

1 Einleitung

Ökosystem Rhein

Einzig der Rhein verbindet auf seiner Fließstrecke von 1320 km die Alpen mit der Nordsee und führt dabei Wasser aus neun Staaten, nämlich aus der Schweiz, Italien, Lichtenstein, Österreich, Deutschland, Frankreich, Luxemburg, Belgien und den Niederlanden. In der Summe ergibt das ein Einzugsgebiet von ca. 170 000 km², nach Wolga und Donau das drittgrößte Europas, in dem etwa 50 Millionen Menschen leben und von denen wiederum ca. 20 Millionen auch ihr Trinkwasser aus dem Rhein bekommen (IKSR 2001). Seit Lauterborn (1916) unterteilt man den Fluß in sechs Abschnitte: den Alpenrhein (Quellen bis Bodensee), den Hochrhein bis Basel, den Oberrhein bis Bingen, den Mittelrhein bis Bonn und den Niederrhein bis zur Teilung im Deltarhein, im wesentlichen Waal, Lek und IJssel.

Entwicklung vom mäandrierenden Fluß zur Hauptwasserstraße in Europa

Im Laufe der Jahrhunderte unterlag der Rhein zahllosen anthropogenen Eingriffen, diente er doch seit jeher zur Wasserver- und -entsorgung, zum Fischfang, als Transportweg und zur Freizeitgestaltung seiner Anwohner, was heute besonders in den Ballungsräumen eine große zusätzliche Belastung darstellt. Noch immer zeugen viele Ruinen entlang des Rheins von seiner frühen Besiedlung durch die Römer, z.B. in Straßburg, Mainz, Köln und Xanten; die Überreste des Limes entlang des Rheins dokumentieren seine Funktion als damaligen Grenzfluß zu den Germanen im Osten (Tümmers 1994). Seit dieser Zeit wuchsen die Siedlungen entlang des Rheins zu immer größeren Orten und Städten, und mit ihnen deren Ansprüche an den Fluß. Neben dem enorm steigenden Bedarf an Wasser, bzw. Beseitigung des Abwassers, traten auch immer mehr die Probleme des Hochwasserschutzes in den Vordergrund, denn der ehemals frei mäandrierende Rhein mit seinem vielfach wechselnden Verlauf ließ lange keine sichere Bebauung und Bewirtschaftung seiner Ufer zu. Erste Durchstiche von Rheinschlingen am Niederrhein zwischen dem 14. und 17. Jh. zeugen zwar vom Gestaltungswillen der Anwohner, fielen aber immer wieder der Dynamik des Stromes zum Opfer (Hailer 1982). Nachdem 1740 ein katastrophales Hochwasser alle Deich- und Wehrbauten, zwischen Duisburg und Schenkenschanz wegspülte, plante Friedrich II. erstmals weitergehende Eingriffe in den Verlauf des Rheins. Mit Hilfe niederländischer Wasserbauer setzte Friedrich der Große schließlich diese frühen Pläne um, deren wesentlichen Merkmale die Beseitigung der Flußinseln, sowie die Befestigung der Ufer mittels Buhnen waren (Berger 1975; Bürger 1926). Buhnen, damals noch völlig unbekannt, haben sich als Methode zur Uferbefestigung bis heute erhalten. Mitte des 18. Jahrhunderts begann also der kontinuierlich fortschreitende Umbau des

Flussbettes, den Tittizer und Krebs (1996) in vier Phasen unterteilen. Der größte und bekannteste Eingriff der ersten Ausbauphase (1815 bis 1900) war die Regulierung des Oberrheins nach den Plänen Johann Gottfried Tullas Anfang des 19. Jh. (Kinzelbach 1972).



Abb. 1.1: Karte des Rheinverlaufs von Neuenburg bis Sondersheim mit den von Tulla 1817 begonnenen Durchstichen und „Rectificationen“ (Generallandesarchiv Karlsruhe aus Tümmers 1994).

Vor allem Durchstiche an den Mäanderhälsen sollten gemäß seiner „Rhein Rectification“ den Lauf des Rheins zwischen Basel und Worms um 23 % von 354 km auf 273 km verkürzen, das Grundwasser fallen und die Hochwässer schneller abfließen lassen. Einiger Widerstände zum Trotz begannen 1817 die Arbeiten zu den ersten Durchstichen (Abb. 1.1), der Abschluß dieser einschneidenden Begradigungen des Oberrheins ließ aber noch bis 1879 auf sich warten (Honsell 1885). Aber auch im Alpen- und im Hochrhein wurde im 19. Jh. der Verlauf des Rheins vehement verändert. Neben zunehmender Kanalisierung zum Schutz der Anwohner trat immer mehr die Energiegewinnung für die aufkommende Industrialisierung in den Vordergrund. Um die Wasserkraft des Rheins nutzbar zu machen, wurde besonders der Hochrhein an zahlreichen Wehren aufgestaut (Tittizer & Krebs 1996).

In den Ausbauphasen 2 (1900 – 1945) und 3 (1945 – 1975) wurde dieser Weg konsequent fortgesetzt, weitere Wehre und Staustufen lieferten der prosperierenden Industrie dringend benötigte Energie. So wandelte sich der schnellfließende Hochrhein zwischen 1895 und 1965 durch zahlreiche Aufstauungen zu einer „Wassertreppe“ mit der gut 70 % seines Gefälles zwischen Schaffhausen und Basel zur Energiegewinnung nutzbar wurden (Friedrich & Schulte-Wülwer-Leidig 1996). Schleusen, Staustufen und fortschreitende Begradigung mit

begleitender Uferbefestigung, v.a. im Oberrhein, sowie begleitende Kanäle (Grand Canal d'Alsace, besser bekannt als Rheinseitenkanal), machten den Fluß bis kurz hinter Basel schiffbar. Seit 1975, also in der 4. Ausbauphase, dominiert wieder der Hochwasserschutz, da aufgrund des permanenten Ausbaus der Fließrinne zur Fahrrinne den schnell auflaufenden Hochwasserwellen die notwendigen Überflutungsflächen fehlen (Tittizer & Krebs 1996).

Diese strukturellen Eingriffe in den Verlauf des Rheins, die bereits die Tulla'sche Korrektur einleitete, hatten dramatische Folgen für das Ökosystem Rhein: Verminderung der natürlichen Auen- und Überflutungsflächen, Verlust von Inseln und Kiesbänken, Sohlenerosion des Flussbettes und Abfall des Grundwasserspiegels (Tittizer & Krebs 1996), um nur die wichtigsten zu nennen. Auch ohne die begleitende Verschlechterung der Wasserqualität hätte sich die Tier- und Pflanzenwelt erheblich verändert. Das fallende Grundwasser und die ausbleibenden Überschwemmungen ließen viele Auen und Altarme verlanden und machten sie stattdessen landwirtschaftlich nutzbar, so daß sich die natürliche Auenlandschaft zur Kulturlandschaft wandelte, die dann später vielfach der wachsenden Industrie, Siedlungen oder dem Verkehr weichen mußte. Mit dem Verlust der Niedrigwasserbereiche, der Kiesbänke und der Inseln vieler Auen gingen auch große Teile der autotypischen Fauna und Flora verloren. Nachdem einige große, waldbewohnende Säuger, wie Elch, Ur, Bär und Edelhirsch bereits der Rodung der Auwälder im Mittelalter zum Opfer fielen (Lauterborn 1917), raubte nun der Ausbau des Rheins und seiner Nebenflüsse mit Wehren und Staustufen den Wanderfischen den Lebensraum. Den zum Laichen aufsteigenden Lachsen und Meerforellen, einstmals als Brotfische der Rheinfischer wenig geachtet, blieb der Weg versperrt. So gingen die Lachsfänge drastisch zurück, von über 100000 im Jahr 1885 auf ca. 45000 im Jahr 1915. 1935 wurden nur noch unbedeutende Mengen Lachs gefangen und kurz nach dem Ende des Krieges (1945 – 1950) kam der Lachsfang im Rhein dann gänzlich zum Erliegen, die Lachspopulation des Rheins war ausgestorben (Neumann 1994; Tittizer & Krebs 1996). Außer dem Lachs (*Salmo salar*), der gern als Leitspezies genannt wird, teilten alle übrigen anadromen Fische sein Schicksal, so daß die Bestände der Meerforelle (*Salmo trutta trutta*), des Meerneunauges (*Petromyzon marinus*), des Flussneunauges (*Lampetra fluviatilis*), des Maifischs (*Alosa alosa*) und der Finte (*Alosa falax*) im Rhein ebenfalls einbrachen (Tittizer & Krebs 1996; Otto & Weibel 1999). Der Stör (*Acipenser sturio*) dagegen verdankt seine Ausrottung der maßlosen Überfischung bereits zur Jahrhundertwende und wurde seit 1920 in deutschen Flüssen nur noch vereinzelt gefangen (Lozán 1990). Aber auch für viele andere Fischarten des Rheins litten unter dem Verlust der Auen, sie verloren mit ihnen viele Laichplätze, Lebensräume für die Jungfische und Rückzugsflächen bei Hochwässern (Neumann 1994; Otto & Weibel 1999).

Als Fazit bleibt festzuhalten, daß die strukturellen Eingriffe in den Verlauf des Rheins einerseits den Fluß als Lebensraum stark beeinträchtigten, ihn andererseits zu der wohl bedeutendsten Wasserstraße in Europa werden ließen. Nicht umsonst liegen der größte Binnenhafen (Duisburg) und der größte Seehafen (Rotterdam) der Welt an seinen Ufern, bzw. seiner Mündung (Friedrich & Schulte-Wülwer-Leidig 1996) und jährlich werden auf dem Rhein von über 11000 Schiffen etwa 175 Millionen Tonnen Güter umgeschlagen (LAWA 1997).

Erst Abwasser dann Trinkwasser: Leben mit, vom und im Rhein

Nachdem im 19. Jh. vorwiegend bauliche Veränderungen des Rheins die Lebensbedingungen verändert hatten, verschlechterte sich im Zuge der fortschreitenden Industrialisierung im 20. Jh. zusätzlich auch die Qualität des Wassers. Hauptprobleme waren zunächst die Einleitung ungeklärter industrieller und kommunaler Abwässer sowie zunehmend auch der Nährstoffeintrag aus einer immer intensiveren Landwirtschaft, was eine starke Eutrophierung des Rheinwassers zur Folge hatte. Aufgrund der hohen Fracht an organisch abbaubaren Stoffen, setzte eine starke Sauerstoffzehrung ein (Tittizer et al. 1990; Van den Brink et al. 1990). Zusammen mit einigen Giftunfällen führte dies zwischen 1960 und 1980, auf dem Tiefpunkt der Wasserqualität (1970 O_2 -Gehalt von ca. $4 \text{ mg L}^{-1} \cong 30 - 40 \% \text{ Sättigung}$), mehrfach zu einem Fischsterben im Rhein (DK-Rhein 2001). Gleichzeitig zur Überfrachtung des Rheins mit Nährstoffen, nahm die chronische Belastung mit Salzen, v.a. Chlorid, mit Schwermetallen und mit organischen Chemikalien, hier v.a. Halogenverbindungen (AOX) und Pflanzenschutzmitteln, aus Industrie und Landwirtschaft zu. Die im Rhein verbliebenen Fische waren ungenießbar und rochen nach Phenol (DK-Rhein 2001). Um diese aus ökologischer Sicht katastrophalen Bedingungen wieder zu verbessern, begann man mit hohem finanziellen Aufwand Produktionsverfahren zu verändern und die Einleitungen zu klären. Mit einem flächendeckenden Netz aus biologischen Kläranlagen für kommunale Abwässer und strengeren Auflagen an die Einleitungen der Industrie konnte man relativ schnell die chemische und physikalische Wasserqualität verbessern (den Hartog et al. 1992; IKS 2001). So nahm z.B. der Sauerstoffgehalt des Wassers (1980 bereits wieder ca. 80 % Sättigung) deutlich zu (Friedrich & Schulte-Wülwer-Leidig 1996; IKS 2001) und liegt nun seit einigen Jahren wieder durchgehend nahe an der Sättigungsgrenze (ca. $9 - 10 \text{ mg L}^{-1}$; LAWA 1997; 98 % S; Friedrich & Schulte-Wülwer-Leidig 1996). Da heute mehr als 90 % der Bevölkerung an die kommunalen Kläranlagen angeschlossen sind und die industriellen Abwässer kontrollierten Einleitungsgenehmigungen unterliegen, stellen inzwischen die diffusen Einträge, besonders von Nährstoffen, Schwermetallen und Pflanzenbehandlungsmitteln, das größte Problem für die Wasserqua-

lität des Rheins dar (Tittizer & Krebs 1996; IKSР 2001). Nach wie vor ist die Belastung mit Nährstoffen, wie Phosphat und Stickstoff zu hoch. Besonders auffällig ist der gegenläufige Trend beim Nitrat-Stickstoff, dessen Konzentration seit 1970 noch bis Ende der 80er Jahre deutlich zugenommen hat (Tittizer & Krebs 1996) und erst seit 1990 stagniert, bzw. leicht rückläufig ist (DK Rhein 2001). Er wird hauptsächlich aus den Böden landwirtschaftlich intensiv genutzter Flächen in den Rhein geschwemmt und entsteht auch bei der Nitrifikation des Ammoniums in den Kläranlagen (Friedrich & Schulte-Wülwer-Leidig 1996). Trotz niedriger Konzentrationen als in der Elbe, Weser oder Ems, ist der Rhein damit, aufgrund der transportierten Wassermenge, weiterhin Hauptverursacher für die fortschreitende Eutrophierung der Nordsee (LAWA 1997). Auch die Sedimentkonzentrationen der Schwermetalle Quecksilber, Cadmium, Kupfer und Zink liegen, trotz einer Reduktion um 90 % gegenüber 1970, noch immer deutlich über den Zielvorgaben der aktuellen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) der EU (IKSR 2001). Im Wasser dagegen sind diese Metalle kaum noch nachzuweisen (LAWA 1997; Friedrich & Schulte-Wülwer-Leidig 1996). Ähnlich stellt sich die Situation bei den Pflanzenschutzmitteln dar. Obwohl ihr Gehalt im Wasser stark rückläufig ist, liegen v.a. die Konzentrationen von Lindan, Diuron und der PCBs besonders in Schwebstoffen und Sedimenten noch deutlich über den Grenzen der EU-WRRL (IKSR 2001), zudem erreichen sie, v.a. HCB und PCBs, hohe Konzentrationen in Fischen (Friedrich & Schulte-Wülwer-Leidig 1996).

Zusammen wirkten sich beide Faktoren, strukturelle Eingriffe in den Lauf des Flusses und seine verminderte Wasserqualität, verheerend auf die Rheinbiozönose aus und führte in den vergangenen 100 Jahren zu einem dramatischen Rückgang der Artenvielfalt (u.v.a. Kinkelbach 1972; van den Brink et al. 1990; den Hartog et al. 1992; DK-Rhein 2001). 1975 fand man nur noch 23 der ehemals 45 Fischarten des Rheins (Lelek & Buhse 1992). Für das Makrozoobenthos des Rheins in Nordrhein-Westfalen beschrieb Schiller (1990) einen Rückgang auf nur noch 12 Taxa im Jahr 1969, einen Zustand den er mit Recht als biologische Verödung bezeichnet. Im gesamten schiffbaren Rhein fiel die Artenzahl des Makrozoobenthos von über 160 Arten um 1900 auf ca. 30 Arten 1971 ab (Abb. 1.2; IKSР 1996). Von ehemals 112 gefundenen Insektenarten fanden sich 1971 nur noch 5 Arten wieder (DK Rhein 2001).