Die nordamerikanische Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* MARSH.) – zur Biologie eines in den Auenwäldern der Mittelelbe eingebürgerten Neophyten

Dietmar Zacharias und Ariane Breucker

Vorbemerkung

Der besondere Dank des Erstautors gilt Prof. Dr. Dietmar Brandes, in dessen Arbeitsgruppe an der Technischen Universität Braunschweig ich den Zugang zu den Themenfeldern der Geobotanik gefunden habe und wo ich gelernt habe, dass der Weg zur Analyse der Vegetation über die Beschäftigung mit der Biologie der einzelnen Arten führt.

Abstract

In the MIDDLE ELBE BIOSPHERE RESERVE protection of large remnants of native hardwood river bottom forest of *Ulmenion minoris* Oberd. 53 is a specific aim of the local nature protection project managed by the WWF. The green ash (*Fraxinus pennsylvanica* MARSH.), highly tolerant against flooding, was imported more than 120 years ago from its native sites in North America and was planted into the hardwood floodplain forests of Middle Elbe aiming the production of timber. From a conservation point of view increasing dispersal rate of this species is seen as a problem in one of the most native floodplain landscapes of Central Europe. The repress of this neophytic tree species is discussed. This background is the reason for research and investigations of the biology of green ash. We represent the ecology of *Fraxinus pennsylvanica* growing in northern America under consideration of literature and our own results of investigations in the Middle Elbe region near the city of Dessau in the year 2006.

In the Elbe floodplain green ash performance agrees with its biological attitude in its native land North America. It typically invades moist stands with nutrient-rich soils like bayous, where it develops well building up dominant stands and displays high regeneration capacity being a fully established agriophyte. In a plot of 60 m² we found more than 7000 individuals of green ash in different growing levels. Pioneer stands such as reforestation sites, on which the species is able to fructificate already at the age of 7 years, are also invaded successfully by green ash. On temporarily drier sites, on which the oak-hardwood-forest is well developed, green ash appearance is not high, although nearby green ash in age of at least 122 years occurs. After removal of the cortex tissue and the meristem around the bole, green ash shows a high potential of vegetative regeneration by sprouting at tree basis. The extent of green ash on native biodiversity in the original Elbe floodplain forest can not be completely evaluated at this stage.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

1. Einleitung

Die Erfassung von aktuellen Vegetationseinheiten ist immer die Momentaufnahme einer Phytozönose, die im Grunde im stetigen Wandel begriffen ist. Edaphische, klimatische und andere standörtliche Veränderungen sind hierbei ebenso Faktoren für diesen Wandel wie die Konkurrenz der Individuen innerhalb des Artenpools, aus dem die Vegetation einer Region aufgebaut wird. Während die Artbildung, bedingt durch evolutive Vorgänge den Artenbestand über lange Zeiträume beeinflusst, kann die Ausbreitung von Arten zu einem sehr schnell wirksamen Faktor für bestehende Biozönosen werden, vor allem wenn die Ausbreitung einer Pflanzenart in größeren Diasporenanzahlen und über größere Distanzen erfolgt (KOWARIK 2003). Das trifft in besonderem Maße für das Phänomen der Ausbreitung von Pflanzen durch anthropogene Einflüsse zu, wie dies z. B. verstärkt seit der Entdeckung Nordamerikas auf dem Seeweg über natürliche Ausbreitungsgrenzen hin geschieht. Wenn die so verbreiteten Arten am Zielort zusätzlich eine direkte (z. B. durch Einbringung) oder indirekte Förderung durch den Menschen erfahren (z. B. Schaffung geeigneter Standorte durch Störungen vorhandener Vegetation), können sie zu einem wesentlichen Element beim Aufbau der Vegetation werden (BRANDES 1986). Der Anteil der Neophyten an der Flora ist gerade im Bereich von Siedlungen besonders hoch (BRANDES 2003), wo neben krautigen Arten auch zahlreiche Gehölze wie z. B. die Manna-Esche (*Fraxinus ornus*) Tendenzen der Einbürgerung zeigen (BRANDES 2006). Außerhalb von Siedlungen sind es vor allem die Fluss- und Stromtäler, die einen hohen Anteil an Neophyten aufweisen (BRANDES & SANDER 1995, BRANDES 1996, 2007).

Stromtäler mit ihren Auen sind ausgesprochen dynamische Systeme. Dies gilt sowohl in Bezug auf die abiotischen Faktoren wie auch die Arten und Biozönosen. Die Auenwälder im Biosphärenreservat Flusslandschaft Mittelelbe gehören mit zu den naturnächsten und schutzwürdigsten Wäldern, die es im Bereich der großen Flüsse in Deutschland heute noch als Relikte ehemaliger Auenwaldlandschaften gibt (REICHHOFF & REICHHOFF 2004). So ist die Frage nach dem Einfluss der aus Amerika stammenden Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* MARSH.), die als eingebürgerter Neophyt einen zunehmend großen Anteil am Bestandesaufbau der Waldflächen der Region einnimmt, von hoher Bedeutung für Fragen des Naturschutzmanagements. Vor diesem Hintergrund wurde in Kooperation mit dem Projektbüro Mittlere Elbe des WWF durch die Hochschule Bremen eine Studie zur Biologie von *Fraxinus pennsylvanica* angefertigt (BREUCKER 2006). Die Zusammenstellung von Informationen über die Art in ihrer Heimat Nordamerika wurde hierbei ergänzt durch eigene Untersuchungen zum Verhalten der Rot-Esche an der Mittelelbe im Kühnauer Forst und im Saalberghau bei Dessau. Die Zusammenfassung der Ergebnisse wurde auf dem Workshop zum Thema „Die Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica*) – eine invasive Baumart in den Hartholzauenwäldern des Mittelelbegebietes?“ am 20.9.2007 in Dessau vorgestellt und wird in dem Tagungsband wiedergegeben (BREUCKER & ZACHARIAS im Druck). An dieser Stelle erfolgt in der Festschrift für Dietmar Brandes die

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

ausführliche Darstellung der Literaturrecherche über die Biologie der Vorkommen der Art in Nordamerika sowie der eigenen Untersuchungen an der Mittelelbe.

Die Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica*) wird in Nordamerika in die Varietäten *F. p.* var. *subintegerrima* (Green Ash) und *F. p.* var. *pennsylvanica* (Red Ash) differenziert, wobei die ökologischen Angaben jedoch häufig nicht entsprechend zugeordnet werden und daneben weitere Untergliederungen der Art Verwendung finden. BUTTLER (2005) überprüfte die taxonomische Einstufung von *Fraxinus pennsylvanica* s. str. und machte einen Vorschlag zur Neugliederung innerhalb der Art. Die Angaben im Folgenden beziehen sich auf die Artebene, für die hier der gebräuchliche deutsche Name Rot-Esche verwendet wird.

2. Material und Methoden

2.1. Recherche zur Biologie der Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica*) im Herkunftsland Nordamerika

Als wesentliche Quellen mit zahlreichen Querverweisen wurden die Arbeiten von WRIGHT (1959, 1965) und KENNEDY JR. (1990) sowie die Inhalte der Web-Seite www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/frapen/all.html genutzt.

2.2. Untersuchungen in den Hartholzauenwäldern der Mittelelbe bei Dessau

2.2.1. Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen fanden im Sommerhalbjahr 2006 im Kühnauer Forst und Saalberghau in den Elbeauen zwischen Mulde- und Saalemündung nördlich von Dessau, Sachsen-Anhalt statt (TK 25 Nr. 4138 und 4139). Im Rahmen des Naturschutzgroßprojektes ‚Mittlere Elbe' wurden hier größere Waldflächen von dem Projektträger Umweltstiftung WWF-Deutschland erworben. Sie sind Teil des Biosphärenreservates Flusslandschaft Mittel-Elbe und sind periodischen Überschwemmungen der Elbhochwässer ausgesetzt. Der vorherrschende Bodentyp ist eine Gley-Vega unterschiedlicher Auenlehm-Mächtigkeiten. Das Klima zeigt mit ca. 550 mm mittlerem Jahresniederschlag und mittleren Julitemperaturen um 18 °C eine subkontinentale Tönung. Prägend für das Gebiet sind Hartholzauenwälder des *Querco-Ulmetum minoris* Issl. 24, von denen 7.240 ha als naturnahe Hartholzauenwälder eingestuft werden (PUHLMANN 2004). 562 ha der Auenstandorte weisen einen Rot-Eschen-Anteil von über 10 % am Bestandesaufbau der Gehölze auf. Davon haben 176 ha einen Anteil dieses Neophyten von mehr als 50 %, unter denen sich auch Reinbestände der Rot-Esche befinden (REICHHOFF 2004). Einen Schwerpunkt dieser Vorkommen bilden die Forste Saalberghau und Kühnauer Forst links der Elbe. Ende des 19. Jahrhunderts begann der Anbau von *Fraxinus pennsylvanica* auf größeren Flächen (SCHAFFRATH 2001). Landesforstmeister WUTTKY förderte in den 1950er Jahren den

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

Anbau der Rot-Esche im Forstgebiet Dessau – Großkühnau aufgrund ihrer besseren Hochwasserresistenz im Vergleich zu der Gemeinen Esche (*Fraxinus excelsior*), die dem lang anhaltenden Sommerhochwasser 1926 zum überwiegenden Teil zum Opfer gefallen war (WUTTKY, o. J.). Im Lödderitzer Forst wurde die Rot-Esche aufgrund ihrer Hochwasserresistenz noch in den 1980er Jahren angepflanzt (MACZULAT mündl.).

Zumeist finden sich die Anpflanzungen auf nassen Auenwaldstandorten wie den Flutrinnen und anderen tief liegenden Flächen. Jedoch wurden gebietsweise auch flächendeckend Eichen-Waldbestände mit Rot-Esche unterbaut sowie Flächen, die zugunsten einer „hochleistungsfähigen Holzproduktion" (WUTTKY o.J.) in nicht standortgerechte Pappelanbauten überführt wurden. Eine massive Naturverjüngung der im Gebiet als eingebürgert eingestuften Rot-Esche ist vor allem in Flutmulden zu verzeichnen.

Zur Förderung der Hartholzauenwaldentwicklung wurde 2003 in der Überflutungsaue der Elbe nördlich des Klärwerks Dessau in der Gemarkung Groß-Kühnau die Umwandlung von Grünland in Hartholzauenwald durch Eichensaat und Initialpflanzung standortheimischer Gehölze initiiert. Vor Durchführung der Maßnahme wurden aus dem Gehölz im südlichen Teil der Fläche der aus Hybridpappeln gebildete Oberstand und die einzelnen älteren Rot-Eschen entnommen. Vor der Aussaat der Stiel-Eiche (*Quercus robur*) wurden die Saatstreifen aufgefräst. Zur Initiierung der Ansiedlung weiterer Bestand bildender Hartholzgehölze wurden Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*), Flatter-Ulme (*Ulmus laevis*), Feld-Ulme (*Ulmus carpinifolia*) und Feld-Ahorn (*Acer campestre*) angepflanzt. Rot-Eschen befanden sich zum Zeitpunkt der Auwaldbegründung nicht auf der Fläche.

Vor dem Hintergrund der Ausweisung als Schutzgebiet mit dem Ziel der Erhaltung und Förderung standortheimischer Auenwälder als FFH-Lebensraumtyp Nr. 91F0 wurde im Jahr 2004 auf größeren Flächen mit Bekämpfungsmaßnahmen der Rot-Esche begonnen. Bei einem Anteil von mehr als 20 % bis 30 % gebietsfremder Arten verlieren die Bestände nach den Vorgaben der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie ihren Status als FFH-Lebensraumtyp. Um dies zu verhindern bzw. mögliche Gegenmaßnahmen zu testen, wurden im Februar 2004 und im Juli 2005 im Kühnauer Forst (Forstabteilungsnr. 5008) innerhalb eines Rot-Eschen-Reinbestands einzelne Altbäume von Rot-Eschen-Individuen geringelt. Bei diesen Ringelungen wurden zwei verschiedene Methoden angewandt. Zum Einen wurden mit einer Kettensäge um den Baumstamm herum im Abstand von ca. 20 cm etwa 3 cm - 5 cm tiefe, horizontale Rillen gesägt und dabei sowohl die Borke als auch das Kambium durchtrennt und bis in die verholzte Baumschicht geschnitten (*Methode I*). Durch das Anbringen zweier vertikaler am Baumstamm gegenüberliegender Schnitte zwischen den Rillen konnten zusätzlich Borke und Kambium entfernt werden. Die Ringelungsstelle befindet sich in einer Höhe zwischen 40 cm und 60 cm über der Stammbasis. Bei der zweiten verwandten Methode wurden mit Hilfe einer Baumfräse Borke und Kambium rings um

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

den Baumstamm herausgefräst (*Methode II*). Die Breite der geringelten Fläche betrug ca. 20 cm und befand sich in einer Höhe zwischen 40 cm und 60 cm über der Stammbasis. Die Tiefe der Ringelungen nach dieser Methode ist unregelmäßig.

2.2.2. Untersuchungsmethoden

Auf einer 60 m² großen Fläche in einer Flutmulde im Kühnauer Forst unter Rot-Eschen-Altholz wurden einzelne Rot-Eschen-Individuen der dicht stehenden Naturverjüngung ihrer Höhe nach vermessen und anschließend an der Basis gekappt, um anhand der Jahresringe auf das jeweilige Alter zu schließen.

Auf einer Fläche von 100 m² unter einem Rot-Eschen-Altholz wurden in einer Flutmulde alle vorhandenen Rot-Eschen-Individuen in der Verjüngung ausgezählt, ihrer Höhe nach vermessen und verschiedenen Höhenklassen zugeordnet. Auf drei weiteren Aufnahmeflächen von jeweils 100 m² im Kühnauer Forst wurden alle vorkommenden Individuen des Baumjungwuchses differenziert nach Arten und Wuchshöhe je Individuum erfasst. Die Aufnahmefläche A1 lag in einer Flutmulde mit einem vorherrschenden Altholzbestand aus Rot-Esche. Die Auelehm-Mächtigkeit liegt hier zwischen 1,4 m – 1,8 m, der Grundwasser-Flurabstand beträgt in der trockensten Phase (Vergleichszeitraum September 2003) zwischen 2,0 m – 2,4 m. Die Überflutungshöhe eines zweijährigen Hochwasserereignisses (HQ2) liegt zwischen 0,25 m – 0,75 m. Auf der Fläche fanden sich in der Krautschicht Feuchtezeiger wie Gilbweiderich (*Lysimachia vulgaris*), Mädesüß (*Filipendula ulmaria*) und Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*). Die Aufnahmefläche A2 lag im Vergleich zu A1 auf einem weniger feuchten Auenwaldstandort außerhalb der Flutmulden. Die vorhandene Vegetation entsprach dem *Querco-Ulmetum minoris typicum*, Variante von *Impatiens nolitangere,* wobei *Fraxinus pennsylvanica* am Bestandesaufbau untergeordnet beteiligt war. Der für den Spätsommer 2003 ermittelte Grundwasserstand war mit 3,8 m – 5,0 m niedriger als bei A1. Die Überflutungshöhe HQ2 wird für diesen Bereich mit 0 m – 0,5 m angegeben. Die Aufnahmefläche A3 lag wie A2 auf einem weniger feuchten Auenwaldstandort außerhalb der Flutmulden. Es handelte sich um den Hartholzauenwaldtyp *Querco-Ulmetum minoris typicum*, Variante von *Impatiens nolitangere* ohne aktuelle Präsenz der Rot-Esche. Die Auenlehm-Mächtigkeit ist hier mit 1,2 m bis 1,4 m, der Grundwasser-Flurabstand mit 3,8 m – 5,0 m in den trockensten Phasen angegeben. Bei einem Hochwasserereignis (HQ2) wäre die Fläche im Mittel zwischen 0,25 m bis 0,75 m überflutet.

Um die Effektivität der Ringelungen zu ermitteln, wurden die im Kühnauer Forst (Forstabteilungsnr. 5008) innerhalb eines Rot-Eschen-Reinbestands geringelten Altbäume auf Reaktionen im Kronenbereich hin untersucht. Die Reaktion im Kronenbereich ist dabei durch ein deutlich erkennbares Kronenabsterben definiert. Weiterhin wurden Stammaustriebe unterhalb der Ringelungsstelle erfasst. Die Daten wurden

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

getrennt für die zwei im Gebiet verwendeten Ringelungsmethoden (15 Individuen: *Methode I*: Einschnitt durch Säge, 81 Individuen: *Methode II*: Abfräsen) erfasst.

Fruktifizierende Rot-Eschen-Individuen wurden gefällt und anhand der Jahresringe das Alter bestimmt. Neben älteren Individuen wurden Bäume ausgewählt, die nach ihrem Erscheinungsbild (geringe Wuchshöhe und geringen Brusthöhendurchmesser) möglichst jung waren. Zusätzlich zu den Jahresringen wurden Wachstumshöhe und Brusthöhendurchmesser der gefällten Bäume aufgenommen.

Auf der Fläche mit der Auwaldinitialpflanzung mit Eichenansaat wurde für den Gehölzjungwuchs durch Auszählen der Anzahl an Individuen der Eichen sowie aufgekommener Rot-Eschen je Saatreihe deren Anteil ermittelt, der bei der Rot-Esche auf spontane Ansiedlung zurückzuführen ist.

Die Nomenklatur richtet sich nach WISSKIRCHEN & HAUEPLER (1998).

3. Zur Biologie der Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* MARSH.) in Nordamerika

3.1. Morphologie und Wachstum

Die Rot-Esche weist einen schlanken aufrechten Stammwuchs auf. Im nördlichen Verbreitungsgebiet werden Höhen von 20 m erreicht (DUNCAN & DUNCAN 1988, GODFREY & WOOTEN 1981, STEPHENS 1973), während die Art im südlichen Verbreitungsgebiet Höhen von 40 (43,6) m (PUTNAM et al. 1960) und bis zu 2 m Brusthöhendurchmesser erreicht. Die Krone ist unregelmäßig ausgebildet und hat oft mehrere lange Äste. Baumkronen männlicher Individuen sind generell runder, weiter und voller als Kronen der weiblichen Bäume (www.forestryimages.org, www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/frapen/all.html).

Die Blätter sind unpaarig gefiedert, langstielig, kreuzweise gegenständig, aus 5 bis 11 einzelnen Blattfiedern (meist 7 bis 9), 11 cm - 30 cm lang und 8 cm - 18 cm breit. Die einzelnen Blattfiedern sind kurz gestielt oder sitzend, gegenständig, lanzenförmig bis elliptisch, zugespitzt, ungleich scharf gesägt, ober- und unterseits grün. Die Blattfiedern sind häufig ungleich gestaltet und werden zur Spitze hin (vor allem die unpaarige Endfieder), ähnlich wie bei einem Walnussblatt, größer. Die Blattstiele sind feinseidig behaart. Für die Differenzierung unterhalb der Artebene ist die Behaarung der Blätter ein wesentliches Merkmal (BUTTLER 2005). Der Blattaustrieb erfolgt Anfang April bis Anfang Juni, der Blattabwurf beginnt Anfang bis Mitte September und setzt sich in den Oktober hinein fort. Vor dem Laubfall setzt eine charakteristische Gelbfärbung des Laubes ein, wodurch die Art im September/Oktober sehr gut von der kaum Laubverfärbung zeigenden *Fraxinus excelsior* unterschieden werden kann.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

Die Zweige sind grau bis grün-braun, einjährige Triebe kahl bis feinseidig behaart, die Blattnarben halbkreisförmig, nach oben hin meist breit auslaufend, weisen darüber sitzende Seitenknospen auf. Die Knospen sind braun und im Mittel spitzer als bei *Fraxinus excelsior*. Stämme älterer Bäume sind aschgrau bis braun, manchmal rot getönt mit einer 8 mm - 12 mm dicken, vernetzten (Vernetzung teilweise in Form von Karos) Borke, die sich bei älteren Bäumen ablösen kann.

Die Rot-Esche hat Flachwurzeln und keine ausgeprägte Pfahlwurzel. Die Durchwurzelungstiefe wird auf lehmigen Substraten mit 0,9 m bis 1,2 m, auf feinkörnigen Böden zwischen 2 m und 3 m angegeben. Die laterale Ausdehnung ist bis zu 15 m möglich. Das Wurzelsystem ist wenig verzweigt und hat feine Seitenwurzeln mit einem Durchmesser von 0,25 mm – 0,55 mm.

In den Great Plains erreichen die Rot-Eschen in Windschutz-Pflanzungen durchschnittlich einen Höhenzuwachs von 40 cm/a in den ersten $6^1/_2$ Jahren (WRIGHT 1965). In Pennsylvania wachsen solitär stehende, auf fruchtbarem Boden gepflanzte Rot-Eschen 14 m bis 17 m in 21 Jahren mit Brusthöhendurchmessern von 20 cm bis 30 cm. Das durchschnittliche Dickenwachstum dominanter Rot-Eschen auf gut versorgten Standorten liegt unter forstlicher Pflege und Nutzung bei 6 cm - 8 cm in 10 Jahren (BULL 1945). Rot-Eschen produzieren mehr als einen Wachstumsschub pro Wachstumssaison (HARRIS 1995), und die Wachstumsraten können mit der Überflutungshäufigkeit steigen. JOHNSON (1971) untersuchte 34 Wuchsorte 100 km entlang des Missouri Rivers, North Dakota. Anhand von Baumkernanalysen bestimmte er den mittleren gesamtradialen Baumzuwachs auf 26,8 mm für 17 Rot-Eschen, die für 15 Jahre während hohen Überschwemmungshäufigkeiten wuchsen. Bei Rot-Eschen, die während einer 15jährigen Periode auf vergleichbaren Standorten ohne Überschwemmungen wuchsen, betrug der mittlere gesamtradiale Baumzuwachs 20,4 mm.

Die Rot-Esche ist Hochwasser tolerant (BAKER 1977). Am häufigsten tritt sie auf Standorten auf, die periodischen Überschwemmungen unterworfen sind, und sie kann Überflutungen mit der Dauer von bis zu 50 % einer Wachstumsperiode überstehen. Entscheidende Kriterien sind hierbei eine Reihe von physiologischen und morphologischen Anpassungen des Wurzelsystems an die Überflutungssituation (HOOK & BROWN 1973, MCININCH & BIGGS 1993):

- Ausbildung neuer Sekundärwurzeln an der Hauptwurzel
- Entwicklung adventiver Wasserwurzeln
- Beschleunigung anaerober Respiration
- Oxidation der Rhizosphäre
- Erhöhung der Seitenwurzelproduktion
- Einschränkung des Wurzel-Tiefenwachstums

In Süd-Illinois wurden das Überleben und die Entwicklung von Rot-Eschen-Jungpflanzen unter überfluteten und nicht überfluteten Bedingungen untersucht. Der Boden, auf dem die Jungpflanzen wuchsen, wurde ca. 2,5 cm unter Wasser gesetzt.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

Nach 60 Tagen der Überflutung war hierbei keine Mortalität von Jungpflanzen festzustellen. Die Jungpflanzen in gesättigtem Boden erreichten durchschnittlich eine Höhe von 19,9 cm, während die Jungpflanzen unter gut bewässerten und gut belüfteten Bedingungen eine Höhe von 3,5 cm im Durchschnitt erreichten. Keine Jungpflanzen überlebten jedoch bei einem Wasserstand von 30 cm über dem Erdboden.

In ihrem nördlichen Verbreitungsgebiet zeigt sich die Rot-Esche als intolerant bis mäßig-gering tolerant gegenüber Schatten. In ihrem südlichen Verbreitungsgebiet wird die Art im Jugendstadium als schattentolerant eingestuft. Mit Zunahme ihres Alters nimmt die Schattentoleranz jedoch ab. Bäume unter starker Beschattung weisen schwach entwickelte Kronen, reduzierten Höhenwuchs und sowohl weniger, als auch schmalere Äste auf. Die Wachstumsraten der Bäume, aufgewachsen in mäßigem Schatten und unter voller Sonne, übertreffen die Wachstumsraten der Bäume, die unter starkem Schatten wachsen (WRIGHT 1965). Bei 2jährigen Rot-Eschen, die unter verschiedenen Schattenintensitäten wachsen, scheinen Wachstums- sowie morphologische Unterschiede offensichtlich. WRIGHT (1965) berichtet, dass Jungpflanzen, die unter 4 %, 8 % und 100 % Sonnenstrahlung wachsen, nach 5 Wochen ihr Wachstum einstellten. Jungpflanzen unter 20 % und 40 % Sonnenstrahlung wachsen hingegen kontinuierlich weiter. Die Jungpflanzen der Rot-Esche etablieren sich am besten auf teilweise beschatteten Standorten mit feuchten Böden oder Laub (MYERS & BUCHMANN 1984). In Hartholzauenwäldern wachsen unter einem partiell geschlossenen Kronendach mehr 1- bis 5-jährige Rot-Eschen-Jungpflanzen, als unter offenem oder geschlossenem Kronendach (HOSNER & MINCKLER 1960). Auf Standorten mit geringerer Laubauflage (1,3 cm) etabliert sich eine höhere Anzahl an 1- und 2-jährigen Rot-Eschen, als auf Standorten mit höherer Laubauflage (1,3 cm bis 5 cm) (HOSNER & MINCKLER 1960).

In ihrem nördlichen Verbreitungsgebiet kann die Rot-Esche im ersten Jahr über 30,5 cm wachsen und weitere 46 cm im zweiten Jahr hinzugewinnen. In ihrem südlichen Verbreitungsgebiet erreicht sie unter den gleichen Bedingungen 80 cm bis 90 cm im ersten Jahr (KENNEDY JR. 1990). Im Gegensatz zu anderen Hartholzwaldgehölzen können sich Rot-Eschen-Keimlinge und Rot-Eschen-Jungpflanzen 2 bis 3 Jahre unter sehr intensiver Unkrautkonkurrenz oder „Überfüllung" behaupten (sowohl in freier Natur als auch unter Anbau). Unter diesen weniger optimalen Bedingungen wachsen die Rot-Eschen-Keimlinge bzw. -Jungpflanzen jedoch nur etwa 5 cm bis 8 cm pro Jahr in die Höhe (WRIGHT 1959).

3.2. Vermehrung

3.2.1. Generative Vermehrung

Die Blüten sind diözisch, klein, unauffällig, hellgrün bis purpurn. Sie finden sich am mehrjährigen Holz, in terminalen oder achselständigen Büscheln und erscheinen im Frühling gemeinsam mit oder kurz vor den Blättern. Beiden Geschlechtern fehlen

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

Blütenblätter. Die weiblichen Blüten weisen bis zu 200-300 sitzende Blüten pro Rispe auf, die männlichen Blüten bilden feste Büschel.

Der Prozess vom Start des Blütenknospen-Wachstums bis zur Ausbildung des Fruchtapparates beträgt für die Rot-Esche 3 Jahre, und im Durchschnitt initiieren 1/3 der Blütenknospen Blütenproduktion (REMPHREY 1989). FARMER & PITCHER (1981) berichten, dass männliche Rot-Eschen fast jedes Jahr und die weiblichen Individuen nur alle 2 bis 5 Jahre blühen, während nach BONNER (1974) ein hoher Prozentsatz männlicher und weiblicher Bäume jedes Jahr Blüten trägt und viele weibliche Bäume jedes Jahr auch Früchte ausbilden. Die weiblichen Blüten und jungen Früchte sind sehr empfindlich gegenüber späten Frühjahrsfrösten (WRIGHT 1965). Im südlichen Verbreitungsgebiet (Florida) können die Blüten schon im März oder April erscheinen, im nördlichen Verbreitungsgebiet erst gegen Ende April bzw. Anfang Mai (WRIGHT 1965). Männliche Blüten reifen früher als die weiblichen Blüten. Die weiblichen Blüten sind ab dem Zeitpunkt der Knospenöffnung bis zum Welken der Narbe fertil. Die weibliche Empfänglichkeit dauert bei solitär stehenden Bäumen 7 bis 10 Tage, bei Populationen 2 bis 3 Wochen. Die Blüten werden windbestäubt (BARNES 1985, KENNEDY JR. 1990). Solitär stehende Rot-Eschen verlieren ihren Blütenstaub über ein Intervall von 3-4 Tagen, innerhalb eines Bestands nur über 2 bis 3 Tage. Nach WRIGHT (1952) verbreitet sich die Mehrheit der produzierten Pollen in einer Entfernung von 7,6 m bis 15 m des Ursprungsbaumes. KENNEDY JR. (1990) berichtet über Distanzen von 60 bis 90 Meter. Typischerweise blühen Rot-Esche erst, nachdem sie eine Höhe von 6 m erreicht haben und/oder 8 cm - 10 cm Brusthöhendurchmesser aufweisen (WRIGHT 1959, KURMIS et al. 1986). Blüten in reichlicher Menge werden jedoch erst produziert, wenn die Bäume einen Durchmesser von etwa 20 cm - 30 cm erreichen (FARMER & PITCHER 1981). WRIGHT (1959) verweist jedoch auf blühende Rot-Eschen, die lediglich ein Alter von 7 Jahren und eine Höhe von 3,7 m aufwiesen.

Die einsamigen Nussfrüchte sind abgeflacht und einzeln geflügelt, 10 cm - 15 cm lang, 6 mm - 9 mm breit und mit schlanker, dünner Samenhöhle. Die Rot-Esche zeigt in einzelnen Jahren eine extrem hohe Samenproduktion (Masting Behavior) (BOERNER & BRINKMAN 1996). SUTHERLAND et al. (2000) deuten darauf hin, dass Rot-Eschen alle 5 oder mehr Jahre eine gute Samenernte produzieren. Sobald die Samen im Herbst (Oktober) reif sind, beginnen sie zu fallen, was sich bis in den Winter hinein fortsetzt (WRIGHT 1965). Nach BONNER (1974) vollzieht sich die Samenausbreitung von Oktober bis in den Frühling. In erster Linie werden die Samen der Rot-Esche über den Wind ausgebreitet. Tierausbreitung findet nicht oder nur in geringem Umfang statt. Eine Ausbreitung über das Wasser ist jedoch wahrscheinlich, wobei die Relevanz für eine Fernausbreitung unklar ist (KENNEDY JR. 1990). Die Ausbreitungsdistanz der Rot-Eschen-Samen hängt von der Jahreszeit ab. Samen, die im Winter abfallen, können potenziell große Distanzen auf einer gefrorenen Oberfläche zurücklegen. Samen, die im Herbst abfallen, verbleiben näher am Ursprungsbaum (TAYLOR 1972). SUTHERLAND et al. (2000) berichten, dass sich die Samen mehr als 100 m vom Ursprungsbaum entfernen können.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

Im Frühling, der auf die Samenausbreitung folgt, kann es zur Keimung der auf dem Boden liegenden Samen kommen. Daneben kann von Samen, die in die Laubschicht bzw. in den Boden gelangen, eine Samenbank aufgebaut werden. SUTHERLAND et al. (2000) weisen darauf hin, dass die Samen der Rot-Esche für 3 bis 4 Jahre in der Samenbank lebensfähig bleiben. WRIGHT (1959) berichtet von Rot-Eschen-Samen mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 7 % bis 10 %, die in abgedichteten Containern bei 5 °C eine Überlebensfähigkeit von 8 Jahren aufwiesen. Unter feuchten Bedingungen von 60 bis 90 Tagen bei Kühlschranktemperatur kann die Dormanz überwunden werden (WRIGHT 1959). Fast 50 % der im Frühjahr abgeworfenen Rot-Eschen-Samen beginnen zum gleichen Zeitpunkt zu keimen wie die Samen, die auf dem Boden überwintern, die anderen 50 % keimen erst im nächsten Frühling (TAYLOR 1972). Die Samen der Rot-Esche können ebenso nach längeren Überschwemmungsereignissen keimen. Im Herbst gesammelte Samen wurden für 30 Tage stratifiziert und in 5 cm tiefes Wasser gelegt; 30 % der eingetauchten Samen keimten (DUBARRY JR. 1963). Die Keimlinge sind epigäisch. Nach der Samen-Keimung von April bis Mai erscheinen die Keimblätter über dem Boden. In beschatteten Lagen vollzieht sich die Keimung der Rot-Eschen-Samen schneller, da die Feuchtigkeit der oberen Bodenschichten erhalten bleibt.

In der Versuchsstation Northeastern Forest Experiment Station wurden Kreuzungsversuche der Rot-Esche mit drei anderen Eschen Arten - *F. americana, F. velutina* und *F. excelsior* – durchgeführt. Nur die Kreuzung der Rot-Esche mit der Arizona-Esche (*Fraxinus velutina*) war erfolgreich, brachte hohen Samenertrag hervor und produzierte Hybriden, die so schnell wuchsen wie die östlichen Eltern (WRIGHT 1959).

3.2.2. Vegetative Vermehrung

Neben der generativen ist auch die vegetative Vermehrung für die Rot-Esche von Bedeutung SHARITZ & MITSCH 1993). Sie besitzt die Fähigkeit zum Austrieb von an den holzigen Speicherwurzeln sitzenden Adventivknospen (Wurzelbrut) sowie zum Stammaustrieb. Stockausschlag der Adventivknospen präsentiert sich als typische Folge von Störungen wie Feuer, Abholzung oder anderen Schädigungen am Baumstamm (KENNEDY 1990, LESICA 1989, SEVERSON & BOLDT 1977, 1978). ‚Epicormic Sprouting' tritt häufig schon bei geringeren Schädigungen der Zweige auf und kann nach REMPHREY & DAVIDSON (1992) auch durch Umweltsignale und/oder genetische Signale stimuliert werden. Die Rot-Esche zeigt sich in Form von Stockausschlag (vor allem am Stumpf junger Bäume) als eine der dominanten Arten auf Tiefland-Waldrodungen (HURST & BOURLAND 1980, JOHNSON 1975). Die stärksten Individuen unter den Rot-Eschen-Stockausschlägen waren nach 5 Wachstumsperioden 5 m hoch mit einem Brusthöhendurchmesser von 3,8 cm.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

3.2.3. Relevanz generativer und vegetativer Vermehrung

In Montana zeigte sich bei einer Studie auf 17 verschiedenen Standorten mit Vorkommen der Rot-Esche, dass sowohl vegetative Vermehrung als auch die Samenproduktion wichtig für die Regeneration der Rot-Esche sind. Durchschnittlich 33 % der Rot-Eschen wiesen Austrieb an der Basis des Stammes auf, wobei die Wahrscheinlichkeit, Basisaustrieb an großen Bäumen zu finden, höher war als an kleinen Bäumen. Die durchschnittliche Dichte der Sämlinge ergab 10 Pflanzen/100 m^2 auf allen Standorten, aber 9 von 17 Standorten hatten 0 bis 1 Pflanze/100 m^2. Standorte mit einer höheren Anzahl an Keimlingen wiesen mehr unterschiedliche Altersklassen der Rot-Esche auf, als die Standorte ohne Keimlinge. Wahrscheinlich entwickeln sich durch die vegetative Vermehrung, welche an periodische Störungen wie Trockenheit, Feuer oder Abholzung gekoppelt ist, eher gleichaltrige Gemeinschaften (LESICA 2001).

Nach Abholzungen in einem gemischten Hartholzwald im Chowan River Becken, Südost-Virginia, konnten sich die Wälder über eine Zeitspanne von 2 bis 20 Jahre auf natürliche Weise regenerieren. In den frühen Niederwald-Formationen dominierten Roter Ahorn und Eschen, insbesondere die Rot-Esche (SPENCER et al. 2001). In einem von Eichen dominierten, gemischten Hartholzauenwald entlang der Tombigbee River Aue in Choctaw County, Alabama, wies die Rot-Esche vor der Abholzung des gesamten Bestandes einen Anteil von 5 % auf, der sich in der Pionierphase nach dem Kahlschlag auf 22 % erhöhte. GOLDEN (1999) untersuchte die Intensität und das Höhenwachstum von Stockausschlägen nach Sommer- (Juni) und Herbst- (Oktober) Abholzungen verschiedener Gehölze eines Hartholzauenwaldes. Die Rot-Esche stellte sich als die erfolgreichste Art für beide Abholzungszeitpunkte heraus, wobei die Austriebsrate der im Herbst gefällten Rot-Eschen über 50 % und die Austriebsrate der im Sommer gefällten Rot-Eschen unter 50 % lag. Die durchschnittliche Austriebshöhe war bei den Rot-Eschen-Baumstümpfen der Herbstfällung höher. Es zeigte sich die Tendenz, dass mit zunehmendem Alter der Bäume die Fähigkeit zum Austreiben nach Abholzung abnimmt. Abholzungen während der Ruhephase stimulieren generell mehr Austrieb als Abholzungen während der Wachstumsphase (GOLDEN 1999), was vermutlich auf höhere Nährstoffreserven in den Wurzeln zurückzuführen ist. Daneben können Überflutungen die vegetative Regeneration der Rot-Esche stimulieren. Der nördliche Küstenwaldrand des St. Lawrence Ästuar in Quebec hat einen Anstieg der Häufigkeit an extremen Hochwasserereignissen in den 1950er und 1970er Jahren erfahren. Die geschädigten Rot-Eschen regenerierten sich durch Ausschlag der Adventivknospen an den Wurzeln und durch Stockausschlag am Punkt der Bruchstelle an geschädigten Stämmen (LANGLAIS & BEGIN 1993). Auf einer Insel im Chippewa River nahe Eau Claire, Wisconsin, sind 96 % der gezählten Rot-Eschen-Stämme Stockausschläge. Dies deutet auf eine Abhängigkeit von asexueller Regeneration für Standorte hin, auf denen die Wahrscheinlichkeit und/oder Häufigkeit für Störungen hoch ist (BARNES 1985).

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

3.3. Verbreitung, Standortansprüche und Vorkommen in der Vegetation

Von den 65 Arten der Gattung *Fraxinus* (ROLOFF & BÄRTELS 2006) sind 21 in Zentral- und Nordamerika als heimisch eingestuft. Hiervon ist die Rot-Esche das in Nordamerika am weitesten verbreitete Taxon. Ihr Vorkommen reicht von Ost- bis Nordwest Florida sowie Georgia. Die nördliche Grenze ihres Verbreitungsgebietes erstreckt sich von Cape Breton Island und dem westlichen Neuschottland bis Südost-Alberta; im Westen markieren Süd- bis Zentral-Montana, Nordost Wyoming bis Südost Texas das als ursprünglich anzusehende Areal der Art (KENNEDY JR. 1990) (Abb. 1).

Abb. 1: Natürliches Verbreitungsgebiet der Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica*) in Nordamerika

Fraxinus pennsylvanica zeigt einen hohen Grad an phänotypischen Variationen. Sie wird in mindestens drei geographische Ökotypen differenziert, die unter gleichen Baumschul-Bedingungen leicht zu unterscheiden sind, was jedoch nicht ohne Weiteres für die wild wachsenden Bestände gilt (WRIGHT 1965). Unterschiede zeigen sich besonders in den Wachstumsraten, der Frost- und Trockenheitsresistenz sowie der Morphologie der Blätter (ABRAMS et al. 1990).

Die natürlichen Standorte der Rot-Esche, die sich fast vollständig auf das Tiefland beschränken, belegen, dass es sich um ein Gehölz der Feuchtgebiete, insbesondere der Flussauen handelt (KENNEDY JR. 1990). Die Art bevorzugt feuchte, nährstoffreiche, gut bis mäßig drainierte Ton-, Lehm-, Schlamm- und Kalkböden. Die Spanne der pH-Werte der besiedelten Standorte reicht von pH 5 bis pH 8 (WRIGHT 1959) mit einem Optimum des Wachstums oberhalb von pH 7. Kultiviert wächst die Rot-Esche daneben auch auf sandigen, feuchten Hochlandböden bis auf 1830 m Höhe. Sie ist eines der erfolgreichsten und am häufigsten angepflanzten Hölzer in Nordamerika

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

(WRIGHT 1959). Da die Rot-Esche eine weite Standortamplitude und große ökologische Toleranz besitzt, gilt sie als die anpassungsfähigste unter den Eschen-Arten (STEWART & KRAJICEK 1973).

Das weite Verbreitungsgebiet der Rot-Esche lässt auf eine dementsprechend große Toleranz bzgl. klimatischer Bedingungen schließen. KENNEDY, JR. (1990) berichtet, dass die Art in humiden bis subhumiden Gebieten mit durchschnittlichen Jahresniederschlägen von 380 mm - 1520 mm, in warmen Perioden mit 254 mm - 889 mm Jahresniederschlag vorkommt. Die durchschnittlichen Januar-(Niedrigst-)Temperaturen reichen von -18 °C bis 13 °C und die mittleren Juli-Temperaturen von 18 °C bis 27 °C. In ihrem Verbreitungsgebiet erreicht die jährliche Schneefallmenge 0 cm bis 254 cm. ZIMMERMAN (1981) berichtet über das Auftreten von Temperaturen von -31 °C im Minimum und 41 °C im Maximum für ein Verbreitungsgebiet der Rot-Esche in North Dakota mit einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 400 mm. Das Klima, ermittelt für die Rot-Eschen-Habitate in Südost-Texas, ist sehr viel milder. Hier liegen die Minimum- und Maximum-Temperaturen bei 10,6 °C und 27,6 °C und der durchschnittliche Jahresniederschlag bei 1320 mm. Die Anzahl frostfreier Tage beträgt im Jahresdurchschnitt 120 bis 280 Tage. Obwohl die Rot-Esche als Art beschrieben wird, die Ufer und Auen besiedelt, überlebte sie in verschiedenen Gebieten Nordamerikas bereits längere Dürreperioden. In Südost South Dakota betrug das Überleben der Rot-Esche 63 % während einer 5jährigen Dürreperiode (1934-1939). Bei einer starken Dürreperiode (1934) in West Minnesota starben nur 8 % der Individuen einer Rot-Eschen-Windschutzpflanzung. In West-Kansas betrug die Rot-Eschen-Sterberate nach einer 4jährigen Trockenzeit 33 %. Die Feuchtigkeit sowie die Temperaturen im Winter scheinen die wichtigsten Faktoren zu sein, die die Verbreitung der geographischen Ökotypen bestimmen (WRIGHT 1959).

Die Rot-Esche tritt als Pionierart in frühen und mittleren Sukzessionsstadien der Waldbildung auf, ist aber auch in Schluss-(Klimax)-Gesellschaften und deren Pionierphasen vertreten. In der sukzessionalen Entwicklung alluvialer Böden erscheint sie entweder als Erstbesiedler oder als Nachfolger von Pappel (*Populus* spp.), Amerikanischer Zitter-Pappel (*Populus tremuloides*) und Schwarz-Weide (*Salix nigra*). In den amerikanischen Buchen-Zuckerahorn-Wäldern in Süd-Indiana präsentiert sich die Rot-Esche als Art früher Sukzessionsphasen auf aufgelassenen Feldern und wird hier später durch die Amerikanische Buche und den Zucker-Ahorn ersetzt. Die Fälle, in denen die Rot-Esche als Art später Sukzessionsstadien oder Klimaxgesellschaften dargestellt wird, sind jedoch ebenso häufig. In der Sukzessionsentwicklung von Nebraskas Flussauen wurde die Rot-Esche als Art der Altwälder identifiziert. Studien auf 34 Standorten (100 km entlang der Missouri-Flussaue, North Dakota, JOHNSON 1971) zeigten eine ansteigende Bedeutung der Rot-Esche mit ansteigender Substrattiefe und ansteigendem Standortalter. Die Bedeutung der Rot-Esche in Flachland-Pappel-Hartholz-Galleriewäldern (Great Plains) wächst mit Zunahme des Standortalters, und eine dichte Schicht an Rot-Eschen-Jungbäumen ist häufig in Altwäldern.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

Die natürliche Invasion bei einem Wiederaufforstungsprojekt im Tensas River National Wildlife Refuge wurde 6 Jahre nach der Pflanzung der Rot-Eiche (*Quercus rubra*) und der Wasser-Eiche (*Quercus nigra*) bewertet. Die Häufigkeit der aufkommenden Rot-Eschen lag bei 61,9 % des Individuenbestandes, wobei der durchschnittliche Brusthöhendurchmesser bei 3,3 cm lag. Die Entfernung der Wiederaufforstungsflächen zu Waldflächen mit Rot-Esche reichte von 129 m - 640 m. Die meisten Rot-Eschen kamen auf Parzellen vor, die in einer Entfernung von 259 m zum Wald lagen (MCCOY et al. 2002). Auf der Ouchita Wildlife Management Fläche in Nordost-Louisiana wurde die Landwirtschaft 1984 eingestellt. Obwohl die Rot-Esche nicht angepflanzt wurde, war sie bereits im Mai 2000 in Bezug zur besiedelten Grundfläche und der Dichte die dominanteste Waldart. Die Art kolonisiert leicht auf gestörten Standorten, wenn eine Samenquelle vorhanden ist. In einer Studie über die Rot-Eschen-Ökologie berichtet TAYLOR (1972), dass die Häufigkeit des Rot-Eschen-Aufkommens mit dem Anstieg der Menge an gestörten Flächen ansteigt. In dem Opinicon Lake Gebiet, Südost-Ontario, wurde die Sukzession zweier 1970 stillgelegter Grünlandflächen verfolgt. Die Hälfte eines der Felder wurde 1975 gepflügt. Zu drei Seiten waren die Felder von Wäldern umgeben, dominiert durch Amerikanische Ulme (*Ulmus americana*), Weiß-Esche (*Fraxinus americana*), Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica*) und Zucker-Ahorn (*Acer saccharum*). In allen Plots betrug das Vorkommen der Rot-Esche 54 % über alle Jahre (1976-1994).

Bereiche in mehreren gemischten Hartholzwäldern des Chowan River Beckens, Südost Virginia, wurden deutlich ausgelichtet, um die natürliche Entwicklung nach 2 bis 19 Jahren zu beobachten. Als dominierende Arten bei der natürlichen Regeneration zeigten sich die Eschenarten, besonders die Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica*) und der Rot-Ahorn (*Acer rubrum*). Initialisiert wurde die Regeneration durch Stockausschlag (SPENCER et al. 2001). In einer umfassenden Studie entlang von 100 km am Missouri River, North Dakota, wurde die Rot-Esche ebenso als Art identifiziert, die am schnellsten Waldlichtungen und Schlagflächen kolonisiert (JOHNSON 1971). Gegenüber dem schneller wachsenden Rot-Ahorn (*Acer rubrum*) und der Amerikanischen Ulme (*Ulmus americana*) ist die Rot-Esche jedoch weniger fähig, ihre Position im Kronendach zu behalten. Aus diesem Grund nimmt der prozentuale Anteil der Rot-Esche mit ansteigendem Alter in dem Ulmen-Eschen-Ahorn-Waldtyp ab (WRIGHT 1959). Die Art profitiert deutlich durch die Auflichtung des Kronendaches in der herrschenden Baumschicht. Die Rot-Esche war im Wayne National Forest, Südost-Ohio als Kronenschlusspflanze nur in den Sekundärwäldern (< 150 Jahre alt) präsent und fand sich in älteren Wäldern (>150 Jahre) eher beigemischt. Für den aktuell fast 100jährigen Tieflandwald in Virginias Meherrin River in Greensville County wird angenommen, dass sich der Rot-Eschen-Anteil am Bestand nach und nach verringern wird.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

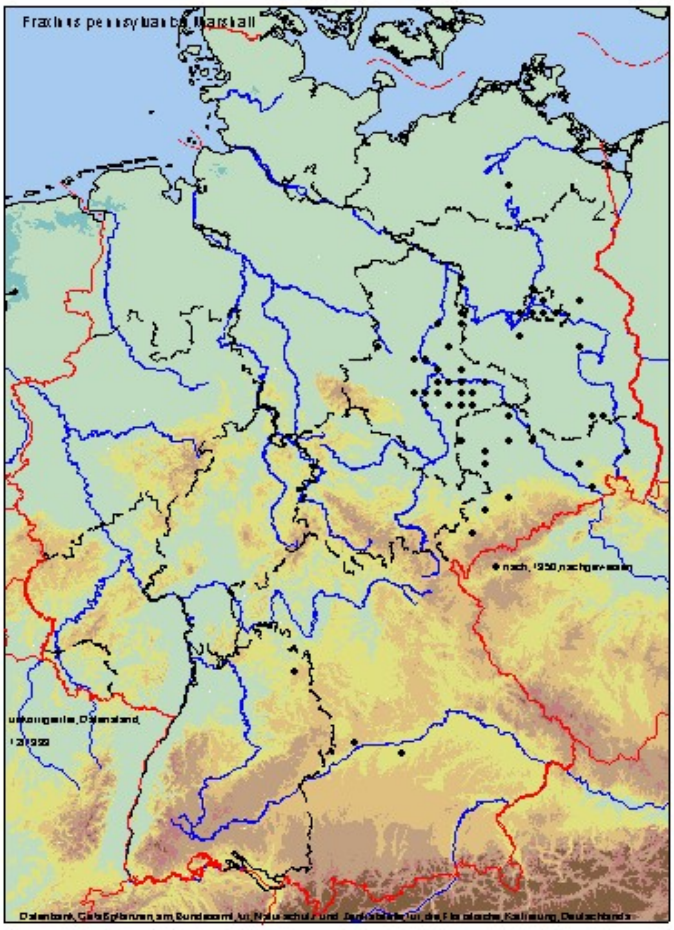

Abb. 2: Verbreitung von *Fraxinus pennsylvanica* in Deutschland. Gedruckt mit freundlicher Zustimmung des BfN (www.floraweb.de).

Abb. 3: Ausschnitt des Aufkommens von Rot-Eschen (*Fraxinus pennsylvanica*) bis 20 cm Höhe unter einem Rot-Eschen-Altholz in einer Flutmulde (11.10.06).

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

4. Zur Einführung und den Vorkommen der Rot-Esche in Deutschland

Die Rot-Esche wurde gegen Ende des 18. Jahrhunderts aus ihrer Heimat Nordamerika nach Deutschland eingeführt und gilt damit hier als Neophyt. Sie fand vorerst als Ziergehölz in Parkanlagen Verwendung. SCHAFFRATH (2001) verweist dazu u. a. auf BEISSNER 1899, 1907, 1908, MILAMOWITZ-MÖLLENDORFF 1907, SCHWAPPACH 1907 und HERRE 1928. Erste dokumentierte Anbauversuche der Rot-Esche (*F. pennsylvanica*) in Preußen sind für die Jahre 1881 bis 1883 (SCHWAPPACH 1891, DANCKELMANN 1884) belegt, wobei es weit über die Jahrhundertwende hinaus immer wieder zu Verwechselungen mit der ebenfalls aus Amerika stammenden Weiß-Esche (*F. americana*) kam (genaue Angaben SCHAFFRATH 2001). Aufgrund der offensichtlich hohen Toleranzgrenzen gegenüber Frost- und Hochwasserereignissen wurde die Rot-Esche im 19. Jahrhundert umfangreich in Überschwemmungsgebiete eingebracht. Bereits nach kurzer Zeit des forstlichen Versuchsanbaus stellte SCHWAPPACH (1896) als besonderen Vorzug von *F. americana* gegenüber der einheimischen Gemeinen Esche (*F. excelsior*) neben der geringeren Anfälligkeit gegenüber Spätfrösten die weit größere Überflutungstoleranz während der Vegetationsperiode heraus, was in Schilderungen zu Auswirkungen von extremen Hochwasserereignissen wiederholt und auch auf *F. pennsylvanica* ausgedehnt wurde (s. BRECHER 1897, Vill 1911, ANDERSON 1927, ENZBERG 1927, HERRE 1927, KLOSE 1927). Die Aufforstung der Rot-Esche sowie deren Anbauten an Flussläufen als auch deren Verwendung als Park- und Straßenbaum setzen sich im 20. Jahrhundert fort. Gefördert wurde ihre Verbreitung nicht zuletzt durch ihre Verfügbarkeit in Baumschulen und Samenhandlungen.

Dem aktuellen Kenntnisstand zufolge sind Rot-Eschen-Vorkommen hauptsächlich in Ostdeutschland, z. B. in Berlin, Brandenburg sowie Sachsen und Sachsen-Anhalt zu finden (Abb. 2). SCHAFFRATH (2001) gibt auf der Basis einer ausführlichen Auswertung historischer Quellen einen Überblick der Vorkommen von *Fraxinus pennsylvanica* in Ost-Brandenburg, wo sich die Fundorte vor allem auf die Oderaue südlich von Frankfurt (O.), das Odertal bei Lebus sowie auf das Eberswalder Stromtal beziehen. Neben alten Anbauten handelt es sich hierbei auch um zahlreiche Vorkommen aus Naturverjüngung, zumeist an der Oder, am Oder-Spree-Kanal und Oder-Havel-Kanal. BENKERT et al. (1996) geben als Standorte die Flussauen der Spree und Havel im Gebiet Berlin und Brandenburg, der Mittleren Elbe in Sachsen-Anhalt sowie mit geringerem Aufkommen das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern an. Über Rot-Eschen-Vorkommen im Jederitzer Holz und Havelberger Mühlenholz bei Havelberg (Elbe-Havel-Auen) im Norden Sachsen-Anhalts berichten BURKART et al. (2003). FRANK (1999) weist ebenfalls auf Verwilderungen der Art in Sachsen-Anhalt hin. Rot-Eschen Standorte in Sachsen wurden durch HARDTKE & IHL (2000) erfasst. Aus Bayern sind Vorkommen an der Donau bekannt. Hier wird die Rot-Esche für den Raum Günzburg von DOPPELBAUR (1963) als eingebürgert angegeben. Das Bundesamt für Naturschutz gibt darüber hinaus Vorkommen für Baden-Württemberg im Landkreis Schwäbisch Hall an (Abb. 2). BUTTLER (2005) erweitert mit seinen Funden in Hessen das Verbreitungsareal der Rot-Esche in Deutschland und bezeichnet die von ihm als

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

Fraxinus pennsylvanica ssp. *novae-angliae* (WESMAEL) BUTTLER gefassten Vorkommen als eingebürgert in der Mainspitze (Rhein-Main-Auen) bei Ginsheim-Gustavsburg. GARVE (2007) weist auf erste Meldungen aus den 1980er Jahren von gepflanzten Altbäumen der Art aus dem niedersächsischen Elbetal bei Lüchow-Dannenberg hin und nennt erste konkrete Funde von spontanen Vorkommen aus den Jahren 2005 und 2006. Für die Verwendung der Rot-Esche in Parkanlagen verweist HERRE (1928) auf den Wörlitzer Park bei Dessau (Sachsen-Anhalt). Darüber hinaus ist die Rot-Esche als Ziergehölz z. B. in den Botanischen Garten der Universität Osnabrück (www.biologie.uni-osnabrueck.de/bogos) sowie in den Park der Philosophisch-Theologischen Hochschule Sankt Georgen in Frankfurt am Main (www.pth-sankt-georgen.de/gehoelze) eingebracht worden. Genaue Jahresdaten über die Ersteinbringung der Rot-Esche im Biosphärenreservat Flusslandschaft Mittel-Elbe in Sachsen-Anhalt sind nicht bekannt. Die ältesten Rot-Eschen-Bestände werden auf ca. 100 Jahre geschätzt (REICHHOFF 2004).

5. Eigene Untersuchungsergebnisse zur Biologie der Rot-Esche im Mittelelberaum

Naturverjüngung unter Optimalbedingungen

Die Naturverjüngung der Rot-Esche auf der 60 m² großen Untersuchungsfläche erreichte eine Höhe von bis zu 3 m mit insgesamt 7050 Individuen (Tab. 1). Über 95 % aller Individuen bildeten eine dichte Schicht mit einer Höhe von bis zu 30 cm (Abb. 3), 80 % allein bis 10 cm Höhe. Mit zunehmender Höhe nahm die Individuenzahl je Höhenklasse deutlich ab. Andere Gehölzarten traten hier unter einem Rot-Eschen-Altholz in einer Flutmulde in der Verjüngung nicht in Erscheinung.

Rot-Eschen-Aufkommen auf der Eichensaatfläche

Auf den 10 untersuchten Saatstreifen traten im Mittel 84 Stiel-Eichen und 9 Rot-Eschen pro Saatstreifen auf. Die Rot-Esche hatte sich somit spontan angesiedelt, war in Bezug auf die Individuenzahl deutlich geringer vertreten als die Zielart Stiel-Eiche, wenn auch mit größeren Wuchshöhen als die Eiche.

Höhenzuwachs

Unter Beschattung im Auenwald wurde für die Rot-Esche in den ersten 8 Jahren eine maximale Höhe von 2,4 m ermittelt (Abb. 4). Unter den ein bis fünfjährigen Individuen erreichte keines eine Höhe über 1 m während für die sechsjährigen Pflanzen Höhen bis über 2 m festgestellt wurden. Die wenigen untersuchten Exemplare, die im Freistand aufgewachsen waren, wiesen im Vergleich zu beschatteten Exemplaren größere Wuchshöhen auf; ein siebenjähriges Individuum erreichte bereits eine Höhe von 4,5 m.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

Tab. 1: Jungwuchs von Rot-Eschen (*Fraxinus pennsylvanica*) auf einer 60 m² großen Fläche unter Rot-Eschen-Altholz in einer Flutmulde differenziert nach Höhenklassen.

Lfd. Nr. der Höhenklassen	Höhenklasse [cm]	Anzahl Individuen	Anteil [%]
1	**≤ 5**	2360	33,48
2	**> 5-10**	3371	47,82
3	**> 10-20**	980	13,90
4	**> 20-30**	135	1,91
5	**> 30-50**	58	0,82
6	**> 50-70**	58	0,82
7	**> 70-100**	53	0,75
8	**> 100-130**	7	0,10
9	**> 130-160**	9	0,13
10	**> 160-200**	4	0,06
11	**> 200-300**	15	0,21
		Σ 7050	**Σ 100**

Tab. 2: Alter, Höhe und Durchmesser fruktifizierender Rot-Eschen im Wald und im Freistand.

Lfd. Nr.	Alter [Jahre]	BHD [cm]	Größe [m]	Standort
1	7	4,5	4,50	Waldrand (Exposition Süd), angrenzend Wiese/Flutmulde
2	9	5	4,80	Freistand, Flutmulde, durch Gitterbetonstein wachsend
3	11	5	4,80	Waldrand (Exposition Süd), angrenzend Wiese/Flutmulde
4	11	9	8,00	Freistand, Flutmulde
5	57	16	12,06	Freistand, direkt an Pappelstumpf
6	71	40	24,00	Rot-Eschen-Reinbestand im Wald
7	72	29	22,20	
8	109	55	28,00	Hartholzauenwald (>10-30 % Rot-Esche)
9	111	34	22,50	Rot-Eschen-Bestand innerhalb Hartholzauenwald
10	111	41	26,20	
11	122	59	31,50	Rot-Eschen-Reinbestand im Wald

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

Alter fruktifizierender Individuen

Als jüngste fruktifizierende Rot-Eschen wurden solitär stehende Individuen im Freistand festgestellt. Die Altersbestimmung ergab 7, 9 und 11 Jahre (Tab. 2). Als höchstes Alter wurde für eine Rot-Esche 122 Jahre festgestellt bei einem Brusthöhendurchmesser von 59 cm und einer Wuchshöhe von 31,5 m. Bei der Rot-Esche mit dem mächtigsten Stammumfang wurde ein Durchmesser von 79 cm gemessen, ohne dass eine Altersbestimmung möglich war.

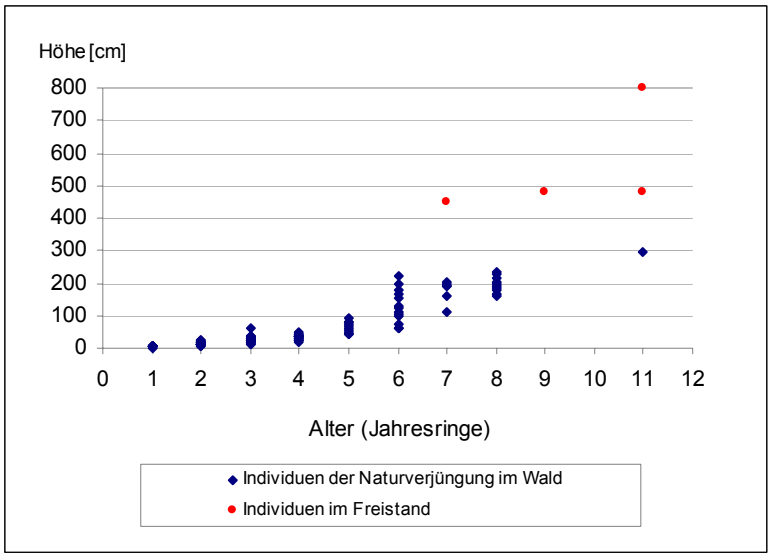

Abb. 4: Vergleich des Höhenwachstums der Rot-Esche unter Beschattung im Wald und im Freistand.

Gehölzartenverteilung und Anteil der Rot-Esche in der Naturverjüngung unterschiedlicher Auenwaldbestände

In einer Flutmulde mit Dominanz der Rot-Esche (Aufnahmefläche A1) wurden auf 100 m² Fläche in der Naturverjüngung neben 7172 Individuen von *Fraxinus pennsylvanica* 105 Individuen der Stiel-Eiche (*Quercus robur*) sowie 8 Exemplare der Flatter-Ulme (*Ulmus laevis*) festgestellt (Abb. 5). In den Höhenklassen über 30 cm trat ausschließlich die Rot-Esche auf. Auf der Aufnahmefläche A2 unter einem Eichen-Ulmen-Auenwald mit Altholzanteilen der Rot-Esche dominierte in der Naturverjüngung die Stiel-Eiche gegenüber der Rot-Esche mit einer deutlich höheren Individuenanzahl in allen Höhenklassen (Abb. 6). Lediglich unter den Keimlingen und einjährigen Exemplaren wies die Rot-Esche einen Anteil von über 90 % auf. Neben den genannten Arten traten mit wenigen Exemplaren Flatter-Ulme (*Ulmus laevis*), Feld-Ahorn (*Acer campestre*) und Ross-Kastanie (*Aesculus hippocastanum*) auf. Die Naturverjüngung des Eichen-Ulmen-Auenwaldes ohne Rot-Esche im rezenten Bestand (Aufnahmefläche A3) besteht aus *Quercus robur* (Stiel-Eiche), *Fraxinus excelsior* (Gemeine Esche) und *Ulmus laevis* (Flatter-Ulme) sowie als begleitende Gehölzarten *Acer campestre* (Feld-Ahorn) und *Euonymus europaeus* (Europäisches Pfaffenhütchen) (Abb. 7). *Fraxinus pennsylvanica* trat hingegen mit keinem Individuum auf.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

Die Flatter-Ulme war in allen auftretenden Höhenklassen (bis 160 cm) vertreten und stellte sämtliche höherwüchsigen Individuen.

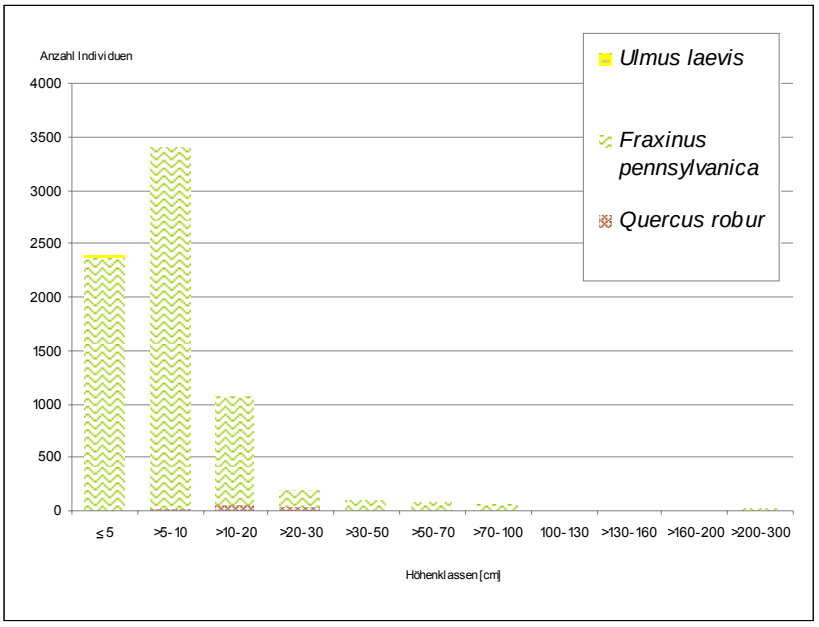

Abb. 5: Verteilung der Individuen der Gehölzarten in der Naturverjüngung in Aufnahmefläche A1 (Rot-Eschen-Dominanzbestand in einer Flutmulde) nach Höhenklassen.

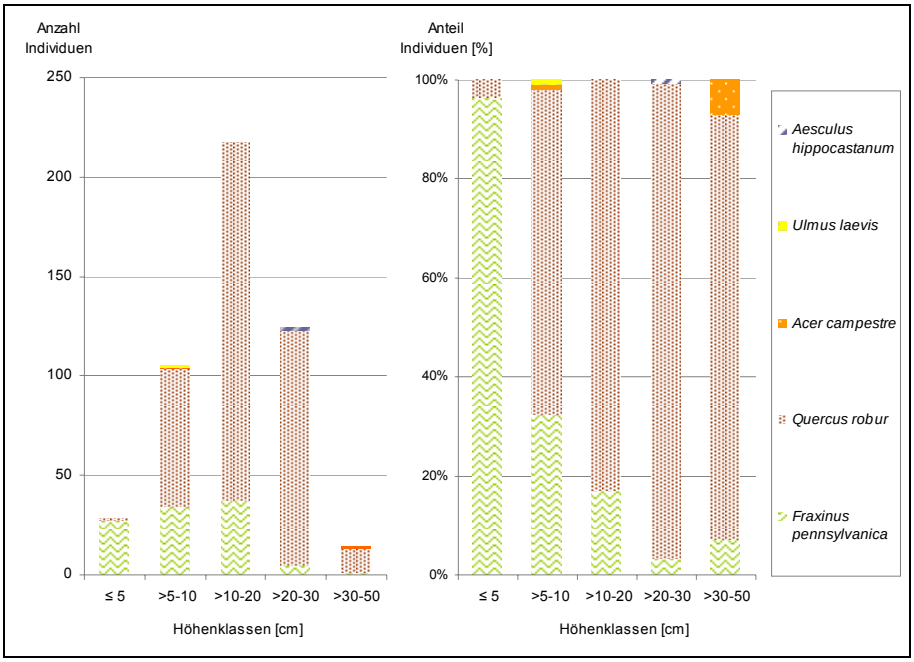

Abb. 6: Verteilung der Individuen der Gehölzarten in der Naturverjüngung in Aufnahmefläche A2 (Eichen-Ulmen-Auenwald mit Rot-Esche im Oberstand außerhalb der Flutmulden) nach Höhenklassen.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

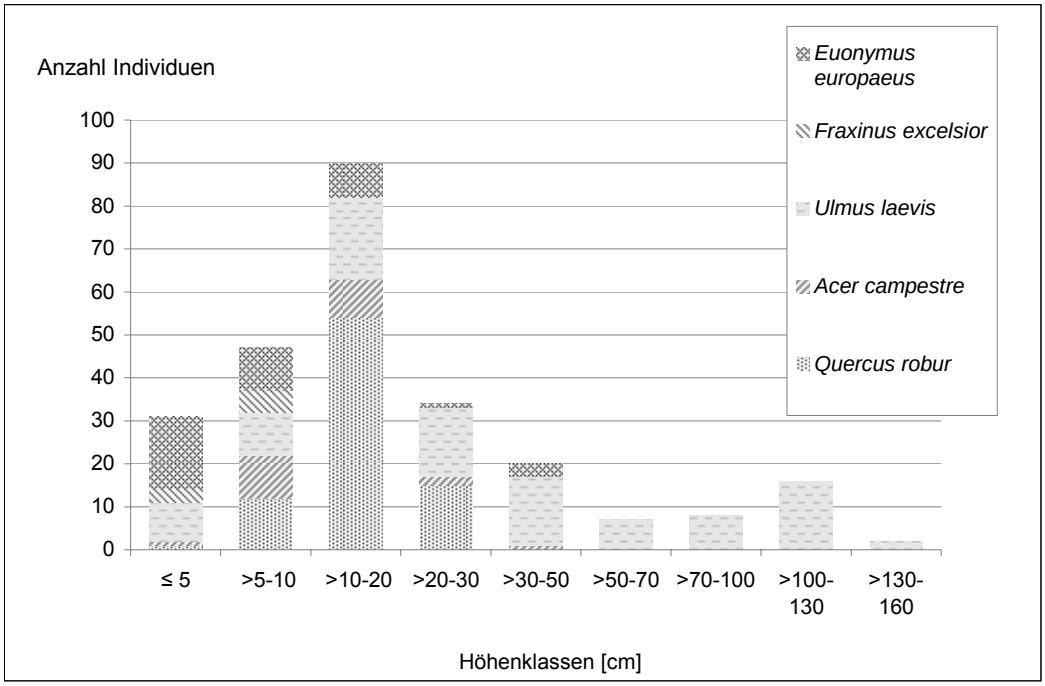

Abb. 7: Verteilung der Individuen der Gehölzarten in der Naturverjüngung in Aufnahmefläche A3 (Eichen-Ulmen-Auenwald ohne Rot-Esche außerhalb der Flutmulden) nach Höhenklassen.

Tab. 3: Reaktion der geringelten Rot-Eschen auf die mechanische Schädigung (*Methoden I: Ringeln mit tiefem Einschnitt, Methode II: Abfräsen der Borke*).

Reaktion	*Methode I* Anzahl	*Methode I* [%]	*Methode II* Anzahl	*Methode II* [%]
Kronensterben, kein Austrieb an Stammbasis	2	13,3	3	3,7
Kronensterben, Austrieb an Stammbasis	13	86,7	31	38,3
kein Kronensterben Austrieb an Stammbasis	0	0	45	55,6
kein Kronensterben kein Austrieb an Stammbasis	0	0	2	2,5
Σ Individuen	15		81	
Σ %		100		100

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

Reaktion der Rot-Esche auf die Ringelung

Als Reaktion auf die Ringelung wurden im Wesentlichen zwei Auswirkungen beobachtet: Absterben der Kronen und als Kompensation des Baumes ein Austrieb unterhalb der Ringelungsstelle. Sämtliche durch Einschnitt (*Methode I*) geringelten Eschen (Tab. 3) reagierten mit dem Absterben der Krone, während über 50 % der gefrästen Bäume (*Methode II*) keine Reaktion im Kronenbereich zeigten. Etwa 90 % aller mechanisch verletzten Altbäume reagierten mit Austrieb an der Stammbasis. Die beim Fräsen z. T. nicht vollständig entfernten Meristeme reagierten mit einem kompensatorischen Wachstum und überbrückten z. T. innerhalb eines Jahres den unterbrochenen Rindenbereich wieder.

6. Diskussion

Fraxinus pennsylvanica zeigt in den Elbeauen große Parallelen zu ihrem ökologischen Verhalten in ihrer Heimat. In Nordamerika tritt die Art am häufigsten in den Auen von Fliessgewässern auf (WRIGHT 1959) und bevorzugt nährstoffreiche und feuchte Böden, welche oft Überflutungen unterworfen sind (STEWART & KRAJICEK 1973). Im Mittelelberaum tritt sie auf vergleichbaren Standorten auf und zeigt sich am wuchsfreudigsten auf feuchten Auenstandorten in durch Überschwemmung beeinflussten Flutmulden. Die Altersbestimmungen haben gezeigt, dass sie im Gebiet seit über 120 Jahren (vermutlich über 150 Jahren) präsent ist (s. a. GLÄSER 2005). KOWARIK (2003) gibt für neophytische Gehölze eine mittlere Zeitspanne zwischen erster Anpflanzung und Verwilderung (time lag) von 147 Jahren (für Bäume von 170 Jahren) an. Aufgrund der Fähigkeit sich potenziell ab dem Alter von 7 Jahren generativ vermehren zu können und dem Auftreten von Rot-Eschen-Individuen in allen Altersklassen, kann man davon ausgehen, dass die Art an der Mittelelbe spontan bereits mehrere Generationen gebildet hat. *Fraxinus pennsylvanica* hat hier somit eindeutig den Status eines eingebürgerten Neophyten, vermutlich bereits deutlich unterhalb der von KOWARIK (2003) angegebenen mittleren Zeitspanne erreicht. Nach unserer Auffassung kann man davon ausgehen, dass für die Zukunft eine entsprechende Entwicklung für die Vorkommen im Bereich der niedersächsischen Elbe (GARVE 2007) zu erwarten ist. Hier sind eigene weiterführende Untersuchungen zu der Problematik geplant. Besonders erfolgreich ist die Etablierung von *Fraxinus pennsylvanica* auf Flächen, die nicht von bereits etablierten Wäldern beherrscht werden. Dies sind neben Flutmulden und Waldlichtungen auch Offenlandbereiche wie z. B. aufgelassenes Grünland. Bodenstörungen, die durch dynamische Prozesse in Verbindung mit Hochwasserereignissen auftreten, begünstigen die Rot-Esche hierbei ebenso wie das Auftreten von Bodenstörungen durch anthropogene Einflüsse. Auch BUTTLER (2005) belegt Verwilderungen der Art im Bereich ruderalisierter Auenbereiche am Main. In Nordamerika wird die Rot-Esche ebenfalls als Pionierart beschrieben, die in der sukzessionalen Entwicklung alluvialer Böden früh in Erscheinung tritt (SPENCER et al. 2001) und es wird belegt, dass die Häufigkeit des Rot-Eschen-Aufkommens mit dem Anstieg des Anteils an gestörten Flächen ansteigt (TAYLOR 1972). In Altwäldern

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

Nordamerikas ist die Rot-Esche hingegen nur in einigen Waldtypen konkurrenzkräftig und verliert gegenüber schneller wachsenden Arten (*Ulmus americana, Acer rubrum*) ihre Dominanz (WRIGHT 1959). Auch diese Beschreibung der Konkurrenzfähigkeit der Art entspricht den eigenen Beobachtungen an der Mittelelbe, wo Altbäume der Rot-Esche in bestehenden Eichen-Ulmen-Althölzern zu finden sind, ohne dass die standortheimischen Gehölzarten hier bereits erkennbar zurückgedrängt worden sind.

Aufgrund ihres enormen Reproduktivitätspotenzials, sowohl generativ als auch vegetativ, erscheint es aus heutiger Sicht unmöglich, *Fraxinus pennsylvanica* vollständig aus den Auen an der Mittelelbe zu verdrängen. Es ist davon auszugehen, dass in den Flutmulden an der Elbe standortheimische Gehölzarten nur eine geringe Rolle spielen und diese keine hohen Deckungswerte erreichen. Für entsprechende Standorte ist als ursprüngliche Vegetation von einem Wechsel von lichten Gehölzbeständen mit Röhrichten und niedrigwüchsiger Vegetation auszugehen. Gerade hier findet *F. pennsylvanica*, begünstigt durch die frühere massive Pflanzung auf entsprechenden Standorten, in Bezug auf andere Gehölze konkurrenzarme Bedingungen und kann als Pionier mit hoher Überflutungstoleranz zur Dominanz gelangen. Somit hat sich hier im Kontakt zur *Phalaris arundinacea*-Subassoziation des *Querco-Ulmetum minoris* (KLAUSNITZER & SCHMIDT 2002, REICHHOFF et al. 2004) und z. T. mit diesem vernetzt eine neue Waldgesellschaft mit Dominanz eines Neophyten etabliert. *Fraxinus pennsylvanica* ist somit als Agriophyt einzustufen. Im Bereich der trockeneren Ausbildungen des *Querco-Ulmetum* ist *F. pennsylvanica* eher beigemischt und dominiert auch nicht in der Verjüngung. Es bleibt offen, inwieweit der Neophyt sich hier in Phasen der Waldöffnung, die durch Störung oder Zusammenbruch von Althölzern entstehen, sukzessive mit zunehmend höheren Bestandesanteilen etablieren kann. DISTER & DRESCHER (1987) weisen für die Marchauen in Niederösterreich darauf hin, dass *Fraxinus pennsylvanica* von gepflanzten Exemplaren aus aggressiv in Bestandeslücken des Hartholzauenwaldes vordringt (s. a. DRESCHER & FRAISSL 2004). So lange das Kronendach des Oberstandes kontinuierlich vorhanden ist und die Stiel-Eiche oder andere standortheimische Gehölzarten in den verschiedenen Altersklassen vertreten sind, ist jedoch zu vermuten, dass die Rot-Esche auf entsprechenden Standorten auch dauerhaft nicht zur Dominanz gelangt.

Bei rezenten Offenlandflächen, die spontan oder initiiert durch Gehölzpflanzungen und Eichenansaat eine Entwicklung zum Wald aufweisen, kann sich die Rot-Esche in den Pionierphasen etablieren, wenn die entsprechenden Flächen von den Diasporen der Art erreicht werden können. Im Bereich von Flutmulden dürfte es problematisch sein, die Etablierung dieses Neophyten zu verhindern, will man nicht dauerhaft eingreifen. Auf höher gelegenen Standorten erscheint es möglich, eine Dominanz von *F. pennsylvanica* zu verhindern, wenn man in der Jugendphase des aufwachsenden Waldes durch Pflanzung oder Bestandeslenkung standortheimische Arten fördert, die bereits im jungen Stangenholzalter gegenüber der Rot-Esche konkurrenzfähig erscheinen (z. B. in der bei Dessau untersuchten Auenwald-Initialpflanzung mit Eichen-

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

ansaat). Insbesondere die Kontinuität größerer Bestandesanteile der über Jahrhunderte vom Menschen geförderten Eichen lässt sich in den Auenwäldern an der Elbe vermutlich nur dadurch gewährleisten, dass diese Art zumindest bei Bestandesbegründungen gezielt gefördert wird (vgl. ZACHARIAS 2003).

Die hier dargelegte Einschätzung beruht auf eigenen Beobachtungen im Mittelelbegebiet über einen kurzen Zeitraum sowie auf publizierten Informationen über *F. pennsylvanica*, die insbesondere die nordamerikanischen Vorkommen betreffen. Insofern verstehen sich unsere Annahmen über die zu erwartende Dynamik als Hypothesen. Vertiefende Untersuchungen zur Ausbreitungsbiologie von *Fraxinus pennsylvanica*, wie sie derzeit an der Mittelelbe z. B. durch die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Peter A. Schmidt (Tharandt) begonnen wurden, werden es ermöglichen, Szenarien über die zukünftige Beteiligung der Rot-Esche am Aufbau der Auenwälder an der Mittelelbe zu entwickeln, die auf breiterem Wissen über die Art beruhen. Bereits heute lässt sich jedoch feststellen, dass in naturnahen Auen durch das massive Einbringen von *F. pennsylvanica*, die als Neophyt aufgrund ihrer Biologie in der Lage war und ist sich dort zu etablieren, die Entstehung neuer Artenkombinationen initiiert wurde, deren Auswirkungen sich auf die Biodiversität der Auen an der Mittelelbe nach unserer Auffassung heute jedoch nicht abschließend beurteilen lassen. Untersuchungen über die Auswirkungen anderer eingebürgerter Neophyten zeigten, dass häufig nur eine punktuelle Verdrängung indigener Arten festzustellen ist (z. B. BRANDES 2001). Es ist jedoch entsprechend des Schutzzieles einer Förderung standortheimischer Hartholzauenwälder Folge richtig beim Naturschutzmanagement innerhalb der Schutzgebiete zu verhindern, dass die Rot-Esche sich auf größeren Flächen, die einer Veränderung unterliegen, neu etablieren kann, wie z. B. bei Deichrückverlegungen oder der Entwicklung von Auenwäldern auf aktuellen Offenflächen. Hierbei sollte jedoch in jedem Fall zunächst nach objektiven Kriterien abgewogen werden, inwieweit ein als negativ zu beurteilender Einfluss von der neophytisch auftretenden Art ausgeht und welcher Aufwand für die Eindämmung der weiteren Ausbreitung gerechtfertigt ist (SCHEPKER 1998). BRANDES (2003) betont die Notwendigkeit der Versachlichung entsprechender Diskussionen, die vor dem Hintergrund wissenschaftlicher Erkenntnisse in der breiteren Öffentlichkeit unter Beteiligung der Vertreter aus den Bereichen Politik, Naturschutzverbänden, Administration, Landnutzern und Wissenschaft stattfinden sollte.

Zusammenfassung

Im Biosphärenreservat Flusslandschaft Mittelelbe ist der Erhalt und die Förderung standortheimischer Hartholzauenwälder des *Ulmenion minoris* Oberd. 53, die hier noch großflächig vorhanden sind, ein zentrales Ziel des vom WWF betreuten Naturschutzgroßprojektes. Die nordamerikanische Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* MARSH.) wurde im Gebiet vor über 120 Jahren aufgrund ihrer hohen Überflutungstoleranz aus forstlichen Gründen eingebracht. Aus Sicht des Naturschutzes wird die zunehmende Ausbreitung der Art in einer der naturnächsten Auenlandschaften Mitteleuropas kritisch gesehen und über ihre aktive Zurückdrängung diskutiert. Dies war Anlass für Recherchen und Untersu-

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

chungen zur Biologie der Rot-Esche. Neben der Darstellung der Ökologie der Art in ihrer Heimat Nordamerika werden die Ergebnisse eigener Untersuchungen im Mittelelberaum bei Dessau aus dem Jahr 2006 vorgestellt.

Die Rot-Esche zeigt in den Elbeauen große Parallelen zu ihrem ökologischen Verhalten in ihrer Heimat Nordamerika. Am konkurrenzstärksten ist sie auf feuchten, nährstoffreichen Standorten wie z. B. den Flutmulden, wo sie verjüngungsfreudige Dominanzbestände aufbauen kann und als Agriophyt einen eigenen Waldtyp prägt. Hier wurden auf einer Probefläche auf 60 m² über 7000 Individuen der Art in unterschiedlichen Wuchshöhen festgestellt. Offene Pionierstandorte wie Aufforstungsflächen, auf denen die Art bereits im Alter von 7 Jahren fruktifizieren kann, werden ebenfalls sehr erfolgreich von ihr besiedelt. Auf zeitweise trockeneren Flächen, auf denen standortheimische Eichen-Ulmen-Hartholzauenwälder ausgebildet sind, tritt die Rot-Esche, obwohl im Umfeld Bäume bis zum Alter von mindestens 122 Jahren nachgewiesen wurden, nicht dominant in Erscheinung. Auf die Ringelung von Altbäumen konnte die Rot-Esche aufgrund ihres hohen Potenzials für die vegetative Regeneration nach mechanischer Störung in den meisten Fällen mit dem Wiederaustrieb an der Stammbasis reagieren. Welche Folgen die Etablierung von *Fraxinus pennsylvanica* auf die Biodiversität der Auenlandschaft an der Mittelelbe hat, kann derzeit nicht abschließend beurteilt werden.

Dank
Dem Projektbüro Mittlere Elbe des WWF in Dessau, insbesondere Frau Dr. Astrid Eichhorn und Frau Kathrin Frömert, gilt unser herzlicher Dank für die Unterstützung der Arbeit. Herrn Dr. Hartwig Schepker (botanika, Bremen) danken wir für zahlreiche Hinweise im Rahmen seiner Tätigkeit als Korreferent der Bachelorthesis von Frau Breucker. Ein weiterer Dank geht an Helmut Maczulat und Uwe Förster vom Biosphärenreservat Mittelelbe.

Literatur

ABRAMS, M. D., KUBISKE, M. E., STEINER, K. C. (1990): Drought adaptations and responses in five genotypes of *Fraxinus pennsylvanica* MARSH.: photosynthesis, water relations and leaf morphology. – Tree Physiology, 6 (3): 305-315.

ANDERSON (1927): Einwirkungen des Hochwassers auf Forst-Gehölze. I. – Mitt. Dt. Dendrol. Ges., 38: 255-256. In: SCHAFFRATH, J. (2001): Vorkommen und spontane Ausbreitung der Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) in Ost-Brandenburg.

BAKER, J. B. (1977): Tolerance of planted hardwoods to spring flooding. – Southern Journal of Applied Forestry, 1 (3):23-25.

BARNES, W. J. (1985): Population dynamics of woody plants on a river island. – Canadian Journal of Botany, 63: 647-655.

BENKERT, D.; FUKAREK, F.; KORSCH, H. (Hrsg.) (1996): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Ostdeutschlands. – Gustav Fischer Verlag Jena. 615 S.

BEISSNER, L. (1899): Empfehlenswerte ausländische Waldbäume für unsere Forstkulturen mit Berücksichtigung der Forstästhetik. – Mitt. Dt. Dendrol. Ges., 8: 10-47.

BEISSNER, L. (1907): Reiseerinnerungen. – Mitt. Dt. Dendrol. Ges., 1907: 41-61.

BEISSNER, L. (1908): Jahresversammlung zu Colmar i. Els. – Mitt. Dt. Dendrol. Ges., 1908: 15-42.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

BOERNER, R. E. J. & BRINKMAN, J. A. (1996): Ten years of tree seedling establishment and mortality in an Ohio deciduous forest complex. – Bulletin of the Torrey Botanical Club, 123 (4): 309-317.

BONNER, F. T. (1974): Fraxinus Ash. – In: C.S. SCHOPMEYER (tech. Coord.): Seeds of woody plants of the United States. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, 450. Washington, DC: 411-416.

BRANDES, D. (1986): Die Ruderalvegetation im östlichen Niedersachsen: Syntaxonomische Gliederung, Verbreitung und Lebensbedingungen. – Habilitationsschrift Naturwiss. Fak. TU Braunschweig. Tab. Anh. Braunschweig. 292 S.

BRANDES, D. [Hrsg.](1996): Ufervegetation von Flüssen. – Braunschw. Geobot. Arb., 4. Braunschweig. 345 S.

BRANDES, D. [Hrsg.](2001): Adventivpflanzen. - Braunschw. Geobot. Arb., 8. Braunschweig. 331 S.

BRANDES, D. (2003): Die aktuelle Situation der Neophyten in Braunschweig. – Braunschw. Naturkdl. Schr., 6 (4): 705-760.

BRANDES, D. (2006): Zur Einbürgerung von *Fraxinus ornus* L. in Braunschweig. – Braunschw. Naturkdl. Schr., 7 (3): 535-544.

BRANDES, D. (2007): Die Neophyten der Elbufer im Raum Magdeburg. – Braunschw. Naturkdl. Schr., 7 (4): 821-842.

BRANDES, D. & SANDER, C. (1995): Neophyten der Elbufer. – Tuexenia, 15: 447-472.

BREUCKER, A. (2006): Die nordamerikanische Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica*) – ein Neophyt in den Elbauen des Biosphärenreservats Flusslandschaft Mittel-Elbe. – Bachelorthesis im Internationalen Studiengang für Technische und Angewandte Biologie (ISTAB), Hochschule Bremen. Bremen. 74 S. unveröff. Mskr.

BRECHER (1897): Über das Verhalten einiger Holzarten im Überschwemmungsgebiet der Elbe. – Z. Forst- und Jagdwesen, 29 (5): 287-291. – In: SCHAFFRATH, J. (2001): Vorkommen und spontane Ausbreitung der Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) in Ost-Brandenburg.

BREUCKER, A. & ZACHARIAS, D. (im Druck): Zur Biologie der Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* MARSH.) – Vergleich Nordamerika mit dem Mittelelberaum. – Veröff. der LPR Landschaftsplanung Dr. Reichhoff GmbH, Tagungsband zum Workshop vom 20.9.2007: „Die Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica*) – eine invasive Baumart in den Hartholzauenwäldern des Mittelelbegebietes?“. Dessau.

BULL, H. (1945): Diameter growth of southern bottomland hardwoods. – Journal of Forestry, 43 (5): 326-327.

BURKART, M., WATTENBACH, M., WICHMANN, M. & PÖTSCH, J. (2003): Die Vegetation der unteren Havelaue: Stand der Forschung und Perspektiven. – In: Brandenburgische Umwelt Berichte (BUB), Heft 13: 53-71.

BUTTLER, K. P. (2005): Die Grün-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* subsp. *novae-angliae*) an der Mainspitze eingebürgert. – Botanik und Naturschutz in Hessen, 18: 15-22.

DANCKELMANN (1884): Anbauversuche mit ausländischen Holzarten in den preußischen Staatsforsten. – Z. Forst- und Jagdwesen, 16 (6): 289-316, 345-371.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

DISTER, E. & DRESCHER, A. (1987): Zur Struktur, Dynamik und Ökologie lang überschwemmter Hartholzauenwälder an der unteren March (Niederösterreich). – Verh. Ges. Ökologie, 15: 295-302.

DOPPELBAUR, H. (1963): *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. in Bayern. – Ber. Bayer. Bot. Ges., 36: 67-68

DRESCHER, A. & FRAISSL, C. (2004): Standort und Struktur Südosteuropäischer Auenwälder. – Veröff. der LPR Landschaftsplanung Dr. Reichhoff GmbH, 2: 11-28.

DUBARRY JR., A. P. (1963): Germination of bottomland tree seed while immersed in water. – Journal of Forestry., 61 (3): 225-226.

DUNCAN, W. H. & DUNCAN, M. B. (1988): Trees of the southeastern United States. – Athens, GA: The University of Georgia Press. 322 S.

ENZBERG, V. in ANDERSON (1927): Einwirkungen des Hochwassers auf Forst-Gehölze. I. – Mitt. Dt. Dendrol. Ges., 38: 255-256.

FARMER JR., R. E. & PITCHER, J. A. (1981): Pollen handling for southern hardwoods. – In: Pollen management handbook. Agric. Handb., 587. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 77-83.

FRANK, D. (1999): Bestandsentwicklung der Farn- und Blütenpflanzen excl. Brombeeren (Pteridophyta et Spermatophyta exkl. *Rubus*). – In: FRANK, D. & NEUMANN, V. : Bestandssituation der Pflanzen und Tiere Sachsen-Anhalts. Stuttgart: 17-120.

GARVE, E. (2007): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen. – Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachsen, 43: 1-507.

GLÄSER, J. (2005): Untersuchungen zur historischen Entwicklung und Vegetation in mitteldeutschen Auenwäldern. – Dissertation Universität Tharandt. UFZ Leipzig 9/2005. 163 S.

GODFREY, R. K. & WOOTEN, J. W. (1981): Aquatic and wetland plants of southeastern United States: Dicotyledons. – Athens, GA: The University of Georgia Press. 933 S.

GOLDEN, M. S. (1999): Factors affecting sprouting success in a bottomland mixed hardwoods forest. – In: HAYWOOD, J. D. (ed.): Proceedings, 10th biennial southern silvicultural research conference; 1999 February 16-18; Shreveport, LA. Gen. Tech. Rep. SRS-30. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 157-161.

HARDTKE, H.-J. & IHL, A. (2000): Atlas der Farn- und Samenpflanzen Sachsens. – Hrsg.: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege 2000. Dresden 2000. 806 S.

Harris, J. R. (1995): Root and shoot growth periodicity of green ash, scarlet oak, Turkish hazelnut, and treelilac. - Journal of the American Society for Horticultural Science, 120 (2): 211-216.

HERRE (1927): Einwirkung des Hochwassers auf Forstgehölze. II. – Mitt. Dt. Dendrol. Ges., 38: 257. – In: SCHAFFRATH, J. (2001): Vorkommen und spontane Ausbreitung der Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) in Ost-Brandenburg.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

HERRE, C. (1928): Erfahrungen mit amerikanischen und deutschen Eschen. – Mitt. Dt. Dendrol. Ges., 40: 212-213 – In: SCHAFFRATH, J. (2001): Vorkommen und spontane Ausbreitung der Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) in Ost-Brandenburg.

HOOK, D. D. & BROWN, C. F. (1973): Root adaptations and relative flood tolerance of five hardwood species. – Forest Science, 19 (3): 225-229.

HOSNER, J. F. & MINCKLER, L. S. (1960): Hardwood reproduction in the river bottoms of southern Illinois. – Forest Science, 6 (1): 67-77. In: www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/frapen/all.html [25.10.07]

HURST, G. A. &; BOURLAND, T. R. (1980): Hardwood density and species composition in bottomland areas treated for regeneration. – Southern Journal of Applied Forestry, 4 (3): 122-127.

JOHNSON, W. C. (1971): The forest overstory vegetation on the Missouri River floodplain in North Dakota. Fargo, ND: North Dakota State University. – Dissertation. 185. S.

JOHNSON, R. L. (1975): Natural regeneration and development of Nuttall oak and associated species. – USDA Forest Service, Research Paper SO-104. Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA. 12 S.

KENNEDY JR., H. E. (1990): *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. Green Ash. – In: BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. (technical coordinators): Silvics of North America. Vol. 2. Hardwoods. Agric. Handb., 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 348-354. [Online]. Verfügbar: www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/Volume_2/fraxinus/pennsylvanica.htm [28.11.2007]

KLAUSNITZER, U. & SCHMIDT, P. A. (2002): Vegetationskundliche Charakterisierung von Waldbeständen auf Hartholzauenstandorten. – Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt, 17: 123-154.

KLOSE (1927): Die Hochwasserschäden 1926 in den schlesischen Forsten (Das Verhalten der einzelnen Holzarten gegenüber dem Hochwasser des vergangenen Jahres). – Jb. Schles. Forstverein: 134-177.

KOWARIK, I. (2003): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. – Stuttgart. Ulmer. 380 S.

KURMIS, V., WEBB, S. L. & MERRIAM JR., L. C. (1986): Plant communities of Voyageurs National Park, Minnesota, U.S.A. – Canadian Journal of Botany, 64: 531-540.

LANGLAIS, D. & BEGIN, Y. (1993): The effects of recent floods and geomorphic processes on red ash populations, upper St Lawrence Estuary, Quebec. – Estuarine Coastal and Shelf Science, 37(5): 525-538.

LESICA, P. (1989): The vegetation and condition of upland hardwood forests in eastern Montana. – Proceedings, Montana Academy of Sciences, 49: 45-62.

LESICA, P. (2001): Recruitment of *Fraxinus pennsylvanica* (Oleaceae) in eastern Montana woodlands. – Madrono, 48(4): 286-292.

MCCOY, J. W., KEELAND, B. D., LOCKHART, B. R. & DEAN, T. (2002): Preplanting site treatments and natural invasion of tree species onto former agricultural fields at the Tensas River National Wildlife Refuge, Louisiana. – In: OUTCALT, K. W.,

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

(ed.): Proceedings, 11th biennial southern silvicultural research conference; 2001 March 20-22; Knoxville, TN. Gen. Tech. Rep. SRS-48. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 405-411.

MCININCH, S. M. & BIGGS, D. R. (1993): Mechanisms of tolerance to saturation of selected woody plants. – Wetland Journal, 5 (2): 25-27. In: www.fs.fed.us/database /feis/plants/tree/frapen/all.html

MILAMOWITZ-MÖLLENDORFF, V. (1907): Resultate 35jähriger Anbauversuche mit ausländischen Gehölzen, speziell Koniferen, in Gadow. – Mitt. Dt. Dendrol. Ges., 1907: 135-147.

MYERS, C. C. &; BUCHMAN, R. G. (1984): Manager's handbook for elm-ash-cottonwood in the North Central States. – Gen. Tech. Rep. NC-98. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. 11 S.

PUHLMANN, G. (2004): Auenwälder im Biosphärenreservat Flusslandschaft Mittlere Elbe – Status, Perspektiven und Naturschutzgroßprojekt. –Veröff. der LPR Landschaftsplanung Dr. Reichhoff GmbH, 2.: 7-10

PUTNAM, J. A.; FURNIVAL, G. M. & MCKNIGHT, J. S. (1960): Management and inventory of southern hardwoods. – U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 181. Washington, DC. 102p.

REICHHOFF, L. (2004): Erfassung und Bewertung der Vorkommen der Rot-Esche im Projektgebiet. – In: Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgroßprojekt von gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung Mittlere Elbe: Erfassung und Bewertung der Vorkommen der Rotesche (*Fraxinus pennsylvanica*) im Projektkerngebiet. LPR Landschaftsplanung DR. REICHHOFF GmbH Dessau, 2004: 28 S.

REICHHOFF, L. & REICHHOFF, K. (Hrsg.) (2004): Auenwaldtagung zur fachlichen Begleitung des Naturschutzgroßprojektes von gesamtstaatlich repräsentativer Bedeutung „Mittlere Elbe". – Veröff. der LPR Landschaftsplanung Dr. Reichhoff GmbH, 2. 116 S.

REICHHOFF, L., PATZAK, U. & WARTHEMANN, G. (2004): Ursprüngliche und heutige Baumartenzusammensetzung der Hartholzauenwälder und ihre standörtlich-vegetationskundliche Gliederung im Mittelelbegebiet. – Veröff. der LPR Landschaftsplanung Dr. Reichhoff GmbH, 2: 29-38.

REMPHREY, W. R. (1989): Shoot ontogeny in *Fraxinus pennsylvanica* (green ash). II. Development of the inflorescence. – Canadian Journal of Botany, 67 (7): 1966-1978.

REMPHREY, W. R. & DAVIDSON, C. G. (1992): Spatiotemporal distribution of epicormic shoots and their architecture in branches of *Fraxinus pennsylvanica*. – Canadian Journal of Forest Research, 22: 336-340.

ROLOFF, A. & BÄRTELS, A. (2006): Flora der Gehölze: Bestimmung, Eigenschaften und Verwendung. – Stuttgart, Ulmer: 1051 S.

SCHAFFRATH, J. (2001): Vorkommen und spontane Ausbreitung der Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) in Ost-Brandenburg. – In: Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, 10 (4) 2001: 134-193.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

SCHEPKER, H. (1998): Wahrnehmung, Ausbreitung und Bewertung von Neophyten: Eine Analyse der problematischen nichteinheimischen Pflanzenarten in Niedersachsen. – Stuttgart. 246 S. (Diss. Univ. Hannover 1998).

SCHWAPPACH (1891): Denkschrift betreffend die Ergebnisse der in den Jahren 1881-1890 in den Preußischen Staatsforsten ausgeführten Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten. – Z. Forst- und Jagdwesen, 23 (1): 18-34.

SCHWAPPACH (1896): Ergebnisse der Anbauversuche mit japanischen und einigen neueren amerikanischen Holzarten in Preußen. – Z. Forst- und Jagdwesen, 28 (6): 327ff.- In: SCHAFFRATH, J. (2001): Vorkommen und spontane Ausbreitung der Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) in Ost-Brandenburg. – In: Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, 10 (4) 2001; S. 134-193.

SCHWAPPACH (1907): Über die wichtigsten ausländischen, für deutsche Forsten geeigneten Laubholzarten. – Mitt. Dt. Dendrol. Ges., 1907: 126-135.

SEVERSON, K. E. & BOLDT, C. E. (1977): Problems associated with management of native woody plants in the western Dakotas. – In: JOHNSON, K. L. (ed.): Wyoming shrub lands: Proceedings 6th Wyoming shrub ecology workshop. 1977 May 24-25. Buffalo, WY. Laramie, WY: Shrub Ecology Workshop: 51-57.

SEVERSON, K. E. & BOLDT, C. E. (1978): Cattle, wildlife, and riparian habitats in the western Dakotas. – In: Management and use of Northern Plain rangelands: Regional rangeland symposium: Proceedings. 1978 February 27-28. Bismarck, ND. Dickinson, ND: North Dakota State University: 90-103.

SHARITZ, R. R. & MITSCH, W. J. (1993): Southern floodplain forests. – In: MARTIN, W. H.; BOYCE, ST. G.; ECHTERNACHT, A. C. (eds.): Biodiversity of the southeastern United States: Lowland terrestrial communities. New York: John Wiley & Sons, Inc: 311-372.

SPENCER, D. R.; PERRY, J. E. & SILBERHORN, G. M. (2001): Early secondary succession in bottomland hardwood forests of southeastern Virginia. – Environmental Management, 27 (4): 559-570.

STEPHENS, H. A. (1973): Woody plants of the North Central Plains. – Lawrence, KS: The University Press of Kansas. 530p.

STEWART, H. A. & KRAJICEK, J. E. (1973): Ash, an American wood. – American Woods Series FS-216. USDA Forest Service. Washington, DC. 7 S.

SUTHERLAND, E. K., HALE, B. J. & HIX, D. M. (2000): Defining species guilds in the central hardwood forest, USA. – Plant Ecology, 174: 1-19.

TAYLOR, S. M. O. (1972): Ecological and genetic isolation of *Fraxinus americana* and *Fraxinus pennsylvanica*. – Ann Arbor, MI: University of Michigan. Dissertation. 174 S.

Vill (1911): Die Hochwasserschäden in den Staatswaldungen des K. Forstamtes Sonderheim im Jahre 1910. – Naturw. Z. Forst- und Landwirtschaft, 9 (3/4): 193-198.

WISSKIRCHEN, H. & HAUEPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Stuttgart. Ulmer. 765 S.

WRIGHT, J. W. (1952): Pollen dispersion of some forest trees. – Station Paper No. 46. Upper Darby, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 42 S.

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

WRIGHT, J. W. (1959): Silvical characteristics of green ash. – Upper Darby, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 18 S.
WRIGHT, J. W. (1965): Green Ash (*Fraxinus pennsylvanica* MARSH.) – In: FOWELLS, H. A. (comp.): Silvics of forest trees of the United States. U. S. Department of Agriculture. – Agricultural Handbook, 271: 185-190.
WUTTKY, K. (o. J.): Dessau - Groß-Kühnau: Der Auewald in der Vorratspflege. – In: Der Wald. Zeitschrift für Forstwirtschaft – Holzwirtschaft. Sonderheft „Die vorratspflegliche Waldwirtschaft": 90-93 (zw. 1951-1964)
ZACHARIAS, D. (2003): Naturschutzgebiet Haseder Busch. – In: HOFMEISTER, H.: Naturraum Innerstetal. Natur und Landschaft im Landkreis Hildesheim. – Mitteilungen der Paul Feindt Stiftung, 4. Gerstenberg. Hildesheim: 179-184.
ZIMMERMAN, G. M. (1981): Effects of fire upon selected plant communities in the Little Missouri Badlands. – Fargo, ND: North Dakota State University. Thesis. 60 S.

Internetadressen

www.biologie.uni-osnabrueck.de/bogos/Projekte/Pflanzenportraets/Site/Fraxinus_pennsylvanica(84-00-4150-70).html [28.11.07]
www.floraweb.de [28.11.07]
www.forestryimages.org [28.11.07]
www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/frapen/all.html [28.11.07]
www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/Volume_2/fraxinus/pennsylvanica.htm [28.11.2007]
http://www.pth-sankt-georgen.de/gehoelze/list.php [28.11.07]

Anschriften:
Prof. Dr. Dietmar Zacharias
Hochschule Bremen
Institut für Umwelt und Biotechnik
Neustadtswall 30
28199 Bremen
dzacharias@fbsm.hs-bremen.de

Umweltbiol. (B.Sc.) Ariane Breucker
Hochschule Bremen
Institut für Umwelt und Biotechnik
Neustadtswall 30
28199 Bremen
ariane.breucker@web.de

http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00034895

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Braunschweiger Geobotanische Arbeiten

Jahr/Year: 2008

Band/Volume: 9

Autor(en)/Author(s): Zacharias Dietmar, Breucker Ariane

Artikel/Article: Die nordamerikanische Rot-Esche (Fraxinus pennsylvanica MARSH.) – zur Biologie eines in den Auenwäldern der Mittelelbe eingebürgerten Neophyten 499-529