

## Zur Hochwassertoleranz von Auenwaldbäumen an lehmigen Standorten

Emil Dister

The flood tolerance of trees of floodplain woods has so far been dealt with in literature only in more or less general terms. In order to obtain accurate data on the duration of the inundation tolerated by certain trees, the exact altitude of their places of growth has been ascertained through levelling and related to a neighbouring water-level indicator. Since the water-level records are partly very old - one dating back to 1797 - it could also be found how long certain tree species had been submerged in previous times without any significant anthropogenic alterations of the water regime.

The investigations were carried out at the norther Upper Rhine (F.R. Germany), where summer inundations are prevailing. Other features of the water regime are described. White willows (*Salix alba*) tolerate, on a many years' average, up to 190 days of inundation per year, English oaks (*Quercus robur*) up to 97 days, common ashes (*Fraxinus excelsior*) up to approximately 40 days and sycamores (*Acer pseudoplatanus*) up to 8 days. All species are able to tolerate considerably longer inundation periods in years extremely abundant in floods. Data pertaining to the flood tolerance of other tree and shrub species of the floodplain are given.

*Floodplain woods, flood tolerance, Upper Rhine, water-level variations.*

### 1. Problemstellung

Die Auenwälder der großen Flüsse werden von Natur aus mehr oder weniger lange überflutet. Ihre Existenz hängt sogar in erster Linie von diesem ökologischen Faktor ab. Trotzdem finden sich nur wenige und allgemein formulierte Angaben über die Überflutungsdauer, die in bestimmten Auenwaldgesellschaften Mitteleuropas erreicht wird (vgl. WENDELBERGER-ZELINKA 1952; GLAVÁČ 1969; KÁRPÁTI I. & V. 1971; DRESCHER 1977). Exaktere Untersuchungen, vor allem solche, die sich über längere Zeiträume erstrecken und dabei die auftretenden Maximalwerte der Überschwemmungsdauer für bestimmte Bestände und Bestandeglieder ermitteln, fehlen sogar nahezu völlig (vgl. DISTER 1980). Gerade die Kenntnis der Hochwassertoleranz von Auenwaldbäumen ist jedoch von erheblicher wissenschaftlicher wie praktischer Bedeutung. Zum einen vermittelt sie ein tiefergehendes Verständnis der Auen-Zonation und der Konkurrenzverhältnisse, die zwischen den einzelnen Arten herrschen, zum anderen erlaubt sie dem praktizierenden Forstmann, die Möglichkeiten der Auenstandorte besser zu nutzen und die Risiken, die durch anthropogene Eingriffe in den Wasserhaushalt der Aue (z.B. durch Staustufenbau) entstehen, genauer abzuschätzen.

### 2. Lage des Untersuchungsgebietes

Die Untersuchungen wurden überwiegend in den beiden hessischen Naturschutzgebieten 'Kühkopf-Knoblochsäue' und 'Lampertheimer Altrhein' vorgenommen, wo streckenweise noch sehr naturnahe Auenwälder erhalten sind. Beide Gebiete liegen am nördlichen Oberrhein auf der rechten Flussseite, grob gesagt zwischen der Neckar- und der Mainmündung.

### 3. Methoden

Zur Ermittlung der Hochwassertoleranz bestimmter Bäume wurde zunächst die exakte Höhenlage ihrer Wuchsstellen durch *Nivellements* festgestellt. Die *Nivellements* nahmen ihren Anfang an den Rhein-

pegeln Erfelden (E.P.), Lampertheim (L.P.) oder Worms (W.P.), von denen die beiden ersten in den untersuchten Auengebieten selbst liegen, während der Wormser Rheinpegel (Pegel I. Ordnung) nur 3.5 km vom Untersuchungsgebiet 'Lampertheimer Altrhein' entfernt ist. Nachdem so der genaue höhenmäßige Bezug von Wuchsort und Pegel hergestellt war, wurde, ebenfalls durch Nivellements, das Wasserspiegelgefälle zwischen diesen beiden Punkten bei verschiedenen Wasserständen ermittelt. Danach konnte die festgestellte Höhenlage der Wuchsorte (in cm über dem jeweiligen Pegelnullpunkt) entsprechend der Entfernung und Lage (stromauf oder stromab) vom Bezugspegel um die Wasserspiegeldifferenz erhöht (stromauf) bzw. erniedrigt (stromab) werden. Dadurch war es möglich, mit den Pegelraten so zu rechnen, als stünde der jeweils betrachtete Baum direkt neben dem Pegel. Wußte man nun, an wieviel Tagen im Jahr ein bestimmter Pegelwert überschritten wurde, so wußte man damit auch, an wieviel Tagen im Jahr dieser Baum im Wasser stand.

Als Berechnungsgrundlage für solche hydrologischen Angaben dienten die Tageswerte der *Wasserstände* an den obengenannten Pegeln, die freundlicherweise vom Wasser- und Schiffsamt Worms bzw. nach dessen Auflösung vom Wasser- und Schiffsamt Mannheim sowie von der Wasser- und Schiffsamtsdirektion Südwest in Mainz zur Verfügung gestellt wurden. Ganglinien, Dauerlinien und andere Parameter wurden aus diesen Daten ermittelt. Die durchschnittliche Überschreitungsdauer pro Jahr für bestimmte Pegelstände (s.u.) stellt, wie in der gewässerkundlichen Statistik üblich und für die Untersuchung sinnvoll, einen Mittelwert aus jeweils 10 Jahren dar. Glücklicherweise reichen die Aufzeichnungen der genannten Pegel bis zum Beginn des vergangenen Jahrhunderts (L.P.: bis 1804, W.P.: bis 1819), der Erfelder Pegel sogar bis 1797 zurück. Dadurch war es möglich, die hydrologische Situation vor der Oberrhein-Korrektion (Beginn 1817) exakt zu beschreiben. Die bisher nicht ausgewerteten älteren Wasserstandsdaten des Lampertheimer und des Erfelder Pegels wurden vor dem Jahr 1819 in 12teiligem Fuß (= 31.79 cm = 12 Zoll zu je 2.649 cm) aufgezeichnet, zwischen 1819 und 1850 wurde der 10teilige Fuß (= 25 cm = 10 Zoll zu je 2.5 cm) verwendet, danach finden sich in den Unterlagen metrische Maße. Alle Werte wurden auf Meter umgerechnet; außerdem wurde die Tieferlegung der Pegel um 2 m im Jahr 1938 rechnerisch so ausgeglichen, daß sich alle Angaben auf die heutige Lage der Pegelnullpunkte beziehen und somit direkt miteinander vergleichbar sind.

Um die Extremwerte und die wasserbaulich bedingten Veränderungen der Überflutungsdauer, denen bestimmte Auenwaldbestände im Verlauf ihres Lebens ausgesetzt waren, zu belegen, war es notwendig, neben der Höhenlage der Wuchsorte und den Pegelwerten auch das Alter der Bestandsglieder zu kennen. Dazu wurden zahlreiche *Jahrringbohrungen* mit Zuwachsbohrern durchgeführt. Die Jahrringe der Bohrspäne wurden unter der Stereo-Lupe ausgezählt. Da mit der Bohrung nicht immer das Zentrum des Kerns getroffen werden konnte, sind die Altersangaben als Mindestwerte anzusehen.

#### 4. Das Wasserregime des nördlichen Oberrheins

##### 4.1 Grundzüge und heutiger Zustand

Betrachtet man die Wasserstandsganglinien des Wormser Rheinpegels aus verschiedenen Jahren (Abb. 1), so ist zunächst keine Regelmäßigkeit im Abflußgeschehen erkennbar. Dieser Eindruck ändert sich auch dann nicht, wenn man alle Beobachtungsjahre seit

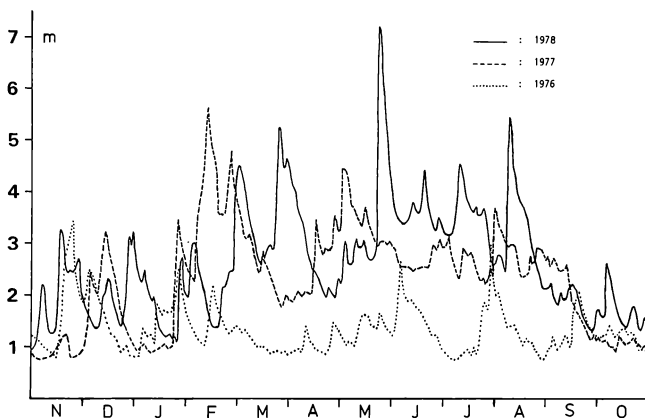


Abb. 1: Wasserstandsganglinien des Rheins am Pegel Worms in den Jahren 1976, 1977 und 1978.

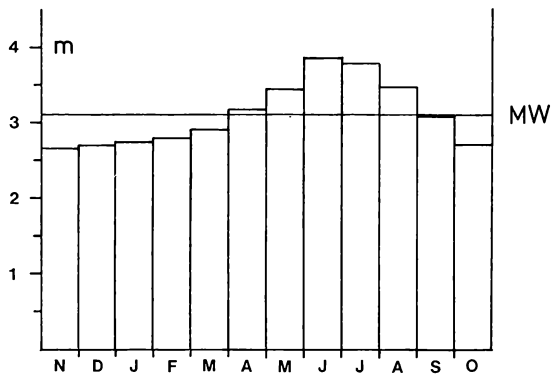


Abb. 2: Mittelwasser für die einzelnen Monate des hydrologischen Jahres, errechnet aus den Tageswerten des Wormser Rheinpegels von 1821 bis 1970.

Die Werte liegen um ca. 80 cm höher als die heutigen, da in die Mittelwertberechnung ältere Pegelwerte eingehen, die bei weniger stark eingetiefter Rheinschle gewonnen wurden.

1819 heranzieht. Spitzenhochwasser können in jedem Monat auftreten; Abfolge und Anzahl der Hochwässer variieren von Jahr zu Jahr ganz beachtlich. Die Auffassung von SCHÄFER (1973), nach der mehr oder weniger regelmäßig drei Hochwasserereignisse zu jeweils ganz bestimmten Jahreszeiten eintreten sollen, läßt sich nicht bestätigen. Auch das Ergebnis der Berechnung des langjährigen Mittelwassers für die einzelnen Monate des hydrologischen Jahres (s. Abb. 2) weicht von den Vorstellungen Schäfers ab. Die monatlichen Mittelwasserstände liegen zu Beginn des hydrologischen Jahres (im November) am niedrigsten, steigen von da aus zunächst allmählich, dann rascher, bis zum Juni an und fallen dann schnell bis zum Minimalwert im November ab. Für die Auenwaldbäume ist dieses Abflußverhalten von großer Bedeutung, da ihre Hauptwachstumsphase mit den sommerlichen Wasserhochständen zusammenfällt.

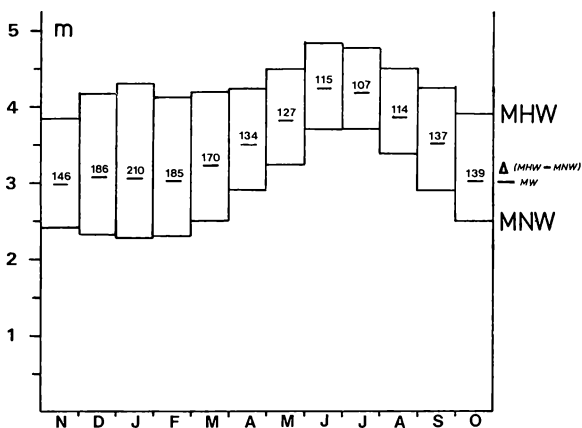


Abb. 3: Mittleres Hochwasser (MHW) und mittleres Niedrigwasser (MNW) für die einzelnen Monate des hydrologischen Jahres, errechnet aus den Tageswerten des Wormser Rheinpegels von 1871 bis 1970. Die Zahlen geben die Differenz zwischen beiden Größen in Zentimetern an.

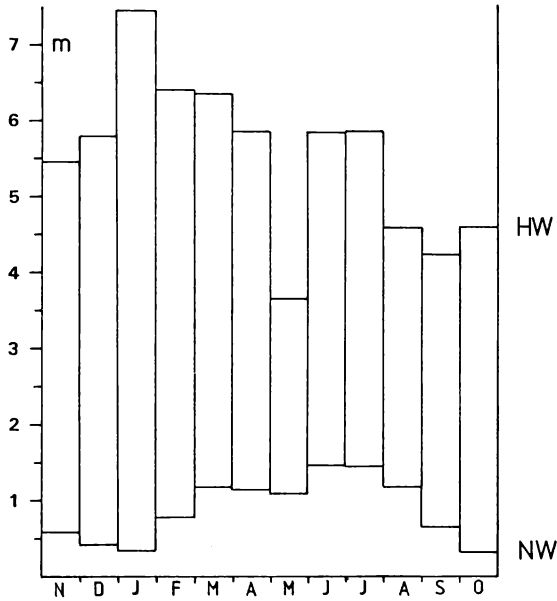


Abb. 4: Höchster und niedrigster Wert für die einzelnen Monate des hydrologischen Jahres, die zwischen 1961 und 1970 am Wormser Rheinpegel erreicht wurden.

Weiteren Aufschluß über das Abflußgeschehen geben die über einen längeren Zeitraum gemittelten Höchst- und Niedrigwasserstände der einzelnen Monate (MHW und MNW, s. Abb. 3). Es fällt auf, daß die Differenz zwischen diesen beiden Größen in den Wintermonaten am größten und in den Sommermonaten am geringsten ist. Das Mittelhochwasser des Januar liegt höher als das der folgenden Monate und wird erst von dem des Mai übertroffen, was in der Tendenz dem oben gezeigten, allgemeinen Abflußverhalten entgegenzustehen scheint. Betrachtet man die im Verlauf von 10 Jahren aufgetretenen Extremwerte der einzelnen Monate (HW und NW, s. Abb. 4), so kehren sich die zunächst aufgezeigten MW-Verhältnisse sogar um: Der höchste Wasserstand wird im Winter erreicht, die sommerlichen Höchststände sind deutlich geringer. Allerdings fällt das Minimum dieser Dekade ebenfalls in den Winter. Die Untersuchung der 14 übrigen Dezennien (1821-1960) auf ihre Extremwerte ergibt mit 2 Ausnahmen im Prinzip das gleiche Bild.

Damit läßt sich das Abflußregime des nördlichen Oberrheins hinreichend charakterisieren. Im Durchschnitt gesehen stehen sommerlichen Wasserhochständen mit relativ geringen Schwankungen die winterlichen Niedrigwasserperioden mit starken Schwankungen gegenüber, in denen sowohl die absoluten Minima wie auch die absoluten Maxima auftreten.

#### 4.2 Veränderungen durch wasserbauliche Maßnahmen

In den Grundzügen hat sich an diesem Abflußverhalten trotz aller wasserbaulichen Maßnahmen nichts oder wenig geändert, doch kam es durch Korrektur, Regulierung und Ausbau zu Veränderungen in hauptsächlich zwei Punkten, die aus ökologischer Sicht sehr bedeutsam sind. Zum einen hat sich die *Schwankungsbreite* zwischen Niedrigwasser und Hochwasser erheblich *vergrößert*; dies ist vor allem eine Folge des großflächigen Verlusts von Überschwemmungsgebieten (= Auen), die vorher durch Retention des Wassers eine dämpfende Wirkung auf die Abflußschwankungen ausübten. Zum anderen wurde das Mittelwasser, d.h. das *Niveau des Schwankungsbereiches*, durch die Sohleneintiefung des Rheins deutlich *abgesenkt* (vgl. DISTER 1980). Beide Prozesse sind zwar gegenläufig, heben sich aber nur teilweise auf. Das Ergebnis kann man folgendermaßen zusammenfassen. Die Spitzenhochwässer laufen beinahe bis in die gleichen (oder künftig sogar noch größere) Höhen auf als früher. In sehr wasserreichen Jahren ist die Überflutungsdauer bestimmter Auenniveaus heute annähernd genauso lang wie früher. In trockenen Jahren dagegen werden

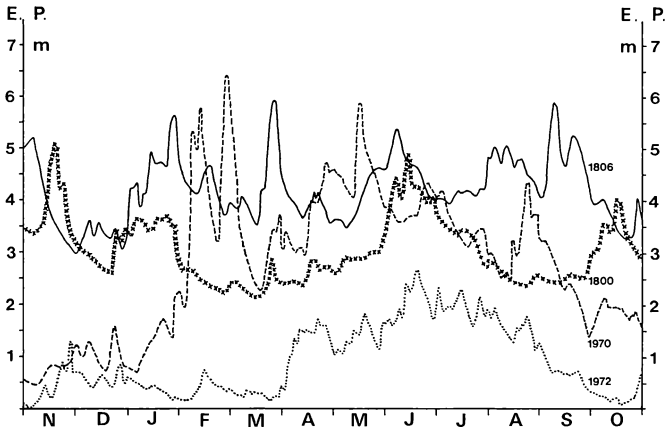


Abb. 5: Wasserstandsganglinien des Rheins am Pegel Erfelden für die trockenen Jahre 1800 und 1972 sowie für die nassen Jahre 1806 und 1970.

bestimmte Höhenlagen in der Aue heute nur sehr kurzzeitig oder überhaupt nicht mehr überflutet, die früher ziemlich lange unter Wasser standen (vgl. Abb. 5). Man kann sagen, daß die hydrologisch-ökologischen Veränderungen in den allerhöchsten Niveaus am geringsten sind und zunehmen, je weiter man sich in der Aue nach unten, dem Niedrigwasser zu, bewegt.

## 5. Hochwassertoleranz von Auenwaldbäumen

### 5.1 Ergebnisse aus der Weichholzaue

An den Ufern der großen Flüsse und ihrer tieferen, ständig bis gelegentlich durchflossenen Altwasser zieht sich von Natur aus ein schmaler Streifen von Silberweiden (*Salix alba*) entlang. Keine andere Baumart rückt weiter gegen die Mittelwasserlinie vor, ja in manchen teilweise abgeschnürten Altarmen unterschreitet sie sogar diese Linie. In dieser i.d.R. nur wenige Meter breiten, höchstens bei extrem flachen Ufern über 10 m hinausgehenden Zone ist *Salix alba* an den ober-rheinischen Altwassern im langjährigen Mittel (1961-1970) Überflutungen von insgesamt 190 - 100 Tagen pro Jahr ausgesetzt. Der erste Wert markiert den unteren, der zweite den oberen Rand des Silberweidensaumes. In hochwasserreichen Jahren wie 1978 kann sich die Überflutungsdauer auf insgesamt 210 (140) Tage steigern, wovon etwa 140 (105) auf die Zeit von April bis Oktober entfallen. Den Höchstwert in der Periode 1961-70 erreichte das Jahr 1966 mit 300 Tagen Überflutungsdauer. Dieser Wert dürfte aber an der Obergrenze der Hochwassertoleranz der Silberweide liegen. Eine weitere Erhöhung der Überschwemmungsdauer, wie sie etwa im Naturschutzgebiet 'Lamprathermer Altrhein' auf Grund von künstlichem Aufstau (vgl. DISTER et al. 1980) erreicht wurde, wird auch für die Weiden kritisch: Eine Überflutungsdauer von 300 Tagen - Dez. 77 bis Sept. 78 - hatten die Stämme zunächst noch gut überstanden, doch zeigten sich in der Folgezeit, wohl auf Grund der fortdauernd überdurchschnittlich hohen Wasserstände, Ausfälle am unteren Rand des Weidengürtels. Ähnliche Erscheinungen konnten an der ungarischen Theiß im Naturschutzgebiet bei Hódmezővásárhely beobachtet werden, wo allerdings ganze Bestände der Silberweide infolge des künstlichen Aufstaus eines Altarmes abstarben. Im extremen Trockenjahr 1976 standen die untersuchten Silberweiden nur 20 Tage unter Wasser.

Die maximale Überflutungshöhe beim Mai-Hochwasser von 1978 erreichte bei den tiefstehenden Exemplaren 4.80 m. Niedrige Strauchweiden wie *Salix purpurea* wären bei solchen Überflutungshöhen einige Zeit völlig untergetaucht und würden ersticken. Darin ist wohl der Grund zu sehen, warum die Strauchweiden im Untersuchungsgebiet niemals so tiefgelegene Standorte besiedeln wie *S. alba*. Die natürliche Untergrenze des Silberweidenvorkommens an den Altwassern bei einem Niveau mit 190 Tagen mittlerer Überflutungsdauer hängt offensichtlich nicht mit der physiologischen Belastungsgrenze der Altbäume (s.o.), sondern mit der dort endenden Möglichkeit der Verjüngung zusammen, die ohnehin nur in recht großen zeitlichen Intervallen erfolgreich ist (vgl. HELLER 1963; DISTER 1980); unterhalb des genann-

ten Niveaus wird zwar immer wieder Weidenverjüngung beobachtet, sie hat aber keine Aussicht auf Bestand, sondern stirbt über kurz oder lang ab, wenn sie zu lange völlig überflutet wird. Mit den Schwierigkeiten bei der Verjüngung muß wohl auch die merklich höher liegende Untergrenze der Silberweidengürtel an den großen Flüssen selbst erklärt werden. Dort ist die mechanische Beanspruchung durch Strömung und Substratbewegung erheblich größer. Die Weidensämlinge können aber nach oben ausweichen, da sie auch in höheren seltener überfluteten Niveaus noch weitgehend vom Fluß vegetationsfrei (= konkurrenzfrei) gehaltene Standorte finden, die sie bekanntlich zum Aufwachsen benötigen. Allerdings vertrocknen sie dort auch leichter, da die Sedimente an den Flußufern durchweg grobkörniger sind und nur eine äußerst geringe Wasserkapazität besitzen.

Die untersuchten lehmigen bis tonigen Silberweiden-Standorte des nördlichen Oberrheins mit sehr ausgedehnten Überflutungen entsprechen nach eigenen Eindrücken von der Donau wohl überwiegend der 'Nassen Weidenau' im Sinne von WENDELBERGER-ZELINKA (1952) und MARGL (1971). Hydrologische Vergleiche mit den Donau-Auen sind aber angesichts der spärlichen Daten über die Überflutungsdauer der dortigen Bestände (Angaben für das (trockene?) Jahr 1949 in WENDELBERGER-ZELINKA 1952) nicht möglich. In der Untersuchung von KÁRPÁTI I. & V. (1971) über die Hochwassertoleranz der ungarischen Donauauen-Vegetation sind solche Standorte bzw. Vegetationstypen nicht berücksichtigt, kommen aber nach mdl. Mitteilung der beiden Autoren und eigenen Eindrücken zumindest im südlichen Ungarn entlang der Donau - etwa bei Baja - vor.

## 5.2 Ergebnisse aus der Hartholzau

### 5.2.1 Die Hauptbaumarten echter Hartholzauenwälder

Die am tiefsten und im Vorland der Sommerdämme stehenden, naturnahen Hartholzauenwälder des Untersuchungsgebietes werden derzeit im Durchschnitt an 14 Tagen im Jahr (Periode 1961-70) überflutet, wovon 8 Tage zwischen April und September liegen. Die höchstgelegenen echten Hartholzauenwälder (*Quercus-Ulmetum*), die die Grenze zu *Carpinion*-artigen Auenwaldgesellschaften bilden (vgl. DISTER 1980), sind dagegen nur noch an etwa 3 Tagen überschwemmt (s. Abb. 6 u. 7). Im hochwasserreichen Jahr 1970 verlängerte sich die Überflutungsdauer auf 58 bzw. 15 Tage; beim Wasserhöchststand betrug die Überflutungshöhe 2.20 m. Von den 58 Tagen Gesamtüberflutungsdauer entfielen 37 Tage auf die Zeit von April bis September. Im Trockenjahr 1976 blieben die Überflutungen dagegen völlig aus.

Interessanter und für die Ökologie der Hartholzauenwälder in Unterlaufsituation aufschlußreicher als die heutigen Überschwemmungsverhältnisse war es, herauszufinden, wie lange die untersuchten naturnahen Bestände in früheren Zeiten mit unwesentlichem menschlichen Einfluß auf das Wasserregime überflutet wurden. Auch versprachen solche Untersuchungen Aufschluß über die Maximalwerte der Überflutungs-

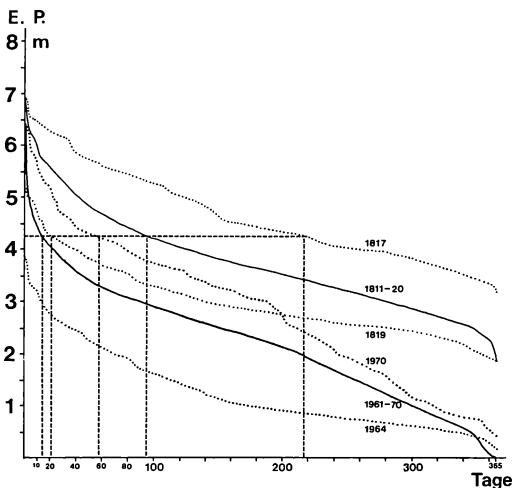


Abb. 6: Dauerlinien der Wasserstände des Rheins am Pegel Erfelden für die Dekaden 1811-20 und 1961-70 im Mittel sowie für ausgesuchte nasse (1817, 1970) und trockene (1819, 1964) Jahre dieser Dekaden.

dauer, die unter ökologischen Bedingungen von bestimmten Baumarten ertragen werden. Mit den oben beschriebenen Methoden war es möglich, dies festzustellen.

Dabei zeigte sich, daß es sehr tiefstehende Stieleichen (*Quercus robur*) gibt, die auf einem Niveau<sup>1)</sup>, das 4.25 m E.P. entspricht, im oder vor dem ersten Jahrfünft des vergangenen Jahrhunderts aufgekommen sind. Sie wurden in der Jugendphase ihrer Entwicklung (Periode 1811-20) im langjährigen Mittel an 96.7 Tagen pro Jahr überflutet, wovon 61.5 Tage auf die Zeit von April bis September entfielen (vgl. Abb. 6 u. 7). Würde man die Periode 1801-10 zu Grunde legen, so würde der Wert für die Überflutungsdauer 101.8 Tage pro Jahr betragen. Die Untergrenze der Eichenvorkommen - und damit der Hartholzauenwälder - schließt demnach direkt an die Obergrenze der Silberweidensäume an. Doch sagen solche Durchschnittswerte nichts über die Extreme. Im wasserreichen Jahr 1817 waren dieselben Stieleichen an 217 Tagen überflutet, wovon 125 Tage auf die Zeit von April bis September entfielen. Im vorausgegangenen Jahr 1816 wurden 175 Tage erreicht, wovon sogar 151 innerhalb der Monate April bis September lagen. Damals standen die Eichen ununterbrochen von Anfang Mai bis Anfang Oktober im Wasser. Das außergewöhnliche Trockenjahr 1819 hatte hingegen nur 21 Tage Überflutungsdauer. Über die monatliche Verteilung der Überflutungstage in den übrigen Jahren dieser Dekade gibt Tab. 1 Auskunft. Lang andauernde Überflutungen mußten die Stieleichen auch in den Jahren 1824 (160 Tage), 1831 (161 Tage), 1860 (149 Tage) und 1867 (155 Tage) aushalten, ferner in dem sehr hochwasserreichen Zeitraum von 1876-1879, wobei im Durchschnitt dieser 4 aufeinander folgenden Jahre 116.3 Tage Überflutungsdauer pro Jahr erreicht wurden (s. Tab. 2).

In den zuletzt genannten nassen Jahren existierten bereits einige Eschen (*Fraxinus excelsior*) mit heute über 100 cm Brusthöhendurchmesser, die zwischen 1860 und 1865 in einem Niveau aufgekommen sind, das einer Höhe von 4.65 m Erfeldener Pegel entspricht. Sie waren zwischen 1876 und 1879 im Mittel an 77.3 Tagen pro Jahr überflutet, wovon 54.3 Tage auf die Zeit von April bis September entfielen. Im Jahr 1876 wurden insgesamt sogar 102 Tage Überflutungsdauer toleriert; 1878 waren es 72 Tage, die ausnahmslos im Zeitraum von April bis September lagen (s. Tab. 2). Damit steht eindeutig fest, daß die Esche - mit Unterbrechungen - mehrere Monate lang überschwemmt werden kann, und daß ihr auch mehrwöchige Überflutungen im Sommer zumindest auf den lehmigen Standorten der nördlichen Oberrheinebene nicht schaden müssen.

Dem stehen die Befunde von ESSLINGER (1911), VILL (1911) und TUBEUF (1912) über Hochwasserschäden an Eschen im Bereich der Hördter Rheinaue und angrenzender Gebiete (linksrheinisch nördlich Karlsruhe gelegen) nach den Sommerüberschwemmungen von 1910 gegenüber (vgl. auch ANDERSON 1927, KLOSE 1927). Damals waren neben Rot-

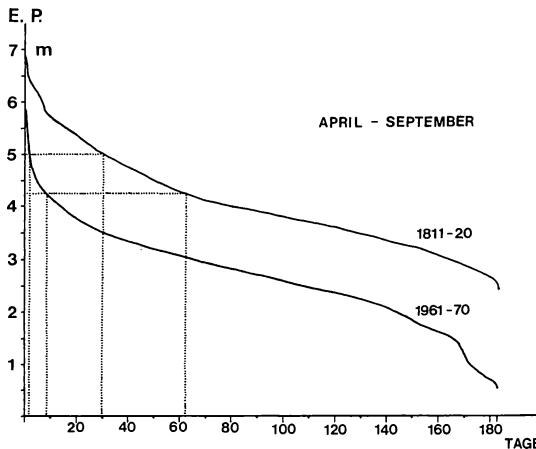


Abb. 7: Dauerlinien der Wasserstände des Rheins am Pegel Erfelden für die Monate April bis September der Dekaden 1811-20 und 1961-70.

<sup>1)</sup> Das Niveau, auf dem die Bäume stehen, kann man nach vorausgegangenen Sedimentationsuntersuchungen als mehr oder weniger konstant ansehen.

**Tab. 1:** Monatliche Überschreitungsdauer (in Tagen) von 425 cm Erfeldener Pegel in der Dekade 1811-20.  
Dieser Pegelwert entspricht dem Niveau der tiefstehenden Alteichen.

	1811	1812	1813	1814	1815	1816	1817	1818	1819	1820	Summe je Monat
Nov.	3	-	13	7	-	-	16	-	-	6	45
Dez.	22	-	12	-	6	-	17	-	-	11	68
Jan.	12	-	-	6	-	5	22	-	-	21	66
Febr.	17	13	8	2	5	-	2	-	-	3	50
März	11	7	-	-	15	11	26	22	-	-	92
Apr.	-	18	-	-	7	4	2	4	-	-	35
Mai	3	2	4	-	-	25	17	28	-	-	79
Juni	2	2	20	8	9	30	30	-	7	1	109
Juli	20	31	18	25	31	31	31	-	14	7	208
Aug.	-	23	17	-	30	31	31	-	-	5	137
Sept.	-	-	3	-	-	30	14	-	-	-	47
Okt.	-	3	7	-	-	8	9	1	-	3	31
Ü-Tage im Jahr	90	99	102	48	103	175	217	55	21	57	Ø 96,7
Ü-Tage im Som.	25	76	62	33	77	151	125	32	21	13	Ø 61,5

**Tab. 2:** Überschreitungsdauer (in Tagen) von 425 cm und 465 cm Erfeldener Pegel in den Jahren 1876-79.  
Der erste Wert entspricht dem Niveau der tiefstehenden Alteichen, der zweite dem der tiefstehenden Alteschen.

Pegel	425 cm E.P. und größer		465 cm E.P. und größer	
	Jahr	Apr.-Sept.	Jahr	Apr.-Sept.
1876	127	66	102	44
1877	129	95	88	65
1878	118	107	72	72
1879	91	73	48	36
Ø	116,25	85,25	77,5	54,25

buchen, Ahornen und Wildkirschen auch zahlreiche, z.T. 60-70jährige Eschen abgestorben. Wie aus Untersuchungen TUBEUFs (1912) hervorgeht, waren die Wurzeln der abgestorbenen Eschen durchaus noch vital, das Kambium an der Stammbasis war aber schwer geschädigt oder völlig abgestorben. TUBEUF neigte zu der Auffassung, daß das Überflutungswasser den Sauerstoffzutritt durch die Lentizellen im Bereich der Stammbasen stark eingeschränkt oder völlig verhindert hat und daß dadurch das sehr atmungsaktive Kambium zum Absterben gebracht wurde. Bei Arten mit glatter Rinde (Rotbuche, Ahorn, Esche) soll diese Gefahr wesentlich größer sein als bei grobrindigen Bäumen (Eiche, Ulme, Pappel, Weide), wo in den Spalten der Borke noch mehr Luft verbleiben und nachgeführt werden könnte. Andere Autoren (z.B. FABRICIUS 1879) vertreten die Meinung, daß es bei Überflutungen durch Reflexion der Sonnenstrahlung von der Wasseroberfläche im Bereich der Stammbasis zu einer Art Rindenbrand kommt, gegen den Buche und Esche zweifellos empfindlicher sind als Eiche und Ulme. Eine Übersicht über physiologische Wirkungen des Hochwassers und Eigenschaften der Gehölze, die für die Hochwassertoleranz verantwortlich sein dürften, gibt GILL (1970).



Jedenfalls wurde bei dem Hochwasserereignis des Sommers 1910 die Überflutungstoleranz der Esche im Gebiet der Hördter Rheinaue überschritten. Die hydrologischen Bedingungen, die konkret an den Wuchsstellen der Eschen herrschten und zu ihrem Absterben führten, lassen sich nicht mehr exakt rekonstruieren. Folgende Punkte verdienen aber festgehalten zu werden: Es sind nicht alle Eschen abgestorben, sondern nur solche, die auf sehr tiefen Niveaus stockten. Selbst dort haben zwischen den abgestorbenen etliche Exemplare überlebt. Im Vorland der (Sommer-)Dämme waren die Schäden deutlich geringer als in den dahinterliegenden Poldern, aus denen das Wasser nach dem Rückgang der Hochwasserwelle nur ganz allmählich abfließen konnte. Die Eschen konnten in diesem Gebiet mindestens 60-70 Jahre alt werden (1910) und haben somit etliche extreme Hochwassersituationen einschließlich der sehr hochwasserreichen Jahre 1876-79 schadlos überstanden. Konkrete Angaben aus früheren Jahrzehnten über Hochwasserschäden an Eschen konnte TUBEUF trotz umfangreicher Studien nicht finden, wohl aber allgemeine Hinweise auf die im Vergleich zu Stieleiche und Ulme größere Überflutungsempfindlichkeit der Esche (s. auch FABRICIUS 1879).

Nach diesen Feststellungen erscheint es naheliegend, den Verlauf des Hochwassergeschehens im Sommer 1910 näher zu analysieren und nach Kriterien zu suchen, die die damalige Hochwassersituation extremer erscheinen lassen als die der 70er Jahre des vergangenen Jahrhunderts und als alle späteren. Vergleicht man die Dauerzahlen der Wasserstände des Jahres 1910 mit den Dauerzahlen anderer, hochwasserreicher Jahre, so zeigt sich in der Tat eine Besonderheit, die die Schädigung der Eschen erklären könnte. In einem bestimmten Höhenbereich, der - verglichen mit dem Kühkopf - etwas oberhalb des Niveaus der tiefstehenden Alteschen beginnen und ca. 1 m darüber enden würde, erreichte die ununterbrochene Überflutungsdauer innerhalb der Vegetationszeit einen Maximalwert; unterhalb und oberhalb dieses Bereichs erwiesen sich andere Jahre (z.B. 1878) als extremer. Geht man davon aus, daß die Befunde vom Kühkopf grundsätzlich auf die Hördter Rheinaue übertragbar sind, daß sich also die Untergrenze des Eschenvorkommens in der Hördter Rheinaue in entsprechender Höhenlage befand wie früher auf dem Kühkopf, so wären die tiefstehenden Eschen tatsächlich mit ungefähr 40 Tagen ununterbrochener Überflutung im Sommer (von Mitte Juni bis Ende Juli 1910) extremsten, nie mehr beobachteten Belastungen ausgesetzt gewesen. Nicht näher bekannte Randbedingungen in der Hördter Rheinaue könnten dann den Ausschlag gegeben haben, daß die Eschen dort abstarben, während sie auf dem Kühkopf überlebten.

Stellt man die Erfahrungen mit der Esche aus den Jahren 1876-79 und 1910 zusammen und berücksichtigt auch das Verhalten jüngerer, tieferstehender Exemplare dieser Art während der hochwasserreichen Jahre 1965 und 1970, so muß man zu dem Schluß kommen, daß ihre Hochwassertoleranzgrenze am natürlichen Standort im langjährigen Mittel sehr wahrscheinlich zwischen 35 und 40 Tagen Überflutungsdauer pro Jahr liegt, wobei durchschnittlich 23-27 Tage auf die Zeit zwischen April und September entfallen. Die in einzelnen Jahren erreichten Extremwerte können jedoch, wie oben gezeigt wurde, erheblich darüber liegen. Mit Sicherheit weist sich *Fraxinus excelsior* damit als ein originaler Bestandteil der Hartholzauenwälder aus. Daß die nahe verwandte Feldesche (*Fraxinus angustifolia*) Südosteuropas, die bereits in den Marchauen und benachbarten Donauauen Österreichs vorkommt, wesentlich längere Überflutungszeiten aushält, soll hier nur erwähnt werden (vgl. GLAVAC 1969; WENDELBERGER 1973; JELEM 1975; DRESCHER 1977).

Feld- und Flatterulme (*Ulmus minor* und *U. laevis*) sind auch sehr hochwassertolerante Baumarten (s. auch FABRICIUS 1879; ANDERSON 1927). Leider fehlen auf Grund des Ulmensterbens in den 20er Jahren dieses Jahrhunderts (und später) sowie der früheren Mittelwaldwirtschaft im Untersuchungsgebiet Exemplare, die mehr als ca. 120 Jahre alt sind und dabei auf tiefergelegenen Standorten stocken. Für die vorhandenen wurde errechnet, daß sie in den hochwasserreichen Jahren 1876-79 ähnlich lange Überflutungen ertragen mußten wie die Eschen (knapp 80 Tage durchschnittlich, maximal über 100 Tage), doch liegen die Grenzen dessen, was die beiden Ulmen am natürlichen Standort ertragen, mit Sicherheit weitaus höher (s.u.), vermutlich in derselben Höhe wie bei der Stieleiche, d.h. fast 100 Tage im langjährigen Mittel.

Für die meisten Forstleute, selbst für solche, die seit vielen Jahren in der Aue praktizieren, sind derartig extreme Hochwassertoleranz-Werte, wie sie oben genannt wurden, schwer zu akzeptieren, denn sie entsprechen nicht ihrer Erfahrung. In der Tat werden die heutigen Hartholzauenwälder viel kürzer überflutet als früher (s.o.), und tiefer liegende, länger überflutete Standorte tragen keine Eichen-Ulmenwälder. Das ist jedoch leicht verständlich, wenn man sich die historische Entwicklung der letzten 180 Jahre vergegenwärtigt. Als Folge der wasserbaulichen Maßnahmen seit 1817 sank die Überflutungsdauer auf den einzelnen Niveaus der Aue deutlich ab (s. Abb. 6). Die vorher auf Grund zu langer Überflutungszeiten überhaupt nicht waldfähigen Standorte wurden waldfähig, sogar fähig, Hartholzauenwälder zu tragen, ebenso die ehemaligen Weichholzstandorte. Doch dachte niemand daran, dieses neu gewonnene Nutzland mit Eichen, Ulmen oder Eschen zu bestocken. Soweit man die

Flächen nicht als Wiesen oder Kopfhholzplantagen nutzte, wurden Kulturpappeln gepflanzt. Daher fehlen uns heute am Oberrhein die sehr tiefliegenden, monatelang überschwemmten Hartholzauenwälder. Den Forstleuten früherer Zeiten war die außerordentliche Hochwassertoleranz von Eiche und Ulme durchaus geläufig. So schrieb Oberförster FABRICIUS (1879) über die Auenwälder des Kühkopfs: "Noch innerhalb der Lagen, welche die Weide (*gemeint sind Kopfhölzer der Silberweide, Anm. d. Verf.*) inne hat, gedeihen schon die Eiche, Ruster und Schwarzpappel und stehen nicht selten jährlich mit Unterbrechungen, 5-6 Monate im Wasser, ohne besonderen Schaden zu leiden, nur müssen junge Pflanzen bereits angewurzelt sein."

Fast alle sog. Zwangsstandorte für Kulturpappeln erweisen sich damit als durchaus geeignet, Eichen-Ulmenwälder zu tragen. Die Beobachtung der natürlichen Sukzession liefert einen Beweis für die Richtigkeit dieser Auffassung. Seit dem Rückgang der Wiesen- und Kopfholzwirtschaft und der Reduzierung der Pflege von Kulturpappelplantagen kann man nämlich in der rezenten Rheinaue feststellen, daß sich fast überall Jungbäume von Arten der Hartholzaue einstellen - allen voran die Feldulme. An solchen Standorten, die eine ungestörte Entwicklung zulassen, verjüngen sich Feldulme (*Ulmus minor*), Flatterulme (*Ulmus laevis*), Stieleiche (*Quercus robur*), Wildbirne (*Pyrus pyraster*) und Weißdorn (*Crataegus monogyna*) offenbar problemlos<sup>1)</sup> bis zu einem Niveau, das etwa 40 Tagen mittlerer Überflutungsdauer pro Jahr entspricht; dabei wurden von den jungen Gehölzen der genannten Arten im Extrem (1970) rund 120 Tage Überflutungsdauer ertragen. Unterhalb dieses Niveaus wurde nur vereinzelt Verjüngung gefunden. Dort scheinen sich die Arten nur in größeren Intervallen erfolgreich ansamen zu können. Eine Folge einiger trockener Jahre nach einem sehr hochwasserreichen Jahr könnte eine günstige Voraussetzung für die Verjüngung bieten. Für die Verjüngung der Stieleiche müßte diese zusätzlich mit einer Vollmast unmittelbar nach der Hochwasserperiode verbunden sein. Für alle Arten gilt aber, daß die Jugendphase, in der sie vollständig unter Wasser geraten können (und dann i.d.R. absterben), die kritischste Zeit in ihrem Entwicklungszyklus darstellt.

#### 5.22 Einige Arten der *Carpinion*-artigen Auenwälder

Für die meisten Baumarten, die nicht zu den Eichen-Ulmenwäldern in strengem Sinn gerechnet werden können, wie Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Winterlinde (*Tilia cordata*), Hainbuche (*Carpinus betulus*), Rotbuche (*Fagus sylvatica*), Hasel (*Corylus avellana*) etc. lassen sich nur schwer zuverlässige Angaben über ihre Hochwassertoleranz machen, da für ihr Vorkommen oder Fehlen in den höheren Lagen der Aue die Konkurrenz ein mindestens ebenso entscheidender Faktor sein dürfte wie die Überflutungsdauer. Für den Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) gilt dies weniger: Er zeigt eine relativ scharfe Untergrenze seines Vorkommens, die 8 Tagen mittlerer Überflutungsdauer pro Jahr entspricht, wovon die Hälfte auf die Zeit von April bis September entfällt. Als Extremwert (1970) wurden dabei 35 Tage Gesamtüberflutungsdauer - davon 17 Tage im Sommer (einschl. April bis September) - toleriert. Unterhalb dieses Niveaus bis zu einer Höhenlage, die 23 (14) Tagen mittlerer Überflutungsdauer entspricht, findet man zwar vereinzelt Ahorn-Verjüngung, die aber offenbar nicht das Stangenholzalter erreicht.

Die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) wird allgemein als wenig überflutungstolerant angesehen. Besonders gegen Sommerhochwässer scheint sie empfindlich zu sein (vgl. u.a. ESSLINGER 1911; TUBEUF 1912; TRAUTMANN, LOHMEYER 1960). Im Untersuchungsgebiet kam sie bis vor etwa 100 Jahren (vgl. FABRICIUS 1879) nicht vor; später wurde sie landseits der Sommerdämme eingebracht. Dadurch ist sie vor mittleren Hochwässern geschützt; bei Spitzenhochwässern werden aber die Sommerdämme überflutet. Dann können die dahinterliegenden Polder u.U. für einige Wochen unter Wasser stehen, da sie nur sehr langsam entleert werden können. Solche Verhältnisse traten bei dem großen Hochwasser Ende Mai 1978 auf dem Kühkopf und der Knoblochs-aue ein. Die Rotbuchen standen damals fast 3 Wochen ununterbrochen im Wasser, ohne Schaden zu nehmen. Auch berichtet der preußische Forstmeister BRECHER (1897) von Rotbuchen in der Elbaue bei Magdeburg mit "...über 100jährigen, gutwüchsigen Stämmen von etwa 21 bis 28 m Höhe und 56-73 cm Durchmesser in Brusthöhe, sie haben also bis zum Jahre 1865 jährliche Winter- und Sommerüberschwemmungen der Elbe ohne Nachtheil in gutem Gedeihen ertragen. In ganz ähnlicher Weise finden sich im Flußboden des benachbarten Klosterforstes Kreuzhorst a. Elbe alte Rothbuchen von ca. 200 jährigem Alter mit 27 bis 28 m Höhe und bis 96 cm Brustdurchmesser... Demnach haben diese Rothbuchen die großen Überschwemmungen der Elbe bei jedem Hochwasser stets durch die lange Dauer ihrer Wuchszeit ertragen." Sicherlich

<sup>1)</sup> Die Probleme, die durch die stark überhöhten Wildbestände bei der Verjüngung entstehen, sollen hier außer acht gelassen werden.

lassen sich die Befunde von der Elbe, die ja ein anderes Wasserregime mit überwiegend Frühjahrshochwässern besitzt, nicht ohne weiteres auf den Rhein übertragen. Sie geben aber interessante Hinweise auf die Hochwassertoleranz der Rotbuche. Warum *Fagus sylvatica* bei manchen (Sommer-)Überflutungen geschädigt wird, bei anderen nicht, muß vorerst offenbleiben. Untersuchungen über die exakte Überschwemmungsdauer am Wuchsort, die näheren Begleitumstände der Überflutung sowie eine genaue Aufnahme der Böden wären zur Klärung der Überflutungstoleranz der Rotbuche bei künftigen extremen Wasserständen erforderlich.

Die Untergrenze des Hasel-Vorkommens (*Corylus avellana*) im Überschwemmungsgebiet des nördlichen Oberrheins liegt bei einer mittleren Überflutungsdauer von 3.5 Tagen pro Jahr. Dieser Mittelwert schließt als Extrem (1970) 22 Tage Gesamtüberflutungszeit, davon 7 Tage im Sommer, ein. Ebenso wie die Hasel verhalten sich etliche andere, zum *Carpinion* zu rechnende Arten wie z.B. *Carpinus betulus* und *Tilia cordata*. Überhaupt scheinen die für die Hasel zutreffenden Maximalwerte der tolerierten Überflutungsdauer eine wesentliche Grenze in der Aue darzustellen, die sich zur Abgrenzung der echten Hartholzauenwälder von den *Carpinion*-artigen Gesellschaften eignet (s. DISTER 1980).

Wieweit die hier gemachten Angaben über die Hochwassertoleranz der Gehölze auch für andere Flußgebiete Mitteleuropas, namentlich für solche mit überwiegend grobkörnigen Böden und/oder Winterhochwässern, Gültigkeit haben, kann noch nicht entschieden werden. Erste Überprüfungen bei Stieleichen am südlichen Oberrhein durch HÜGIN (mdl. Mitt.) zeigten, daß auch in diesem pedologisch andersartigen Flußabschnitt (grobkörnigere Böden) offenbar beinahe genauso lange Überflutungszeiten ertragen werden wie im Untersuchungsgebiet.

#### Literatur

- ANDERSON , 1927: Einwirkung des Hochwassers auf Forst-Gehölze. Mitt. Dt. Dendrol. Ges. 38: 255-258.
- BRECHER , 1897: Über das Verhalten einiger Holzarten im Überschwemmungsgebiet der Elbe. Z. Forst- u. Jagdwesen 29(5): 287-291.
- DISTER E., 1980: Geobotanische Untersuchungen in der hessischen Rheinaue als Grundlage für die Naturschutzarbeit. Diss. Univ. Göttingen.
- DISTER E., FRITZ H.-G., HEIMER W., 1980: Pflegepläne für hessische Naturschutzgebiete im Lichte ökologischer Forschung - Beispiele aus der Rheinaue. Verh. Ges. Ökologie 8: 119-127.
- DRESCHER A., 1977: Die Auenwälder der March zwischen Zwerndorf und Marchegg. Diss. Wien.
- ESSLINGER , 1911: Hochwasserschäden in den am Rheine gelegenen Staats- und Gemeindeforsten der Pfalz während des Sommers 1910. - Forstw. Centralbl. 33: 394-400.
- FABRICIUS , 1879: Die rheinischen Auewälder. Allg. Forst- und Jagdz. 55: 84-88.
- GILL C.J., 1970: The flooding tolerance of woody species - a review. For. Abstr. 31(4): 671-688.
- GLAVAČ V., 1969: Über die Stieleichen-Auenwälder der Save-Niederung. Schriftenr. Vegetationsk. 4: 103-108.
- HELLER H., 1963: Struktur und Dynamik von Auenwäldern. Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz 44: 75 S.
- JELEM H., 1975: Marchauen in Niederösterreich. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. 113: 93 S.
- KÁRPÁTI I., KÁRPÁTI V., 1971: Die Hochwassertoleranz der ungarischen Donauauen-Vegetation. Schriftenr. Raumforsch. Raumlpl. 11: 146-148.
- 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.
- MARGL H., 1971: Die Ökologie der Donauauen und ihre naturnahen Waldgesellschaften. In: Naturgeschichte Wiens 2: 1-41. [Wien (Jugend und Volk)].
- SCHÄFER W., 1973: Der Oberrhein, sterbende Landschaft? Natur Museum 103: 1-29, 73-81, 110-123, 137-153, 177-192, 312-319.
- TRAUTMANN W., LOHMEYER W., 1960: Gehölzgesellschaften in der Fluß-Aue der mittleren Ems. Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 8: 227-247.
- TUBEUF C. von, 1912: Hochwasserschäden in den Auwäldern des Rheins nach der Überschwemmung im Sommer 1910. Naturw. Z. Forst- u. Landwirtschaft. 10(1): 1-21.
- VILL , 1911: Die Hochwasserschäden in den Staatswäldern des K. Forstamtes Sondernheim im Jahre 1910. Naturw. Z. Forst- u. Landwirtschaft. 9(3/4): 193-198.

WENDELBERGER G., 1973: Überschwemmte Hartholzauen? Vegetatio 28(5/6): 253-281.

WENDELBERGER-ZELINKA E., 1952: Die Vegetation der Donauauen bei Wallsee. Schriftenr. Oberöst.  
Landesbaudirektion 11: 196 S.

Adresse

Dr. Emil Dister  
Abt. 6.5 Biogeographie  
Universität des Saarlandes  
D-6600 Saarbrücken

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [10\\_1983](#)

Autor(en)/Author(s): Dister Emil

Artikel/Article: [Zur Hochwassertoleranz von Auenwaldbäumen an lehmigen Standorten 325-336](#)