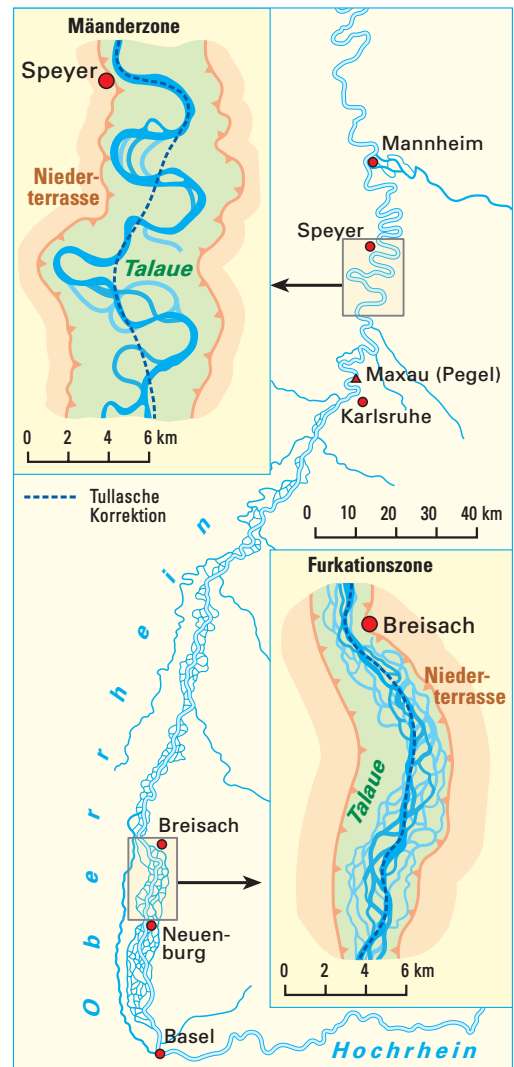


M 22 Naturräumliche Einheiten des Rheins um 1800



Flussaue  
Hochwasser

Mäander (G)  
Furkation

Renaturierung

### Geoökosystem Flusslandschaft

Die Warnsignale der Natur werden lauter. 1993 überschritt das Weihnachtshochwasser des Rheins in Köln die magische Grenze von 10 m. Beim „Jahrhunderthochwasser“ zwei Jahre später hieß es erneut „Land unter“. Verheerende Jahrhundertfluten folgten 1997 an der Oder und 2002 an der Elbe. Das integrierte Rheinprogramm (IRP) schätzt die bei einem erneuten großen Hochwasser am Oberrhein auftretenden Schäden auf mehr als 6 Mio. Euro.

Am Oberrhein beklagen Naturschützer eine ökologische Katastrophe. Die Verluste an naturnahen Lebensraumtypen haben zu einem drastischen Artenrückgang bei der einheimischen Tier- und Pflanzenwelt geführt. Das im Untergrund der Oberrheinischen Tiefebene vorhandene größte Trinkwasserreservoir Mitteleuropas ist gebietsweise sehr stark beeinträchtigt. Nur mit Mühe kann in einigen Regionen am Oberrhein die Wasserversorgung sichergestellt werden. Experten sind überzeugt, dass die Umgestaltung der Flusslandschaft des Oberrheins eine der wesentlichsten Ursachen für diese bedrohlichen Entwicklungen ist. Mit welchen Ansprüchen und ursprünglichen Zielsetzungen hat hier der Mensch in natürliche Systeme eingegriffen? Gibt es Möglichkeiten zur Renaturierung, zu einer nachhaltigen Landschaftsgestaltung?

#### Die Flusslandschaft des Oberrheins

Das Oberrheingebiet ist eine rund 300 km lange und im Durchschnitt 40 km breite Tiefebene. Der natürliche Flusslauf des Rheins weist hier zwei Typen auf:

- die Furkationszone (lat. furca = die Gabel) mit einem durchschnittlichen Gefälle von 1 ‰, bei dem sich der Strom in mehrere Arme aufgabelt,
- die Mäanderzone mit einem durchschnittlichen Gefälle von 0,3 ‰ und typisch ausgebildeten, breit oszillierenden Flussschlingen.

#### Die Umgestaltung der Flusslandschaft durch wasserbautechnische Eingriffe

Die Oberrheinebene wurde bereits in vorgeschichtlicher Zeit besiedelt. Es war für den Menschen aber nie ungefährlich, in diesem Raum zu leben und zu wirtschaften. Die Schneeschmelze im Frühjahr und die Niederschläge im Sommer führten zu gefürchteten Hochwässern. In einem Gewirr von Flussarmen floss der Rhein dahin.

m

Zwischen Basel und Mannheim zählte man über 2 000 Inseln. Bei jedem Hochwasser verschwanden einige und wurden an anderer Stelle neu gebildet. Zur Bedrohung von Siedlungen und Zerstörung von Ackerland kamen die Beeinträchtigung der Schifffahrt sowie die Übertragung von Krankheiten, insbesondere der Malaria durch Stechmücken. Seit jeher war es also das Ziel der Anwohner, sich gegen den „Fresser“, wie sie den Rhein bezeichneten, wirksam zu schützen. Hierzu waren wasserbautechnische Eingriffe in einem Ausmaß nötig, wie sie nur ein größerer, kraftvoller Staat organisieren und finanzieren konnte. Das Gebiet des Oberrheins war aber seit dem Hochmittelalter in viele Kleinstterritorien zersplittert, die eifersüchtig über ihr Staatsgebiet wachten, sich jeder Veränderung widersetzen und zu keiner Zusammenarbeit bereit waren. Erst die territoriale Neuordnung nach 1806 bzw. 1815 ermöglichte es dem Wasserbauingenieur Johann Gottfried Tulla (1770–1828) seine Rheinkorrektur in Angriff zu nehmen. Tulla hatte bereits an mehreren Beispielen bewiesen, dass bei einer Begradigung von Flüssen mit dem Abschneiden von Nebenarmen und entsprechenden Dammbauten die Gefahr von Überschwemmungen entscheidend vermindert werden kann. Von 1817 bis 1880 wurde der Rhein nach seinen Plänen begradigt. Dies führte auf der Strecke von Basel bis Karlsruhe, wo zahlreiche Flussarme in einem 200 m breiten Mittelwasserbett zusammengefasst wurden, zu einer Verkürzung des Flusslaufes um 14 %. Weiter flussabwärts, im Mäanderbereich zwischen Karlsruhe und Mannheim, wurde der Lauf um 37 % (50 km) verkürzt. Der Fluss und eine bis zu 2 km breite Überflutungsauwe wurden eingedeicht. Nach 1912 erfolgten zahlreiche wasserbautechnische Eingriffe, um

den Rhein zur Energiegewinnung und als Schifffahrtsstraße nutzen zu können:

- Bau des betonierten Rheinseitenkanals von Basel bis Breisach (Grand Canal d’Alsace),
- Bau von Kanalschlingen zwischen Breisach und Straßburg,
- Bau von Staustufen mit Seitendämmen und Laufwasserkraftwerken,
- Bau von festen Schwellen zur Stützung des Grundwassers im Schlingebereich.

Die Eingriffe führten zu tief greifenden Veränderungen am südlichen Oberrhein zwischen Basel und Breisach: Das Gefälle des begradigten Rheins vergrößerte sich bei Istein auf 1,36‰ und bei Breisach auf 0,86‰. Damit verstärkte sich die Tiefenerosion des Rheins von 4 mm auf bis zu 70 mm pro Jahr. Sie führte z. B. im Bereich von Rheinweiler-Neuenburg zu einer Tieferlegung des Flussbettes bis heute um fast 7 m. Der betonierte Rheinseitenkanal nahm über 95 % des Flusswassers auf. Als Folge dieser Maßnahmen sank auch der Grundwasserspiegel. Insgesamt gingen bis 1950 durch wasserbauliche Maßnahmen 730 km<sup>2</sup> Überflutungsflächen verloren, danach nochmals 130 km<sup>2</sup> (vgl. M 36, S. 83). Als unmittelbare Folge kommt es zu einem rascheren Durchfluss von Hochwasserwellen: die Abflusskurve (vgl. M 3, S. 45, Pegel Maxau) wird steiler und das Flussbett muss im gleichen Zeitraum mehr Wasser aufnehmen.

Hochwasserschutz

Flussbegradigung  
Eindeichung

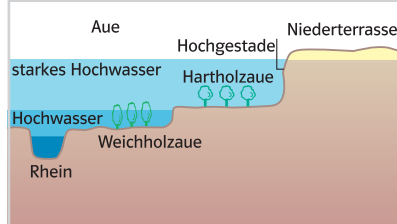
Abflusskurve

## Fallbeispiel: Grissheim am Oberrhein – Umgestaltung der Auenlandschaft

### M 25 Rheinaue westlich von Grissheim (Südbaden) zu Beginn des 19. Jh.s



### M 26 Profil durch die östliche Rheinaue (vgl. M 25)



### M 27 Die ursprüngliche Auenlandschaft

Charakteristischer Landschaftstyp der Rheinniederung ist der Auenwald. Sein Ökosystem wurde in besonderer Weise durch die folgenden Gunstfaktoren geprägt:

Der Grundwasserspiegel war an den Rheinwasserspiegel gekoppelt. Der Wasserhaushalt der Rheinaue wurde vom Rheinwasserstand gesteuert. Zweimal jährlich (vgl. M 3, S. 45) traten Überflutungen auf: im November als Folge der herbstlichen Niederschläge und im Juli als Folge der Schneeschmelze in den Alpen über 1800 m. Damit wurde eine ganzjährige Durchfeuchtung des Bodens erreicht.

Das Relief bewirkte als zweiter Geofaktor eine Differenzierung des Wasserhaushaltes. Innerhalb der Aue lag die flussnahe Weichholzaue 1–2 m niedriger als die flussfernen Bereiche, also näher zum Niveau des Grundwassers und des Überschwemmungsspiegels. Die flussferne Auenfläche hatte einen tiefer liegenden Grundwas-

serspiegel und wurde insgesamt weniger überflutet. Auf ihr stockte infolgedessen der an trockenere Standorte gebundene Hartholzauenwald (Eichen, Eschen, Ulmen u. a.). Im tief gelegenen Teil der Aue wuchs der an häufigere Überflutungen und an den höheren Grundwasserspiegel angepasste Weichholzauenwald mit Weiden, Pappeln und Erlen. Die üppige Vegetation des Auenwaldes ließ eigentlich Böden mit einem guten Nährstoffangebot erwarten. Es finden sich jedoch Kiese und Sande mit einem geringen Angebot an Nährstoffen. Entscheidend für die Versorgung war neben dem unmittelbaren Nährstoffumsatz im Auenwald selbst – z. B. durch Mineralisierung der organischen Abfälle – die regelmäßige Nährstoffzufuhr durch die Überflutungen. Mit jedem Hochwasser wurden genügend Nährstoffe in Form von Minerallösungen und als im Wasser treibende Pflanzen- und Tierreste geliefert.

### M 29 Die Pflanzen der Aue

Unregelmäßig auftretende Wasserstandsschwankungen, der Druck der reißenden Hochwässer, die Ablagerung der vom Fluss mitgeführten Sedimente und die Konkurrenz von angespülten Samen anderer Pflanzen erfordern besonders von den Pflanzen der Weichholzaue gezielte Anpassungsstrategien. So können Weiden ohne Schäden über 100 Tage Überschwemmung und damit Luftabschluss überstehen. Die Bruchweide nutzt den Druck des Hochwassers zur Vermehrung: Die jungen Zweige brechen leicht ab und werden durch das Hochwasser als Stecklinge fortgetragen. Andere Weidenarten setzen auf ihre biegsamen Zweige, um dem Druck der Wassermassen standzuhalten. Weitere Strategien sind die massenhafte Produktion von schnell keimenden Samen, die Verbreitung von Samen durch das Wasser oder den Wind und die Ausbildung von Flachwurzeln.

**M30** Rheinaue im gleichen Raum heute



**M31** Die Umgestaltung der Auenlandschaft

Auf kleinem Raum verdeutlicht das Beispiel Grissheim die Veränderungen der Flusslandschaft durch das veränderte Abflussverhalten des Rheins.

Die Pflanzen der Weichholz- und Hartholzaue konnten mit ihren Wurzeln den abgesunkenen Grundwasserspiegel nicht mehr erreichen und starben ab. Waren bislang Grundwasser und Relief die dominierenden Geofaktoren, so sind es jetzt Niederschlag und Bodenart.

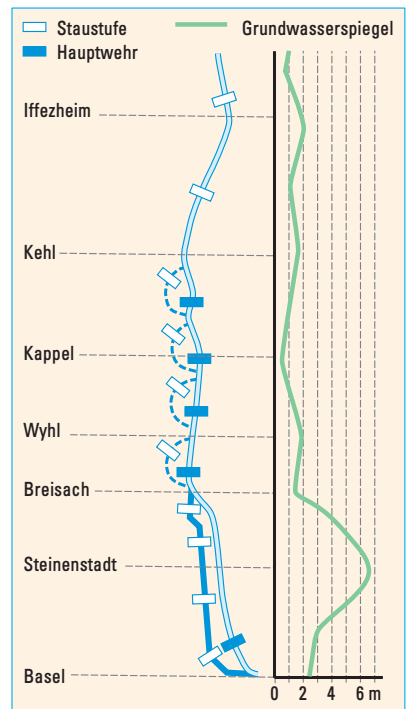
Der südliche Oberrheingraben empfängt im Jahresdurchschnitt 600 mm Niederschlag, bei beträchtlicher Variabilität. So ermittelte die nahe bei Grissheim gelegene Messstation Hartheim Jahresniederschläge zwischen 681 mm und 499 mm, in den Augustmonaten wurden Schwankungen zwischen 21 und 115 mm aufgezeichnet. Durchschnittliche Julitemperaturen von 19 °C sowie die Wirkung des Vogesenföhns sorgen dafür, dass die Verdunstung in den Sommermonaten meist über dem Niederschlag liegt.

Durch den Rhein erfolgt nunmehr keine Bewässerung der Niederung mehr, er wirkt jetzt eher als Drainage. Der Bodenfeuchtehaushalt wird nicht mehr von unten durch den jahreszeitlich bedingten Anstieg des Grundwasserspiegels gesteuert, sondern von oben durch die Niederschläge.

Entscheidend für die Versorgung der Pflanzen mit Wasser ist jetzt die Bodenart und das durch sie bedingte Wasserhaltevermögen bezüglich des zugeführten Niederschlagswassers.

Untersuchungen auf Versuchsflächen haben ergeben, dass selbst sehr hohe Niederschläge die Bodenfeuchte nur bis zu einer Tiefe von etwa 40 cm verändern. Die Pflanzen können ihren Wasserbedarf nur aus der obersten Bodenschicht decken. Flussregulierung und Absenkung des Grundwasserspiegels haben also zu einer völligen Umwertung des Geofaktorengewebes mit seinen Wirkungen auf die natürliche Vegetation geführt.

**M32** Der aktuelle Grundwasserspiegel am Rhein zwischen Basel und Iffezheim



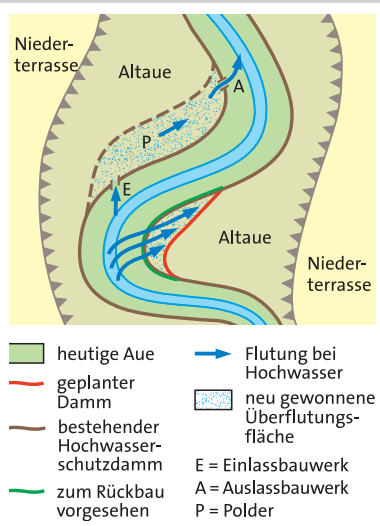
**M25 und M30** nach Norbert Wein: Die Austrocknung der südlichen Oberrhein-Niederung. In: Geographische Rundschau, 29. Jg., H. 1. Braunschweig: Westermann 1977, S. 17

**M32** nach Rolf Koch, auf [www.planet-schule.de/sf/wissenspool/bg0011/geomorphologie/wissen/der\\_rhein/folgen\\_der\\_rheinkorrektur](http://www.planet-schule.de/sf/wissenspool/bg0011/geomorphologie/wissen/der_rhein/folgen_der_rheinkorrektur), Juni 2006

## Fallbeispiel: Integriertes Rheinprogramm

Durch die am Oberrhein vorgenommenen wasserbautechnischen Eingriffe seit 1838 hat sich das Abflussverhalten des Rheins drastisch verändert. Die Hochwasserspitzen des Rheins treffen dadurch viel eher mit den Hochwasserwellen der Nebenflüsse zusammen und steigern sich zu Katastrophenfluten, während früher beide Wellen hintereinander den Fluss durchliefen.

Eine ausschließliche Verringerung der Hochwassergefahr durch Erhöhung der Dämme scheidet aus. Um den gleichen Hochwasserschutz wiederherzustellen, wie er vor dem Oberrheinausausbau vorhanden war, müssen die Hochwasserspitzen (200-jährliche Hochwasser) um  $700\text{ m}^3/\text{s}$  am Pegel Maxau (vgl. M3, S. 45) gemindert werden.

**M 34** Schaffung zusätzlichen Hochwasserstauraums durch Polder und Dammrückverlegung (vgl. M 33)

**M 33** Lösungsansätze: Möglichkeiten der Hochwasserrückhaltung am Oberrhein und ihre Wirksamkeit

„Das ‚Integrierte Rheinprogramm (IRP)‘ verfolgt zwei Ziele: Hochwasserschutz und Erhalt bzw. Renaturierung der Oberrheinauen. **Polder.** Diese Flächen werden bei erhöhten und in Reglements genau festgelegten Rheinabflüssen über Einlassbauwerke künstlich geflutet. Der Flutungsvorgang wird so gesteuert, dass das Rheinwasser den Polder in ständiger Bewegung durchfließt und zeitlich verzögert durch das Auslassbauwerk wieder zurück in den Rhein strömt. Da der Zeitpunkt des Einsatzes und das Maß der Hochwasserrückhaltung weitgehend gesteuert werden können, sind Polder gezielt und mit hoher Wirksamkeit einsetzbar.

**Dammrückverlegung.** Nach einer solchen Maßnahme stehen dem Rhein wieder größere natürliche Überflutungsflächen zur Verfügung, in denen er ungehindert über seine Ufer treten kann. Mit steigendem Wasserstand fließt das Wasser zunehmend

ins Gelände und läuft danach mit einer zeitlichen Verzögerung wieder in den Rhein zurück. Dabei wird die ansteigende Hochwasserwelle schon frühzeitig bei noch weitgehend unkritischen Abflüssen abgemindert. Die Überflutung ist nicht steuerbar, so dass das Rückhaltevolumen nicht gezielt eingesetzt werden kann. Diese Art der Hochwasserrückhaltung kommt den natürlichen Verhältnissen am nächsten.

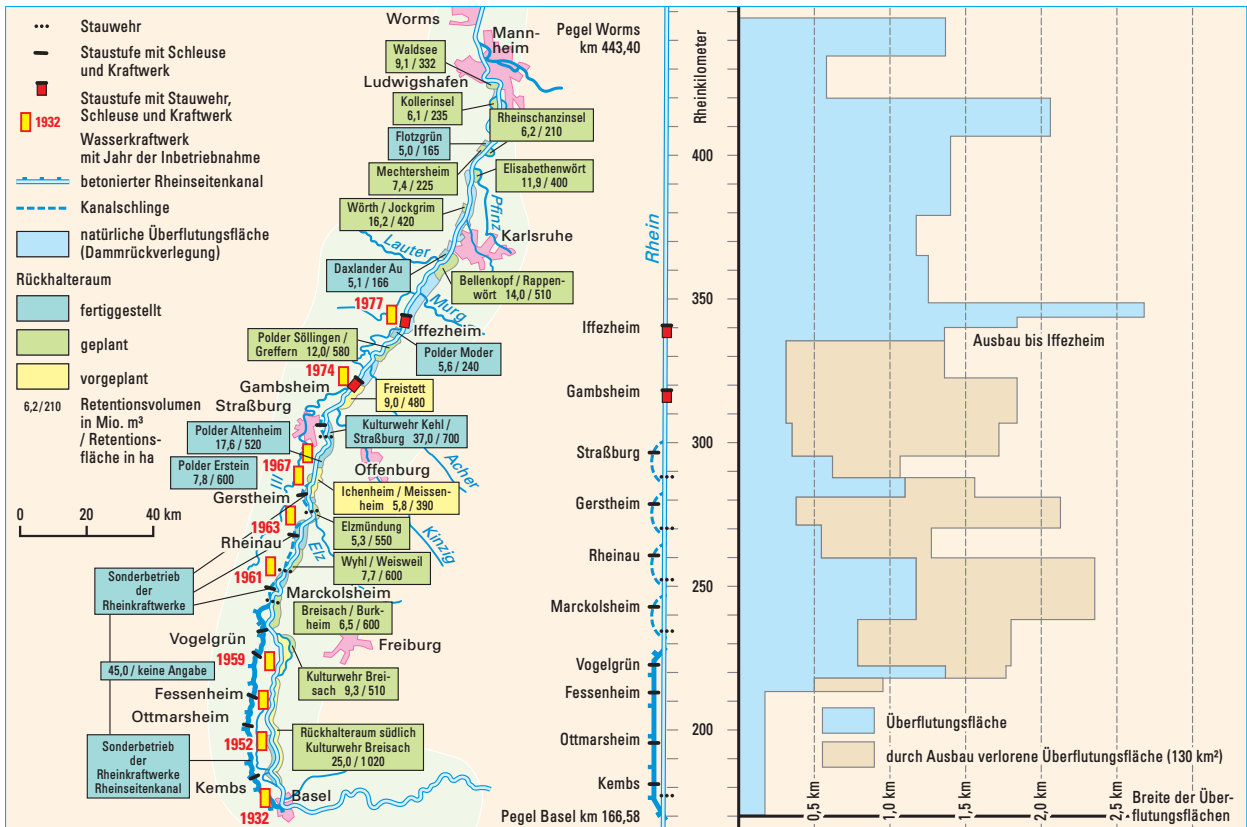
**Sonderbetrieb der Kraftwerke.** In der ausgebauten Rheinstrecke zwischen Basel und Straßburg wird der Rheinabfluss zwischen den Kraftwerkskanälen der Schlingen bzw. des Rheinseitenkanals und dem ursprünglichen Rhein aufgeteilt. Im Falle eines Hochwassers wird beim so genannten „Sonderbetrieb der Rheinkraftwerke“ der Durchfluss in den Kraftwerkskanälen gedrosselt, sodass möglichst der gesamte Rheinabfluss durch das alte Rheinbett fließt. Dadurch erhöhen sich dort die Wasserstände.

Das Wasser hat die Möglichkeit, auszufließen und in die angrenzenden Überschwemmungsgebiete zu fließen. Wegen seiner Steuerbarkeit kann der Sonderbetrieb der Rheinkraftwerke gezielt und mit hoher Wirksamkeit eingesetzt werden. In seiner Wirkung ist er mit Poldern und Wehren vergleichbar.

**Wehre.** Mit ihnen kann der Wasserstand im Rheinbett und in den Überschwemmungsgebieten oberhalb des Wehres nach einem festgelegten Reglement gesteuert werden. Das Hochwasser wird zuerst durch das Wehr im Fluss selbst aufgestaut und kann dann durch die erhöhten Wasserstände oberhalb des Wehres in die angrenzenden Überschwemmungsgebiete fließen. Nach Absenken der Wehrverschlussle wird der Rückhalteraum wieder entleert. Wehre sind wie Polder gezielt und mit hoher Wirksamkeit zur Hochwasserrückhaltung einsetzbar.“

**M 33 nach, M 34** (leicht verändert) u. **M 37** aus Umweltministerium Baden-Württemberg: Das integrierte Rheinprogramm. Stuttgart 2007, auf [www.rpbwl.de/freiburg/abteilung5/referat53.3/faltblaetter-irp/kurz\\_oef.pdf](http://www.rpbwl.de/freiburg/abteilung5/referat53.3/faltblaetter-irp/kurz_oef.pdf), Juni 2008

### M 36 Wasserbautechnische Maßnahmen am Oberrhein



### M 37 Umweltverträglicher Hochwasserschutz durch ökologische Flutungen (ÖF)

„Das IRP bindet Flächen, die jahrzehntlang nicht überflutet wurden, wieder an das natürliche Überflutungsregime des Rheins an. Die Tiere und Pflanzen, die heute in den zukünftigen Überflutungsflächen leben, sind nicht auf Überflutung vorbereitet. Sie würden einen Hochwassereinsatz nicht schadlos überstehen. Überflutungen bei Hochwassereinsatz führen daher zu Veränderungen, die nach dem Naturschutzgesetz Eingriffe in die bestehenden Lebensräume zur Folge haben. Um Schäden in den künftigen Rückhalteräumen zu vermindern, ist es notwendig, die Voraussetzungen für eine Entwicklung intakter, auenähnlicher Ökosysteme zu schaffen. In-

takte Auenlebensgemeinschaften brauchen regelmäßige Überflutungen. Die Flutungen zur Hochwasserrückhaltung sind dafür aber zu selten. Sie treten im statistischen Mittel ca. alle 10 Jahre oder seltener auf. Eine Entwicklung intakter Ökosysteme gelingt nur, wenn regelmäßige Flutungen durchgeführt werden. Solche regelmäßigen Flutungen (ökologische Flutungen genannt) sind somit die nach dem Naturschutzgesetz rechtlich zwingend vorgeschriebene Minderungsmaßnahme. Ohne diese regelmäßigen Überflutungen der Rückhalteräume würden sich in den Zeiträumen zwischen den Hochwassereinsätzen natürlicherweise nur Tiere und Pflanzen ansiedeln,

die nicht an Überflutungen angepasst sind. Damit die Räume regelmäßig mit Wasser durchströmt werden, finden ökologische Flutungen bei geringeren Rheinabflüssen statt. So werden auenähnliche Überflutungen der Lebensräume, Schwankungen der Grundwasserstände und überflutungsbedingte Bodenumlagerungen soweit wie möglich wiederhergestellt bzw. zugelassen. Nach den vorliegenden Untersuchungen und Erfahrungen, zum Beispiel aus den Poldern Altenheim, stellen ökologische Flutungen die zentrale Maßnahme zur Vermeidung bzw. Verminderung von Schäden dar, die infolge der Hochwasserrückhaltung auftreten werden.“