

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

**Hager, Martin**

## **III. Methoden zur Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte beim Bau von Wasserstrassen**

Deutsche Beiträge. Internationaler Schifffahrtkongress (PIANC)

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:  
**PIANC Deutschland**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/104831>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Hager, Martin (1994): III. Methoden zur Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte beim Bau von Wasserstrassen. In: PIANC Deutschland (Hg.): Deutsche Beiträge. 28. Internationaler Schifffahrtkongress; Sevilla, Spanien, 22. - 28. Mai 1994. Bonn: PIANC Deutschland. S. 45-58.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



## Teil 3

## Methoden zur Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte beim Ausbau von Wasserstraßen

### Zusammenfassung

Die Bewahrung der Natur steht heute auch beim Ausbau von Wasserstraßen besonders an natürlichen Flüssen mit ökologisch wertvollen Feuchträumen der Talauen oft im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Bei größeren Strömen hat meist die Nutzung als Wasserstraße mit einer leistungsfähigen Fahrrinne neben dem Hochwasserschutz und anderen Nutzungen eine vorrangige Bedeutung. Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung der Schiffahrtsrinne sollen zugleich ökologischen Ansprüchen genügen. Daher sind schon in der Vorplanung möglichst alle relevanten Gesichtspunkte sorgfältig in die Betrachtung einzubeziehen. Die engen Verflechtungen und der Grad der Erfüllbarkeit der verschiedenen Zielsetzungen sind in einer Studie für den Niederrhein untersucht worden. Die verwendeten Verfahren besonders hinsichtlich der Abwägung der verschiedenen Ziele für die umweltverträgliche Gestaltung der gesamte Talaue sowie zur Entwicklung von Lösungsvorschlägen für künftige Regelungsmaßnahmen im Strombett und zur Stabilisierung der Gewässersohle werden kurz erläutert. Die dabei entwickelte Methode kann Modellcharakter haben und auf vergleichbare Verhältnisse in Flachlandflüssen übertragen werden.

### Inhalt

- |     |   |     |  |
|-----|---|-----|--|
| 1   | Vorbemerkung  | 4.3 | Beurteilung der ökologischen Ziele für den Rhein-<br>strom aus der Sicht von Schifffahrt und Wasser-<br>straße, einschließlich Stabilisierung des Gewässer-<br>betts |
| 2   | Gesamtkonzept Hochwasserschutz, Schifffahrt und<br>Ökologie       | 4.4 | Beurteilung der ökologischen Ziele für die Rhein-<br>aue aus der Sicht von Schifffahrt und Wasserstraße,<br>einschließlich Stabilisierung des Gewässerbetts          |
| 3   | Untersuchungsmethode  | 4.5 | Bewertung von Lösungsvorschlägen   |
| 4   | Anwendung auf die Stromstrecke des Niederrheins                   | 4.6 | Neuentwicklung von Regelungselementen  |
| 4.1 | Verkehrsbedeutung, Ausbaumaße und Ausbau der<br>Wasserstraße      | 5   | Schlußbemerkung  |
| 4.2 | Wertung des Zustandes des Strombettes aus ökologi-<br>scher Sicht |     |  |

### Literatur

#### 1 Vorbemerkung

Die Bewahrung der Natur ist nach den einschneidenden zivilisatorischen und technischen Entwicklungen im 19. und 20. Jahrhundert verstärkt in das Bewußtsein des Menschen getreten. Dies gilt besonders auch für natürliche Flußläufe und Talauen, deren weitgehende Erhaltung oder, wenn äußere Einwirkungen zu nachteiligen Veränderungen geführt haben, deren Zurückführung in einen mit den Bedürfnissen des Menschen verträglichen Naturzustand angestrebt wird.

Bei größeren Strömen oder Stromsystemen hat meist die Nutzung als Wasserstraße mit einer leistungsfähigen Fahrrinne und entsprechenden Hafен- und Umschlagsan-

lagen für Wirtschaft und Verkehr eine herausragende Bedeutung. Diese tritt heute verstärkt hervor, weil die Kapazität anderer Verkehrsträger häufig erschöpft ist und der Schifffahrt als umweltfreundlichster Verkehrsart auch aus ökologischer Sicht Vorrang einzuräumen ist. Erhaltung und Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse erfordern technische Instandhaltungs- und Anpassungsmaßnahmen, die zugleich ökologischen Ansprüchen genügen und darüberhinaus möglichst zu einer ökologischen Verbesserung des Flusses und seiner ökologisch bedeutsamen Talaue beitragen.

Gleichzeitig muß in der Regel den Anforderungen des Hochwasserschutzes unter Berücksichtigung des wachsenden Sicherheitsbedürfnisses der Menschen im erforderli-

chen Maße entsprochen werden. Daneben stehen vielfältige wasserwirtschaftliche und andere Nutzungen, die den regionalen und überregionalen Lebensbedürfnissen entspringen.

Die engen Verflechtungen und der Grad der Erfüllbarkeit der verschiedenen Zielsetzungen sind in einer Studie für den Niederrhein untersucht worden. Die verwendeten Verfahren und Lösungsvorschläge, insbesondere für Maßnahmen in der Wasserstraße, werden im folgenden kurz erläutert. Die dabei entwickelte Methode kann Modellcharakter haben; die Vorschläge können auch auf vergleichbare Verhältnisse in anderen Flachlandflüssen ggf. unmittelbar übertragen werden.

## 2 Gesamtkonzept Hochwasserschutz, Schifffahrt und Ökologie

Die Erarbeitung einer solchen Studie wurde von den zuständigen Landes- und Bundesbehörden unter dem Titel "Grundlagen für ein Gesamtkonzept Hochwasserschutz, Schifffahrt und Ökologie am Rhein in Nordrhein-Westfalen" [1] an eine interdisziplinär zusammengesetzte Projektgruppe unter Beteiligung der Bereiche Hochwasserschutz, Wasserwirtschaft, Schifffahrt und Wasserstraße, Ökologie und Landschaftsentwicklung in Auftrag gegeben, wobei bereits vorliegende Planungen zu berücksichtigen waren, die sich für das Strombett des Rheins besonders auf die Erhaltung und Verbesserung der Fahrrinne mit gleichzeitiger Stabilisierung der Gewässersohle beziehen.

Im Ergebnis sollten Lösungsvorschläge für ein integriertes und umfassendes Gesamtkonzept unterbreitet werden, "in dem unter besonderer Berücksichtigung der Sicherheit der Bevölkerung und Schifffahrt und der Erreichung eines höheren Grades an Naturnähe die verschiedenen Interessen überregional in hohem Maße aufeinander abgestimmt sind".

Der Auftrag beschränkte sich also nicht auf die übliche Ingenieuraufgabe, ein bestimmtes Planungs- oder Entwurfsziel ingenieurtechnisch und umweltverträglich zu lösen, sondern stellte das Projektteam vor die umfassende Aufgabe, alle vorliegenden und denkbaren Planungen und Verbes-

serungsmöglichkeiten eines ganzen Stromabschnitts und seiner angrenzenden Auen in ihren Auswirkungen interdisziplinär zu bewerten.

## 3 Untersuchungsmethode

Die Arbeitsschritte zur Lösung der beschriebenen Aufgabe sind aus dem in Abb. 1 dargestellten Ablaufschema zu ersehen.

Von den beteiligten Fachbereichen (Hochwasserschutz/-Schifffahrt und Wasserstraße/-Ökologie) sind hiernach anhand der Gegebenheiten, zunächst unabhängig voneinander, den Erfordernissen entsprechende Planungsgrundsätze aufgestellt worden.

Da es kaum möglich ist, allein aus generellen Anforderungen für den konkreten Anwendungsfall alle relevanten Planungsgesichtspunkte vollständig und widerspruchsfrei abzuleiten und daraus die erstrebte optimale Lösung zu

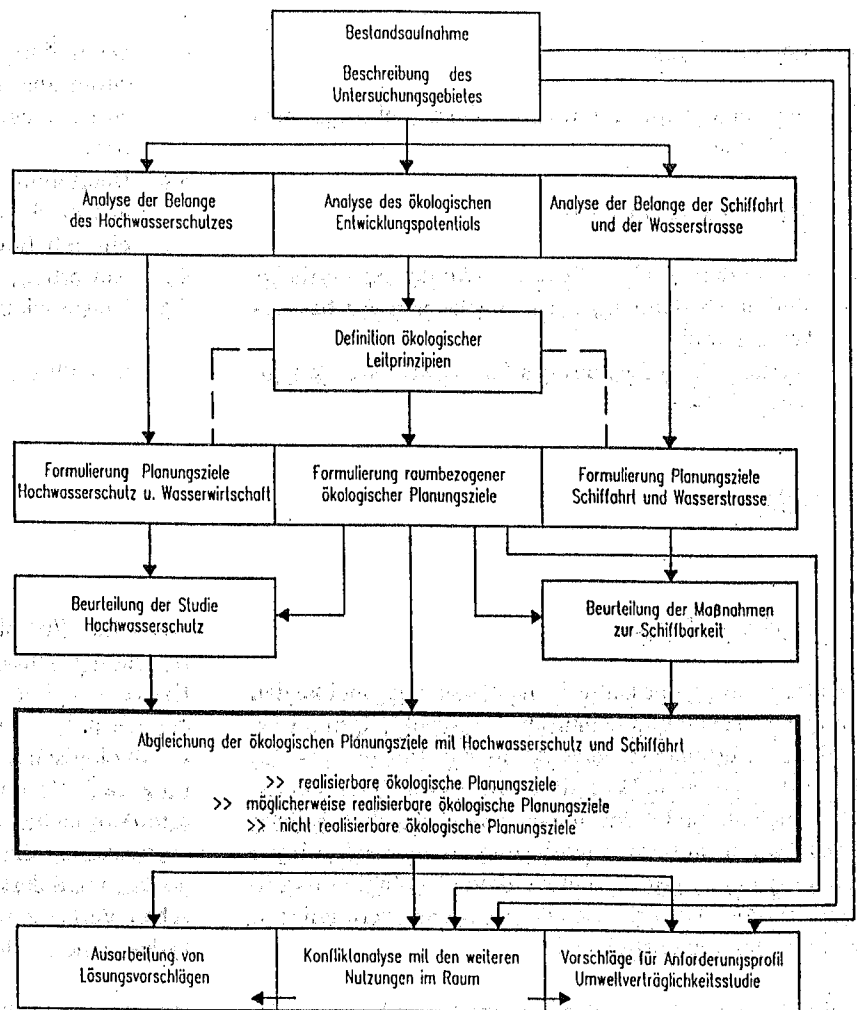


Abb. 1: Ablaufschema zum Gesamtkonzept Hochwasserschutz, Schifffahrt und Ökologie am Niederrhein [1]

finden, wurde ein Verfahren entwickelt, bei dem alle auf die Örtlichkeit bezogenen ökologischen Zielvorstellungen (hier "raumbezogene ökologische Planungsziele" genannt) mit den jeweiligen Erfordernissen der Bereiche "Hochwasserschutz" und "Schifffahrt und Wasserstraße" verglichen und beurteilt werden.

Dieses als "Zielabgleichung" (= Zielbeurteilung) bezeichnete Verfahren bildet einen der Kernpunkte der interdisziplinären Bearbeitung, in der die ökologischen Ziele aus der Sicht von Hochwasserschutz, Schifffahrt und Wasserstraße für jeweils einheitliche Teilräume der Rheinaue bzw. Teilstrecken des Rheinstroms auf ihre Realisierbarkeit hin untersucht werden.

Mit den hierbei verwendeten drei Beurteilungskriterien

- 1 = ökologisches Planungsziel realisierbar
- 2 = ökologisches Planungsziel möglicherweise realisierbar (Die Beurteilung "2" zeigt an, daß hier die vorhandenen Daten nicht ausreichen und für eine Entscheidung über die Realisierbarkeit des ökologischen Ziels weitere Erhebungen oder Untersuchungen notwendig sind)
- 3 = ökologisches Planungsziel nicht realisierbar

ist eine übersichtliche tabellarische oder kartographische Zusammenstellung aller beurteilten Ziele möglich, die in einfacher Weise Art und Umfang der bei der weiteren Einzelplanung zu berücksichtigenden ökologischen Gesichtspunkte kenntlich macht.

Diese Beurteilung war von seiten der Gutachter für die Bereiche "Hochwasserschutz" (einschließlich Wasserwirtschaft und Gewässerschutz) und "Schifffahrt und Wasserstraße" (einschl. Sohlenstabilisierung) durchzuführen, deren Planungsziele Priorität vor anderen Nutzungen haben. Die Auswirkungen anderer bestehender oder geplanter Nutzungen auf die ökologischen Ziele wurden in einer gesonderten Konfliktanalyse behandelt.

Auf diesen Grundlagen lassen sich dann die Lösungsvorschläge hinsichtlich der Erfüllung aller abgeglichenen

(beurteilten) Ziele bewerten und erforderlichenfalls Anpassungen entwickeln, so daß die gewünschte Optimierung der Planungen erreicht wird.

Zur Unterstützung der Bearbeitung der miteinander verknüpften Fragestellungen wurde das rechnergestützte Geographische Informationssystem (GIS) Smallword GIS eingesetzt, welches im Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft ISW der RWTH Aachen (Technische Universität) installiert ist.

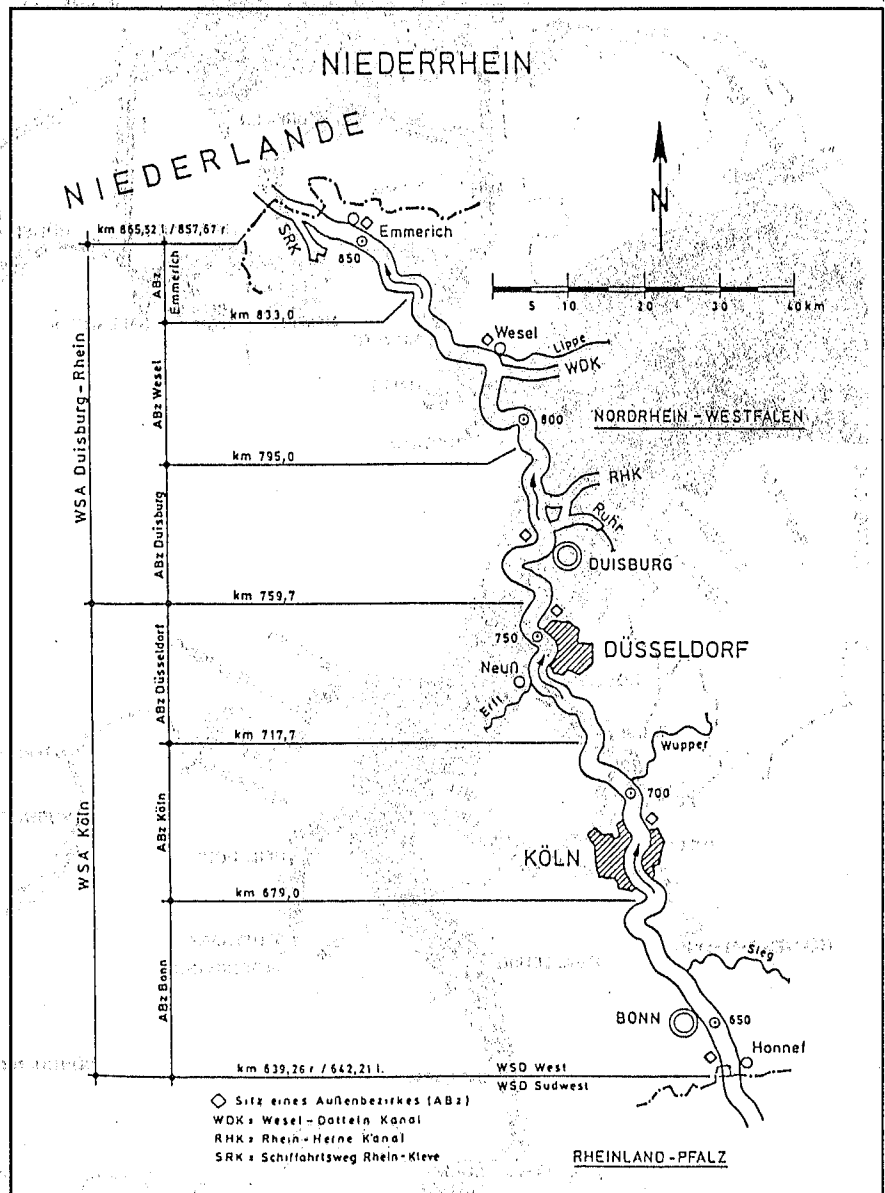


Abb. 2: Der Niederrhein von Rhein-km 639,26 bis Rhein-km 865,52 [3]

**4 Anwendung auf die Stromstrecke des Niederrheins**

Der Niederrhein von Rhein-km 639,26 bis Rhein-km 865,52 (Abb. 2) ist, abgesehen von der natürlichen erdgeschichtlichen Entwicklung als Flachlandfluß in einer

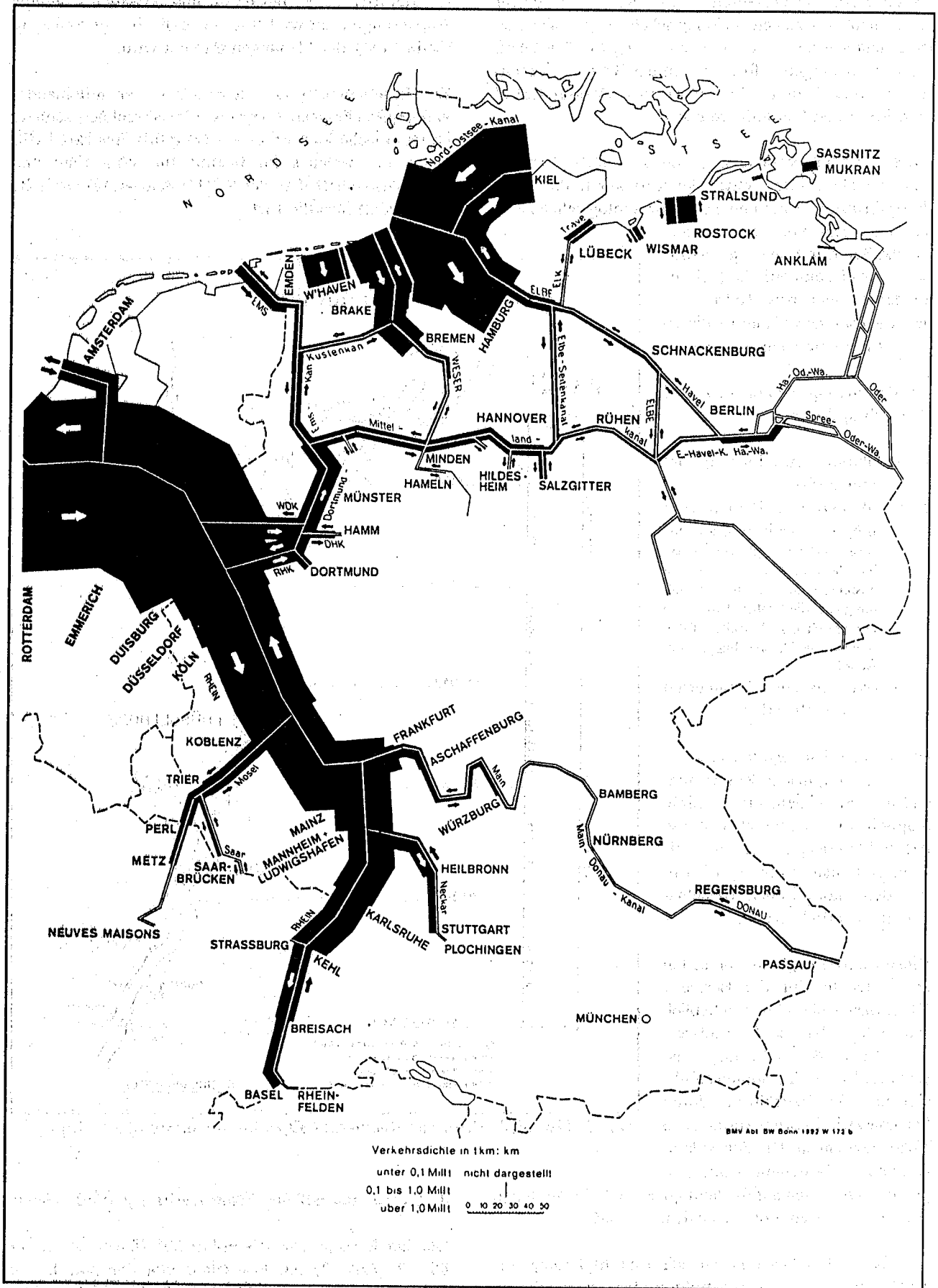


Abb. 3: Verkehrsdichte auf dem Rhein und den Anschlußwasserstraßen im Jahre 1991 [10]

breiten Talaue, seit Mitte des 18. Jahrhunderts in seiner Gestalt und Linienführung, dem Längsgefälle und der Ausdehnung des Mittel- und Hochwasserbetts neben anderen zivilisatorischen Einwirkungen sehr wesentlich durch flußbauliche Regelungsmaßnahmen zunächst im Interesse des Hochwasserschutzes, später im Interesse der Schifffahrt und in diesem Jahrhundert zusätzlich durch Kiesgewinnung sowie durch Bergsenkungen aus untertägigem Bergbau geprägt worden. Auf die Beiträge in den Deutschen Berichten zum XXV. und XXVII. Internationalen Schifffahrtskongreß [2], [3] und im PIANC 100-Jahrbuch [4] muß hier verwiesen werden.

#### 4.1 Verkehrsbedeutung, Ausbaumaße und Ausbau der Wasserstraße

Die graphische Auftragung der Verkehrsdichten im Hauptnetz der Wasserstraßen (Abb. 3) veranschaulicht die Bedeutung des Rheins als verkehrsreichste Binnenwasserstraße Europas [10]. Einen schematischen Regelquerschnitt zeigt Abb. 4, [5]. Mit den Maßen der Fahrrinne von 150 m Breite und 2,10 bis 2,50 m und künftig bis zu 2,80 m Tiefe unter GIW (Regelungsniedrigwasserstand) ist der Niederrhein nach der europäischen Klasseneinteilung [6], [7] zugeordnet:

- oberhalb Duisburg Wasserstraßenklasse V  
(bzw. Klasse VIa nach PIANC-Empfehlung I/9),
- unterhalb Duisburg Wasserstraßenklasse VI  
(bzw. Klasse VIb nach PIANC-Empfehlung I/9).

Seit Mitte der 60er Jahre sind umfangreiche Ausbaumaßnahmen nach bekannten Grundsätzen der Flußregelung ausgeführt worden, die zugleich der Sohlenstabilisierung dienen und damit neben der Schaffung einer beständigen Schifffahrtsrinne auch wesentlich zur Erfüllung ökologischer Ziele in der Rheinaue beitragen [8], [9].

#### 4.2 Wertung des Zustandes des Strombettes aus ökologischer Sicht

Für die Bewertung der vorhandenen Uferbefestigungen und Einbauten im Mittelwasserbett des Rheinstroms aus ökologischer Sicht sind die Arten der verwendeten Ufersicherungen in 5 Gruppen eingeteilt, die zugleich als Wertestufen für die vorhandene Naturnähe der einzelnen Uferabschnitte verwendet werden (Abb. 5).

Hieraus sind die aus ökologischer Sicht erwünschten Veränderungen zur Erhöhung der Naturnähe der Ufer- und Sohlenbereiche als ökologische Ziele unmittelbar abgeleitet. Wie der Abb. 5 zu entnehmen ist, enthalten die ökologischen Planungsziele für den Rheinstrom

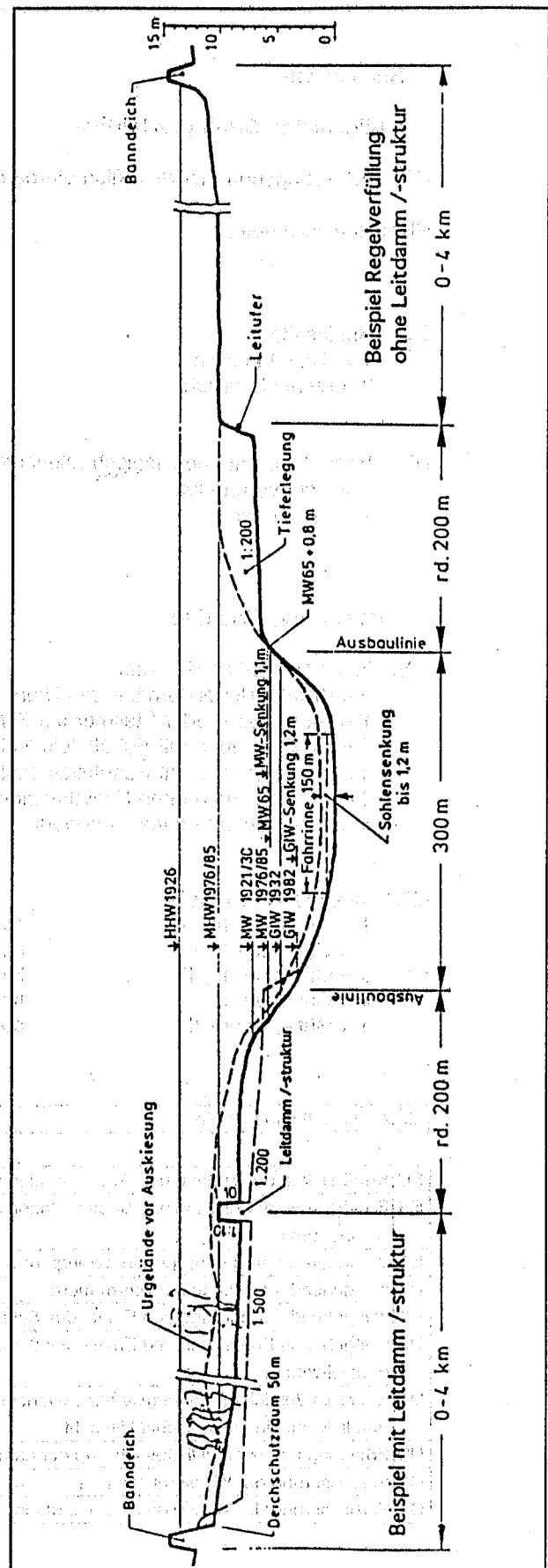


Abb. 4: Regelquerschnitt des Niederrheins im Bereich unterhalb Duisburg mit Anpassungsmaßnahmen an die Wasserspiegel- und Sohlensenkung [10]

<b>Rheinstrom</b>	
<b>Allgemeine Ordnungskriterien</b>	
NR	Erfassungsnummer des Kilometerbereiches
RKM	Rheinkilometer
SE	Rheinseite 1 = linksrheinisch 2 = rechtsrheinisch
HL	Vorkommen außenökologisch relevanter Uferbereiche 0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden
<b>Bewertungskriterien</b>	
UNI	Index Naturnähe des Ufers Beurteilung der Naturnähe des Ufers aufgrund der Uferverbauungen 1 = Ufermauern oder Steilufer mit Schüttsteindeckwerk 2 = Uferböschung mit Schüttsteindeckwerk 3 = Uferböschung mit Schüttsteindeckwerk und Bühnen oder Parallelwerk 4 = Uferböschung ohne Schüttsteindeckwerk aber mit Bühnen oder Parallelwerk 5 = Uferböschung ohne Deckwerk
GGI	Index Gewässergüte 1 = Gütestufe III - IV      sehr stark verschmutzt 2 = Gütestufe III          stark verschmutzt 3 = Gütestufe II - III      kritisch belastet 4 = Gütestufe II            mässig belastet 5 = Gütestufe I - II        gering belastet
<b>Ökologische Planungsziele</b>	
EU	Ermöglichen der Erosion und Sedimentation am Ufer des geregelten (regulierten) Rheinstroms
ES	Ermöglichen der Erosion und Sedimentation auf der Sohle des geregelten (regulierten) Rheinstroms
KS	Verringerung der (anthropogen bedingten) Sohlenerosion
U1	weitgehender Rückbau der Ufermauern
U2	weitgehende Entfernung und Ersatz des Schüttsteindeckwerks
U3	weitgehende Entfernung und Ersatz des Schüttsteindeckwerks hinter den Bühnenfeldern und Parallelwerken
U4	weiterhin Verzicht auf Schüttsteindeckwerk und eventuell Optimierung der Bühnenfelder und Parallelwerke in ökologischer Hinsicht
U5	Erhaltung und eventuell Optimierung der naturnahen Uferstrecken
G1	Verbesserung der Wasserqualität des Rheins um zwei Gütestufen
G2	Verbesserung der Wasserqualität des Rheins um eine Gütestufe

Abb. 5: Ökologische Bewertungskriterien und Planungsziele für den Rheinstrom

darüberhinaus Punkte, die auf die frei Entfaltung der natürlichen Dynamik des Stroms im Ufer- und Böschungsbereich und außerdem auf die Verringerung der Sohlenerosion gerichtet sind.

### 4.3 Beurteilung der ökologischen Ziele für den Rheinstrom aus der Sicht von Schifffahrt und Wasserstraße, einschließlich Stabilisierung des Gewässerbetts

Die Stabilisierung des Gewässerbetts und die Vergleichmäßigung der hydraulisch-morphologischen Verhältnisse sind gleichermaßen Voraussetzung für den Schutz und die ökologische Verbesserung der Naturverhältnisse in der Rheinaue wie für den Erhalt und die Anpassung der Fahrrinne des Rheins an die Bedürfnisse der Schifffahrt. Diese Forderungen sind somit gleichgerichtet aus ökologischer wie verkehrlicher Sicht und haben Vorrang vor Forderungen an die Naturnähe der Uferbereiche, wenn zur Verhinderung der Erosion

flußbauliche Maßnahmen und Regelungselemente eingesetzt werden müssen.

Die Beurteilung der ökologischen Ziele für den Rheinstrom trägt dem dann mit den Wertungen "3" für Nichtrealisierbarkeit des ökologischen Ziels oder "2" für bedingte Realisierbarkeit Rechnung, wie in Abb. 6 für einen Teilabschnitt beispielhaft dargestellt ist. Aus der Auswertung über alle 443 links- und rechtsrheinischen Kilometerabschnitte des Niederrheins läßt sich der Grad der Erreichbarkeit ökologischer Zielsetzungen entnehmen. Abb. 7 zeigt den hohen ökologischen Wert des Wasserstraßenausbaus.

### 4.4 Beurteilung der ökologischen Ziele für die Rheinaue aus der Sicht von Schifffahrt und Wasserstraße, einschließlich Stabilisierung des Gewässerbetts

Maßnahmen zur Entwicklung der Rheinaue außerhalb des

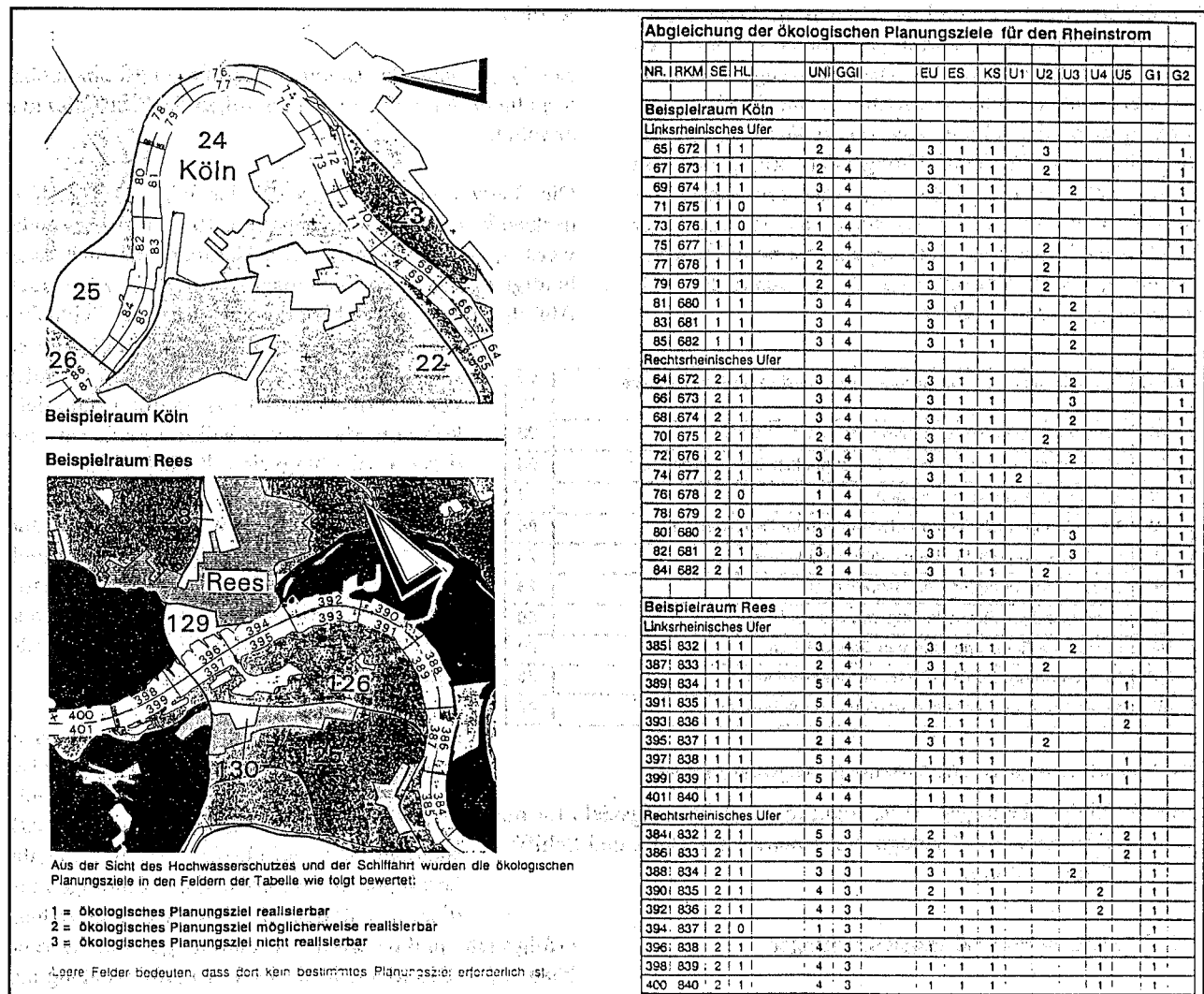


Abb. 6: Abgleichung (=Beurteilung) der ökologischen Planungsziele für den Rheinstrom in den Beispielräumen Köln und Rees



Code	Bezeichnung der ökologischen Planungsziele für den Rheinstrom	ZE %
ES	Ermöglichen der Erosion und Sedimentation auf der Sohle des geregelten (regulierten) Rheinstromes	100
KS	Verringerung der (anthropogen bedingten) Sohlenerosion	100
G1	Verbesserung der Wasserqualität des Rheines um zwei Gütestufen	100
G2	Verbesserung der Wasserqualität des Rheines um eine Gütestufe	100
U5	Erhaltung und event. Optimierung der naturnahen Uferstrecken	80
U4	weiterhin Verzicht auf Schüttsteindeckwerk und event. Optimierung der Bühnenfelder und Parallelwerke in ökologischer Hinsicht	79
U3	weitgehende Entfernung und Ersatz des Schüttsteindeckwerks hinter den Bühnenfeldern und Parallelwerken	44
EU	Ermöglichen der Erosion und Sedimentation am Ufer des regulierten (geregelten) Rheinstromes	42
U2	weitgehende Entfernung und Ersatz des Schüttsteindeckwerks	39
U1	weitgehender Rückbau der Ufermauern	21

ZE(%) = Erreichungsgrad der ökologischen Planungsziele in Prozent

**Abb. 7:** Zielerreichungsgrad der ökologischen Planungsziele für den Rheinstrom

Strombettes beeinflussen gleichfalls die Abfluß- und Geschiebeverhältnisse und damit auch die hydraulisch-morphologischen Entwicklungen. Daher werden auch ökologische Ziele, die zur Beeinflussung der Querschnitts- und Rauheitsverhältnisse im Hochwasserabflußquerschnitt führen, z.B. durch Forderungen auf Verzicht von Geländeaufhöhung oder -abtrag und von Leitelementen oder auf Zulassung vermehrten Bewuchses im Deichvorland, in die Wertung aus der Sicht der Gewässerstabilisierung einbezogen. Die hohe Übereinstimmung der hier wichtigsten Ziele zeigen die Zielerreichungsgrade in Abb. 8.

Code	Bezeichnung der ökologischen Planungsziele für die Rheinaue	ZE %
VA	bessere Verbindung von Altrheinen mit dem Strom	96
KN	Abgrabungen ausschliesslich im Zuge einer ökol. Entwicklung	95
KV	Vermeidung von Abgrabungen	84
LV	Vermeidung technischer Leitstrukturen im Deichvorland	84
SL	Strukturierung der landwirtschaftlichen Flächen	79
BL	lokale Rückverlegung von Bandedeichen	73
BG	grossräumige Rückverlegung von Bandedeichen	50
BP	punktueller Rückverlegung von Bandedeichen	50
SO	Strukturierung der Oberfläche im Deichvorland	50
AW	Entwicklung und Wiederansiedlung von Auenwald	47

ZE(%) = Erreichungsgrad der ökologischen Planungsziele in Prozent

**Abb. 8:** Zielerreichungsgrad der ökologischen Planungsziele für die Rheinaue, die Belange von Hochwasserschutz und Schifffahrt betreffen

#### 4.5 Bewertung von Lösungsvorschlägen

Das Planungskonzept des weiteren Wasserstraßenausbaus enthält eine Vielzahl von Maßnahmen mit Neubau von

Buhnen und Parallelwerken, Umbau vorhandener Regelungsbauwerke durch Vorbau, Rückbau, Aufhöhung oder Tieferlegung, Kolkverbau, Sohlenaufhöhung und -sicherung sowie Umgestaltungen im Deichvorland mit Leitdämmen und Vorlandtieferlegungen. Die Prinzipskizzen von Regelprofilen lassen die Grundkonzeption erkennen (Abb. 9).

Lösungsvorschläge für Flußregelmaßnahmen können nunmehr anhand der abgeglichenen (beurteilten) ökologischen Ziele für den Rheinstrom und, soweit nach den obigen Ausführungen für die Wasserstraße und die Sohlenstabilisierung von Bedeutung, auch für die Rheinaue hinsichtlich ihrer technischen und ökologischen Eignung bewertet werden. In Verbindung damit konnten im Falle des Niederrheins zu dem vorliegenden umfangreichen Maßnahmenkatalog für die Wasserstraße, soweit das verfügbare Datenmaterial ausreichte, auch Handlungsempfehlungen formuliert werden.

Zur Frage nach der Eignung bestimmter flußbaulicher Regelungselemente seien hier folgende Feststellungen erwähnt:

Die Bauweisen, wie sie am Niederrhein z.B. für Uferdeckwerke oder Buhnen nach Abb. 10 und 11 verwendet werden, sind bei Einsatz von Naturstoffen auch nach heutigen Maßstäben ökologisch verträglich. Aber auch Abfallprodukte wie Stahlwerksschlacken (LD-Schlacke) sind nach heutigem Kenntnisstand ökologisch unbedenklich [11], [16]. Grobkörnige Stoffe verbessern generell die Ansiedlungsmöglichkeit von Makro- und Mikroorganismen und deren Besiedlungsvielfalt [13], [14].

Für die Auffüllung von Erosionszonen und der z.T. erheblichen Vertiefungen durch Bergsenkungen (Abb. 12) sind Abraummaterialien, wie Waschberge auch im Unterwasserbereich nach bisheriger Erfahrung umweltverträglich [12].

Der bereits am Eintritt des Rheinstroms in den Niederrhein festzustellende Geschiebemangel (Abb. 13) wird sich langfristig nicht ohne künstliche Feststoffzuführung durch z.B. ständige oder periodische Geschiebezugabe beseitigen lassen, wobei die Erfahrungen mit diesem seit über 15 Jahren am Oberrhein erfolgreich praktizierten Verfahren genutzt werden können [4]. Die Möglichkeit der Feststoffüberleitung aus Auffangbecken wird gleichfalls zu untersuchen sein.

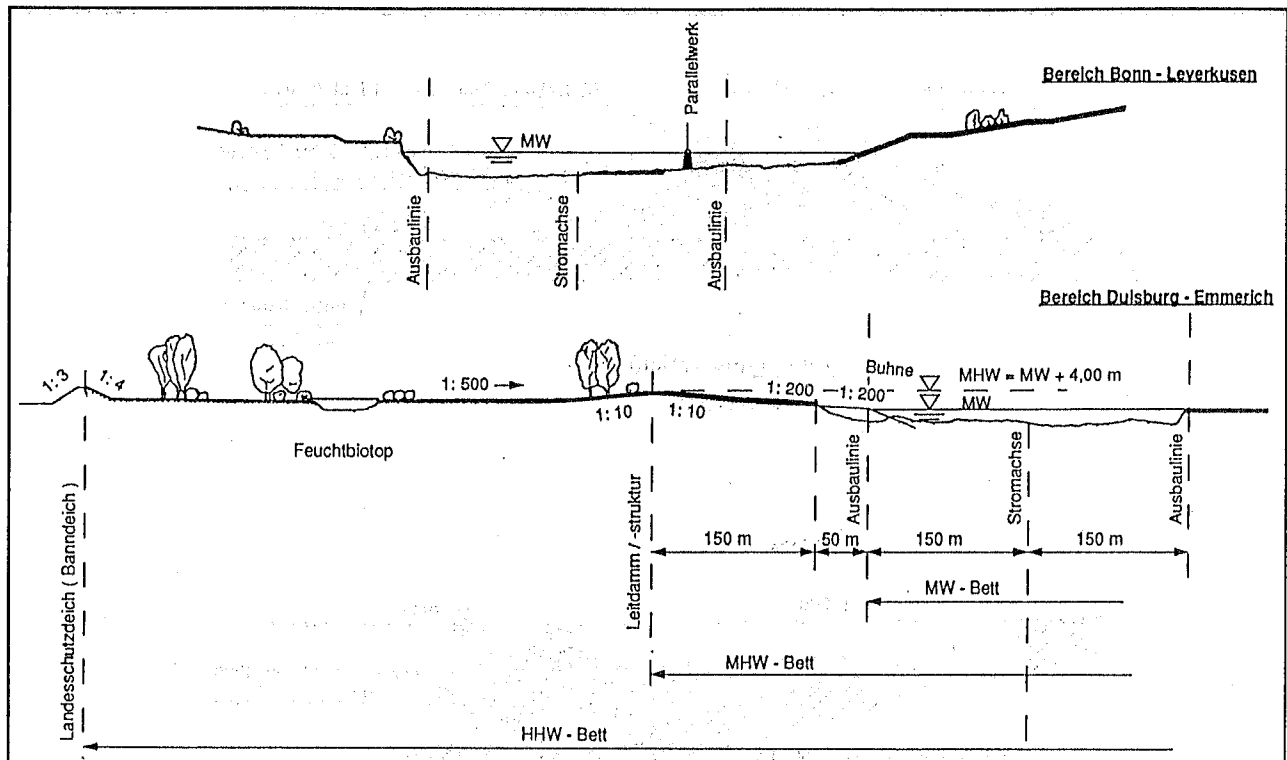


Abb. 9: Prinzipskizzen künftiger Regelprofile des Niederrheins

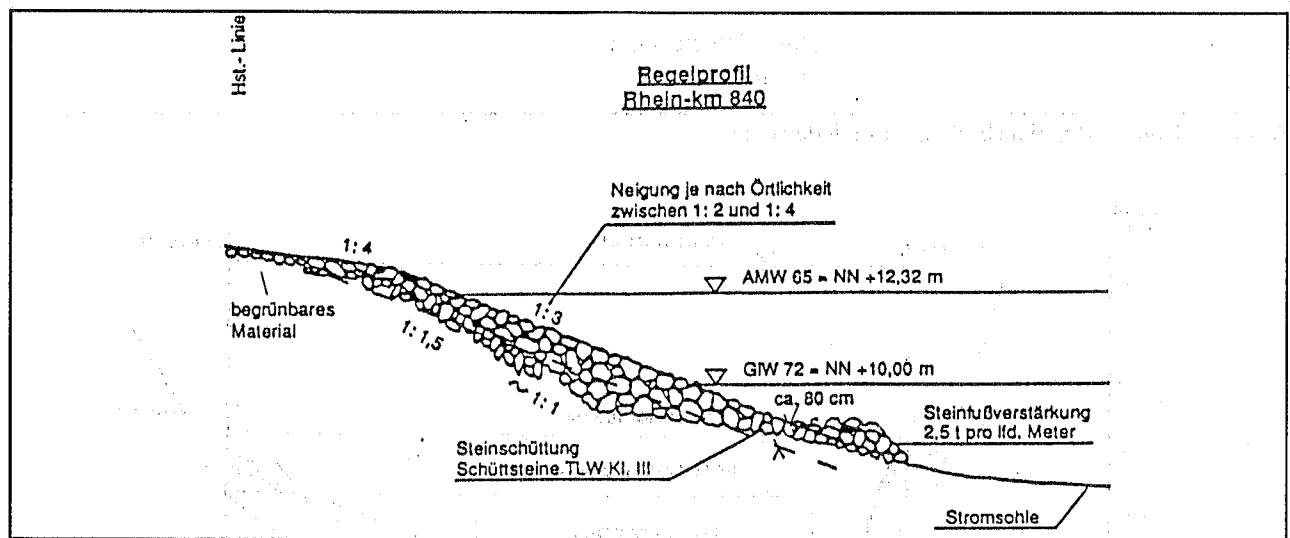


Abb. 10: Schüttsteindeckwerk, Regelausbildung am Niederrhein

#### 4.6 Neuentwicklung von Regelungselementen

Im Strombett treten auch bei dem insgesamt festzustellenden Geschiebedefizit an kritischen Stellen, z.B. in gekrümmten Flußabschnitten oder anderen Bereichen mit verminderter Fließgeschwindigkeit Anlandungen auf, die den Schiffsverkehr behindern, aber auch das hydraulisch-morphologische Gleichgewicht des Stroms beeinträchtigen [15].

Um den Umfang der bisher notwendigen, aber ökologisch wie unterhaltungstechnisch unerwünschten Baggerungen soweit wie möglich einzuschränken oder überflüssig zu machen, wird eine Neuentwicklung mit Parallelwerken anstelle der bisher üblichen Querschnittseinschränkungen mit Bühnen, besonders in wasserbautechnisch und landschaftsgestalterisch schwierigen Bereichen in Betracht gezogen. Diese Parallelwerke können der übrigen Gewässer- und Uferlandschaft naturnah angepaßt werden und geben die Möglichkeit, mit Hilfe einer unregelmäßigen Formge-

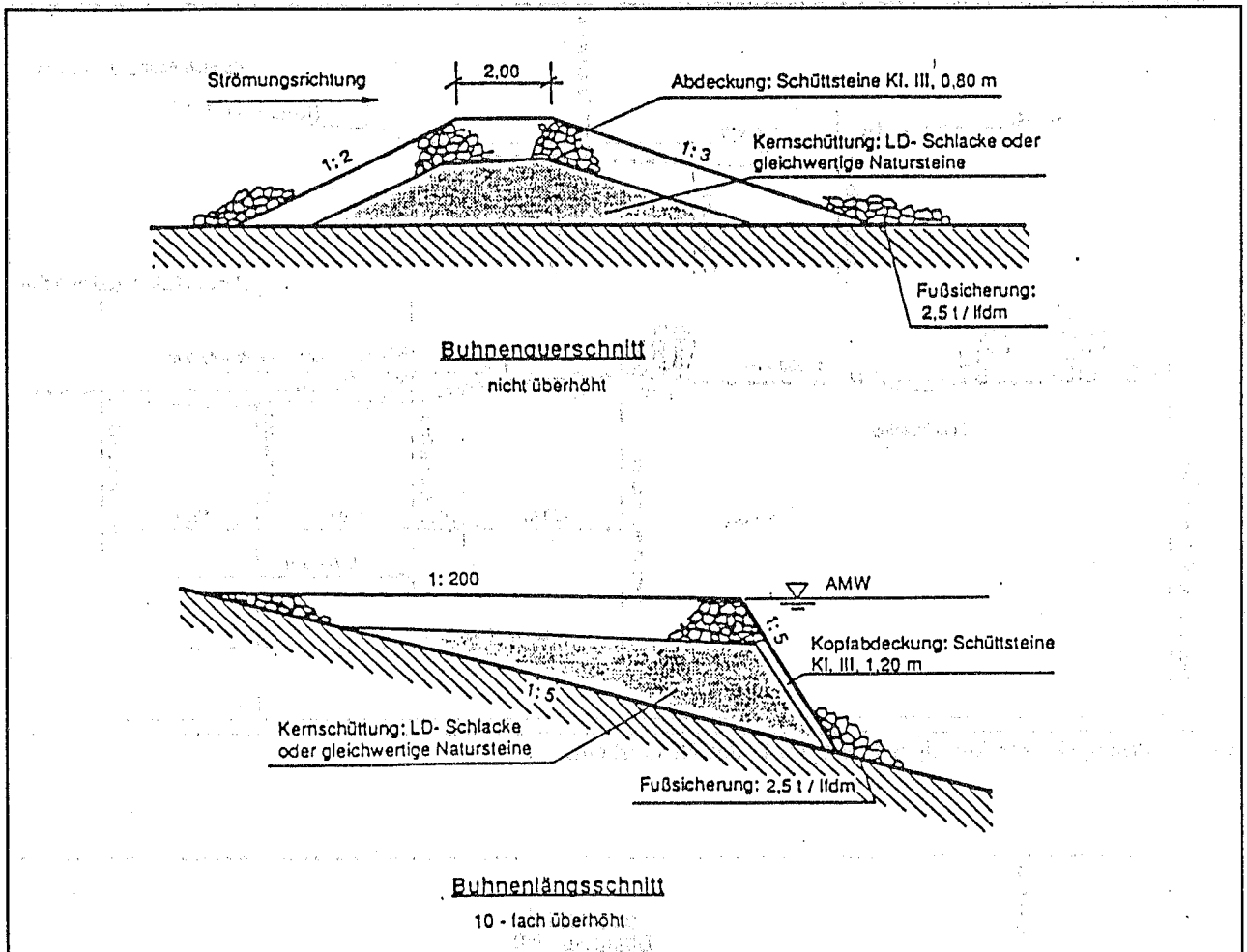


Abb. 11: Buhne, Regelausbildung am Niederrhein

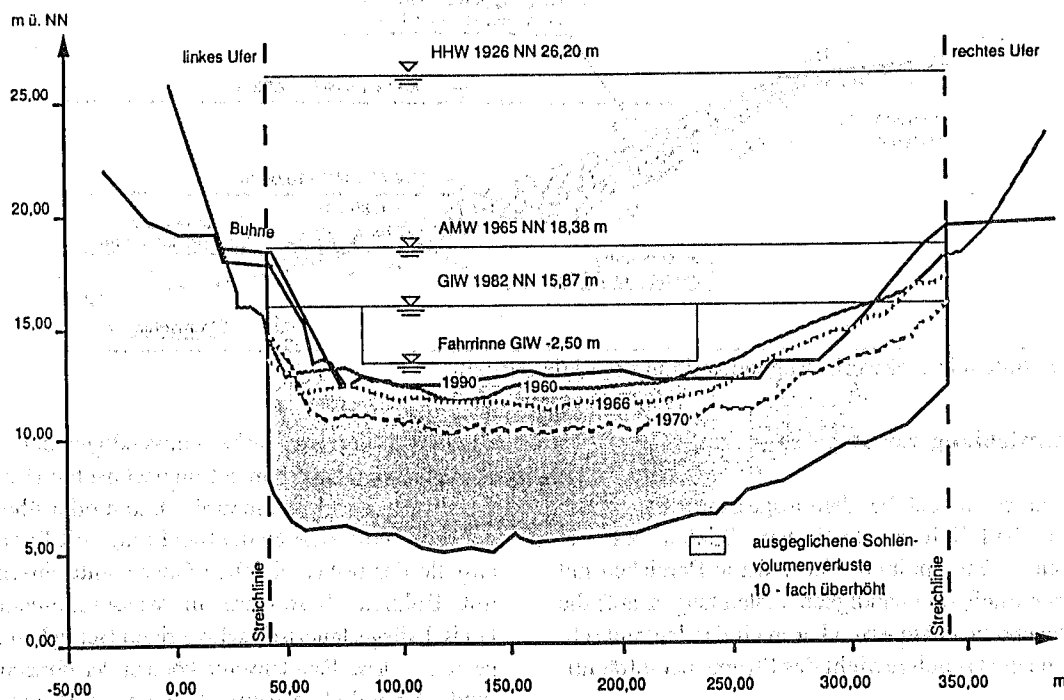


Abb. 12: Entwicklung und Ausgleich von Bergsenkungen

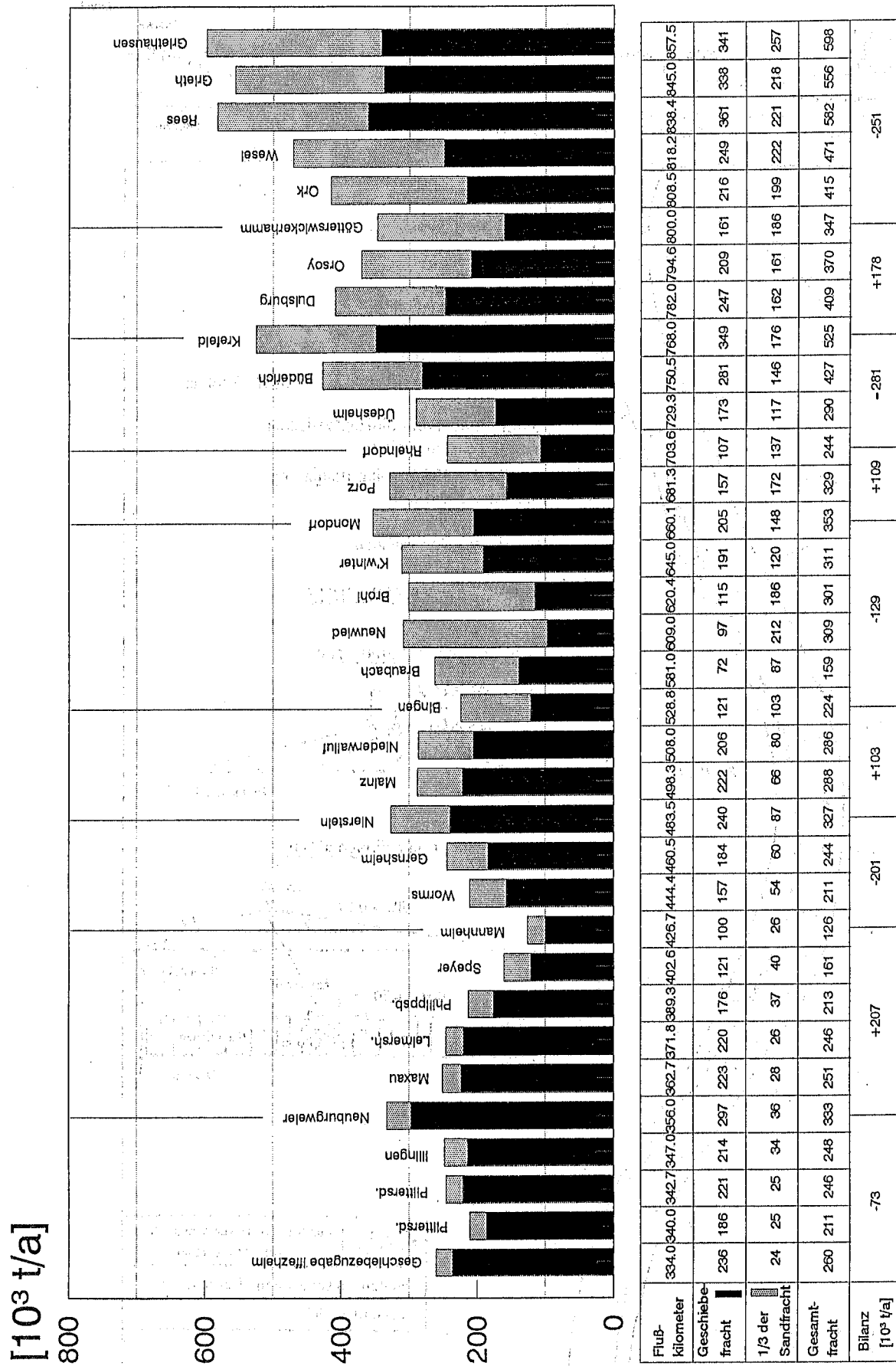


Abb. 13: Geschiebe- und Suspensionsfracht des Rheins, Jahresreihe 1981/90

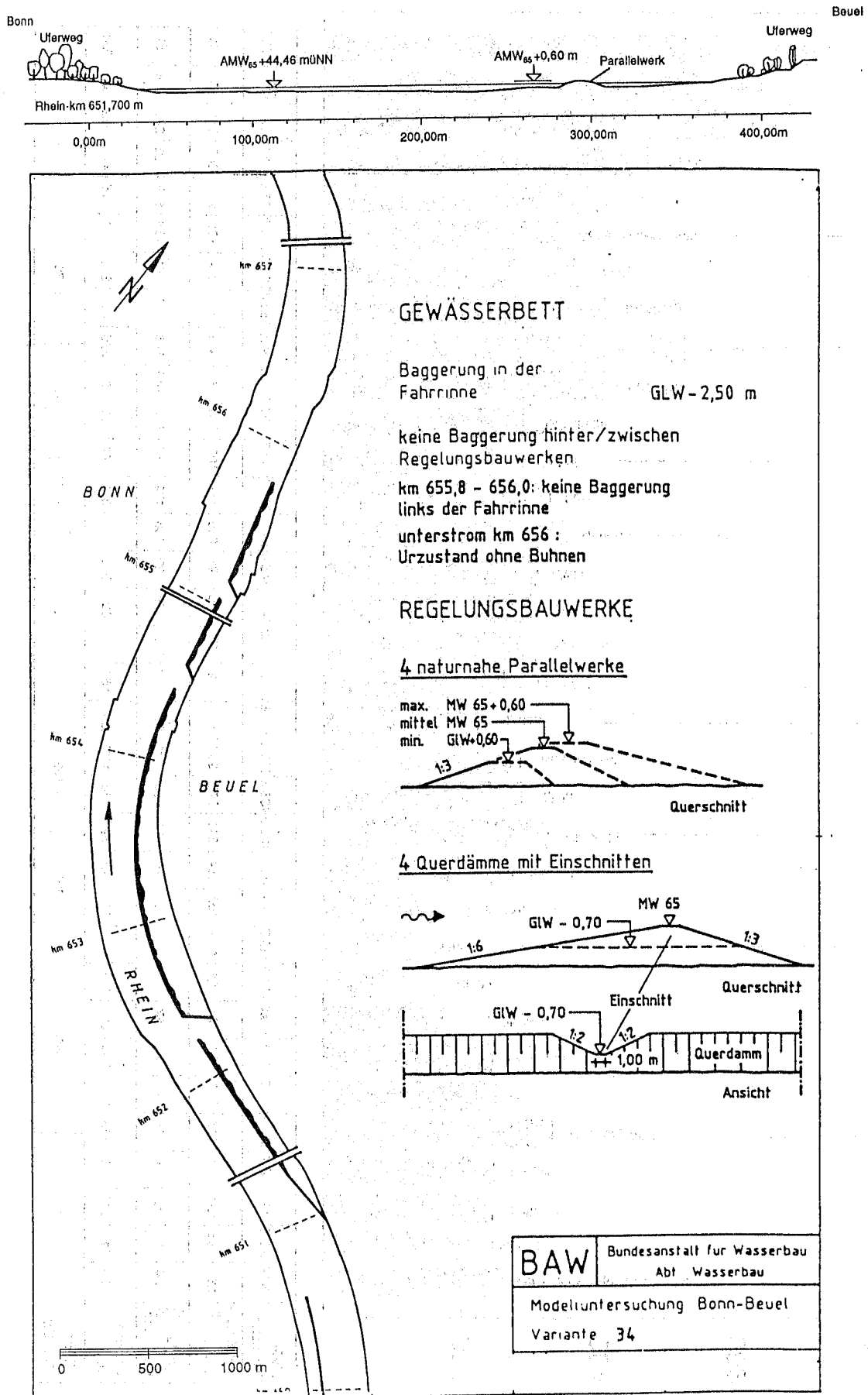


Abb. 14: Flußregelung mit Parallelwerk; Vorschlag und Ergebnis einer Modelluntersuchung [18]

bung eine Strömungsvielfalt zu erzeugen, mit deren Hilfe sich die bei den verschiedenen Abflüssen gewünschten Wasserstände und Strömungsverhältnisse erzeugen lassen. Hinter diesen Leitelementen im Strom entstehen in Verbindung mit Querdämmen günstige Ruhezone für Flora und Fauna; darüberhinaus können die dem Strom- und Wellenangriff nicht mehr unmittelbar ausgesetzten Uferböschungen unbefestigt bleiben und dem jeweiligen landschaftlichen Bedürfnis entsprechend flexibel gestaltet werden.

Ein Beispiel dieser mit moderner Modelltechnik getesteten Lösung zeigt Abb. 14 [17], [18].

## 5 Schlußbemerkung

Die Darstellung mußte wegen des nur begrenzt verfügbaren Raumes im wesentlichen auf die Anforderungen im eigentlichen Strombett beschränkt werden. Auf die Behandlung des gleichfalls vorrangigen Hochwasserschutzes mit Fragen der Deichsicherheit und eventueller Deichverlegungen mußte verzichtet werden, ebenso auf Fragen und Möglichkeiten der Gestaltung im Deichvor- und Deichhinterland, welche in der Studie "Gesamtkonzept" mit den entsprechenden Beurteilungen und Wertungen selbstverständlich enthalten sind.

In allen Bereichen entspricht das Verfahren der hier beschriebenen Vorgehensweise. Es eröffnet die Möglichkeit, die in Zukunft sich immer stellende Aufgabe nach Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte bei wasserbautechnischen Maßnahmen systematisch aufzubereiten und in größerem Zusammenhang vorweg zu klären, damit wiederkehrende Fragen hierzu nicht bei jeder Einzelmaßnahme neu bearbeitet werden müssen. Dies bietet die Chance zu vereinfachten Verfahrenswegen, die auch bei den jeweils erforderlichen Nachweisen der Umweltverträglichkeit genutzt werden können.

## Literatur

- [1] Projektgruppe "Gesamtkonzept Rhein NRW": Gesamtkonzept Rhein in Nordrhein-Westfalen, Hochwasserschutz-Schiffahrt-Ökologie, Grundlagen, (bearbeitet von den Fn. Schlegel-Dr. Spiekermann GmbH, Düsseldorf / Institut für Wasserbau u. Wasserwirtschaft der RWTH Aachen (Prof. Dr.-Ing. G. Rouvé) / Prof. Dr.-Ing. M. Hager, Bonn / Institut für Landschaftsentwicklung und Stadtplanung, Essen (Dipl.-Ing. T. Winter) / OEKOPLAN Angewandte Ökologie und Planung, Zürich (Dr. R. Rimathé)
- [2] Jurisch, R. et al.: Deutscher Bericht zum XXV. Int. Schiffahrtskongreß 1981 Edinburg, Thema I - 3: Verbesserung und Unterhaltung der Fahrrinntiefe

in Gewässern mit alluvialem Sohlenmaterial durch Regelung der Gewässergeometrie

- [3] Behrens, J. et al.: Deutscher Ber. zum XXVII. Int. Schiffahrtskongreß 1990 Osaka, Thema I - 1: Künftiges Konzept zur Überwachung des Stromregimes am Niederrhein; Steigerung der Tiefenmeßgenauigkeit durch Einsatz landgestützter Lasersysteme
- [4] Hager, M. et al.: Les rivières navigables: de l'aménagement à courant libre à la canalisation. A. - L'aménagement à courant libre, Centenary of the Permanent International Association of Navigation Congresses 1885-1985
- [5] WSD West: Jahresbericht der Wasser- und Schiffahrtsgesellschaft West 1990
- [6] Hager, M.: Zuordnung von Schiffgrößen zu Wasserstraßenklassen, ZfBW 1987, H. 1
- [7] Hinricher, R.: PIANC: Vorschlag für eine neue Klasseneinteilung für Wasserstraßen, ZfB 1991, H. 11, vgl. PIANC Working Group Report 9 of PTC I
- [8] WSD West: Rahmenplan zur Erosionseindämmung am Niederrhein 1987 sowie zugehörige Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde 1978 bis 1990 und der Bundesanstalt für Wasserbau 1975 bis 1991
- [9] Bundesminister für Verkehr: Untersuchung der Abfluß- und Geschiebeverhältnisse des Rheins 1987
- [10] Bundesminister für Verkehr: Binnenschiffahrt und Wasserstraßen, Jahresbericht 1991
- [11] Bundesanstalt für Gewässerkunde: Untersuchung zum biologisch-ökologischen Verhalten von LD-Schlacke im Rhein, Koblenz 1986
- [12] Bundesanstalt für Gewässerkunde: Untersuchung zum biologisch-ökologischen Verhalten von Bergematerial im Rhein, Koblenz 1988
- [13] Bundesanstalt für Gewässerkunde: Die Bundeswasserstraßen als Lebensraum für Tiere, Jahresbericht 1989 Teil I, Koblenz 1990
- [14] Bundesanstalt für Gewässerkunde: Faunistische Erhebungen zur Festsetzung von ökologischen Ausgleichsmaßnahmen, Koblenz 1987
- [15] Bundesanstalt für Gewässerkunde: Stabilisierung der Rheinsohle im Bereich Bonn-Beuel: Morphologische Untersuchungen, Koblenz 1991

[16] Bundesanstalt für Wasserbau: Eignung von LD-Schlacke, 1985, 1986

[17] Bundesanstalt für Wasserbau: Kurzbericht über die wasserbauliche Untersuchung von Söhlstabilisierungsmaßnahmen in der Rheinstrecke Bonn-Beuel, Karlsruhe 1990

[18] Bundesanstalt für Wasserbau: Gutachten über die Regelungsmaßnahmen in der Rheinstrecke Bonn-Beuel auf der Grundlage hydraulischer und aerodynamischer Modellversuche, BAW-Nr. 35110, Karlsruhe 1991

[19] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[20] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[21] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[22] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[23] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[24] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[25] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[26] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[27] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[28] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[29] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[30] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[31] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[32] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[33] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[34] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[35] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[36] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[37] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[38] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[39] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[40] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[41] Bundesanstalt für Wasserbau: ...

[42] Bundesanstalt für Wasserbau: ...