

Universität Trier
Fachbereich VI – Raum- und Umweltwissenschaften
B.Sc. Angewandte Geographie
Seminar Landschafts- und Umweltplanung
Seminarleitung: Frau Annette Stosius

Technisch-biologische Ufersicherung

Die Notwendigkeit erklärt am Beispiel der
Versuchsstrecke Rhein-km 440,6 bis km 441,6

Nikolaos Kolaxidis

6. FS

Matrikelnummer 1175610

Kloschinskystr. 81, 54292 Trier

+49 (0) 1577 2464444

s6nikola@uni-trier.de

Abgabedatum: 15.03.2019

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung in die Thematik.....	1
2. Ufersicherung: Vorgeschichte.....	2
2.1. Anthropogene Eingriffe in Fließgewässer.....	2
2.2. Heutige Ufersicherung.....	3
2.2.1. Technische Ufersicherung.....	4
2.2.2. Problematik der technischen Ufersicherung.....	5
3. Technisch-biologische Ufersicherung.....	6
3.1. Planungsgegenstand.....	7
3.1.1. Versuchsstrecke.....	8
3.1.2. Versuchsfelder.....	8
3.2. Untersuchungen, Beobachtungen und Ergebnisse.....	9
4. Fazit und Ausblick.....	12
5. Literaturverzeichnis.....	13
6. Anhang.....	15

1. Einführung in die Thematik

Sie entstanden vor Millionen von Jahren, formten die Erdoberfläche, sind Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten und für den Menschen lebensnotwendig – Flüsse. Sie spielen seit Anbeginn der Zeit eine Schlüsselrolle in der Evolution der Menschheit. Als Nahrungs- und Trinkwasserquelle, als Verbindung zwischen Völkern, als Naturraum und als Transportweg für schwere und große Güter hatten fließende Binnengewässer (wird folgend als gleichgestelltes Synonym für Flüsse benutzt) immer schon wichtige Funktionen inne. Zusätzlich zu genannten Funktionen zählen nach heutigem Verständnis auch die Landschaftselement-, Energiegewinnungs- und Freizeitgestaltungsfunktion.

Die meisten Flüsse in Deutschland werden heute aber ökonomisch genutzt. Schifffahrt, wie sie auf dem heutigen Stand entwickelt ist, bildet einen großen Teil des gesamten deutschen Güterverkehrs. Allein auf den sechs größten Flüssen Deutschlands werden „[j]ährlich Gütermengen von bis zu 240 Millionen Tonnen“ (BMVI 2019) transportiert, das entspricht in etwa 14 Millionen LKW-Fahrten und fast 75% der Güterverkehrsleistung des Schienenverkehrs. 400.000 Arbeiter sind in der Branche tätig, viele weitere im Schiffsbau, dem Monitoring des Verkehrs und der Flüsse sowie in den Werften (vgl. BMVI 2019). Diese Flüsse, die heute stark befahren und für die Wirtschaft immens wichtig sind, werden bundesdeutsche Binnenwasserstraßen (kürzer: Bundeswasserstraßen) genannt (vgl. Harrer 2015b). In Deutschland gibt es einige von diesen großen fließenden Binnengewässern, wie folgende hydrologische Karte der Einzugsgebiete dieser zeigt (siehe *Abbildung 1, Anhang*).

Laut dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur umfassen Bundeswasserstraßen „ca. 7350 Kilometer Binnenwasserstraßen, von denen ca. 75 Prozent der Strecke auf Flüsse und 25 Prozent auf Kanäle entfallen“ (BMVI 2019). Es ist leicht vorstellbar, welche Belastungen die vielen Schiffsfahrten für die Naturräume der Flüsse darstellen, insbesondere welche Druckbelastungen auf die Uferbereiche fallen.

In dieser Ausarbeitung wird diese Problematik verdeutlicht und vertieft, alte und neue Methoden der Ufersicherung erklärt und momentane Untersuchungen mit Zukunftspotenzial am Beispiel einer aktuellen Versuchsstrecke am östlichen Rheinufer bei Worms aufgezeigt.

Welche Methode ist am vielversprechendsten und welche zeigt letztendlich das beste Kosten/Nutzen-Potenzial?

Dies ist die Fragestellung, die zum Schluss in dieser Hausarbeit beantwortet werden soll.

Dabei sollte beachtet werden, dass diese Ausarbeitung lediglich einen kleinen Einblick in den Themenkomplex der Ufersicherungen geben soll und vor allem darauf abzielt zu zeigen, warum solche Maßnahmen erforderlich sind.

2. Ufersicherung: Vorgeschichte

Seit der neolithischen Revolution ließen sich Menschen häufig an Küsten oder Flüssen nieder, da Wasser das absolut wichtigste Gut zum Überleben war. Flüsse hatten gegenüber den Küsten den Vorteil, dass das von ihnen geführte Süßwasser als Trinkwasser genutzt werden konnte und sie das Land durchzogen, was für die Kommunikation zwischen den Völkern vorteilhaft war. Ebenso beheimateten sie Fische, welche als Nahrungsgrundlage oder Nahrungsergänzung genutzt werden konnten. Flüsse hatten über alle Kontinente hinweg eine große Bedeutung.

Mit der Zeit erfand die Menschheit immer mehr Geräte und Fahrzeuge, die durch Flüsse angetrieben wurden (z.B. Wassermühle) oder sie bezwangen (Schiffe). Je mehr der Mensch den Fluss zu nutzen lernte, desto wichtiger wurde er für ihn. Städte wurden an strategisch sinnvollen Orten wie Flussmündungen, Deltas sowie überschaubaren Flusstälern gegründet. Man lernte am Fluss und mit dem Fluss zu leben. Neue Schifffahrtstechnik und die spätere Industrialisierung führten dazu, dass den Flüssen eine ökonomische Funktion zuteilwurde. Steigende wirtschaftliche Aktivität und steigender Handel führten zu einer Fokussierung auf diese. Binnenhäfen wurden errichtet, Flüsse wurden mit Staumauern unterbrochen und technisiert. Der Mensch kontrollierte fließende Binnengewässer und machte sie zu einem komplett ökonomischen Objekt (vgl. Harrer 2015a).

2.1. Anthropogene Eingriffe in Fließgewässer

Welches Problem von Anfang an jedoch klar war ist, dass Flüsse einen bestimmten Grad an Willkür zeigen und ihr Fließverhalten stetig ändern. Wo die Neigung des Geländes gering ist, fließt der Fluss langsamer und sedimentiert die mitgeführte Fracht. Es entstehen mehrere platzintensive Stromverästelungen, Überschwemmungen häufen sich. Ist die Neigung stärker, fließt der Fluss schneller und hat somit eine erhöhte potentielle Erosionskapazität. Das Flussbett wird tiefer, der Grundwasserspiegel sinkt, die Landschaft wird trockener. Trifft der Fluss auf geologisch weiches Material, erodiert es dieses, der Flusslauf ändert sich. Da die Auenbereiche direkt an den Flüssen oft sehr fruchtbar sind, ist für die Landwirtschaft das ständige Ändern des Flusslaufes und das Überschwemmen der Auenbereiche eher nachteilig. Auch für die Schifffahrt wären gerade Flussverläufe sicherer und schneller. Es wurde gehofft, dass durch Flussbegradigungen diese Probleme abgeschafft werden und Flüsse ihre ökonomische Funktion weiter steigern können (vgl. Harrer 2015a).

Ein sehr prominentes Beispiel für eine solche Maßnahme ist die sogenannte Rektifikation des Rheins. Zwischen 1817 und 1876 wurde der Oberrhein zwischen Basel und Mannheim

um 25% gekürzt – das entspricht 90km. Visionär Johann Gottfried von Tulla hatte mit diesen Rheinkorrekturen das Ziel vor Augen, die flussnahen Bereiche vor Hochwasser zu schützen und Land in Gebieten vieler Stromverästelungen zu gewinnen. „Die Schifffahrt dagegen spielt[e] in seiner Argumentation nur eine untergeordnete Rolle“ (SWR 2016). Nach Vollendung der Tullaschen Rektifikation wurde verzeichnet, dass sich die Fließgeschwindigkeit, so wie die Theorie es voraussagte, erhöhte. Durch die gesteigerte Erosionskraft im Flussbett wurde dieses tiefer, sodass sich der Flusswasserspiegel und im Umland der Grundwasserspiegel senkte. Das führte dazu, dass die Gebiete trockener und für die Landwirtschaft einfacher zu bewirtschaften wurden. Weitere positive Folgen der Rektifikation waren neben dem kontrollierten Abfluss und Flusslauf eine Abnahme der Überschwemmungsgefahr am Oberrhein und das Gewinnen von großen Siedlungs- und Ackerflächen. Auch Krankheiten wie Malaria und Typhus nahmen wegen der weniger feuchten Landschaft und der höheren Abflussgeschwindigkeit des Wassers ab. Für die spätere Schiffbarmachung des weiteren Oberrheins bis Basel und der Entwicklung der Rheinschifffahrt bildeten die Begradigungen eine unabdingbare Grundlage (vgl. Harrer 2015a, SWR 2016).

Doch auch negative Folgen hatten diese Maßnahmen. Im Bereich des Oberrheins nahm die Zahl der Hochwässer zwar ab, sie stieg jedoch exponentiell flussabwärts im Mittel- und Niederrhein, sodass Ausgleichsflächen geschaffen werden mussten (vgl. SWR 2015). „Als Folge des Trockenwerdens des Gebietes veränderte sich [auch] die Natur. Viele Tier- und Pflanzenarten, die auf das Wasser angewiesen waren, verschwanden. [...] [Dabei wurde] [n]ur der Artenrückgang bei den Fischen [...] nachteilig registriert, denn darunter litt die weit verbreitete Fischerei“ (Harrer 2015a). Auenwälder wurden seltener, da eine periodische Überflutung aussetzte. Die potentielle Erosionskapazität nahm nicht nur im Flussbett in Form von Tiefenerosion zu, auch die Uferbereiche waren durch die stärkere Ufererosion gefährdet. Um dem entgegenzuwirken, musste die Gewässerlandschaft also erneut angepasst werden, Technik genutzt werden, um negative Folgen von Technik zu eliminieren.

2.2. Heutige Ufersicherung

Das Zwängen der Flüsse in Flussbetten, damit Schiffe mit tieferem Tiefgang die Flüsse passieren konnten, setzte voraus, dass die Ufer technisiert und künstlich verstärkt wurden. Je größer die Schiffe wurden, desto stärker wurde auch die Belastung auf die Uferbereiche. Die hydraulische Belastung durch die Schifffahrt stellt ein ernstes Problem dar, denn erodieren Ufer stetig weiter und werden sie nicht gesichert, sind die Folgen davon häufig eine Einschränkung des Verkehrs bei Verschlammung in unteren Flussbereichen oder über lange Zeit eine ungewollte Flusslaufänderung, die ebenfalls den Schiffsverkehr beeinträchtigen kann. Außerdem kann es zu Flächenverlusten durch Uferrutschungen kommen, wenn der Böschungsfuß erodiert und die oben aufliegende Fläche destabilisiert

wird (vgl. Anderson et al. 1975, Loat/Petrascheck 2001). Es ist also wichtig die Ufer gerade bei größeren Eingriffen in das Fließverhalten der Flüsse zusätzlich zu stabilisieren.

Für die Nutzung eines Flusses als Verkehrsweg stellen sich daher bestimmte Anforderungen an die Ufersicherung, die sich neben der Minderung der Erosionserscheinungen durch die Schifffahrt auch zum einen die Stabilisierung der Ufer und zum anderen die Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt als Ziele gesetzt haben. Auch die Sicherung des Eigentums Dritter sowie die Gewährleistung des Gewässerabflusses zu Zwecken der Abwässer spielen mit in diese Zielformulierungen mit hinein (vgl. Engelbart 2018). Erreicht werden soll auch das Gleichgewicht zwischen Erosion und Anlandung, sodass keine weiteren technischen Maßnahmen an den bereits verbauten Ufern erforderlich sind. Auch die Erzeugung von Energie soll fortwährend gesichert sein, wobei bestimmte Fließgeschwindigkeiten eingehalten und bestimmte Wasservolumina gewährleistet werden müssen (vgl. Lexikon der Geowissenschaften 2000b). Staustufen stellen zu solchen Zwecken einen ersten Schritt der Gewährleistung da, doch können Ufer unter der ständigen Belastung durch die Schifffahrt erhebliche Schäden nehmen, sodass dort gesonderte Maßnahmen erforderlich werden.

2.2.1. Technische Ufersicherung

Die beliebteste Maßnahme stellen technische Ufersicherungsmaßnahmen dar, weil hier die ökonomischen Interessen am besten bedient werden können. Technische Sicherungen wurden in verschiedenen Formen entwickelt, zu den am weitesten verbreiteten Formen zählen Schuttsteindeckwerke, Spundwände und selten begrünte Dämme beziehungsweise Deiche. Auch Staustufen wirken sich aufgrund ihrer Kontrolle über die Fließgeschwindigkeit auf die Ufererosion aus. Diese Arten der Ufersicherung erfüllen alle gestellten Anforderungen und halten zusätzlich das Fließgewässer in der vorgesehenen Bahn.

Der Grundaufbau der Maßnahmen ist wie in *Abbildung 2* zu sehen meist eine Vorschüttung aus Kies und Sand, wobei ein Teil des ursprünglichen Ufers entfernt wird. Je nach Ufer und Wasserstraße wird die Schicht zwischen wenigen Zentimetern bis zwei Meter mächtig. Wird eine Auflage unter der Vorschüttung eingebaut, ist sie meist durchlässig, damit ein Austausch zwischen infiltrierendem Wasser und Grundwasser stattfinden kann. Oft werden in diesen Auflagen auch Filterfunktionen implementiert. In einem nächsten Schritt wird eine Filterschicht in Form einer Buschmatte auf die Vorschüttung aufgelegt, die dazu dienen soll, Unterdrücke bei Wasserspiegelabfall zu vermeiden. Für die ganze Baumaßnahme wird dann, beginnend auf dem Vorfuß im Flussbett, je nach Art des Deckwerks eine offene Steinschüttung beziehungsweise Betonsteinpflaster oder geschlossene Betonplatten beziehungsweise Schüttungen mit Vollverguss mit einer Böschungsneigung zwischen 1:4 und 1:6, damit die Wellenreflexion gering ausfällt, planar zur Uferböschung hin, ausgelegt.

Es dient dazu, das Wasserstraßenprofil beziehungsweise die Fahrrinne zu erhalten. Dies ist auch der Teil, der nahende Wellen bricht, sodass die mechanische Energie verringert wird. Dadurch fällt die Belastung auf das Ufer wesentlich geringer aus als ein direkter Aufprall. Die Steinschüttung liegt zu einem großen Teil unter Wasser, damit die Erosion schon am Böschungsfuß vermindert werden kann. Zuletzt halten Spundwände am Fuß des Deckwerkes das ganze Bauwerk an Ort und Stelle (vgl. Lexikon der Geowissenschaften 2000a).

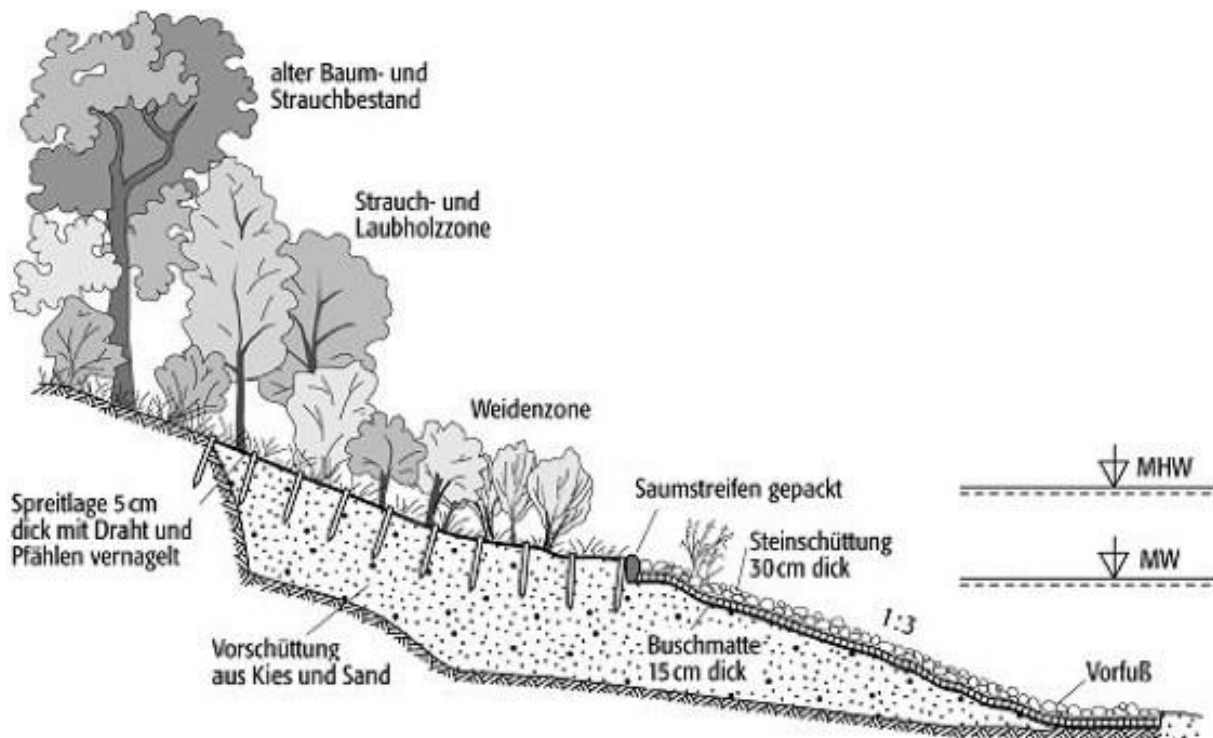


Abbildung 2: Querschnitt eines Schuttsteindeckwerks (QUELLE: Lexikon der Geowissenschaften 2000a)

Ist eine besonders gute Sicherung nötig, werden statt Deckwerken Spundwände eingebaut. Diese komplett undurchlässigen Wände werden häufig auch in Kanälen benutzt, wo eine Erosion in ganzem Maße verhindert werden soll. Auch in Baugruben oder Gebieten mit Altlasten werden sie benutzt, da sie einen Austausch zwischen Oberflächen(Fluss)- und Grundwasser unmöglich machen (vgl. Lexikon der Geowissenschaften 2000a). Auch diese Spundwände zählen zu technischen Ufersicherungsmaßnahmen. Solche Maßnahmen zeigen die Technisierung der Ufer am deutlichsten.

2.2.2. Problematik der technischen Ufersicherung

Technische Ufersicherungen stellen immer anthropogene Eingriffe in das Gewässersystem dar, sodass die Ziele der Ufersicherung zwar erreicht werden, aber die Natur oftmals zusätzlich belastet wird. Ökonomische und ökologische Interessen stehen sich gegenüber, wobei ökonomische in den meisten Fällen überwiegen.

Im Hinblick auf den Zustand der Ufer und den Naturraum rund um viel befahrene

Bundeswasserstraßen fordern jedoch die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG 2009) und der Erlass zur Wasserwirtschaftlichen Unterhaltung (WaWiU-Erlass 2009) alle die ökologische Aufwertung der Ufer, sowohl dort, wo technische Ufersicherungen in das Flusssystem eingegriffen haben, als auch dort, wo das veränderte Fließverhalten der Flüsse auf natürliche Ufer trifft. „Ziel des Gewässerausbaus aus ökologischer Sicht ist daher eine möglichst naturnahe Gestaltung unter Berücksichtigung des ‚potentiell natürlichen Zustandes‘ als ökologischem Leitbild. Das bedeutet, daß die natürlichen Strömungsverhältnisse möglichst beibehalten bzw. wiederhergestellt oder wenigstens angestrebt werden. Wo dies aufgrund der bestehenden oder beabsichtigten Nutzungsinteressen nicht möglich ist, [...] ist, durch eine entsprechende Festlegung des im Gewässer zu verbleibenden Mindestabflusses und die Gestaltung der Ausleitungsstrecke, die Erhaltung der ökologischen Funktionen sicherzustellen“ (Lexikon der Geowissenschaften 2000b).

Dadurch stellen sich der Ufersicherung zusätzliche Ziele. Laut den rechtlichen Grundlagen soll der Lebensraum für Pflanzen und Tiere wiederhergestellt sowie der Abnahme der Artenvielfalt entgegengewirkt werden. Außerdem soll der Verlust an Strukturvielfalt verringert und die physikalische, chemische und biologische Uferfunktionalität wiederhergestellt werden (vgl. WSV, BfG & BAW 2017). Die technische Ufersicherung kann diese Ziele nicht alleine erreichen, daher wurden Konzepte vorgestellt, wo technische und biologische Maßnahmen zusammen fungieren können. Dadurch sei es möglich, die positiven Aspekte der technischen Ufersicherung mit den Vorteilen einer biologischen Ufersicherung zu kombinieren und somit eine Art der Sicherung zu erschaffen, die sowohl ökonomischen als auch ökologischen Anforderungen gerecht wird.

3. Technisch-biologische Ufersicherung

Maßnahmen, die solche technischen und biologischen Aspekte kombinieren, werden Technisch-biologische Ufersicherungsmaßnahmen genannt. „Seit Inkrafttreten der EG-WRRL im Jahr 2000 erhalten ökologische Gesichtspunkte bei allen Aus- und Neubaumaßnahmen an Bundeswasserstraßen zunehmend einen größeren Stellenwert“ (WSV, BfG & BAW 2016), was zum nachhaltigen Schutz der Natur und der Uferböschungen beitragen soll. In der Theorie haben Technisch-biologische Ufersicherungen neben oben genannten Zielen der Uferstabilitätssicherung und Sicherung der Schifffahrt auch das Potenzial, sowohl biologische Vielfalt zu generieren als auch die Wasserqualität durch Rückhalt von Nitrat und Phosphor zu verbessern. Die Notwendigkeit für solche Ufersicherungsmaßnahmen ist gegeben auch im Hinblick auf den heutigen Klimawandel und das mögliche Puffervermögen

neu erzeugter biologischer Masse auf den Uferböschungen, die Triebhausgase in Boden und Biomasse fixieren können. Auch das Landschaftsbild wird aufgewertet, was kulturelle Vorteile mitbringen kann (vgl. WSV, BfG & BAW 2017).

Da die Konzepte jedoch noch sehr jung sind und Erfahrungen bisher nur anhand kleiner Fließgewässer gesammelt werden konnten, stellen sich Fragen wie:

- Welche der Maßnahmen sind dauerhaft standhaft gegen die hydraulische Belastung durch die Binnenschifffahrt?
- Welches ökologische Potenzial zeigen die einzelnen Maßnahmen?
- Welche Maßnahme zeigt schlussendlich das beste Preis/Leistungsverhältnis?

3.1. Planungsgegenstand

Zu diesem Zweck wurde neben vielen anderen Messreihen von 2011 bis 2016 am östlichen Rheinufer bei Worms bei Rhein-Kilometer 440,6 – Kilometer 441,6 eine Versuchsstrecke angelegt, die neun unterschiedliche technisch-biologische Ufersicherungsmaßnahmen unter Wasserstraßenbedingungen testet und vergleicht. Die Strecke wurde als Testfläche ausgewählt, da hier ein hohes Schiffsverkehrsaufkommen und Wasserstandsschwankungen von bis zu 6 Metern die Ufer extrem belasten. Ziel des Projektes ist das Untersuchen verschiedener Aspekte der Technisch-biologischen Ufersicherungen im Hinblick auf hydraulische Belastbarkeit sowie ökologischem Potenzial. Schlussendlich sollen bisher fehlende Anwendungsempfehlungen und Bemessungsgrundlagen ausgeschrieben werden können, sodass auch an anderen potentiellen Stellen der Bundeswasserstraßen solche Maßnahmen realisiert werden können (vgl. BAW & BfG 2016). Am Projekt beteiligt sind als Hauptamtliche Vertreter die Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe, die Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz sowie das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt in Mannheim, viele weitere Kleinunternehmen und private Experten sind mit am Werk. Das für fünf Jahre angelegte Projekt wird mit einem Monitoring begleitet, das jedes Jahr Ergebnisse in einem Zwischenbericht vorstellt. Fragestellungen, die während des Projektes beantwortet werden sollen, beinhalten sowohl technische als auch ökologische Aspekte. Vor allem Nachhaltigkeit und die Schnittstelle zwischen ökonomischem und ökologischem Nutzen ist von großem Interesse (vgl. WSV, BfG & BAW 2016).

Auch wurde eine neue Herangehensweise an künftige Ufersicherungsmaßnahmen aufgestellt, die reine technische Sicherungen nur in absoluten Notfällen erlaubt. Im Gegensatz zu früheren Ausschreibungen wird heute erst ermittelt, ob die Standsicherheit ohne anthropogenen Eingriff gegeben ist und ob keine Flächenlast erforderlich ist. Trifft beides zu, wird ermittelt, ob Oberflächenerosion für diesen Bereich eine Gefahr darstellt und

die Schifffahrt behindern könnte. Ist dies nicht der Fall wird die Fläche ausgeschrieben als sicher und es ist kein Uferschutz nötig. Stellt Oberflächenerosion ein Problem dar, wird auf rein biologische Ufersicherung zurückgegriffen, in der der Bereich bepflanzt wird. Während des Wachstums der Pflanzen bildet sich ein Wurzelgeflecht, welches den Boden stabilisiert und gegen Erosion schützt. Erst wenn keine Standsicherheit gegeben ist und eine Flächenlast erforderlich ist wird ermittelt, ob und welche technisch-biologische Ufersicherung in Frage kommt. Zu beachten ist hierbei, dass in dem Konzept die technischen Ufersicherungen komplett außer Acht gelassen werden, da technisch-biologische Ufersicherungen auch oft eine Aufwertung schon bestehender Maßnahmen darstellt. Rein technische Maßnahmen sollen laut rechtlichen Bedingungen wenn möglich vermieden werden (vgl. Fleischer 2018).

3.1.1. Versuchsstrecke

Eingeteilt wurde die Testfläche in neun 50 bis 175 Meter lange Versuchsfelder (VF), von denen VF 9 komplett ungesichert blieb. Ein weiterer rein technisch gesicherter Uferabschnitt blieb als Referenzfläche erhalten. Bei den Flächen VF 2, 3, 5 und 7 wurden die ursprünglichen Steinschüttungen entfernt und durch technisch-biologische Maßnahmen ersetzt, bei VF 1, 4, 6 und 8 wurden die Steinschüttungen oberhalb des mittleren Flussspiegels durch technisch-biologische Maßnahmen erweitert und aufgewertet. Die Maßnahmen reichten von Weidenspreitanlagen (VF 2 & 3) und Röhrichtgabionen (VF 5) über Steinmatratzen (VF 5) bis hin zu Pflanzmatten (VF 7). Schon zu Anfang machte sich ein Problem bemerkbar, denn biologische Maßnahmen müssen die erste Vegetationsperiode unbeschadet überstehen, damit das Zusammenwachsen des Wurzelgeflechtes gelingt und eine Stabilisierung überhaupt erst möglich ist. Dies zu gewährleisten erwies sich als schwierig, mehr dazu in Kapitel 3.3.2.. Die technischen Steinschüttungen wurden ökologisch mit Ansaat auf Alginat (VF 6), Totholzfaschinen und Einzelsteingruppen (VF 4) sowie durch Setzstangen, Busch- und Heckenanlagen und Lebendfaschinen (VF 1) erweitert. Das Zusammenspiel der technischen und biologischen Elemente ist das, was technisch-biologische Ufersicherung ausmacht, und ein Untersuchungsgegenstand, welcher über allen weiteren Untersuchungen stand (vgl. WSV, BfG & BAW 2012, S.3f.).

3.1.2. Versuchsfelder

Ein Ziel aller Versuchsfelder ist die Erhöhung der Strukturvielfalt des Ufers zugunsten der Flora und Fauna, die Schaffung von Lebensraum für terrestrische Fauna ist fester Bestandteil aller technisch-biologischen Maßnahmen. Ebenso soll eine standortgerechte Ufervegetation initiiert werden, was auch der Flora und Fauna zugute kommen soll. An VF 1 ist besonders, dass eine geschützte Flachwasserzone vor dem Ufer gebildet wird, die Lebensraum auch für die aquatische Fauna bietet. VF 2 und 3 haben den Vorteil, dass das Aufkommen von Neophyten verhindert wird. VF 4, 5, 6 und 7 werden die

Standortbedingungen so auf, dass eine natürliche Sukzession gefördert wird. Das Ziel hierbei ist, die Vegetation sich selbst zu überlassen und so eine sich ständig weiter entwickelnde Ufersicherung zu erreichen, ohne selbst eingreifen zu müssen. VF 4 bietet wie VF 1 auch Lebensraum für die aquatische Fauna, jedoch mithilfe von Totholzfaschinen, die quer zur Fließrichtung des Rheines angelegt sind. VF 8 bietet neben dem Schutz des Ufers bei normalem Flusspegel auch Schutz für aquatische Fauna bei höheren Wasserständen durch schiffsinduzierte Belastung. VF 9 stellt einen ungesicherten Uferabschnitt dar, in dem untersucht werden soll, ob sich das Ufer mit der Zeit selbst sichern kann oder ob ein anthropogenes Eingreifen tatsächlich erforderlich ist (vgl. WSV, BfG & BAW 2012). Im ersten Zwischenbericht der WSA, BfG und WSV, BfG & BAW wurden 17 ökologische Ziele formuliert, die verschiedene ökologische Themen behandeln und zusammen in der Theorie ein gesundes Ökosystem ergeben. Keines der Versuchsfelder kann von Anfang an alle 17 Ziele erfüllen, doch kann das Entstehen neuer Flora und Fauna Unvorhersehbares zum Vorschein bringen.

3.2. Untersuchungen, Beobachtungen und Ergebnisse

Das Forschungsprojekt „Untersuchungen zu alternativen technisch-biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen“ untersucht die Effektivität des Schutzes der einzelnen Maßnahmen unter verschiedenen Aspekten. Sowohl technische als auch ökologische Untersuchungsgegenstände werden dabei betrachtet und empirisch aufgenommen und analysiert. „Ziel ist eine Bewertung der untersuchten technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen hinsichtlich der technischen der technischen Wirksamkeit zur Gewährleistung der Uferstabilität, der ökologischen Wirksamkeit und des erforderlichen Unterhaltungsaufwandes“ (WSV, BfG & BAW 2012, S.5). Fokus der Untersuchungen an der Versuchsstrecke belaufen sich auf Ufergeometrie, Uferstabilität, Porenwasserüberdrücke im Boden, hydraulische Belastungen, witterungsbedingte Einflüsse, Flora und Fauna, ökologische Wirksamkeit, Unterhaltungsmaßnahmen sowie Schäden und Instandsetzungsmaßnahmen (vgl. WSV, BfG & BAW 2012). Geometrische, geotechnische, hydrologische, hydraulische und ökologische Bereiche werden damit abgedeckt. Alle diese Aspekte werden untersucht und dokumentiert, sodass in den jährlichen Berichten vor allem sich abzeichnende Entwicklungen beschrieben werden können. Bis 2016 liefen diese Untersuchungen, seitdem werden die Ergebnisse zusammengetragen und ein Gutachten mit Anwendungshinweisen formuliert.

In den Jahren 2009 und 2010 wurden im Vorfeld der Versuche Zustandsberichte erstellt, die die ökologischen Zustände beschrieben. Meist eher karg, war die Hoffnung groß mit biologischen Komponenten die Uferbereiche zu begrünen. Beim Einbau wurden mehrere Listen erstellt mit Anwendungshinweisen der verschiedenen Maßnahmen. Vorteile der Weidenspreitanlagen und der begrünter Steinschüttung wurden schnell klar, die

Lebendmaterialien waren vor Ort zu gewinnen, dadurch wurden Transportwege und weitere Kosten gespart. Bei Weidenspreitanlagen und vorkultivierten Pflanzmatten war der Maschineneinsatz nicht nötig, die Anlagen und Matten konnten per Hand verlegt werden. Bei der Begrüntem Steinschüttung und den Röhrichtgabionen ist die Uferstabilität schnell gewährleistet, hier fällt die kritische Anfangsphase vergleichsweise gering aus. Auch bei den vorkultivierten Pflanzmatten bildete sich schnell Vegetation. Weiden wachsen schnell und austriebstark, weswegen auch hier eine rasche Begrünung zu verzeichnen war (vgl. BAW & BfG 2018).

Die kritische Anfangsphase ist jedoch bei allen Maßnahmen gegeben, da Pflanzen Zeit zum wachsen brauchen. In dieser Zeit muss geschaut werden, dass die Belastung so gering wie möglich ausfällt. Außerdem ist die Bauphase grundsätzlich eingeschränkt, weil nur in der Vegetationsperiode gepflanzt werden kann, damit eben diese kritische Anfangsphase so gering wie möglich ausfällt. Röhrichtgabionen und Pflanzmatten haben baubedingt einen hohen Anteil an künstlichen nicht abbaubaren Materialien, was ökologische Bedenken äußern lässt. Eine Qualitätssicherung ist in einer langen Vorlaufphase Voraussetzung für den erfolgreichen Bau dieser Maßnahmen. Diese Probleme finden sich bei Weidenspreitanlagen und Begrüntem Steinschüttungen nicht, dort ist ein mögliches Problem das zu gute Wachstum, welches abflussrelevant werden kann. Hier ist also längerfristiges Monitoring nötig und gegebenenfalls auch ein regelmäßiger Rückschnitt (vgl. BAW & BfG 2018).

Nach der kritischen Anfangsphase, in der die biologischen Komponenten der technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen noch keine eigene Uferstabilität erzeugen konnten, wurden mit der Zeit Wurzelgeflechte gebildet, die das Ufer immer mehr stabilisieren konnten. Zu sehen ist dies in *Abbildung 3*:

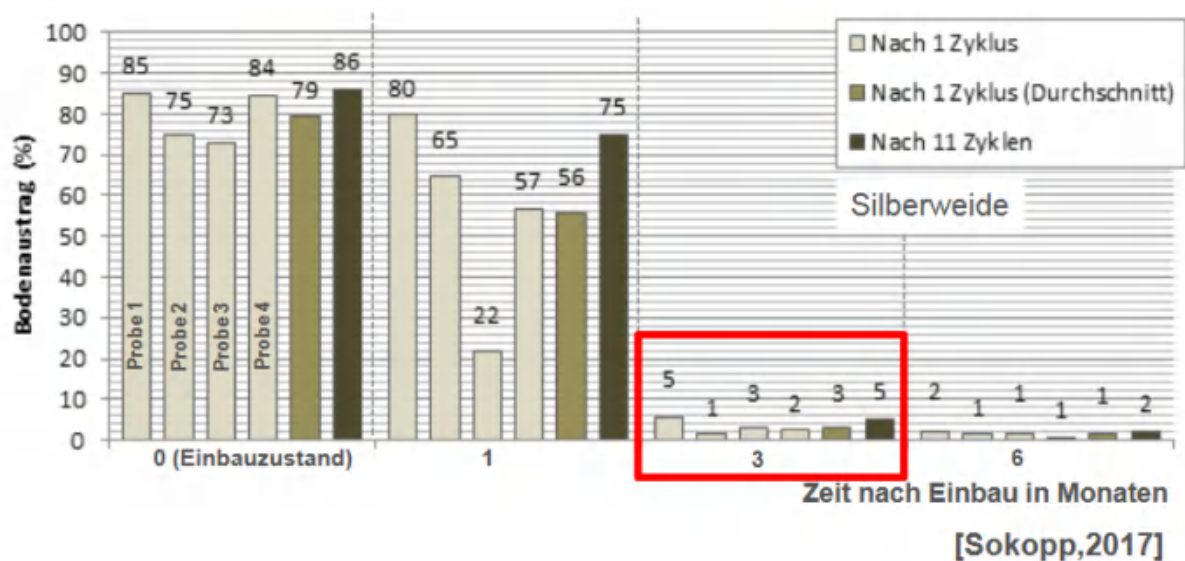


Abbildung 3: Bodenerosion (QUELLE: Fleischer 2018)

In einem Modellversuch konnte festgestellt werden, dass schon nach drei Monaten nach Einbau der Maßnahmen ein deutlicher Bodenrückhalt zu sehen ist. Das bedeutet, dass die kritische Anfangsphase wesentlich verringert wird von einem Jahr auf wenige Monate, in denen die Pflanzen so wachsen, dass sie sich selbst auf den Ufern halten können. Das Stabilisieren der Ufer geschieht dann im weiteren Wachstum. Geschehen jedoch seltene Starkbelastungsereignisse, so ist deren Haftung am Ufer noch zu gering, sie werden zerstört. Und deswegen wird die Anfangsphase auf ein Jahr erweitert, weil erst dann sicher ausgesagt werden kann, dass die Pflanzen nun dauerhaft standhaft am Ufer bleiben (vgl. Fleischer 2018).

Der Hauptaspekt der Untersuchungen beschäftigt sich jedoch mit den hydraulischen Belastungen, die von den Schiffen selbst ausgehen, und wie Wellen mit welcher Kraft auf das Ufer treffen. Dazu gab es eine Reihe von Testläufen mit mehreren Messeinheiten pro Versuchsfeld. Neben Position und Geschwindigkeit wurden auch Länge, Flottenzugehörigkeit und die Lage der Fahrrinne erfasst und ausgewertet. Zwischen dem November des Jahres 2014 bis Ende Oktober 2015 konnten 212 Vorbeifahrten mit hochauflösenden Radaranlagen registriert und Wellenbewegungen mit Druckmesssonden in sechs verschiedenen Querprofilen aufgezeichnet werden, die alle in den Versuchsfeldern lagen. Dadurch wurden die Kräfte gemessen, die auf die Biologie der Uferschutzmaßnahmen treffen (vgl. BAW & BfG 2016, S.17f.). Entgegen der Erwartungen fielen die schiffsinduzierten Wellenhöhen eher gering aus. Die höchsten Wellen, die allerdings bei nur fünf der 212 Vorbeifahrten entstanden sind, waren kaum höher als 14 Zentimeter. „Ursache sind die hohen Wasserstände während der Messung. Dadurch ist das Verhältnis vom Flussquerschnitt zum eingetauchten Schiffsquerschnitt sehr groß und die Schiffe fahren mit großen Uferabständen. Beides führt zu kleineren Uferbelastungen“ (BAW & BfG 2016, S.22). Mit einem Isotachenplan wurden die Messungen auf ein Querschnittsprofil des Rheines aufgetragen und mit Messungen am Ufer verglichen. Von den 2,20 m/s in der Fahrrinne kamen noch 0,05 bis 0,66 m/s am Ufer im VF 3 an, wobei „der zu erwartende dämpfende Einfluss der Vegetation [...] anhand der Messungen allerdings nicht eindeutig nachgewiesen werden [konnte]“ (BAW & BfG 2016, S.24). Eine Belastung stellt die Schifffahrt für die Ufer trotzdem dar, da sie regelmäßig kommt und immer wieder auf die Uferböschung prallt. Je nach Winkel und anderen Faktoren kann die Druckbelastung so hoch sein, dass Bodenpartikel mit der Zeit ausgeschwemmt werden und das Ufer erodiert. Eine Bepflanzung ist in dieser Hinsicht sinnvoll, da diese einen Teil des Bodens, nämlich den, den sie selbst brauchen, festhalten. Ein Vergleich unter solchen Umständen erweist sich letztendlich aber als schwierig, vor allem weil kaum gleiche Messgegebenheiten konstruiert werden können.

„Nach 5-jähriger Monitoringzeit liegen wichtige Erkenntnisse zum Einbau, zur Stabilität in der kritischen Anfangszeit und danach, zur Gewährleistung des Uferschutzes, zur Unterhaltung und zur ökologischen Wirksamkeit der untersuchten technisch-biologischen Ufersicherungen

vor“ (BAW & BfG 2018, S.93). Generell ist auszusagen, dass technisch-biologische Ufersicherungen auch an stark befahrenen Wasserstraßen anwendbar sind und den technischen Schutzmaßnahmen in nichts nachstehen. Die unterschiedlichen Maßnahmen haben jedoch Vor- und Nachteile, sodass sie nicht in gleicher Weise geeignet sind. Das größte Problem bei biologischen Ufersicherungen oder technisch-biologischen Ufersicherungen mit hohem biologischen Anteil ist die kritische Anfangsphase, in der durch ein einziges Ereignis die ganze Maßnahme zerstört werden kann. Kombinationen aus technischen und biologischen Komponenten sind am Anfang stabiler und wesentlich belastbarer. Nachteilig wirken sich hier aber synthetische und schwer abbaubare Materialien aus, die gegen eine nachhaltige Lösung sprechen.

4. Fazit und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass technisch-biologische Ufersicherungsmaßnahmen den nötigen Uferschutz gewährleisten und zusätzlich einen Lebensraum für Flora und Fauna bieten. Eine Kombination aus technischen und biologischen Komponenten liefert die besten Ergebnisse und kann den besten Schutz vor Erosion gewährleisten.

2016 wurde im fünften Zwischenbericht erläutert, dass Weidensetzungen und das Einbringen von Totholz die beste ökologische Wirksamkeit haben, wobei gesagt werden muss, dass „eine grundlegende ökologische Bewertung der einzelnen Maßnahmen in den Versuchsfeldern anhand der terrestrischen Fauna [...] momentan noch nicht erfolgen [kann]“ (BAW & BfG 2016, S.66), „da einige Vegetationsstrukturen sich noch nicht vollständig entwickelt haben und Sanierungsarbeiten sowie die Unterhaltung zu Testzwecken ihre Entwicklung in den letzten Jahren wiederkehrend beeinträchtigt haben“ (BAW & BfG 2018, S.89). Weitere Untersuchungen und Testreihen sind nötig, um repräsentative Aussagen für alle Wasserstraßen treffen zu können, daher kann an dieser Stelle die anfangs aufgeführte Fragestellung nicht zufriedenstellend und empirisch gestützt beantwortet werden.

Nachhaltige Uferschutzmaßnahmen in Form von technisch-biologischen Maßnahmen sind heute der neue Trend und trotzdem die sinnvollste Möglichkeit, ökonomische und ökologische Interessen gleichermaßen zu decken. Die Möglichkeit technischen Uferschutz zu erweitern und mit biologischen Komponenten anzureichern kann zur Renaturierung verloren geglaubter Uferbereiche führen. Lebensraum für Flora und Fauna zu schaffen und währenddessen ökonomische Interessen zu vertreten, das ist ein gesunder Kompromiss zwischen Wirtschaft und Natur und zeigt ein heute deutlich besseres Verständnis für Nachhaltigkeit als vor einigen wenigen Jahrzehnten. Die momentan aktuellste Form des

nachhaltigen Wirtschaftens findet sich im Bereich Gewässerausbau bei den technisch-biologischen Ufersicherungsmaßnahmen. Wir bleiben gespannt auf weitere Entwicklungen in diesem Fachgebiet.

Mit dem schönen Satz „negative Folgen von Technik mit neuer Technik beseitigen“ (Redensart) möchte ich diese Arbeit einem Ende zuführen, denn dieser trifft das Ziel des Unterfangens meiner Meinung nach eigentlich ganz gut.

5. Literaturverzeichnis

Anderson A.G./Parker G./Wood A. (1975): The flow and stability characteristics of alluvial river channels. St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory. Rep. No. 161

BAW & BfG (2016): Einrichtung einer Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen Rhein km 440,6 bis km 441,6, rechtes Ufer. Fünfter Zwischenbericht. Monitoringergebnisse 2015. - URL: https://izw.baw.de/publikationen/alu/0/2016_08_Bericht_Versuchsstrecke_Monitoring.pdf [04.02.2019].

BAW & BfG (2018): Kolloquiumsreihe. Tagungsband. Technisch-biologische Ufersicherungen an der Versuchsstrecke am Rhein – Chancen und Herausforderungen hinsichtlich Uferschutz und Ökologie. - URL: https://izw.baw.de/publikationen/kolloquien/1/Tagungsband%20Worms%20Juni%202018_final_30.10.2018_.pdf [07.03.2019].

BMU (2000): Ausgewählte Pegel an oberirdischen Gewässern. - In: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Hydrologischer Atlas von Deutschland.

BMVI (2019): Wasserstraßen. - URL: <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Mobilitaet/Wasser/Bundeswasserstrassen/bundeswasserstrassen.html> [12.03.2019].

Engelbart, D. (2018): Technisch-biologische Ufersicherungen. Perspektiven für Wasserstraßen. - URL: https://izw.baw.de/publikationen/alu/0/1_ENGELBART_Vortrag_techn_bioloug_Ufersicherungen_Einfuehrung.pdf [05.02.2019].

Fleischer, P. (2018): Technisch-biologische Ufersicherungen – Umweltfreundliche Alternativen zum Schüttsteindeckwerk an Binnenwasserstraßen. - URL: https://izw.baw.de/publikationen/alu/0/Fleischer_IWASA_18.01.2018.pdf [06.02.2019].

Fleischer P./Liebenstein H. (2007): Untersuchungen zu alternativen, technisch – biologischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen. - URL: http://www.kliwas.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2007/11-09-07_vortrag_fleischer.pdf?__blob=publicationFile [05.02.2019].

Harrer, S. (2015a): Flüsse im Korsett – Flussbegradigungen und Auswirkungen am Beispiel Oberrhein. - URL: <https://www.planet-schule.de/wissenspool/lebensraeume-im-fluss/inhalt/hintergrund/mensch-und-fluss/rheinbegradigung-i.html> [12.03.2019].

Harrer, S. (2015b): Mensch und Fluss. - URL: <https://www.planet-schule.de/wissenspool/lebensraeume-im-fluss/inhalt/hintergrund/mensch-und-fluss/mensch-und-fluss.html> [11.03.2019].

Lexikon der Geowissenschaften (2000a): Deckwerk. – URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/deckwerk/2998> [14.03.2019].

Lexikon der Geowissenschaften (2000b): Gewässerausbau. – URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/gewaesserausbau/5855> [14.03.2019].

Loat R./Petrascheck A. (2001): Empfehlungen 1997. Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. - URL: http://www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/planat_pdf/alle_2012/1996-2000/Loat_Petrascheck_1997_-_Beruecksichtigung_der_Hochwassergefahren_bei_raumwirksamen.pdf [02.03.2019].

SWR (2016): Die Rheinbegradigung von 1817 bis 1876 – ein einschneidendes Ereignis. - URL: <https://www.swr.de/spuren-im-stein/oberrheingraben/rheinbegradigung/-/id=16535158/did=17220860/nid=16535158/1jqxmhh/index.html> [14.03.2019].

WSV, BfG & BAW (2012): BAW-Brief Nr. 5 – Mai 2012. - URL: https://izw.baw.de/publikationen/alu/0/BAWBrief_05_2012.pdf [05.03.2019].

WSV, BfG & BAW (2016): Alternative technisch-biologische Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen. - URL: https://izw.baw.de/publikationen/alu/0/2016_06_techn-biol-

ufersicherungen_projektbeschreibung.pdf [05.02.2019].

WSV, BfG & BAW (2017): Technische-biologische Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen. Flyer zum Projekt. – URL: https://izw.baw.de/publikationen/alu/0/BfG_BAW_techn-biolog_Ufersicherung_an_Bundeswasserstr_2017.pdf [05.02.2019].

6. Anhang

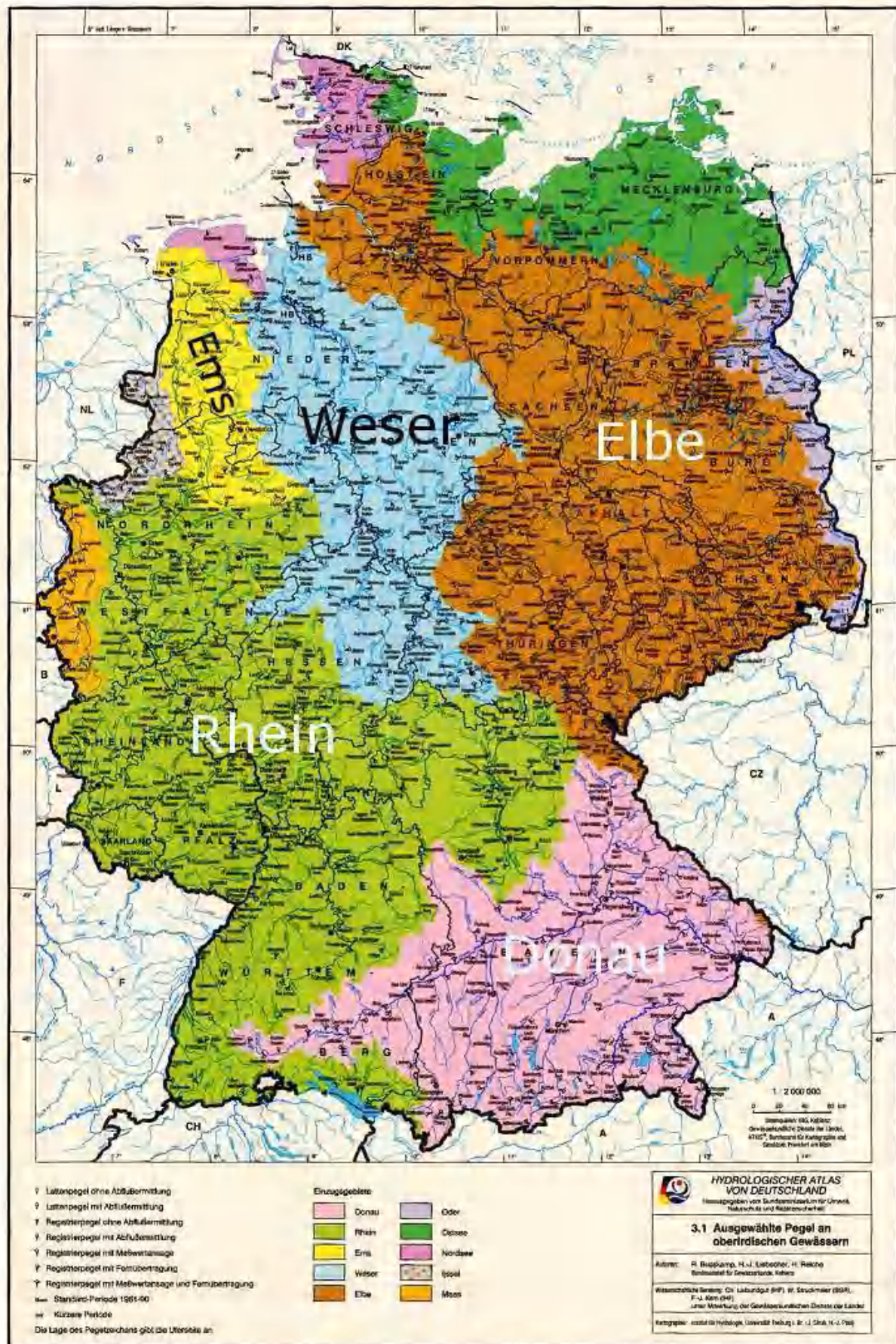


Abbildung 1: Einzugsgebiete der größten Flüsse Deutschlands