Natürliche Auendynamik ermöglicht Verjüngung der Stieleiche – Fallbeispiel NSG Kühkopf-Knoblochsaue in Hessen

Albert Reif, Ralph Baumgärtel, Emil Dister & Erika Schneider

Einleitung

Eichen und Eichenwälder in Mitteleuropa

Eichen gehören zu den wichtigsten Bäumen in Deutschland und haben auch in der Mythologie eine hohe Bedeutung (Hasel & Schwarz 2006, Roloff & Bärtels 2014). Sie wurden durch den Menschen gegenüber der Buche gefördert, da sie für Eichelmast und Holznutzung große Bedeutung hatten. Dies geschah zumeist in Form von Mittelwäldern und ab dem 19. Jahrhundert in Hochwäldern. Weit verbreitet sind laubabwerfende Eichen und ihre Wälder auf trocken-warmen Standorten der Tieflagen Mitteleuropas. Die Stieleiche findet sich zudem auch in den Wäldern in Flussauen.

Alle in Mitteleuropa vorkommenden Eichenarten, nämlich Traubeneiche (*Quercus petraea*), Stieleiche (*Quercus robur*) und die südlich verbreitete Flaumeiche (*Quercus pubescens*), sind langlebige Lichtbaumarten. Sie verjüngen sich ohne Hilfe des Menschen an offenen Standorten, oft mit Seitenlicht an Wald- und Gebüschrändern oder als Pioniere in Magerrasen (Bobiec et al. 2018, Reif & Gärtner 2017), und nicht in geschlossenen Waldbeständen. Vielerorts wird daher versucht, mit starken waldbaulichen Eingriffen und hohem finanziellem Aufwand zumindest einen Anteil an Eichen in die nächste Bestandesgeneration hinüber zu retten (Kühne 2004, Kühne & Bartsch 2006).

Die Stieleiche in Flussauen

Hartholzauwälder gehören mit bis zu acht Baumarten in der Kronenschicht zu den Wäldern mit der höchsten Baumartenvielfalt in Europa und beherbergen eine Vielzahl gefährdeter Pflanzen- und Tierarten. Als einzige Eichenart hat die Stieleiche die Fähigkeit, auch im Überflutungsbereich der Flüsse zu überleben (Frye & Grosse 1992, Ikauniece et al. 2012, Späth 2002). Dies bedeutet, dass sie in der potentiell natürlichen Vegetation von Auen-Naturlandschaften Bestandteil der Wälder ist, vermutlich jedoch wesentlich seltener als nach ihrer Förderung durch die Mittelwaldwirtschaft im Auwald.

Das Vorkommen von Eichen ist für den Erhalt der Biodiversität besonders wichtig (Dolek et al. 2008). Viele Arten sind unmittelbar an die Eiche gebunden bzw. profitieren von der Lichtdurchlässigkeit dieser Baumart. Daher ist das heutige Fehlen von Eichenverjüngung selbst in eichenreichen Aueabschnitten naturschutzfachlich besonders gravierend (Dister 1985). Nach dem Ausfall der Feldulme (*Ulmus minor*) durch das Ulmensterben und dem drohenden Totalausfall der Esche (*Fraxinus excelsior*) als häufigster Baumart in den Auen durch Eschentriebsterben droht aktuell der Verlust des Hochwaldcharakters der bestehenden Auwälder.

Hartholzauen gehören heute zu den am stärksten bedrohten Waldgesellschaften Mitteleuropas (Brunotte et al. 2009, Rennwald 2000). Lediglich ca. 1 % der ehemaligen Hartholzauen wird heute noch als naturnah beschrieben (Brunotte et al. 2009). Ursache sind die Verbauung und Regulierung der Flüsse: Begradigung, Staudämme, Seitendämme und Eindämmung zur Gewinnung von Kulturland schnitten große Flächen der ursprünglichen Aue vom Wasserregime der Flüsse ab und zerstörten den komplexen Lebensraum Aue auf großer Fläche (Brunotte et al. 2009). Mit dem Verlust von Auen- und Retentionsflächen (am Oberrhein: 90 %) wurde die Hochwassergefahr für Unterlieger stark erhöht. Gegenmaßnahmen zu diesen Eingriffen finden sich durch Wiederanschluss ehemaliger Überflutungsgebiete an das Überflutungsregime großer Flüsse (UM BW 2011), so auch im NSG Kühkopf-Knoblochsaue, in welchem Hochwasserschutz und Naturschutz seit 1983 vereint und Überflutungsflächen erhalten werden.

Ökologisch von Bedeutung ist die heute fehlende Morphodynamik der Auen. Hinzu kommt eine starke Überformung der meisten Auenlandschaften durch Nutzungs- und Pflegeeingriffe sowie fast überall durch Eutrophierung, Neophyten und deutlich überhöhte Wildbestände.

Das Naturschutzgebiet Kühkopf-Knoblochsaue

Geschichte

Das Naturschutzgebiet (NSG) Kühkopf-Knoblochsaue liegt am nördlichen Oberrhein im Wuchsgebiet Hessische Rhein-Main-Ebene (Forsteinrichtung 2000), dort auf der Höhe von Darmstadt. Es ist mit einer Gesamtgröße von knapp 2.400 ha das größte NSG Hessens (Dister 2002). Dieser Rheinabschnitt wird zur Mäanderzone gezählt, welche sich von der Murg-Mündung südlich von Karlsruhe bis südlich von Mainz erstreckt. Aufgrund des geringen Gefälles floss der Rhein bis zur Begradigung im 19. Jahrhundert in diesen Bereichen in weiten Bögen (Dister 1980). Der das Gebiet prägende Mäanderbogen ist der ehemalige Stockstadt-Erfelder Rheinbogen (Abb. 1). Die größten Erhebungen des Kühkopfs sind die Sommerdämme, alle anderen Flächen werden bei großen Hochwässern überflutet.

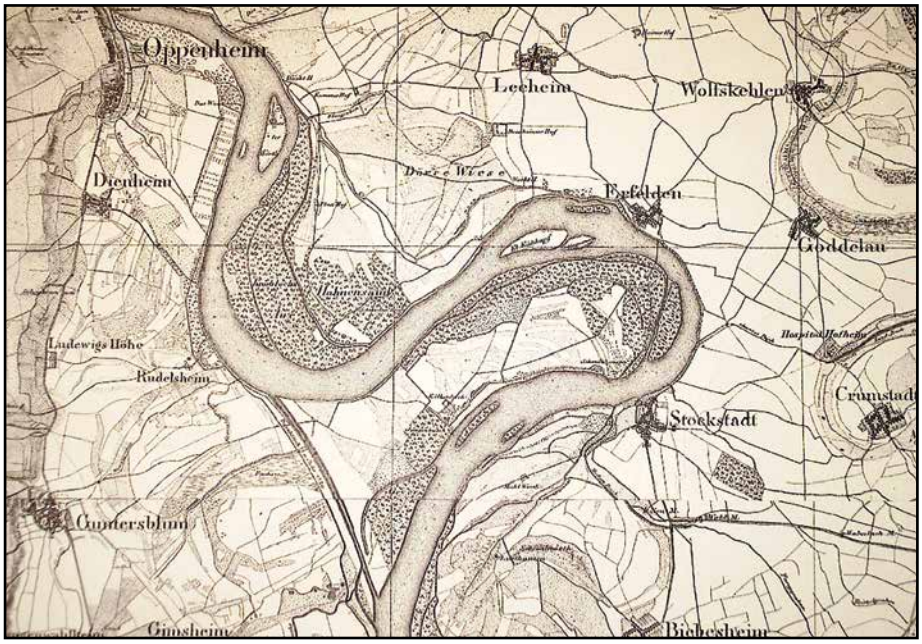

Abb. 1: Rheinverlauf im Bereich des Kühkopfs mit dem Durchstich der Rheinschleife bei der Rheinbegradigung. Vermessen im Jahr 1829 oder kurz danach (vgl. Grossherzogtum Hessen 1823 – 1850).

Die bewaldete Fläche des NSG beträgt in etwa 1.150 ha (Gonnermann 2002). Davon entfallen auf die Weichholzaue ca. 14 ha (HLFWW 2000). Die Hartholzaue am Kühkopf lässt sich nach der mittleren Überflutungsdauer und -höhe über die Vegetationszeit in die tiefe, mittlere und hohe Hartholzaue untergliedern (Dister 1980). Nach dieser Einteilung entfallen auf die Hartholzaue auf tiefem Niveau 377 ha, auf die mittlere Hartholzaue 547 ha und auf die Hartholzaue auf hohem Niveau 244 ha (HLFWW 2000).

Der Bereich des heutigen NSG Kühkopf-Knoblochsaue wurde wie der gesamte Oberrhein durch Begradigung und Eindämmung im 19. und 20. Jahrhundert stark verändert. Der Kühkopf in seiner heutigen Form entstand durch den Durchstich des Mäanders 1828 / 29 (Dister 1980; Abb. 1). Seitdem ist der Kühkopf eine Insel zwischen dem Neurhein und dem Stockstadt-Erfelder Altrhein. Nach der Aufgabe von Sommerdämmen nach zwei großen Hochwassern 1983 wurden dort ca. 150 ha Offenland der natürlichen Sukzession überlassen.

Durch die Begradigung und Eindämmung hat die Fließgeschwindigkeit im Rhein stark zugenommen und so zu einer Eintiefung des Flussbettes geführt (Schäfer 1973, Dister 1999). Im Bereich des NSG Kühkopf-Knoblochsaue zeigen sich die stärksten Auswirkungen bei Niedrig- und Mittelwasser. Beispielsweise senkte sich dort der mittlere Grundwasserspiegel um fast 2 bzw. 1,6 m (Dister 1980, 1999). Dadurch und bedingt durch Sedimentationsprozesse nach Hochwassern innerhalb der Auwälder wachsen die Auen aus dem Überflutungsbereich heraus. Heute liegt der Kühkopf daher etwa 1,8 m „höher“ in Bezug zum Mittelwasser. Für das NSG hat sich die mittlere Überflutungsdauer und -häufigkeit von 38 Tagen im 19. Jahrhundert auf nur noch etwa 6 Tage pro Jahr gesenkt (HLFWW 2000, vgl. auch Baumgärtel 2004, Dister 1980, 1999). Dies führt zu einer Verschiebung der Auenstufen (Dister 1999) und ihrer Baumartenzusammensetzung. Dennoch ist die Wasserschwankung in der Aue auch heute noch der prägende Faktor für die Vegetation. Heute lassen sich drei Stufen der Hartholzaue unterscheiden (Baumgärtel 2004):

Die **untere Hartholzaue** mit einer mittleren Überflutung von 7 bis 16 Tagen ist in ihrer Natürlichkeit stark gestört, da sie hauptsächlich von Pappel- und Kopfweidenbeständen geprägt ist, die überwiegend im verlandeten alten Flussbett des Altrheins stocken. Mit 190 ha machen Kopfweidenbestände den größten Teil aus, die übrige Fläche ist mit Pappelbeständen mit vereinzelten Stieleichen bestockt. Diese Baumarten sind in der Lage, die dort bis zu 62 Tage dauernde Überflutung langfristig zu überleben.

Die **mittlere Hartholzaue** wird pro Jahr durchschnittlich nur noch 2 bis 5 Tage, maximal bis 29 Tage überflutet. Dies führt zu einem struktur- und artenreichen Wald mit vielen Straucharten. Vor allem der Eingriffelige Weißdorn hat große Anteile. Auch die Stieleiche ist hier im Altbestand stark vertreten, in den jüngeren Altersklassen fehlt sie praktisch völlig.

Die **hohe Hartholzaue** findet sich hauptsächlich im Sommerpolder in der Knoblochsaue sowie auf den höher gelegenen Flächen auf dem Kühkopf. Sie weist eine mittlere Überflutung während der Vegetationsperiode von einem Tag bis zu 11 Tagen auf. Unter diesen Bedingungen prägen neben der Stieleiche vor allem die Esche und der Berg-Ahorn die Bestände.

Im herrschenden Bestand dominierten zum Zeitpunkt der Forstinventur 1999 die Esche (37 %), Weiden (22 %), Pappeln (19 %), Eichen (12,7 %) und (Berg-) Ahorn (5,5 %). In der Strauchschicht war und ist ein hoher Anteil an Bergahorn zu beobachten, welcher durch seine Schattentoleranz im Unterstand gedeiht und von der reduzierten Überflutungshäufigkeit profitiert. Ähnliches gilt auch für die Esche (Baumgärtel 2004, Gonnermann 2002). Die Silber-Weide ist hauptsächlich auf Standorte der Weichholzaue begrenzt und tritt kaum in Konkurrenz mit den anderen Arten. Pappeln zeigen vor allem in den jungen Altersklassen von 20 bis 40 Jahren Dominanz. Dies ist wesentlich auf die Sukzessionsflächen nach 1983 zurückzuführen. Der hohe Anteil älterer Klassen ist der gezielten Förderung von Hybridpappeln bis in die 1970er Jahre zuzuschreiben. Ähnliches zeigt sich auch beim Ahorn, welcher ebenfalls durch Pflanzung eingebracht und gefördert wurde.

Bei den Eichen finden sich vor allem große Anteile in den alten, starken Dimensionen von bis zu 120 cm Brusthöhendurchmesser (BHD) (Baumgärtel

2004, Dister 1985, Gonnermann 2002). Diese Eichenbestände stammen zum Teil aus der Zeit vor der Rheinbegradigung. Die damaligen Bedingungen mit stärkeren und häufigeren Überflutungen sowie die historische Bewirtschaftung im Mittelwaldbetrieb brachten der Stieleiche Vorteile gegenüber den heute konkurrenzstarken Eschen und Ahornen (Baumgärtel 2004). Heute kann sich die Eiche auch in den Wäldern im NSG Kühkopf-Knoblochsaue kaum mehr natürlich etablieren, junge und schwache Dimensionen fehlen in Altbeständen fast vollständig (Dister 1985). Dagegen finden sich nennenswerte Eichenanteile in der Verjüngungsphase auf den Sukzessionsflächen aus dem Jahr 1983 (Baumgärtel & Grüneklee 2002).

Maßnahmenplanung

Seit der letzten Verordnungsnovellierung 1998 gilt für die Wälder des Naturschutz- und FFH-Gebietes der Prozessschutz (Ernst 2002, RP Darmstadt 2011). Ausnahmen waren bis 2005 die Umwandlung von 87,5 ha Hybridpappelbeständen mittels Voranbau in Stieleichen-dominierte Auwälder im Bereich der tiefen Hartholzaue (Baumgärtel 2007). Nur dort konnte davon ausgegangen werden, dass sich die Eiche langfristig gegen Esche und Ahorn behaupten kann, die weniger überflutungstolerant sind.

Die Jagd ist in den Regelwerken zum Gebiet als dienendes Instrument der Gebietspflege beschrieben und auf die Regulierung von Schalenwildbeständen zur Förderung der Naturverjüngung der Wälder reduziert.

Verjüngung der Stieleiche im NSG Kühkopf-Knoblochsaue

Aufgrund der flächendeckenden gravierenden Veränderungen praktisch aller mitteleuropäischen Flussauen (Brunotte et al. 2009) ist es an keiner Stelle möglich, den Prozess einer natürlichen Etablierung junger Stieleichen in Flussauen empirisch zu belegen; mit einer großen Ausnahme, nämlich dem NSG Kühkopf-Knoblochsaue in Hessen. Bedeutsam für die Eichenverjüngung sind Sukzessionsflächen der heutigen Hartholzauestufe, die seit dem großen Hochwasser 1983 mit seinen Dammbrüchen wieder unmittelbar an das Abflussregime des Rheins angebunden sind (Gonnermann 2002, RP Darmstadt 2011, Abb. 2).

In der Folgezeit hat sich – neben anderen Gehölzen – Stieleichenverjüngung in der Etablierungsphase eingefunden (Baumgärtel & Grüneklee 2002). Zur Quantifizierung der Eichenverjüngung wurde 2014 eine Inventur (Vollaufnahme) der Eichenjungwüchse auf insgesamt 4,53 Hektar durchgeführt, aufgeteilt in **fünf Strukturtypen** („Straten“, Tab. 1).

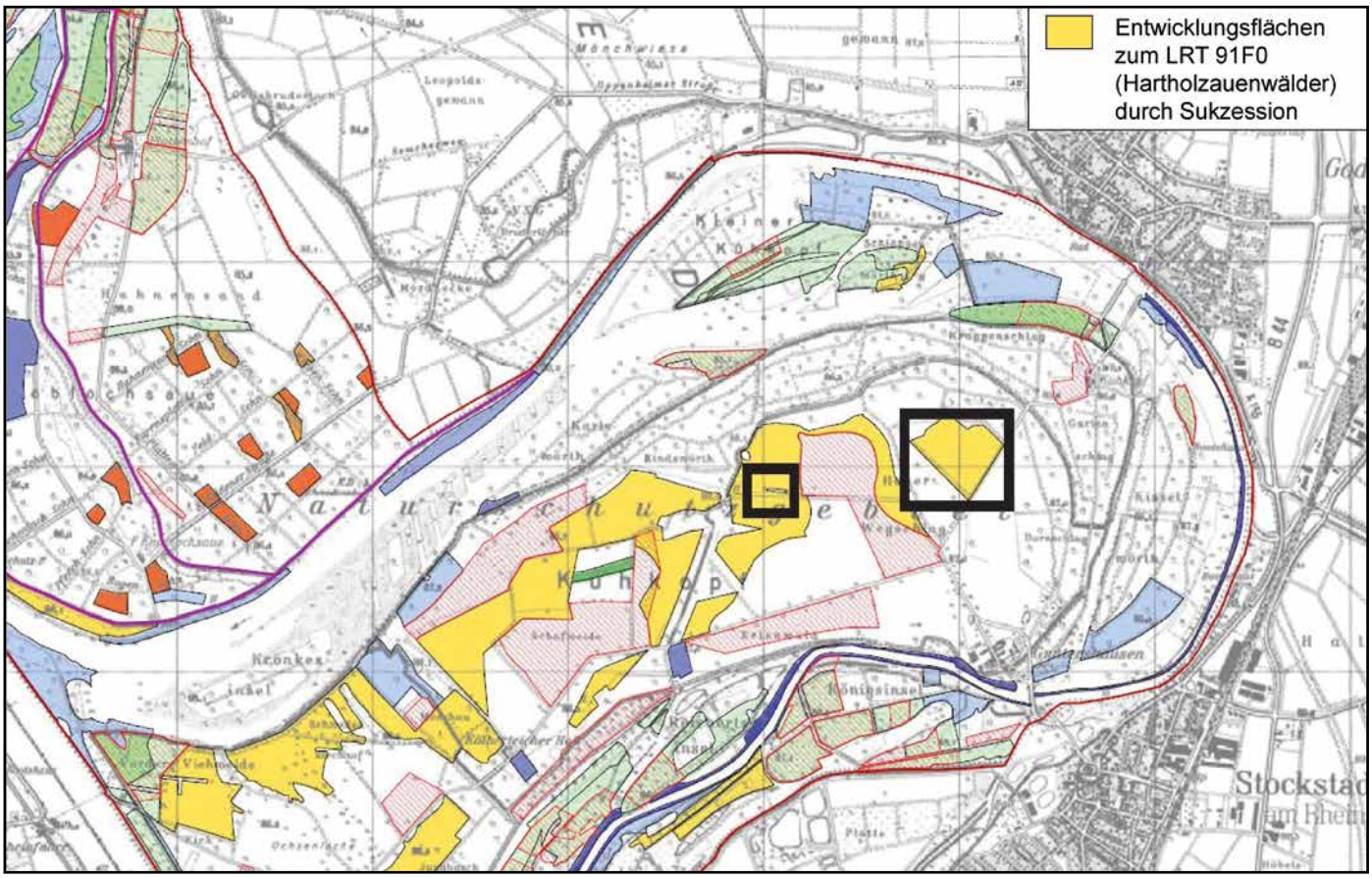

Abb. 2: NSG Kühkopf-Knoblochsaue mit Lage der untersuchten Flächen Rindswörth (links) und Versuchsfeld (rechts). Gelb markiert sind die Flächen, die einer natürlichen Sukzession überlassen sind. (Quelle: AG Kühkopf-Knoblochsaue)

Tab. 1: Flächengrößen und Anzahl an Eichenindividuen je Hektar in den fünf Straten. 1 = strauchreicher Pionierwald; 2 = offener bis lückiger Gehölzkomplex; 3 = halboffener bis geschlossener Gehölzkomplex; 4 = fast geschlossener Gebüschkomplex, gezäunt; 5 = geschlossener Pionierwald, gezäunt

	Versuchsfeld					Rindswörth
	gesamt	Stratum 1	Stratum 2	Stratum 3	Stratum 4	Stratum 5
Flächengröße (ha)	4,5	0,8	2,9	0,5	0,3	0,2
Baumzahlen absolut	155	26	32	72	13	12
Baumzahlen pro ha	34	33	11	144	39	60

Tab. 2: Anzahl der Jung-Eichen in der Krautschicht (Etablierungsphase) und ihre jeweilige Verbissbelastung. Schlüssel zu den Straten in Tab. 1

	Versuchsfeld					Rindswörth
	gesamt	Stratum 1	Stratum 2	Stratum 3	Stratum 4	Stratum 5
nicht verbissen	31	2	19	7	1	2
leicht verbissen	12	1	4	7	0	0
moderat verbissen	6	0	3	3	0	0
stark verbissen	16	3	3	10	0	0

Im Hinblick auf den **Wildverbiss** zeigten die Straten große Unterschiede (Tab. 2). Auffallend war der große Unterschied zwischen Stratum 2 (Gebüsch; kaum Verbiss) und Stratum 3 (halboffener bis geschlossener Gehölzkomplex; hoher Verbissgrad). In Stratum 3 war etwa die Hälfte der Eichen moderat verbissen oder „bonsaiartig" verbuscht (Tab. 2).

Die **Größen** der Jung-Eichen (Schichtzugehörigkeit) sowie ihre **Vitalität** (Indikatoren: Höhen- und Durchmesserverteilung, Kronenprozent, h/d-Wert, soziale Stellung) und damit der Entwicklungszustand der Eichen waren zwischen den Straten auf dem „Versuchsfeld" sehr unterschiedlich. In allen fünf Straten fanden sich Eichen der Etablierungsphase in allen Schichten (Abb. 3). Bemerkenswert für das offene Stratum 2 war der mit 29 Jung-Eichen (91 % der Individuen) sehr hohe Anteil an mehrjährigen Jung-Eichen in der Krautschicht. Im strauchreichen Pionierwald (Stratum 1) befand sich etwa die Hälfte der Jung-Eichen in der Strauchschicht (n = 13), 7 in der Baumschicht. Relativ viele Jung-Eichen der beiden Straten mit Anteilen gras- und staudenreicher Bodenvegetation (Straten 1, 3) haben trotz Wildverbiss Wuchshöhen über der Reichhöhe des Rehwildes erreicht. In dem umzäunten fast geschlossenen Gebüschkomplex (Stratum 4) fanden sich über 90 % der Individuen in Strauch- und Baumschicht. Auch der umzäunte geschlossene Pionierwald (Stratum 5) wies erhebliche Anteile an Jung-Eichen in der Strauch- und Baumschicht auf, und nur mehr wenige Individuen in der Krautschicht (Abb. 3).

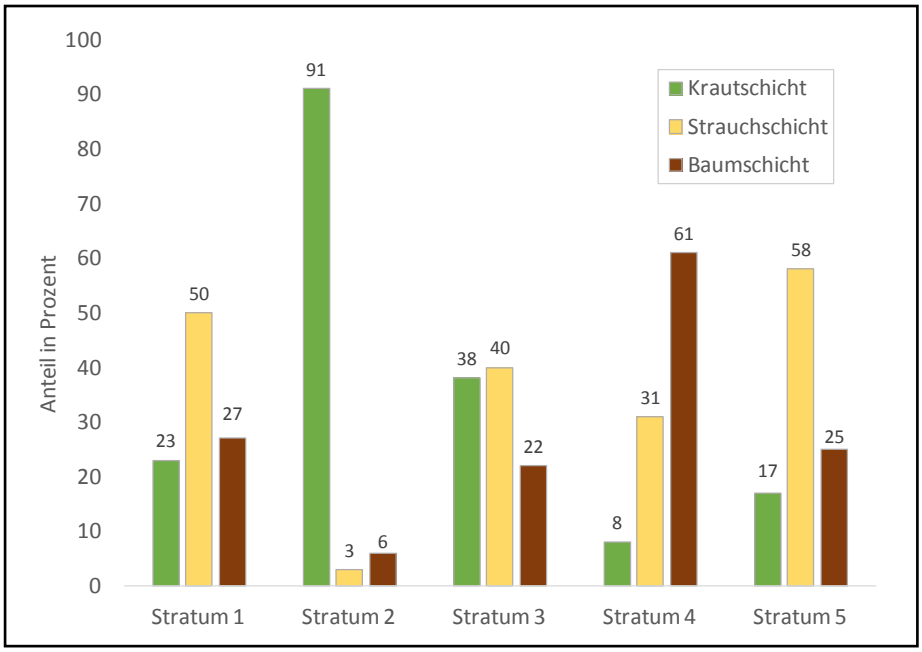

Abb. 3: Schichtzugehörigkeit der Jungeichen der fünf Straten. Angegeben sind die prozentualen Anteile. Schlüssel zu den Straten in Tab. 1

Wuchshöhen und **Stammdurchmesser** waren zwischen den verschiedenen Straten sehr unterschiedlich (Abb. 4). Bemerkenswert ist das Vorkommen auch großer Jung-Eichen in allen Straten, jedoch mit unterschiedlicher Häufigkeit. Auf den umzäunten Flächen (Straten 4, 5) waren die Eichen bezüglich Wuchshöhe und Durchmesser am besten entwickelt.

Die an der **Kronenentwicklung** (Kronenanteil) bemessene Vitalität der Eichen unterscheidet sich nur wenig. Einen etwas höheren mittleren Kronenanteil zeigten die umzäunten Flächen (Straten 4 und 5), dort ist auch die Streuung der Werte am geringsten.

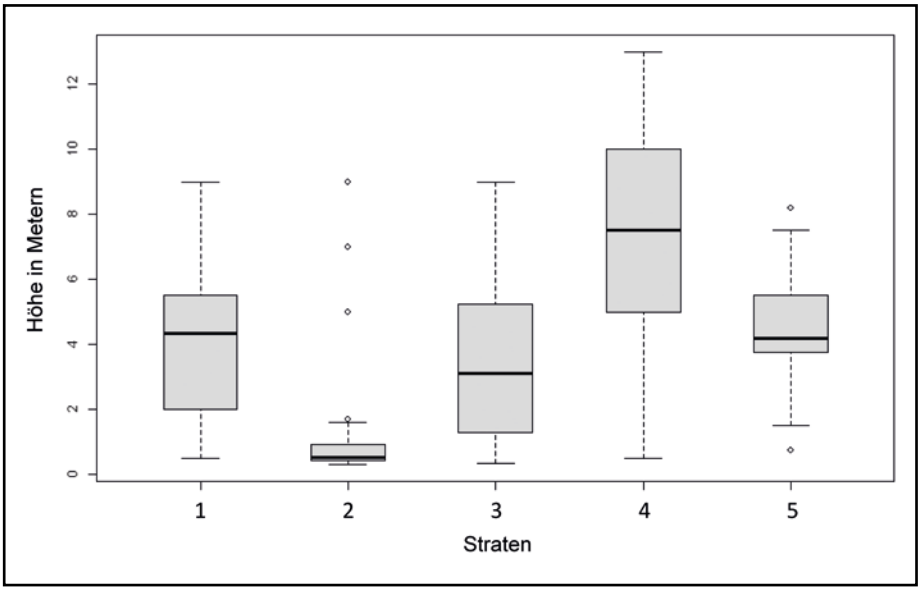

Abb. 4: Wuchshöhen der Eichen in den fünf Straten. 1 = strauchreicher Pionierwald; 2 = offener bis lückiger Gehölzkomplex; 3 = halboffener bis geschlossener Gehölzkomplex; 4 = fast geschlossener Gebüschkomplex, gezäunt; 5 = geschlossener Pionierwald, gezäunt (Rindswörth)

Für die Jung-Eichen in der Baum- und Strauchschicht wurde die Relation zwischen Wuchshöhe und Stammdurchmesser als Maß der **einzelbaumweisen Stabilität** ermittelt. Stabil waren die meisten baumförmigen Eichen in den umzäunten Flächen von Stratum 4 (Tab. 3). Überwiegend instabile Eichen in der Baumschicht fanden sich im gebüschartigen Stratum 1 und im Sukzessionswald Rindswörth (Stratum 5). In der Strauchschicht aller Straten war die überwiegende Mehrzahl der Jung-Eichen als instabil einzustufen.

Die **soziale Stellung** der Bäume im Waldbestand wird durch die Kraft´schen Klassen charakterisiert (Burschel & Huss 2003). Die meisten Jung-Eichen, vor allem in der Krautschicht, waren demnach als „beherrscht“ oder „unterdrückt“ anzusprechen. Bemerkenswert ist jedoch der mit 40 Individuen insgesamt hohe Anteil an vorherrschenden und herrschenden Eichen. Die gezäunten Flächen weisen den höchsten Anteil an mitherrschenden, herrschenden und vorherrschenden Stieleichen auf.

Schlussfolgerung

In natürlichen Flussauen wird bei Hochwasser Substrat an bestimmten Stellen erodiert, transportiert und weiter flussabwärts oder auch in peripheren Auenbereichen abgelagert. Hierdurch entstehen neue Grenzbereiche zwischen „überlebenden“ Wäldern und Gebüschen sowie neue Oberflächen, die in kurzer Zeit von Pionierarten, darunter Weiden und Pappeln, besiedelt werden. Gelingt es der Stieleiche, in diesen lichtreichen Bestandesentwicklungsphasen bereits anfänglich zusammen mit Pionieren heranzuwachsen und „durchzuhalten“, bis die kurzlebigen Weiden und Pappeln auszufallen beginnen, so kommt der Eiche nach dem Zusammenbruch der kurzlebigen Weichlaubhölzer ihre Langlebigkeit zugute. Hierbei ist auch von Bedeutung, dass nach einem Hochwasserereignis 2013 für das Untersuchungsjahr von einem eher geringen Rehwildbestand ausgegangen werden muss.

Die Stieleiche hat das Potential, sich nach starken Hochwasserereignissen in Hartholzauen in ihrem Initialstadium erfolgreich natürlich zu etablieren und auch in die Baumschicht einzuwachsen. Auf der Grundlage der Beobachtungen am Kühkopf kann angenommen werden, dass die Stieleiche in Hartholzauen als Bestandteil der potentiellen natürlichen Vegetation anzusehen ist und auch zukünftig mit teilweise erheblichen Anteilen eine Rolle bei der Waldentwicklung spielen wird, wenn (1) das natürliche Überflutungsregime unter Einschluss der natürlichen Morphodynamik gesichert ist, (2) die Habitattradition von samenspendenden Alt-Eichen weitergeführt wird, und (3) eine Wildbestandsregulierung gewährleistet ist. Die Stieleiche ist zu Recht Bestandteil der natürlichen Vegetation dieses Lebensraumes, was sich auch im Namen *Querco-Ulmetum* verdeutlicht (Reif et al. 2016).

Das Ausbleiben der natürlichen Eichenetablierung in den heutigen Überflutungsauen ist auf die weitgehend fehlende Substratdynamik nach starken Hochwässern und damit fehlende natürliche Auensukzession sowie Verbiss durch hohe Rehwilddichten zurückzuführen.

Tab. 3: Stabilität der Eichen in der Baumschicht der fünf Straten, abgeleitet über den h/d-Wert. Schlüssel zu den Straten in Tab. 1.

	Stratum 1		Stratum 2		Stratum 3		Stratum 4		Stratum 5	
	Anzahl		Anzahl		Anzahl		Anzahl		Anzahl	
	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %	absolut	in %
sehr instabil	9	25	5	71	0	0	0	0	0	0
instabil	7	19	1	15	0	0	0	0	2	67
stabil	19	53	1	15	1	50	8	100	1	33
solitär	1	3	0	0	1	50	0	0	0	0

Durch den Ausfall der Feldulme und aktuell durch das Absterben der Eschen ändern sich die Lichtverhältnisse in den bestehenden Hartholzauen drastisch, das scheint aber eher Sträuchern wie Hartriegel und Schwarzdorn zu Gute zu kommen und weniger der Stieleiche. Auch außerhalb der Schutzgebiete sollte daher die Eiche als langlebige, naturschutzfachlich wertgebende Art konsequent gefördert und in die rezente Aue eingebracht werden, beispielsweise auch im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen.

Kontakt

Prof. Dr. Dr. h. c. Albert Reif
Professur für Standorts- und Vegetationskunde
Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Universität Freiburg
Tennenbacherstraße 4
79085 Freiburg
Albert.Reif@waldbau.uni-freiburg.de

Ralph Baumgärtel
Forstamt Groß-Gerau
Robert-Koch-Straße 3
64521 Groß-Gerau
Ralph.Baumgaertel@forst.hessen.de

Prof. Dr. i. R. Emil Dister,
Prof. Dr. Erika Schneider
Professur für Fluss- und Auenökologie
KIT, Institut für Geographie und Geoökologie
Außenstelle WWF-Auen-Institut
Josefstraße 1
76437 Rastatt
ER.Dister@neuf.fr
Erika.Schneider@partner.kit.edu

Literatur

Baumgärtel, R.; Grüneklee, W. (2002): Sukzession nach Dammbruch auf ehemaligen Ackerflächen in der Rheinaue: Ergebnisse nach 17 Jahren ungestörter Sukzession auf der Rheininsel Kühkopf. Natur & Landschaft 77: 269 – 273.

Baumgärtel, R. (2004): Zur aktuellen Situation der Hartholz-Auenwälder im Naturschutzgebiet „Kühkopf-Knoblochsaue“. Bot. Natursch. Hessen 17: 53 – 61.

Baumgärtel, R. (2007): Anlage von Auwald durch Umbau von Hybridpappelbeständen am nördlichen Oberrhein. Forst & Holz 62: 26 – 29.

Bobiec, A.; Reif, A.; Öllerer, K. (2018): Seeing the oakscape beyond the forest: a landscape approach to the oak regeneration in Europe. Landsc. Ecol. 33: 513 – 528.

Brunotte, E., Dister, E.; Günther-Diringer, D.; Koenzen, U.; Mehl, D. (2009): Flussauen in Deutschland – Erfassung und Bewertung des Auenzustandes. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Bonn-Bad Godesberg. 36 S.

Burschel, P.; Huss, J. (2003): Grundriss des Waldbaus. Stuttgart. 487 S.

Dister, E. (1980): Geobotanische Untersuchungen in der hessischen Rheinaue als Grundlage für die Naturschutzarbeit. Diss. Univ. Göttingen. 170 S.

Dister, E. (1985): Zur Struktur und Dynamik alter Hartholzauenwälder (*Querco-Ulmetum* Issl. 24) am nördlichen Oberrhein. Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich 123: 13 – 31.

Dister, E. (1995): Die Ökologie der Flußauen und ihre Beeinträchtigung durch den Verkehrswasserbau. Das 2. Elbe-Colloquium, Edition Arcum: 56 – 64

Dister, E. (1999): Folgen der Sohleneintiefung für die Ökosysteme der Aue. IHP/OHP-Berichte 13 (Hydrologische Dynamik im Rheingebiet): 157 – 165.

Dister, E. (2002): Der Kühkopf – ein Auen-Schutzgebiet von europäischer Bedeutung. In: RP Darmstadt (Hrsg.): 50 Jahre Naturschutzgebiet Kühkopf-Knoblochsaue. 5 – 10.

Dolek, M.; Bussler, H.; Schmidl, J.; Geyer, A.; Bolz, R.; Leigl, A. (2008): Vergleich der Biodiversität verschiedener Eichenwälder anhand xylobionter Käfer, Nachtfalter und Ameisen. In: LWF (Hrsg): Ökologische Bedeutung und Schutz von Mittelwäldern in Bayern. Freising. 5 – 37.

Ernst, M. (2002): Internationaler Schutz: Europareservat, FFH-Gebiet, EU-Vogelschutzgebiet. In: RP Darmstadt (Hrsg.): 50 Jahre Naturschutzgebiet Kühkopf-Knoblochsaue. 1 – 22.

Frye, J.; Grosse, W. (1992): Growth responses to flooding and recovery of deciduous trees. J. Biosci. 47: 683 – 689.

Gonnermann, H. (2002): Die Wälder des Naturschutzgebietes – von der Pappelwirtschaft zum Prozeßschutz. In: RP Darmstadt (Hrsg.): 50 Jahre Naturschutzgebiet Kühkopf-Knoblochsaue: 28 – 42.

Grossherzogtum Hessen (1823 – 1850): Karte von dem Großherzogthume Hessen. Nr. 22 Darmstadt und Nr. 26 Worms In: Historische Kartenwerke. www.lagis-hessen.de/de/subjects/idrec/sn/hkw/id/75

Hasel, K.; Schwarz, E. (2006): Forstgeschichte. Ein Grundriss für Studium und Praxis. 3. Aufl. Remagen. 394 S.

HLFWW (Hessische Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldökologie und Waldforschung) (2000): Schlussverhandlung zur Forsteinrichtung des Staatswaldes Kühkopf-Knoblochsaue zum 1.1.2000 (unveröffentlicht).

Ikauniece, S.; Brumelis, G.; Kondratovics, T. (2012): Naturalness of *Quercus robur* stands in Latvia, estimated by structure, species, and processes. Estonian J. Ecol. 61: 64 – 81.

Kühne, C. (2004): Verjüngung der Stieleiche (*Quercus robur* L.) in oberrheinischen Auenwäldern. Diss. Univ. Göttingen. 187 S.

Kühne, C; Bartsch, N. (2006): Verjüngung der Stieleiche am Oberrhein zwischen Karlsruhe und Speyer. Waldschutzgeb. Baden-Württ. 10: 75 – 84.

RP (Regierungspräsidium) Darmstadt (Hrsg.) (2011): Maßnahmenplan (Bewirtschaftungsplan) für das FFH/VS Gebiet Kühkopf-Knoblochsaue. Darmstadt. 95 S.

Reif, A.; Gärtner, S. (2007): Die natürliche Verjüngung der laubabwerfenden Eichenarten Stieleiche (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Quercus petraea* Liebl.) – eine Literaturstudie mit besonderer Berücksichtigung der Waldweide. Waldökol. onl. 5: 79 – 116.

Reif, A.; Baumgärtel, R.; Dister, E.; Schneider, E. (2016): Zur Natürlichkeit der Stieleiche (*Quercus robur* L.) in Flussauen Mitteleuropas – eine Fallstudie aus dem Naturschutzgebiet „Kühkopf-Knoblochsaue“ am hessischen Oberrhein. Waldökol., Landsch.forsch. Natursch. 15: 69 – 92.

Rennwald, E. (2000): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Schriftenr. Vegetationsk. 35: 1 – 800.

Roloff, A.; Bärtels, A. (2014): Flora der Gehölze – Bestimmung, Eigenschaften, Verwendung. Stuttgart. 915 S.

Schäfer, W. (1973): Altrhein-Verbund am nördlichen Oberrhein. Frankfurt am Main. 63 S.

Späth, V. (2002): Hochwassertoleranz von Waldbäumen in der Rheinaue. AFZ/Wald 57: 807 – 810.

UM BW (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg) (Hrsg.) (2011): Das Integrierte Rheinprogramm. Hochwasserschutz und Auenrenaturierung am Oberrhein. Stuttgart. 17 S.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch Naturschutz in Hessen

Jahr/Year: 2019

Band/Volume: 18

Autor(en)/Author(s): Reif Albert, Baumgärtel Ralph, Dister Emil, Schneider Erika

Artikel/Article: Natürliche Auendynamik ermöglicht Verjüngung der Stieleiche – Fallbeispiel NSG Kühkopf-Knoblochsaue in Hessen 98-103