

Forstliches und ökologisch begründetes Konzept zur naturnahen und naturschutzgerechten Bewirtschaftung, Renaturierung und Vermehrung von Elbe-Auenwäldern

Stephan Bonn, Thomas Gehle, Alex Hartung, Ulrich Klausnitzer, Doris Krabel, Ralf Küßner, Franz Lennartz, Heike Puhmann, Andreas Roloff, Michael Rothe, Peter A. Schmidt, Gerd H. Schmitz, Sven Wagner

1 Zielsetzung

Ziel ist die Erarbeitung von Entscheidungshilfen zur naturnahen sowie naturschutzgerechten und weiteren Anforderungen gerecht werdenden Bewirtschaftung oder gezielten Steuerung dieser sehr vielfältigen und sensiblen Wälder auf den verschiedenen Standorttypen. Grundlage der Untersuchungen ist die Analyse von bestehenden, in Zusammensetzung und Dynamik naturnahen Elbe-Auenwäldern und von ihrer Konkurrenzdynamik in verschiedenen Entwicklungsstadien.

Die vegetationskundliche Abgrenzung der Versuchsflächen ist für die darauf aufbauenden Untersuchungen ebenso wichtig wie die genaue Erfassung und Beurteilung der hydrologischen Verhältnisse. Strukturanalysen und die Analyse von Zuwachs und Wasserhaushalt der Bäume dienen der Erfassung der Konkurrenzdynamik und als Grundlage für ökologisch-waldbauliche Richtlinien, die auch seltene Ulmenvorkommen entsprechend ihrer standörtlichen Gefährdung berücksichtigen. Ziel der genetischen Untersuchungen der Ulmen sind neben einer klassischen genetischen Inventur die Quantifizierung genetischer Unterschiede zwischen Altulmen, ihrer Naturverjüngung und gepflanzten Ulmenbeständen ebenso wie ein Vergleich genetischer Strukturen von toleranten und sensitiven Ulmen gegenüber der Ulmenkrankheit (Erreger: *Ophiostoma* spp.).

Innovativ ist vor allem der integrative Ansatz dieses Projektes unter gleichzeitiger Einbeziehung von nahezu sämtlichen Wachstumsparametern der Waldbäume von der Wurzel bis zur Kronenspitze, ihrer Verjüngung und der Bodenvegetation. Die sensible Phase der Verjüngung wird unter natürlichen Bedingungen und unter experimentellen Bedingungen einbezogen. Zur Charakterisierung von Wäldern der Hartholzaue wird in einem standörtlich differenzierten Transekt die horizontale und vertikale Raumstruktur erfasst. Das Transekt wird von allen beteiligten Teilprojekten für ihre spezifischen Untersuchungen genutzt und ist somit ein wichtiges Bindeglied für das Gesamtprojekt. Die Behandlung von Auenwäldern ist vom Bodenwasserhaushalt und den Standortbedingungen abhängig und unterliegt in der Regel einer Mehrfachzielstellung, bei der z.B. forstliche und naturschutzfachliche Ziele oder aber auch Erholungsaspekte berücksichtigt werden müssen. Ein Instrumentarium zur Entscheidungshilfe in Bezug auf die Behandlung von Auenwäldern bei Berücksichtigung von - teilweise konträren - Mehrfachzielstellungen existiert nicht. In Zusammenarbeit mit Planungsträgern und Experten wird ein Entscheidungshilfe-Tool (decision aid system) konzipiert, das waldbauliche Alternativen für die Verjüngung von Auenwäldern unter Berücksichtigung mehrfacher Zielstellungen bewertet.

2 Methodik

Zur Erfassung der Konkurrenzdynamik und Ökophysiologie wird an Probestämmen der Radialzuwachs in unterschiedlicher zeitlicher Auflösung gemessen (Bohrkernanalysen = Jahreszuwachs, Umfangmaßbänder = wöchentlicher Zuwachs, Mikrodendrometer = Durchmesser im 10-Minutentakt). Retrospektive Jahrringanalysen ermöglichen Aussagen zu Konkurrenzverhältnissen vergangener Jahrzehnte. Auch Triebblängenzuwächse sollen in geringer Zahl berücksichtigt werden.

Die physiologische Reaktion der Bäume wird über stichprobenweise kontinuierliche Aufzeichnung des Xylem-Saftflusses in 2 m Höhe erfasst. Stichtagsmessungen des Wasserpotenzials ausgewählter Probestämme dienen zur Erfassung der aktuellen Wasserversorgung des Baumes. Für die Eichen wird als Sonderfall einer Anpassung an Wasserstress das Triebabsprungsverhalten in wöchentlicher Auflösung für einzelne Probestämme erfasst.

Das Oberflächen- und Bodenwasserregime im Untersuchungsgebiet soll modelliert werden. Hierzu muss eine Erfassung der aufgabenrelevanten physischen Charakteristika vorangehen, d.h. vor allem die Erhebung der bodenhydraulischen Kennwerte an mehreren Standorten. Weitere Grundlage für die Modellierung des Bodenwasserregimes ist die Erhebung von Messdaten, die der Beschreibung der Randbedingungen des Modells dienen. Im Untersuchungsgebiet werden deshalb umfangreiche Messungen durchgeführt, um die Wassergehalte und Saugspannungen in verschiedenen Bodenschichten, Wasserstände in Elbe und Altwasser, Grundwasserstände, klimatologische Größen (Niederschlag, Windrichtung, -geschwindigkeit, Lufttemperatur, -feuchte, Globalstrahlung) zu erfassen. Die Bestimmung der bodenhydraulischen Charakteristika (Feuchterückhalt und Leitfähigkeit) erfolgt vorrangig im Labor. Im Mittelpunkt stehen dabei die Anwendung und Weiterentwicklung der inversen Bestimmung von Bodenparametern aus transienten Infiltrationsversuchen. Dazu wurde eine automatische Laborstation entwickelt, in welcher natürliche Bodenmonolithe mit einem Volumen von etwa 700 cm³ in beliebigen Stufen im Saugspannungsbereich bis -500 cm be- und entwässert werden können. Dabei werden kontinuierlich sowohl Zu- und Abfluss des Systems als auch Saugspannungen und Bodenfeuchten in verschiedenen Tiefen gemessen. Retentionskurven werden zusätzlich in stationären Versuchen an kleineren Bodenproben (Stechringe) bis zu einem Unterdruck von 15.000 cm ermittelt. Die Synthese von hydrologischen und geographischen Informationen soll mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) erfolgen. Als GIS-System wird das Programm ARC-INFO mit dem Ausgabe-Tool ARC-VIEW verwendet.

Die Vegetationsformen der Flussaue sollen durch vegetationskundliche Aufnahmen (Erfassung von Artenzahl, Artmächtigkeit, Verteilung etc.) bestimmt werden. Vertiefende Untersuchungen zur Struktur und Dynamik der Krautschicht erfolgen innerhalb von markierten Flächen, wobei für alle Bodenpflanzen Abundanz, Dominanz, Wuchshöhe und Phänostufe ermittelt werden. Diese Datenerhebungen erfolgen jeweils im Frühjahrs- und Sommeraspekt (ggf. Früh- und Spätsommeraspekt). Die Flächen werden einnivelliert (Angaben im Höhensystem NN). Zur Untersuchung der Korrelation der floristisch-vegetationskundlichen Parameter mit den ökologischen Faktoren werden Daten zur Wasserdynamik (Grund- und Oberflächenwasser), zum Boden (Bodenart, Humusform, Deckschichtmächtigkeit) und zum Lichtregime (Anteil diffuser Strahlung, DIFN) erfasst.

Zur Charakterisierung der Molekularbiologie von Ulmenvorkommen ist einerseits die Bestimmung von Isoenzym-Genmarkern und andererseits die Entwicklung weiterer molekularer Marker auf der Basis von RFLPs (restriction fragment length polymorphism) oder RAPDs (random amplified polymorphic DNA) vorgesehen. Untersuchungsobjekt ist dabei die DNA der Chloroplasten.

Die Bewirtschaftung und Neuanlage von Auenwaldbeständen erfordert die Erfassung und Beschreibung natürlicher Verjüngungsprozesse (zu verschiedenen Prozessschritten der natürlichen Verjüngung) von Hartholz-Auenwäldern, insbesondere „Samenangebot“ und „Entwicklung von natürlich verjüngten Jungpflanzen“. Hinsichtlich des Samenangebotes wird die Fruchtausbreitung von *Tilia cordata* sowie *Ulmus laevis* erfasst und modelliert. Die Samenbank als weiteres wichtiges Element des Samenangebotes wird jährlich quantifiziert. Die Entwicklung von natürlich verjüngten Jungpflanzen (Wachstum, Mortalität) wird in Bestandeslücken von Hartholzaue-Wäldern in Abhängigkeit von folgenden Faktoren beobachtet: Überflutungsereignisse, Bodenwasserhaushalt, verfügbare Strahlung (Licht), Konkurrenz durch Bodenvegetation und Einfluss von Wildtieren (Verbiss). Intensive Detailuntersuchungen laufen zu den Themenkomplexen „Erfassung des Blattflächenindex bei *Urtica dioica* und die daraus resultierende Strahlungsextinktion“ sowie „Mortalität und Wachstum von *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Fraxinus pennsylvanica*“. Die Untersuchungen können als Grundlage für eine spätere Modellierung von Verjüngungsprozessen dienen.

3 Erste Ergebnisse

Die bisherigen Untersuchungen zeigen ein unterschiedliches Zuwachsverhalten der Hauptbaumarten. Mit Hilfe der Mikrodendrometer und der Umfang-Maßbänder lässt sich nachweisen, dass der Durchmesserzuwachs bei Esche Mitte bis Ende Juli abgeschlossen ist, bei Ulme Ende Juli bis Anfang August, während die untersuchten Eichen noch Ende August weitere Zuwächse zeigen. Der Durchmesser der Probestämme unterliegt täglichen Schwankungen. Zieht man die Zuwachskomponente von diesen

Schwankungen ab, so erhält man die Quellung und Schwindung des Holzkörpers und der Rinde. Diese Vorgänge sind ein Hinweis auf den Zugriff des Baumes auf das im Stamm gespeicherte Wasser. Der gemessene Xylemstrom weist vor Sonnenaufgang sein Minimum auf und steigt bis zum Nachmittag an. Er nimmt dann bis zum Abend ab und bleibt über Nacht auf einem niedrigen Niveau. Der Stammspeicher wird nachts aufgefüllt. Die Höhe des nächtlichen Xylemstroms hängt von der Wasserverfügbarkeit (Bodensaugspannung) und vom Defizit des Stammspeichers ab. Bei zunehmender Austrocknung des Bodens kann der Speicher nicht mehr vollständig aufgefüllt werden. Der Durchmesser unterliegt ähnlichen, aber konträren Schwankungen. In den frühen Morgenstunden wird in der Regel der maximale Durchmesser erreicht. Im Laufe des Tages nimmt der Durchmesser mit zunehmendem Xylemfluss ab. Negative Zuwächse können als Indikator für Wasserstress dienen. Es ist zu beobachten, dass zwischen dem maximalen Durchmesser und dem minimalen Xylemfluss ein Zeitversatz liegt. Ulme und Esche zeigen eine Abhängigkeit des Wasserverbrauchs von der Bodenfeuchte, während die Eichen ihren Wasserverbrauch auch bei zunehmender Austrocknung des Bodens nicht einschränken. Wurzelgrabungen sollen zeigen, ob die Eichen ein tiefer reichendes Wurzelsystem entwickelt haben und so noch Wasserreserven ausnutzen können, die den Eschen und Ulmen nicht zur Verfügung stehen.

150 individuell markierte Altulmen von insgesamt sieben Einzelstandorten werden derzeit genetisch charakterisiert. Die bisher beobachtete Variation an sieben Isoenzymen, deren genetische Basis über Einzelbaumabsaaten aus freier Abblüte interpretiert wird, lässt für die nach morphologischen Kriterien bestimmten Arten *Ulmus laevis* (Flatterulme) und *Ulmus minor* (Feldulme) eine ähnlich hohe genetische Variation wie die der Buchen (*Fagus* sp.) oder der Eichen (*Quercus* sp.) erwarten. Es gibt derzeit erste Hinweise darauf, dass sich die Flatterulme von der Feldulme genetisch so stark differenziert wie beispielsweise Buchen von Eichen. An der Elbe ist mit Hybridschwärmen aus Flatter- und Bergulme (*Ulmus glabra*) zu rechnen. Die laufenden Untersuchungen werden zeigen, ob eine Artunterscheidung der drei Ulmenarten nach genetischen Kriterien möglich ist. In Bezug auf die Fruchtausbreitung von Ulme lässt sich feststellen, dass die Flatterulme erhebliche Mengen an Früchten produzieren kann, die allerdings vergleichbar geringe mittlere Ausbreitungsdistanzen erreichen. Die von den Früchten erreichte mittlere Ausbreitungsdistanz zum Mutterbaum beträgt etwa 15 m; in Entfernungen von über 40 m zum Mutterbaum werden keine Früchte abgelagert. Vorherrschende Winde aus Südost verursachen eine vorrangige Ablagerung der Früchte nordwestlich der Mutterbäume. Die fruktifizierenden Ulmen wiesen Brusthöhendurchmesser (BHD) von 10 bis 100 (im Mittel 30,4) cm auf; eine Ulme mit BHD von 30 cm produzierte im Untersuchungsjahr etwa 48.400 Früchte; eine Ulme mit BHD von 100 cm etwa 538.000 Früchte. Für die primäre Fruchtausbreitung als Voraussetzung für eine natürliche Verjüngung von *Ulmus laevis* ist daher eine ausreichend gleichmäßige Verteilung von Mutterbäumen in Altbeständen bedeutend; ebenso ist bei Neuanlage von Auenwald in Hinblick auf dessen spätere Regeneration auf die räumliche Verteilung von Ulmen zu achten.

Um Standortunterschiede in Auenwäldern anhand der Bodenvegetation bestimmen zu können, werden in drei vegetationskundlichen Untersuchungsgebieten an der Elbe zwischen Mulde- und Saalemündung unterschiedliche Ausprägungen der Auenwaldvegetation (75 vegetationskundliche Aufnahmen) analysiert. Etwa 40 Messpunkte zur Ermittlung der Wasserdynamik wurden im 2- bis 3wöchigem Rhythmus bzw. ereignisbestimmt abgelesen. Eine Bodenansprache, Messungen zum Lichtregime und das Einnivellieren in das Höhensystem NN erfolgten auf allen 106 vegetationskundlichen Probestellen. Die Vegetation der erfassten Aufnahmeflächen setzt sich aus 5 bis 35 Arten zusammen. Artendiversität, Abundanz und Dominanz schwanken im Jahresverlauf stark, wobei das Maximum der Vielfalt im Übergang vom Frühjahrs- zum Sommeraspekt mit einer sich stark wandelnden Artenzusammensetzung liegt. Die Daten zum Lichtregime zeigen, dass die Flächen eine recht breite Spannweite (< 1 % bis 35 % DIFN) aufweisen. Die Bodeneigenschaften sind gebietsweise sehr inhomogen, dieser Wechsel ist lokal ausgesprochen kleinflächig. Die Differenz in der Höhenlage zwischen den bearbeiteten Auenwaldstandorten beträgt 2,0 bis 2,5 m. Die Höhenspanne zwischen den höchsten und niedrigsten Wasserständen der Elbe im Zeitraum vom 1.3. bis 30.8. 1999 betrug etwa 4,3 m.

Über den zeitlichen und örtlichen Verlauf des Elbe-Wasserstandes können für den Untersuchungszeitraum mittels Drucksondenmessungen sehr detailliert Aussagen getroffen werden. Für Rückblicke und Vorhersagen ist es jedoch nötig, den Fluss in einem Modell zu beschreiben. In einem ersten Schritt wurde dazu mit Hilfe eines eindimensionalen hydrodynamischen Modells die am Pegel Rosslau

gemessene Ganglinie in das Untersuchungsgebiet übertragen. Zur Güteeinschätzung diene zunächst der Pegel Aken. Dabei wurden bisher neben den modelltechnischen Vereinfachungen zusätzlich vereinfachende Annahmen hinsichtlich der Form der Fließquerschnitte getroffen. In einem nächsten Schritt soll überprüft werden, inwieweit die Lage des Untersuchungsgebietes speziell für den Hochwasserfall eine vertiefte Darstellung der Flussgeometrie bis hin zu einer komplexen Darstellung der Gebietsüberflutung und der Gebietsretention erfordert. Zur Modellierung der Grundwasseroberfläche wurde ein Modell entwickelt, dessen Kern die exakte analytische Lösung der zweidimensionalen Laplacegleichung darstellt. Dieser Lösungsansatz kommt ohne die Dupuit-Annahme oder andere Vereinfachungen in Form von Linearisierungen aus. Mit diesem neuartigen Modell wurden zunächst neben theoretischen Beispielen einfache Testrechnungen für das Untersuchungsgebiet durchgeführt, soweit dies die relativ junge Datenlage der Grundwasserstände schon zulässt. Das vorhandene eindimensionale numerische Bodenwasserströmungsmodell (WAVE) wurde dahingehend modifiziert, dass eine zeitliche Stochastizität der Randbedingungen eingebracht werden kann. Vorerst werden der Wasserstand in der Elbe und der Niederschlag als stochastische Ereignisse angenommen. Andere Randbedingungen (z.B. Grundwasserstand, Verdunstung) werden deterministisch als Zeitreihe beschrieben. Eine flächenhafte Modellierung des Bodenwasserregimes wird möglich über einen quasi-zweidimensionalen Ansatz, in dem Austauschprozesse zwischen benachbarten Profilen quantifiziert werden und als lateraler Fluss in den verschiedenen Bodenhorizonten in die Modellierung eingehen.