

Fotos: R. Lässig, WSL



Abb. 1: Immer mehr Fachleute aus Forst- und Naturschutzkreisen besuchen die letzten europäischen Urwälder. Viele von ihnen wollen nicht nur die vielfältigen Waldstrukturen und die Artenvielfalt, sondern auch den Einfluss von Sturm und Feuer auf die Waldentwicklung kennen lernen. Im Bild eine Gruppe von Waldforschern in einem Urwald in der Nähe von Kuhmo (Finnland).



Abb. 2: Ein vor über 50 Jahren abgestorbener, von Flechten, Moosen und Pilzen überwachsener Kiefernstamm in einem seit über 120 Jahren nicht bewirtschafteten Waldreservat Mittelfinnlands.

Wiederbewaldung nach «Lothar» (4)

Vielfältige Strukturen nach Windwurf in Naturwäldern

Stürme führen auch in Natur- und Urwäldern zu Windwürfen. Dies lässt sich in den wenigen ursprünglichen, zumeist unter Schutz stehenden Waldgebieten Nord-, Ost- und Südosteuropas beobachten. Nach «Vivian» und «Lothar» sind viele Fachleute aus der Schweiz daran interessiert, mehr über natürliche Entwicklungsprozesse in Natur- und Urwäldern zu erfahren. Das drückt sich in der zunehmenden Anzahl an Fachreisen in mittelosteuropäische Urwälder aus (z. B. [11], Abb.1). Wir haben darum Erfahrungen und Forschungsergebnisse, die nach Windwürfen in natürlich sich entwickelnden Waldbeständen gewonnen wurden, zusammengefasst.

Stürme sind ein Teil des Naturgeschehens und ein bedeutsamer Standortfaktor für die langfristige Waldentwicklung. In Natur- und Urwäldern sind Stürme mit ein Grund dafür, dass die Waldstrukturen

Von Reinhard Lässig
und Stanislaw A. Motschalow*

über Jahrhunderte hinweg sehr vielfältig bleiben. Sie leiten spontan und meistens auf kleinerer Fläche – seltener auch grossflächig – die Walderneuerung ein.

* Reinhard Lässig ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL in Birmensdorf; Stanislaw A. Motschalow ist Dozent an der Uralischen Forsttechnischen Akademie in Jekaterinburg, Russland.

Häufigkeit, Abstand und mittlere Wiederkehrdauer von witterungsbedingten Störungsereignissen sind für viele Pflanzen- und Tierarten, die in naturnahen Wäldern leben, von existenzieller Bedeutung. Diese Erkenntnis ist keineswegs neu. Dennoch sind nur aus wenigen Naturwaldgebieten Untersuchungen über die ökologischen Auswirkungen grösserer Windwürfe bekannt.

Totholz – ein wichtiger Lebensraum

In den wenigen noch vorhandenen Urwäldern Nord- und Osteuropas zeigt sich, dass Naturereignisse wie Feuer und Sturm die treibenden Kräfte der Walddynamik

sind. Zahlreiche verkohlte Borkestücke an alten Kiefern, welche vielleicht schon mehrere Waldbrände überdauert haben, sind Zeichen dafür. Lange Zeit unbewirtschaftete Wälder oder sogar Urwälder weisen auch zahlreiche liegende, langsam verrottende Baumstämme auf. Die Mehrzahl von ihnen stammt von der «ablebenden» Generation, wie es Korpel nennt [4], und wurde von Stürmen umgeworfen. Je nachdem wie stark das Holz vermodert und von Pilzen und Flechten besiedelt ist, lässt sich vage abschätzen, wie lange der todbringende Windstoss zurückliegt (Abb. 2). Unter nordischen Klimaverhältnissen kann es 50 bis 80 oder sogar 100 Jahre dauern, bis vom Sturm gefälltes Fichtenholz abgebaut ist. Die

meisten Buchen-Urwälder Ost- und Südosteuropas hingegen weisen weniger liegendes Totholz auf, da das nährstoffreiche Buchenholz wesentlich schneller abgebaut wird als Fichtenholz.

Urwälder, die reich an stehendem und liegendem Totholz sind, bieten über 4000 zum Teil hoch spezialisierten Pflanzen- und Tierarten einen Lebensraum. Viele von ihnen gibt es anderswo gar nicht mehr oder sie sind dort so selten, dass sie vom Aussterben bedroht sind. Einige Specht- und Eulenarten, aber auch zahlreiche Moose, Flechten sowie Holz abbauende Pilz- und Insektenarten leben in diesen totholzreichen Wäldern. Von totem Holz dürfte man angesichts dieser Vielfalt an Organismen eigentlich gar nicht sprechen.

Viele Arten profitieren von den kleinflächigen Temperatur- und Feuchteunterschieden im Holz und in der Borke. Das Substrat des mittel- bis langfristig sich zersetzenden Holzes bietet zahlreiche unterschiedliche Lebensnischen an. Durch die während des Holzabbaus freigesetzten Nährstoffe – dieser Prozess kann sich über viele Jahrzehnte hinziehen – verändern sich auch die Humus- und Bodeneigenschaften. Andererseits sind solche Standorte für einzelne Pflanzenarten, wie zum Beispiel den Bärlauch, bis zu 10 Jahre lang unbesiedelbar [2].

Wenn man bedenkt, welch grosse Bedeutung Totholz für die Tier- und Pflanzenwelt hat, dann müssen die etwa drei Millionen Kubikmeter Holz, die in der Schweiz nach «Lothar» im Wald liegen bleiben werden, als grosse Chance für die Erhöhung der Artenvielfalt gesehen werden. Dies bestätigen Untersuchungen, die nach «Vivian» 1990 durchgeführt wurden; auf ungeräumten Windwurfflächen besiedelten zahlreiche Baum- und Pflanzenarten vor allem Standorte auf sowie in der Nähe des liegenden Holzes [3, 15]. Da solche Flächen eine hohe Vielfalt an Lebensräumen aufweisen, sind sie für die Biodiversität und die Vielfalt der Waldstrukturen einer Region von besonderer Bedeutung. Dies soll an Beispielen aus nord- und osteuropäischen Ländern gezeigt werden.

Walderneuerung im Urwald durch Stürme

In der Folge mehrerer grösserer Sturmereignisse wurde 1931/32 in zwei Fichten-Mischwäldern Mittelschwedens auf die Nutzung der vom Sturm geworfenen Bäume verzichtet. Forscher der nahen Universität Uppsala hielten den Ausgangszustand nach dem Windwurf fest und folgerten aus ihren Ergebnissen, dass nordische Nadelwälder für ihre natürliche

Abb. 3: Fichtenverjüngung auf Moderholz: Die nächste Baumgeneration wächst heran.



Abb. 4: Im Juni 1993 warf ein Gewittersturm mit Spitzengeschwindigkeiten von über 100 km/h im Mittelural auf mehr als 300 Hektaren naturnahen Kiefern-/Fichtenwald. Im Juni 1996 brannten mehr als 100 Hektaren dieser Windwurffläche ab. Die natürliche Waldverjüngung wurde vollständig vernichtet.



Erneuerung wiederkehrende Waldstörungen benötigen [12]. Neuere Untersuchungen, die etwa 50 Jahre später auf den gleichen Flächen durchgeführt wurden, bestätigten diese 1936 veröffentlichte Theorie [4, 8]. Die Versuchsflächen in den wildromantischen Urwäldern von Fiby und Granskär gelten heute als die am besten dokumentierten Beispiele natürlicher Sukzessionsentwicklung in Waldbeständen, deren Entwicklung durch Stürme beeinflusst wurde.

Die zitierten Arbeiten zeigen, wie wichtig verrottende Baumstämme als Keimsubstrat und bevorzugter Kleinstandort für junge Waldbäume sein können. Heute sieht man im Urwald von Fiby, 16 km westlich von Uppsala, den Beweis dafür: Viele der alten Baumleichen sind so stark vermodert, dass sie kaum noch zu sehen sind. An ihrer Stelle stehen junge Fichten in Reih und Glied hintereinander (Abb. 3). Diese Waldverjüngung auf Moderholz ist eine gute Voraussetzung dafür, dass sich



Abb. 5: Kleinflächige Windwürfe bringen viel Licht in den Wald und schaffen vielfältige Waldstrukturen, die das Haselhuhn in seinem Lebensraum benötigt.



Abb. 6: Die Lungenflechte lebt auf der Borke alter Pappeln und Weiden, wie sie zum Beispiel in den Urwäldern des «Grünen Gürtels» beidseits der finnisch-russischen Grenze vorkommen.

im neu entstehenden Wald ein kleinflächig möglichst differenziertes Alters- und Baumhöhenpektrum entwickeln kann [1, 3, 13]. Aus diesen Entwicklungen, das zeigen auch Untersuchungen in polnischen, slowakischen und schwedi-

schen Urwäldern, resultieren letztlich mosaikartige Waldstrukturen [2, 5]. Größere Windwürfe können den Übergang vom Schlusswald- zum Pionierwaldstadium beschleunigen [12]. Grossflächige Pionier- oder Anfangswälder, die vorwiegend aus

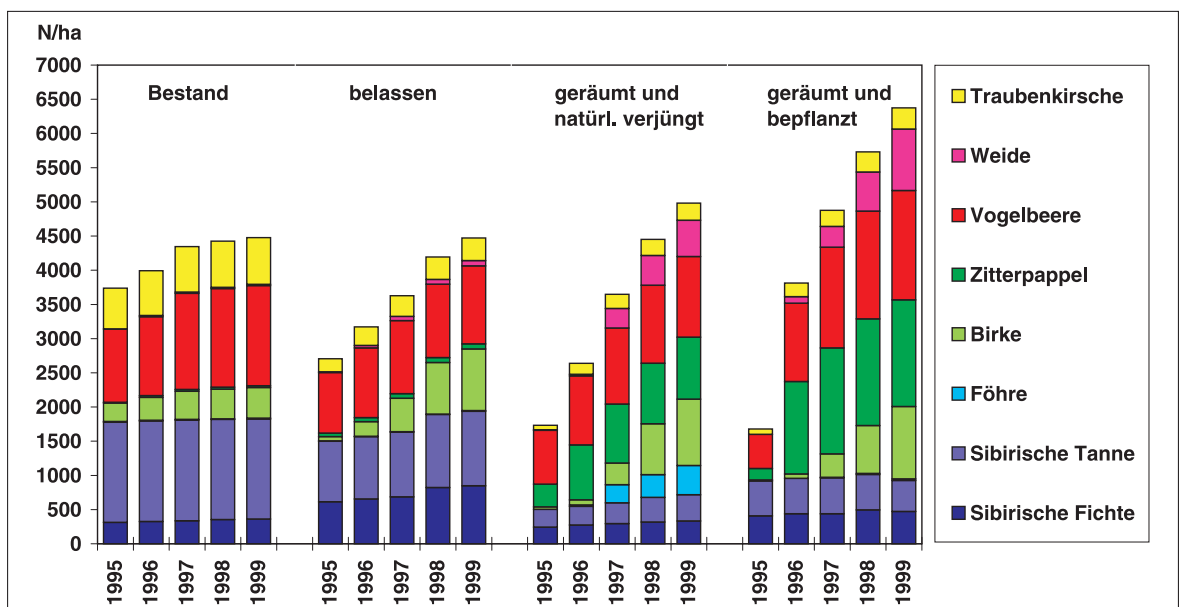
Lichtbaumarten bestehen, können für mehrere Jahrzehnte wegen ihrer Gleichartigkeit relativ instabil sein. Mit zunehmendem Anteil der Schattenbaumarten wird die Waldstruktur vielfältiger und die Stabilität gegenüber Sturm und Schnee nimmt zu [9].

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Untersuchungen aus dem Nationalpark Bayerischer Wald [3] und aus verschiedenen Regionen Nordamerikas. Auf Windwurfflächen im amerikanischen Bundesstaat Michigan [14] unterschied sich die Baumartenzusammensetzung vor bzw. nach einem Hurrikan deutlich; vom Sturmereignis profitierten am Anfang vor allem Birken-, Pappel- und Kirschenarten, die Pioniercharakter aufweisen. Bereits 18 Jahre später hatte der Anteil der Schlussbaumarten stark zugenommen und 50 Jahre nach dem Hurrikan waren diese zum grossen Teil in die herrschende Kronenschicht der Pionierbaumarten eingewachsen.

Die zum Zeitpunkt eines Sturmereignisses bereits vorhandene Naturverjüngung spielt für die Wiederbewaldung eine herausragende Rolle, da sie die kleinstandörtlichen Unterschiede bereits berücksichtigt. Untersuchungen in zwei durch Stürme beeinträchtigten Waldbeständen Minnesotas (USA) zeigten, dass die durch entwurzelte Bäume veränderten Kleinstandorte nicht zwingend mit unterschiedlichen Pflanzenarten, auf jeden Fall aber in unterschiedlicher Dichte besiedelt werden [18].

Nach den zahlreichen Stürmen der vergangenen Jahrzehnte, die in Mitteleuropa Tausende Hektaren Wald zu Boden warfen, sind derartige lange Messreihen auch für die zukünftige Waldbewirtschaftung von grosser Bedeutung.

Abb. 7: Baumartenzusammensetzung in der natürlichen Verjüngung auf der Windwurffläche Werchneje Sergi in den ersten fünf Jahren nach Windwurf. Die Graphik berücksichtigt in der Variante «geräumt und bepflanzt», in der wegen der Räumungs- und Bepflanzungsmaßnahmen viel Mineralboden freigelegt wurde, keine gepflanzten Bäumchen.



Wenn Forstleute ein detailliertes Bild von den Entwicklungsprozessen in einem Urwald haben, können sie daraus Folgerungen für die Behandlung von Wirtschaftswäldern ableiten [5, 9].

Russlands Urwälder unter Druck

In Russland gibt es heute noch grossflächige Urwaldgebiete, die Spuren regelmässiger Sturmaktivität aufweisen [13, 16, 17] (Abb. 4). Viele dieser Wälder beherbergen zahlreiche seltene Pflanzen- und Tierarten (Abb. 5 und 6). Die Urwälder östlich der finnischen Grenze in Karelien und Nordrussland sowie diejenigen im Ural sind grösstenteils in bestehende oder geplante Nationalparke und Naturschutzgebiete integriert.

Die ursprünglichen Wälder im Ural sind sehr artenreich. Weil dieser Gebirgszug eine natürliche Barriere zwischen Westrussland und Sibirien darstellt, überlappen sich dort die Verbreitungsgebiete europäischer und sibirischer Tier- und Pflanzenarten. Aus diesem Grund fördert die Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) in Bern im Nord- und im Süd-Ural auch Projekte, die sich vor allem mit der Erhaltung der Biodiversität und der nachhaltigen Waldbewirtschaftung befassen.

Seit dem Zerfall der Sowjetunion sind westlichen Fachleuten nicht nur die Urwälder selbst, sondern auch zahlreiche Veröffentlichungen über Untersuchungen in Urwäldern und Schutzgebieten zugänglich. Über grosse Windwürfe wird zum Beispiel aus verschiedenen Regionen Russlands, aus den Küstenregionen der baltischen Staaten und aus den ukrainischen Karpaten berichtet. Auch in der Ural-Region ereignen sich häufig Windwürfe. Ein ausgesprochen grosses Ereignis fand 1975 westlich des Urals im nördlichen Perm-Gebiet statt: Innerhalb von nur 40 Minuten verwüstete ein Sturm 261 350 ha Waldfläche. Im Juni 1995 warf ein Sturm im Swerdlowsk-Gebiet mehr als 14 Mio. Kubikmeter Holz zu Boden [7].

In der russischsprachigen Literatur wird der Einfluss der Windwürfe auf die Gestaltung des Kleinreliefs, die Baumartenzusammensetzung und die Bestandesstruktur eingehend behandelt (zusammengefasst in [7, 10]). Charakteristisch für Windwurfflächen in Naturwäldern, in denen das geworfene oder gebrochene Sturmholz verbleibt, ist die grosse Vielfalt der Kleinstandorte. Die Lichtverhältnisse, Strahlung, Temperatur, Windbewegung sowie die Luft- und Bodenfeuchte können sich innerhalb weniger Dezimeter stark unterscheiden. Dies ist zum Beispiel

Wiederbewaldungsversuche in Russland

1993 zerstört ein lokaler Gewittersturm im Ural, 500 km nördlich von Jekaterinburg, mehr als 300 ha naturnahen Kiefern-Mischwald. Der Waldbestand war etwa 65 Jahre alt, enthielt aber einige über 150-jährige Kiefern. Im Juli des darauf folgenden Jahres warf ebenfalls ein Gewittersturm 120 km westlich von Jekaterinburg etwa 150 ha Tannen-Fichten-Mischwald zu Boden. In beiden Gebieten wurden, in Anlehnung an die seit 1990 in der Schweiz durchgeführten Untersuchungen [6], Versuchsflächen mit unterschiedlichen Wiederbewaldungsvarianten angelegt. Auf je einer Teilfläche blieben die vom Sturm geworfenen bzw. gebrochenen Bäume liegen. Auf zwei weiteren Teilflächen räumte man das Holz und setzte dann entweder auf die natürliche Verjüngung oder auf eine ortsübliche Pflanzung mit standortheimischen Nadelbaumarten.

für die Samenverbreitung und das Aufwachsen junger Bäume von grosser Bedeutung.

Arten- und individuenreiche Waldverjüngung

1994 begannen Forscher der Uralischen Forsttechnischen Akademie (UFA) in Jekaterinburg und der WSL in zwei von Windwürfen betroffenen Forstbetrieben im Ural mit einem langfristig angelegten Experiment. Analog zu Untersuchungen in den Schweizer Alpen vergleichen sie die Sukzessionsprozesse in unterschiedlich behandelten Windwurfflächen, um Grundlagenkenntnisse zur Entwicklung naturnaher Waldbaustrategien zu erarbeiten.

Die vom Sturm unversehrten Nachbarbestände der Versuchsflächen im Mittel-Ural wiesen direkt nach dem Windwurf über 3600 mehr als 20 cm hohe Bäumchen pro Hektare auf. Die Anzahl der Verjüngungspflanzen auf den belassenen Windwurfflächen betrug 1825 bzw. 2774 pro Hektare. Die vom Sturm gefällten Bäume hatten also zahlreiche Verjüngungspflanzen unter sich begraben. Die späteren Räumungs- und Pflanzmassnahmen verringerten die Verjüngungszahlen weiter.

In den vier Folgejahren nahm die Anzahl der jungen Nadelbäume nur wenig zu, die der Laubbäume hingegen stark. Die Verjüngungsinventur 1999 ergab auf den belassenen Varianten beider Versuchsflächen mehr als 4200 Bäumchen je

Hektare (Abb. 7). Die Zunahme der Baumzahl ist vor allem auf die Ansamung von Zitterpappeln, Vogelbeeren, Birken und Weiden zurückzuführen. Vor allem die Zitterpappel hatte sich bereits im ersten Sommer nach dem Windwurf in grosser Zahl eingestellt, viele Standorte neu besiedelt und schnell Höhen von mehr als 50 cm erreicht.

Die Pionierbaumarten haben sich vor allem dort angesamt, wo der Mineralboden durch das Umklappen der Wurzelteiler sowie durch die Holzerntearbeiten freigelegt wurde. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Skvorzova et al. [13] in verschiedenen Regionen der früheren Sowjetunion und Syrjänen et al. [16] in der nördlichen Ural-Region.

Folgerungen

Im Vergleich zu vielen homogen strukturierten Wäldern Mitteleuropas sind viele naturnah strukturierte Wälder Nordamerikas sowie Nord- und Osteuropas, die sich ungestört entwickelt haben, sehr arten-, struktur- und verjüngungsreich. Sie weisen nach Windwürfen ein grösseres Baumartenspektrum auf. Die Verjüngung ist sehr zahlreich, wobei die Nadelbaumarten des Schlusswaldes bereits vor dem Sturm in grosser Zahl vorhanden sind. Dies ist nicht verwunderlich, denn diese lichten, strukturreichen Wälder enthalten in der Regel wesentlich weniger Holzmasse als dichte Gebirgswälder in der Schweiz. Ein Abbau der Holzvorräte würde in unsere Wälder mehr Licht hineinbringen. Langfristig würde dies zu einem grösseren Kronenanteil vieler Bäume, zu höherer Stabilität gegenüber Stürmen und zu vielfältigeren Waldstrukturen führen. In grossen, dünn besiedelten Waldregionen wie in Skandinavien oder Russland ist ferner zu berücksichtigen, dass das Schalenwild zumeist keinen begrenzenden Faktor für das Aufkommen der natürlichen Waldverjüngung darstellt.

In vielen naturnah strukturierten Wäldern ist das Artenspektrum der Laubholzpioniere vollzählig vertreten. Dies ist vor allem typisch für boreale Nadelmischwälder, die in nahezu allen Entwicklungsstufen alte, Samen produzierende Laubbäume enthalten [16]. Das Samenangebot ist in den meisten Fällen für eine schnelle Besiedelung der Windwurfflächen gross genug. In vielen Wäldern Mitteleuropas hingegen sind Pionierbaumarten seltener, vermutlich weil sie durch die Waldvernichtung in früheren Jahrhunderten, durch die Waldweide sowie durch die Bewirtschaftung im letzten Jahrhundert zugunsten der Schlussbaumarten zurückgedrängt bzw. entfernt wurden. Nach einem Windwurf in den

höheren Lagen der Alpen gibt es darum vielerorts nur wenige Samen produzierende Laubbäume, sodass deren Verjüngungszahl nur langsam zunehmen kann. Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich schliessen, dass sich naturnah strukturierte Wälder sehr dynamisch entwickeln, was auch von mitteleuropäischen Urwäldern bekannt ist [5].

Die Ergebnisse und Erfahrungen nach Windwürfen in naturnahen Wäldern Nord- und Osteuropas zeigen Wege auf, wie ein modernes Waldmanagement die Vorteile der natürlichen Störungsdynamik nutzen kann. Vor allem in den skandinavischen Ländern, aber auch in Kanada, nutzen Forstleute heute die Folgen extremer Naturereignisse, um die Waldstruktur und die Artenzusammensetzung vielfältiger zu gestalten. In vielen Wäldern ist der Schlüssel dazu das teilweise Belassen des toten Holzes nach einem Naturereignis. Damit lässt sich die biologische Vielfalt vergrössern, ohne dass auf grosser Fläche auf die Holznutzung verzichtet werden muss. Generell geben Urwaldstudien dem Waldbau manche Fingerzeige [11], denn die «Voraussetzung für einen ratio-

nellen Waldbau ist die gründliche Kenntnis der natürlichen Lebensvorgänge des Waldes» [9]. □

Literatur

- [1] Eichrodt, R., 1970: Über die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald. Beih. Z. Schweiz. Forstver. 45: 122 S.
- [2] Falinski, J. B., 1976: Windwürfe als Faktor der Differenzierung und der Veränderung des Urwaldbiotopes im Licht der Forschungen auf Dauerflächen. Phytocoenosis 5 (2): 85–106.
- [3] Fischer, A.; Abs, G.; Lenz, F., 1990: Natürliche Entwicklung von Waldbeständen nach Windwurf – Ansätze einer «Urwaldforschung» in der Bundesrepublik. FwCbl. 109: 309–326.
- [4] Hytteborn, H.; Packham, J. R., 1987: Decay Rate of *Picea abies* Logs and the Storm Gap Theorie: A Re-examination of Sernander Plot III, Fiby Urskog, Central Sweden. Arboricultural J. 11: 299–311.
- [5] Korpel, ., 1995: Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart, Jena, New York: G. Fischer-Verlag. 310 S.
- [6] Lässig, R.; Bleistein, U.; Schönenberger, W., 1995: Windwurf im Bergwald – Risiko und Chance zugleich. WALD und HOLZ 76 (15) : 40–45.
- [7] Lässig, R.; Motschalow, S. A., 1999: Die Häufigkeit starker Stürme und ihre Auswirkungen auf die Wälder der Ural-Region. – Forstl. Forsch.ber. Münch. 176: 30–41.
- [8] Leemans, R., 1991: Canopy Gaps and Establishment Patterns of Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) in Two Old-growth Coniferous Forests in Central Sweden. Vegetatio 93: 157–165.
- [9] Leibundgut, H., 1982: Europäische Urwälder der Bergstufe. Bern; Stuttgart: Paul Haupt Verlag. 306 S.
- [10] Motschalow, S. A.; Lässig, R., 1999: Der Beginn der Wiederbewaldung von belassenen und geräumten Sturmwurfflächen im Mittel-Ural. – Forstl. Forsch.ber. Münch. 176: 111–119.
- [11] Rast, F., 2000: Urwald als Vorbild für naturnahen Waldbau – Eindrücke aus der Slowakei. WALD und HOLZ 81 (8): 32–33.
- [12] Sernander, R., 1936: Granskär och Fiby urskog [in Swedish with English abstract]. Acta Phytogeographica Suecia 8: 232 S.
- [13] Skvorzova, E. B.; Ulanova, N. G.; Baseviä, V. F., 1983: Ekologiäeskaja rol vetrovalov [Ökologische Rolle von Windwürfen; in Russisch]. Lesnaja promyš. Iennost, Moskva, 192 S.
- [14] Spurr, S. H., 1956: Natural Restocking of Forests Following the 1938 Hurricane in Central New England. Ecology 37 (3): 443–451.
- [15] Stöckli, B., 1995: Anleitung zum Moderanbau. Moderholz für die Naturverjüngung im Bergwald. – WALD und HOLZ 76, 16, 8–14.
- [16] Syrjänen, K.; Kalliola, R.; Puolasmaa, A; Mattsson, J., 1994: Landscape structure and forest dynamics in subcontinental Russian European taiga. Ann. Zool. Fennici 31: 19–34.
- [17] Ulanova, N., 2000: The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review. For. Ecol. Managem. 135 (1–3): 155–167.
- [18] Webb, S. L., 1988: Windstorm Damage and Microsite Colonisation in Two Minnesota Forests. Can. J. For. Res. 18: 1186–1195.