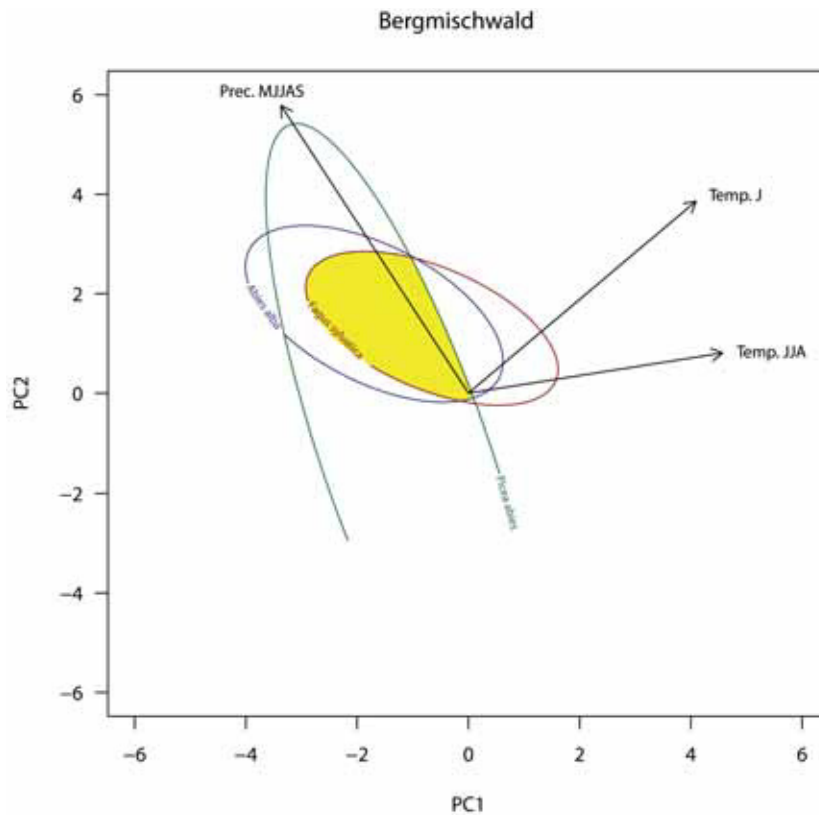


Abb. 3: Klimatische Vorkommensbereiche oder Nischen von Fichte (*Picea abies*, grün), Tanne (*Abies alba*, blau) und Buche (*Fagus sylvatica*, rot) im Achsenkreuz aus Sommertemperatur, Januartemperatur und Vegetationszeitniederschlag. Dort, wo sich die drei Nischen überlappen, findet sich der Vorkommensbereich des aus allen drei Baumarten zusammengesetzten Bergmischwalds (gelbe Schnittmenge).

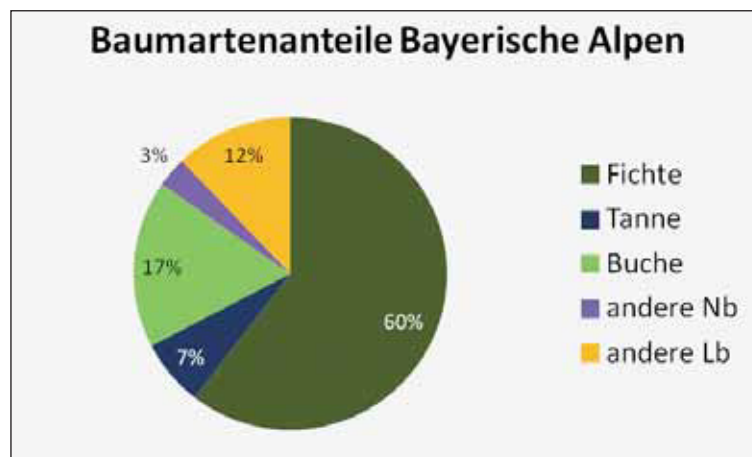


Abb. 4: Baumartenanteile im Wuchsgebiet 15 (Bayerische Alpen) nach den Ergebnissen der Bundeswaldinventur 2 (BMELV 2013). Unter der Rubrik "andere Nadelbäume" verbergen sich vorwiegend Wald-Kiefer, Zirbelkiefer, Eibe und Lärche, unter der Rubrik "andere Laubbäume" vorwiegend Berg-Ahorn, Berg-Ulme, Esche, Vogel- und Mehlbeere.

Bergmischwald als gefährdetes Gefüge

Als gemischtes System mit drei Komponenten ist der Bergmischwald komplex und empfindlich gegenüber veränderten Außenbedingungen und Verschiebungen in der Konkurrenzsituation. Im Lauf der Geschichte ist sein Gefüge deshalb immer wieder gefährdet worden.

In den Salzburger und Berchtesgadener Alpen nutzten die Salinen von Hall und Reichenhall den Bergmischwald seit dem Mittelalter als Energiequelle für das Befeuern der Sudpfannen. Zu diesem Zweck wurden ganze Berghänge kahlgeschlagen und das Holz wurde über Riesen, Klausen und Triftbäche zu den Verbrauchsorten gebracht. Da das dichte und schwere Buchenholz auf Grund seiner schlechten Triftbarkeit und des zu hohen Brennerts als ungeeignet für die Salinen galt, versuchten die Holzmeister die Buchenanteile zu reduzieren. Dabei mag die Nutzung der Schläge als temporäre Maisalm mit selektivem Verbiss der Laubbaumverjüngung geholfen haben. Über die Jahrhunderte verarmten die Berchtesgadener Bergmischwälder an Buche und wurden statt dessen mit der Lärche angereichert, was bis heute ein besonderes Kennzeichen der Region geblieben ist (VON BÜLOW 1962).

Welch weit reichende Konsequenzen verhältnismäßig kleine Ursachen haben können, zeigt die seit ca. 200 Jahren ablaufende, schleichende Entmischung der Bergmischwälder in den Bayerischen Alpen, welche beinahe zu einem Abreißen der Bergmischwaldtradition geführt hätte. Diesen Bestockungswandel zu Gunsten der Fichte und auf Kosten der Buche, vor allem aber der Tanne kann man aus den großflächigen Betriebsinventuren der Staatsforstbetriebe deutlich ablesen (Abb. 5): Während die alten Bestände noch gleichgewichtige Mischungen aller drei Baumarten aufweisen, steigt der Anteil reiner Fichtenbestände in den mittleren Altersklassen massiv an, die Tanne fällt auf sehr geringe Anteile zu-

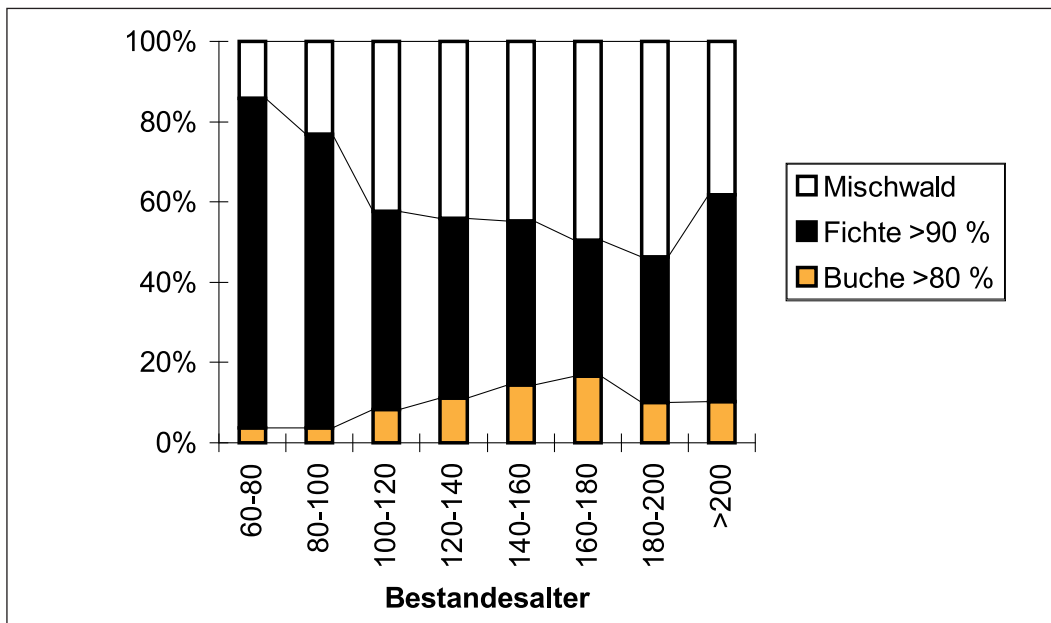


Abb. 5: Anteile von Bergmischwäldern und Reinbeständen im Werdenfelser Land des ausgehenden 20. Jahrhunderts (aus EWALD et al. 2000); in den mittleren Altersklassen (linker Teil der Grafik) dominieren reine Fichtenbestände.

rück. Dieser langfristige Trend wurde erst in den 1960er Jahren erkannt (MEISTER 1969) und seine Ursache wurde durch die klassischen Feldversuche von Ruhpolding identifiziert (BURSCHEL et al. 1985). Als Ursache der Entmischung wurden die seit Einrichtung von Hofjagdreivieren angestiegenen Schalenwildbestände identifiziert. Diese hatten, wenig offensichtlich und doch sehr wirksam, einen größeren Einfluss auf die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung als die historisch ältere Waldweide und die Kahlschläge der Salinenzeit (LISS 1990).

Kaum hatten progressive Forstleute begonnen durch angepasste Jagdmethoden eine Trendwende in der Verjüngung der Bergmischwälder einzuleiten, bedrohten in den 1970er und 1980er Jahren neuartige Waldschäden das Artengefüge des Bergmischwaldes. So verursachten Schwefeldioxidimmissionen, Frostschock und Nährstoffmangel in einigen Bergmischwaldgebieten Schäden (REHFUESS 1995), vielerorts bis hin zum Absterben alter Tannen (ELLING 1993). Zum Glück konnte das Tannensterben durch Reduzierung der schwefelhaltigen Emmissionen im Lauf der 1990er Jahre gestoppt werden.

In den letzten 20 Jahren wurde durch verstärkte Bejagung, naturnahe Bewirtschaftung und Tannen-voranbau eine Renaissance des Bergmischwaldes eingeleitet. So stiegen in den Jungbeständen die Tannenanteile deutlich an und in vielen fichtendominierten Bergmischwäldern setzte eine stürmische Verjüngung von Buche und Bergahorn ein.

Klimawandel ergibt Waldwandel

Für Naturobjekte wie den Bergmischwald, die vorwiegend vom Klima geformt werden, hat der Klimawandel unmittelbare Bedeutung. Je stärker die Bindung an das Klima und je spezieller die Anpassung an einen bestimmten Klimatyp, desto anfälliger sind Arten und Lebensgemeinschaften, wenn sich Temperaturen und Niederschläge ändern (HICKLER et al. 2012). Aus Abb. 3 geht hervor, dass der Bergmischwald als Schnittmenge der drei ihn aufbauenden Arten einen viel kleineren Klimabereich abdeckt als jede einzelne Baumart allein. Wirkt ein moderater Klimawandel mit einer Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur von 2-3 °C auf typische Bergmischwälder, so kann es je nach Lage der einzelnen Bestände im Klimaraum dazu kommen, dass der ihnen zuträgliche Klimabereich verlassen wird. In Abb. 6 ist dies durch die roten Pfeile dargestellt, die angeben, wie ein möglicher Klimawandel für 18 beispielhaft ausgewählte Bergmischwälder zu anderen Klimasituationen führt, die durch die Pfeilspitzen symbolisiert sind. Die Wälder finden sich nach einem angenommen moderaten Klimawandel, der durch eine Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur um 2-3 °C charakterisiert ist, in für sie neuen Kombinationen der Klimaelemente wieder. Wenn dabei der naturgegebene Vorkommensbereich des Bergmischwalds, der gelbe Bereich in Abb. 5, verlassen wird, kommt es zu einer Grenzüberschreitung. In einigen der beispielhaft dargestellten Bergmischwälder werden unter den angenommenen Umständen die Bedingungen für die Fichte so ungünstig, dass eine Entmischung zu befürchten ist. Als Rest bleiben dann in der Baumartenzahl reduzierte Mischwälder, die nur noch aus Tanne und Buche aufgebaut sind. Nähme der Klimawandel noch stärkere Dimensionen an, würde als letzte Baumart die Buche übrig bleiben, die ursprüngliche Vielfalt wäre, solange nicht neue angepasste Baumarten hinzugefügt werden, verloren. In Abb. 1 ist an den abgestorbenen Fichten erkennbar, wie eine solche klimawandelinduzierte Entmischung aussehen könnte. Je wärmer die Sommer werden, desto mehr steigt das Ausfallrisiko für die Fichte durch Borkenkäferfraß.

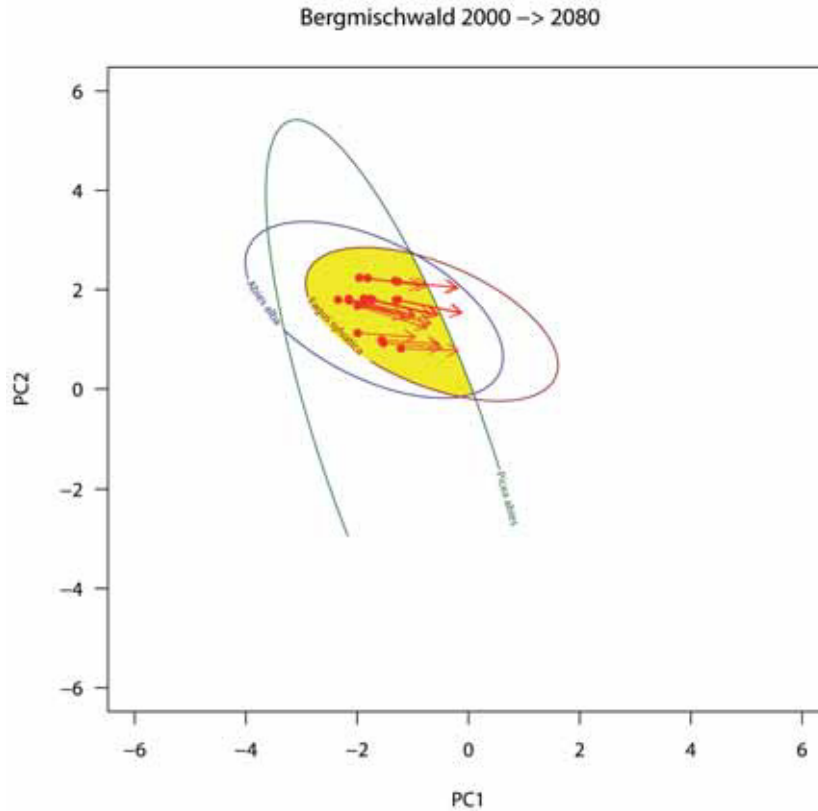


Abb. 6: Die 18 Bergmischwälder aus Abb. 2 im Klimawandel: Die unterschiedliche Anfälligkeit ergibt sich aus der Stärke des Klimawandels (Länge der Pfeile) und aus der Ausgangssituation (Entfernung zum warm-trockenen Rand des Vorkommensbereichs). In ungünstigen Fällen führt der Klimawandel zur Entmischung, die Pfeile enden außerhalb des gelben Vorkommensbereichs. Vollwertige Fichten-Tannen-Buchenwälder entwickeln sich dann zu artenreduzierten Tannen-Buchenwäldern oder in extremeren Fällen (nicht dargestellt) auch zu reinen Buchenwäldern.

Bergmischwald in Gefahr

Eine Risikoschätzung wie in Abb. 6 dargestellt, kann man für jeden Punkt der Erdoberfläche durchführen. Man benötigt dazu Klimakarten, in denen die drei Klimagrößen Sommer-, Wintertemperaturen und Vegetationszeitniederschlag enthalten sind. Dann kann man rasterzellenweise für die Gegenwart und eine mögliche Zukunft prüfen, ob das Klima zum Vorkommensbereich des Bergmischwalds, der gelben Fläche in Abb. 3, passt oder nicht. Die Ergebnisse dieser Abfragen sind in Abb. 7 und Abb. 8 für Süddeutschland und den Alpenraum dargestellt. Treffer ergeben die grüne Fläche, weiß sind die Regionen, in denen die Bedingungen für den Bergmischwald nicht erfüllt sind.

Dieses ausschließlich auf die gegenwärtigen Mittelwerte von Temperatur und Niederschlag gestützte Modell schließt die von WALENTOWSKI et al. (2003) ausgewiesenen natürlichen Kerngebiete des Bergmischwaldes in den Randalpen, ihrem Vorland und den ostbayerischen Grenzgebirgen vollständig ein, wo die Existenz von Bergmischwäldern für die vorgeschichtliche Zeit durch Pollenanalysen belegt

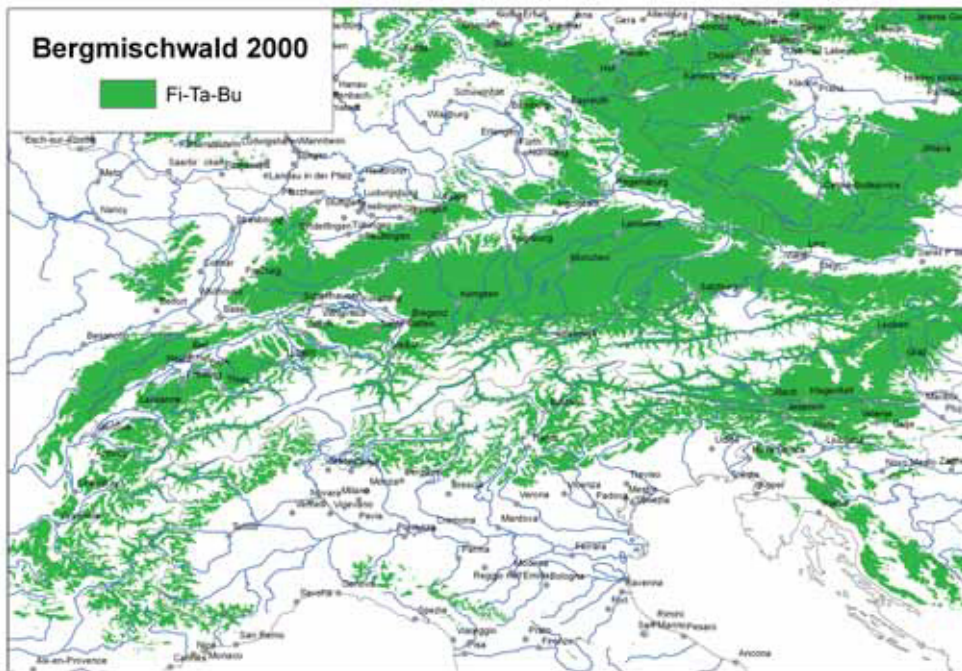


Abb. 7: Geografische Ausdehnung potenzieller Standorte des Bergmischwalds: Regionalisierung der gelben Schnittmenge aus Abb. 3 mit den Klimadaten der Gegenwart für Süddeutschland und den Alpenraum.

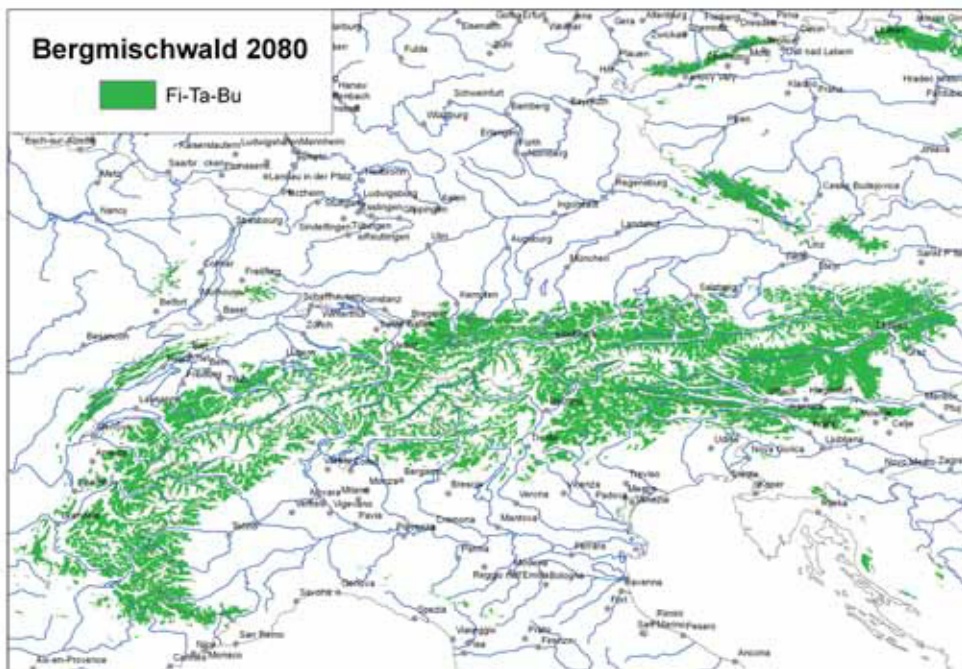


Abb. 8: Geografische Ausdehnung potenzieller Standorte des Bergmischwalds: Regionalisierung der gelben Schnittmenge aus Abb. 3 mit den Klimadaten der Zukunft (Szenario B2A, 2080, Temperaturerhöhung 2-3 °C) für Süddeutschland und den Alpenraum.

ist (STALLING 1987, EWALD 2001). Das heutige Klima bietet darüber hinaus allen drei Baumarten günstige Bedingungen im Tertiärhügelland, im Jura sowie im Schwarzwald und den Vogesen, wo sich die Forstwirtschaft dieser ökologisch und ökonomisch vorteilhaften Waldaufbauform bedient.

Bereits ein moderater Klimawandel mit einer Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur von 2-3°C engt das potentielle Bergmischwaldgebiet empfindlich ein (Abb. 8). Im Alpenvorland und in den Mittelgebirgen sind die Temperaturen dann in vielen Bereichen zu hoch, als dass ein Bergmischwald in der uns bekannten Form existenzfähig wäre. Selbst in den Alpen müsste die Bergmischwaldzone in höhere Lagen zurückweichen, was das Unbrauchbarwerden der warmen Täler nur teilweise ausgleichen könnte. Der Bergmischwald als Vegetationstyp dürfte auch bei starkem Klimawandel erhalten bleiben, würde jedoch, je nach Wanderfähigkeit der Baumarten, in seiner Flächenausdehnung mehr oder weniger schrumpfen. Der Höhenwanderung des Bergmischwalds sind nicht nur Raumgrenzen gesetzt, wenn die Gipfelhöhen der Berge nicht weiter überstiegen werden können. Häufig verhindern auch natürliche Felsen oder menschengemachte Almen die Höhenwanderung. Auch im Klimawandel behält freilich die waldbauliche Weisheit Gültigkeit, die besagt: Ein angepasster Wildbestand, der eine Verjüngung der Tanne erlaubt, ist nicht alles, aber ohne ihn ist im Bergmischwald alles nichts.

Wege aus der Krise

Erkennt man den vollen Wert des Bergmischwalds und das ganze Ausmaß eines ungebremsen Klimawandels, so drängt sich als erstes Lösungsmodell die Abmilderung des Klimawandels auf ein gerade noch erträgliches Maß auf. Wie es derzeit aussieht, wird der Weltbevölkerung dies nur in bescheidenem Umfang gelingen. Es wird daher in jedem Fall notwendig werden, Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen. Für diese Maßnahmen sind Karten wie die in Abb. 8 dargestellte unerlässlich, die aber weiter entwickelt und differenzierter sein müssen. In zwei großen, erst jüngst abgeschlossenen Vorhaben, WINALP und "Karten für die Zukunft", wurde dieser Arbeitsschritt getan (EWALD et al. 2011, REGER u. EWALD 2011, 2012, FALK et al. 2013). Aus diesen Informationssystemen kann man in flächenscharfer Auflösung ablesen, welche Umweltbedingungen gegenwärtig herrschen sowie vor allem in Zukunft im Wald herrschen werden und wie sich dies auf die Existenzmöglichkeiten der Baumarten auswirken kann. Auf diesen Grundlagen aufbauend kann das Umdenken in der Waldbewirtschaftung beginnen. Hier kommt es darauf an, den im Bergmischwald schon verwirklichten Gedanken der Risikostreuung durch Mischung (KÖLLING et al. 2011) mit einer Betrachtung über Chancen und Risiken der einzelnen Baumarten zu verbinden. Wie man aus Abb. 5 entnehmen kann, ist im Bergmischwald vor allem die Fichte gefährdet und die Entwicklung geht auf vielen Standorten hin zu reduzierten Beständen aus Buche und Tanne. Diese Entwicklung gilt es immer dann zu unterstützen und vorweg zu nehmen, wenn die Ausgangslage ein mehr oder weniger reiner Fichtenbestand ist, dem die Zukunftsbaumarten Tanne und Buche fehlen. Dann kommt es darauf an, durch Waldumbaumaßnahmen die noch fehlenden zwei Elemente des Bergmischwalds, Buche und Tanne, rechtzeitig einzubringen, damit sie später einmal das Gerüst des Bestandes bilden können. Weitere Baumarten wie Berg-Ahorn oder in tiefen Lagen auch die Eiche könnten den Verlust der Fichte kompensieren und die Anzahl der Mischungselemente erhöhen. Intensive Waldschutzmaßnahmen gegen die Borkenkäfer können den Wandel hinauszögern. Bei allen Maßnahmen des Waldumbaus spielt es eine große Rolle, dass die von Natur aus angekommenen oder gepflanzten Jungbäume nicht durch Wildverbiss behindert oder vernichtet werden. Mit Hilfe der Jagd sind die Wildbestände auf einem Niveau zu halten, das dem klimagerechten Waldumbau förderlich ist.

Abwarten oder besser handeln?

Der Klimawandel schreitet voran, jedoch nicht so, dass man es täglich vor Augen geführt bekommt. Auch reagieren natürliche Systeme wie der Bergmischwald mit einiger Zeitverzögerung. Dennoch kommt es darauf an, die Zeichen der Zeit zu erkennen und mit Anpassungsmaßnahmen schon jetzt zu beginnen (KÖLLING 2012). Man darf nicht vergessen, dass auch die Wirkung der Anpassungsmaßnahmen erst mit großer zeitlicher Verzögerung eintreten wird. Was jetzt gepflanzt wird, ist erst nach mehr als einem halben Jahrhundert ein ansehnlicher Baum. Von staatlicher Seite wird der klimagerechte Waldumbau mit großem Mitteleinsatz gefördert, so dass es eigentlich für das Handeln kaum Hinderungsgründe gibt. Oftmals wird aber die Zukunftsunsicherheit als Argument für eine passive oder abwartende Haltung angeführt. Die hier angestellten Betrachtungen sollen zeigen, dass es für ein zielgerichtetes Handeln nicht so entscheidend ist, in welcher Stärke der Klimawandel genau kommt. Wichtig ist vielmehr, dass man auf die Zukunft vorbereitet ist und sich zukünftige Handlungsoptionen nicht durch Passivität verbaut.



Abb. 9: Bergmischwald in den Bayerischen Kalkalpen (Giesenbachtal im Ammergebirge): typisch sind der Reichtum an Baumarten und die Vielfalt an Strukturen. (Foto: A. Doering).

Literatur

- BMELV Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2013): Bundeswaldinventur. Alle Ergebnisse und Berichte. www.bundeswaldinventur.de (aufgerufen am 13.06.2013).
- BURSCHER, P., EL KATEB, H., HUSS J. & MOSANDL R. (1985): Die Verjüngung im Bergmischwald – Erste Ergebnisse einer Untersuchung in den ostbayerischen Kalkalpen. *Forstwiss. Cbl.* 104: 65–100.
- ELLING, W. (1993): Immissionen im Ursachenkomplex von Tannenschädigung und Tannensterben. *AFZ/Der Wald* 48: 87–95.
- FALK, W., MELLERT, K., BACHMANN-GIGL, U., KÖLLING, C. (2013): Bäume für die Zukunft: Baumartenwahl auf wissenschaftlicher Grundlage. Anbaurisikokarten jetzt um Boden- und Reliefparameter ergänzt. *LWF-aktuell* 94, 8 – 11.
- GAYER, K. (1886): *Der gemischte Wald, seine Begründung und Pflege, insbesondere die Horst- und Gruppenwirtschaft.* Berlin 1886, 168 S.
- EWALD, J. (2001): Regionale natürliche Waldzusammensetzung im Wuchsgebiet 15 Bayerische Alpen. In: Walentowski, H. et al.: *Die regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns.* LWF-Bericht 32, S. 51–81.
- EWALD, J., KÖLLING, C. (2009): Wo der Wald an Grenzen stößt. Höhenverbreitung der Baumarten in den Nordalpen. *LWF-aktuell* 71, 34 – 36.
- EWALD, J., MELLERT, K.-H. & KÖLLING, C. (2011): Die richtigen Baumarten für den Bergwald von morgen. *AFZ-Der Wald* 24/2011: 23.
- HICKLER, T; BOLTE, A; BEIERKUHNLIN, C; BLASCHKE, M; BLICK, T; BRÜGGEMANN, W; DOROW, W H O; FRITZE, M-A; GREGOR, T; IBISCH, P; KÖLLING, C; KÜHN, I; MUSCHE, M; POMPE, S; PETERCORD, R; SCHWEIGER, O; TRAUTMANN, S; WALDENSPUHL, T; WALENTOWSKI, H. (2012): Folgen des Klimawandels für die Biodiversität in Wald und Forst. In: MOSBRUGGER, V., BRASSEUR, G., SCHALLER, M. und STRIBRNY, B. (Hrsg.) *Klimawandel und Biodiversität – Folgen für Deutschland.* WBG, Darmstadt , 164-221, ISBN 978-3534252350.
- KÖLLING, C. (2012): Abwarten oder besser handeln? Wie Waldbesitzer auf den Klimawandel reagieren können. *Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt* 26, 29.06.2012 , 48 – 49.
- KÖLLING, C., BEINHOFFER, B., HAHN, A., KNOKE, T. (2010): "Wer streut, rutscht nicht" – Wie soll die Forstwirtschaft auf neue Risiken im Klimawandel reagieren? *AFZ/DerWald* Jg. 65(5): 18-22.
- LEIBUNDGUT, H. (1982): *Europäische Urwälder der Bergstufe: dargestellt für Forstleute, Naturwissenschaftler und Freunde des Waldes.* Bern; Stuttgart: Haupt-Verlag, 308 S.
- LISS, B.-M. (1990): Beweidungseffekte im Bergwald. Ergebnisse aus fünfjährigen Untersuchungen zur Waldweide unter besonderer Berücksichtigung des Wildverbisses. *Forstwissenschaftliche Forschungen* 40: 50–65.
- MEISTER, G. (1969): Ziele und Ergebnisse forstlicher Planung im oberbayerischen Hochgebirge. *Forstwiss. Cbl.* 88: 65–132.
- REGER, B. & EWALD, J. (2011): Waldtypenkarte Bayerische Alpen. Eine neue Planungshilfe für die Forstpraxis. *AFZ-Der Wald* 24/2011: 14-16.
- REGER, B. & EWALD, J. (2012): Der Bergwald geht online. *Technik in Bayern* 01/2012: 33.
- REHFUESS, K.-E. (1995): Gefährdung der Wälder in Mitteleuropa durch Luftschadstoffe und Möglichkeiten der Revitalisierung durch Düngung. *Ber. der Reinh.-Tüxen-Ges.* 7: 141–156.
- STALLING, H. (1987): *Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im Bayerischen Wald.* Dissertationes botanicae 105, Schweizerbart, Stuttgart.

- VON BÜLOW, G. (1962): Die Sudwälder von Reichenhall. Mitt. aus der Staatsforstverw. Bayerns 33, 316 S., München.
- WALENTOWSKI, H., GULDER, H.-J., KÖLLING, C., EWALD J. & TÜRK W. (2001): Regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Christian Kölling
Abteilung 2 Boden und Klima
Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1
85354 Freising
christian.koelling@lwf.bayern.de

Prof. Dr. J. Ewald
Botanik und Vegetationskunde
Hochschule Weihenstephan Triesdorf
Fakultät Wald und Forstwirtschaft
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 3
85354 Freising
joerg.ewald@hswt.de