

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	N.F. 21	4	635 - 658	2015	Freiburg im Breisgau 8. November 2015
--	---------	---	-----------	------	--

Von der „Kieswüste“ zum Auenwald: Gehölzentwicklung auf einer Auskiesungs- fläche am südlichen Oberrhein

VON

LUKAS THIESS, REINHARD ZIMMERMANN, ALBERT REIF*

Zusammenfassung: Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Gehölzsukzession auf einer Auskiesungsfläche am südlichen Oberrhein bei Kleinkems untersucht. Die untersuchte Fläche dient als Hochwasserretentionsbecken und wurde zwischen 2010 und 2011 durch Kiesentnahme ausgehoben. Schwarz-Pappel (*Populus nigra*) und Silber-Weide (*Salix alba*), die typischen Gehölzarten der Weichholzaue, besiedelten die Untersuchungsfläche bereits im Sommer 2011. Im Juli 2013 wurde die Individuendichte der beiden Arten durch ein systematisches Inventurverfahren kartiert. Die lokalen Unterschiede der Fließgeschwindigkeit bei Hochwasser wurden in 3 Klassen rekonstruiert und ihr Einfluss auf die Vegetation untersucht. Es zeigte sich, dass die standörtlichen Schwerpunkte der beiden Gehölzarten sehr unterschiedlich sind. Auf etwas erhöht gelegenen Standorten, also am Rande der Fläche und auf mächtigen Sedimentauflagen, war die Pappeldichte am größten. Die Weide dagegen dominierte in niedrigeren Bereichen, in denen nach Abfluss des Hochwassers für etwas längere Zeit noch Wasser verblieb. Die lokalen Fließgeschwindigkeitsunterschiede während der Hochwasserspitze stellten sich als einflussreich heraus. In solchen Bereichen der Untersuchungsfläche, in denen das Wasser eher langsam geflossen war, erreichte die Pappel eine fünfmal so hohe Dichte wie die Weide. Mittlere und schnelle Fließgeschwindigkeiten führten zu gleichmäßigerer Verteilung der Arten. Insgesamt wuchsen auf der Untersuchungsfläche rund 50 % mehr Pappeln als Weiden. Die Gründe für die räumliche Verteilung der Weiden und Pappeln liegen wahrscheinlich in der unterschiedlichen Trockenheits- und Nässetoleranz sowie Biegsamkeit der beiden Arten. Die Schwarz-Pappel erträgt stärkeren Wassermangel als die Silber-Weide, ist aber anfälliger gegenüber Überschwemmungen. Zu Beginn des Sommerhochwassers 2013 hatte die Pappel bereits größere Höhen erreicht. Dies ermöglichte ihr ein Überleben während

* B.Sc. Lukas Thies, Prof. Dr. Dr. h.c. Albert Reif, Universität Freiburg, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen, Professur für Standorts- und Vegetationskunde, Tennenbacher Str. 4, D-79106 Freiburg. E-Mail: LukasThiess@gmx.de, albert.reif@waldbau.uni-freiburg.de.

Reinhard Zimmermann, 17 Grand'Rue, F-68600 Geiswasser.
zimmermann.lange@o2online.de

des langdauernden Sommerhochwassers im Sommer 2013. Die jungen Silber-Weiden dagegen überlebten im Bereich der Hauptrinne (Schlut) bei hoher Strömungsgeschwindigkeit aufgrund ihrer höheren Biegsamkeit.

Da die Ergebnisse der Arbeit den Kenntnissen aus natürlichen Auengesellschaften stark ähneln und die Bedingungen mittelfristig wohl konstant bleiben werden, ist davon auszugehen, dass sich auf der untersuchten Fläche in wenigen Jahren ein Auwald vom Typ des *Salicetum albae*, also der natürlichen Weichholzaue, einstellt.

Schlüsselwörter: Weichholz-Auenwald, *Populus nigra*, *Salix alba*.

From “desert of gravel” to alluvial forest: woodland development on a former borrow pit in the Upper Rhine valley

Abstract: This study describes the woody plant succession on an excavated area located in the Upper Rhine valley near Kleinkems, Southwest Germany. The studied area serves as a flood retention basin made by extracting gravel during 2010-2011. Black poplar (*Populus nigra*) and white willow (*Salix alba*), typical early successional alluvial woody species, had already populated the area in the summer of 2011.

In July 2013 the population density of the two species was mapped using a systematic inventory design. Local differences in the flow rate at high water levels were divided into three classes and the influence of the different water levels on the vegetation was studied. It was found that the site conditions where the two woody species grow were very different. Poplar density was greatest at slightly higher elevations on the edge of the area and on deeper sediments; whereas, willow dominated lower lying areas where flood waters persisted for a longer time. Local differences in the speed of water flow during the flood’s peak proved to be most influential. In the area where the water had flowed more slowly, poplar was five times as dense as willow, while medium and fast flow rates resulted in a more uniform distribution of the species. Overall, about 50 % more poplars than willows grew in the study area.

The reason for the spatial distribution of willows and poplars was probably due to differences in drought and inundation tolerance and in the stem flexibility of the two species. Although black poplar can tolerate water shortages better than white willow, it is more vulnerable to floods. At the beginning of the flood in the summer of 2013, poplar had attained greater heights and this enabled it to survive during the long-lasting flood that year. The young white willow, however, survived in the main channel at high flow velocities due to their greater stem flexibility.

Since the results of our study are similar to earlier investigations of natural alluvial plant communities and the existing conditions are likely to remain constant in the medium term, it can be expected that a floodplain forest consisting of early successional alluvial species of the *Salicetum albae* type will establish on the study area within a few years.

Key words: Often flooded riverside Wood, *Populus nigra*, *Salix alba*.

1. Vorgeschichte: Die Bändigung des Rheinstroms

In der mitteleuropäischen Kulturlandschaft überprägt der Mensch zunehmend die natürlichen Prozesse. Über Jahrtausende erstreckte sich der südliche Oberrhein als Wildstrom über eine Aue von zwei bis drei Kilometern Breite, bestehend aus einer Hauptrinne sowie zahlreichen Nebenarmen, Kiesbänken, Inseln und ausgedehnten Auwäldern. Die ständig wiederkehrenden Hochwässer ließen eine Besiedlung nur auf der angrenzenden Niederterrasse oder auf Inseln wie Breisach zu.

Um permanente Siedlungsfläche zu gewinnen, die Hochwassergefahr zu reduzieren, den Rhein schiffbar zu machen und die Grenze zu Frankreich deutlich festzulegen, wurde Johann Gottfried Tulla, geboren 1770 in Karlsruhe, im Jahre 1809 durch den Markgrafen von Baden offiziell mit der Aufgabe betraut, den Rhein zu „korrigieren“. Die nach seinen Plänen zwischen 1817 und 1876 durchgeführten Arbeiten umfassten Dammbauten, Eindeichungen, Durchstiche von Flussschlaufen und Einengung des Flussbetts auf eine Breite von nur mehr 200 bis 300 Metern (BERNHARDT 2000, SCHNEIDER 1966, TÜMMERS 1999).

Durch die erhöhte Fließgeschwindigkeit und den eingeeengten Verlauf grub sich der Fluss tiefer in sein Bett und verließ es selbst bei starken Hochwassern nicht mehr. Außer dem direkten Hochwasserschutz erzielte Tulla damit auch eine Absenkung des Grundwasserspiegels. Infolgedessen fielen große Auenflächen dauerhaft trocken und konnten für ackerbauliche Zwecke genutzt werden.

Tullas Nachfolger Honsell förderte in einer zweiten Ausbauphase primär die Schiffbarmachung von Mannheim bis Basel, um Warenverkehr auf dem Rhein zu ermöglichen (PFARR 2002). Auf Grundlage des Versailler Vertrages, der Frankreich nach dem Ersten Weltkrieg die alleinige Nutzung des Rheinwassers zusicherte, wurde zwischen 1928 und 1968 der Rheinseitenkanal mit 4 Staustufen zwischen Markt und Breisach errichtet, zur Energiegewinnung ausgebaut und der Großteil des Wassers hineingeleitet (PFARR 2002; TÜMMERS 1999). Dies führte im Bereich südlich von Breisach zu einer weiteren Absenkung des Wasserstandes im „Restrhein“ um weitere 1 bis 2 Meter. Nördlich von Breisach erfolgte der Ausbau in Form der sogenannten „Schlingenlösung“ (4 Staustufen), bei welcher die Hauptmenge des Wassers zur Staustufe ausgeleitet wird, danach auf kurze Strecke in den „Restrhein“ zurückgeleitet wird; jedoch beginnt bereits nach kurzer Strecke der Rückstaubereich der folgenden Staustufe. Den Abschluss bildete der „Vollausbau“ (2 Staustufen), bei welchem der gesamte Rheinstrom aufgestaut wird; seitliche Deiche trennen den verbleibenden Rheinstrom von seinen ehemaligen Aueflächen.

Als Folge der Begradigung durch Tulla und des Rheinausbaus im 20. Jahrhundert ist der Hochwasserschutz heute nicht mehr in der früheren Form gewährleistet (PFARR 2002). Der breite Auenstreifen am Oberrhein, der als temporärer Wasserspeicher mit großem Retentionsvolumen diente, ist verloren gegangen. Extreme Hochwässer werden von den Deichen Tullas und Honsells flussabwärts geleitet, wo sie umso stärkere Wirkung entfalten. Daher trägt die Oberrheinregion Verantwortung für die Hochwasserprävention am gesamten Flusssystem. Heute besteht bei starken Hochwässern die Gefahr, dass am nördlichen Oberrhein Deiche überströmt werden oder brechen. Die potenziellen Schäden wären beträchtlich (RP FREIBURG 2011).

Erneut wurde am Oberrhein Hochwasserschutz notwendig. Ende der 1980er Jahre wurde vom Land Baden-Württemberg das Integrierte Rheinprogramm geschaffen. Seine Ziele sind die Wiederherstellung des Hochwasserschutzes und die Renaturierung der Auen. Um dies zu erreichen, werden rechtsrheinisch zwischen Basel und Mannheim 13 Wasserrückhalteräume in Form von Poldern und durch Dammrückverlegungen geschaffen, die mit einem Retentionsvolumen von insgesamt 167 Mio. m³ eintreffende Hochwässer auffangen sollen (RP FREIBURG 2011). Im Rückhalteraum Weil-Breisach werden die Rheindämme abschnittsweise rückverlegt, die vorgelagerten Flächen ausgekiest (Entnahme von 55 Mio. t Kies) und somit ein Höheniveau geschaffen, welches ein Ausufer des Rheins bei Hochwasser, ein maximales Retentionsvolumen vom 25 Mio. m³ auf einer Fläche von geplanten 596 ha wieder ermöglicht.

Sowohl in natürlichen Auen als auch auf den künstlich geschaffenen Retentionsflächen geht ein großer Teil des Wasserrückhaltevermögens auf die Vegetation zurück. Besondere Bedeutung kommt den auecharakteristischen Gehölzen zu, also Weiden (*Salix sp.*) und Schwarz-Pappeln (*Populus nigra*, *P. alba*). Sie setzen durch ihren Widerstand die Strömungsgeschwindigkeit des durchfließenden Wassers herab (SPÄTH & REIF 2000, HENRICHFREISE 2009). Ihre Jungpflanzen durchwurzeln den Boden tiefer als krautige Pflanzen, verringern so die Erosion durch schnell durchfließendes Wasser und stabilisieren die sonst labilen Kiesflächen.

Diese positiven Effekte durch Auwaldentwicklung wurden bei der Konzeption des Integrierten Rheinprogramms miteinkalkuliert, um die gewünschte Wirkung zu erzielen. Dass Weiden und Pappeln die neu ausgekiesten Flächen zügig besiedeln, war unbedingt erwünscht; mancherorts wurde sogar nachgepflanzt (PFARR 2013), um die Sukzession zu beschleunigen und potenzielle Erosionsschäden durch vorzeitig eintreffende Hochwässer zu verhüten.

2. Entstehung eines neuen Auenstandortes am südlichen Oberrhein

Die Wiederherstellung der früheren Hochwassersicherheit erfordert große Eingriffe in die Landschaft. Südlich von Breisach entsteht durch die Maßnahmen des Integrierten Rheinprogramms ein Rückhalteraum aus 4 Abschnitten, die wiederum in mehrere Teilflächen gegliedert sind (Abb. 1). Dies geschieht durch großflächige Tieferlegungen der „Trockenaue“, also des Vorlandes des heutigen Rheinlaufs. Damit erhält der Rhein im Hochwasserfall ein Retentionsvolumen von insgesamt 25 Mio. m³ Wasser (RP FREIBURG 2011).

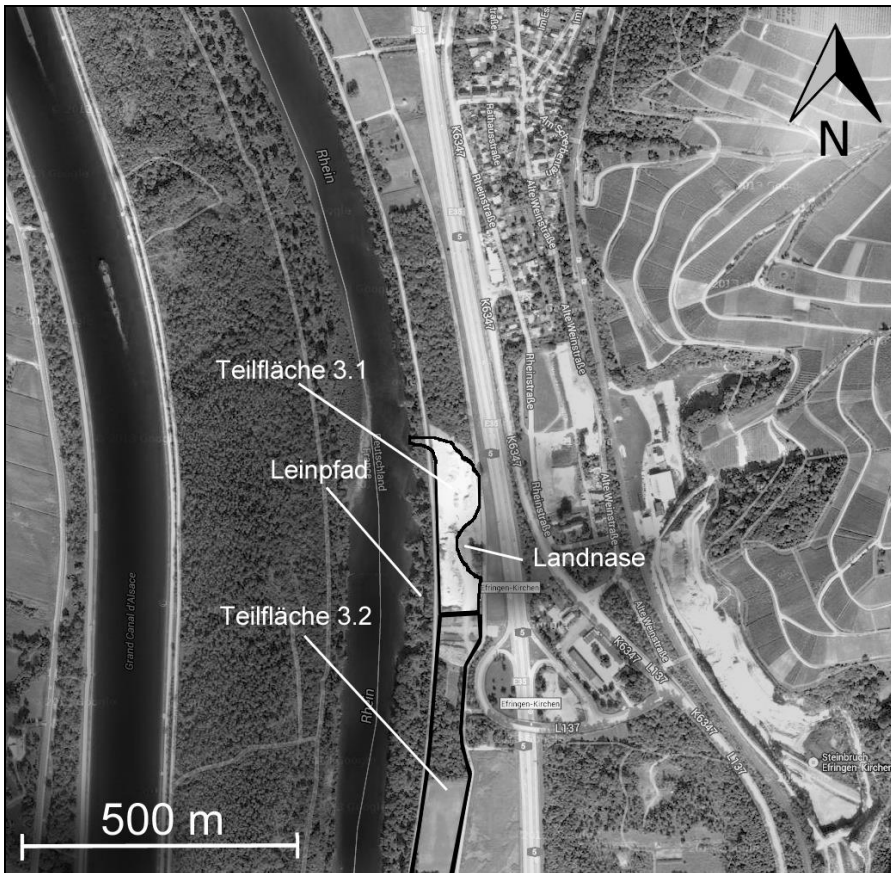


Abb. 1: Teilflächen 3.1 und 3.2 im Abschnitt I des Rückhalteraums Weil-Breisach (Kartenquelle: Google-Satellitenbild 2013).

Der größte Teil des Retentionsvolumens wird von der Teilfläche 3 im Abschnitt I getragen, gelegen auf Höhe der Ortschaft Kleinkems, zwischen Bad Bellingen im Norden und Efringen-Kirchen im Süden, bei Koordinaten 47° 68' 15,12" N und 7° 52' 15,54" O. Sie entsteht durch Tieferlegung des Vorlands um acht bis neun Meter und Rückverlegung des Rheindamms. Reste des früheren Leinpfades trennen sie an ihrer Westflanke noch vom Rhein. Sie hat inklusive der Randhänge eine Nord-Süd-Ausdehnung von rund 450 m und eine Ost-West-Ausdehnung von rund 90 m.



Abb. 2: Erste Überflutung der im April 2011 fertiggestellten Teilfläche 3.1 am 30.06.2011; Blickrichtung flussabwärts. Die Aufnahme entstand bei beginnender Einflutung über die im Bild nicht sichtbare, am oberen linken Bildrand gelegene Einströmöffnung am Rhein. Bei diesem Wasserstand gut erkennbar ist die Feinreliefierung der Tieferlegungssohle. Zwischen der Schlut (-35 cm über mittlerem Auskiesungsniveau, rechts im Bild) und der Senkenfläche (-20 cm, links im Bild und entlang des Leinpfaddamms verlaufend, der nach 2015 ebenfalls noch tiefergelegt werden wird) liegt eine Wallfläche (+20 cm). Die an natürlichen Auenverhältnissen orientierte Feinreliefierung soll eine möglichst rasche Gehölzbesiedlung der Tieferlegungsfläche sicherstellen (Foto: R. Zimmermann).

Ende 2010 wurde begonnen, die Teilfläche 3 von Norden nach Süden auszubaggern (RP FREIBURG 2011). Das nördliche Drittel der Fläche wird als Teilfläche 3.1 bezeichnet, südlich schließt daran die Teilfläche 3.2 an.

Bei Hochwasser soll der Rhein am südlichen Ende der tiefergelegten Fläche einströmen und sie zunächst entlang der zentralen Rinne (Schlut) durchfließen, bevor größere Wassermengen die Fläche vollständig auffüllen (maximales Rückhaltevolumen ca. 0,35 Mio m³). Die Teilfläche 3.1 wurde am 30.06.2011 zum ersten Mal überflutet (Abb. 2). Bereits wenige Wochen später war sie von zahlreichen Jungpflanzen von Schwarzpappeln und Weiden besiedelt worden (Abb. 3; ZIMMERMANN & SPÄTH 2011).

Anfang 2012 wurde die Teilfläche 3.2 fertiggestellt. Nach mehrwöchiger Überflutung im Juni und Juli 2012 war im September 2012 eine massenhafte Ansiedlung von Weiden mit stellenweise bis zu 1000 Keimpflanzen pro m² zu beobachten.

Im Mai und Juni 2013 wurde die gesamte Teilfläche 3, inklusive der zwischenzeitlich teilweise ausgekiesten Teilfläche 3.3, von einem starken Hochwasser getroffen. Die Überflutung dauerte mehrere Wochen an und hinterließ eine 10 – 40 cm mächtige Sedimentauflage, unter der fast alle



Abb. 3: Junge Schwarz-Pappeln auf der Tieferlegungssohle der Teilfläche 3.1 nur wenige Wochen nach der ersten Überflutung (Foto: M. Brendel).

krautigen Pflanzen eingingen. Auch die noch sehr kleinen diesjährigen Sämlinge der Weiden auf der Teilfläche 3.2 wurden vom eingetragenen Sand überdeckt und überlebten nicht, abgesehen von sehr vereinzelt knapp halbjährigen Jungwüchsen.

Die meisten Weiden und Pappeln auf der Teilfläche 3.1, die dort seit dem vorangegangenen Sommer gewachsen waren, überstanden das Hochwasser hingegen dank ihres Wachstumsvorsprungs. Daher wurden die Untersuchungen auf die Teilfläche 3.1 konzentriert, denn nur dort war das Gehölzwachstum und die Regeneration nach dem Hochwasser gut zu beobachten. Die untersuchte Fläche wurde zwischen 2010 und 2011 ausgekiest.

3. Ziel der Arbeit

Als Ziel dieser Arbeit wird die Gehölzentwicklung auf einer typischen Auskiesungsfläche beschrieben. Eine Leitfrage ist, ob die Gehölzarten der Weichholzaue auch unter den Bedingungen eines Rückhaltebeckens gedeihen und welche Arten sich auf welchem Standort durchsetzen können. Mit der vorliegenden Arbeit wird gezeigt, wie sich die Pioniergehölze auf der Auskiesungsfläche hinsichtlich ihrer Wachstumsstärke, Konkurrenzkraft und standörtlichen Differenzierung unterscheiden. Abiotische Einflüsse – im Wesentlichen durch Hochwasser – werden evaluiert und bewertet. Die Gehölzentwicklung auf der Untersuchungsfläche wird durch Literaturrecherche mit vorhandenen Kenntnissen aus natürlichen Weichholzaunen verglichen. Schließlich erfolgt ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung der Fläche.

4. Methoden

Zwischen März und Juli 2013 erfolgten mehrere Begehungen, um den Zustand und die Entwicklung der Teilfläche 3 zu kontrollieren. Als sich das Sommerhochwasser Ende Juni 2013 zurückzog und klar wurde, dass eine Vegetationsuntersuchung auf der gesamten Teilfläche 3 nicht sinnvoll war, wurden im Sommer 2013 die standörtlichen Unterschiede innerhalb der Teilfläche 3.1 aufgenommen.

Die Fließgeschwindigkeit während der Hochwasserspitze hat einen hohen direkten und indirekten Einfluss auf die Gehölzentwicklung in der Aue. Die räumlichen Unterschiede in der Fließgeschwindigkeit auf der Untersuchungsfläche werden daher mit vegetationskundlichen Daten verglichen.

4.1. Bestimmung der Fließgeschwindigkeit des Hochwassers im Sommer 2013

Da nicht direkt gemessen werden konnte, wie schnell die Strömung während der Hochwasserspitze an der Flächensohle bzw. an jedem Rasterpunkt war, musste die Fließgeschwindigkeit im Nachhinein ermittelt werden. Dies geschah anhand der Mächtigkeit der Sedimentauflage, der Korngrößenverteilung und der physikalischen Schädigung der Jungbäume. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass die Ausprägung dieser Parameter hauptsächlich von der Fließgeschwindigkeit abhängt, entsprechend dem Hjulström-Diagramm (vgl. Abb. 4) bzw. den Einschätzungen von GILL (1970). Die Fließgeschwindigkeit wurde abgeschätzt, als der größte Teil des Wassers wieder abgeflossen war. Es wurde davon ausgegangen, dass sich eine lokale Erhöhung der Fließgeschwindigkeit wie folgt niederschlägt:

- gröbere Korngrößenzusammensetzung des Sediments (ein höherer Schluffanteil im Sand deutet auf eine geringere Fließgeschwindigkeit hin)
- geringere Mächtigkeit der Sedimentauflage (wegen der erosiven Wirkung durchströmenden Wassers)
- stärkere Schädigung der Jungbäume (von geringer Beeinträchtigung über gebrochene Äste oder Herunterdrücken und Begraben im Sediment bis hin zu völligem Ausfall durch Wegreißen). Die Bäume wiesen sehr unterschiedliche Schädigungen auf. Manche schienen kaum beeinträchtigt, andere wiesen gebrochene Äste auf, wurden von der Strömung heruntergedrückt oder von der Sedimentfracht begraben (Abb. 5).

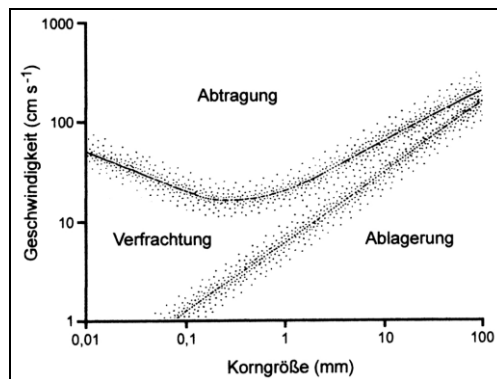


Abb. 4: Hjulström-Diagramm. Quelle: ELLENBERG & LEUSCHNER 2010.

Voneinander abgegrenzt wurden daher gutachtlich Bereiche mit schnellerer, mittlerer und langsamer Fließgeschwindigkeit während des vergangenen Hochwassers. Mit dieser groben Differenzierung lassen sich Rückschlüsse auf den Einfluss der Geschwindigkeit zu ziehen. Die Klassen 'schnell', 'mittel' und 'langsam' wurden wie folgt definiert:

- schnell: Korngröße Sand, Sedimentauflage < 15 cm, Jungbäume herabgedrückt oder mechanisch stark beschädigt,
- mittel: Korngröße Sand bis Schluff, Sedimentauflage 15-25 cm,
- langsam: Korngröße vorwiegend Schluff, Sedimentauflage > 25 cm, keine oder nur unbedeutende Schäden an den Jungbäumen.



Abb. 5: Schäden an jungen Pappeln als Folge hoher Fließgeschwindigkeit. Im Vordergrund stark beschädigte Individuen, im Hintergrund ein relativ unversehrter Bereich, 4.7.2013 (Foto: Verfasser).

Stichproben zu Korngrößenverteilung und Mächtigkeit der Sedimentauflage wurden an 15 Punkten auf der Untersuchungsfläche genommen, die Schädigung der Jungbäume visuell abgeschätzt. Diese Anhaltspunkte wurden vor Ort in einer Skizze erfasst und später in eine Karte auf dem Raster der Vegetationskartierung übertragen, um jeden Vegetationsprobepunkt einer Fließgeschwindigkeitsklasse zuzuordnen. Weil die

Fließgeschwindigkeit nicht absolut gemessen werden konnte, sind ihre Werte immer relativ zueinander zu sehen: In den Bereichen der Klasse 'langsam' wurde die Strömung während des Hochwassers stark abgebremst; in den 'schnellen' Bereichen hingegen hat sie ihre maximale Geschwindigkeit erreicht und die 'mittleren' sind intermediär.

4.2. Vegetationskartierung

Die Vegetation wurde im Juli 2013 systematisch durch einen Probeflächenansatz kartiert und war die Datengrundlage für eine Karte, aus der die Individuendichte von Weiden und Pappeln auf der Teilfläche 3.1 hervorgehen.

Zunächst wurde über die gesamte Teilfläche ein Raster von 2 x 2 m gelegt. Ein Vorversuch mit einem viermal so großen Raster (4 x 4 m) zeigte, dass bei dieser Methode die Varianz innerhalb der Rasterpunkte zu groß war, um vor Ort beobachtete Verbreitungsmuster, beispielsweise die offensichtliche Häufung der Weiden entlang der Schlut, widerzuspiegeln. Das Probeflächenraster von 2 x 2 m erwies sich als geeignet, um die Artenverteilung und ihre Individuendichte hinreichend genau zu zeigen.

An jedem Schnittpunkt des Rasters wurden die Weiden und Pappeln auf 1 m² ausgezählt. Die Aufnahmen wurden entlang von Transekten gelegt, welche quer zur Längskante der Probefläche angelegt wurden. Start- und Endpunkt der Transekte wurden in je 2 m Abstand mit Flutterband markiert. Alle 2 m wurden jeweils nördlich der gedachten Transektlinie die Gehölze auf 1 m² ausgezählt (Abb. 6).

Die Messung erfolgte mittels Schrittmaß, das regelmäßig mit einem Meterstock kontrolliert wurde.

Es wurden nur solche Individuen gewertet, die das letzte Hochwasser überlebt hatten. Keimlinge, die erst nach dem Hochwasser aufwuchsen, wurden aus zwei Gründen nicht aufgenommen:

- Ihre Anzahl war so groß und ihre Verteilung so unspezifisch, dass sie noch nicht als Indikatoren für erfolgreiche Etablierung dienlich waren.
- Durch ihre geringe Größe, die aber im Lauf der Kartierarbeiten natürlich zunahm, wären sie zu Beginn der Kartierung leichter zu übersehen gewesen, was die Daten verfälscht hätte.

Die Pflanzen wurden teilweise erst im Nachhinein bestimmt. Die Pappeln sahen morphologisch alle wie Schwarz-Pappeln (*Populus nigra*) aus, jedoch sind Einkreuzungen mit Hybrid-Pappeln (z.B. *P. x canadensis*), die morphologisch kaum trennbar sind, nicht auszuschließen.

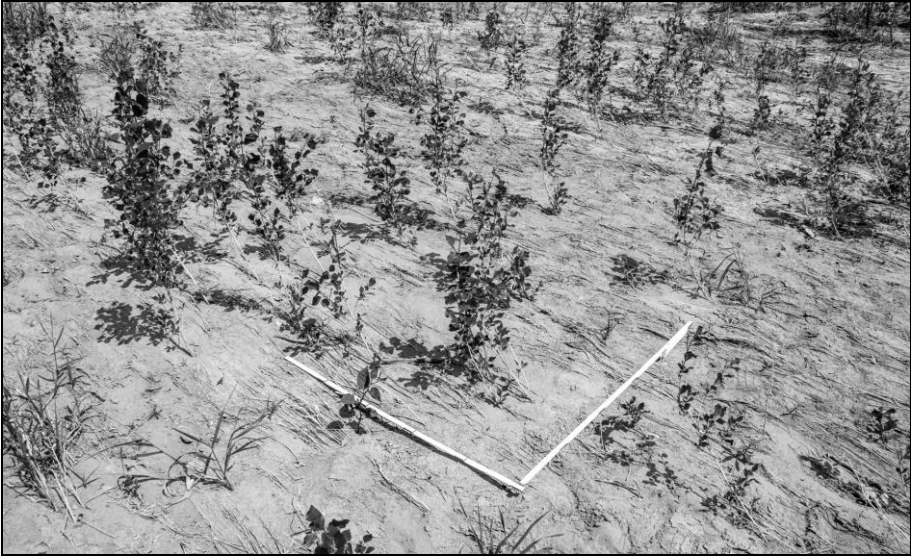


Abb. 6: Kartiermethode mit Meterstock, 28.7.2013 (Foto: Verfasser)

Die Weiden waren größtenteils Silber-Weiden (*Salix alba*). Dass teilweise Hybriden mit anderen *Salix*-Arten (z.B. mit *S. fragilis*) auftraten, kann nicht völlig ausgeschlossen werden. Hinzu kamen vereinzelt junge Purpur-Weiden (*S. purpurea*). Auf der Gesamtfläche standen <10 Individuen dieser Art, was statistisch vernachlässigbar schien. Die standörtlichen Ansprüche dieser wenigen Exemplare dürften sich nicht so sehr von denen der Silber-Weide unterscheiden, dass sie das Untersuchungsergebnis verfälschen könnten. Aus diesen Gründen wurde bei der Datenaufnahme nur zwischen Pappel und Weide unterschieden.

Unter dem Artnamen 'Pappel' sind also Schwarz-Pappeln inklusive möglicher Hybriden, unter 'Weide' Silber- und ein geringer Anteil der als syntop gewerteten Purpur-Weide sowie mögliche Hybriden zusammengefasst.

Die Individuenzahlen je Probepunkt wurden zunächst in ein Tabellenkalkulationsprogramm (Libre Office Calc 3.4) übertragen. Die Datenblätter für Pappel und Weide wurden anschließend im Programm R Studio 2.14.1 geplottet. Ebenfalls in R Studio wurden aus den Daten Gesamtindividuenzahlen und Durchschnittswerte berechnet sowie ein Boxplot erstellt, der für jede Fließgeschwindigkeitsklasse die Anzahl Individuen pro Probepunkt zeigt. Für den Boxplot wurden folgende übliche Spezifikationen genutzt: 0,25-Quartil, Median, 0,75-Quartil, Whisker mit maximal 1,5-fachem Interquartilabstand. Bei der endgültigen Gestaltung der Grafiken

kam darüber hinaus das Programm Adobe Photoshop Elements 10 zum Einsatz.

5. Zustand der neu entstandenen Weichholzaue und ihres Pionierwaldes

Die neu geschaffene tiefer gelegte Kiesfläche wurde sehr rasch durch typische Gehölzarten der Weichholzaue besiedelt, vor allem durch Silber-Weiden (*Salix alba*), wenige Purpurweiden (*Salix purpurea*) und Schwarz-Pappeln (*Populus nigra*). Auf den Stichprobenflächen wurden insgesamt 5185 Pappeln und 3464 Weiden gezählt. Hinzu kamen krautige Pionierarten, beispielsweise Straußgras (*Agrostis stolonifera*), Sumpf-Rispengras (*Poa palustris*), Barbarakraut (*Barbarea vulgaris*), Gewöhnliche Sumpfkresse (*Rorippa sylvestris*) oder Wasser-Sumpfkresse (*Rorippa amphibia*). Es gibt Bereiche der Untersuchungsfläche, in denen die Jungpflanzen zufällig verteilt waren. An anderen Stellen lassen sich einige Muster erkennen.

5.1 Räumliche Verteilung von Pappel und Weide

Die Vegetationskartierung hat eine deutlich verschiedene räumliche Verteilung von Pappel und Weide auf der Untersuchungsfläche ergeben. Die Pappel erreichte ihre größten Dichten am Rand und auf etwas erhöht gelegenen, aufgelandeten temporären Inseln. Im Bereich der Schlut dominierten hingegen die Weiden (Abb. 7, 8).

Die Pappeldichte auf der Untersuchungsfläche war äußerst heterogen. Die größten Dichten mit bis zu 20 Exemplaren pro m² waren ganz am Rand der Untersuchungsfläche zu finden. Dort standen die Bäume etwas erhöht am Hang, wo sie erst spät vom eintreffenden Hochwasser erreicht und früh von ihm verlassen wurden. Bei Niedrigwasser verteilte sich das Wasser auf der Sohle und erreichte die Standorte dieser Bäume nicht. Sie wurden folglich an weniger Tagen überflutet als der Rest der Fläche.

In der südlichen Hälfte der Untersuchungsfläche ragte von Osten eine breite Landnase hinein (vgl. Abb. 7, 8). Der Weg des Wassers wurde in diesem Bereich schmaler. Hier überlebten nur wenige Pappeln, außer denen am Rand. Das Wasser, das diese Engstelle passierte, teilte sich anschließend auf. Ein Teil schoss mit relativ hoher Kraft geradeaus, wo es auf einer Breite von etwa 4 m fast alle Jungbäume ausriss oder zumindest stark schädigte, so dass dort eine gut sichtbare Schneise in der Vegetation entstand. Der andere Teil des Wassers folgte dem Verlauf der Schlut auf der Sohle. Die Schlut war

etwa 20 cm tief und führte noch einige Zeit Wasser, als das Hochwasser schon abgeflossen war. In diesem Bereich fanden sich nur wenige Pappeln. Zwischen diesen beiden Hauptwasserströmen hat sich eine niedrige Insel gebildet (vgl. Abb. 7). Hier war die Fließgeschwindigkeit offenbar geringer, was zu einer höheren Sedimentauflage geführt hat, auf der die Bäume

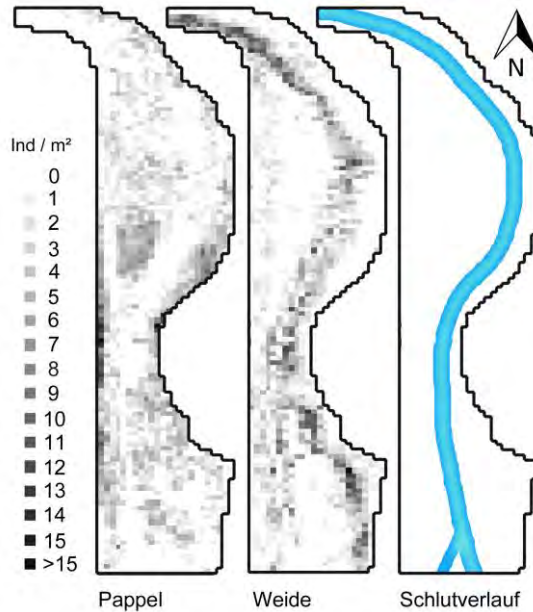


Abbildung 7: Individuenzahlen von Pappeln und Weiden auf der Untersuchungsfläche je Probepunkt von 1 m².

direkte Schäden erlitten. Der Pappelaufwuchs auf der temporären Insel war geschlossen. Auch unmittelbar nördlich der Landnase, wo sich bei Hochwasser das Kehrwasser sammelte und die Fließgeschwindigkeit gering war, wuchsen dichte Bestände. Im nördlichen Drittel und im südlichen Viertel der Untersuchungsfläche zeigten die Pappeln kein klares Vorkommensmuster, mit Ausnahme der Konzentration an der Randböschung.

Die Weide erreichte ihre dichtesten Bestände dort, wo die Pappel schwächelte oder ganz ausfiel. Am deutlichsten war das entlang der Schlut. Hier fand sich nur wenige Pappeln, jedoch der Großteil der Weidenjungwüchse. Tatsächlich deckte sich der schmale Korridor der jungen Weidengebüsche, der sich von Süden nach Norden über die Versuchsfläche schlängelt, sehr genau mit dem Verlauf der Schlut. Lediglich im südlichen

Bereich wich die Verteilung der Jungbäume ein wenig davon ab. In der linken Gabelung, wo kaum Pappeln das dort stark durchschießende Hochwasser überlebt hatten, war eine leichte Konzentration von Weiden zu beobachten, allerdings in wesentlich niedrigerer Dichte als entlang der Schlut.

Ein weiterer Schwerpunkt der Verbreitung lag nahe des Ausflusses, wo das von der Fläche abfließende Wasser eine leichte Schwelle überwinden musste. Vor dieser Schwelle staute es sich und seine Geschwindigkeit nahm leicht ab, wodurch offenbar sehr gute Lebensbedingungen für die Weide entstanden. Pappeln gediehen auf diesem meist überstauten Standort nicht mehr.

In den trockeneren Randbereichen fehlte die Weide fast völlig. Die Beobachtung, dass sich bei etwas höherer Sedimentauflage und geringerer Dauer der Überströmung die Weide nicht durchsetzt, wiederholte sich auf der leicht erhöhten Sedimentinsel zwischen den Hauptwasserströmen. Auf diesem pappelreichen Standort waren kaum Weiden zu finden. Wie auch bei der Pappel gab es Bereiche im südlichen und damit jüngeren Drittel der Untersuchungsfläche, in der kein klares Muster der Weidenverteilung zu erkennen war.

5.2 Einfluss der Fließgeschwindigkeit auf die Vegetation

Die Fließgeschwindigkeit auf der Untersuchungsfläche war beim Hochwasser 2013 aufgrund des Reliefs und der Verengungen nicht gleichmäßig. Wo das Wasser auf die Randhänge prallte, wurde es abgebremst. Kurz hinter der 'Landnase' an der Ostflanke der Untersuchungsfläche teilte sich der Strom in einen sehr schnell fließenden Arm an der westlichen Kante und einen etwas langsameren in der Schlut. Dazwischen wurde in einem Bereich langsamer Strömung eine kleine temporäre Insel aufsedimentiert. Abb. 8 zeigt die Verteilung der Fließgeschwindigkeit auf der Untersuchungsfläche, eingeteilt in die Klassen langsam, mittel und schnell.

Die Durchschnittsdichten der beiden Arten je Flächeneinheit unterschieden sich je nach Fließgeschwindigkeit erheblich.

Die Pappel hatte einen Schwerpunkt in Bereichen langsamer Geschwindigkeit (mit über 40.000 Individuen pro ha), und ihre Dichte war bei mittlerer und schneller Geschwindigkeit mit rund 17.000 Individuen pro ha nur knapp halb so groß.

Die Weide gedieh am besten bei mittlerer Fließgeschwindigkeit (Durchschnitt knapp 20.000 Individuen pro ha), bei schneller hingegen sank ihre Dichte auf rund 11.000 und bei langsamer auf 8.500 Individuen pro ha.

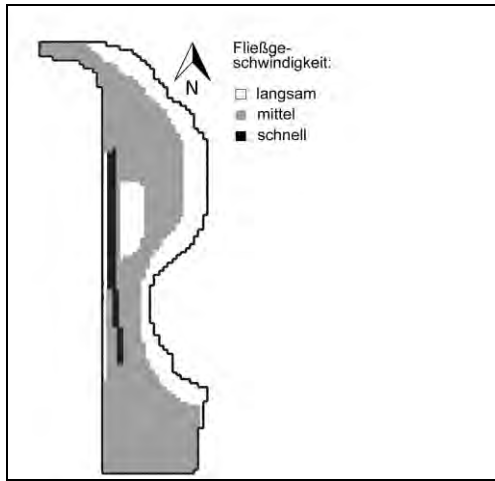


Abb. 8: Verteilung der Fließgeschwindigkeitsklassen auf der Untersuchungsfläche.

Die räumliche Verteilung (vgl. Abb. 7 und 8) bestätigt die Erkenntnisse zum Einfluss der Fließgeschwindigkeit: In den Bereichen geringer Geschwindigkeit waren in der Regel die dichtesten Pappelbestände zu finden, bei mittlerer Geschwindigkeit überwog hingegen meist die Weide, die hier ihr Optimum erreichte. Man erkennt auch die Schneise, in der am westlichen Rand der Untersuchungsfläche das schnell durchströmende Wasser die Vegetation fast vollständig zerstörte.

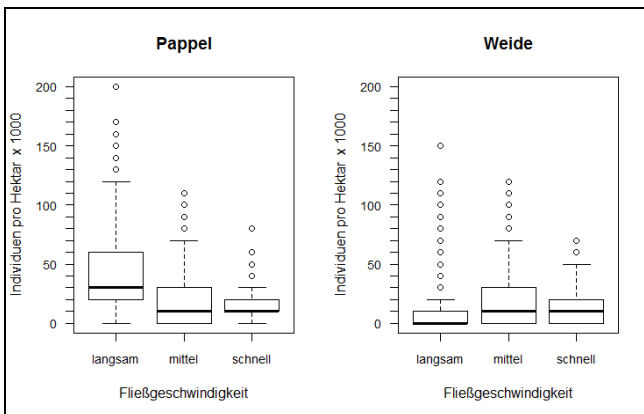


Abb. 9: Individuenzahlen von Pappel und Weide je Fließgeschwindigkeitsklasse als Boxplot. Durchschnittswerte jeweils auf ha umgerechnet.

Der Boxplot in Abb. 9 sowie Tabelle 1 fassen die zugrunde liegenden Zahlen zusammen. Der Boxplot zeigt für jede Fließgeschwindigkeitsklasse (langsam, mittel und schnell) die Anzahl Individuen pro Probepunkt von je 1 m², umgerechnet auf Individuen pro Hektar. Tab. 1 gibt über die durchschnittliche Individuendichte, hochgerechnet pro Hektar, je Fließgeschwindigkeitsklasse Aufschluss.

Tab. 1: Durchschnittliche Individuenzahlen je Fließgeschwindigkeitsklasse, Durchschnittswerte von m² auf ha umgerechnet

Fließgeschwindigkeit	Anzahl Probepunkte	Pappel Ø Individuen / ha	Weide Ø Individuen / ha
langsam	630	40.365	8.508
mittel	1.437	16.955	19.830
schnell	115	17.217	11.391

6. Diskussion

Für die Überlebens- und Regenerationsfähigkeit von Gehölzen nach Überflutung sind drei Faktoren wichtig: Zeitpunkt und Dauer der Überflutung sowie die Fließgeschwindigkeit des durchströmenden Wassers (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010, GILL 1970). Zeitpunkt und Dauer dürften auf der Untersuchungsfläche großen Einfluss auf die Artenzusammensetzung ausgeübt haben, da Pappeln und Weiden unterschiedlich resistent gegen lang andauernde Überflutungen sind (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010, S. 463).

Auf der Untersuchungsfläche war die Fließgeschwindigkeit beim Hochwasser 2013 sehr unterschiedlich. Zeitpunkt, Dauer und Höhe der Überflutung waren ähnlich, jedoch fielen die höher gelegenen, aufsedimentierten Standorte etwas früher wieder trocken als die tieferen Bereiche der Schlut. Diese Höhenunterschiede folgten im Wesentlichen dem Verlauf der Schlut (vgl. Abb. 8).

Die Vegetationskartierung zeigte, dass sich die Verbreitungsschwerpunkte von Pappeln und Weiden auf der Untersuchungsfläche relativ stark unterschieden (Abb. 7). Während die Pappel in den etwas höheren Lagen dominierte, wo sie dem Einfluss des Hochwassers für kürzere Zeit ausgesetzt war, kam die Weide auf den tiefsten, deutlich nasserem Standorten zur

Entfaltung. Eine geringe Strömungsgeschwindigkeit bei Hochwasser schien die Pappel zu begünstigen, die Weide hingegen gedieh optimal bei mittlerer Fließgeschwindigkeit.

Diese Trends waren nicht überall auf der Untersuchungsfläche zu beobachten. Es gab auch große Bereiche, in denen die Verteilung der beiden Arten dem Zufall unterworfen zu sein schien.

6.1 Biotische Einflussfaktoren

Pappeln und Weiden verbreiten sich hauptsächlich über fliegende Samen (JOACHIM 2000, KRASNY et al. 1988, VAN SPLUNDER et al. 1995). Als die Untersuchungsfläche im Frühsommer 2012 erstmals vom eintreffenden Hochwasser überflutet wurde, wurden viele Tausend Samen mit dem Wasser eingetragen (ZIMMERMANN 2013a) und blieben auf dem noch fast rohen Kiesboden zurück. Für die initiale Besiedlung der Fläche hat der Samentransport mit dem Wasser folglich wohl die überwiegende Rolle gespielt, zumal jenes Hochwasser in das Zeitfenster der Samenverbreitung beider Arten fiel (vgl. JOACHIM 2000, VAN SPLUNDER et al. 1995).

Die Verteilung der Samen unterliegt bei beiden Transportarten weitgehend dem Zufall (JOACHIM 2000). Das führte zu einer anfangs völlig zufälligen Verteilung (ZIMMERMANN 2013b, eigene Beobachtungen), aus welcher dann im Laufe der Zeit jene Exemplare ausfielen, die den Standortsbedingungen nicht gewachsen waren. Dieser Prozess gleicht dem in natürlichen Auen (vgl. VAN SPLUNDER et al. 1995). Erst nach dem Eintreten von Extremereignissen (hier die Überschwemmung mit anschließender Aufsedimentierung) wurden auf der Untersuchungsfläche andere Erhaltungs- und Vermehrungsstrategien für die Bäume nötig, so zum Beispiel Wurzelbrut und Stockausschlag.

Bei der Keimung der angespülten und mit dem Wind eingetragenen Samen dürften die ersten ökologischen Unterschiede zum Tragen gekommen sein. Sowohl Pappel- als auch Weidensamen sind nur wenige Tage keimfähig und benötigen in diesem Zeitraum einen ausreichend durchfeuchteten, aber nicht dauerüberfluteten Boden, sonst gehen sie ein (DISTER 1988, JOACHIM 2000). Ungünstige Keimungsbedingungen durch Trockenheit, Nässe oder Kälte können in Ermangelung von Reservestoffen im Samen nicht überdauert werden (JOACHIM 2000). Nach Beginn der Keimung sollte der Boden, um genügend Wasser zu spenden, noch wenigstens eine Woche feucht bleiben (VAN SPLUNDER et al. 1995).

Pappelsamen sind etwas dürreresistenter und langlebiger als die der Weide (VAN SPLUNDER et al. 1995). So könnte sich die anfangs zufällige und gleichmäßige Verteilung der Samen während der Keimung spezifiziert haben: In den höheren Lagen der Untersuchungsfläche fiel die Weide wegen zu großer Trockenheit aus, in den niedrigeren hingegen die Pappel, weil es

dort zu feucht war. Dieses Muster wird von zahlreichen Autoren bestätigt (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010, OBERDORFER 1994, SPÄTH & REIF 2000, VAN SPLUNDER et al. 1995).

OBERDORFER (1994) rechnete zwar sowohl Schwarz-Pappel als auch Silber- und Purpur-Weide zum Salicetum albae, aber mit leicht unterschiedlicher Einnischung innerhalb der Assoziation. ELLENBERG & LEUSCHNER sehen die Pappel „im trockenen, höher gelegenen Flügel der Silberweiden-Weichholzaue im Übergang zur Eichen-Ulmen-Hartholzaue“ (2010, S. 436), da sie durch Überflutungen stärker geschädigt wird als die Weide, allerdings bei Trockenheit beständiger ist. Nach SPÄTH & REIF (2000) erreicht die Pappel im Salicetum albae ihr Optimum an etwas höher aufgelandeten Stellen als die Weide. LEIBUNDGUT (1981) zeigte in einem Laborversuch, dass junge Schwarz-Pappeln bei einem 1 m tiefen Grundwasserstand besser gedeihen, als wenn das Grundwasser oberflächennah ansteht. Ihre Höhenwachstumsperiode war bei hoch anstehendem Grundwasser kürzer und ihre Gesamtgröße geringer. LEIBUNDGUT führte zwar nur einen relativ kurzen Versuch mit Jungpflanzen durch, merkt aber an, dass die physiologischen Eigenschaften älterer Bäume als nicht grundlegend anders zu erwarten seien. Das erklärt, warum die Pappel auf höheren, seltener überfluteten Standorten der Weichholzaue – welche den höher aufsedimentierten Bereichen auf der Untersuchungsfläche ähneln – optimal gedeiht.

6.2 Abiotische Einflussfaktoren

6.2.1 Fließgeschwindigkeit

Zum Einfluss der Fließgeschwindigkeit bei Hochwasser auf Gehölze gibt es bisher kaum Untersuchungen. Schnell strömendes Wasser verursacht stärkere mechanische Schäden an der Vegetation; andererseits ist die Sauerstoffsättigung fließenden Wassers höher als die stehenden Wassers, so dass von schnell fließendem Wasser überschwemmte Bäumchen zumindest nicht zu ersticken drohen (z.B. GILL 1970, HENRICHFREISE 2009). Als Faustregel gilt daher, dass stehendes Wasser weitaus schädlicher für die Vegetation ist als fließendes (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010). Aber offenbar ist wenig darüber bekannt, wie sich die Gehölzarten der Weichholzaue in ihrer Strömungstoleranz unterscheiden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit geben hier einen Anhaltspunkt. Während die Pappel entlang der durch hohe Fließgeschwindigkeit charakterisierte tiefere Schlut weitgehend ausfiel, konnte sich die Weide dort behaupten. Ein Beispiel ist die Verengung der Untersuchungsfläche dort, wo in ihrer südlichen Hälfte von Osten eine breite Landnase hineinragt (Abb. 7, 8). In diesem Bereich wird der Weg des Wassers schmaler und seine Fließgeschwindigkeit höher. Die Pappel ist in diesem Bereich fast voll-

ständig ausgefallen. Auch die erhöhte Erosivität schnell fließenden Wassers kann hier eine Rolle gespielt haben.

Das gute Überleben der Weide bei mittleren Abflusskräften könnte mit der hohen Biegsamkeit der Weidenzweige (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010) zu erklären sein, denn im Wasser richten sich die Zweige und Blätter der Weide flexibel nach der Fließrichtung aus und verringern so die Angriffsfläche. Außerdem sind Weiden in der Lage, im Wasser Adventivwurzeln an den Zweigen zu bilden (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010), die die Sauerstoffversorgung bei Überflutung fördern und anwachsen, wenn sie mit Sedimenten bedeckt werden. So können sie an Standorten überleben, an denen die Pappel von der Strömung ausgerissen oder ertränkt wird. Die Pappel kann zwar am Stamm neue Wurzeltriebe bilden (JOACHIM 2000; eigene Beobachtungen), erreicht aber nicht die Regenerationsfähigkeit der Weide.

Die mit Abstand höchste Pappeldichte lag in den Bereichen langsamer Fließgeschwindigkeit. Das hängt nur indirekt miteinander zusammen: Diese Bereiche waren nämlich hauptsächlich solche, die etwas erhöht lagen und daher kürzer überschwemmt wurden. Hohe Pappeldichte und geringe Fließgeschwindigkeit sind also beides Folgen des Standorts und nicht kausal verbunden.

6.2.2 Mechanische Schäden

Die mechanische Schädigung im Jungstadium schien von Bedeutung zu sein. Größere Bäume vertragen die Belastung durch die drückende Strömung und anstoßendes Treibgut eher als kleine Jungbäume. Diese können leichter ausgerissen oder durch Treibgut irreversibel beschädigt werden.

Auf der Untersuchungsfläche hatte die Pappel in dieser Hinsicht einen Vorsprung: Vor dem Sommerhochwasser waren viele Pappeln größer und stabiler als die niedrigen Jungweiden. Das wurde bei der Überflutung zum Vorteil, denn viele von ihnen bereits so groß, dass ihre oberirdischen Triebe nicht vollständig unter dem angelagerten Sediment begraben wurden. Da die Pappeln und Weiden die Untersuchungsfläche gleichzeitig besiedelten, sind die Pappeln in ihrem ersten Jahr offenbar etwas schneller gewachsen oder waren resistenter gegen die konkurrierende Krautschicht.

Die Weidenverjüngung vor dem Sommerhochwasser 2013 hat wohl ein weiteres Hindernis gehabt: Zwischen den Hochwassern 2012 und 2013 hatte sich üppige krautige Vegetation auf der Untersuchungsfläche eingestellt. Die Krautschicht kann gerade auf Auenstandorten eine für junge Gehölze kaum passierbare Barriere darstellen und die Verjüngung bremsen (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010, S. 473). Die krautigen Pflanzen waren nach dem Sommerhochwasser 2013 zwar wieder vollständig unter den frisch

angelagerten Sedimenten verschwunden, mit ihnen aber auch viele Weidensämlinge.

Ihr Wachstumsvorsprung ist der Pappel sogar in Bereichen, welche durch eine hohe Fließgeschwindigkeit charakterisiert wurden, zugutegekommen. Hier wuchs sie durchschnittlich dichter als die Weide.

6.2.3 Zeitpunkt und Dauer der Überflutung

Der Einfluss von Zeitpunkt und Dauer der Überflutung auf die Gehölzsukzession wurde nicht näher untersucht. Der Oberrhein führt durchschnittlich in den Monaten Juni und Juli die größten Wassermengen, und das größte Hochwasser fällt meistens in der Regel in diesen Zeitraum (HENRICHFREISE 2009). Für die Vegetation, die diesem Abflussregime ausgesetzt ist, bedeutet das gerade im Jungstadium starken Überflutungsstress. Selbst ein Keimling einer an die extremen Bedingungen der Aue angepassten Art kommt in physiologische Schwierigkeiten, wenn er im Alter von wenigen Tagen oder Wochen zunächst für zwei Monate überschwemmt wird. Eine Überschwemmung außerhalb der Vegetationsperiode ist grundsätzlich für Pflanzen viel erträglicher (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

Die Überflutungstoleranz von (erwachsenen) Schwarz-Pappeln und Silber-Weiden ist unterschiedlich. Die Pappel überlebt im Jahr 90 bis 110 Tage, die Weide sogar bis zu 190 Tage unter Wasser (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010).

6.2.4 Naturnähe der Untersuchungsfläche

Schon die Form der Untersuchungsfläche macht klar, dass ihre Beschaffenheit von der eines naturnahen Flussufers verschieden ist. Das Wasser strömt, sobald es mit der nötigen Pegelhöhe die Einlaufschwelle am südlichen Ende der Fläche überläuft, zügig ein und füllt die gesamte Sohle.

Pflanzensoziologisch betrachtet könnte man die Vegetation der Untersuchungsfläche als ein initiales *Salicetum albae* beschreiben. Eine Vegetationszonierung, wie sie einem ansteigenden natürlichen Kiesufer entsprechen würde, kann sich zumindest anfänglich auf so gleichmäßigem Relief nicht ausbilden, wird jedoch durch die geringen Differenzen im Relief und die Unterteilung in eine Weiden- und Pappelaue angedeutet. Damit stellen sich auf dem künstlich geschaffenen Standort sehr naturnahe Pionierwälder in relativ kurzer Zeit ein.

7. Ausblick

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass eine autogene Gehölzsukzession unter den gegebenen Bedingungen gut möglich ist. Dies widerspricht Befürchtungen des Entstehens einer „Kieswüste“, wie sie manchmal als Menetekel an die Wand gemalt wird.

Die beiden charakteristischen Gehölzarten der Weichholzaue, Schwarz-Pappel und Silber-Weide, haben sich in teilweise dichten Beständen auf der Fläche angesiedelt. Da sie das starke Sommerhochwasser 2013 gut überstanden haben, können sie auf der Fläche als etabliert gelten. Gegen Ende des Jahres 2014 wurden immerhin bereits Höhen der Pappel von über 2 Metern erreicht.

Weitere regelmäßige Überflutungen sind zu erwarten und werden, indem sie die sich regelmäßig ansiedelnde krautige Vegetation beseitigen, die Gehölzverjüngung begünstigen. Selbst ein besonders trockenes Jahr mit schwachem Hochwasser würde zumindest die Pappel dank ihrer Dürretoleranz sicherlich überstehen (vgl. VAN SPLUNDER et al. 1996).

Der Sedimenteintrag durch das Sommerhochwasser 2013 war recht hoch (vgl. SAURER et al. 2014). Die angelagerten Sande und Feinlehme erreichten teilweise eine Mächtigkeit von fast einem halben Meter. Es ist zu erwarten, dass sich in einem etablierten Auenwald die Sedimentation fortsetzt.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Bernhard Thiel für die Übersetzung ins Englische, sowie beim Regierungspräsidium Freiburg, Referat 53.3. (Dr. U. Pfarr) für die Genehmigung zur Nutzung von Daten.

Literatur

- BERNHARDT, C. (2000): Die Rheinkorrektion. Die Umgestaltung einer Kulturlandschaft im Übergang zum Industriezeitalter. *Der Bürger im Staat* 50: 76-81.
- DISTER, E. (1980): Geobotanische Untersuchungen in der hessischen Rheinaue als Grundlage für die Naturschutzarbeit. Dissertation der Math.-Naturwiss. Fakultät der Georg-August-Universität zu Göttingen, 171 S., Göttingen.
- ELLENBERG, H., LEUSCHNER, C. (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. 6. Aufl., 1334 S., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- GILL, C.J. (1970): The Flooding Tolerance of Woody Species – A Review. *Forestry Abstracts compiled from World Literature* 31: 671-688.

- HENRICHFREISE, A. (2009): Alternativen zu großen Bauvorhaben an Donau, Elbe und Rhein unter Berücksichtigung des Klimawandels. Vortrag zum 17. Internationalen Donaukongress, Niederalteich/Donau, veröffentlicht durch den Bund Naturschutz in Bayern e.V., Nürnberg.
- JOACHIM, H.-J. (2000): Die Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) in Brandenburg. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 11: 66 S.
- KRASNY, M.E., VOGT, K.A., ZASADA, J.C. (1988): Establishment of four Salicaceae species on river bars in interior Alaska. *Holarctic Ecology* 11: 210-219.
- LEIBUNDGUT, H. (1981): Untersuchungen über das Verhalten von Jungpflanzen einiger Baumarten bei verschiedenem Grundwasserstand. *Schweizerische Zeitung für Forstwesen* 132, 5: 291-318.
- OBERDORFER, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7., überarb. und erg. Aufl., 1051 S., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- PFARR, U. (2000): Hochwasserschutz und Waldbau – eine Chance für den Auewald. *AFZ-DerWald* 15/2002: 797-800.
- PFARR, U. (2013): Schriftliche Mitteilung, 28.6.2013.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Wien. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org/>
- RP FREIBURG (REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG) (2011): Infoblatt Rückhalteraum Weil-Breisach Abschnitt 1. Die Baumaßnahmen im Detail. Freiburg, Juli 2011.
- SAURER, H., REINDL, J., PFARR, U., BRENDEL, M. (2014): Sedimentation in einem aufgeweiteten Abschnitt des Tulla'schen Rheinbettes bei Kleinkems. *Ber. Naturforsch. Ges. z. Freiburg* 104: 31-44.
- SCHNEIDER, G. (1966, unveröffentlicht): Zusammenfassende Darstellung der Rheinregulierung Strassburg / Kehl-Istein. – Bericht im Auftrag der Baukommission des Unternehmens „Regulierung des Rheins zwischen Straßburg/Kehl und Istein“, 521 S..
- SPÄTH, V., REIF, A. (2000): Auenwälder am Oberrhein. *Der Bürger im Staat* 50: 99-105.
- TÜMMERS, H.J. (1999): Der Rhein. Ein europäischer Fluss und seine Geschichte. Beck Verlag, München.
- VAN SPLUNDER, I., COOPS, H., VOESENEK, L.A.C.J., BLOM, C.W.P.M. (1995): Establishment of alluvial forest species in floodplains: the role of dispersal timing, germination characteristics and water level fluctuations. *Acta Botanica Neerlandica* 44: 269-278.
- VAN SPLUNDER, I., VOESENEK, L.A.C.J., COOPS, H., DE VRIES, X.J.A., BLOM, C.W.P.M. (1996): Morphological responses of seedlings of four species of Salicaceae to drought. *Canadian Journal of Botany* 74: 1988-1995.

658

ZIMMERMANN, R., SPÄTH, V. (2011): IRP Baden-Württemberg, Rückhalteraum Weil-Breisach; Erstansiedlung von Gehölzen im Abschnitt I, Teilfläche 3.1 im Sommer 2011; im Auftrag des Regierungspräsidiums Freiburg, Abteilung Umwelt, Ref. 53.3, unveröffentlichtes Gutachten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 2015

Band/Volume: [NF_21_4](#)

Autor(en)/Author(s): Thies Lukas, Zimmermann Reinhard, Reif Albert

Artikel/Article: [Von der "Kieswüste" zum Auenwald: Gehölzentwicklung auf einer Auskiesungsfläche am südlichen Oberrhein 635-658](#)