

Donauausbau Straubing – Vilshofen  
Vertiefte Untersuchungen

**Zusammenfassung der Gutachten**  
**zur Sohlsicherung,**  
**zum Regelungskonzept und zum Unterhalt**

Auftraggeber:  
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft,  
Verkehr und Technologie  
Prinzregentenstraße 28  
80538 München

München, im April 2001

Dipl.-Ing. H. Neuner  
(Sachbearbeiter)

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Th. Strobl  
(Direktor der Versuchsanstalt)

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	3
2. Beschreibung des Ausgangszustandes aus morphologischer Sicht	4
3. Sohlsicherungsmaßnahmen	5
a. Kolkverbau	5
b. Geschiebemanagement	7
c. Grobkornanreicherung	9
d. Deckwerk	10
e. Staustufen	11
4. Regelungsmaßnahmen	11
5. Unterhaltsmaßnahmen zur Sohlsicherung und Aufrechterhaltung der Schifffahrtsrinne (Baggermengen)	14
6. Maßnahmen und Bewertung für den Ist-Zustand 2000 und die Varianten	16
a. Ist-Zustand 2000	16
b. Variante A	17
c. Variante B	17
d. Variante C	18
e. Variante D1	19
f. Variante D2	20
7. Quellenverzeichnis	20

### **Anlagen:**

Anlage 1: Kurzbeschreibung der Planungsvarianten (WSD-Süd)

Anlage 2: Baggermengenfunktion (BAW)

Anlage 3: Tabelle über die Gesamtbaggermengen der Ausbauvarianten

## 1. Einleitung

Die folgende Zusammenfassung basiert auf Gutachten, die hauptsächlich von der BAW durchgeführt und vom Arbeitsteam Sohlsicherungskonzepte fachwissenschaftlich begleitet wurden. Die Abbildungen und die morphologischen Zusammenhänge wurden größtenteils aus den Gutachten entnommen. Die Mitglieder des Arbeitsteams Sohlsicherungskonzepte sind: BAW (Leitung), BfG, RMD, WSA Regensburg, WWA Deggendorf, Prof. Nestmann und Prof. Scheuerlein. Daneben wurden noch im Auftrag des Bayerischen Wirtschaftsministeriums von Herrn Dr.-Ing. habil. H.H. Bernhart und vom Ingenieurbüro Hunziker & Zarn (Schweiz) weitere Untersuchungen zur Sohlenerosion und zu Regelungsmaßnahmen durchgeführt. Im Auftrag des Bayerischen Wirtschaftsministeriums wurden im vorliegenden Bericht von der Versuchsanstalt für Wasserbau die wichtigsten Erkenntnisse und Ergebnisse zu den Fragestellungen hinsichtlich **Sohlenerosion bzw. Sohlsicherung**, der **Gestaltung von Regelungsmaßnahmen** und den **Unterhaltsaufwendungen** für den geplanten Donauausbau zwischen Straubing und Vilshofen aller Gutachten zusammengefasst. Zudem werden anschließend die Charakteristika und Maßnahmen der Planungsvarianten beschrieben. Aufgrund der besseren Lesbarkeit wurde auf eine Zitierung der Quellen verzichtet. Deshalb wird nochmals besonders auf das Quellenverzeichnis unter Punkt 7 hingewiesen.

Die Planungsvarianten unterscheiden sich im Wesentlichen durch Varianten mit Stauregelung und Varianten mit ausschließlich flussregelnden Maßnahmen (siehe Abb. 1). Die offizielle Kurzbeschreibung der Varianten ist in Anlage 1 wiedergegeben.

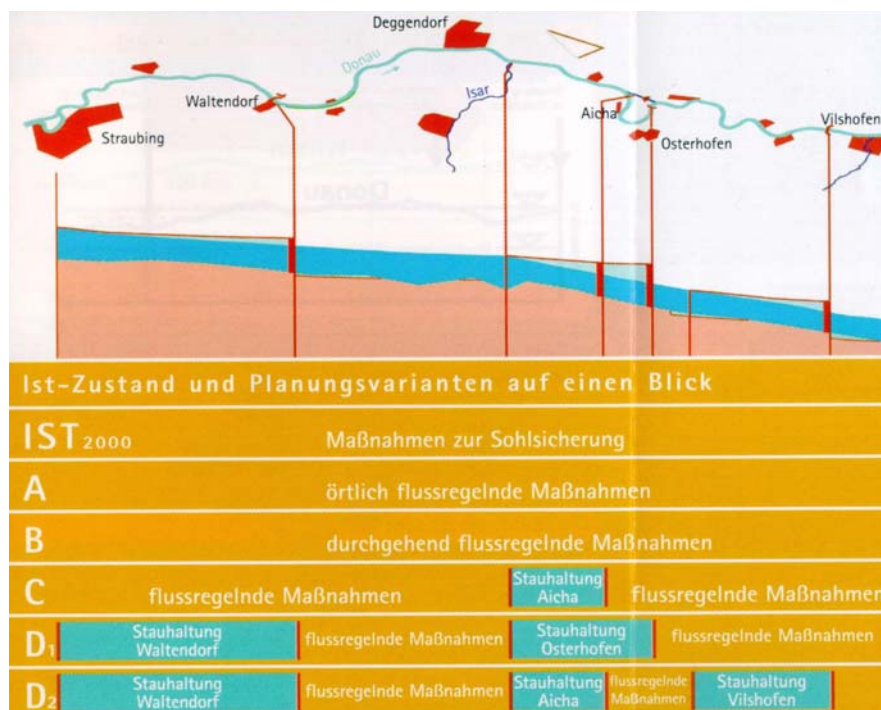


Abb. 1: Übersicht über die verschiedenen Planungsvarianten (Skizze WSA Regensburg)

## **2. Beschreibung des Ausgangszustandes aus morphologischer Sicht**

Die wesentliche Fragestellung hinsichtlich des Ausgangszustandes ist, wie sich der Fluss entwickeln wird, wenn keine weiteren Eingriffe bzw. Maßnahmen durchgeführt werden. Kann dies beantwortet werden oder sind mittel- bis langfristig Änderungen zu erwarten, die aus ökologischen, ökonomischen und landschaftspflegerischen Gesichtspunkten vermieden werden müssen.

Zur Beantwortung dieser Frage ist zu klären, wie sich die Sohlenlage der Donau in Zukunft verhalten wird. Tieft sich die Sohle deutlich ein, ist damit ein Wasser- und Grundwasserspiegelverfall verbunden. Im Extremfall würden Feuchtgebiete, z.B. im Bereich der Isarmündung, trocken fallen. Für die Schifffahrt wäre ein Wasserspiegelverfall ebenfalls fatal.

Um die Fragen zu beantworten, wurden hydraulische und morphologische Simulationsrechnungen für den Langzeitbetrieb durchgeführt, die auf der Basis des Status quo die Entwicklung der Donau aufzeigen, ohne dass begleitende Sohlsicherungsmaßnahmen unternommen werden. Die Berechnungen wurden von der BAW und zusätzlich vom Ingenieurbüro Hunziker & Zarn (Schweiz) erstellt.

Die Untersuchungen der BAW beinhalten neben den Berechnungen ebenfalls eine Erfassung von wichtigen Kenngrößen der Donau. Dazu zählen im Wesentlichen die Kornverteilungen der Sohle (oberhalb und unterhalb der Isarmündung) und auf welchem Horizont erosionsgefährdete Tertiärschichten liegen.

Die Entwicklung der Donau ist neben dem Bau von Stauanlagen oberhalb der Strecke Straubing – Vilshofen und damit verbunden einer Verringerung des Geschiebeeintrages, stark von der Entwicklung der Isar mit beeinflusst. Die Donaustrecke zwischen Straubing und Vilshofen ist dadurch vom Prinzip her in zwei Teilabschnitte zu untergliedern. Die Bereiche teilen sich auf in die Abschnitte von der Stufe Straubing bis zur Isarmündung und von der Isarmündung bis nach Vilshofen. Die Strecken weisen verschiedene Kornverteilungen (mittlerer Korndurchmesser: oberhalb der Isarmündung 7 – 8 mm, unterhalb der Isarmündung 16 – 18 mm) und Längsgefälle (oberhalb ca. 0,1 ° und unterhalb ca. 0,3 °) auf. Eine weitere wichtige Randbedingung ist der Isarschüttkegel in der Donau, der aus dem Geschiebeeintrag aus der Isar entsteht und der eine natürliche Sperrwirkung für den Bereich oberhalb erzeugt und sich positiv auf die Wasserstände und Sohlagen auswirkt.

Kommt langfristig aus der Isar kein Geschiebe mehr, so zeigen die Berechnungen, dass es im Bereich der Isarmündung Eintiefungen von über 1m geben wird. Der Isarschüttkegel würde ebenfalls erodiert. Dies würde zu einer rückschreitenden Erosion und Gefällevorgleichmäßigung der Donau-strecke oberhalb und unterhalb der Isarmündung führen. Die schiffahrtlichen Verhältnisse würden sich gegenüber dem heutigen Stand deutlich verschlechtern. Der Erhalt der Schüttkegelwirkung ist daher im freifließenden Fluss außerordentlich wichtig. Wegen der geringeren Transportkapazität oberhalb der Isarmündung und der günstigeren Randbedingungen für eine Abpflasterung<sup>1)</sup> wird die Erosion bei fehlendem Geschiebeeintrag aus der Isar unterhalb wesentlich größer sein als oberhalb.

Der Erosionsprozess läuft nicht kontrolliert gleichmäßig ab. Hauptsächlich Hochwasserereignisse sind für die Sohleintiefung verantwortlich. Die Berechnungen zeigen, dass sich der Fluss nicht selbst überlassen werden kann und solche Entwicklungen aus schiffahrtlicher und aus ökologischer Sicht zu verhindern sind.

Unterhalb der Stufe Straubing werden sich langsam Erosionserscheinungen zeigen. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass aufgrund noch andauernder Geschiebeeinträge aus der Isar die Erosionserscheinungen noch lokal begrenzt sind und sich auf Krümmungen beschränken. Zur Entwicklung der Strecke unterhalb der Isarmündung können im Prinzip keine konkreten Entwicklungen vorhergesagt werden, da nicht bekannt ist, was zur Sohlstabilisierung der Unteren Isar unternommen wird und ob oder wie viel Geschiebe aus der Isar in Zukunft kommen wird. Momentan wird davon ausgegangen, dass sich der Geschiebeeintrag aus der Isar deutlich verringert und dies zu einer flächenhaften Erosion führt, sofern keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

### **3. Sohlsicherungsmaßnahmen**

#### **a. Kolkverbau / Tertiärabdeckung**

Bedingt durch hydraulische Gegebenheiten sind die Außenbereiche von Flusskrümmungen von Erosionserscheinungen besonders betroffen. In den jedoch lokal begrenzten Bereichen treten häufig Kolke auf, die bis in ältere Gesteinsschichten (Tertiär) reichen können. Die Tertiärschicht weist meistens einen deutlich geringeren Strömungswiderstand auf, wodurch die Erosion sprunghaft ansteigt und der Wasserspiegel abfällt.

---

1) In der Sohle vorhandenes grobes Material reichert sich an der Oberfläche an und vergrößert dadurch den Erosionswiderstand

Um solche Erscheinungen ausschließen zu können, sind Kolke gegen weitere Erosion zu sichern, indem deutlich gröberes Material, als die Flusssohle aufweist, in die Kolke verfüllt wird, das dann den Strömungsangriff auch bei Hochwasserereignissen widersteht.

Hierbei kommen zwei unterschiedliche Methoden zur Anwendung:

1. Tertiärabdeckung
2. Kolkverbau

Bei der **Tertiärabdeckung** werden Deckwerksteine teppichartig auf die Kolkoberfläche filterstabil eingebaut. Dadurch wird der Querschnitt nur geringfügig verändert (siehe Abb. 2). Eine Verlagerung der Erosionsflächen wird dadurch vermieden. Beim **Kolkverbau** wird der Kolk mit Deckwerksteinen bis zu einem vorgegebenen Niveau (hier bei den Varianten im Bereich von  $RNW_{97} -3,5$  m) aufgefüllt (siehe Abb. 3). Der Flussquerschnitt wird dabei deutlich reduziert. Da der Fluss aber das Bestreben hat seine ursprüngliche Querschnittsgröße wieder herzustellen, wird Sohlmaterial aus einem anderen Bereich des Querschnittes erodiert. Dieser Vorgang wird in Flusskrümmungen zur Verbreiterung der Fahrrinne gezielt eingesetzt. Der Zugewinn an Fahrrinnenbreite wird über einen Flächenausgleich abgeschätzt, bei der sich die Sohle parallel zur Ausgangssohle eintieft.

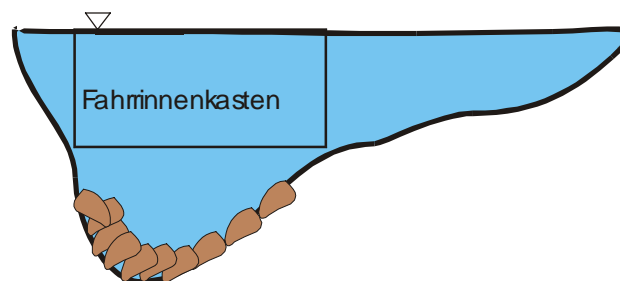


Abb. 2: Tertiärabdeckung

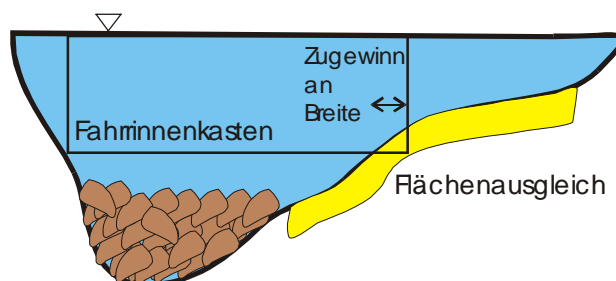


Abb. 3: Kolkverbau

## **b. Geschiebemanagement**

Durch den Bau von Wehranlagen oberhalb der Donaustrecke Straubing – Vilshofen und den Zubringerflüssen (z.B. Isar) ist die Geschiebedurchgängigkeit in den Flüssen nicht mehr im vollen Umfang gewährleistet. In den ungestauten Flussabschnitten ist daher das Geschiebedargebot nicht mehr im Gleichgewicht mit dem Geschiebetransport. Der Fluss gleicht das Geschiebedefizit aus, indem Geschiebe aus der Sohle entnommen wird. Dadurch tieft sich der Fluss immer mehr ein (siehe Kap. 2). Um eine flächenhafte Erosion zu verhindern, kann das Geschiebedefizit durch die gezielte Zugabe von Geschiebe ausgeglichen werden. Bei einer „konventionellen“ Geschiebezugabe oder auch Normalgeschiebezugabe genannt, wird die Kornverteilung des Zugabematerials, der des Sohlmaterials angepasst. Das in der Theorie einfach klingende Verfahren benötigt für eine Umsetzung in die Praxis eine umfangreiche Untersuchung, mit der die Randbedingungen ermittelt werden. Eine der wichtigsten Fragestellungen dabei ist, wann muss wie viel Geschiebe zugegeben werden, damit sich die Sohle im Gleichgewicht befindet. Dazu ist eine Geschiebetransport – Abfluss –Relation zu ermitteln. Die Zugabemenge bestimmt sich aus der Geschiebefracht minus des von Oberstrom kommenden Geschiebes. Je nach Abfluss ist dann Geschiebe zuzugeben.

Die Geschiebetransportkapazität entlang eines Flusses ist nicht konstant, sondern ist vielmehr Schwankungen, herrührend aus geometrischen und hydraulischen Gegebenheiten, unterworfen. Da die Geschiebezugabe zur Vermeidung von Erosion für die Bereiche mit großen Transportvermögen dimensioniert wird, kommt es in den Bereichen mit kleineren Transportkapazitäten zu Anlandungen. Die Anlandungszonen sind hauptsächlich Furten, in denen das Geschiebe von einer Seite zur anderen Seite wechseln muss (siehe Abb. 4). Je gewundener z.B. ein Flusslauf ist, umso häufiger variiert die Transportkapazität. An diesen Stellen sind konzentrierte Baggerungen notwendig, um die Sollfahrrentiefe aufrecht zu erhalten. Das Baggergut ist dann an geeigneter Stelle zu verklappen.

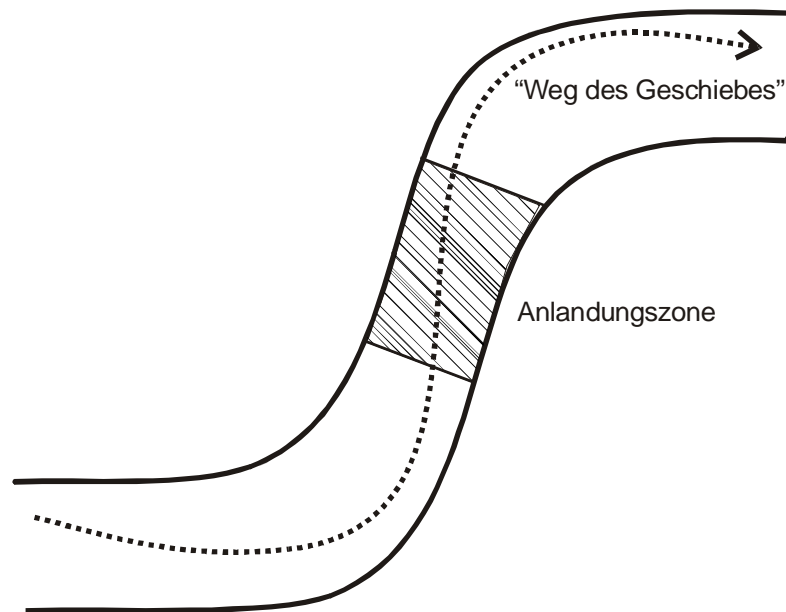


Abb. 4: Bevorzugte Geschiebeanlandungszonen

Wegen den unterschiedlichen Bedingungen in der Donau zwischen Straubing und Vilshofen ist die Geschiebewirtschaftung in mehrere Teilbereiche zu gliedern. Alleine wegen den verschiedenen Kornverteilungen oberhalb und unterhalb der Isarmündung, ist es nicht möglich die Geschiebezugabe für die gesamte Strecke auf einen Ort zu beschränken. Ebenfalls weichen aufgrund der Gefälleverhältnisse die Geschiebefrachten deutlich voneinander ab.

Die Teilbereiche werden begrenzt durch eine Geschiebezugabestelle am Anfang und einer Geschiebeentnahmestelle am Ende der Strecke. Dazwischen liegende Anlandungszonen müssen durch Baggerungen auf Fahrrinnensolltiefe gehalten werden. Das aus den Entnahmestellen gebaggerte Geschiebe kann dann wieder an der geeigneter Stelle verklappt werden („Geschiebekarussell“). Lediglich ein Abriebverlust von ca. 10% der Gesamtzugabemenge ist durch neues Material zu ersetzen.

Bei Hochwasser kann aus technischen Gründen kein Geschiebe zugegeben werden. Für solche Fälle sind Depots anzulegen, aus denen dann im Hochwasserfall Geschiebe entnommen werden kann.

### c) Grobkornanreicherung

Eine Grobkornzugabe erfolgt nach den gleichen Prinzipien wie bei der „konventionellen“ Geschiebezugabe, nur mit dem Unterschied, dass die Kornverteilung des Zugabematerials nicht mehr identisch mit der des Sohlmaterials ist. Wie der Name schon sagt, wird hier die Kornverteilung in Richtung größerer Korn verschoben und somit die Widerstandskraft der Sohle gegen den Strömungsangriff erhöht. Der Vorteil der Grobkornanreicherung liegt nun darin, dass dadurch geringere Zugabemengen und Unterhaltungsaufwendungen anfallen. Nun könnte das Zugabematerial so stark vergrößert werden, dass langfristig der Geschiebetrieb deutlich abnimmt und somit keine Geschiebewirtschaftung notwendig ist. Doch sind bei der Vergrößerung Grenzen gesetzt. Die Kornverteilung der Sohle kann nur soweit verändert werden, dass die Sohlabstände für die Schifffahrt gleich bleiben (siehe dazu auch Zusammenfassung Fahrdynamik). Würden durch die Grobkornanreicherung größere Sohlabstände erforderlich werden, würde sich dies negativ auf die Abladetiefe auswirken. Der Sohlabstand ist eine Funktion des Schädigungspotenziales an den Antriebsorganen der Schiffe, d.h. soll der Sohlabstand gleich bleiben, darf das Schädigungspotenzial ein vorgegebenes Maß nicht überschreiten. Dieses Maß wurde anhand von Erfahrungswerten und Untersuchungen ermittelt und auf eine Korngrößenverteilung übertragen. Als oberer Grenzwert für eine Grobkornanreicherung wurde vom Arbeitsteam Fahrdynamik die Kornverteilung des Oberrheins empfohlen. Eine weitere Grenze wurde mit dem  $d_{90} = 50$  mm vorgegeben. Somit ist das Spektrum, in dem eine Grobkornanreicherung möglich ist, genau definiert (siehe Abb. 5). Wegen der noch relativ großen Unsicherheiten in der Anwendung, die bei diesen Verfahren noch bestehen, wurde im Rahmen der variantenvergleichenden Untersuchungen die Grobkornanreicherung nicht empfohlen. Im Falle einer Realisierung ist eine Grobkornanreicherung im „learning by doing“ – Verfahren anzuwenden und durch ständiges Monitoring der Sohle und der Schiffsschrauben zu begleiten.

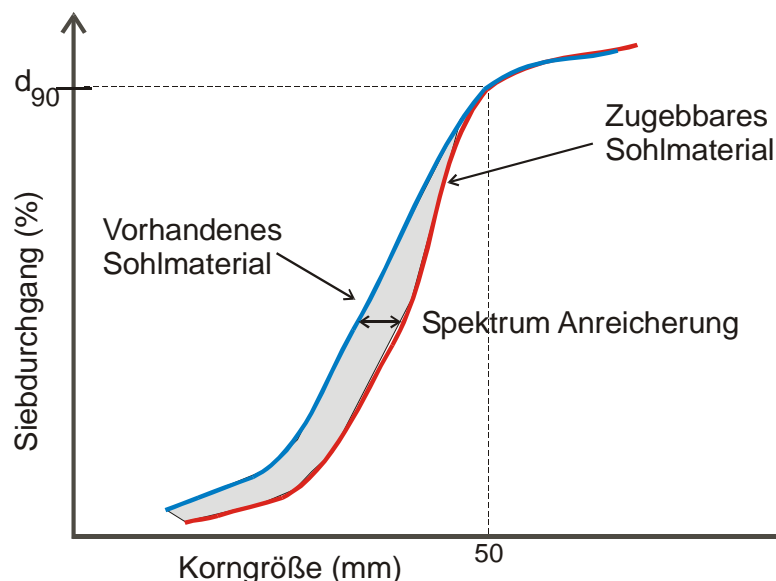


Abb. 5: Skizze zu Kornverteilungskurven

#### d) Deckwerk

Unter einem Deckwerk wird ein flächendeckender Verbau der Flusssohle mit Wasserbausteinen verstanden. Bei den Planungen ist es nur bei Variante B vorgesehen. Durch das Deckwerk wird die Sohle statisch gesichert, so dass keine morphologischen Änderungen mehr möglich sind. Das Deckwerk kommt dort zur Anwendung, wo dem Fluss eine starke Veränderung der Querschnittsgeometrie aufgezwungen werden muss, um z.B. die Fahrrinnenbreiten dauerhaft zu vergrößern. In Flusskrümmungen wird z.B. das natürlich vorhandene Dreiecksprofil in ein Trapezprofil umgewandelt (siehe Abb.6).

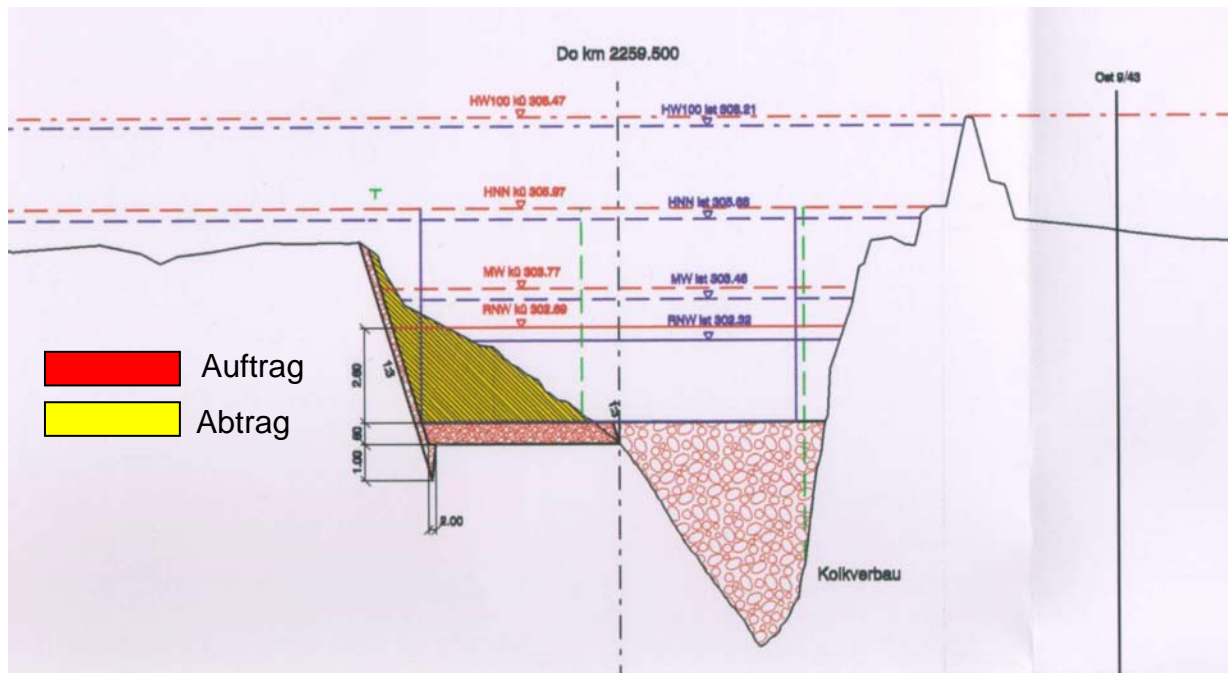


Abb. 6: Querschnitt bei Variante B mit Deckwerk (Planunterlagen RMD)

Ein wesentlicher Nachteil dieser Deckwerke ist, dass von den Schiffen zur Vermeidung von Schäden deutlich größere Sohlabstände eingehalten werden müssen (siehe dazu auch Zusammenfassung Fahrdynamik). Die durch die Regelungsmaßnahmen gewonnenen Fahrrinntiefenvergrößerungen werden durch den größeren Sohlabstand aufgezehrt. Hinsichtlich des Einbauniveaus des Deckwerkes besteht zwar noch Optimierungspotenzial, jedoch ist dieses wegen des damit verbundenen Wasserspiegelverfalls begrenzt.

Ein weiteres Problem bestände dann im Falle einer Realisierung. Da der Einbau des Deckwerkes über die gesamte Fahrrinnenbreite erfolgt, ist damit zu rechnen, dass es während der Bauzeit an Engstellen (z.B. Flusskrümmungen) durch länger dauernde Schifffahrtssperren zu erheblichen Beeinträchtigungen der Schifffahrt kommen kann.

### e) Staustufen

Bei Staustufen wird das Erosionsvermögen durch die geringeren Strömungsgeschwindigkeiten im Staubereich und der damit verbundenen Reduzierung der Schleppspannungen deutlich herabgesetzt (vgl. Abb. 7). Die Schleppspannungen sind verantwortlich für den Geschiebetransport. Je höher diese sind, umso mehr wird transportiert. Durch eine Gefällereduzierung im Staubereich werden die Fließgeschwindigkeiten und dadurch die Schleppspannungen kleiner. Einem Geschiebedefizit, das bei einer frei fließenden Lösung noch vorhanden ist, kann somit begegnet werden. Ebenfalls sind davon Sohlumlagerungen betroffen. Im Staubereich nehmen daher die erforderlichen Unterhaltsbaggerungen zur Aufrechterhaltung der Fahrrinne deutlich ab. Außer bei Hochwasserereignissen, bei den die Stauwirkung abnimmt oder gänzlich aufgehoben wird, finden noch Sohlumlagerungen statt. Ebenfalls sind im Stauwurzelbereich noch Sohlumlagerungen und Sohlerosion möglich.

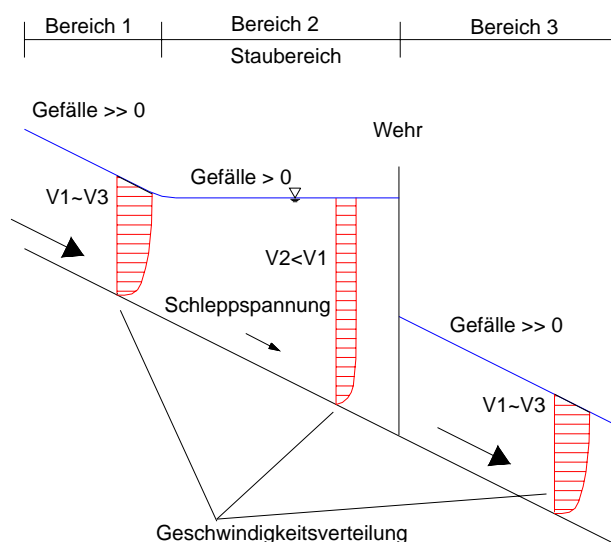


Abb. 7: morphologische Wirkung einer Staustufe

### 4. Regelungsmaßnahmen

Als Regelungselemente kommen hauptsächlich Buhnen und Leitwerke zur Anwendung. Dabei werden Buhnen wegen der besseren ökologischen Verträglichkeit bevorzugt. Leitwerke werden überwiegend dort eingesetzt, wo aus Gründen der Hochwasserneutralität keine Buhnen verwendet werden können oder in Bereichen bei denen sich ober- bzw. unterhalb bereits Leitwerke befinden. Bei Buhnen kommt entweder eine Verlängerung von bestehenden Buhnen oder ein Neubau von Buhnen in Regelungslücken in Frage (vgl. Abb. 8).

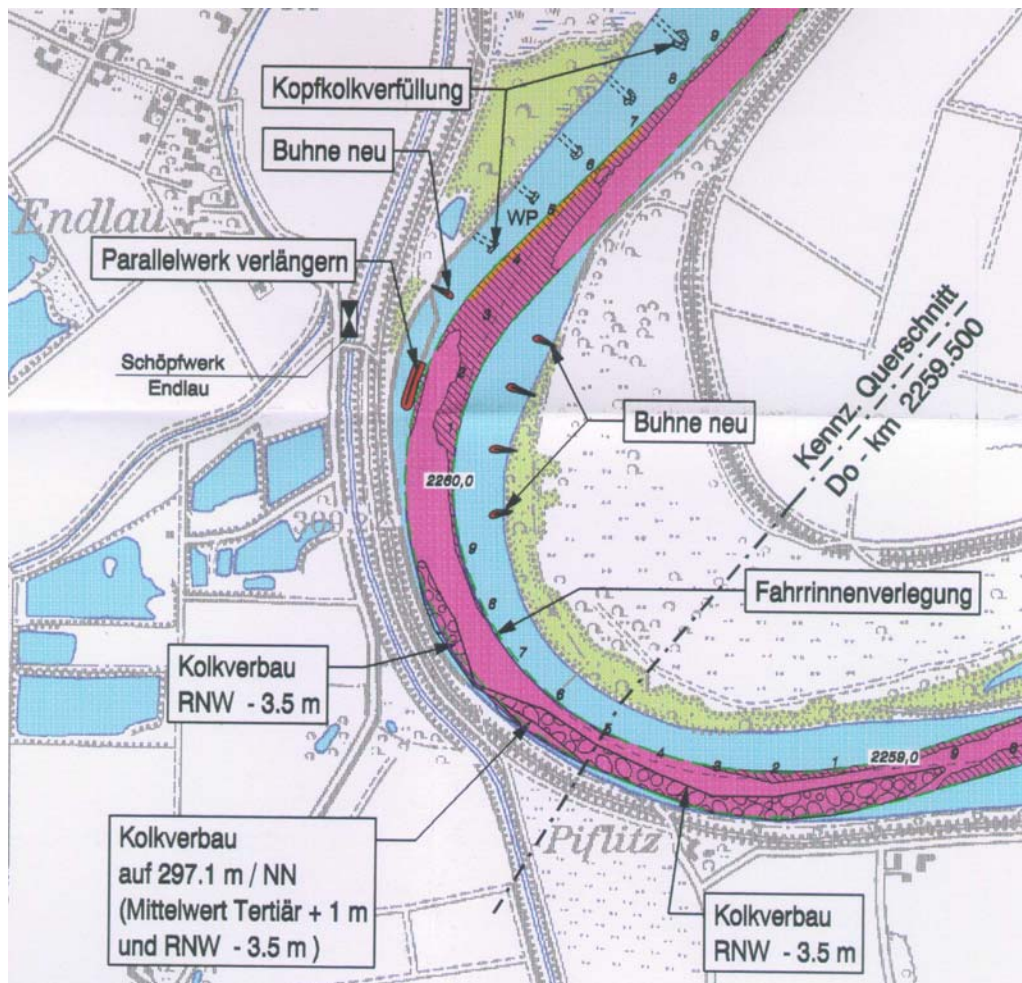


Abb. 8: Regelungselemente Variante A bei Endlau (Planunterlagen der RMD)

Die Fahrrinntiefen könnten im Prinzip durch eine reine Baggerlösung erreicht werden, indem an den Fehlstellen ständig gebaggert wird. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen macht es jedoch wenig Sinn solche Lösungen zu verfolgen. Durch Regelungsmaßnahmen werden nun die Engstellen beseitigt bzw. die Baggermengen reduziert. Mit einem kurzen Einschub über die Wirkung von Buhnen soll dies verdeutlicht werden (vgl. Abb. 9).

Mit dem Einbau von Buhnen wird zunächst der Flussquerschnitt reduziert. Indem sich der Fluss an der Regelungsstelle eintieft, wird die ursprüngliche Querschnittsgröße wieder hergestellt. Mit der Eintiefung ist zwar ein Wasserspiegelverfall bei Niedrigwasser verbunden, aber insgesamt kann damit eine Vergrößerung der Fahrrinntiefe erreicht werden. Anders ausgedrückt, kann mit dem Einbau von Buhnen die Anlandung von Geschiebe verkleinert bzw. verhindert werden und somit können bei gleichbleibenden Unterhaltungsaufwand größere Fahrrinntiefen erzielt werden (siehe dazu auch Kap. 5).

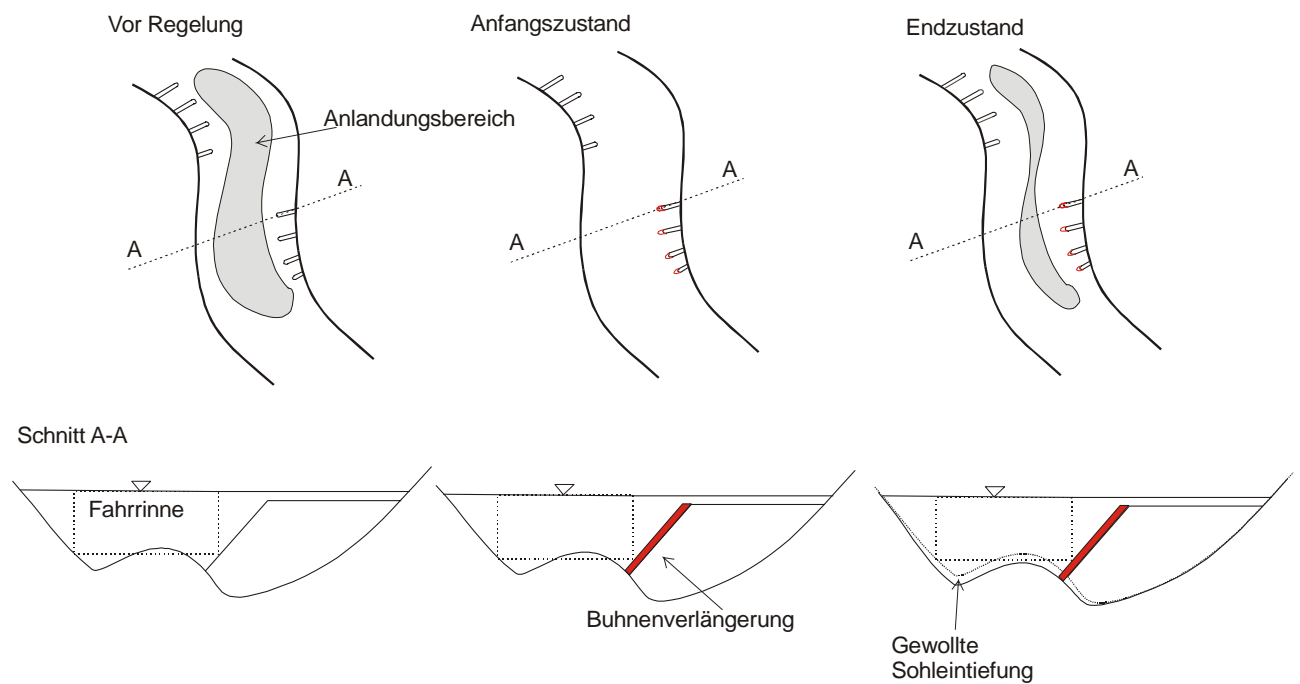


Abb. 9: Wirkung von Buhnen (nach Witte / Söhngen, BAW)

Die Regelungsmaßnahmen greifen nicht sofort mit der vollen Wirkung. Der Fluss muss sich erst auf die neuen Randbedingungen „einstellen“. Bis sich eine neue Gleichgewichtslage bildet und der Fluss sich auf die endgültige Tiefe eingestellt hat, können 10 bis 30 Jahre vergehen (Endzustand). Der Vorgang wird morphologischer Nachlauf genannt. **Bis zum Erreichen der Endzustandes sind die Fahrrinntiefen durch gesteigerte Unterhaltsmaßnahmen aufrecht zu erhalten.**

Neben der Niedrigwassersituation, ist bei den Regelungsmaßnahmen auch die Hochwasserneutralität zu beachten und die Hochwassersituation durch die Regelungsmaßnahme nicht zu verschlechtern. Maßgebender Lastfall ist der Zeitpunkt nach Beendigung der Baumaßnahme (Anfangszustand). Hier ist die Rauheitswirkung der Buhnen noch am größten. Mit zunehmender Lebensdauer nimmt die Rauheitswirkung durch Verlanden der Buhnenfelder ab. Leitwerke haben aufgrund der Längsorientierung im Flussschlauch eine geringere Rauheitswirkung und sind im Hochwasserfall günstiger.

Bei den Regelungsmaßnahmen werden Aussagen über die Sohleintiefung bzw. über die Sohlage getroffen. Werden nur kleinere Eingriffe durchgeführt, so kann davon ausgegangen werden, dass sich die Sohle parallel zur Ausgangssohle eintieft. Dadurch sind Angaben über die örtliche Sohlage möglich. Bei größeren Eingriffen können mit der eingesetzten 1-D Modelltechnik nur Vorhersagen über eine mittlere Sohlenlage gemacht werden (vgl. Abb. 10).

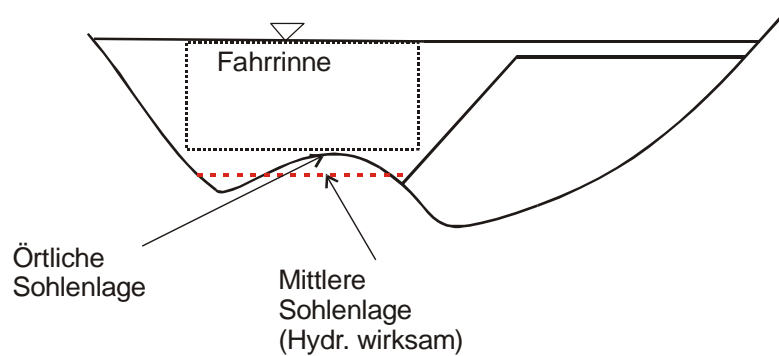


Abb. 10: örtliche / mittlere Sohlenlage

## **5. Unterhaltsmaßnahmen zur Sohlsicherung und Aufrechterhaltung der Schifffahrtsrinne (Baggermengen)**

Die Baggermengen für den Unterhalt der Wasserstraße summieren sich aus den Baggerungen, die sich aus der Geschiebezugabe ergeben und den, die zur Aufrechterhaltung der Fahrrinntiefe / -breite erforderlich sind.

Die Baggermengen aus der Geschiebezugabe stammend, können in erster Näherung den Zugabemengen gleichgesetzt werden. Bei den Baggerungen zur Aufrechterhaltung der Schifffahrtsrinne ist dies deutlich schwieriger, da eine direkte Ermittlung nicht möglich ist. Die Baggermengen können für die Ausbauzustände nur anhand von älteren Baggerstatistiken und durch Vergleichen von Peilungen prognostiziert werden. Je mehr sich die Varianten von dem Ausgangszustand unterscheiden, umso unsicherer werden die Aussagen zu den Baggermengen.

Da der Geschiebetransport in den flussgeregelten Streckenabschnitten nicht unterbunden ist, bleibt trotz Regelungsmaßnahmen in den Anlandungsbereichen Geschiebe liegen, welches von Zeit zu Zeit in Abhängigkeit des Geschiebetriebes bzw. des Abflussgeschehens gebaggert werden muss.

Zur Bestimmung der Baggermengen für die Ausbauzustände müssen einige Bedingungen und Annahmen getroffen werden. Die BAW geht dabei in ihren Gutachten zu Ermittlung der Baggermengen von folgenden Annahmen aus.



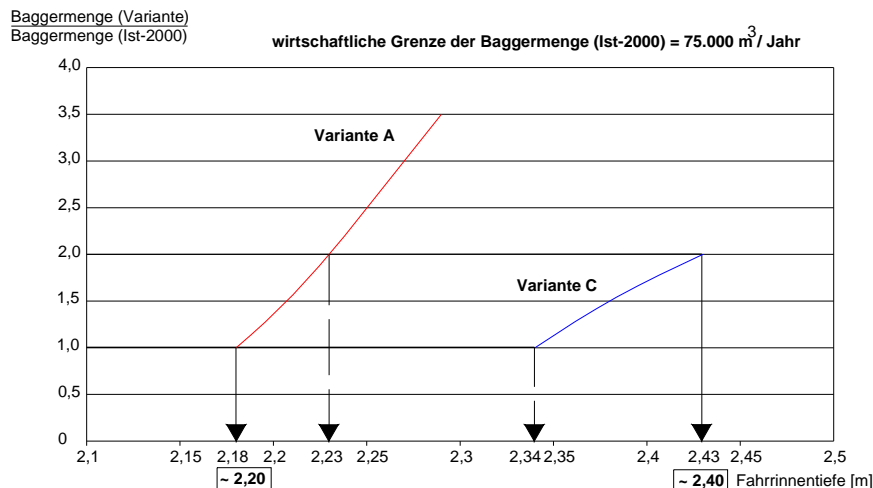


Abb. 12: Baggermengenfunktion (aus BAW Gutachten zur Bestimmung der Baggermengen)

Die Beziehungen zeigen deutlich, dass bei Variante A mit einer Verdoppelung der Baggermengen kaum einen Zugewinn für die Fahrrinntiefe erreichbar ist. Bei Variante C dagegen ist ca. 1 dm mehr an Fahrrinntiefe möglich. Erklärbar ist dies dadurch, dass bei Variante C der morphologisch aktivste Bereich überstaut und dadurch die Sohlumlagerungen deutlich reduziert werden (siehe auch Kap. 3e). Die Baggermengenfunktion wird damit flacher.

Aus der Summe der errechneten Unterhaltsbaggerungen und der Baggerungen aus der Geschiebemanagement ergeben sich die Gesamtbaggermengen für die Ausbauvarianten (vgl. Anhang 3). Die Baggermengen sind Durchschnittswerte, die je nach Wasserführung Schwankungen unterworfen sind. Nach einem Hochwasser ist daher mit größeren Baggermengen zu rechnen.

## 6. Maßnahmen und Bewertung für den Ist-Zustand 2000 und die Varianten

### a. Ist-Zustand 2000

Mit dem Ist-Zustand 2000 wurde eine Basis geschaffen, die als Vergleichszustand für die Ausbauvarianten herangezogen wird. Durch eine Steigerung der Unterhaltsmaßnahmen soll eine Fahrrinntiefe von 2,0 m bei  $RNW_{97}$  und einer Fahrrinnenbreite von 70 m aufrechterhalten werden. Zur Sohlsicherung werden zunächst nur Kolkverbau bzw. Tertiärabdeckungen in Flusskrümmungen eingesetzt. Mittel- bis langfristig ist die Sohle durch Geschiebemanagement zu stabilisieren. Regelungsmaßnahmen zur Reduzierung der Baggermengen sind nicht vorgesehen. Eine Vergrößerung der Fahrrinntiefe durch eine weitere Steigerung der Baggermengen ist aus wirtschaftlichen Gründen nicht sinnvoll. Die Ausbaumaßnahme am Bürgerfeld bei Vilshofen ist als abgeschlossen zu betrachten.

### **b. Variante A**

Die Variante A entspricht in ihrer Charakteristik dem Ist-Zustand 2000. Bei Variante A werden durch Regelungsmaßnahmen und weiteren Optimierungsschritten größere Fahrrinntiefen bei gleichen Unterhaltsaufwendungen wie beim Ist-Zustand 2000 möglich. Neben Kolkverbau und Tertiärabdeckungen, die zur Sohlsicherung und Verbreiterung der Fahrrinne an Engstellen führen sollen (vgl. Kap. 3), werden Regelungsmaßnahmen, wie z.B. Neubau bzw. Verlängerung von Bühnen oder Leitwerken eingesetzt. Ebenfalls werden durch Verlagern der Fahrrinne natürlich vorhandene Übertiefen ausgenutzt. Mit den Maßnahmen kann die Fahrrinne auf einer Tiefe von  $RNW_{97-2,2}$  m und einer Breite von 70 m dauerhaft unterhalten werden.

Zur Sohlsicherung ist eine Geschiebewirtschaftung geplant. Bis zum Abschluss des morphologischen Nachlaufes (vgl. Kap. 5) ist mit deutlich größeren Unterhaltungsaufwendungen zu rechnen.

Die Dynamik der Wasserspiegelschwankungen bleibt erhalten und somit ändert sich auch die Zuverlässigkeit und Vorhersehbarkeit von Fahrrinntiefen nicht.

### **c. Variante B**

In Variante B sind weitaus größere Umgestaltungen des Flusses durch flussregelnde Maßnahmen vorgesehen. Die Grenzen von flussregelnden Maßnahmen sollen hier aufgezeigt werden. Die ursprüngliche Form wird in ein hydraulisch optimiertes Gerinne gezwängt, um einen möglichst großen Tiefengewinn bei vergrößerten Fahrrinnenbreiten von durchgehend 80 m zu erhalten. Dies ist jedoch nur zu erreichen, wenn auf ca. 1/3 der Ausbaustrecke die Sohle mit Deckwerken stabilisiert wird, so dass in diesen Bereichen praktisch keine morphologischen Umlagerungen mehr möglich sind. In Variante B würde somit eine Fahrrinntiefe (hydraulisch wirksam) von ca. 2,45 m bei  $RNW_{97}$  erreicht werden. Aufgrund der Fahrdynamik muss zu Deckwerken ein wesentlich größerer Sohlabstand eingehalten werden. Der Tiefengewinn wird dadurch aufgezehrt. Eine Steigerung der Abladetiefen ist für Einzelfahrer nicht möglich. Für breite Verbände kann wegen der größeren Fahrrinnebreite eine Verbesserung erzielt werden (vgl. Zusammenfassung Fahrdynamik). Da der Regelungsaufwand und damit verbunden die Kosten für den Bau der Variante B sehr hoch ist und die Verbesserungen für die Schifffahrt sich in Grenzen hält, erscheint eine Realisierung der Variante B nicht besonders sinnvoll.

#### d. Variante C

In Variante C ist geplant mit einer Staustufe bei Aicha den aus nautischen und morphologischen Gründen ungünstigsten Bereich einzustauen, um damit die maßgebenden Engstellen zu beseitigen. Zusätzlich wird mit einem Durchstich der Mühlhamer Schleife mit einem Schifffahrtskanal und Schleuse die Mühlhamer Schleife umfahren. Die Stauwurzel würde im Bereich der Isarmündung liegen. Die Wasserspiegelveränderungen im Bereich der Isarmündung würden bei RNW<sub>97</sub> bei ca. 0,5 m und bei MW bei ca. 0,1 m liegen. Im Vergleich dazu bei Variante A sind dies bei RNW<sub>97</sub> ca. 0,1 m und bei MW ca. 0,15 m. Ein wesentlicher Unterschied der Stufe bei Aicha gegenüber den bisher gebauten Stufen (z.B. Geislingen) liegt darin, dass aufgrund der geringen Stauhöhe der Fluss in seinem ursprünglichen Flussbett verbleiben würde und dadurch große Stauhaltungsdämme vermieden werden.

Die Streckenabschnitte ohne Staustützung werden nach den Kriterien der Variante A geregelt. Daraus folgt, dass bei Variante C ebenfalls Fahrrinnenbreiten von 70 m vorgesehen sind. Insgesamt kann mit Variante C eine Fahrrinntiefe von 2,40 / 2,45 m bei RNW<sub>97</sub> erreicht werden. Dies ist jedoch nur möglich, wenn doppelt so große Unterhaltsbaggermengen wie für Variante A zugelassen werden (vgl. Kap. 5). Die Geschiebezugabemengen würden sich auf ca. 80 % der Variante A verringern.

Eine zentrale Frage bei Variante C ist, wie sich der Stau auf das ökologisch sensible Isarmündungs- und Staatshaufengebiet auswirken wird. In einem physikalischen Modell an der BAW wurden die abiotischen Parameter wie Fließgeschwindigkeiten und Wasserstände des Ist-Zustandes und der Variante C erfasst. Durch eine Reaktivierung von bereits vorhanden Seitenkanälen und einer teilweisen Verbindung der Kanäle untereinander, wurde ein durchgängiges Umleitungsgerinne an der Staustufe geschaffen. Ebenfalls wurde durch eine Uferaufhöhung in diesem Bereich das Vorland vom Hauptgerinne entkoppelt, um eine abflussabhängige Durchströmung der Seitengerinne zu erreichen und somit die Wasserspiegeldynamik für die Auenlandschaften weitestgehend beizubehalten. Im Modellversuch wurden im Hauptgerinne bedingt durch den Stau geringere Fließgeschwindigkeiten gegenüber dem Ist-Zustand gemessen. Die mittleren Geschwindigkeiten bei RNW<sub>97</sub> bleiben jedoch in weiten Bereichen über 0,4 m/s. In den Seitengerinnen (Staatshaufentalwasser), die für die Auenlandschaft maßgeblich sind, konnten praktisch keine Änderungen der Fließgeschwindigkeit festgestellt werden. Die Wasserspiegellagen in den Seitengerinnen wichen im Modell um ca. – 0,1 m vom Ist-Zustand ab. Eine weitere Optimierung zur Angleichung der Wasserspiegellagen ist jedoch mit wasserspiegelstützenden Maßnahmen grundsätzlich möglich.

#### e. Variante D1

Mit zwei Staustufen bei Waltendorf und Osterhofen und einem 8,5 km langen Seitenkanal könnten deutliche Verbesserungen der Schifffahrtsverhältnisse auf der Donau erzielt werden. Mit Fahrinnenmindestbreiten von 80 – 82 m in der Geraden und zugleich einer Fahrinnentiefe bei  $RNW_{97}$  von 3,0 m kann nicht nur eine nahezu ganzjährige Vollschieffigkeit (Abladetiefe 2,7 m) erreicht werden, sondern werden auch Verbesserungen für den Begegnungsverkehr geschaffen. Zudem wird die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs erhöht.

Mit dem Stau wird eine Reduzierung der morphologischen Prozesse erreicht und somit werden auch die Unterhaltsaufwendungen im Vergleich zu den flussregelnden Varianten A und B geringer. Sohlumlagerungen und daraus erforderliche Baggerungen werden hauptsächlich durch Hochwasserereignisse verursacht. Als sohlsichernde Maßnahmen sind Kolkverfüllungen bzw. Tertiärabdeckungen und eine Geschiebebewirtschaftung der Straubinger Schleife vorgesehen.

Die Donaustrecke im Bereich des Seitenkanals könnte nach rein ökologischen Gesichtspunkten zurückgebaut werden. Ein 11 km langer, schifffahrtsfreier naturähnlich ausgebauter Flussabschnitt könnte hier geschaffen werden. Ebenfalls wäre eine Abflussaufteilung zwischen Seitenkanal und Donau bei Hochwasserereignissen eine Alternative zur Geschiebebewirtschaftung für diesen Teilbereich.

Die Auswirkungen auf den Isarmündungsbereich durch den Stau an der Stufe Osterhofen sind im Prinzip mit der Stufe Aicha bei Variante C gleichzusetzen, da die Stauziele mit 309,0 m NN identisch sind.

Die Stufe bei Waltendorf mit einem Stauziel bei 313,0 m NN würde den Bereich bis zur Stufe Straubing stützen. Wegen des kleinen Gefälles ist nur ein geringer Stau zum Erreichen von Vollschieffigkeitsverhältnissen notwendig. Die Wasserspiegelanhebung gegenüber dem Ist-Zustand beträgt bei  $RNW_{97}$  ca. 2,3 m und bei MW ca. 1,1 m. Ab einem Abfluss von  $850 \text{ m}^3/\text{s}$  ist keine Stauwirkung mehr vorhanden.

## f. Variante D2

In Variante D2 sind 3 Stufen an den Orten Waltendorf, Aicha und Vilshofen geplant. Die Stufe Waltendorf entspricht der Planung zu Variante D1. Die Stufe Aicha ist baugleich zur Stufe in Variante C. Zu den Auswirkungen der Stufen siehe dazu die vorangegangenen Kapitel 6d und 6e.

Im Unterschied zu Variante D1 ist bei Variante D2 anstelle des Seitenkanals eine weitere Staustützung mit einer Stufe bei Vilshofen vorgesehen. Ein Seitenkanal ist aufgrund der Stufenlage bei Aicha nicht möglich. Das zweigeteilte Wehr, bei Do-km 2252 am oberen Ende des Pleintinger Wörths und der kleinere Teil bei Do-km 2254,4 hat ein Stauziel von 303,0 m NN. Die Stauwurzel liegt im Bereich der Ausfahrt des Stichkanals der Stufe Aicha.

## 7. Quellenverzeichnis

Söhngen, Stumpf: Flussmorphologischer Statusbericht Kurzfassung, BAW, März 1998, Karlsruhe

Söhngen, Kellermann, Junge: Konzeption der Regelungs-, Sohlsicherungs- und Unterhaltungsmaßnahmen für die Varianten Ist Zustand-2000 (Vergleichsfall) und A (weiter optimierter Ist-Zustand), BAW, April 2000, Karlsruhe

Kaupert, Luhr: Modelluntersuchungen am Physikalischen Modell Donau-Isarmündung Variante C, BAW Juni 2000, Karlsruhe

Söhngen, Kellermann, Kampker: Konzeption der Regelungs-, Sohlsicherungs- und Unterhaltungsmaßnahmen für die 1-Stufen Variante C, BAW, September 2000, Karlsruhe

Söhngen, Kampker, Kellermann: Baggermengen bzw. zugehörige erreichbare Fahrrinntiefen für die Varianten A und C, BAW, September 2000, Karlsruhe

Söhngen, Kellermann: Vergleichende 1D-HN-Modellrechnungen der Variante A, BAW, Oktober 2000, Karlsruhe

Söhngen, Kellermann: Vergleichende 1D-HN-Modellrechnungen der Variante C, BAW, November 2000, Karlsruhe

Söhngen, Kellermann, Kampker: Ergebnisse der verkehrswasserbaulichen Untersuchungen, BAW, Dezember 2000, Karlsruhe

Hunziker, Zarn: Untersuchung des Geschiebehaushaltes zwischen Straubing und Vilshofen, Januar 2001, Aarau, Schweiz

RMD Wasserstraßen GmbH: Pläne und Unterlagen zu den Ausbauvarianten und Ist-Zustand 2000, Stand 2000, Regensburg