
Risiko und Ertrag in ungewisser Zukunft: Der Klimawandel fordert die Generationengerechtigkeit heraus

Christian Kölling, Franz Binder und Wolfgang Falk

Schlüsselwörter: Generationengerechtigkeit, Klimawandel, Anpassung, Baumartenwechsel, Risiko, Ertrag

Zusammenfassung: Der ursprüngliche Begriff der Nachhaltigkeit basierte auf angemessenen Hiebssätzen, um Übernutzungen zu vermeiden. Diese restriktive Denkweise ist einer Sicht gewichen, die das aktive, vorausschauende Handeln mit Blick auf die Generationengerechtigkeit in den Mittelpunkt stellt. Die ökologischen, ökonomischen und sozialen Funktionen der Wälder gilt es aktiv zu erhalten. Der Klimawandel hat gravierenden Einfluss auf die ökologischen und ökonomischen Funktionen, da sich an den jeweiligen Standorten das Risiko und die Ertragschancen ändern, wenn die Klimabedingungen nicht mehr die gleichen sind. Um auch den folgenden Generationen die Möglichkeit zu lassen, dass sie aktiv Entscheidungen treffen können, sollen ihnen Wälder überlassen werden, die sowohl risikoarm sind als auch hohe Erträge erwarten lassen. Daher muss die generationengerechte Anpassung der Wälder an den Klimawandel auf Grundlage einer Bewertung von Risiko und Ertrag erfolgen. Ein Umbau hin zu stabilen Mischwäldern ist angezeigt, auch wenn die Reduktion des Risikos durch eine Verringerung der Erträge erkaufte wird. Eine Wirtschaftsweise, die über lange Zeiträume risikoarm und ertragreich wirtschaftet, ist somit ein wesentlicher Aspekt von Generationengerechtigkeit im Wald.

Anfangs hatte der forstliche Nachhaltigkeitsbegriff oft etwas Restriktives und Prohibitives an sich: »Nicht mehr nutzen als nachwächst, nicht in die Vorratsstruktur eingreifen, nicht das Erbe der Nachkommen aufzehren usw.«. Diese negativen Formulierungen sind verständlich, da früher die größte und oft einzige Gefahr für die Nachhaltigkeit von der Nutzung selbst ausging. Es galt die einfache Formel: angepasster Hiebssatz = Nachhaltigkeit. Wenn man sich in der Nutzung an gewisse Regeln hielt und Übernutzungen unterließ, war man automatisch auf der sicheren Seite. Nachhaltigkeit war damit in erster Linie durch das Unterlassen definiert, ihre Währung war das nutzbare Holzvolumen, ihr Erfolg der Sieg über die Holzknappheit (Radkau 2007). Mit den gestiegenen Ansprüchen der

Gesellschaft an den Wald stießen derartige passivistische und eingeengte Auffassungen jedoch schnell an ihre Grenzen. Heute ist das aktive Gestalten der Wälder gefragt, es genügt nicht mehr das Unterlassen von Übernutzungen allein. Es wird vermehrt gefordert, in den Wäldern im umfassenden Sinn Güter und Leistungen in Langzeitperspektive bereitzustellen. Wälder werden nicht mehr nur als Produktionsstätten betrachtet, sondern als Generationen verbindende, aktiv zu gestaltende Teile der Erdoberfläche mit vielfältigen ökologischen, ökonomischen und sozialen Funktionen. Schon 1804 hat Georg Ludwig Hartig diesen Grundsatz der Generationengerechtigkeit formuliert: *»Jede weise Forstdirektion muss daher die Waldungen... so zu benutzen suchen, dass die Nachkommenschaft wenigstens ebenso viel Vorteil daraus ziehen kann, als sich die jetzt lebende Generation zueignet.«* (Hartig 1804, S. 1).

Klimawandel verändert die Rahmenbedingungen der Forstwirtschaft

Die Bewirtschaftung von Wäldern angesichts des Klimawandels erfordert die Beachtung eines besonderen Aspekts von Nachhaltigkeit: den der Generationengerechtigkeit. Wo unsere unter den kühlen Bedingungen der Vergangenheit angebauten Baumarten bei Erwärmung an ihre klimatischen Grenzen stoßen, wird schon heute eine Anpassung der Baumartengarnitur, ein aktiver Waldumbau, nötig, damit auch noch spätere Generationen in den Genuss vielfältiger Güter und Dienstleistungen kommen. In anfälligen, durch Klimawandel gefährdeten Waldbeständen reicht es nicht mehr aus, Verletzungen von einfachen Nachhaltigkeitsregeln zu unterlassen. Hier ist vielmehr aktives Handeln erforderlich, damit die Risiken beherrschbar und die Erträge in einem kalkulierbaren Umfang erhalten bleiben.

Es ist so wie im Alltagsleben: Sparsamkeit, als das Unterlassen von Ausgaben verstanden, stellt an sich keine besondere Tugend dar, allenfalls kann man von einer Sekundärtugend sprechen. Im Gegenteil, unsere Welt wird dadurch gestaltet und gewinnt an Qualität, dass Geld für die richtigen Dinge ausgegeben wird. Starke Veränderungen der Produktionsbedingungen, wie sie der Klimawandel darstellen kann, kann man nicht durch konsequentes Beharren auf überkommenen Nachhaltigkeitsgrundsätzen begegnen. Nachhaltigkeit heißt heute nicht mehr, konstant immer das Gleiche *passiv* zu vermeiden, sondern das Handeln *aktiv* und flexibel an neue Situationen anzupassen. So gesehen bedingt der Klimawandel eine Akzentverschiebung vom herkömmlichen restriktiven forstlichen Nachhaltigkeitsbegriff hin zum Begriff der aktiv zu gestaltenden Generationengerechtigkeit. Schließlich kommt es darauf an, auch bei starken Veränderungen der äußeren Produktionsbedingungen die Produktion so aufrecht zu erhalten, dass auch kommenden Generationen vielfältige Chancen zur Nutzung der Wälder erhalten bleiben.

Risiko und Ertrag der Baumarten folgen dem Klima

Das Klima als forstlicher Standortfaktor wurde in der Vergangenheit als zeitlich konstant angesehen. Nur im Vergleich unterschiedlicher Regionen konnte man erkennen, wie sehr sich das Klima auf die Art und die Ertragsmöglichkeit der Forstwirtschaft auswirkt. Die hoch ertragreiche Fichtenwirtschaft im nördlichen Vorland der Alpen hat mit einer wenig ertragreichen, auf Laubgehölzen aufgebauten Forstwirtschaft in den warmen und trockenen Gebieten des Mittelmeerraumes mit Ausnahme des Nachhaltigkeitsgedankens nur wenig gemeinsam. Der Grund dafür ist nicht so sehr in den unterschiedlichen Methoden der Forstwirtschaft und in historischen Prozessen zu suchen, sondern beruht in erster Linie auf den unterschiedlichen Erzeugungsbedingungen, wie sie durch die klimatischen Bedingungen der Regionen vorgezeichnet sind. Wir wissen, dass unsere Waldbaumarten an gewisse Klimate angepasst sind und an andere eben nicht (Iverson et al. 2008; Falk et al. 2012). In Abbildung 1 ist dieser Zusammenhang beispielhaft für eine hypothetische Baumart X dargestellt. Sowohl das Anbaurisiko als auch der naturale Ertrag folgen dem Klima, in diesem Beispiel symbolisiert durch die Jahresdurchschnittstemperatur. Bei ganz niedriger Temperatur ist das Anbaurisiko sehr hoch. Unter dem Anbaurisiko kann man die Wahrscheinlichkeit verstehen, dass die Baumart

vor der Zeit abstirbt oder überhaupt gar nicht erst anwächst. Hin zu einem mittleren Temperaturbereich sinkt das Risiko kontinuierlich ab und steigt erst dann wieder an, wenn die Temperaturen zu hoch werden. Solche Risikokurven kann man aus dem Vorkommen (oder Nicht-Vorkommen) der Baumarten in verschiedenen warmen Regionen Europas ableiten (Hanewinkel et al. 2009; Falk und Mellert 2011). Das Wachstum und der von ihm abhängige finanzielle Ertrag verlaufen annähernd, aber nicht exakt spiegelbildlich. Es gibt ein Maximum im mittleren, günstigen Temperaturbereich, zu den kühlen und warmen Rändern hin nimmt der Ertrag ab. Die forstliche naturale und finanzielle Ertragschätzung aufgrund von Klimaparametern steckt noch ziemlich in den Kinderschuhen, aber es gibt in dieser Disziplin Erfolg versprechende Ansätze (z. B. Albert und Schmidt 2010; Falk et al. 2012). Wie man im Beispiel in Abbildung 1 sieht, fallen das Minimum des Risikos und das Maximum des Ertrags nicht zusammen, das Ertragsmaximum wird bei höheren Temperaturen erreicht als das Risikominimum.

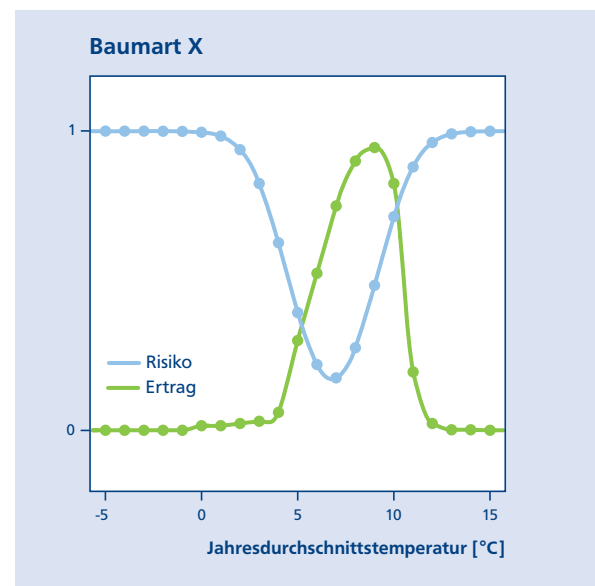


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung der Entwicklung von Risiko und Ertrag längs eines Gradienten der Jahresdurchschnittstemperatur. Das Risiko sinkt entlang des Temperaturgradienten in dem Bereich, in dem die Baumart X erfolgreich wächst und sich verjüngt und Schäden durch beispielsweise Frost, Dürre oder Schädlinge eher unwahrscheinlich sind. Es gibt Standorte, die zu kalt und andere, die zu warm sind. Mit dem erfolgreichen Wachstum steigt der Ertrag. Risiko und Ertrag müssen sich nicht exakt spiegelbildlich verhalten. 0 bedeutet geringes Risiko bzw. geringen Ertrag, 1 meint hohes Risiko bzw. hohen Ertrag.

Im Spannungsfeld von Risiko und Ertrag

Ökonomische Entscheidungen werden im Spannungsfeld von Risiko und Ertrag getroffen (Sharpe 1964). In der Finanzwirtschaft wird unter dem Ertrag der erwartete finanzielle Ertrag (Rendite) einer Anlage verstanden, wie er sich zum Beispiel im Zinssatz widerspiegelt. Das Risiko ergibt sich aus der Variationsbreite der möglichen Erträge: Es kann sein, dass der Ertrag zwar einen hohen Erwartungswert hat, aber in einem weiten Rahmen schwankt. Im ungünstigsten Fall bleibt der Ertrag ganz aus oder es geht sogar die gesamte Anlage verloren. Für ein Wertpapier ist nicht nur entscheidend, welche Zinsen es abwirft, sondern auch, wie verlässlich die Zinszahlung ist und ob am Ende der Anfangswert überhaupt noch ausgezahlt werden kann. Zwischen Risiko und Ertrag einer Anlage gibt es vier mögliche Kombinationen, die in Abbildung 2 dargestellt sind. Es gibt die seltene, aber überaus vorteilhafte Kombination von niedrigem Risiko mit hohem Ertrag. Häufiger sind die Kombinationen von hohem Risiko mit hohem Ertrag (typische Risikopapiere) und niedrigem Risiko mit niedrigem Ertrag (typische mündelsichere Anlagen). Ganz und gar fatal ist die Verbindung von niedrigem Ertrag mit hohem Risiko.

Auch in der Forstwirtschaft ist es sinnvoll, Risiko und Ertrag einer Baumartenalternative im Spannungsfeld von Risiko und Ertrag zu beurteilen. Fokussiert man zu sehr auf das Risiko und wählt unter mehreren Alternativen stets die risikoärmste, so muss man sich in der Regel mit geringen Erträgen abfinden. Blendet man das Risiko aus und betrachtet nur den finanziellen Ertrag, so kann es sein, dass man die eingesetzte Summe auf einen Schlag ganz oder teilweise verliert. Wo man sich im Risiko-Ertrags-Diagramm verortet, hängt vom persönlichen Naturell des Eigentümers ab. Es gibt risikobereitere, ertragsfixierte Naturen und es gibt Sicherheitsfanatiker, die jedem Risiko auch unter dem Preis von Ertragseinbußen aus dem Weg gehen.

Der Klimawandel verändert Risiko und Ertrag

Wenn wir die Zahlenwerte aus Abbildung 1 in das Diagramm aus Abbildung 2 übertragen, ergibt sich Abbildung 3. Es zeigt in Form einer verbundenen Linie alle Kombinationen aus Risiko und Ertrag an, die sich entlang des Gradienten der Jahresdurchschnittstemperatur ergeben. Die ganzzahligen Temperaturwerte sind wie Perlen auf der Schnur aufgereiht. Folgt man dieser Perlenkette (der Fachausdruck dafür lautet Trajektorie),

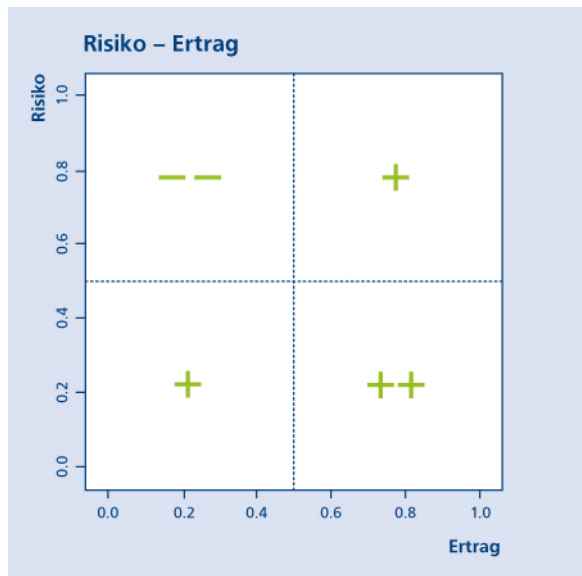


Abbildung 2: Bewertete Kombinationsmöglichkeiten von Risiko und Ertrag. Erwünscht ist eine Kombination aus niedrigem Risiko und hohem Ertrag. Die Kombinationen hohes Risiko und hoher Ertrag sowie niedriges Risiko und niedriger Ertrag sind weniger vorteilhaft.

so beginnt diese bei unter 3 °C Temperatur im rechten oberen, unvorteilhaften Quadranten. Dann nimmt das Risiko ab, während der Ertrag nur zögernd steigt, der Quadrant links unten wird bei 5 °C erreicht. Zwischen 6 und 9 °C wird der vorteilhafte Quadrant rechts unten durchlaufen: Risiko und Ertrag befinden sich in einem optimalen Verhältnis. Oberhalb von 9 °C bleiben die Erträge zunächst hoch, aber auch das Risiko steigt. Zwischen 10 und 11 °C schwenkt die Kurve wieder in den unvorteilhaften rechten oberen Quadranten ein: Niedrige Erträge sind mit hohen Risiken gekoppelt.

Die Kurve der hypothetischen Baumart X in Abbildung 3 ist zwar aus dem Nebeneinander unterschiedlicher klimatischer und wirtschaftlicher Situationen abgeleitet, wie sie in Abbildung 1 dargestellt sind. Sie kann aber auch verwendet werden, um das zeitliche Nacheinander im Klimawandel und seine Auswirkungen auf Risiko und Ertrag darzustellen. Unterstellen wir eine Klimagegenwart von 8 °C. Vor dem Klimawandel befinden sich dann Risiko und Ertrag der Baumart in Abbildung 3 in einem optimalen Verhältnis. Nach einem Klimawandel mit einer unterstellten Temperaturerhöhung von 2 °C wächst die Baumart bei 10 °C im weniger vorteilhaften rechten oberen Quadranten: Das Risiko ist bei annähernd gleichem Ertrag gestiegen, es ist nun nicht mehr so sicher, ob die hohe Ertragserwartung noch erfüllt werden kann.

Eine weitere Temperaturerhöhung von 1 °C würde dann bei weiterhin hohem Risiko zu empfindlichen Ertragseinbußen führen.

Klimawandel – Baumartenwechsel

Verschiedene Baumarten zeigen eine unterschiedliche Abhängigkeit des Risikos und des Ertrags vom Klima. In Abbildung 4 ist zusätzlich eine zweite hypothetische Baumart Y mit anderer Kurvencharakteristik eingezeichnet. Sie hat ihr Ertragsoptimum bei 13 °C und ihr Risiko-minimum bei 9 °C. Insgesamt ist diese Baumart besser an warme Klimabedingungen angepasst. Allerdings erreicht sie weniger hohe Erträge als die erste Baumart. Der überaus vorteilhafte Quadrant rechts unten wird nur leicht berührt. Wann ist ein Wechsel von der ersten zur zweiten Baumart angezeigt? Wenn entweder das Risiko oder der Ertrag eine vom Entscheider festgesetzte Marke über- oder unterschreiten, ist der Zeitpunkt gekommen, sich nach alternativen Baumarten umzusehen. In unserem Beispiel könnte dies bei 10 °C der Fall sein. Um das Risiko zu senken, wäre dann ein Wechsel von der ersten Baumart X (grün) auf die zweite Baumart Y (gelb) angezeigt. Das Risiko würde sich dann sehr deutlich vermindern, allerdings wäre als Preis dafür auch der Ertrag spürbar reduziert. Hätte man für eine Vielzahl von Baumarten Kurven ähnlich denen in Abbildung 4, so wäre es leicht, erstens die Auswirkungen des Klimawandels auf Risiko und Ertrag zu beurteilen und zweitens mehrere vorteilhafte Alternativen zu prüfen. Hier kommt der Portfoliogedanke ins Spiel, der nicht das »Entweder-oder« von Baumartenalternativen in den Vordergrund stellt, sondern das »Sowohl-als-auch«, den Mischungsgedanken (Knöke und Hahn 2007; Kölling et al. 2010). Damit profitiert man nicht nur von der dem Mischungsgedanken innewohnenden Risikostreuung, sondern kommt auch in den Genuss positiver Wechselwirkungen, wie sie zwischen Baumarten eines Mischbestands auftreten können (Pretzsch et al. 2010; Griess et al. 2012). Noch existieren Baumartenkurven, wie in Abbildung 4 dargestellt, nur als Beispiel. Diese Kurven müssten selbstverständlich neben der Temperatur noch weitere Klimagrößen aufweisen. Die empirische Datenbasis und die nötigen statistischen Werkzeuge sind dafür vorhanden. Damit könnte sich in diesem Bereich ein überaus lohnendes Feld der forstwissenschaftlichen Forschung auftun.

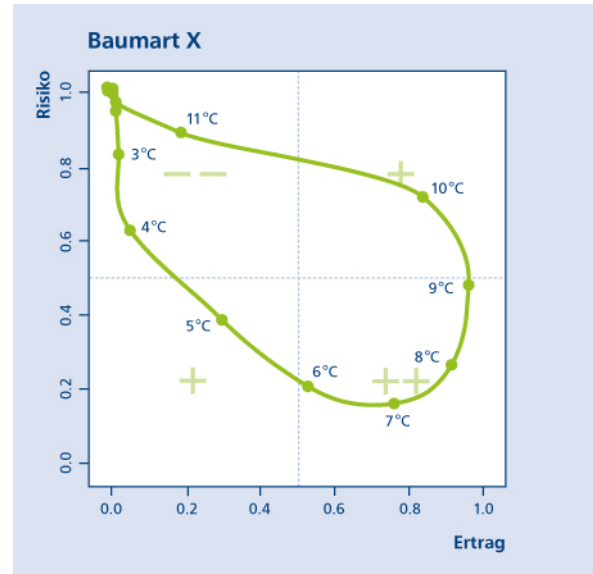


Abbildung 3: Temperatur-Trajektorie einer hypothetischen Baumart X im Achsenkreuz aus Risiko und Ertrag. Mit Veränderung der Temperatur verändert sich die Bewertung von Risiko und Ertrag. Der Klimawandel ändert die Temperatur an einem Standort, so dass sich die Bewertung von Risiko und Ertrag entlang der hypothetischen Trajektorie ändert. Das beste Verhältnis von Risiko zu Ertrag ist im Bereich von 6 bis 9 °C Jahresdurchschnittstemperatur. Erhöht sich die Temperatur auf 10 °C so steigt zunächst das Risiko, bei einer weiteren Erhöhung um 1 °C sinkt der Ertrag rapide und die Bewertung hat sich zur Ausgangssituation komplett umgekehrt.

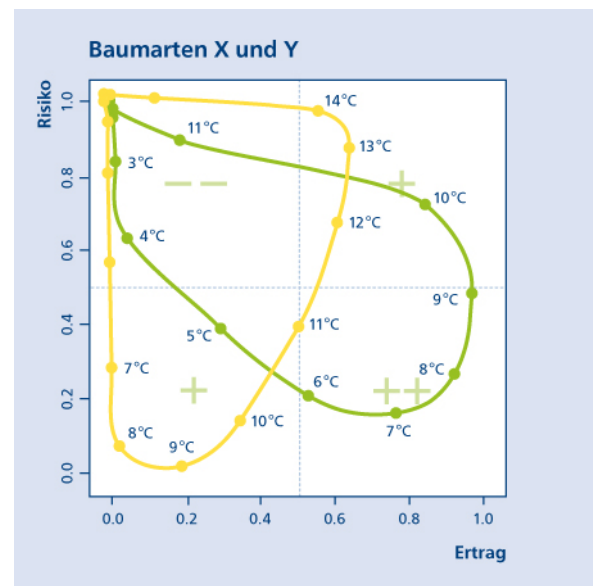


Abbildung 4: Temperaturtrajektorien zweier hypothetischer Baumarten im Achsenkreuz aus Risiko und Ertrag. Gezeigt die erste Baumart X, die durch die grüne Linie dargestellt wird, durch eine Temperaturerhöhung in den Bereich hohen Risikos und gleichzeitig geringen Ertrags, so ist der Wechsel auf die mit der gelben Linie dargestellten zweiten Baumart Y sinnvoll.

Die Zukunft gestalten

Die aktive Verwirklichung von Generationengerechtigkeit und die bewusste Gestaltung der Zukunft finden ihre Verwirklichung im klimagerechten Waldumbau. Anfällige Baumarten werden vorausschauend durch weniger anfällige ersetzt, Reinbestände weichen Mischbeständen. Das Ziel sind angepasste und gemischte Wälder, die ihre Güter und Dienstleistungen auch unter den neuen Bedingungen der Zukunft kommenden Generationen zur Verfügung stellen. Der klimagerechte Waldumbau zeigt die Flexibilität der Forstwirtschaft im Umgang mit dem Problem: Nicht das starre Festhalten an überkommenen Regeln, sondern die aktive Anpassung an das Neue und die Einbeziehung von Risiken in Entscheidung und Planung. Dennoch muss man sich auch bei optimaler Anpassung an die neuen Gegebenheiten darauf einstellen, dass in einigen Regionen die Erträge in der Forstwirtschaft zurück gehen werden (Hanewinkel et al. 2009 und 2013). Unter den wechselnden Umweltbedingungen des Klimawandels können Anpassungsfähigkeit und Flexibilität indes größere Tugenden sein als die begrifflich erschöpfte traditionelle forstliche Nachhaltigkeit, die sich auf Konstanz der Holzvorräte und Nutzungen beschränkt (Hahn und Knoke 2010).

Literatur

- Albert, M.; Schmidt, M. (2010): Climate-sensitive modelling of site-productivity relationships for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Forest Ecology and Management* 259 (4), S. 739–749
- Falk, W.; Mellert, K.H. (2011): Species distribution models as a tool for forest management planning under climate change: risk evaluation of *Abies alba* in Bavaria. *Journal of Vegetation Science* 22 (4), S. 621–634
- Falk, W.; Dolos, K.; Reineking, B.; Klemmt, H.-J. (2012): Baumarteneignung und Standort-Leistungsbezug. *LWF aktuell* 90, S. 38–40
- Griess, V.C.; Acevedo, R.; Härtl, F.; Staupendahl, K.; Knoke, T. (2012): Does mixing tree species enhance stand resistance against natural hazards? A case study for spruce. *Forest Ecology and Management* 267 (1), S. 284–296
- Hahn, A.; Knoke, T. (2010): Sustainable development and sustainable forestry: analogies, differences, and the role of flexibility. *Eur. J. Forest Res.* 129, S. 787–801
- Hanewinkel, M.; Hummel, S.; Cullmann, D. A. (2009): Modelling and economic evaluation of forest biome shifts under climate change in Southwest Germany. *Forest Ecology and Management* 259 (4), S. 710–719

Hanewinkel, M.; Cullmann, D. A.; Schelhaas, M.-J.; Nabuurs, G.-J.; Zimmermann, N. E. (2013): Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change* 3, S. 203–207

Hartig, G. L. (1804): Anweisung zur Taxation und Beschreibung der Forste. Band 1: Theoretischer Theil. 2., ganz umgearbeitete und vermehrte Auflage, Gießen u. Darmstadt, Verlag G. F. Heyer.

Iverson, R. L.; Prasad, A. M.; Matthews, S. N.; Peters, M. (2008): Estimating potential habitat for 134 eastern US tree species under six climate scenarios. *Forest Ecology and Management* 254, S. 390–406

Knoke, T.; Hahn, A. (2007): Baumartenvielfalt und Produktionsrisiken: Ein Forschungseinblick und -ausblick. *Schweiz. Z. Forstwes.* 158 (10), S. 312–322

Kölling, C.; Beinhofer, B.; Hahn, A.; Knoke, T. (2010): »Wer streut, rutscht nicht«. *AFZ/DerWald* Jg. 65 (5), S. 18–22

Pretzsch, H.; Block, J.; Dieler, J.; Dong, P. H.; Kohnle, U.; Nagel, J.; Spellmann, H.; Zingg, A. (2010): Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. *Ann. For. Sci.* 67, 712 (12p)

Radkau, J. (2007): Holz – Wie ein Naturstoff Geschichte schreibt. oekom verlag München, 341 S.

Sharpe, W. F. (1964): Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *The Journal of Finance*, Vol. 19, (3), S. 425–442

Keywords: Intergenerational equity, climate change, adaptation, tree species conversion, risk, profit

Summary: The original meaning of sustainability focused on allowable annual cut and therefore avoiding of overcutting. This restrictive way of thinking has changed towards an active foresighted acting that focuses on intergenerational equity. The aim is to actively sustain ecological, economic and social forest functions. Climate change has a grave impact on ecological and economical functions because risk and yield chances (profit) at each site are changing with changing climate. In order to enable the following generations to act actively and to make their own decisions, forests need to be passed down to them in a state of low risk and with the expectation of high yield. Therefore, an adaptation of forests to climate change in terms of an intergenerational equity must take place based on an assessment of risk and yield chances. A conversion into stable mixed forests is necessary even if the risk reduction occurs on the expense of lower yields. It is an essential aspect of intergenerational equity in forestry to operate with low risk and high yield or rather profit over a long period.
