Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 26, 137-150. Hannover 2014

Gemeinschaftsgut Wald - quo vadis? Treibende Kräfte und Folgen für die Waldökosysteme in Mitteleuropa

– Albert Reif, Freiburg –

Abstract

All types of Central European forests of all ownership types are of considerable socio-economic importance in society for wood production as well as many other forest uses. The productivity of forest ecosystems has changed drastically in recent decades.

After historical forest management practices were stopped, the high inorganic acidic inputs together with extreme climatic years led to large-scale forest damage, i.e., the so-called forest dieback of the 1980s. Although the high sulphur inputs declined towards the end of the 1980s, the level of nitrogen inputs has remained high to the present day and is the cause of eutrophication in the Central European forests.

To compensate for the acidic conditions large areas of forest were, and still are limed. However this has led to further ecosystem changes such as a reduction in the organic layer. In particular, in conjunction with the still high nitrogen inputs, forest liming enhances eutrophication.

In the 1990s, the changes in atmospheric chemistry and climate led to large-scale windthrows and a number of drought years with major economic implications. These events – as well as soil acidification – led to a review of forest management, which brought about the promotion of continuous forests by the state forest departments, and subsequently to forest conversion on a large scale. Through the elimination of clear cutting, forests are becoming darker and poorer in light demanding species. From a timber production perspective, the goal today is to attain mixed forests with a large percentage of drought-tolerant coniferous species, in particular Douglas fir. Furthermore, to reduce the production risks, shorter production lengths have been introduced.

Conclusion: Within a few years the site conditions have changed markedly. The forest liming and modified stand treatments undertaken in response to these changes have had an additional negative impact on the forests. It is anticipated that the changes brought about in the forest ecosystems, their species composition, structure, dynamics, and hence their ability meet societies demands, also will continue.

1. Einleitung

Deutschland ist zu etwa 30 % der Fläche mit Wald bedeckt (ca. 11.1 Millionen Hektar). Davon sind etwa 47 % Privatwald, 34 % im Eigentum von Bund und Ländern, sowie etwa 19 % Körperschaftswald (BMVEL 2004).

Wälder, auch Privatwälder, leisten wesentliche Nutz- und Schutzfunktionen für die Allgemeinheit. Geregelt sind diese Verpflichtungen in den Waldgesetzen des Bundes und der Länder. Zweck des Bundeswaldgesetzes (BMJV 2010) ist unter anderem (§ 1),

(1) den Wald wegen seines wirtschaftlichen Nutzens (Nutzfunktion) und wegen seiner

Bedeutung für die Umwelt, insbesondere für die dauernde Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, das Klima, den Wasserhaushalt, die Reinhaltung der Luft, die Bodenfruchtbarkeit, das Landschaftsbild, die Agrar- und Infrastruktur und die Erholung der Bevölkerung (Schutz- und Erholungsfunktion) zu erhalten, erforderlichenfalls zu mehren und seine ordnungsgemäße Bewirtschaftung nachhaltig zu sichern,

(2) die Forstwirtschaft zu fördern und

(3) einen Ausgleich zwischen dem Interesse der Allgemeinheit und den Belangen der Waldbesitzer herbeizuführen.

Wald kann zu Schutzwald erklärt werden (§ 12), wenn es zur Abwehr oder Verhütung von Gefahren, erheblichen Nachteilen oder erheblichen Belästigungen für die Allgemeinheit notwendig ist, bestimmte forstliche Maßnahmen durchzuführen oder zu unterlassen.

Die rechtliche Regelung der öffentlichen Leistungen des Waldes reicht weit ins altgermanische Recht zurück, in welchem nicht der Landbesitz, sondern vielmehr die spezifischen Nutzungsrechte die zentrale Rolle spielten (MANTEL 1990). Die Verpflichtung der Waldeigentümer zum Betreten, zum Sammeln von Pilzen, Beeren und Waldfrüchten für private Zwecke sowie zum Erhalt der Biodiversität wird in vielen Ländern Mitteleuropas von der Gesellschaft heute als selbstverständlich wahrgenommen, der Wald ist (auch) öffentliches Gut.

2. Leistungsfähigkeit des Waldes

Die Leistungsfähigkeit des Waldes, seine Artenzusammensetzung, Struktur und Dynamik hängen von den standörtlichen Rahmenbedingungen, der Nutzungsgeschichte und der waldbaulichen Behandlung ab. Waldnutzungen wie Waldbewirtschaftung änderten sich seit jeher mit den politischen, sozialen und ökonomischen Rahmenbedingungen. Das Aufhören traditioneller Bewirtschaftungsmethoden im Wald, also beispielsweise die Überführung von Nieder- und Mittelwald in Hochwald, die Beendigung von Schneitelwirtschaft, Waldweide und Streunutzung, führten und führen zu jeweils veränderten Artenzusammensetzungen, Waldstrukturen und Texturen (MANTEL 1990, KÜSTER 1998).

Auch standörtliche Veränderungen fanden schon immer statt. Das Großklima änderte sich stets und führte beispielsweise zu nacheiszeitlichen Arealverschiebungen der (Waldbaum)Arten (LANG 1994). Auch die Böden veränderten sich („Pedogenese“). Da diese Veränderungen in der Regel langsamer und kontinuierlicher als heute verliefen, spielten sie in der Praxis der Waldbewirtschaftung kaum eine Rolle. Seit der Formulierung des „eisernen Gesetzes des Standörtlichen“ durch Wilhelm Pfeil (1831) hielt man die Ausprägung der Standortbedingungen für weitgehend konstant.

Insbesondere in Lebensräumen mit langlebigen Arten und Planungszeiträumen wie Wäldern hatte diese Kenntnis der stabilen Standortseigenschaften eine zentrale Bedeutung für die Baumartenwahl und Bewirtschaftung, und prägte das Denken vieler Generationen von Forstleuten. Auch in der Vegetationskunde galt diese Annahme einer weitgehenden Beständigkeit der Vegetation. Noch in den 1990er Jahren erschien die vollständige und „abschließende“ Klassifikation von Vegetationseinheiten, ihre Erklärung der standörtlichen und bewirtschaftungsbedingten Ursachen sowie Beschreibung der Dynamik nach Störungen das wesentliche Ziel der Vegetationskunde zu sein (ELLENBERG 1996, Vorwort zur 5. Auflage). In den letzten vier Jahrzehnten wurde jedoch immer deutlicher, dass großräumige Veränderungen von Boden, Atmosphärenchemie und Klima sowie der Landnutzung zu starken ökosystemaren Veränderungen führen (vgl. SCHRÖTER et al. 2005).

3. Veränderungen der Waldstandorte durch Einträge

Neben eher lokal oder regional wirksamen Standortsveränderungen wie etwa Grundwasserabsenkungen führten gasförmige und stoffliche Einträge in die Waldökosysteme zu großräumigen Veränderungen von Waldböden und Baumwachstum. Diese sind teilweise irreversibel und lassen sich wie folgt zusammenfassen (REIF et al. 2014):

3.1 Säureeinträge und „Waldsterben“

Starke Säuren wie die aus Verbrennung stammende Schwefel- oder Salpetersäure wurden verstärkt seit den 1950er mit einem Maximum Ende der 1970er Jahre in Wälder eingetragen. Verstärkt wurde der Säureeintrag durch die zunehmende Ausfilterung der neutralisierend wirkenden Stäube. Dies führte in vielen Waldböden zu pH-Werten unterhalb des Aluminium (Al)-Pufferbereiches ($\text{pH} < 4,2$), zu Freisetzung von Al^{3+} -Kationen aus den Tonmineralien und zu Auswaschung von Sulfat und Nitrat, begleitet von Al^{3+} bzw. Ca^{2+} oder Mg^{2+} (ULRICH 1985; BILLET et al. 1990; PUHE & ULRICH 2001, VON WILPERT 2003). Kronenverlichtungen und Vergilbungen im Zuge des „Waldsterbens“ der 1980er Jahre wurden maßgeblich auf Bodenversauerung zurückgeführt (ELLENBERG et al. 1986, SCHULZE 1989, REHFUESS 1995). Forderungen nach Luftreinhaltung sowie „säurekompensierenden“ Waldkalkungen wurden bereits in den 1980er Jahren artikuliert (ULRICH 1987).

3.2 Waldkalkung

Bei Waldkalkungen werden normalerweise 3 - 4 t/ha dolomitische Kalke ausgebracht. Ziele waren eine Neutralisation des durch SO_2 und NO_x erfolgten Säureeintrages zur Vermeidung von Schäden an Boden und Bestand sowie ein Ausgleich von Magnesiummängeln (Gelbnadeligkeit der Fichte) als Folge der verstärkten säurebedingten Auswaschung an Kationen (ULRICH 1987, OREN & SCHULZE 1989), damit eine Stabilisierung des ökosystemaren Stoffhaushalts.

Höhepunkt der Waldkalkungspraxis war das Jahr 1991, als deutschlandweit 191.000 ha an Waldfläche gekalkt wurde. Heute liegt dieser Wert bei jährlich etwa 60.000 ha, wie eine Umfrage bei den Bundesländern im Jahr 2013 ergab.

Heute weiß man, dass viele Baumarten freies Aluminium (KAUPPI et al. 1992, NYBERG et al. 2001) tolerieren, sie besiedeln auch von Natur aus stark saure Böden (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010) und zeigen trotz tiefer pH-Werte im Oberboden sehr gute Wachstumsleistungen (z.B. HUBER et al. 2004). Zu den säure- und Al^{3+} -toleranten Arten gehören insbesondere die Hauptbaumarten Fichte (KREUTZER 1995), Buche (LEUSCHNER et al. 1993, LEUSCHNER & HERTEL 2003, RICHTER et al. 2011), Tanne (BOUDOT et al. 1994), Kiefer (HÖGBERG et al. 2006) und Eiche (GÄRTIG & HILDEBRAND 2003).

Die eingetragenen Säuremengen sind heute europaweit stark zurückgegangen, insbesondere die Schwefeleinträge. Diese liegen heute in Mitteleuropa zwischen 3,3 und 8 kg Sulfat-S je Hektar und Jahr (FISCHER et al. 2012). Dagegen nahmen die N-Einträge überall nur leicht ab. Jedoch werden Waldkalkungen immer noch in großem Ausmaß praktiziert, fungieren jedoch zunehmend nicht mehr zur Kompensation akuter Schäden durch Säureeinträge. Die ursprüngliche Begründung für die Kalkung wird zunehmend durch das Argument abgelöst, dass im (Unter-)Boden „gespeicherte“ Säurelasten kompensiert, damit die natürlichen Bodenfunktionen regeneriert werden sollen (VON WILPERT 2013). Durch diese neue Ausrichtung der Waldkalkung ist für Baden-Württemberg ein Anstieg der gekalkten Waldfläche auf 680.000 ha geplant, also von 20% auf 45% der Waldfläche des Landes (JANSSEN 2014), dies als „Natur- und Umweltschutzmaßnahme“.

3.3 Eutrophierung aller mitteleuropäischen Lebensräume

Die N-Einträge verharren bis heute auf einem hohen Niveau (FISCHER et al. 2012). Rund 2/3 des Stickstoffs stammen aus der Landwirtschaft (Ammonium, NH_3), etwa 1/3 kommen aus Verbrennungsprozessen in Haus, Industrie oder Verkehr (NO_x). In Baden-Württemberg betrug der durchschnittliche N-Eintrag durch nasse Deposition etwa 10 bis 20 kg N ha^{-1} im Jahr 2010 (FISCHER et al. 2012), nach anderen Quellen liegt er bei durchschnittlich 22,4 kg N ha^{-1} und Jahr (ForstBW 2013). Für Niedersachsen wurden Freilandeinträge zwischen 6 und 12 kg N ha^{-1} , im Bestand zwischen 12 und 21 kg N ha^{-1} für das Jahr 2011 angegeben (SCHELER & MEESENBURG 2013). Durch zusätzliche N-Aufnahme im Kronenbereich („trockene Deposition“) ist in Mitteleuropa sogar mit durchschnittlich 50 (20 – 80) kg N ha^{-1} und Jahr an N-Einträgen in Wälder zu rechnen (MELLERT 2012, HARRISON et al. 2000). Zum Vergleich: Vorindustriell wurden lediglich etwa 2 bis 10 kg N ha^{-1} und Jahr eingetragen (ABER et al. 1989, ABER 1992). Und in der Landwirtschaft bewegen sich die Düngeempfehlungen für Fett- bzw. Intensivwiesen zwischen 50 bis etwa 300 $\text{kg an Stickstoff ha}^{-1}$ und Jahr (DIEPOLDER 2007, LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN 2011). In landwirtschaftlichen Ökosystemen werden jedoch (im Unterschied zum Wald) Nährstoffe in Form von Biomasse durch Ernte jährlich entzogen.

Je nach Standort und Bestand können in temperierten Wäldern zwischen etwa 5 und 18 $\text{kg/ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ eingetragene Stickstoffmenge langfristig in die Biomasse eingebaut werden (SCHULZE et al. 1989; AUGUSTIN 2005; FENN et al. 2008). Für sommergrüne Laubwälder werden hierfür Schwellenwerte („Critical Loads“) von 10 – 20 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ angegeben (BOBINK & HETTELINGH 2011). Diese Werte werden in vielen Regionen Mitteleuropas heute überschritten, insbesondere in Grünlandregionen mit Güllewirtschaft (BLOCK 2006). Viele Waldböden bewegen sich daher heute oberhalb des Bereichs der Stickstoffsättigung (FALK & STETTER 2010; BRAUN et al. 2012, FISCHER et al. 2012). So weisen Nadel- bzw. Blattproben von Buche und Kiefer in NW-Deutschland sehr hohe N-Gehalte auf (DAMMANN et al. 2013; LUBW 2013b).

Nur wenige azonale mitteleuropäische Waldökosysteme sind von Natur aus in ihrem Wachstum nicht stickstofflimitiert, insbesondere Auen- und Erlenbruchwälder. In den anderen Waldtypen ist N-Eutrophierung heute der am stärksten biozönotisch wirksame menschlich bedingte Faktor einer standörtlichen „drift“ (FISCHER 1999a, b) und biozönotischen Artenverschiebung (PHOENIX et al. 2012, FRIEDRICH et al. 2011, EWALD et al. 2013).

Die Auswertung der Zeigerwerte alter und neuer Vegetationsaufnahmen aus ganz Mitteleuropa ergab (EWALD et al. 2013), dass in fast allen Regionen und Waldtypen Deutschlands der N-Zeigerwert deutlich, in Kiefern- und Eichenwäldern sogar um eine ganze Stufe zunahm. Die Waldökosysteme aller Naturräume mit Ausnahme der Kalkalpen unterliegen damit einer starken Eutrophierung. Dies gilt in besonderem Maße für die Waldökosysteme auf oligotroph-sauren Böden, wo heute ein häufiges bimodales gleichzeitiges Vorkommen von Nährstoffmangel- und Stickstoffzeigern festgestellt wird (EWALD 2007, 2009; MELLERT & GÖTTLEIN 2005). Die Zunahme von Stickstoffzeigern stellt heute die auffallendste floristische Veränderung in mitteleuropäischen Wäldern dar (ROST-SIEBERT & JAHN 1988; DIEKMANN & DUPRE 1997; BRUNET et al. 1998; HOFMEISTER et al. 2002; BRAUN et al. 2012). Auch die Pilzflora und Bodenfauna erfahren drastische Veränderungen (SMITH & READ 2008; KUYPER 2013).

3.4 Stickstoffeintrag, Waldkalkung, Baumwachstum

Der erhöhte N-Eintrag wirkt in stickstofflimitierten Wäldern zunächst wie Dünger und trägt zunächst dazu bei, das Wachstum der Waldbäume zu beschleunigen (SCHULZE 1989, SPIECKER 1991, 1999; SPIECKER et al. 1996, BMVEL 2004), ohne dass diese an die dabei

auftretenden negativen Folgen wie reduzierte Frostresistenz oder Schädlingsanfälligkeit immer angepasst wären. Auch in der zweiten Bundeswaldinventur zeigte sich in der Gesamtbilanz (westdeutsche Bundesländer) ein bislang unerwarteter durchschnittlicher Holzzuwachs von über 12 m³ pro Hektar und Jahr (BMVEL 2004).

Das verstärkte Waldwachstum zieht einen erhöhten Bedarf anderer Elemente nach sich. Die verstärkte Nährstoffaufnahme induziert Nährstoffdisharmonien (INGESTAD 1987, KAZDA 1990, FISCHER et al. 2012), verbunden mit Mg-, K- und P-Mangel (FLÜCKIGER & BRAUN 2011; CROWLEY et al. 2012), und führt durch die Aufnahme von Kationen aus dem Boden im Austausch gegen Protonen zu weiterer Versauerung (DAMMANN et al. 2013).

Mit der Zufuhr von externen Nährelementen durch Waldkalkung geht implizit, gewollt oder ungewollt, auch eine noch stärkere und „ausgewogenere“ Düngung der Waldböden einher. Jede Kompensations- oder Restaurationskalkung wirkt zugleich auch düngend (SPIECKER 1991). Dieser Effekt wird verstärkt, wenn der Kalk mit weiteren Nährelementen wie Phosphor, Kalium oder neuerdings Holzasche angereichert wird, so praktiziert in Baden-Württemberg (VON WILPERT 2013, JANSEN 2014).

Oberhalb einer Eintragsmenge von 20 – 25 kg N ha⁻¹ a⁻¹ erfolgt keine weitere Wachstumssteigerung durch Stickstoff mehr (ETZOLD et al. 2013). Eine Minderung des Wachstums von Baumarten wie Buche und Fichte durch P-Mangel wurde bislang nur regional nachgewiesen (Schweiz; BRAUN et al. 2010), und geht vermutlich auf eine Störung der Mykorrhizierung zurück (KUYPER 2013).

4. Klimawandel und Waldbewirtschaftung

In den letzten 200 Jahren ist der Kohlendioxidgehalt der Luft von etwa 280 auf inzwischen 400 ppm gestiegen, ein Wert wie letztmals vor 25 Millionen Jahren (<http://keelingcurve.ucsd.edu/>, Zugriff 21.4.2014).

4.1 Auswirkungen des Klimawandels

Dieser CO₂-Anstieg hat für die Landnutzung und Vegetation weltweit wie in Mitteleuropa gravierende, und teilweise auch günstige Effekte (ALBERT & SCHMIDT 2010a, b). Die erhöhten atmosphärischen Kohlendioxidgehalte bewirken eine direkte „CO₂-Düngung“ der Vegetation. Die dadurch erhöhte „water use efficiency“ ermöglicht es den Pflanzen, bei stärker geschlossenen Spaltöffnungen den Gasaustausch zu regulieren, also bei geringerem Wasserverlust die Stoffproduktion aufrecht zu erhalten (SCHULZE et al. 2002).

Weiterhin erhöhte sich durch den sog. „Treibhauseffekt“ global die Lufttemperatur. Die erhöhten Temperaturen führen auch zu globalen Verschiebungen der Niederschlagsmuster sowie einer Zunahme klimatischer Extremereignisse (Sturm, Trockenheit). Für Mitteleuropa nehmen regionale Klimaszenarien in den kommenden 50 bis 100 Jahren insgesamt eine Erhöhung der Lufttemperatur bei Abnahme des Sommerniederschlages an, ohne dass die leicht gestiegenen Winterniederschläge dies ausgleichen könnten (SPEKAT et al. 2006).

Die Vegetationsperiode hat sich in Mitteleuropa aufgrund der Erwärmung seit den 1960er Jahren um 10,8 Tage verlängert (MENZEL & FABIAN 1999, MENZEL et al. 2006). Jedoch machen zunehmende Sommertrockenheit, Hitzewellen, aber auch Sturm, fehlendes Grundwasser, erhöhtes Waldbrandrisiko und zunehmende Schaderreger im Wechsel mit immer noch kühlen, regenreichen Sommern, kalten Wintern und Spätfrostgefährdung die Waldbewirtschaftung erheblich risikoreicher. Daher können die möglichen positiven Auswirkungen des Klimawandels die zunehmenden Gefährdungen nicht ausgleichen. Besonders betroffen sind Ökosysteme mit langlebigen Arten und ihr Nutzungspotenzial, insbesondere Wälder.

4.2 Folgen für die mitteleuropäische Waldwirtschaft

Den prognostizierten Klimaänderungen muss eine vorausschauende Waldwirtschaft wegen der Langlebigkeit der Bäume frühzeitig begegnen (JANSEN et al. 2008, HANEWINKEL et al. 2010). In der forstlichen Strategiediskussion wie in der Praxis zeichnen sich drei Maßnahmenbündel der Mitigation ab, um biotische und abiotische Schäden aufgrund von Klimaänderung künftig zu verringern (SPELLMANN et al. 2007, LINDNER et al. 2010): Maßnahmen zur Erhöhung der Resilienz bestehender Waldgesellschaften durch Verkürzung des Erntealters der Bäume; sowie zur Anpassung der Baumartenzusammensetzung einschließlich der Einbeziehung fremdländischer Baumarten und Provenienzen.

4.2.1 Resilienz der Waldgesellschaften

Eine Erhöhung der Resilienz der Wälder wird durch Erhöhung der Baumartenvielfalt in Mischwäldern und durch genetisch vielfältige Populationen von Waldbaumarten angestrebt. Durch eine derartige „Rückversicherungsmaßnahme“ wird erwartet, dass auch bei Ausfall eines Taxons die Bestandesstruktur und die Leistungsfähigkeit des Waldes bestehen bleiben.

Bereits die Winterstürme „Vivian“ und „Wiebke“ im Jahr 1990 und ihre massiven forstwirtschaftlichen Schäden vor allem in Fichten-Altersklassenwäldern führten zu einer Sensibilisierung der Forstverwaltungen im Hinblick auf Klimaveränderungen (FISCHER 1998). In den 1990er Jahren wurden dauerwaldähnliche Konzepte von den staatlichen Forstverwaltungen übernommen und kamen in teilweise aufwändigen Waldumbaumaßnahmen zur Anwendung (TEUFFEL et al. 2005). Dies betrifft auch die Baumartenwahl.

JENSSEN (2009a, b) propagierte als Leitbild den „klimaplastischen Wald“. Dieser ist in der Lage, sich weitgehend in Selbstorganisation, mit einem vertretbaren Aufwand an forstlicher Steuerung durch Veränderung der Mengenanteile verschiedener Baumarten, an einen Klimawandel anzupassen. Im klimaplastischen Wald wird die kleinräumige Vielfalt der standörtlichen Bedingungen genutzt, um Baumarten unterschiedlicher waldd geografischer und damit klimatischer Herkunft in kleinflächennweise getrennten Mischungen anzubauen. Ziel ist es, das ökologische Gesamtrisiko auf der Ebene des Bestandes, des Betriebes und der Region erheblich zu senken (JENSSEN 2009a, b).

4.2.2 Verkürzung des Erntealters

Ein konfliktreiches Element waldbaulicher Anpassungsstrategien stellt die vorgeschlagene Verkürzung der Produktionszeiten dar, um das erhöhte Risiko von Sturmschäden und Pilzbefall bei Altbeständen zu reduzieren (RAU 2002; BEINHOFER 2007; BORCHERS et al. 2008; KOHNLE et al. 2008, SCHMIDT et al. 2010). Die Bäume sollten nicht zu alt werden, die Wälder häufiger durchforstet und Bäume selektiv entnommen werden. Bei Profitmaximierung als Wirtschaftsziel errechnet sich ein maximales Erntealter bei Nadelbäumen von etwa 50 Jahren, bei Laubbäumen von 70 Jahren (KÖHL et al. 2010). Naturschutzfachliche Bestrebungen zielen hingegen auf eine Verlängerung der Produktionszeiten ab, da die späten Stadien der Waldentwicklung als äußerst wertvoll für die Artenvielfalt angesehen werden.

4.2.3 Veränderung der Baumartenzusammensetzung

Nach einer Reihe von Trockenjahren in den 1990er Jahren sowie insbesondere 2003 waren und sind in den mitteleuropäischen Wirtschaftswäldern vor allem Fichten und Lärchen Verlierer des Klimawandels (FALK et al. 2008, KÖLLING et al. 2009). Die Buche wird die große Gewinnerin des Klimawandels in Mitteleuropa sein, da sie ihre Anteile im Wirtschaftswald wesentlich erweitern wird, insbesondere auf Kosten der zurückweichenden Fichte (MICHIELS et al. 2009). Lediglich auf sehr flachgründigen Standorten bei hohem sommerlichem Wasserdefizit können Trockenschäden an Buche erwartet werden (SAYER 2000).

Auch auf die heimischen Eichen- und Edellaubbaumarten sowie in den süddeutschen Mittelgebirgen die Tanne (*Abies alba*) werden gerade von naturnah wirtschaftenden Betrieben

hinsichtlich ihrer Anpassbarkeit große Hoffnungen gesetzt. Bei der Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) zeichnen sich – je nach Standort – unterschiedliche Tendenzen ab. Gilt die Kiefer dem einen als resistenter Pionier, fürchten andere bei zunehmender Wärme ihre hohe Anfälligkeit gegenüber Schadinsekten und Brand. Während in sommerwarmen Tieflagen biotische Schäden und Waldbrände zunehmen dürften, kann im Montanbereich eine Arealerweiterung erwartet werden (RIGLING et al. 2006, WALENTOWSKI et al. 2007).

Vor dem Hintergrund des prognostizierten bzw. bereits eintretenden Klimawandels haben die meisten der heimischen Baumarten auf geeigneten Standorten auch weiterhin ein hohes Potential, um auch in Zukunft stabile Wälder zu bilden (ROLOFF & GRUNDMANN 2009). Dennoch werden trotz mancher Bedenken (vgl. KÖLLING 2013, KÖLLING & SCHMIDT 2013) zunehmend fremdländische „Gastbaumarten“ in die Wirtschaftswälder eingebracht, um das heimische Artenspektrum „... ökologisch und ökonomisch sinnvoll zu ergänzen“ (SCHMIEDINGER et al. 2009).

Weitere Baumarten aus submediterran-subkontinentalen Gebirgsregionen wurden in einer „Rasterfahndung“ in Form von Klimahüllen und auf der Grundlage ihrer gegenwärtigen Wuchsleistungen in ihrem Ursprungsgebiet für Versuchsanbauten vorgeschlagen. Viele davon kommen aus Südosteuropa und Kleinasien. Hierbei zu nennen sind die Nadelbaumarten Hybrid-Tanne (*Abies borisii-regis*), Gelb-Kiefer (*Pinus ponderosa*), Türkische Tanne (*Abies bornmuelleriana*), Griechische Tanne (*Abies cephalonica*), Schwarzkiefer (*Pinus nigra*), Mazedonische Kiefer (*Pinus peuce*), weitere Kiefernarten (*Pinus tabulaeformis*, *Pinus echinata*, *Pinus virginiana*) sowie die Laubbaumarten Orient-Buche (*Fagus orientalis*), Ferkelnuss (*Carya glabra*), Mongolische Eiche (*Quercus mongolica*) und Silberlinde (*Tilia tomentosa*) (SCHMIEDINGER et al. 2009, KONNERT 2013).

Auch auf der Ebene der Forstpflanzenzüchtung und -genetik gibt es Bestrebungen zur Erzeugung von produktionsoptimierten, resistenten Baumtaxa. Die molekulargenetischen Forschungen an Waldbaumarten fokussieren u.a. auf die Suche nach den genetischen Markern, welche trockenheitsresistente Herkünfte auszeichnen (vgl. NEALE 2007, ROBINSON et al. 2007) und auf Workshops wie „Opportunities, challenges and limitations of genomics-based technologies in forest tree breeding and forest genetics“ im Oktober 2009 an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt in Freiburg diskutiert wurden.

Die „Nadelholzücke“

Der bereits begonnene verstärkte Anbau fremdländischer Herkünfte bzw. Baumarten soll dem Ziel der Bestandesstabilisierung durch stresstolerante, zugleich standortsangepasste und leistungsfähige Baumarten sowie dem Schließen der sich abzeichnenden „Nadelholzücke“ auf dem Holzmarkt dienen.

Für das Jahr 2010 wurde für die 27 Mitgliedsstaaten der EU ein Gesamtholzverbrauch von 800 Mio. m³ berechnet (57 % stoffliche Verwertung, 43% Energieholz). Dieser soll bis zum Jahr 2013 auf etwa 1,300 bis 1,400 Mio. m³ ansteigen (MANTAU 2010). Besondere Bedeutung besitzt in diesem Zusammenhang der prognostizierte zunehmende Bedarf an Schnittholz, der zu 95% von Nadelbäumen gedeckt wird (MANTAU 2010). Aufgrund des zunehmenden Ausfalls der Fichte wird daher von der Holzverarbeitenden Industrie der Anbau weiterer fremdländischer Nadelbäume vehement gefordert (DSH 2013).

Die fremdländischen Baumarten Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*; saure Böden), Küstentanne (*Abies grandis*) sowie die Roteiche (*Quercus rubra*) können nach Ansicht vieler Waldexperten dem sich wandelnden Klima sehr gut widerstehen und gelten als zunehmend bedeutsame Baumarten in Wirtschaftswäldern (vgl. REIF et al. 2010). Die Douglasie wurde und wird auf kalkarmen Standorten heute zu erheblichen Anteilen eingebracht, vorzugsweise im Privat- und Kommunalwald. Große Hoffnungen ruhen nach Ansicht vieler Waldbewirt-

schaffer auf der Ausweitung des Anbaus der Küstentanne (*Abies grandis*), vor allem in Nordwest- und Westdeutschland. Diese wird als leistungsfähige, zugleich bodenpflegliche, risikoarme Alternativbaumart diskutiert und empfohlen (HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG GmbH – UFZ 2009, DEUTSCHE SÄGE- UND HOLZINDUSTRIE 2013, KONNERT 2013), zumal wenn sie gemeinsam mit heimischen Baumarten wie der Buche naturnahe Mischwälder bildet und dadurch (vermeintlich?) naturschutzverträgliche Mischwälder bildet (MANTAU 2010).

5. Biomasse-Boom – auch im Wald!

Durch die zunehmende stoffliche und energetische Nutzung von Holz ist die Nachfrage in jüngster Zeit so stark gestiegen, dass es schon heute zu Verteilungsproblemen kommt (MANTAU 2010). Dieser Trend wird sich angesichts der Verknappung fossiler Rohstoffe und mit Blick auf den Klimaschutz weiter verstärken.

Für die EU-Staaten wurde bis zum Jahr 2030 ein Anstieg der stofflich genutzten Holzmenge von 458 auf 620 Millionen m³ prognostiziert, zugleich steigt die energetische Holznutzung von 346 auf 752 Millionen m³ an (MANTAU 2010). Dieser Wert wird das Holzproduktionspotenzial der Wälder weit übersteigen. Daher soll nach Ansicht der Holzverarbeitenden Industrie die Produktivität der Wälder angehoben werden, um Holzimporte aus nicht nachhaltiger Produktion zu reduzieren. Damit besteht ein wachsender politischer und wirtschaftlicher Druck auf den Wald zur Bereitstellung von Nadelholz und Biomasse.

6. Ausblick

Die über viele Jahrhunderte nur relativ langsam sich vollziehende Änderung von Standortfaktoren und Waldnutzungen hat sich in den letzten Jahrzehnten dramatisch beschleunigt. Dadurch unterliegen die Waldökosysteme in kurzer Zeit starken Veränderungstendenzen durch Sukzessionen und Fluktuationen. Dies verändert und gefährdet nicht nur die Kontinuität der Habitattradition für langlebige, stenöke und ausbreitungsschwache Arten und somit die Biodiversität, sondern auch die Ökosystemleistungen der Wälder insgesamt.

7. Zusammenfassung

Mitteuropäische Wälder aller Besitzarten haben eine hohe gesellschaftliche Bedeutung für die Holzproduktion wie für viele weitere Waldfunktionen. Die Leistungsfähigkeit der Waldökosysteme hat sich in den letzten Jahrzehnten drastisch verändert.

- Nach dem Aufhören der „historischen“ Waldnutzungen führten Einträge durch starke anorganische Säuren in Verbindung mit klimatischen Extremjahren zu großflächigen Waldschäden, zum „Waldsterben“ der 1980er Jahre. Die hohen Schwefeleinträge gingen Ende der 1980er Jahre zurück, jedoch sind die Stickstoffeinträge bis heute auf einem hohen Niveau geblieben und eutrophieren die Wälder Mitteleuropas.
- Zur Säurekompensation wurden und werden bis heute große Waldflächen gekalkt. Dies führt jedoch zu weiteren ökosystemaren Veränderungen wie Abbau der organischen Auflagen. Insbesondere in Verbindung mit den bis heute hohen Stickstoffeinträgen wirkt Waldkalkung zusätzlich eutrophierend.
- Die Veränderungen von Atmosphärenchemie und Klima führten in den 1990er Jahren zu Sturmwürfen und mehreren Trockenjahren mit großen wirtschaftlichen Folgen. Diese Ereignisse führten - neben der Bodenversauerung - zu einem Umdenken in der

Waldbehandlung mit der Folge der Propagierung von Dauerwald durch die staatlichen Forstverwaltungen, und in der Folgezeit zu einem großflächigen Waldumbau. Durch den Kahlschlagverzicht werden die Wälder tendenziell dunkler und ärmer an Lichtbaumarten. Aus holzwirtschaftlicher Sicht angestrebt werden heute Mischwälder mit einem hohen Anteil an trockenheitstoleranten Nadelbaumarten, insbesondere der Douglasie. Eine weitere Maßnahme zur Reduktion von Produktionsrisiken ist die propagierte Verkürzung des Erntealters der Bäume.

Fazit: Innerhalb weniger Jahre haben sich die standörtlichen Rahmenbedingungen stark verändert. Als Reaktion darauf führten Waldkalkungen und veränderte Bestandesbehandlungen zu weiteren starken Eingriffen. Es ist abzusehen, dass die bereits begonnenen Veränderungen der Waldökosysteme, ihrer Artenausstattung, Struktur, Dynamiken und damit auch ihrer gesellschaftlichen Leistungen andauern werden.

Literaturverzeichnis

- ABER, J., NADELHOFER, K., STEUDLER, P. & J.M. MELILLO (1989): Nitrogen saturation in Northern Forest Ecosystems. – *BioScience* **39**: 378-386.
- ABER, J.D. (1992): Nitrogen cycling and nitrogen saturation in temperate forest ecosystems. – *Trends in Ecology & Evolution* **7**: 220-224.
- ALBERT, M. & M. SCHMIDT (2010a): Climate-sensitive modelling of site-productivity relationships for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). – *Forest Ecol. Manage.* **259**: 739-749 (doi: 10.1016/j.foreco.2009.04.039).
- ALBERT, M. & M. SCHMIDT (2010b): Dynamik der Standort-Leistungs-Beziehungen von Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und Douglasie unter Klimaveränderungen in Deutschland. – Jahrestagung der Sektion Ertragskunde des DVFFA in Möhnesee-Körbecke vom 17.-19.05.2010.
- AUGUSTIN, S., BOLTE, A., HOLZHAUSEN, M. & B. WOLFF (2005): Exceedance of critical loads of nitrogen and sulphur and its relation to forest conditions. – *Eur. J. Forest. Res.* **124**: 289-300.
- BEINHOFER, B. (2007) Zum Einfluss von Risiko auf den optimalen Zieldurchmesser der Fichte. – *Forstarchiv* **78**: 117-124.
- BILLET, M.F., PARKER-JERVIS, F., FITZPATRICK, E.A. & M.S. CRESSER (1990): Forest soil chemical changes between 1949/50 and 1987. – *J. Soil Sci.* **41**: 133-145.
- BLOCK, J. (2006): Stickstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder. – *Mitt. Forschungsanst. f. Waldökologie und Forstwirtschaft* **60/06**: 1-31.
- BOBBINK, R., HETTELINGH, J.P. et al. (2011): Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. – *Proc. Workshop, 23-25 June 2010, Noordwijkerhout*. www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/680359002.pdf (26.5.2012)
- BORCHERS, J., ELBS, A. & G. SCHINDELE (2008): Fichte im Erwerbsforstbetrieb - Baumart mit Zukunft? – *Holz- Zentralblatt* **44**: 1229-1231.
- BOUDOT, J.P., BECQUER, T., MERLET, D. & J. ROUILLER (1994): Aluminium toxicity in declining forests: a general overview with a seasonal assessment in a silver fir forest in the Vosges mountains (France). – *Ann. Sci. For.* **51**: 27-51.
- BRAUN, S., THOMAS, V.F.D., QUIRING, R. & W. FLÜCKIGER (2010): Does nitrogen deposition increase forest production? The role of phosphorus. – *Environmental Pollution* **158**: 2043-2052.
- BRAUN, S., RIHM, B. & W. FLÜCKIGER (2012): Stickstoffeinträge in den Schweizer Wald - Ausmass und Auswirkungen. – *Schweiz. Z. Forstwes.* **163**: 355-362.
- BRUNET, J. & M. NEYMARK (1992): Importance of soil acidity to the distribution of rare forest grasses in south Sweden. – *Flora* **187**: 317-326.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT [BMVEL] (2004): Die zweite Bundeswaldinventur – BWI II. Das Wichtigste in Kürze. Bonn. 87 S.
- BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ (BMJV) (2010): Bundeswaldgesetz vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 31. Juli 2010 (BGBl. I S. 1050) geändert worden ist. <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bwaldg/gesamt.pdf>

- CROWLEY, K.F., MCNEIL, B.E., LOVETT, M., CANHAM, C.D., DRISCOLL, C.T., RUSTAD, L. E., DENNY, E., HALLETT, R. A., ARTHUR, M. A., BOGGS, J. L., GOODALE, C.L., KAHL, J.S., MCNULTY, S. G., OLLINGER, S. V., PARDO, L. H., SCHABERG, P. G., STODDARD, J. L., WEAND, M. P. & K.C. WEATHERS (2012): Do Nutrient Limitation Patterns Shift from Nitrogen Toward Phosphorus with Increasing Nitrogen Deposition Across the Northeastern United States? – *Ecosystems* DOI: 10.1007/s10021-012-9550-2
- DAMMANN, I., EVERS, J., PAAR, U. & J. EICHHORN (2013): Ernährung von Buche und Kiefer in Nordwestdeutschland. Ergebnisse der BZE II in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt. – *AFZ/Der Wald* 14/2013: 4-10.
- DEUTSCHE SÄGE- UND HOLZINDUSTRIE (DSH, Hrsg.) (2013): Waldexkursion zeigt: Küstentanne und Douglasie sind Alternativen zur Fichte. - <http://www.saegeindustrie.de/sites/news.php?id=505>
- DIEKMANN, M. & C. DUPRÉ (1997): Acidification and eutrophication of deciduous forests in north-western Germany demonstrated by indicator species analysis. – *Journal of Vegetation Science* 8: 855-864.
- DIEPOLDER, M. (2007): Wie viel Stickstoff braucht die Wiese? – Hefterhofer Umweltgespräche, Fachtagung in Salzburg am 21. November 2007, Tagungsthema: „Stickstoff und Umwelt“. Vortrag. http://www.lfl.bayern.de/iab/gruenland/26776/linkurl_0_9_0_0.pdf, accessed 1.3.2013.
- ELLENBERG, H. (1996): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. 5. Auflage. 1095 S., Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG, H. & CH. LEUSCHNER (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. 6. Aufl., 1333 S., Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG, H., MAYER, R. & J. SCHAUERMANN (1986): *Ökosystemforschung – Ergebnisse des Solingprojekts 1966-1986*. 507 pp., Ulmer, Stuttgart.
- ETZOLD, S., WALDNER, P., THIMONIER, A., SCHMITT, M. & M. DOBBERTIN (2013): Tree growth in Swiss forests between 1995 and 2010 in relation to climate and stand conditions: Recent disturbances matter. – *Forest Ecol. Manage.* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.040>.
- EWALD, J. (2007): Bimodal spectra of nutrient indicators reveal abrupt eutrophication of pine forests. – *Preslia* 79:391–400.
- EWALD, J. (2009): Bimodale Spektren von Nährstoffzeigerwerten in Bayerns Nadelwäldern. – *Forstarchiv* 80: 189–194.
- EWALD, J., HENNEKENS, S., CONRAD, S., WOHLGEMUTH, T., JANSEN, F., JENSSEN, M., CORNELIS, J., MICHIELS, H.-G., KAYSER, J., CHYTRÝ, M., GÉGOUT, J.-C., BREUER, M., ABS, C., WALENTOWSKI, H., STARLINGER, F. & S. GODEFROID (2013): Spatial and temporal patterns of Ellenberg values for nutrients in forests of Germany and adjacent regions - a survey based on phytosociological databases. – *Tuexenia* 33: 93-109.
- FALK, W., DIETZ, E., GRÜNERT, S., SCHULTZE, B. & CH. KÖLLING (2008): Wo hat die Fichte genügend Wasser? Neue überregional gültige Karten des Wasserhaushalts von Fichtenbeständen verbessern die Anbauentscheidung. – *LWF-aktuell* 66: 21.25.
- FALK, W. & U. STETTER (2010): Stickstoff – vom Mangel in den Überfluss. Ein Teil der Waldstandorte kann keinen zusätzlichen Stickstoff mehr speichern. – *LWF-aktuell* 78/2010: 18-20.
- FENN, M.E., JOVAN, S., YUAN, F., GEISER, L., MEIXNER, T. & B.S. GIMENO (2008): Empirical and simulated critical loads for nitrogen deposition in California mixed conifer forests. – *Environmental Pollution* 155: 492-511.
- FISCHER, A. (Hrsg) (1998): *Die Entwicklung von Wald-Biozönosen nach Sturmwurf*. 432 S. - Ecomed, Landsberg.
- FISCHER, R., WALDNER, P., CARNICER, J., COLL, M., DOBBERTIN, M., FERRETTI, M., HANSEN, K., KINDERMANN, G., LASCH-BORN, P., LORENZ, M., MARCHETTO, A., MEINING, S., NIEMINEN, T., PENUELAS, J., RAUTIO, P., REYER, C., ROSKAMS, P. & G. SÁNCHEZ (2012): *The Condition of Forests in Europe*. 2012 Executive Report. ICP Forests, Hamburg, 24 pp [<http://www.icp-forests.org/RepEx.htm>]
- FLÜCKIGER, W., BRAUN, S., MAINIERO, R., SCHÜTZ, K. & V. THOMAS (2011): Auswirkungen erhöhter Stickstoffbelastung auf die Stabilität des Waldes. Synthesebericht. Schönenbuch: Institut Angewandte Pflanzenbiologie, 87 p.(www.bafu.admin.ch/wald)
- FORSTBW (2013): *Waldzustandsbericht 2012*. 64 S., Freiburg.
- GAERTIG, T. & E. HILDEBRAND (2003): Der Einfluss der Bodenversauerung auf die Waldstruktur in Wäldern. – *AFJZ* 174: 44-49.
- HANEWINKEL, M., HUMMEL, S. & D.A. CULLMANN (2010): Modelling and economic evaluation of

- forest biome shifts under climate change in Southwest Germany. – *For. Ecol. Manage.* **259**: 710-719.
- HARRISON, A.F., SCHULZE, E.D., GEBAUER, G. & G. BRUCKNER (2000): Canopy uptake and utilization of atmospheric pollutant nitrogen. – *Ecol Studies* **142**: 171-188.
- HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG GmbH – UFZ (Hrsg.) (2009): Ein Neubürger auf dem Prüfstand – Küstentannen aus Nordamerika als leistungsstarke Bäume, die dem Klimawandel trotzen? – Laborgespräch **4**: 8 S. http://www.nachhaltige-waldwirtschaft.de/fileadmin/Dokumente/Aktuelles/Laborgespraech/07_Laborgespraech_04.pdf
- HÖGBERG, P. & D.J. READ (2006): Towards a more plant physiological perspective on soil ecology. – *Trends in Ecology and Evolution* **21**: 548-554.
- HOFMEISTER, J., OULEHLE, P., KRÁM, P. & J. HRUŠKA (2008): Loss of nutrients due to litter raking compared to the effect of acidic deposition in two spruce stands, Czech Republic. – *Biogeochemistry* **88**:139–151.
- HUBER, C., KREUTZER, K., RÖHLE, H. & A. ROTHE (2004): Response of artificial acid irrigation, liming, and N-fertilisation on elemental concentrations in needles, litter fluxes, volume increment, and crown transparency of a N saturated Norway spruce stand. – *Forest Ecology and Management* **200**: 3-21.
- INGESTAD, T. (1987): New concepts on soil fertility and plant nutrition as illustrated research on forest trees and stands. – *Geoderma* **40**: 237-352.
- JANSEN, M., DÖRING, C., AHREND, B., BOLTE, A., CZAIKOWSKI, T., PANFEROV, O., ALBERT, M., SPELLMANN, H., NAGEL, J., LEMME, H., HABERMANN, M., STAUPENDAHL, K., MÖHRING, B., BÖCHER, M., STORCH, S., KROTT, M., NUSKE, R., THIELE, J.C., NIESCHULZE, J., SABOROWSKI, J. & F. BEESE (2008): Anpassungsstrategien für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung unter sich wandelnden Klimabedingungen - Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems „Wald und Klimawandel“ (DSS-WuK). – *Forstarchiv* **79**: 131-142.
- JANSSEN, A. (2014): Waldkalkung in Baden-Württemberg – Sachstand. - FVA-einblick 1/2014, 3-6.
- JENSSEN, M. (2009a): Die Grüne Douglasie im klimaplastischen Wald des Tieflandes - ökoklimatisch-waldgeografische Grundlagen. – Eberswalder Forstliche Schriftenreihe **43**: 15-22.
- JENSSEN, M. (2009b): Forstpraktische Umsetzung des Leitbildes klimaplastischer Wälder im nordost-deutschen Tiefland. – *Forst und Holz* **64**: 18-21
- KAUPPI, P.E., MIELIKAINEN, K. & K. KUUSELA (1992): Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1990. – *Science* **256**: 70–74.
- KAZDA, M. (1990): Indications of unbalanced nitrogen nutrition of Norway spruce stands. – *Plant and Soil* **128**: 97-101.
- KÖHL, M., HILDEBRANDT, R., OLSCHOFKSY, K., KÖHLER, R., RÖTZER, TH., METTE, T., PRETZSCH, H., KÖTHKE, M., DIETER, M., ABIY, M., MAKESCHIN, F. & B. KENTER (2010): Combating the effects of climatic change on forests by mitigation strategies. – *Carbon Balance and Management* **2010**: 5-8.
- KÖLLING, CH., BACHMANN, M., FALK, W., GRÜNERT, S., SCHALLER, R., TRETTER, S. & G. WILHELM (2009): Klima-Risikokarten für heute und morgen. – *AFZ-Der Wald* **15**: 806-810.
- KÖLLING, CH. (2013): Nichtheimische Baumarten – Alternativen im klimagerechten Waldumbau? Von der Herkulesaufgabe, die richtigen Baumarten zu finden. – *LWF aktuell* **69**: 4-11.
- KÖLLING, CH. & O. SCHMIDT (2013): Die Lüge der Überlebenden. Wie unsere Urteile über Chancen und Risiken verzerrt werden können. – *LWF aktuell* **69**: 22-24.
- KOHNLE, U., HEIN, S. & H.-G. MICHIELS (2008) Waldbauliche Handlungsmöglichkeiten angesichts des Klimawandels. – FVA- einblicke Jg.12/2008 (1): 52-55.
- KONNERT, M. (2013): Die Herkunft im Blick. ASP betreibt seit mehr als 40 Jahren Herkunftsforschung bei nichtheimischen Baumarten. – *LWF aktuell* **69**: 12-14.
- KREUTZER, K. (1995): Effects of forest liming on soil processes. – *Plant and Soil* **168-169**: 447-470.
- KÜSTER, H. (1998): Geschichte des Waldes. Von der Urzeit bis zur Gegenwart. 267 S. - C.H. Beck, München.
- KUYPER, T.W. (2013): Die Auswirkungen von Stickstoffeinträgen auf Artengemeinschaften von Pilzen. – *Zeitschrift für Mykologie* **79**(2): 565-581.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg) (2011): Stickstoffdüngung auf Grünland. Ratgeber 2011, 2 S., Münster. <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/gruenland/n-duengung-pdf.pdf>, accessed 1.3.2013
- LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. 462 S., G. Fischer, Jena, Stuttgart, New

York.

- LEUSCHNER, CH., RODE, M.W. & T. HEINKEN (1993): Gibt es eine Nährstoff-Mangelgrenze der Buche im nordwestdeutschen Flachland? – *Flora* **188**: 239-249.
- LEUSCHNER, CH. & D. HERTEL (2003): Fine root biomass of temperate forests in relation to soil acidity and fertility, climate, age and species. – *Progress in Botany* **64**: 405-438.
- LINDNER, M., MAROSCHEK, M., NETHERER, S., KREMER, A., BARBATI, A., GARCIA-GONZALO, J., SEIDL, R., DELZON, S., CORONA, P., KOLSTRÖMA, M., LEXER, M.J. & M. MARCHETTI (2010): Climate Change Impacts, Adaptive Capacity, and Vulnerability of European Forest Ecosystems. – *Forest Ecology and Management* **259**: 698-709.
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (Hrsg) (2013a): Buchenblätter: mehr Stickstoff, weniger Schadstoffe. – LUBW signale 2013: 22-23.
- MANTAU, U. (2010): Is there enough wood for Europe? pp. 19-34 in: MANTAU, U. et al.: EUwood - Final report. Hamburg/Germany. 160 p.
- MANTEL, K. (1990): Wald und Forst in der Geschichte. Ein Lehr- und Handbuch. 518 S., M. u. H. Schaper, Alfeld-Hannover.
- MELLERT, K., GENSITOR, A. & CH. KÖLLING (2005): Stickstoffsättigung in den Wäldern Bayerns - Ergebnisse der Nitratinventur. – *Forstarchiv* **76**: 35–43.
- MELLERT, K. & A. GÖTTLEIN (2005): Comparison of new foliar nutrient thresholds derives from van den Burg s literature compilation with established central European references. – *Eur. J. For. Res.* **131**: 1461-1472.
- MENZEL, A. & P. FABIAN (1999): Growing season extended in Europe. – *Nature* **397**: 659.
- MENZEL, A., SPARKS, T.H., ESTRELLA, N., KOCH, E., AASA, A., AHAS, R., ALM-KÜBLER, K., BISSOLLI, P., BRASLAVSKÁ, O., BRIEDE, A., CHMIELEWSKI, F.M., CREPINSEK, Z., CURNEL, Y., DAHL, Å., DEFILA, C., DONNELLY, A., FILELLA, Y., JATCZAK, K., MÅGE, F., MESTRE, A., NORDLI, Ø., PEÑUELAS, J., PIRINEN, P., REMIŠOVÁ, V., SCHNEIFINGER, H., STRIZ, M., SUSNIK, A., VAN VLIET, A.J.H., WIELGOLASKI, F.-E., ZACH, S. & A. ZUST (2006): European phenological response to climate change matches the warming pattern. – *Global Change Biology* **12**: 1969-1976.
- MICHIELS, H.-G., AYDIN, C., BOLTE, A., HEIN, S., HUSSENDÖRFER, E., REIF, A., SCHMIDT, W. & U. MÜHLETHALER (2009): Ökologischer Steckbrief und waldbauliche Bewertung der Buche. – *Forst u. Holz* **64**: 18-21.
- NEALE, D.B. (2007): Genomics to tree breeding and forest health. – *Current Opinion in Genetics & Development* **17**: 539-544.
- NYBERG, L., LUNDSTRÖM, U., SÖDERBERG, U., DANIELSSON, R. & P. VAN HEES (2001): Is there no impact of soil acidification on coniferous needle composition and tree growth? – *Water, Air, Soil Pollut. Focus* **1**: 242–263.
- OREN, R. & E.D. SCHULZE (1989): Nutritional disharmony and forest decline: A conceptual model. – *Ecol. Studies* **77**: 425-443.
- PFEIL, W. (1831): Kritische Blätter, Band 5, Heft 2: 173.
- PHOENIX, G.K., EMMETT, B.A., BRITTON, A.J., CAPORN, S.J.M., DISE, M.B., HELLIWELL, R., JONES, L., LEAKE, J.R., LEITH, I.D., SHEPPARD, L.J., SOWERBY, A., PILKINGTON, M.G., ROWE, E.C., ASHMORE, M.A. & S.A. POWER (2012): Impacts of atmospheric nitrogen deposition: responses of multiple plant and soil parameters across contrasting ecosystems in long-term field experiments. – *Global Change Biology* **18**: 1197–1215, doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02590.x
- PUHE, J. & B. ULRICH (2001): Global Climate Change and Human Impacts on Forest Ecosystems: Post-glacial Development, Present Situation and Future Trends in Central Europe. 512 pp. Springer, Berlin.
- RAU, H. (2002) Optimierung der Umtriebszeit von Fichtenbeständen. Zunehmende Gefährdung durch Sturm berücksichtigen! – *AFZ- Der Wald* **57**(3): 124-125.
- 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.
- REIF, A., BRUCKER, U., KRATZER, R., SCHMIEDINGER, A. & J. BAUHUS (2010): Waldbau und Baumartenwahl in Zeiten des Klimawandels aus Sicht des Naturschutzes. – *BfN-Skripten* **272**: 125 S.
- REIF, A., SCHULZE, E.-D., EWALD, J. & A. ROTHE (2014): Waldkalkung - Bodenschutz contra Naturschutz? – *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz* **6**:63-76. urn:nbn:de:0041-afsv-01423 http://www.afsv.de/download/literatur/waldoekologie-online/waldoekologie-online_heft-14-2.pdf

- RICHTER, A.K., HIRANO, Y., LUSTER, J., FROSSARD, E. & I. BRUNNER (2011): Soil base saturation affects root growth of European beech seedlings. – *J. Plant Nutr. Soil Sci.* **174**: 408–419.
- RIGLING, A., DOBBERTIN, M., BÜRGI, M., FELDMIEIER-CHRISTE, E., GIMMI, U., GINZLER, C., GRAF, U., MAYER, P., ZWEIFEL, R. & T. WOHLGEMUTH (2006): Baumartenwechsel in den Waliser Waldföhrenwäldern. – *Forum für Wissen, WSL Birmensdorf*, S. 23–33.
- ROBINSON, A.R., UKRAINETZ N.K., KANG K.-Y. & S.P. MANSFIELD (2007): Metabolite profiling of Douglasfir (*Pseudotsuga menziesii*) field trials reveals strong environmental and weak genetic variation. – *New Phytologist* **174**: 762–773.
- ROST-SIEBERT, K. & G. JAHN (1988): Veränderungen der Waldbodenvegetation während der letzten Jahrzehnte - Eignung zur Bioindikation von Immissionswirkungen. – *Forst und Holz* **43**: 75–81.
- SAYER, U. (2000): Die Ökologie der Flaumeiche (*Quercus pubescens* Willd.) und ihrer Hybriden auf Kalkstandorten an ihrer nördlichen Arealgrenze. Untersuchungen zu Boden, Klima und Vegetation. – *Diss. Bot.* **340**, 198 S. Cramer, Stuttgart.
- SCHMIDT, M., HANEWINKEL, M., KÄNDLER, G., KUBLIN, E. & U. KOHNLE (2010): An inventory-based approach for modeling single-tree storm damage – experiences with the winter storm of 1999 in southwestern Germany. – *Can. J. For. Res.* **40**: 1636-1652.
- SCHMIEDINGER, A., BACHMANN, M., KÖLLING, CH. & R. SCHIRMER (2009): Verfahren zur Auswahl von Baumarten für Anbauversuche vor dem Hintergrund des Klimawandels. – *Forstarchiv* **80**: 15-22.
- SCHRÖTER, D., CRAMER, W., LEEMANS, R., PRENTICE, I.C., ARAÚJO, M.B., ARNELL, A.W., BONDEAU, A., BUGMANN, H., CARTER, T., GRACIA, C.A., DE LA VEGA-LEINERT, A.C., ERHARD, M., EWERT, F., GLENDINING, M., HOUSE, J.I., KANKAANPÄÄ, S., KLEIN, R.J.T., LAVOREL, S., LINDNER, M., METZGER, M., MEYER, J., MITCHELL, T.D., REGINSTER, I., ROUNSEVELL, M., SABATE, S., SITCH, S., SMITH, B., SMITH, J., SMITH, P., SYKES, M.T., THONICKE, K., THUILLER, W., TUCK, G., ZÄHLE, S. & B. ZIERL (2005): Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. – *Science* **310**:1333-1337.
- SCHULZE, E.-D. (1989): Air Pollution and Forest Decline in a Spruce (*Picea abies*) Forest. – *Science* **244**: 776-783.
- SCHULZE, E.-D., BECK, E. & K. MÜLLER-HOHENSTEIN (2002): Pflanzenökologie. 850 S. - Spektrum Akademischer Verlag, Wiesbaden.
- SMITH, S.E. & D. READ (2008): Mycorrhizal Symbiosis. 3rd ed., 787p, Academic Press, London.
- SPEKAT, A., ENKE, W. & F. KREIENKAMP (2006): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarien mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG 2005 auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI – OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES – Szenarien B1, A1B und A2. Projektbericht im Rahmen des F+E-Vorhabens 204 41 138 „Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland“: 94 S.
- SPELLMANN, H., SUTMÖLLER, J. & H. MEESENBURG (2007): Risikovorsorge im Zeichen des Klimawandels. – *AFZ-Der Wald* **23**: 1246-1249.
- SPIECKER, H. (1991): Liming, nitrogen and phosphorus fertilization and the annual volume increment of Norway spruce stands on long-term permanent plots in Southwestern Germany. – *Fertilizer Research* **27**: 87-93.
- SPIECKER, H. (1999): Overview of Recent Growth Trends in European Forests. – *Water, Air, and Soil Pollution* **116**: 33-46.
- SPIECKER, H., HILDEBRAND, E.E. & F.H. EVERS (1992): Ernährung und Zuwachs von Fichten in einem langfristig beobachteten Düngungsversuch im Buntsandstein-Schwarzwald. – *Forst u. Holz* **47**: 181-185.
- SPIECKER, H., MIELKÄINEN, K., KÖHL, M. & S. KASSGAARD (eds.) (1996): Growth trends in European forests. – *European Forest Institut Research Report* **5**. 372 S. Berlin; Heidelberg; Springer Verlag.
- TEUFFEL, K. V., BAUMGARTEN, M., HANEWINKEL, M., KONOLD, W., SAUTER, U.H., SPIECKER, H. & K. V. WILPERT (Hrsg.) (2005): Waldumbau für eine zukunftsorientierte Waldwirtschaft. Ergebnisse aus dem Südschwarzwald. 422 S., Springer, Berlin Heidelberg New York.
- ULRICH, B. (1987): Stability, elasticity, and resilience of terrestrial ecosystems with respect to matter balance. – *Ecol. Studies* **61**: 11-49.
- WALENTOWSKI, H., KÖLLING, CH. & J. EWALD (2007): Die Waldkiefer - bereit für den Klimawandel? – *LWF Wissen* **57**: 37-46.

- WILPERT, K. V. (2003): Drift des Stoffhaushalts im Fichten-Düngeversuch Pfalzgrafenweiler. – AFJZ **174**: 21-30.
- WILPERT, K. V. (2013): Eine flotte Schreibe genügt nicht. Entgegnung zu einem Beitrag von Wolf Hockenjos – Fakten und Grundlagen der Bodenschutzkalkung. – Holz-Zentralblatt 7/2013: 161-162.
- WILPERT, K. V.; HARTMANN, P. & J. SCHÄFFER (2013): Regenerationsorientierte Bodenschutzkalkung. Merkblatt 54, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 41 S.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Dr. h.c. Albert Reif, Professur für Standorts- und Vegetationskunde, Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Universität Freiburg, Tennenbacherstr. 4, D-79085 Freiburg

E-Mail: albert.reif@waldbau.uni-freiburg.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: [26](#)

Autor(en)/Author(s): Reif Albert

Artikel/Article: [Gemeinschaftsgut Wald - quo vadis? Treibende Kräfte und Folgen für die Waldökosysteme in Mitteleuropa 137-150](#)