

GUTACHTEN

Maßnahmen zur Verhinderung der Sohleintiefung und gleichzeitigen Verbesserung des ökologischen Zustandes

Vergleich mit Vorschlägen für die Salzach an der oberösterreichisch-bayrischen Grenzstrecke



Univ. Prof. DI Dr. Helmut Habersack

unter Mitwirkung von

HR DI Dr. Michael Hengl, BAW

Hainersdorf, Juli 2009

INHALT

1	Unterlagen.....	6
2	Befund.....	8
2.1	Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach, Bericht zu Phase I: Bestandsanalyse, Stand der Untersuchung zu Phase II: Maßnahmenplanung.....	8
2.2	Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach – 2D-Abfluss-Simulation.....	11
2.3	Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach – Simulation des Bodenwasserhaushaltes und der Grundwasserverhältnisse in den Salzachauen.....	13
2.4	Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach – Wasserwirtschaftliche Planungs- und Bewertungsmethodik sowie Variantenvorauswahl.....	14
2.5	Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach – Zusammenfassende Darstellung und Bewertung der Lösungsvarianten.....	21
2.6	Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach – Geschiebetransportmodellierung.....	26
2.7	Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach – Fachbericht 7, Morphologische Auswirkung von aufweitungen an der Salzach – ingenieurpraktische Berechnung und physikalische Modellierung.....	31
2.8	Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach (8) – Physikalisches Modell Sohlrampe mit Mäanderstrecke.....	33
2.9	Sanierung Untere Salzach – Raumordnungsverfahren/Raumverträglichkeitsprüfung, Erläuterungsbericht.....	34
2.10	Raumordnungsverfahren für die Sanierung Untere Salzach.....	36
2.11	Sanierung Untere Salzach – Raumordnungsverfahren/Raumverträglichkeitsprüfung.....	39
2.12	Salzach Umsetzungskonzept – Abschlussbericht.....	41
2.13	Sanierung Untere Salzach – Generelles Projekt Fkm 64 bis 44.....	49
2.14	Sanierung Untere Salzach - Detailprojekt.....	50
2.15	Sanierung Untere Salzach - Detailprojekt.....	54
2.16	Sanierung Untere Salzach - Ausschreibung / Flächige Sohlsicherung Fkm 46.....	56
2.17	Sanierung Untere Salzach – Weiche Ufer.....	57
2.18	Sanierung Untere Salzach – Aufgelöste Sohlrampe als Mehrzweckbauwerk.....	59
2.19	Fazit aus Befund.....	61
3	Gutachten.....	65

3.1	Allgemeines zu Maßnahmen gegen eine Sohleintiefung und eine mögliche Anwendung an der Salzach.....	65
3.2	Fazit	71
3.3	Vorschlag für die weitere Vorgangsweise in der Generellen Planung und Detailplanung	72
3.4	ENTWURFSGRUNDSÄTZE FÜR DIE GENERELLE PLANUNG DER SALZACHSANIERUNG IM TITTMONINGER BECKEN UND DER NONNREITER ENGE (FKM 44.0 BIS FKM 8.0)	78
4	Verwendete und weiterführende Literatur	81

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Projektgebiet Untere Salzach.....	8
Abbildung 2: Sohlrollierungsstreifen, Schemaskizze.....	16
Abbildung 3: Aufweitung und Sohlrollierung, Schemaskizze.....	17
Abbildung 4: Sohlrampe mit Mäanderstrecke, Schemaskizze	17
Abbildung 5: Stützkraftstufe, Schemaskizze.....	17
Abbildung 6: Ufersicherung mit Buhnen, Variante 2	22
Abbildung 7: Lösungen zur Sohlstabilisierung an der Salzach	28
Abbildung 8: Ergebnis des Raumordnungsverfahrens 2002, Variante A.....	34
Abbildung 9: Ergebnis des Raumordnungsverfahrens 2002, Variante B.....	34
Abbildung 10: Ergebnis des Raumordnungsverfahrens 2002, Hauptvorschlag	35
Abbildung 11: Hauptvorschlag – Umsetzungszeitrahmen 2006 bis 2027.....	42
Abbildung 12: Hauptvorschlag – Zeitliche Entwicklung der Aufweitung und des Geschiebeeintrags im Abschnitt Fkm 44.6 bis Fkm 42.2.....	43
Abbildung 13: Hauptvorschlag – Zeitliche Entwicklung der Aufweitung und des Geschiebeeintrags im Abschnitt Fkm 39.8 bis Fkm 37.8.....	43
Abbildung 14: Hauptvorschlag – Zeitliche Entwicklung der Aufweitung und des Geschiebeeintrags im Abschnitt Fkm 37.8 bis Fkm 35.8.....	44
Abbildung 15: Hauptvorschlag – Zeitliche Entwicklung der Aufweitung und des Geschiebeeintrags im Abschnitt Fkm 34.2 bis Fkm 30.8.....	44
Abbildung 16: Hauptvorschlag – Zeitliche Entwicklung der Aufweitung und des Geschiebeeintrags im Abschnitt Fkm 29.2 bis Fkm 26.8.....	44
Abbildung 17: Hauptvorschlag – Vergleich tiefstes Sohlniveau aus der Rechnung mit Planungssohle, geschätzte Sohle 2006 und Unterkante Kieshorizont.....	45
Abbildung 18: Variante B – Umsetzungszeitrahmen 2006 bis 2027.....	45
Abbildung 19: Variante B – Vergleich tiefstes Sohlniveau aus der Rechnung mit Planungssohle, geschätzte Sohle 2006 und Unterkante Kieshorizont.....	46
Abbildung 20: Variante B kurz– Umsetzungszeitrahmen 2006 bis 2022	47
Abbildung 21: Variante B kurz – Vergleich tiefstes Sohlniveau aus der Rechnung mit Planungssohle, geschätzte Sohle 2006 und Unterkante Kieshorizont.....	48
Abbildung 22: Sohlabstufung Fkm 51.9.....	51
Abbildung 23: Tiefste Sohlage im Verlauf der Umsetzung gemäß Umsetzungskonzept.....	52
Abbildung 24: Grundsätzliche Möglichkeiten zur Verringerung der Sohleintiefung (Habersack, 2008).....	65
Abbildung 25: offenes Deckwerk, Einbau bei Laufen (Schaufler, 2008).....	67
Abbildung 26: Granulometrische Sohlverbesserung (DonauConsult, 1997).....	68
Abbildung 27: Eigendynamische Gewässeraufweitung mit Seitenerosion und Nebengewässerentwicklung an der Oberen Drau bei Kleblach (Fotos: Amt der Kärntner Landesregierung).....	70

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Überschwemmungsflächen	12
Tabelle 2: Zusammenfassung der Planungsgrundsätze.....	15
Tabelle 3: Übersicht über die möglichen Varianten	21
Tabelle 4: Sohlbreiten Variante 2.....	22
Tabelle 5: Nebengewässerdaten, Variante 2	23

Tabelle 6: Sohlbreiten Variante 2/3.....	23
Tabelle 7: Höhenangaben zu den Rampen Variante 2/3.....	24
Tabelle 8: Sohlbreiten Kombinationsvariante 2-2/3.....	24
Tabelle 9: Anzahl der Nebengewässer.....	25
Tabelle 10: Gegenüberstellung der Modellansätze.....	27
Tabelle 11: verwendete Bezugssysteme.....	39
Tabelle 12: Übersicht über die Varianten im Laufe der Zeit.....	62

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AN.....	Auftragnehmer
DS.....	Deckschicht
GW.....	Grundwasser
HW.....	Hochwasser
US.....	Unterschicht

1 UNTERLAGEN

Nachfolgend aufgelistete Unterlagen wurden für die Erstellung des Gutachtens herangezogen.

1. Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach, Bericht zu Phase I: Bestandsanalyse, Stand der Untersuchung zu Phase II: Maßnahmenplanung

ad-hoc Arbeitsgruppe der Ständigen Gewässerkommission nach dem Regensburger Vertrag	1995
---	------

2. Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach – 2D-Abfluss- Simulation

Nujić Marinko, Schwaller Gabriele	Dezember 2000
-----------------------------------	---------------

3. Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach – Simulation des Bodenwasserhaushaltes und der Grundwasserverhältnisse in den Salzachauen

Frank J., Poltnig W., Rock g., Stenitzer E., Summer Wolfgang	Juni 2001
--	-----------

4. Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach – Wasserwirtschaftliche Planungs- und Bewertungsmethodik sowie Variantenvorauswahl

Hengl Michael, Platzer Gerhard	Juli 2001
--------------------------------	-----------

5. Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach – Zusammenfassende Darstellung und Bewertung der Lösungsvarianten

Hengl Michael, Platzer Gerhard, Stephan Ursula, Spannring Michael	September 2001
---	----------------

6. Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach - Geschiebetransportmodellierung

Stephan Ursula, Hengl Michael, Hartmann Sven, Otto Alfred, Hunziker Roni	Februar 2002
--	--------------

7. Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach – Fachbericht 7, Morphologische Auswirkung von aufweitungen an der Salzach – ingenieurpraktische Berechnung und physikalische Modellierung

Bechteler Wilhelm, Wieprecht Silke, Hartmann Sven	März 2002
---	-----------

8. Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach (8) – Physikalisches Modell Sohlrampe mit Mäanderstrecke

Hengl Michael, Platzer Gerhard, Wibmer Karl, Ogris Harald, Krouzecky Norbert	März 2002
--	-----------

9. Sanierung Untere Salzach – Raumordnungsverfahren/Raumverträglichkeitsprüfung, Erläuterungsbericht

Freistaat Bayern, Bundeswasserbauverwaltung von OÖ und Salzburg	September 2002
---	----------------

10. Raumordnungsverfahren für die Sanierung Untere Salzach

Motyl Michael, Regierung von Oberbayern	Juli 2003
---	-----------

11. Sanierung Untere Salzach – Raumordnungsverfahren/Raumverträglichkeitsprüfung

Freistaat Bayern, Bundeswasserbauverwaltung von OÖ und Salzburg	September 2003
---	----------------

12. Salzach Umsetzungskonzept – Abschlussbericht

Hengl Michael, Bamerßoi F., Spannring Michael	April 2005
---	------------

13. Sanierung Untere Salzach – Generelles Projekt Fkm 64 bis 44

Anlage 1: Erläuterungsbericht, SKI GmbH + Co.KG, Spannring Michael	März 2008
--	-----------

14. Sanierung Untere Salzach - Detailprojekt Sohlabstufung Fkm 51.9

Erläuterungsbericht, SKI GmbH + Co.KG, Spannring Michael

März 2008

15. Sanierung Untere Salzach - Detailprojekt Sohlabstufung samt Begleitmaßnahmen Fkm 51.9

Baubeschreibung, SKI GmbH + Co.KG, Spannring Michael

März 2008

16. Sanierung Untere Salzach - Ausschreibung / Flächige Sohlsicherung Fkm 46

Anlage 1: Baubeschreibung, SKI GmbH + Co.KG

Dezember 2007

17. Sanierung Untere Salzach – Weiche Ufer

Internationales Symposium, ETH Zürich, Aufleger Markus, Hafner Tobias, Hengl Michael

September 2008

18. Sanierung Untere Salzach – Aufgelöste Sohlrampe als Mehrzweckbauwerk

Internationales Symposium, ETH Zürich

Hengl Michael, Aufleger Markus, Niedermayr Andreas, Spannring Michael

September 2008

2 BEFUND

2.1 WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENUNTERSUCHUNG SALZACH, BERICHT ZU PHASE I: BESTANDSANALYSE, STAND DER UNTERSUCHUNG ZU PHASE II: MAßNAHMENPLANUNG

Amt der Oö LR, Amt der Salzburger LR, Bayr. Landesamt für Wasserwirtschaft, Wasserwirtschaftsamt Traunstein, Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege 1995

2.1.1 ZUSAMMENFASSUNG

Projektgebiet:

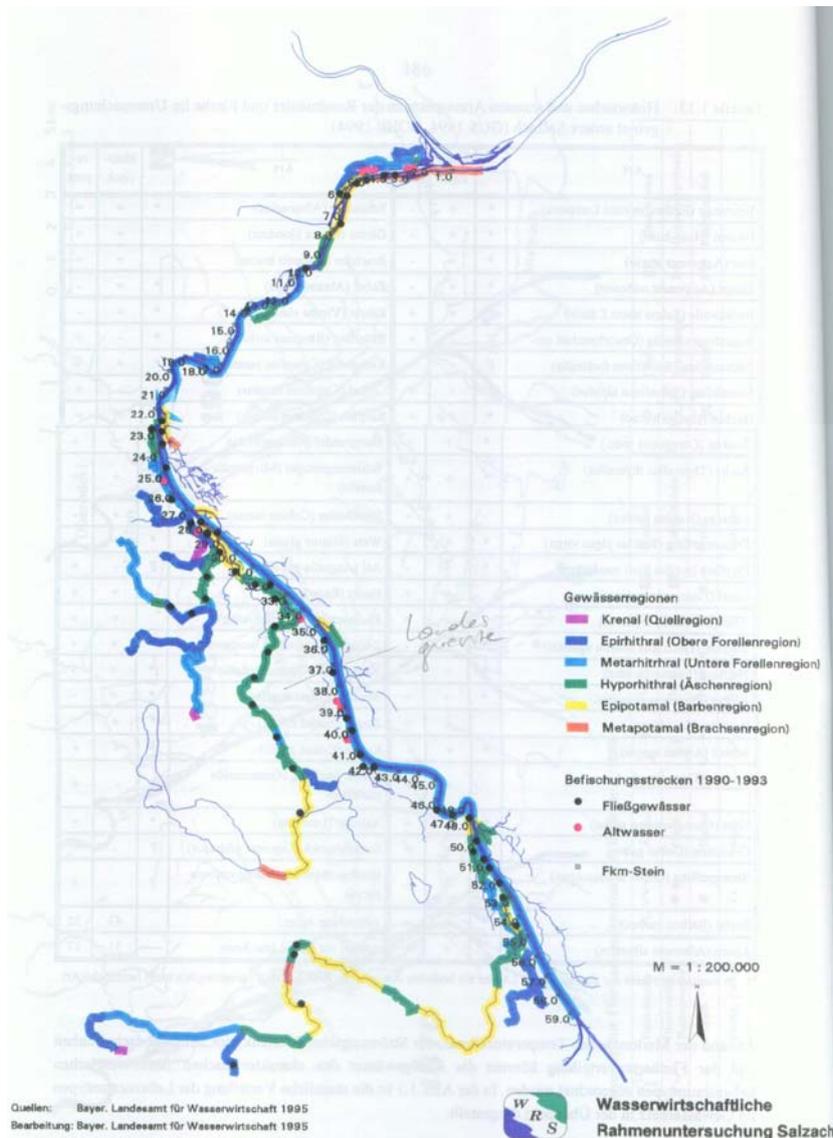


Abbildung 1: Projektgebiet Untere Salzach

Im Landesentwicklungsprogramm Salzburg sind fachliche Ziele zum Thema Natur und Landschaft festgehalten. Demnach sollen zum Schutz gefährdeter Naturraumpotentiale Gebiete mit wichtigen und/oder gefährdeten Potenzialen durch Verordnungen aufgrund des Raumordnungsgesetzes von 1992 und des Naturschutzgesetzes von 1993 nachhaltig vor

zweckwidrigen Nutzungen gesichert werden. Weiters sollen Renaturierungen verbauter Fließgewässer und andere wasserbauliche Maßnahmen unter Beachtung der ökologischen und landschaftsgestalterischen Funktionen der Gewässer erfolgen.

Es werden die einzelnen Abschnitte der Salzach hinsichtlich Flussmorphologie, Schutzwasserwirtschaft, Hydrografie, Grundwasser und Ökologie der Auen beschrieben.

Die Flusseintiefung erfolgte im Längsschnitt betrachtet keilförmig mit geringen Werten flussabwärts von Burghausen und zunehmenden Erosionstiefen flussaufwärts bei einem Maximalwert von 4-5 m im Unterwasser der Sohlstufe Salzburg. Als Ursache wird Geschiebedefizit infolge der Regulierungsmaßnahmen angegeben.

Ausgewiesen wurden Streckenabschnitte mit einer Kiesauflage von weniger als 1.5 m als gefährdet, Abschnitte ohne Kiesauflage als hoch erosionsgefährdet.

Zuerst wird eine Bestandsanalyse (Phase I) samt Bewertung vorgenommen, dann folgt ein Ausblick auf Phase II, wo Lösungsmöglichkeiten und Maßnahmenvarianten untersucht werden. Folgende Maßnahmen stehen nebeneinander:

- Variantengruppe 1: Ist-Zustand und Maßnahmen der Geschiebemanagement
 - Nullvariante
 - Geschiebezufuhr aus Einzugsgebiet wiederherstellen, ohne flussbauliche Maßnahmen
 - Altarmbindung, tw. Rückbau der befestigten Uferböschungen
- Variantengruppe 2: Gewässergestaltung ohne Querbauwerke
 - Uferrückbau innerhalb bestehender Deiche
 - lokale Aufweitung innerhalb der bestehenden Deiche, Ausleitung in Au
 - lagefixierte Verbreiterung des Flussbettes innerhalb der bestehenden Deiche
 - lagefixierte Verbreiterung und Rückverlegung der Deiche
 - Gerinneaufweitung durch Eigendynamik der Salzach, maximale Rückverlegung der Deiche.
 - Sohlstabilisierung innerhalb der bestehenden Deiche
- Variantengruppe 3: sohlstützende Querbauwerke
 - Schwellen
 - Sohlstufen
 - Querbauwerk und Verbreiterung des Flussbetts
- Variantengruppe 4: Stützkraftstufen und Ausleitung in die Aue
 - minimal erforderliche Anzahl von Stützkraftstufen
 - Stützkraftstufen auf der gesamten Untersuchungsstrecke, freie Fließstrecken im Bereich der Durchbruchsstrecken

- Stützkraftstufen auf der gesamten Untersuchungsstrecke, freie Fließstrecken im Bereich der Stauwurzeln
- Kraftwerksplanung wie in 70er Jahren

2.2 WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENUNTERSUCHUNG SALZACH – 2D-ABFLUSS-SIMULATION

Nujić Marinko, Schwaller Gabriele

Dezember 2000

2.2.1 ZUSAMMENFASSUNG

Mithilfe der mathematischen Modelle sollen die zwei Hauptplanungsvarianten (2 und 2/3) vergleichend bewertet und Änderungen bezüglich des Istzustandes quantifiziert werden. Zum Einsatz kamen:

- 1D-Wasserspiegellagenmodell zur Vorbemessung der Planungsvarianten
- 1D-Geschiebetransportmodell
- 2D-Grundwasserströmungsmodell
- 2D-Abfluss-Simulationsmodell: HYDRO-AS-2D

Modellergebnisse:

- Aussagen über HW-Schutz durch Überflutungsflächenausweisung und Überstauhöhen möglich.
- Hochwasserwellenformänderung durch instationäre Simulation
- Durchflussaufteilung für Flussschlauch und Vorland möglich, Stabilität der Rampen kann berechnet werden, Durchfluss aus 2D ist Grundlage für 1D-Geschiebetransportmodell
- Schubspannungsparameter ermöglicht Aussagen zu Sohlstabilität und Vorlanddynamik. Durch starkes Ausströmen in die Vorländer musste bei kleinen Hochwässern die Mäanderlösung abgeändert werden.
- Aussagen über die räumlich detailliert bestimmte Überflutungsdauer waren möglich. Die Überflutungsdauer für Optimierung der Variantenplanung nicht relevant.
- Anwendungsreife (Aufwand für Daten, Rechenzeit, Einarbeitung, Kosten) für 2D-Modelle gegeben
- Grundlage ist DGM, Befliegung für Daten und Info zur Landnutzung (Rauigkeit)

Die Überschwemmungsflächen sind bei den Varianten im Vergleich zum IST-Zustand größer, v.a. bei geringen Jährlichkeiten (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Überschwemmungsflächen

HQ	Variante 2	Variante 2/3
	Flächenzunahme im Vergleich zum IST-Zustand in %	Flächenzunahme im Vergleich zum IST-Zustand in %
1	27	58
5	22	41
10	18	34
30	9	16
100	6	9

Die Flussretention wird generell durch die Aufweitung erhöht, die Vorlandretention ist bei HQ₅ am größten.

Durch das 2D-Abfluss-Simulationsmodell HYDRO_AS-2D erhält man maximale Sohl Schubspannungsgeschwindigkeiten für jeden Berechnungspunkt. Weiters kann die Sohlstabilität ermittelt werden. Die hohe Sohlbeanspruchung der Salzach im Istzustand konnte durch die Flussbetaufweitung und durch den erhöhten Abflussanteil in den Vorländern bei allen Varianten verringert werden. Bei Variante 2 verringert sich die Vorlandbelastung durch die geringere Überflutungshöhe. Bei Variante 2/3 erhöht sich in den Vorländern v.a. im Bereich der Rampenumströmung die Sohl Schubspannung. Daher soll die Rampenumströmung bei Hochwasser wesentlich großräumiger erfolgen. Das bedeutet, dass Deichneubauten mehrere hundert Meter nach außen gelegt werden müssen.

1D-Modellierungsergebnisse waren u.a. Voraussetzung für die Vordimensionierung des Nebengewässersystems, speziell zur Festlegung der Ausleitungshöhen.

Die Unterschiede im Wasserspiegel aus 1D- und 2D-Simulation sind gering, wenn sich der Abfluss nur auf den Flussschlauch bezieht und keine Ausuferungen auftreten. Ansonsten werden Überschwemmungsflächen bei der 1D-Simulation zu groß abgebildet und Rückstaubereiche und natürliche Umströmungen können nicht erfasst werden.

Prinzipiell bieten 2D-Modelle essentielle Vorteile:

- Verzweigte Gerinne und Muldensysteme im Vorland können nur in 2-D-Modellen abgebildet werden
- Querströmungen im Vorland, Bauwerksumströmungen und Rückstaubereiche können nur mit 2D-Modellen berechnet werden
- Überschwemmungsgrenzen können genauer dargestellt werden
- erosionsgefährdete Bereiche können auch in den Vorländern ermittelt werden
- die Überflutungsdauer kann räumlich differenziert bestimmt werden

2.3 WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENUNTERSUCHUNG SALZACH – SIMULATION DES BODENWASSERHAUSHALTES UND DER GRUNDWASSERVERHÄLTNISSSE IN DEN SALZACHAUEN

Frank J., Poltnig W., Rock G., Stenitzer E., Summer Wolfgang

Juni 2001

2.3.1 ZUSAMMENFASSUNG

Wie sich die Varianten auf den Grundwasserkörper auswirken, wurde hier mittels Grundwasserströmungsmodellen (FEM) untersucht. Für den Bereich von der Saalachmündung bis zur Nonnreiter Enge kam ein instationäres Grundwasserströmungsmodell zum Einsatz. Im Bereich der Ettenau (nördl. Teil des Tittmoninger Beckens) war die Datenbasis nicht ausreichend und die hydrogeologischen Rahmenbedingungen zu komplex um ein 2D-horizontales mathematisches Strömungsmodell kalibrieren und verifizieren zu können. Daher wurden die bayrischen Ergebnisse auf den österreichischen Teil übertragen.

Es scheint eine deutliche Abhängigkeit des Grundwassers vom zeitlichen Verlauf der Wasserstandsganglinie der Salzach zu geben. Grundwasserspiegelschwankungen sind stark abhängig von infiltrierten Niederschlägen.

Untersucht wird auch der Einfluss der Vegetation auf den Grundwasserkörper. Die regionale und zeitliche Verteilung der Grundwasserneubildung über infiltrierende Niederschläge im Tittmoninger und Freilassinger Becken wurde vom Inst. f. Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt in Petzenkirchen mit dem Bodenwasserhaushaltmodell SIMWASER ermittelt. Die Ergebnisse dienen der Kalibrierung, Verifizierung und Prognoserechnung des Grundwasserströmungsmodells.

2.3.1.1 Ergebnisse

Im Tittmoninger Becken tritt flächenhaft signifikant eine Veränderung der Grundwasserspiegellage in Erscheinung. Im Freilassinger Becken ist zusätzlich auch ein Einfluss der Maßnahmen auf die Richtung der Grundwasserströmung erkennbar (v.a. im V2 und V2-2/3). Hier ist in Teilbereichen eine stärkere salzachparallele Grundwasserströmung vorherrschend. Lokal starke Auswirkungen auf die Grundwasserströmungsverhältnisse sind auch in den geplanten Auengewässersystemen und Flutungsreservoirs erkennbar. Allerdings ist bei keiner Variante ein wirklich bedeutsamer großräumiger Eingriff in die Verhältnisse der Grundwasserströmung ablesbar.

Tittmoninger Becken: Bei der Variante 2/3 sind Grundwasserspiegelerhöhungen von bis zu 1 m im S-Teil des bayrischen Anteils zu erwarten, im südlichsten Teil des salzburgischen Teiles sogar von max. 2 m. Bei den Varianten V2 und V2-2/3 beträgt die Grundwasserspiegelanhebung nur 50 cm. Die Grundwasserspiegelabsenkungen liegen bei 1 bis 25 cm.

Freilassinger Becken: Bei der Variante 2 sind die Absenkungen im Nordteil gleich wie im Tittmoninger Becken, bei den Varianten V2/3 und V2-2/3 sind örtlich auch Absenkungen von 1 m zu erwarten. Bei V2/3 im bayrischen Teil sind die Absenkungen von 1 m großräumig zu erwarten. Bei V 2-2/3 sind im bayrischen Teil die Absenkungen größer 25 cm im Bereich zwischen Augewässer und Salzach zu finden. Die Aufhöhungen sind im Freilassinger Becken gering. Bei V2 50 cm Anhebung in der Nähe der Salzach und in der Au, bei V2/3 und V2-2/3 Anhebungen bis zu 1.5 m im südlichen bayrischen Teil, 1 m im salzburgerischen Teil.

2.4 WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENUNTERSUCHUNG SALZACH – WASSERWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGS- UND BEWERTUNGSMETHODIK SOWIE VARIANTENVORWAHL

Hengl Michael, Platzer Gerhard

Juli 2001

2.4.1 ZUSAMMENFASSUNG

Hauptziel dieser Untersuchung ist die Entwicklung machbarer Lösungen, um die Eintiefung der Salzachsohle zu stoppen bzw. sogar eine Trendumkehr zu erreichen.

wasserbauliche Lösungsansätze:

- Flussverbreiterung und Laufveränderung auf flussmorphologischer Basis
- Querbauwerke mit Geschiebemanagement
- Optimierung der Durchflussaufteilung zwischen Fluss und Aue bei Hochwässern
- Größtmögliche Nutzung des Potenzials der Salzach zur Selbstentwicklung
- Verwendung von Buhnen zur Laufbegrenzung in den aufgeweiteten Strecken

Planungsziele:

- Grundlegende Voraussetzungen:
 - Erreichen einer dynamischen Sohlstabilität
 - keine Verschlechterung des bestehenden Hochwasserschutzes für Siedlungs- und Verkehrsflächen
- Wasserwirtschaftliche Entwicklungsziele
 - Sicherstellen des bestehenden HW-Schutzes
 - Verbesserung der HW-Abflussverhältnisse
 - Verbesserung der GW-Verhältnisse
 - Verbesserung der gesetzlich definierten wasserwirtschaftlichen Gewässerfunktion
 - Selbstentwicklung des Flusslaufs innerhalb der vorgegebenen Grenzen
 - keine Beeinflussung des Gewässers durch Aufstau
 - Geschiebedurchgängigkeit
 - Strukturvielfalt von Ufer und Sohle sowie deren Dynamik
 - Auenanbindung
 - Nachhaltige Wirksamkeit des Nebengewässersystems
 - Dotation des Nebengewässersystems
 - Vorlanddynamik
- weitere Entwicklungsziele
 - Optimierung der ökologischen Funktionsfähigkeit der Salzach, des Nebengewässersystems und der Auen unter Beachtung des ökologischen Leitbildes
 - Begrenzung von Beeinträchtigungen der Flächennutzungen in den Auen
 - Verbesserung des Landschaftsbildes und des Erholungswertes
 - Wasserkraftnutzung

○ Minimierung der Kosten

Bei der Planungsmethodik wird nicht nur der Ablauf der Planung an sich beschrieben, sondern auch die einzusetzenden Planungsinstrumente.

Aus den ursprünglich 16 Einzelvarianten konnten sieben Bausteine entwickelt werden, die in Kombination zielführende Problemlösungen erwarten lassen:

- Deichrückverlegung
- Aufweitung des Flusses
- Sohlrollierungsstreifen
- Aufweitung mit Sohlrollierungsstreifen
- Sohlrampe mit Mäanderstrecke
- Stützkraftstufe
- Nebengewässer

Die Einzelbausteine werden zu drei erfolgversprechenden Grundvarianten kombiniert. Ziel der WRS ist die Entwicklung von machbaren Lösungen zur Beseitigung der anstehenden Probleme. Im Vordergrund steht dabei die wasserbauliche Machbarkeit, da nur eine wasserbaulich nachhaltige Lösung auch die gesicherte Erreichung anderer Ziele, wie beispielsweise der ökologischen Ziele gewährleistet.

Um die unterschiedlichen Problemlösungen vergleichend gegenüber stellen zu können, wird ein wasserwirtschaftliches Bewertungssystem auf Basis der Nutzwertanalyse entwickelt. Mit Hilfe des Bewertungssystems sind die entwickelten Planungen direkt vergleichbar. Weiters wird durch die gewählte Methodik die Nachvollziehbarkeit der Bewertung gewährleistet.

Der Planungsablauf selbst gliedert sich in einen mehrstufigen, vernetzten Prozess und führt letztlich zur machbaren Lösung. Planungsinstrumente waren einfache Schätzmethode, physikalische Modelle und numerische Modelle.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Planungsgrundsätze

1	Ganzheitliche Betrachtungsweise (einzugsgebietsbezogen und interdisziplinär)
2	Berücksichtigung des Zeithorizonts für die Systemanpassung des Gewässers (mindestens 100 Jahre)
3	Einheitliche, organische Strukturierung der geplanten Maßnahmen (Bausteine)
4	Nutzung des flusseigenen Umgestaltungspotenzials (Selbstenwicklung)
5	Anpassungsfähigkeit an geänderte Rahmenbedingungen
6	Kontrollierte Gewässerentwicklung auf der Basis gezielter Beobachtung
7	Wirksame Beseitigung der Gefahr des Sohldurchschlags
8	Keine Verschlechterung des Hochwasserschutzes für Siedlungs- und Verkehrsflächen
9	Bevorzugung sohlmorphologisch robuster und prognostizierbarer Problemlösungen
10	Entwicklung eines Nebengewässersystems, Auenvernetzung

2.4.1.1 Erfolgversprechende Varianten:

Variantengruppe 2: Gewässergestaltung ohne Querbauwerke

2.1 kontrollierter Uferrückbau innerhalb der bestehenden Deiche

2.3 lagefixierte Verbreiterung des Flussbettes innerhalb der bestehenden Deiche

2.4 lagefixierte Verbreiterung des Flussbettes, Deichrückverlegungen

2.6 Sohlstabilisierung innerhalb der bestehenden Deiche

Variantengruppe 3: Sohlstützende Querbauten mit/ohne Ausleitungen in die Aue

3.3 Kombination von Querbauwerken mit Verbreiterung des Flussbettes

Variantengruppe 4: Stützkraftstufen mit Ausleitungen in die Aue

4.1 auf Teilstrecken der Salzach begrenzter Stützkraftstufenausbau

2.4.1.2 Bausteine der Lösungsentwicklung

Im Folgenden sind einzelne Bausteine grafisch dargestellt (siehe Abbildung 2 bis Abbildung 5):

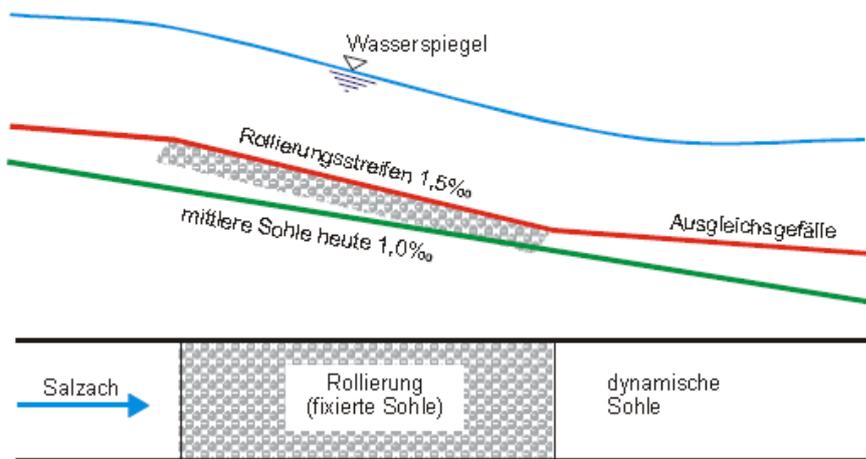


Abbildung 2: Sohlrollierungsstreifen, Schemaskizze

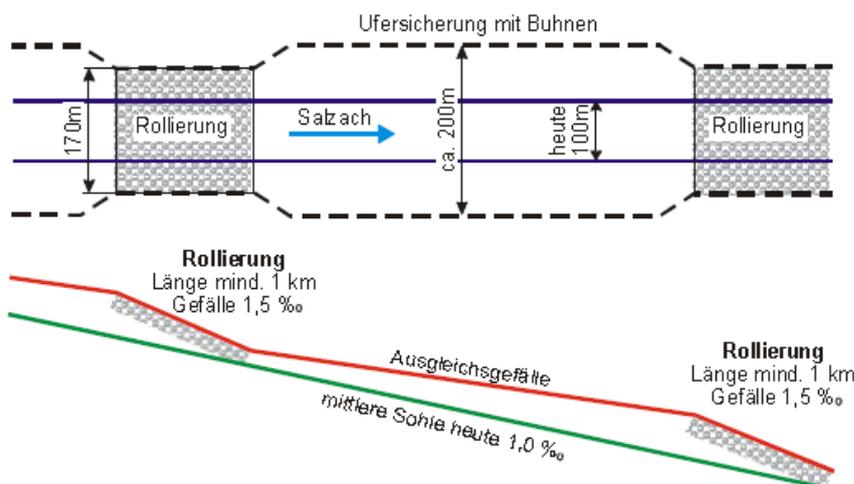


Abbildung 3: Aufweitung und Sohlrollierung, Schemaskizze

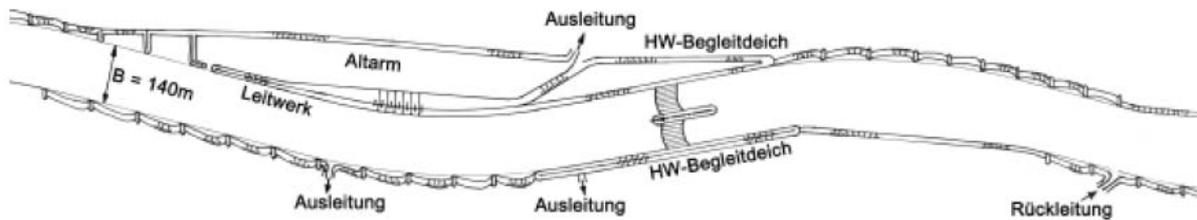


Abbildung 4: Sohlrampe mit Mäanderstrecke, Schemaskizze

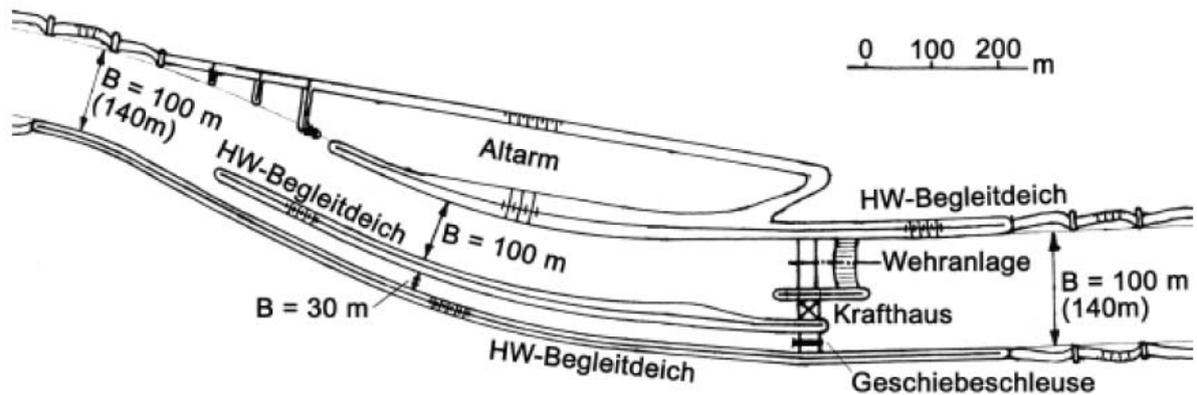


Abbildung 5: Stützkraftstufe, Schemaskizze

2.4.1.3 Drei Lösungsansätze für die Gesamtstrecke der Salzach werden entwickelt:

2.4.1.3.1 Variante 2 – Flussbettaufweitung

Freilassinger und Tittmoninger Becken: Verbreiterung des Flussbetts, Nutzung des Geschiebepotenzials aus den Aufweitungsstrecken, Überflutungsflächengewinn, Deichrückverlegung

in den Engen: Stabilisierung des Flussbetts durch Rollierung, Laufen (5 km), Nonnreit (14 km)

Gewässermorphologie der alternierenden Kiesbänke, Geschiebeeintrag: 40.000 m³/a bzw. 20.000 m³/a

2.4.1.3.2 Variante 2/3 – Blocksteinrampe, Flussbettaufweitung

Blocksteinrampen nach Schauberger zur Sohlstützung, Elemente der Variantengruppe 2 enthalten, Aufweitungen geringer als bei Variante 2

in den Engen: gleich wie Variante 2 und Rampen

in den Becken: Gewässermorphologie des mäandrierenden Laufs

2.4.1.3.3 Variante 2/4 – Stützkraftstufen und Flussbettaufweitung

Verbreiterung des Flussbetts

Stützung mittels Stützkraftstufen zur Energieerzeugung

in den Engen: gleich wie Variante 2

Gewässermorphologie, wenn kein Stau: alternierende Kiesbänke oder mäandrierender Lauf möglich

2.4.1.4 Beurteilung

2.4.1.4.1 Variante 2

Rollierung schwierig einzubringen, hohe Kosten für Material (900.000 m³ bei 50 cm Schichtdicke und 5 km in Laufener Enge und 14 km in Nonnreiter Enge) und Arbeit, Wasserspiegelanstieg durch Schichtdicke und die vergrößerte Sohlrauigkeit und daher Erhöhung der HW-Gefahr

Lösung für die Engen: Sohlrollierungsstreifen

Aufweitung in den Becken: breiter und relativ gestreckter Verlauf wird angestrebt, sonst keine alternierenden sondern stationäre Kiesbänke an den Kurveninnenseiten, bei 40.000 m³ Geschiebe pro Jahr muss Breite 200 m sein, sonst Eintiefung

Um der Salzach keine entsprechende Morphologie aufzuzwingen, wird keine geschwungene mäandrierende Linienführung bei Variante 2 angestrebt.

Die Aufweitung alleine ohne zusätzliche Sohlstützmaßnahmen würde zu weiteren Eintiefungen führen. Daher gibt es die Idee die Sohle stärker anzuheben.

Flussauf Laufener Enge: Sohlhebung um 1.20 m, Rollierung in Enge sonst Eintiefung, überschüssiges Kiesvolumen aus Aufweitung wird als Reserve auf die Sohle aufgebracht und dient als zusätzlicher Geschiebeeintrag für das Tittmoninger Becken.

Der Nachteil dabei: vollständige maschinelle Herstellung, anfänglich höheres Gefälle im Freilassinger Becken kann Erosionsrinne erzeugen und die Breite von 200 m würde nicht erreicht werden. Sensitivität bezüglich der tatsächlich erreichten Sohlage hoch (Bei Fehleinschätzung des Ausgleichsgefälles von 0.1 ‰ nach 10 km 1 m in Höhe im Freilassinger Becken, ± 2.2 m im Tittmoninger Becken, Fehleinschätzungen leicht möglich durch andere Korngrößen).

Lösung für die Becken: durchgehende Sohlverbreiterung, Sohlrollierungsstreifen (dadurch kürzere Abschnitte und somit geringere Sensitivität bezüglich Fehlern in der Prognose des Sohlgefälles)

2.4.1.4.2 Variante 2/3

Im ersten Lösungskonzept ist eine Sicherung der gesamten Strecke mittels Rampen vorgesehen und in den Becken zusätzlich eine Verbreiterung.

Allerdings scheiden die Rampen in den Engen aus, weil: wenig Platz, Wasserspiegelanhebung bei HW, niedrige Rampen ineffektiv, Umgehung für Schiffe wegen Platzmangen unmöglich

Lösung für die Engen: Rollierung wie bei Variante 2

Im Freilassinger Becken ist das aktuelle Sohlmaterial wesentlich gröber (mittlerer Korndurchmesser 25 mm) als das Material aus den Aufweitungsbereichen (20 mm). Das Ausgleichsgefälle würde zwischen den Rampen flacher werden, wodurch die Rampenhöhen und -standorte neu überlegt werden müssen.

Blocksteinrampen in den Becken (2 im Freilassinger , 4 im Tittmoninger) für Auenanbindung. Anbindung funktioniert, aber Wasserspiegel erhöht sich, sodass HW-Gefahr für Siedlungen und Verkehrsflächen besteht

Lösung für die Becken: Verbreiterung und in jedem Becken 2 Rampen, im Tittmoninger zusätzlich Sollierungsstreifen

2.4.1.4.3 Variante 2/4

Keine Stützkraftstufen weil: Rutschhang am Haunsberg; bei Situierung im Freilassinger Becken negativer Einfluss auf Geschiebeeintrag und Sohlentwicklung in Tittmoninger Becken; Probleme bei Geschiebetransport und aus ökologischer und naturschutzfachlicher Sicht

2.4.1.5 Kombinationssvarianten

Aus den Basisvarianten (2, 2/3, 2/4) wurden Kombinationen abgeleitet.

2.4.1.5.1 Variante 2-2/3 – Variation aus den Varianten 2 und 2/3

im Feilassinger und Tittmoninger Becken: entspricht Variante 2/3

von Laufener Enge bis flussab Tittmoning: entspricht Variante 2

2.4.1.5.1.1 Freilassinger Becken

- Hebung der Sohlen- und Spiegellagen, weil Tiefenerosion weit fortgeschritten ist, dadurch bessere Auenanbindung
- im Gegenzug aber keine freie Fließstrecke

Begründung und Vorteil gegenüber den Varianten 2 und 2/3:

- kleinerer Flächenbedarf
- höherer Grundwasserspiegel im Nieder- und Mittelwasserbereich und dadurch bessere Auenanbindung
- Dauerdotation der Nebengewässer
- geringere Realisierungs- und Instandhaltungskosten
- Rampen ermöglichen gesicherte Anhebung der Flusssohle und abschnittsweise höhere Nieder- und Mittelwasserspiegellagen

2.4.1.5.1.2 Tittmoninger Becken

- Aufweitung wie bei Variante 2/3

Begründung und Vorteil gegenüber den Varianten 2 und 2/3:

- Eintiefung nur mäßig vorangeschritten
- bessere Überflutung der Auen
- höhere Wasserspiegel
- freie Fließstrecke, bei Variante 2/3 nur von Fkm 33.8 bis Mündung in den Inn, bei Variante 2 von Fkm 51.9 bis Mündung in den Inn
- geringerer Flächenbedarf

- Erneuerung der Brücke bei Fkm 27 nicht erforderlich, nur Adaptierung des Pfeilers am linken Ufer
- kein Erfordernis an Geschiebepotenzial aus Seitenerosion
- geringere Realisierungs- und Instandhaltungskosten

2.5 WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENUNTERSUCHUNG SALZACH – ZUSAMMENFASSENDER DARSTELLUNG UND BEWERTUNG DER LÖSUNGSVARIANTEN

Hengl Michael, Platzer Gerhard, Stephan Ursula, Spannring Michael

September 2001

2.5.1 ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Bericht befasst sich mit der Darstellung von konkreten machbaren Lösungsmöglichkeiten zur Behebung der Probleme an der Salzach.

Ziele

- fortschreitende Eintiefung der Salzach zumindest zu stoppen bzw. soweit möglich in einen kontrollierten Sohlhebungsprozess überzuführen und auch rückschreitende Erosion in die flussauf anschließenden Fließstrecken der Saalach und der Salzach reichen, zuverlässig zu beseitigen
- Auenanbindung
- HW-Schutz für Siedlungs- und Verkehrsflächen
- dynamische Sohlstabilität

Die Lösungsvarianten werden auf generellem Planungsniveau beschrieben.

2.5.1.1 Varianten

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Varianten samt Version und Name.

Tabelle 3: Übersicht über die möglichen Varianten

Variantenbezeichnung	Version	Variantenname
Variante 2	nur eine Version vorhanden	Flussbettaufweitung
Variante 2/3	Version 2 Version 3	Blocksteinrampen und Flussbettaufweitung
Variante 2-2/3	Version 1 Version 2	Kombinationsvariante

Geschiebeeintrag in die Untersuchungsstrecke: durchschnittlich 40.000 m³/a

siehe Kapitel 2.6.7

2.5.1.1.1 Variante 2:

- flussmorphologischer Typ „Alternierende Kiesbänke“
- freie Fließstrecke im gesamten Abschnitt ohne Fließwechsel
- Sohlverbreiterungen auf bis zu 200 m im Freilassinger und Tittmoninger Becken (siehe Tabelle 4)
- Sohlrollierungsstreifen in den Engen (Gefälle von 1.5 ‰)

- Neue Ufersicherungen erfolgen mit Buhnen und einer tiefergelegten, kiesüberdeckten Längsrollierung zwischen den Buhnen. Weil zuverlässiger Schutz gegen ein Ausbrechen der Salzach und Zulassen einer Uferdynamik (siehe Abbildung 6)
- Rollierungsstreifen: 1-3 km lang, 1,5 ‰ Gefälle, Steinbruchmaterial 15 cm Durchmesser, $k_{St} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, sie werden in Abständen von 1,8 bis 5,8 km (in Summe neun Rollierungsstreifen) angeordnet
- Hochwasserabfluss über die Au, Abflüsse ab HQ_1 ($Q = 1150 \text{ m}^3/\text{s}$) sollen ausufernd sein.

Tabelle 4: Sohlbreiten Variante 2

Fluss-km	Breite [m]	Fluss-km	Breite [m]	Fluss-km	Breite [m]
59,300	180	48,400	Ist	35,800	190
55,800	180	46,000	Ist	35,600	170
55,600	200	45,800	Ist	34,400	170
54,000	200	45,600	Ist	34,200	190
53,800	180	45,400	Ist	30,800	190
53,200	180	45,200	Ist	30,600	170
53,000	160	45,000	Ist	29,400	170
52,400	160	44,800	Ist	29,200	200
52,200	180	44,600	105	23,800	200
50,800	180	44,400	117	23,600	180
50,600	160	44,200	129	22,000	108
50,000	160	44,000	140	21,800	98
49,200	128	42,200	140	21,600	87
49,000	110	42,000	110	21,400	Ist
48,800	Ist	40,000	190	0,000	Ist
48,600	Ist	39,800	190		

Anmerkung: grau hinterlegte Bereiche kennzeichnen Abschnitte mit Sohlrollierung

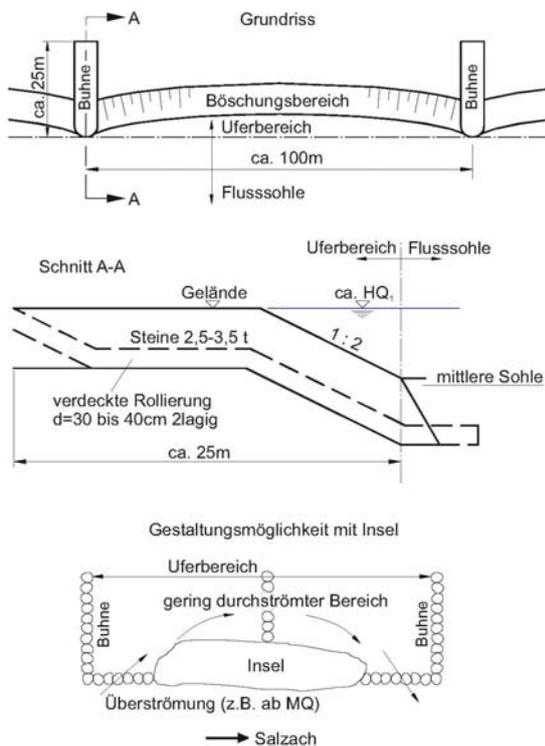


Abbildung 6: Ufersicherung mit Buhnen, Variante 2

Die Nebengewässerdaten bei der Umsetzung von Variante 2 sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Nebengewässerdaten, Variante 2

	Freilassinger Becken - Österreich	Freilassinger Becken - Bayern	Tittmoninger Becken - Bayern	Tittmoninger Becken - Österreich
Ausleitung bei	Fluss-km 56,7	Fluss-km 55,6	Fluss-km 38,6	Fluss-km 34,6
Höhe Flusssohle	398,65 m ü.NN	397,55 m ü.NN	378,4 m ü.NN	374,1 m ü.NN
Höhe Ausleitung	398,70 m ü.NN	398,30 m ü.NN	378,4 m ü.NN	374,1 m ü.NN
mittlere Breiten	4 m	5 bis 9 m ¹⁾	5 bis 7 m	5 m
mittlere Gefälle	0,65 bis 2 ‰	0,3 bis 1,7 ‰ ¹⁾	0,5 bis 1,5 ‰	0,6 ‰
Möglichkeit der Verlegung durch Kiesbänke	ja	ja	ja	nein
Abfluss Salzach [m ³ /s]	Abfluss Nebengewässer [m ³ /s]	Abfluss Nebengewässer [m ³ /s]	Abfluss Nebengewässer [m ³ /s]	Abfluss Nebengewässer [m ³ /s]
	Planung / Ziel	Planung / Ziel	Planung / Ziel	Planung / Ziel
100	1,5 / 1,0	0,0 / 0	2,0 / 2,0	1,5 / 1,0
300	5,0 / 3,5	1,0 / 0	5,0 / 5,0	5,0 / 4,0
500	10,0 / 7,5	3,0 / 1,0	9,0 / 10,0	10,0 / 8,0
1.200	30,0 / 23,0	13,0 / 20,0	30,0 / 30,0	30,0 / 25,0

¹⁾ größere Breite und größeres Gefälle ab Verbindung mit dem Mittergraben

2.5.1.1.2 Variante 2/3

- freie Fließstrecke vom Tittmoninger Becken bei 33.8 bis zur gesamten Nonnreiter Enge
- flussauf davon freie Fließstrecke mit Wasserspiegelabtreppungen und Fließwechsel an den Blocksteinrampen, kein Aufstau
- 4 Blocksteinrampen in den Becken und flussab davon Mäanderstrecke (initiiert durch Buhnen), die Höhenangaben der Rampen sind in Tabelle 7 zusammengefasst
- Sohlaufweitung in den Becken um 40 % (siehe Tabelle 6)
- Ufersicherung durch verdeckte Längsrollierung und Buhnen
- Sohlrollierungsstreifen in den Engen

Tabelle 6: Sohlbreiten Variante 2/3

Fluss-km	Breite [m]	Fluss-km	Breite [m]	Fluss-km	Breite [m]
59,300	130	44,600	105	30,000	120
56,200	130	44,200	120	29,000	120
55,400	140	44,000	120	28,800	140
52,000	140	43,600	120	26,800	140
51,800	130	43,400	124	26,600	120
49,600	130	43,200	132	25,600	120
49,400	110	43,000	140	25,400	140
49,000	110	39,400	140	23,200	140
48,800	102	39,200	150	23,000	120
48,600	Ist	37,600	150	22,600	120
48,400	Ist	37,400	140	22,400	115
46,000	Ist	33,800	140	22,000	105
45,800	Ist	33,600	140	21,400	Ist
44,800	Ist	30,200	140	0,000	Ist

Anmerkung: grau hinterlegte Bereiche kennzeichnen Abschnitte mit Sohlrollierung

Tabelle 7: Höhenangaben zu den Rampen Variante 2/3

Rampe Fluss-km	Höhe der Krone [m ü.NN]	Rampenhöhe [m]	Spiegeldifferenz bei Q = 300 m³/s [m]
55,385	398,00	3,00	1,80
51,900	394,20	3,00	2,30
39,404	380,70	3,20	2,60
33,820	374,80	2,50	2,60

Version 2: Umgebungsgewässer im Bereich der Rampen (eigene Gewässer im Vorland), dadurch bessere Durchgängigkeit, geringere Sohlbeanspruchung.

Version 3: Ufer tiefer als bei Version 2 (Retentionsraum genutzt, HW-Situation verschärft)

2.5.1.1.3 Kombinationsvariante 2-2/3

Dies Variante leitet sich aus den Vorzügen der beiden Basisvarianten 2 und 2/3 ab.

- in den Engen Sohlrollierungsstreifen
- Freilassinger Becken: Variante 2/3 – Blocksteinrampen Aufweitung
- Tittmoninger Becken: Variante 2 – Sohlrollierung, Aufweitung

Die Aufweitungsbreiten sind in Tabelle 8 zu sehen.

Es gibt zwei Versionen (1 und 2), die sich in der Breite des Umgehungsgerinnes bei den Rampen unterscheiden.

Tabelle 8: Sohlbreiten Kombinationsvariante 2-2/3

Fluss-km	Breite [m]	Fluss-km	Breite [m]	Fluss-km	Breite [m]
59,300	130	44,600	105	29,200	180
56,200	130	44,200	129	28,000	180
55,400	140	44,000	140	27,800	170
52,000	140	42,200	140	26,800	140
51,800	130	42,000	110	26,600	120
49,600	130	40,000	190	25,600	120
49,400	110	39,800	190	25,400	140
49,000	110	35,800	190	23,200	140
48,800	102	35,600	170	23,000	120
48,600	Ist	34,400	170	22,600	120
48,400	Ist	34,200	190	22,400	115
46,000	Ist	30,800	190	22,000	105
45,800	Ist	30,600	170	21,400	Ist
44,800	Ist	29,400	170	0,000	Ist

Anmerkung: grau hinterlegte Bereiche kennzeichnen Abschnitte mit Sohlrollierung

Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ergibt sich für die Variante Blocksteinrampen und Flussbettaufweitung (Variante 2/3) die beste Bewertung, dies gilt auch für die Kosten. Aus interdisziplinärer Sicht (Wasserwirtschaft und Ökologie) ist die aus den beiden Basisvarianten 2 und 2/3 bausteinartig zusammengesetzte Kombinationsvariante (Variante 2-2/3) zu bevorzugen.

Die Nebengewässeranzahl für alle drei Varianten sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Anzahl der Nebengewässer

	dauernd dotierte Seitenarme		periodisch dotierte Nebengewässer	
	Freilassinger Becken	Tittmoninger Becken	Freilassinger Becken	Tittmoninger Becken
Ziel Ökologie	1	2	1	0
Variante 2	1	2	1	0
Variante 2/3				
Version 2	3	4	2	0
Version 3	1	2	2	0
Variante 2-2/3	2	2	1	0

2.6 WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENUNTERSUCHUNG SALZACH - GESCHIEBETRANSPORTMODELLIERUNG

Stephan Ursula, Hengl Michael, Hartmann Sven, Otto Alfred, Hunziker Roni

Februar 2002

2.6.1 ZUSAMMENFASSUNG

Um die Fülle der Ergebnisse der Rahmenuntersuchung der interessierten Öffentlichkeit und der Fachwelt zugänglich zu machen, dient eine eigene Schriftenreihe bestehend aus einem zusammenfassenden Bericht und 11 Fachberichten. Der zusammenfassende Bericht vermittelt einen Überblick über die flussmorphologischen und gewässerökologischen Probleme der Salzach, die Konzeption und Durchführung der Planung sowie die erarbeiteten Lösungen. Die übrigen Berichte informieren vor allem über die Erhebung und Verwertung der Grundlagen, die Entwicklung und Anwendung der eingesetzten Methoden und Instrumente sowie die Bewertung der Varianten und Lösungen.

2.6.2 PROBLEM

- Anfang 19. Jhd.: Jährliche Überschwemmungen
- 1820: Staatsvertrag über Begradigung, Geschiebeablagerung wegen zu großer Ausbaubreiten
- 1873: Reduzierung der Ausbaubreite, Erfolg an Saalach, Anstieg der Jahresmittelwässer an Salzach
- 1903: Eintiefungstendenz festgestellt (wegen Baggerungen)
- 1993: Bohrungen zeigen Kiesauflage von tw. nur 1 m, durchschnittliche 1-3 m flussab v. Sbg.
- 2002: Eintiefung 4-5 cm/a, größte Eintiefung unterhalb der Saalachmündung 4-5 m

2.6.3 MODELLIERUNG

Für die Berechnung der Sohlerwicklung kommen zwei 1D-Sedimenttransportmodelle zum Einsatz. Das Institut für Wasserwesen an der Universität der Bundeswehr München verwendet im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft das Modell SEDICOUP. Die österreichische Seite verwendet das in der Schweiz entwickelte Modell MORMO.

Derzeit sind nur relativ einfache Module zur Berechnung der Wasserspiegellagen enthalten. Deswegen wird vorweg mit FLOODSIM (=Hydro_AS-2D), einem 2D-Strömungsmodell, die Wasserspiegellagenberechnung durchgeführt.

Ein **Sedimenttransportmodell** für die Grenzgewässerstrecke soll entwickelt werden. Auftraggeber: Land Salzburg im Juli 1997, Auftragnehmer: Ingenieurbüro Hunziker, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Wien und das Institut für Wasserbau und hydrometrische Prüfung im Bundesamt für Wasserwirtschaft (IWB)

Basis für diverse Weiterentwicklungen: das an der ETH Zürich entwickelte Modell MORMO

Projektkoordination: IWB

Weiters soll die **Sohlerwicklung** der Salzach untersucht werden.

Auftraggeber: Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW)

Auftragnehmer: das Institut für Wasserwesen (IfW) der Universität der Bundeswehr München

Basis: SEDICOUP vom Iowa Institute of Hydraulic Research und dem Laboratoire d'Hydraulique de France (LHF)

Beide Modelle unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der Berechnung der Hydraulik als auch der Transportprozesse mitunter deutlich. Während MORMO die Strömung quasistationär betrachtet und in einem kompakten Querschnitt modelliert, wird in SEDICOUP die Instationarität des Abflussvorganges erhalten und der Querschnitt in Streifen untergliedert (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Gegenüberstellung der Modellansätze

SEDICOUP	MORMO
Hydraulik	
instationär	quasistationär
implizit	explizit
Querschnitt wird in Streifen unterteilt	kompakter Querschnitt (hydraulischer Radius)
$k_{St,Sohle} = \frac{21,1}{(d_{90,D} \text{ bzw. } d_{90,I})^{1/6}}$	$k_{St,Sohle} = \frac{21,5}{(d_{m,D})^{1/6}}$
Sedimenttransport	
direkte Kopplung zur Hydraulik	entkoppelte Behandlung von Hydraulik und Transport
Meyer-Peter/Müller-Formel mit Korrekturfunktion nach Egiazaroff	Meyer-Peter/Müller-Formel mit Ausgleichsfunktion nach Hunziker
Mittelung der lokalen Geschiebetriebkurve in jedem Streifen eines Querprofils	Geschiebetriebkurve ermittelt für eine quasi-ebene Sohle (Ansatz von Zarn)
1-Schicht-Modell	2-Schicht-Modell (Transport über abgeplasterte Sohle)
Morphologie	
Über die Querschnittsform zu berücksichtigen	Ansatz von Zarn, Berechnung eines Ersatzgerinnes

MORMO: kürzere Rechenzeiten, bei Fließwechsel: Abschnittsuntergliederung

SEDICOUP: längere Rechenzeiten, bei Fließwechsel kann durchgehend modelliert werden

2.6.4 DATENGRUNDLAGE

Die umfangreichen Geschiebepben liefern ein heterogenes Bild, sodass Variationsrechnungen mit den unterschiedlichsten Datenkombinationen angestellt wurden.

Arten von Daten:

- Hydrographie: 15-Minuten Durchflussdaten, Modellkalibrierung mit Daten von Pegel Laufen (1977 bis 1995), Daten von 1951-1976 fließen erst in die Zeitreihen für die Prognosen ein, Pegelschlüssel bei Fkm 1.4
- Gewässergeometrie: Profildatensätze von 1953, 1959, 1969, 1975, 1977, 1981, 1985, 1992 und 1995; 1977-1995 als Kalibrierzeitraum, weil vorher Sohldurchschlag und Sohlstufen-Bau; Vorlandgeometrie aus einem digitalen Geländemodell
- Sohlmorphologie: US-Material aus Kiesbankproben und Bohrproben, US-Material und Schichtaufbau aus Bohrproben, DS-Material aus Kiesbankproben; Geschiebeentnahme

mittels Eimerkettenbagger. 66.000 m³/a Eintrag in die Untersuchungsstrecke (40.000 m³/a aus der Salzach, 26.000 m³/a aus der Saalach (1977-1992)); Sieblinien und Schichtaufbau aus Schürfgruben in den Vorländern.

2.6.5 MODELALKALIBRIERUNG

Die Sensitivitätsrechnungen zur Variation der gewässerspezifischen Parameter belegen die große Sensitivität der Veränderung des Kornmaterials auf das Ergebnis. Während die Veränderung des Abriebs, des Geschiebeeintrags, der Durchflussaufteilung, der Rauheiten oder des Größtkorndurchmessers der Sieblinien das Ergebnis eher geringfügig verändern, hat die Änderung der Kornzusammensetzung des Untergrundmaterials große Bedeutung auf den Gesamtabtrag.

2.6.6 UNTERSCHIED DER ERGEBNISSE ZWISCHEN MODELLEN

Aus der Bewertung ergeben sich keine grundlegend unterschiedlichen Tendenzen für beide Modelle. Aus dieser tendenziellen Übereinstimmung der Ergebnisse über große Bereiche des Untersuchungsgebietes wird abgeleitet, dass eine Verwendung beider Modelle (MORMO und SEDICOU) in der Abschlussphase der Entwurfsplanung nicht notwendig ist und entfallen kann. Zudem sind die vorhandenen Unterschiede interpretierbar. Die Erfahrungswerte sind somit ausreichend, um die Risiken hinreichend genau abzugrenzen. Die Verwendung lediglich eines Modells (MORMO) für die weiteren Berechnungen der letztlich vorgeschlagenen Lösungsvarianten Variante 2, Variante 2/3 sowie der Kombinationsvariante 2-2/3 wird deshalb als ausreichend erachtet.

2.6.7 LÖSUNGSVARIANTEN

Eine Übersicht über die Varianten gibt Abbildung 7.

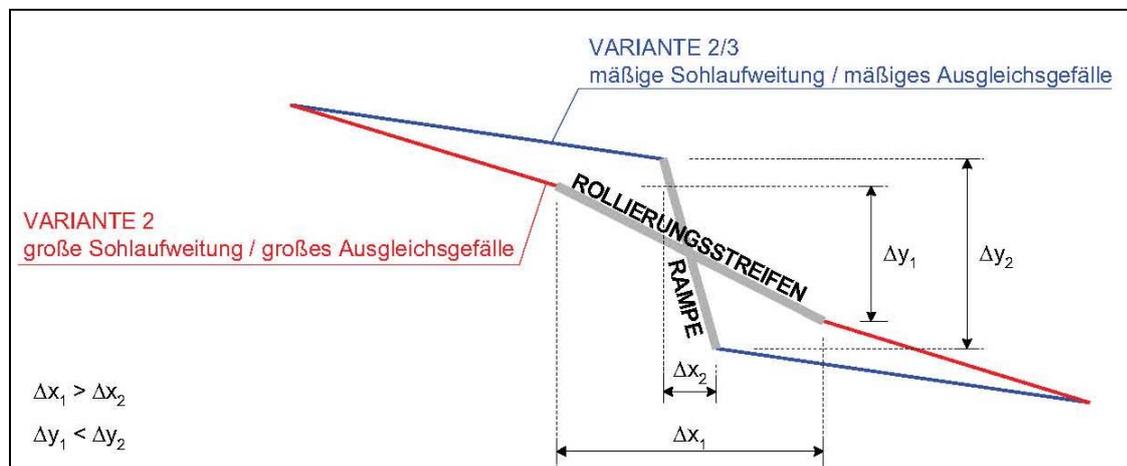


Abbildung 7: Lösungen zur Sohlstabilisierung an der Salzach

2.6.7.1 Variante 2 – Flussbetaufweitung

flussmorphologischer Typ „Alternierende Kiesbänke“, freie Fließstrecke im gesamten Abschnitt ohne Fließwechsel

- Sohlverbreiterungen auf 200 m im Freilassinger und Tittmoninger Becken

- Rollierungsstreifen: 1-3 km lang, 1.5 ‰ Gefälle, Steinbruchmaterial 15 cm Durchmesser, zweilagig, $k_{St} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, sie werden in Abständen von 1.8 bis 5.8 km (in Summe neun Rollierungsstreifen) angeordnet

Hochwasserabfluss über die Au, Abflüsse ab HQ₁ ($Q = 1.150 \text{ m}^3/\text{s}$) sollen ausufernd.

2.6.7.2 Variante 2/3 – Blocksteinrampen und Flussbettaufweitung

flussmorphologischer Typ „Mäander“, im oberen Tittmoninger Becken: Abtreppung des Wasserspiegels, freie Fließstrecke ohne Fließwechsel (Wechselsprung) der Unteren Salzach nur von der Mündung bis etwa Fkm 33

- Blocksteinrampen nach Schauburger: 1:12 geneigt, Wehrhöhe 30 cm, Abtreppung des Wasserspiegels und Fließwechsel
- Rollierungsstreifen: 0.8-3 km, 1.5 ‰ Gefälle, gleicher Aufbau wie bei Variante 2
- Sohlaufweitung durch Buhnen initiiert: 140 m im Freilassinger Becken, 150 m im Tittmoninger Becken

Vorteile im Freilassinger Becken:

- im Nieder- bis Mittelwasserbereich höhere Wasserspiegel- sowie Grundwasserspiegellagen
- dadurch bessere Auenanbindung

2.6.7.3 Kombinationsvariante 2-2/3

- Freilassinger Becken: Variante 2/3
- Tittmoninger Becken: Variante 2 bis Fkm 29.4
- Fkm 29.4-27.2: Übergangsbereich für die Sohlbreitenreduktion von 170 auf 140 m
- von Fkm 27.2 flussabwärts ist der Entwurf wieder mit der Variante 2/3 identisch

Die Vorteile für das Freilassinger Becken zur Sohl- und Spiegelanhebung nutzend empfiehlt es sich daher, zugunsten einer besseren Auenanbindung auf die Erhaltung der freien Fließstrecke ohne Fließwechsel im oberen Becken zu verzichten und Variante 2/3 im Freilassinger und im Wesentlichen Variante 2 im Tittmoninger Becken umzusetzen.

2.6.7.4 Allgemein

Die Sohlaufweitung sieht vor, das aus der Aufweitung anfallende Material zur Sohlanhebung zu verwenden und damit die Kiesüberdeckung zum Schutz gegen Sohldurchschlag zu vergrößern. Überschüssiges Material dient zur temporären Erhöhung des Geschiebetransports.

Lange Teilstrecken ohne Stützstellen stellen ein großes Risiko bezüglich der Fehleinschätzung einer Sohlentwicklung dar. Wird das Sohlgefälle auf einer Strecke von 10 km um lediglich 0.1 ‰ falsch prognostiziert, so ergibt dies eine Veränderung der Sohle in dem von der Stützstelle 10 km entfernten Punkt um bereits 1 m. Die Entwurfsoptimierung der Varianten sah daher vor, die der freien Flussentwicklung zur Verfügung stehenden Abschnitte in den Beckenlandschaften zu verkürzen und gleichzeitig höhenfixierte Strecken in Form von Rollierungsstreifen anzuordnen. Eine punktuelle Fixierung der Sohle in Form von Schwellen führte dabei zu keinem befriedigenden Ergebnis. Die Rollierungsstreifen dienen einerseits der Verkürzung der frei entwickelbaren Flussstrecken, andererseits aber - wie auch die Blocksteinrampen - durch ihr

Gefälle von 1.5 ‰ der Gefällskonzentration. Allerdings verursachen sie keinen Fließwechsel wie die Rampenbauwerke.

2.7 WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENUNTERSUCHUNG SALZACH – FACHBERICHT 7, MORPHOLOGISCHE AUSWIRKUNG VON AUFWEITUNGEN AN DER SALZACH – INGENIEURPRAKTISCHE BERECHNUNG UND PHYSIKALISCHE MODELLIERUNG

Bechteler Wilhelm, Wieprecht Silke, Hartmann Sven

März 2002

2.7.1 ZUSAMMENFASSUNG

Aufweitungsbreiten auf der Basis unterschiedlicher Berechnungsansätze werden ermittelt, die Eingang in die Geschiebetransportmodellierung finden. Zur Absicherung der Ergebnisse wurde ein physikalisches Modell entwickelt und zwei Jahre lang betrieben. Weiters wurden die mathematischen Modelle SEDICOUP und MORMO verwendet.

Es wurde eine dem Freilassinger Becken entsprechende Situation nachgebildet.

Bei Aufweitungsmaßnahmen müssen keine Querbauwerke errichtet werden. Sie stellen daher naturnahe, morphologisch dynamische Lösungsvarianten dar, wo sich Kiesflächen ausbilden können (Veränderung der Sohlenlage).

Geschiebezusammensetzung und in die Untersuchungsstrecke eingetragene Mengen unterscheiden sich teilweise von den zum Abschluss der WRS erarbeiteten Werten. Die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Bemessung von Aufweitungsbreiten werden vom Ingenieurbüro Wieprecht in wasserbautechnischen Untersuchungen berücksichtigt.

Bei der Vorbemessung wurde mit vereinfachten Hilfsmitteln gearbeitet:

- stationär
- keine dynamischen Prozesse wie z.B. Deckschichtbildung berücksichtigt
- Berechnung mit charakteristischen Korndurchmessern

Die sich daraus ergebenden Unsicherheiten führen zur Forderung nach einem physikalischen Modellversuch.

Im zweiten Kapitel werden physikalische und mathematische Modelle beschrieben und Vor- und Nachteile werden aufgezeigt.

Im dritten Kapitel wird das physikalische Modell der „Flussaufweitung an der Salzach“ behandelt. Gleicher Modellmaßstab 1:50 und gleiches Sohlenmaterial wie bei Kapitel 2.8. Sohlenbreite von derzeit 98 m und 160 m (aufgeweitet) wurden untersucht. Die Modelllänge ist 50 m, das entspricht 2.5 km in der Natur. Aussagen zu folgenden Parametern waren das Ziel:

- Bewegungsbeginn: Veränderung und Größenordnung
- Transportkapazität bei Aufweitung
- Entwicklung flussmorphologischer Strukturen
- Abpflasterungserscheinungen?
- Entwicklung der Seitenerosion in der Verziegungsstrecke in Demonstrationsversuch

Ergebnis: Geschiebetransport lässt sich nur mit instationären Modellen ausreichend beschreiben. Qualitative Aussagen lassen sich leichter treffen als quantitative. Durch die größere

Abflussbreite wird die Wassertiefe reduziert, ob die Sohlenbeanspruchung über die gesamte (vergrößerte) Breite gesehen tatsächlich geringer wird ist nicht erwiesen. Veränderungen der Morphologie und des Geschiebehaltungs sind nur langfristig und oftmals nur tendenziell zu bestimmen. Es gibt eindeutige Aussagen zur Veränderung und Größenordnung des Bewegungsbeginns. Sporadischer Transport auch unter $200 \text{ m}^3/\text{s}$, Abfluss bei Bewegungsbeginn $300 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei 160 m Gerinnebreite ergab der Modellversuch Transport auch bei $265 \text{ m}^3/\text{s}$ und Bewegungsbeginn bei $500 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die Veränderung der Transportkapazität in einer Aufweitung mit einer für die Salzach denkbaren Sohlenbreite wurde mittels stationärer Versuche untersucht. Dabei galten als Randbedingungen die Einhaltung des Sohlengefälles von 1 ‰, stationär-gleichförmiger Abfluss und betragsmäßig gleicher Geschiebeein- und -austrag.

Die Frage war, ob sich flussmorphologische Strukturen bilden. Kann sich aus den alternierenden Bänken ein verzweigtes Gerinne ausbilden? Der Versuch ergab, dass nach der Aufweitung weiterhin alternierende Bänke entstehen, dass aber für die Ausbildung von Kiesbänken Inhomogenität beim Eintrag bzw. sehr lange Versuchszeiten nötig sind.

Deckschichtbildung konnte im physikalischen Modell nachgewiesen werden, Naturbeobachtungen fehlen.

Weiters wurde die Entwicklung von Seitenerosion untersucht, wobei Erosion am unbefestigten Ufer und ausgeprägte Sedimentation unmittelbar flussab der Verziehung festgestellt wurde. Im HW-Fall gaben die unbefestigten Ufer deutlich nach und stabilisierten sich bei einer Breite, die deutlich geringer war als die anschließende Aufweitungsstrecke.

2.8 WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENUNTERSUCHUNG SALZACH (8) - PHYSIKALISCHES MODELL SOHLRAMPE MIT MÄANDERSTRECKE

Hengl Michael, Platzer Gerhard, Wibmer Karl, Ogris Harald, Krouzecky Norbert

März 2002

2.8.1 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel:

- Sohlstabilisierung von Saalachmündung bis Mündung in den Inn
- ökologische Anbindung in Freilassing und Tittmoninger Becken

Für die neuen flussbaulichen Lösungen gibt es noch keine praktischen Erfahrungen, wozu ein physikalisches Modell erforderlich ist.

Variante 2/3:

Blocksteinrampen (Doppelrampe nach Schauburger mit Mittelinsel) mit flussab anschließender Mäanderstrecke mit selbsttätiger Seitenerosion. Volumen von Auflandung flussauf und Seitenerosion flussab sollen gleiche sein. Begrenzung der Laufentwicklung an den Außenbögen der Mäander mit Buhnen.

Fragen für den Modellversuch:

- Möglichkeit der Initialisierung einer selbsttätigen Laufentwicklung vom gestreckten zum mäandrierenden Lauf
- Entwurfsgrundlagen für Mäanderstrecke und Geschiebefunktion ebendort
- Optimierung der Doppelrampe mit Mittelinsel

Aus den Modellergebnissen ergeben sich Empfehlungen für die Detailplanung:

Rampen: Zur Erzeugung einer geeigneten Abströmung im Unterwasser ist die Achse der Rampe im Außenbogen um 8° gegen die Achse der Rampe im Innenbogen zu verschwenken, sodass der Achsenschnittpunkt unterwasserseitig liegt. Die Achse der Rampe im Innenbogen soll parallel zur Tangente des ersten Mäanderbogens im Unterwasser liegen. Rampenneigung 1:12 (8.3%), Krone am Innenbogen um 30 cm tiefer als am Außenbogen; linke Rampenhälfte eben, rechte muldenförmig; Bogenradius im Grundriss 75 m; Nachbettschutz: muldenförmig, zweilagig, Muldentiefe 1.5 m, Länge 1.5-fache Rampenlänge, Rollierungsmaterial: Einzelsteingewicht 300-500 kg

Mäander: aus dem Modell sind folgende Mängel erkennbar: Mäanderwinkel von 18.6° zu groß, Mäanderlänge 1500 m zu klein --> 13° und 1650 m

Lenkungsbuhnen: Länge 30 m, Höhe bei Wasserspiegel von HQ₁ bis HQ₂, Abstand zwischen erster und zweiter Buhne: 300 m

Bei der Detailplanung erfolgt die Neudimensionierung des Längsprofils. Die Prüfung des Detailentwurfs erfolgt mit der Geschiebetransportformel nach Hunziker

2.9 SANIERUNG UNTERE SALZACH -

RAUMORDNUNGSVERFAHREN/RAUMVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG, ERLÄUTERUNGSBERICHT

Freistaat Bayern, Bundeswasserbauverwaltung von OÖ und Salzburg

September 2002

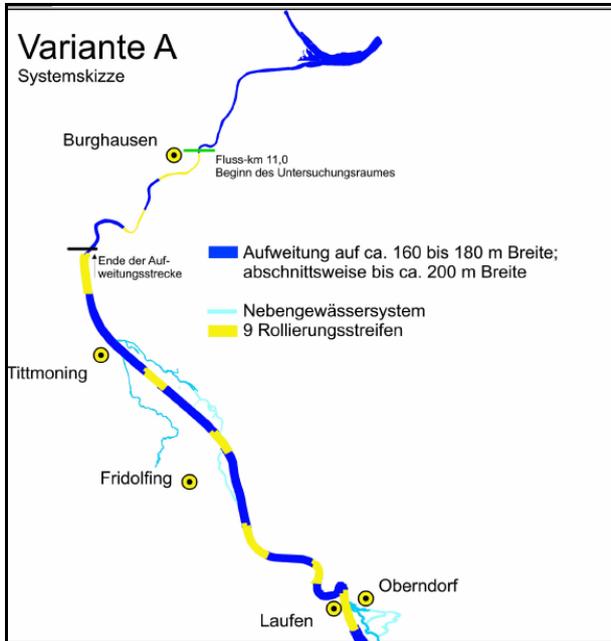


Abbildung 8: Ergebnis des Raumordnungsverfahrens 2002, Variante A

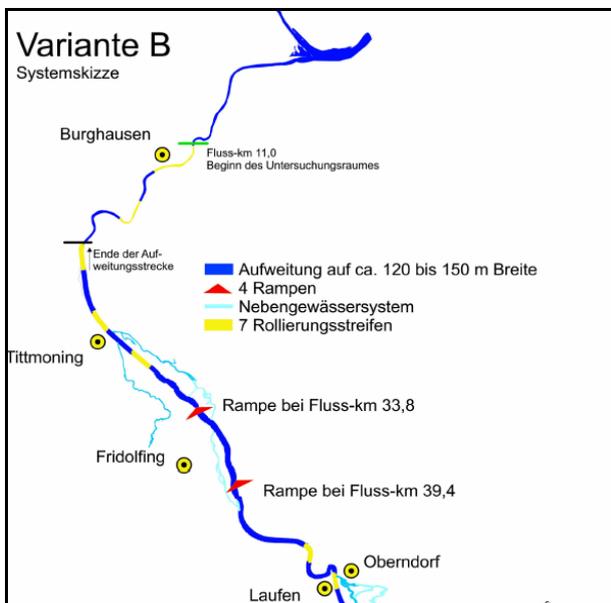


Abbildung 9: Ergebnis des Raumordnungsverfahrens 2002, Variante B

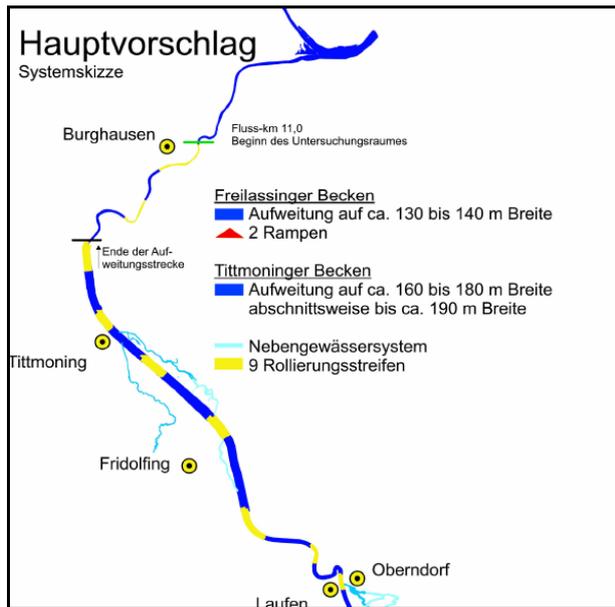


Abbildung 10: Ergebnis des Raumordnungsverfahrens 2002, Hauptvorschlag

2.10 RAUMORDNUNGSVERFAHREN FÜR DIE SANIERUNG UNTERE SALZACH

Motyl Michael, Regierung von Oberbayern

Juli 2003

2.10.1 ZUSAMMENFASSUNG

Im sog. Regensburger Vertrag vom 1. Dez. 1987 werden grenzüberschreitende wasserwirtschaftliche Fragen zwischen diesen beiden Ländern behandelt. Das dafür zuständige Arbeitsgremium ist seitdem die sog. „Ständige Gewässerkommission“. In deren Auftrag wurde die „Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach (WRS)“ erstellt, die die Grundlage für alle weiteren Verfahren zur Sanierung der Unteren Salzach bilden soll.

Das gemeinsame Projekt (von A und D) der Sanierung einer ca. 60 km langen freien Fließstrecke eines Gebirgsflusses ist das erste bedeutende grenzüberschreitende landesplanerische Projekt in diesem Raum (Untersuchungsraum Fkm 11-59.3).

Sohleintiefungen seit dem vorletzten Jahrhundert bewirken die Gefahr der Instabilität der im und am Fluss befindlichen Bauwerke. Das Sinken des Grundwasserspiegels hat eine Austrocknung der Aue und damit die Entkoppelung von Fluss und Auen zur Folge. Daraus ergibt sich auch Strukturarmut. Verstärkt werden diese negativen Auswirkungen durch die reduzierte Flussbreite, Laufstreckung und Uferverbauungen.

Mit dem Raumordnungsverfahren soll die raumordnerische Verträglichkeit überprüft werden.

2.10.2 MAßNAHMEN

Flussbettaufweitung, Sohlrampen, Bühnen und Sohlrollierungen und Ausleitungen von Wasser aus der Salzach in die Aue.

Gemeinsam sind den Varianten ein annähernd identisches Nebengewässersystem und die Deichrückverlagerung im Bereich der Gemeinde Fridolfing.

2.10.2.1 Variante A „Aufweitungsvariante“

orientiert sich am flussmorphologischen Typ „alternierende Kiesbänke“

Aufweitung und Stabilisierung der Flusssohle mit 9 Rollierungsstreifen (1 km lang, 1,5 ‰ Gefälle). Sohleintiefung kann gestoppt bzw. sogar umgekehrt werden. Natürliche dynamische Entwicklung im Flussbett soll ermöglicht werden.

- Aufweitung der Salzach im Tittmoninger und Freilassinger Becken von derzeit ca. 80 bis 120 m auf ca. 160 bis 180 m (in einzelnen Bereichen bis zu ca. 200 m)

am ökologischen Leitbild orientiert; käme der Situation vor der Korrektur am nächsten; würde eine sehr lange Zeit benötigt, um die erwünschten positiven Auswirkungen zu erzielen; Das Fließkontinuum der Salzach bliebe uneingeschränkt erhalten. Die durchgängige Verbreiterung in den Beckenlagen verbessert die Morphodynamik und schafft gute Voraussetzungen für Pionierstandorte.

Eingriffe auf nahezu der gesamten Länge des Untersuchungsraums; verbraucht und beeinflusst die geringste landwirtschaftliche Fläche; Naturschutzvereinigungen kritisierten die technischen Hilfsmittel (Rollierung, Uferbefestigung sind „versteinerte Bauweisen“) und sprechen deswegen von negativen Auswirkungen auf Forst und die Landschaft; nicht mehr die zeitlich angemessene Variante weil Eigendynamik des Flusses eingeschränkt ist.

Durch das August-Hochwasser 2002 besteht jedoch bei der Variante A im Freilassinger Becken mittlerweile ein erhebliches Risiko, dass die Wirksamkeit der Maßnahmen dort noch sichergestellt werden kann. Dies wird belegt durch zwei aktuelle Gutachten des Bayr. Landesamtes für Wasserwirtschaft und des Instituts für Wasserbau und hydrometrische Prüfung in Wien.

2.10.2.2 Variante B „Rampenlösung“

orientiert sich am flussmorphologischen Typ „Mäander“

Die Reduktion des Energieliniengefälles in Salzachlängsrichtung soll bei Hochwasserabflüssen die Sohlbeanspruchung vermindern. Mit den Sohlrampen lässt sich der Wasserspiegel der Salzach stärker anheben als mit Variante A. Das beschleunigt die natürlichen Ausuferungsmöglichkeiten und begünstigt die Ausleitungsmöglichkeiten von Flusswasser in die Aue.

- 4 Rampen: jeweils 2 im Freilassinger (Fkm 52 und 55.4) und im Tittmoninger Becken (Fkm 33.8 und 39.4)
- Aufweitung der Salzach in den beiden Becken auf ca. 120 bis 150 m Breite
- 7 Rollierungstreifen

Das Ziel „Optimierung der Auelebensräume“ wird besser als bei Variante A erreicht; fischpassierbar

2.10.2.3 Hauptvorschlag:

Kombination aus Aufweitungs- und Rampenlösung.

- Im Freilassinger Becken: Rampenlösung, 2 Rampen (Fkm 52 und 55.4), Aufweitung auf 130-140 m
- Tittmoninger Becken: Aufweitungslösung auf 160-180 m (in einzelnen Bereichen bis zu ca. 190 m), 9 Rollierungstreifen

2.10.3 BEURTEILUNG

Die geplante Sanierung der Unteren Salzach entspricht in Form der Variante A im Freilassinger Becken nicht den Erfordernissen der Raumordnung; die Variante B, der Hauptvorschlag und die Variante A im Tittmoninger Becken entsprechen bei Berücksichtigung folgender Maßgaben den Erfordernissen der Raumordnung:

- Natur und Landschaft, Bodenhaushalt, Forstwirtschaft, Landwirtschaft: Der Eingriff in den Naturhaushalt soll möglichst gering gehalten werden, für nachteilige Folgen sind Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahmen durchzuführen. Künstliche und/oder technische Bauwerke (Buhnen, Uferbefestigungen) sollen nur im unbedingt notwendigen Umfang errichtet werden. Abschnittsweise Durchführung der Baumaßnahmen zur Vermeidung der Beeinträchtigung der Waldfunktionen. Bei einer Deichrückverlegung soll der geplante Deich nördlich von Untergeisenfelden bis an die Auwaldgrenze nach Osten verlegt werden. Bei einer möglichen Polderlösung sollte der potentielle Retentionsraum möglichst optimal genutzt werden.
- Siedlungswesen: Die Detailplanung der Maßnahmen soll im Einvernehmen mit den Planungen der Gemeinden erfolgen.

- Erholung: Auf den geplanten Nebengewässern der Salzach soll ein Befahren mit Freizeitbooten nicht gestattet werden. Bei der Rampenlösung sollen Bootsgassen oder Umtragemöglichkeiten vorgesehen werden. Das vorhandene Wegesystem an der Salzach soll nach den Baumaßnahmen wieder entsprechend nutzbar sein.

Einige Gebietskörperschaften wie Landratsamt Berchtesgadener Land und Stadt Tittmoning, aber auch die beteiligten Grenzkraftwerke Simbach als mögliche spätere Nutzer, bemängeln, dass keine Nutzung für Wasserkraftanlagen vorgesehen sei. Zumindest sollten die Sanierungsmaßnahmen so ausgelegt sein, dass dadurch spätere Wasserkraftlösungen nicht verbaut würden. Nach den Unterlagen sind Wasserkraftanlagen als Sanierungsmaßnahmen nicht vorgesehen, sie sind aber auch nicht ausgeschlossen.

Die Salzburger Landesregierung hat bereits mit Beschluss vom 26. Juni 1995 festgelegt, dass die Arbeiten am Auenkonzept Salzburg-Nord nach der vorgelegten Variante C „Wiederherstellen eines naturnäheren Zustandes“ fortzuführen sind. Aus der Beilage zu diesem Regierungsbeschluss ist ersichtlich, dass die Variante C keine Kraftwerksnutzung einschließt. Eine solche wurde weder von der Salzburger Landesregierung noch anlässlich einer Veranstaltung des Salzburger Landtages in Erwägung gezogen. Dieser Regierungsbeschluss bedeutet eine Bindungswirkung an die Vollziehung, d.h., dass sowohl in privatwirtschaftlicher Hinsicht als auch im hoheitlichen Bereich keine Maßnahmen gesetzt werden dürfen, die diesen Zielsetzungen widersprechen. Die Landesbehörden sind somit in dieser Hinsicht bei der Durchführung eines naturschutzbehördlichen Verfahrens gebunden. Seitens der österreichischen Bundesregierung hat wurde am 01.12.1999 diesbezüglich dem Land Salzburg mitgeteilt: „Die Nutzung der Wasserkraft ist kein Aufgabenfeld der Bundeswasserbauverwaltung. Somit werden auch von ihr primär nur jene Lösungsvorschläge weiter in Betracht gezogen, die keine Wasserkraftwerke beinhalten.“ Da der Fluss hier Grenzfluss ist, erscheint eine alleinige Lösung nur auf bayerischer Seite nicht möglich.

2.11 SANIERUNG**UNTERE****SALZACH**

-

RAUMORDNUNGSVERFAHREN/RAUMVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG

Freistaat Bayern, Bundeswasserbauverwaltung von OÖ und Salzburg

September 2003

2.11.1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Maßnahmen auf österreichischem Staatsgebiet sind nicht Gegenstand des Raumordnungsverfahrens.

2.11.1.1 verwendete Bezugshöhen und Nullmeridiane im Koordinatensystem der beiden Staaten

Zur Darstellung wurden alle Daten in das bayrische Koordinatensystem (Gauß-Krüger bezogen auf Greenwich) übergeführt. Die Höhen aus dem Bezugssystem „über Adria“ wurden auf das Bezugssystem „über NN“ (Pegel Amsterdam) umgerechnet (üNN = ü.A. -27 cm). Siehe dazu Tabelle 11.

Tabelle 11: verwendete Bezugssysteme

	Bezugshöhe	Nullmeridian im Koordinatensystem
Österreich	Pegel von Triest	Ferro
Deutschland	Pegel von Amsterdam	Greenwich

2.11.1.2 Variantenbeschreibung

siehe Kapitel 2.10.

2.11.1.3 Grundlegende Voraussetzungen für die Maßnahme

Das sind unverzichtbare Forderungen für die Planung:

2.11.1.3.1 dynamische Sohlstabilität

Es soll ein dynamisches Gleichgewicht herrschen und eine ausreichende Kiesüberdeckung gewährleistet sein. Das Geschiebedargebot aus dem Einzugsgebiet soll verbessert werden. Die Flusssohle soll nicht abgepanzert oder abgeplastert werden, sondern langfristig (Jahrzehnte) um einen bestimmten Mittelwert schwanken und sich morphodynamisch entwickeln (Kolke, Bänke, Furte).

2.11.1.3.2 Hochwasserschutz für Siedlungs- und Verkehrsflächen

Schutz vor 100-jährlichen Ereignissen soll erhalten werden bei wichtigen Verkehrsverbindungen.

2.11.1.4 Art und Umfang des Vorhabens

Die erforderliche **Kiesüberdeckung** zur Vermeidung des Sohldurchschlags kann bei den Lösungsvarianten aufgrund des geforderten Hochwasserschutzes nicht überall erreicht werden (Sohlanhebung begrenzt). Bei lokalen Stellen kann sich das Gleichgewicht selbst einstellen bzw. kann ein Kolkschutz als Sicherung dienen. Bei längeren Strecken gibt es mehrere Möglichkeiten:

Rollierung, lokale Sicherungsmaßnahmen (Sofortmaßnahme), Untergrundauswechslung (kleinräumige Maßnahme).

Das **Nebengewässersystem** besteht aus Seitenarmen und Flutmulden. Damit es nachhaltig wirksam ist, gibt es folgende Vorgaben:

- Ausmündung vom Fluss in das Nebengewässer: strömungsgünstig und gesichert
- ingenieurbioologische Methoden zur Ufersicherung
- Sohlsicherungsmaßnahmen (Kornvergrößerung, Rampen) bei erosionsgefährdetem Untergrund oder zu großem Gefälle
- Einmündung vom Nebengewässer in den Fluss: trichterförmig, in flachem Winkel zur Hauptströmung

Retentionsraum, Organismenpassierbarkeit, Überströmung der Auen von Nebengewässern bei HQ₁, Geländeänderungen möglich

An Stellen, wo die Ufer aufgeweitet werden, sollen neue **Ufersicherungen** errichtet werden um eine unkontrollierte Laufverlagerung zu vermeiden. Dazu dienen Buhnen im Abstand von 100 m, senkrecht zur Fließrichtung angeordnet, 25 – 30 m lang. Zwischen den Buhnen ist eine verdeckte Längsrollierung vorgesehen (Steingröße 35-40 cm), weil ansonsten die Ufer angegriffen werden könnten und die Buhnen umströmt würden. In den Mäanderstrecken sollen die Buhnen rechtwinkelig auf die Mäanderachse ausgerichtet sein. Am Innenbogen der Mäander ist keine Ufersicherung erforderlich.

2.11.1.5 Hochwasserschutz

- Deichrückverlegung in Fridolfing bei Fkm 32.2 und 39.2
- Ringbedeichung des Ortsteils Au (Gemeinde St. Georgen) mit Anschluss an das Hochufer, bei Siggerwiesen (Kläranlage, Recyclinganlage, Deponie)
- Bedeichung Ortsteil Pabing (Gmd. Nussdorf), Ringdeich um Siedlung
- Rücklaufbedeichung in Laufen entlang des Stadtbaches
- Sanierung vorhandener Deiche

2.11.1.6 Schifffahrt

Bootsgassen sollen gewährleistet sein für einen Bootstyp mit 9.90 m, 2.47 m Breite, 0.23 m Tiefgang und 0.45 m Freibord. Neigung 1:20 oder flacher, Breite 2.60 m, Tiefe 1.20 m, Wassergeschwindigkeit 2.3-3.5 m/s

2.11.1.7 Haunsberg

Hangbewegungen sind seit mehreren Jahren bekannt, die zwischen Acharting und Weithwörth bis in den Talboden reichen. Die Rutschmassen liegen an mehreren Stellen direkt auf dem Salzburger Seeton auf. Es gibt oberflächlich sichtbare Hangbewegungen und eine Zunahme der Hangverformung nahe der Infrastruktureinrichtungen. Abhilfe durch Fassung und Ausleitung der Tiefenwässer (z.T. schon umgesetzt). Es wird ein Sicherheitsabstand von 100 m gehalten, innerhalb dessen keine Geländeänderungen > 1 m vorgenommen werden. Die Hochwasserspiegellagen sollen um nicht mehr als 1 m höher liegen als beim HW 1959.

2.12 SALZACH UMSETZUNGSKONZEPT – ABSCHLUSSBERICHT

Hengl Michael, Bamerßoi F., Spannring Michael

April 2005

2.12.1 ZUSAMMENFASSUNG

Der Bericht befasst sich mit der örtlichen und zeitlichen Abfolge der Umsetzungsschritte für die flussmorphologische Sanierung der Salzach von der Saalachmündung bis zum Inn sowie mit der Klärung von Hochwasserschutzproblemen in der Umsetzungsphase.

Es wird eine Maßnahmenumsetzung im Freilassinger Becken spätestens 2006 gefordert.

Im Detail wurden nur der Hauptvorschlag (HV) und die Rampenlösung (Variante B im ROV) untersucht. Statt der genaueren Untersuchung der Variante A, wurde der mit dem Hochwasser August 2002 eingetretene Sohldurchschlag und dessen Konsequenzen für die bisherigen Planungen in das Arbeitsprogramm aufgenommen. Außerdem konnte mit den zwischenzeitlich erfolgten Sohlmessungen das Geschiebetransportmodell ergänzend verifiziert werden. Darüber hinaus wurden die möglichen Auswirkungen einer temporären Geschiebezugabe auf die Sohlentwicklung der Salzach untersucht.

2.12.1.1 Modellierung

Die Durchführung der Wasserspiegellagenberechnung sowie die Ermittlung von Sohl Schubspannungen im Fluss und in den Vorländern für verschiedene Zustände im Abflussgebiet erfolgten mittels 2D-Strömungsmodell (HYDRO_AS-2D, Version 1.23, Büro SKI, München). Die Ermittlung der Sohlveränderungen infolge der schrittweisen Umsetzung von Maßnahmen erfolgte mittels 1D-Geschiebetransportmodell (MORMO 8.3, Institut für Wasserbau und hydrometrische Prüfung, Wien).

Die verwendeten Daten unterscheiden sich von denen der Wasserwirtschaftlichen Rahmenuntersuchung Salzach (WRS) durch deren Aktualität (Sohlgeometrie (Querprofile), Hydrologie (Abflussganglinien)).

Die Salzachsohle bis zum Beginn der Maßnahmenumsetzung wird abgeschätzt.

2.12.1.2 Varianten

2.12.1.2.1 Hauptvorschlag

Der Umsetzungszeitraum für den **Hauptvorschlag** beträgt 21 Jahre. Dieser Zeitraum enthält die Errichtung aller Querbauwerke (Rampen bzw. flächige Sohlstabilisierungsmaßnahmen) sowie das Entfernen der Ufersicherungen in den Aufweitungsbereichen (Abbildung 11).

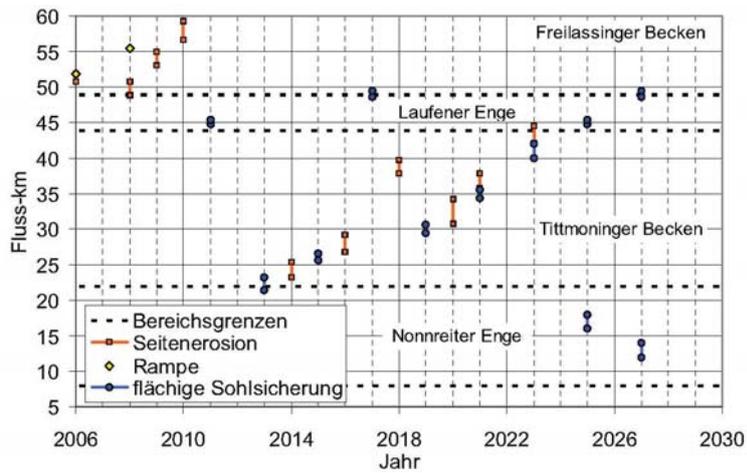


Abbildung 11: Hauptvorschlag – Umsetzungszeitrahmen 2006 bis 2027

Folgende Maßnahmen sind geplant:

- Rampen
 - Fkm 51.9
 - Fkm 55.4
 - Flächige Sohlsicherung
 - Fkm 45.4 bis 44.8
 - Fkm 23.0 bis 21.6
 - Fkm 26.6 bis 25.6
 - Fkm 49.4 bis 48.6
 - Fkm 30.6 bis 29.4
 - Fkm 35.6 bis 34.4
 - Fkm 42.0 bis 40.0
 - Fkm 18.0 bis 16.0
 - Fkm 11.0 bis 14.0
- Parallelaufweitung
 - Fkm 59.3 bis 57.2
 - Fkm 50.8 bis 48.8
 - Fkm 44.6 bis 42.2
 - Fkm 39.8 bis 37.8
 - Fkm 37.8 bis 35.8
 - Fkm 34.2 bis 30.8
 - Fkm 29.2 bis 26.8
 - Fkm 25.4 bis 23.2
- Mäanderbogen: Fkm 55.0 bis 53.0
- Mäanderbogen bzw. Parallelaufweitung: Fkm 51.4 bis 50.8

Abbildung 12 zeigt die zeitliche Entwicklung der Flussbreite auf Basis der Durchflussdaten 1955 bis 1972.

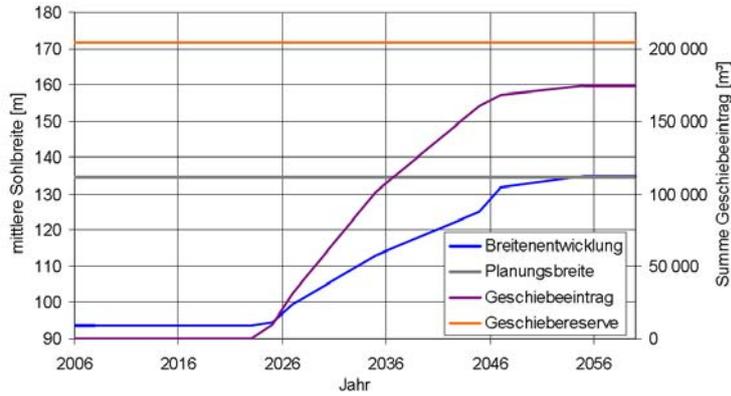


Abbildung 12: Hauptvorschlag – Zeitliche Entwicklung der Aufweitung und des Geschiebeeintrags im Abschnitt Fkm 44.6 bis Fkm 42.2

Für den Abschnitt Fkm 39.8 bis 37.8 wird angenommen, dass 2018 die Ufersicherung entfernt wird (Parallelaufweitung) und die Seitenerosion beginnt (siehe Abbildung 13). Wegen der zwischenzeitlichen starken Eintiefung wird in der Rechnung 2023 maschinell eingegriffen und die Gewässersohle in zwei Schritten auf die Planungsbreite gebracht. Das anfallende Kiesvolumen wird auf die Flusssohle aufgebracht.

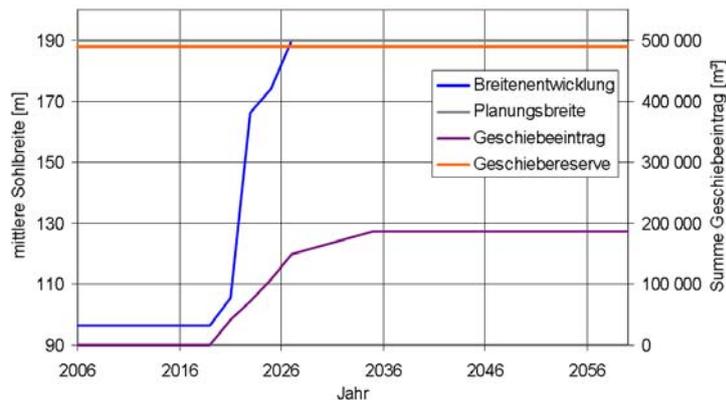


Abbildung 13: Hauptvorschlag – Zeitliche Entwicklung der Aufweitung und des Geschiebeeintrags im Abschnitt Fkm 39.8 bis Fkm 37.8

Ähnlich verhält es sich mit dem Abschnitt Fkm 37.8 bis Fkm 35.8 (siehe Abbildung 14).

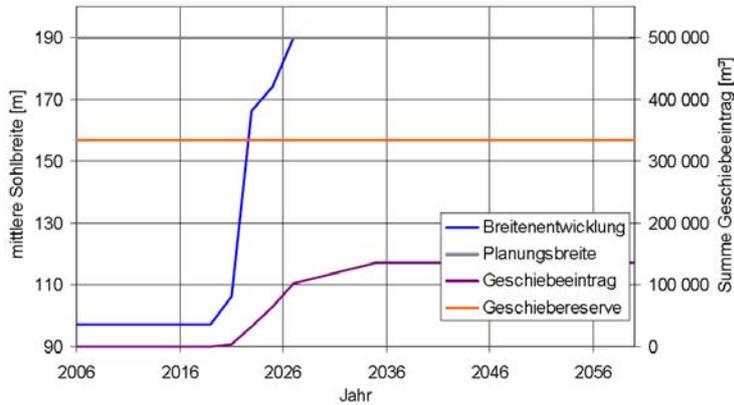


Abbildung 14: Hauptvorschlag – Zeitliche Entwicklung der Aufweitung und des Geschiebeeintrags im Abschnitt Fkm 37.8 bis Fkm 35.8

In der Rechnung erfolgt die Aufweitung von Abschnitt Fkm 34.2 bis Fkm 30.8 schrittweise bis zur Planungsbreite (Abbildung 15). Bei der mittleren Aufweitungsgeschwindigkeit von 3.9 m/a wird davon ausgegangen, dass zumindest ein Teil der Aufweitung maschinell erfolgen muss.

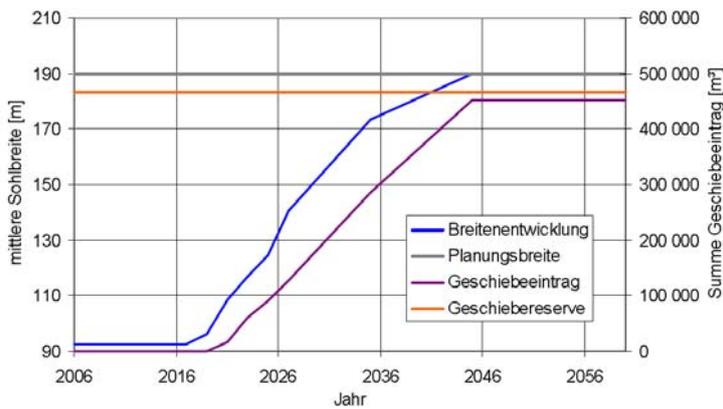


Abbildung 15: Hauptvorschlag – Zeitliche Entwicklung der Aufweitung und des Geschiebeeintrags im Abschnitt Fkm 34.2 bis Fkm 30.8

In Abschnitt Fkm 29.2 bis 26.8 (Parallelaufweitung) wird die Aufweitungsgeschwindigkeit mit ca. 2/3 der Geschwindigkeit der Mäanderstrecke angesetzt (Abbildung 16).

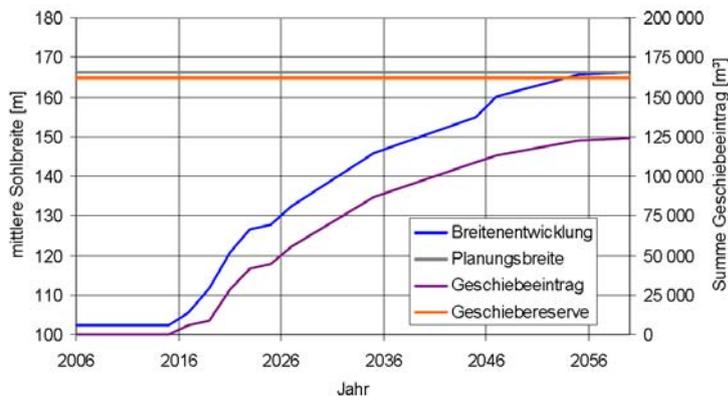


Abbildung 16: Hauptvorschlag – Zeitliche Entwicklung der Aufweitung und des Geschiebeeintrags im Abschnitt Fkm 29.2 bis Fkm 26.8

Die Sohllage der Planung ist in Abbildung 17 der Kiesunterkante und dem Sohlniveau 2006 gegenübergestellt.

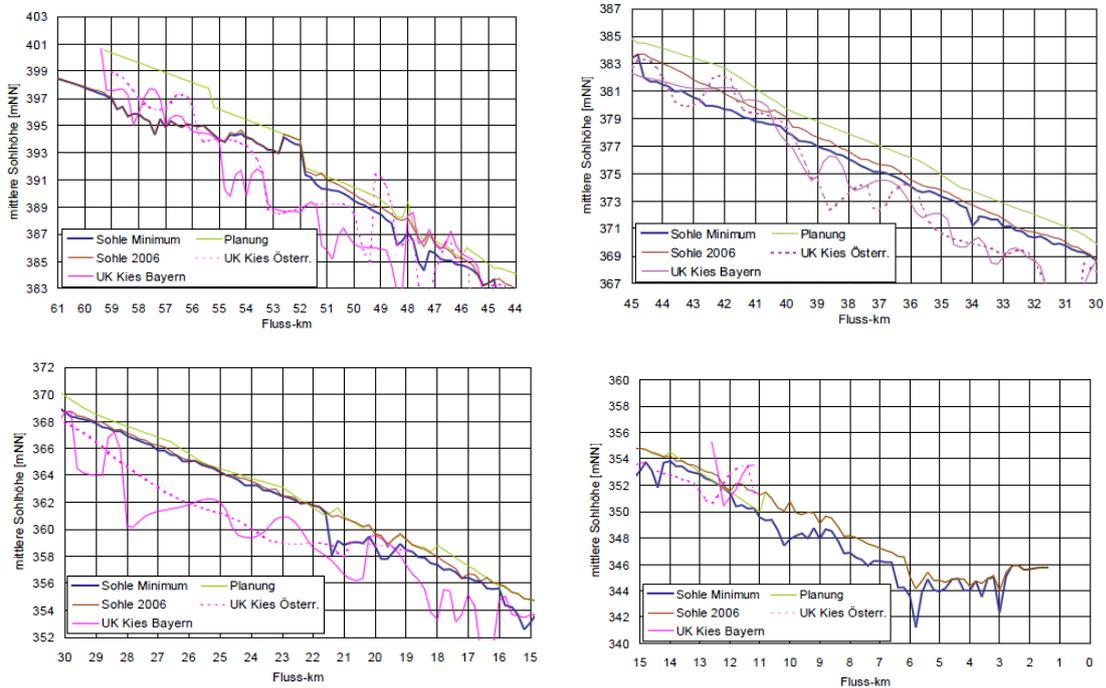


Abbildung 17: Hauptvorschlag – Vergleich tiefstes Sohlniveau aus der Rechnung mit Planungssohle, geschätzte Sohle 2006 und Unterkante Kieshorizont

2.12.1.2.2 Variante B

Im Freilassinger Becken und in der Laufener und Nonnreiter Enge unterscheiden sich Hauptvorschlag und Variante B nicht. Die Differenzen zwischen Hauptvorschlag und Variante B ergeben sich im Tittmoninger Becken aus dem unterschiedlichen Sanierungskonzept für den südlichen Teil (2 Rampen statt flächiger Sohlsicherungen).

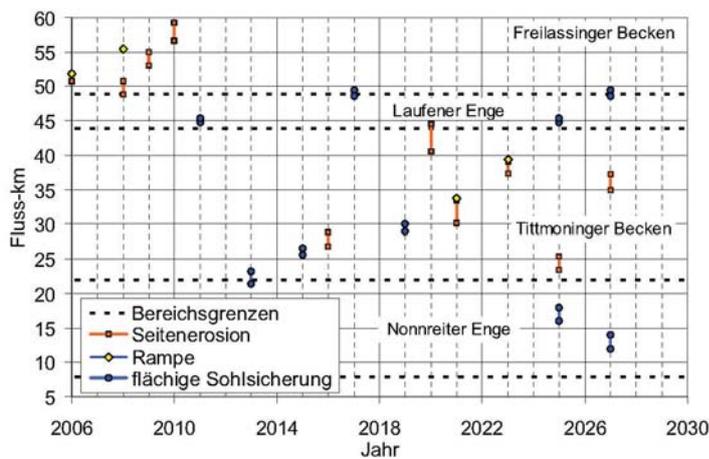


Abbildung 18: Variante B – Umsetzungszeitrahmen 2006 bis 2027

Folgende Maßnahmen sind bei Variante B in Abweichung vom Hauptvorschlag geplant (vgl: Abbildung 11 und Abbildung 18)

- Flächige Sohlsicherung Fkm 30.0 bis 29.0

- Rampen statt flächiger Sohlsicherung bei Fkm 34.4-35.6 und Fkm 40-42
 - Fkm 33.8
 - Fkm 39.4

Die Sohlentwicklung bei Variante B ist in Abbildung 19 ersichtlich.

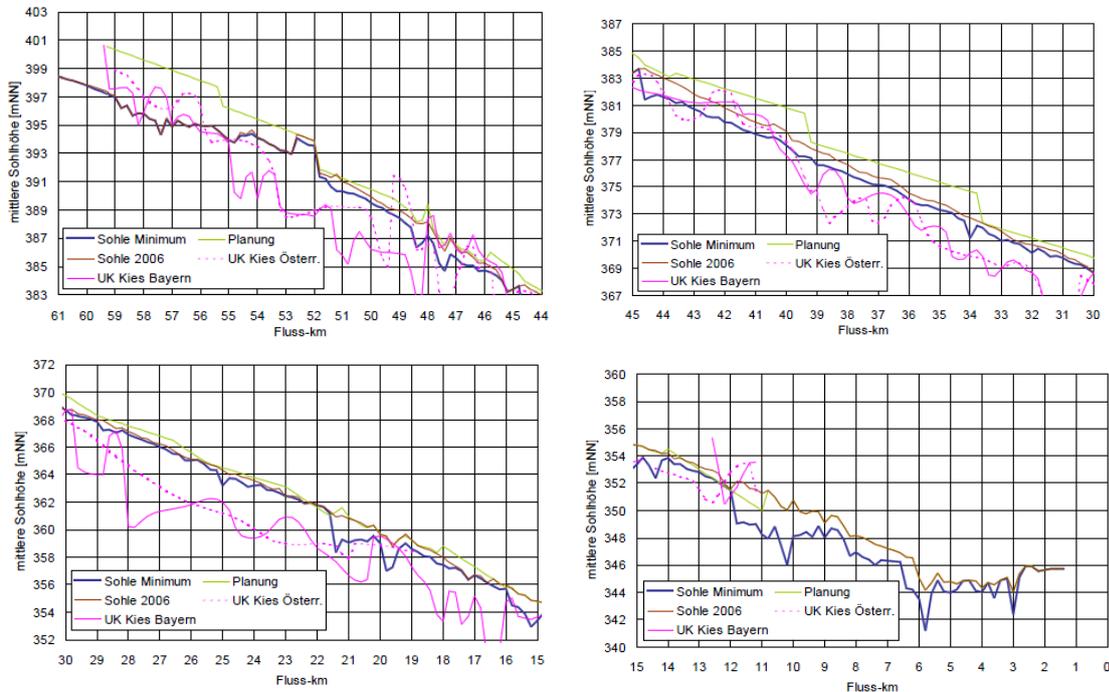


Abbildung 19: Variante B – Vergleich tiefstes Sohlniveau aus der Rechnung mit Planungssohle, geschätzte Sohle 2006 und Unterkante Kieshorizont

2.12.1.2.3 Variante B (Rampen und Aufweitung) in kürzerem Zeitraum

Aus den bisher dargestellten Untersuchungen ist zu erkennen, dass mit einem Umsetzungszeitraum von 2006 bis 2027 für alle Rampenbauwerke, flächige Sohlsicherungen und die Entfernung der Ufersicherungen inklusive teilweise maschineller Aufweitung speziell im Tittmoninger Becken und in Teilen der Nonnreiter Enge mit temporären großen Eintiefungen zu rechnen ist. Zusätzlich entsteht damit neben der temporären ökologischen Verschlechterung auch das Problem, dass Sohlsicherungsmaßnahmen auf ein tieferes Sohlniveau auszuliegen sind. Um beurteilen zu können, wie sich eine raschere Umsetzung der Maßnahmen auswirkt, wurden die Ergebnisse eines um 5 Jahre verkürzten Umsetzungszeitrahmens (2006 bis 2022) vorgestellt (siehe Abbildung 20).

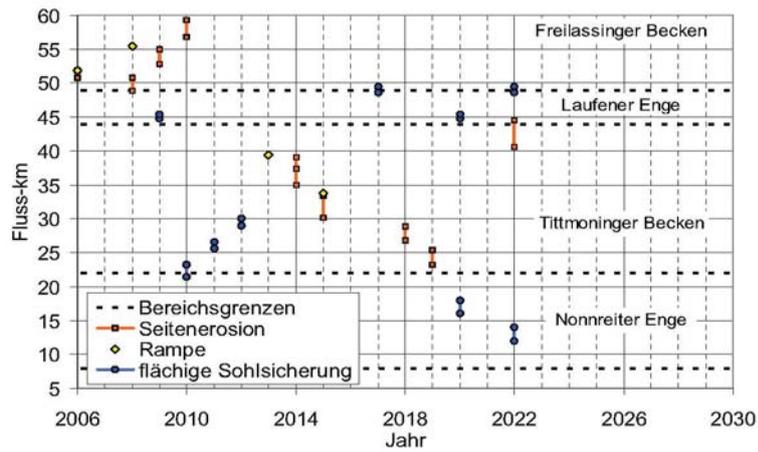


Abbildung 20: Variante B kurz- Umsetzungszeiträumen 2006 bis 2022

Die Sohlentwicklung bei der verkürzten Variante B ist in Abbildung 21 zu sehen.

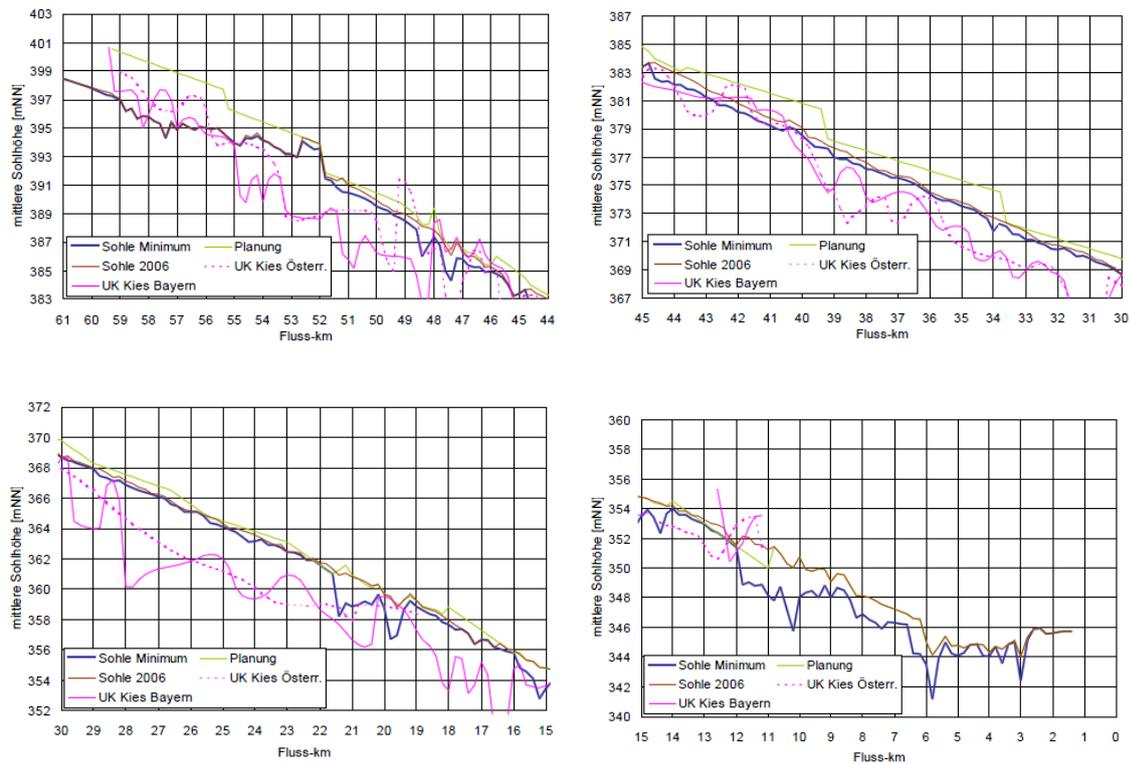


Abbildung 21: Variante B kurz – Vergleich tiefstes Sohlenniveau aus der Rechnung mit Planungssohle, geschätzte Sohle 2006 und Unterkante Kieshorizont

2.12.1.3 Hochwasserschutz

Gegenüber den in der WRS genannten Hochwasserschutzmaßnahmen sind keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich. Allerdings sind die berechneten Wasserspiegel nach dem Umsetzungsschritt 2 oberstrom Fkm 52 höher als im Endzustand. In diesen Bereichen müssen die Hochwasserschutzmaßnahmen gemäß den zwischenzeitlich höheren Wasserspiegeln dimensioniert werden. Alternativ ist zu überlegen, ob temporär ein verminderter Hochwasserschutz in Kauf genommen werden kann.

2.12.2 ALLGEMEINES

Es wird auch die Dringlichkeit der Maßnahmen v.a. im Freilassinger Becken hingewiesen. Mit jedem Jahr, das die Umsetzung später in Angriff genommen wird, verschiebt sich das Erreichen der geplanten stabilen Sohlhöhe um etwa 5 Jahre nach hinten. Gemäß der „Risikoanalyse an der Unteren Salzach“ (unveröffentlicht von SKI, 2004), kann eine massive Eintiefung im Ortsbereich Laufen / Oberndorf bereits innerhalb der nächsten zehn Jahre nicht mehr ausgeschlossen werden. Die Eintiefungen im Freilassinger Becken betragen lt Risikoanalyse bis zu 12 m, im Tittmoninger Becken bis zu 13.5 m. Lokal können noch deutlich größere Eintiefungen entstehen.

In einem betrachteten Zeitraum von 80 Jahren muss für die Unterhaltsmaßnahmen mit Kosten von bis zu 300 Mio. € gerechnet werden. Zusätzlich ist mit Kosten infolge plötzlicher, unbeherrschbarer lokaler Eintiefungen von bis zu rund 100 Mio. € zu rechnen.

2.13 SANIERUNG UNTERE SALZACH – GENERELLES PROJEKT FKM 64 BIS 44

Anlage 1: Erläuterungsbericht, SKI GmbH + Co.KG, Spannring Michael

Am Beginn werden die rechtlichen Grundlagen und die Zuständigkeiten erklärt, sowie Anlass und Zweck des Vorhabens erläutert. Es folgt die Beschreibung des Projektgebiets und die Beschreibung der bisher durchgeführten Arbeiten und Untersuchungen (Gesamtuntersuchung, Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach, Raumordnungsverfahren, Umsetzungskonzept, Risikoanalyse, Untersuchungen „Weiche Ufer“, Übertragung Saalachmodellversuch auf die Salzachrampen, Physikalischer Modellversuch „Salzachrampen“).

In einem weiteren Kapitel werden die bestehenden Verhältnisse behandelt, wobei die geschichtliche Entwicklung der Salzach, klimatische Verhältnisse, das Gewässernetz, sowie wasserwirtschaftliche, gewässerökologische, sowie Fauna und Flora betreffende Gegebenheiten und die Raumnutzung beschrieben werden.

Die Ziele betreffend Schutzwasserwirtschaft, Gewässerökologie (WRRL) und Naturschutz (Natura 2000) werden formuliert.

Aus der Analyse der bestehenden Verhältnisse und den Zielen werden die Defizite erarbeitet. Grundlage dazu ist die UVS Sanierung Untere Salzach und die Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Salzach.

Im Generellen Projekt werden die Maßnahmen zur Sanierung der Salzach erläutert und die Auswirkungen beschrieben. Es bezieht sich auf wasserwirtschaftliche, naturschutzfachliche und gewässerökologische Belange. Das Ergebnis des Raumordnungsverfahrens sieht als Maßnahme gegen Sohdurchschlag die Hauptvariante und die Variante B als zielführend (Bau zweier Rampen und Aufweitung).

Zur Sohlsicherung wird die Sohle der Laufener Enge als offenes Deckwerk ausgeführt und im Bereich Laufen/Oberndorf sind lokale Sicherungsmaßnahmen vorgesehen.

Neben den Maßnahmen im Fluss wird das ehemalige Nebengewässersystem mit der Kleinen Salzach und dem Reitbach wieder aktiviert und an die Salzach angebunden.

Die Zuflüsse zur Salzach werden fischpassierbar gestaltet. Eine detaillierte Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung wird im Rahmen der Detailplanung vorgenommen.

2.14 SANIERUNG UNTERE SALZACH - DETAILPROJEKT

Erläuterungsbericht, SKI GmbH + Co.KG, Spannring Michael

März 2008

2.14.1 ZUSAMMENFASSUNG

Das Generelle Projekt bildet die Grundlage für die vorliegende Detailplanung der Sohlabstufung bei Fkm 51.9 und die erforderlichen Begleitmaßnahmen (Entfernen der Ufersicherung, Uferanpassung Nord, Anbindung Reitbach). Das Ziel ist, mit der aufgelösten Sohlrampe eine Anhebung des Wasserspiegels zu erreichen, wodurch es oberstrom zu Anlandung der Sohle kommt und damit zu einer ausreichenden Überdeckung des feinen, erosionsempfindlichen Seetons.

Mit der Stützung und der Anlandung der Sohle oberstrom der Sohlabstufung sollen auch die Voraussetzungen für den Bau der zweiten Sohlabstufung im Bereich von Fkm 55.4 geschaffen werden.

Gesamtkonzept:

Ziel des Gesamtkonzepts ist es, durch zwei aufgelöste Rampen bei Fkm 55.4 und 51.9 und eine eigendynamische Sohlaufweitung (weiche Ufer, 51.9 bis zur Laufener Enge sowie von der Mündung der Saalach bis Sohlabstufung 55.4), eine Sohlstabilisierung im Freilassinger Becken zu erreichen. Oberstrom der Sohlabstufungen setzt unmittelbar nach deren Fertigstellung der Auflandungsprozess ein. Die Folge ist ein temporäres Geschiebedefizit unterstrom der Rampen. Zum Ausgleich dieses Geschiebedefizits und damit zur Vermeidung einer zu großen temporären Eintiefung unterstrom der Rampe, werden die Ufersicherungen entfernt. Das Geschiebedefizit wird durch Kieseintrag infolge einer eigendynamischen Seitenentwicklung zumindest teilweise ausgeglichen. Das noch verbleibende Geschiebedefizit wird durch eine verträgliche Eintiefung der Sohle bis zur Erreichung eines Gleichgewichtsgefälles unterstrom der Sohlabstufung ausgeglichen. Die Gestaltung der Sohlabstufungen erfolgt derart, dass die ökologische Durchgängigkeit gewährleistet wird.

Der Zusammenhang zwischen der endgültigen Gewässerbreite der Salzach sowie der dabei sich einstellenden Höhenlage der Salzachsohle wurde mit Hilfe verschiedener numerischer und physikalischer Modelle untersucht:

- Programm MORMO (Betreiber: Bundesamt für Wasserwirtschaft)
- Physikalisches Modell ‚Sohlrampe mit Mäanderstrecke‘ (Bundesamt für Wasserwirtschaft / TU Wien)
- Programm UFERLOS (Lehrstuhls für Wasserbau der Technischen Universität München)

Die Anbindung des Nebengewässersystems auf österreichischer Seite erfolgt durch einen ständig dotierten Anschluss der Kleinen Salzach an die Salzach etwa bei Fkm 55.6 sowie eine ebenfalls ständig dotierte Ausleitung in den Reitbach etwa bei Fkm 52.0. Die noch vorhandenen Strukturen der Kleinen Salzach werden verbunden und entsprechend ausgebaggert. Oberstrom der Sohlabstufung Fkm 55.4 wird ein Flutmuldensystem angelegt. Auf der bayerischen Seite wurde der Mittergraben bereits vor einigen Jahren reaktiviert.

Der Schutz der Laufener Enge vor einer weiteren Eintiefung erfolgt durch eine flächige Sohlsicherungen (offenes Deckwerk bei Fkm 49 und 46)

Detailplanung Sohlabstufung Fkm 51.9:

Mit der Sohlabstufung wird eine erste Stützung für den Sohldurchschlagsbereich erreicht und gleichzeitig die Basis der flussauf geplanten Sohlabstufung im Bereich von Fkm 55.4 geschaffen. Weiters wird eine Ausdehnung des Sohldurchschlagbereichs in Richtung zur Laufener Enge verhindert. Zum Ausgleich des Geschiebedefizits bis zur Laufener Enge wird die vorhandene Ufersicherung unterstrom der Rampe entfernt und Weiche Ufer initiiert.

Das Gefälle der Sohlabstufung Fkm 51.9 ist mit $h:b = 1:50$ vorgesehen. Das prognostizierte Gleichgewichtsgefälle der Salzach unterstrom der Sohlabstufung beträgt 0.85 ‰ und der Höhenunterschied ca. 2.2 m. Um eine Anpassung ans Ausgleichsgefälle zu erreichen, können Riegel nachträglich hinzugefügt oder entfernt werden. Das Bauwerk ist in einem bestimmten Abflussspektrum sowohl für Fische als auch für Boote passierbar. Für die Bootspassierbarkeit wird in Rampenmitte eine Bootsgasse angeordnet. Physikalische Modellversuche sollen die erforderlichen Steingrößen für die Becken- und Riegelsteine ermitteln. Wesentliche Randbedingung für die Riegel- und Beckenstruktur ist die Bootsgasse in der Mitte der Sohlabstufung. Insgesamt besteht die Sohlabstufung aus 10 Querriegeln. Der Höhenunterschied zweier aufeinander folgender Querriegel beträgt ca. 30 cm bezogen auf die mittleren Riegelhöhen. Die Höhe der Längsriegel liegt zwischen den Höhen der jeweiligen Querriegel, so dass der mittlere Höhenunterschied zwischen Quer- und Längsriegel ca. 15 cm beträgt.

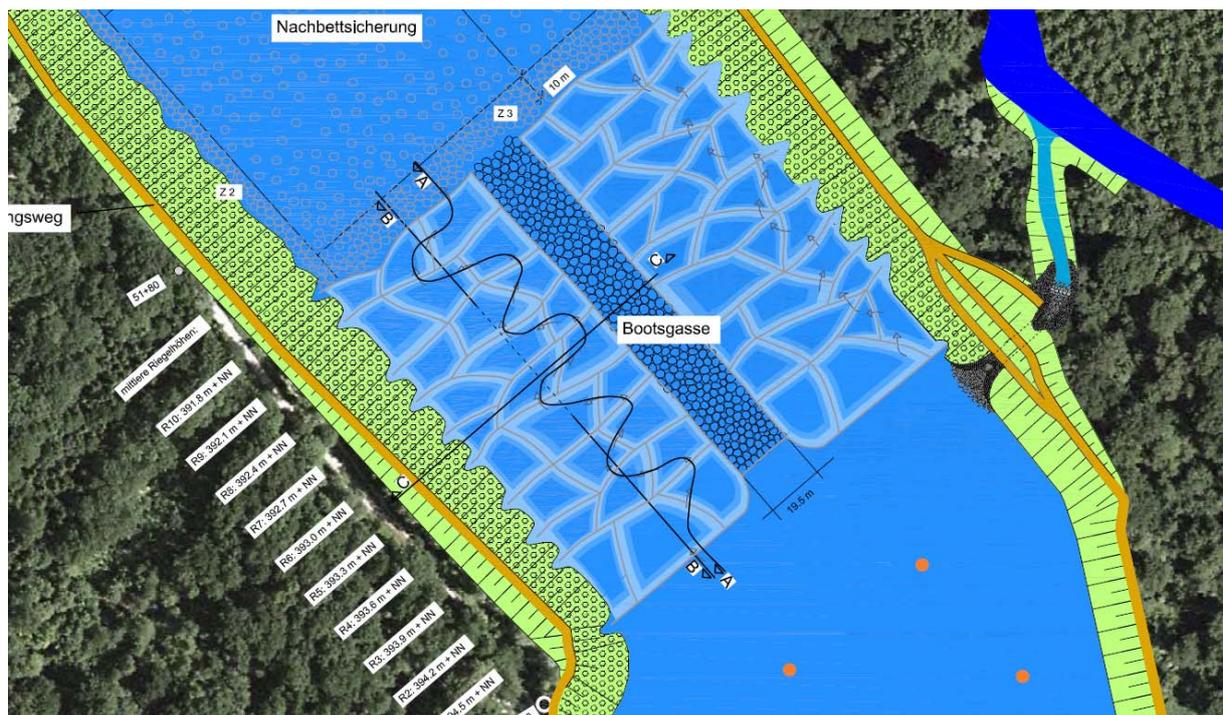


Abbildung 22: Sohlabstufung Fkm 51.9

Die Untersuchungen zum Umsetzungskonzept gehen von einer eigendynamischen Uferaufweitung bis zu einer mittleren Breite der Salzach von 120 m bis 130 m aus. Unter Berücksichtigung der Sandauflage werden durch die Aufweitung ca. 170.000 m³ Kies aktiviert.

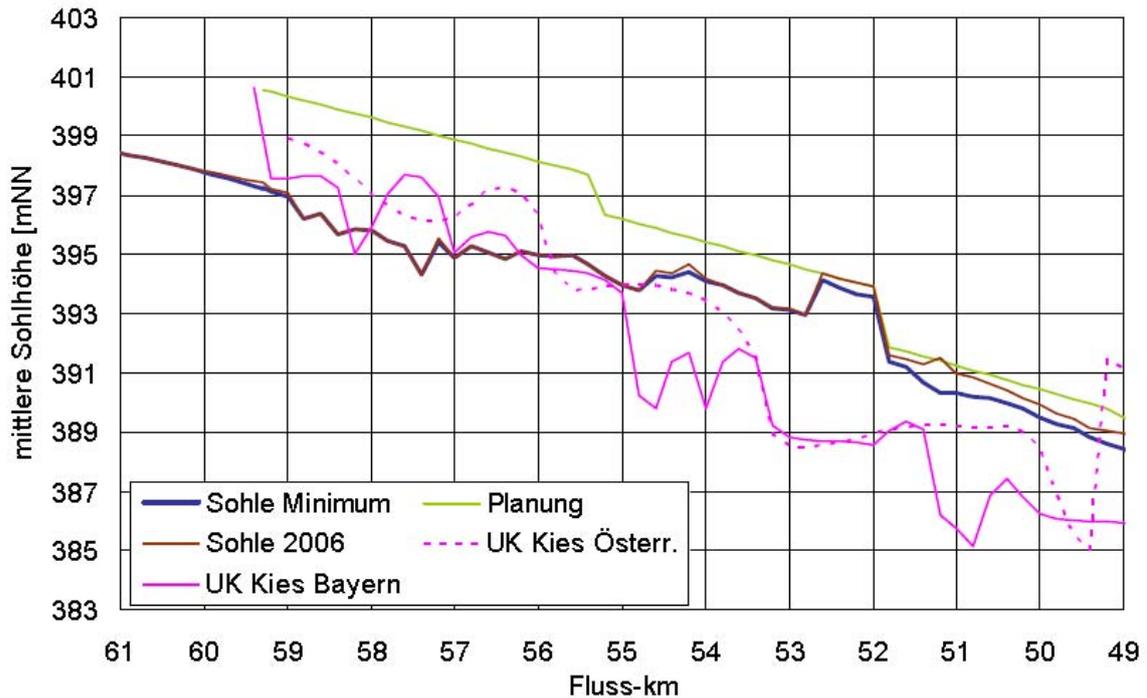


Abbildung 23: Tiefste Sohlage im Verlauf der Umsetzung gemäß Umsetzungskonzept

Initialmaßnahmen sollen die eigendynamische Aufweitung unterstützen (rinnenartige Primärstruktur, unregelmäßige Strukturen zwischen 10 und 20 m). Auch Seitenarme sowie Schotterbänke bzw. -inseln sollen initiiert werden. Eine 4-Stufenbauweise ist vorgesehen:

- Auf Stocksetzen des Uferbegleitsaumes.
- Gewinnung der Wurzelstöcke vom Treppelweg aus.
- Entfernen des Blockwurfs mit gleichzeitigem Bau einer Baustraße in die Uferböschung (von der Rampe beginnend flussab bis Einmündung Reitbach).
- Endgültige Fertigstellung der Baumaßnahmen durch inselartige Lagerung des Schottermaterials in der Salzach mit gleichzeitigem Rückbau der Baustraße (beginnend beim Reitbach flussaufwärts).

Eine Gewässerbreite von 130 m soll nicht überschritten werden.

Um den guten ökologischen Zustand zu erreichen, ist es unter anderem erforderlich, das vorhandene Nebengewässersystem wieder zu aktivieren und an die Salzach anzubinden und dadurch eine laterale Vernetzung zu erreichen. Gegenstand der vorliegenden Detailplanung ist die Anbindung des Reitbachs unmittelbar oberstrom der Sohlabstufung Fkm 51.9 sowie ein neuer Mündungsbereich oberstrom der Oichtenmündung. Wesentliche Elemente des Nebengewässersystems von 1817 sollen erreicht werden.

Ein Ausleitungsbauwerk (Wellstahlrohr mit einer lichten Weite von ca. 4.5 m und einer Höhe von ca. 3.7 m) sorgt für die Ausleitung unmittelbar oberstrom der Rampenkronen im Bereich der befestigten Ufer. Die Energieumwandlung erfolgt in einem ca. 14 m durch Wasserbausteine gesicherten Tosbecken mit einem anschließenden Kolkenschutz.

Der Reitbach mündet derzeit in die Oichten, nach weiteren ca. 300 m mündet die Oichten in die Salzach. Um einen neuen Mündungsbereich in die Salzach zu schaffen (fischökologische Gründe), ist geplant, den Reitbach in Zukunft direkt in die Salzach münden zu lassen. Dieser neue Mündungsbereich des Reitbaches wird bei Fkm 49.2 angelegt und liegt somit ca. 130 Meter oberstrom der Oichtenmündung.

Diese Maßnahmen führen auf österreichischer Seite zu einem vermehrten Vorlandabfluss bei Hochwasser. Daher wird im Bereich des Gewerbegebiets Weitwörth sowie der Lokalbahn eine so genannte Uferanpassung vorgesehen.

Die Weichen Ufer erfordern eine Verlegung des Radwegs auf österreichischer Seite.

Bauausführung:

Die Arbeiten an der Sohlabstufung und den Weichen Ufern müssen innerhalb einer Niederwasserperiode (Oktober bis März) durchgeführt werden. Bauabschnitt 1 umfasst Vorarbeiten, die für den Bau der Sohlabstufung notwendig sind und teilweise unabhängig voneinander ausgeführt werden können. Diese Maßnahmen müssen nicht unbedingt bei Niederwasser ausgeführt werden. Bauabschnitt 2 kommt im Zeitraum zwischen Anfang Oktober 2008 bis einschließlich April 2009 zur Ausführung und umfasst den Bau der Sohlabstufung und den Rückbau der bestehenden Ufersicherung.

2.15 SANIERUNG UNTERE SALZACH - DETAILPROJEKT

Baubeschreibung, SKI GmbH + Co.KG, Spannring Michael

März 2008

2.15.1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Baubeschreibung enthält im Wesentlichen die Beschreibung der bereits in Kapitel 2.13 behandelten Maßnahmen, ergänzt um Schutz-, Ersatz- und Ausgleichsmaßnahmen.

Schutzmaßnahmen:

Flächen, die während der Bauarbeiten als Baustraßen und Lagerflächen dienen, werden nach Abschluss der Bauarbeiten wieder zurückgebaut.

Die Ausweisung erfolgt mit der ökologischen Bauaufsicht. Eingriffe werden auf ein Minimum beschränkt.

Der Bauablauf wurde soweit wie möglich auf die Anforderungen der Fauna abgestimmt.

Der Oberboden aller Flächen, die nach Abschluss der Bauarbeiten begrünt, aufgeforstet oder als Grünland genutzt werden sollen, wird für die Zeitspanne der Bauarbeiten in Mieten zwischengelagert.

Bei trockener Witterung wird zur Vermeidung von Staubemissionen eine ausreichende Befeuchtung der Baustraßen und Baustelleneinrichtungsflächen vorgenommen, sodass keine sichtbaren Staubaufwirbelungen auftreten.

Der 1 m hohe Kilometerstein auf bayerischer Seite wird nach Abschluss der Bauarbeiten wieder im Uferbereich bei Fkm 50.0 jenseits der Raumbedarfslinie aufgestellt.

Ersatz- und Ausgleichsmaßnahmen:

Die Amphibiengewässer in der Flutrinne bei Sturz auf bayerischer Seite werden durch die Absenkung des Grundwasserspiegels gestört und deshalb erweitert und mit den bestehenden verbunden.

Auf Salzburger Seite werden auf einer Fläche im Süden des öffentlichen Wassergutes, die mit Fichten bestanden ist, Amphibiengewässer angelegt - zwei größere Gewässer (30 m x 20 m) und drei kleinere Gewässer (5 m x 5 m).

Auf bayerischer Seite sind 100 Stück und auf Salzburger Seite 150 Stück Fledermaus - und Vogelkästen aufzuhängen.

Bauablauf:

Die Errichtung der Sohlabstufung erfolgt in zwei Abschnitten. Zunächst wird die erste Hälfte der Sohlabstufung auf der österreichischen Seite errichtet (im Folgenden kurz Rampe Österreich), die Salzach wird dabei über die zukünftige bayerische Rampenhälfte geführt. Nach Fertigstellung der Rampe Österreich wird die zweite Hälfte der Sohlabstufung auf der bayerischen Seite errichtet. Die Salzach wird dabei über die bereits fertig gestellte Rampe Österreich geführt. Die Errichtung der Sohlabstufung erfolgt in einer trockenen Baugrube.

Der AN hat sich täglich selbständig über die aktuellen Pegelstände der Salzach am Pegel Laufen, die vorliegenden Abflussprognosen und die Hochwassersituation zu informieren. Die Pegelstände sind täglich im Bautagebuch zu vermerken.

Weiters werden in der Baubeschreibung die bestehenden Verhältnisse und Vereinbarungen zwischen Auftragnehmer und -geber bezüglich Baustellenzufahrt, Baustelleinrichtung, Sparten, Verkehrsführung und -sicherheit, Arbeitszeit, Baubehelfe, Winterbau, Abrechnung und Aufmassverfahren, Eigenüberwachung und Arbeitsbedingungen ausgeführt.

2.16 SANIERUNG UNTERE SALZACH - AUSSCHREIBUNG / FLÄCHIGE SOHLSICHERUNG FKM 46

Anlage 1: Baubeschreibung, SKI GmbH + Co.KG

Es wird die technische Ausführung des offenen Deckwerks beschrieben und die Dimensionierung desselben erläutert. Weiters erfolgt eine Darstellung der Bauausführung hinsichtlich Bauzufahrt, Bauablauf und hydrologischer Gegebenheiten.

Der erforderliche Hochwasserschutz während der Baumaßnahmen und die landschaftspflegerischen Maßnahmen werden beschrieben.

2.17 SANIERUNG UNTERE SALZACH – WEICHE UFER

Internationales Symposium, ETH Zürich, Aufleger Markus, Hafner Tobias, Hengl Michael

September 2008

2.17.1 ZUSAMMENFASSUNG

Um dem Sohldurchschlag entgegen zu wirken können neben flächigen Sohlsicherungen und aufgelösten Sohlrampen auch Uferrückbaumaßnahmen umgesetzt werden.

Anstelle von technischen Verbreiterungsmaßnahmen sind im Freilassinger Becken durchwegs eigendynamische Aufweitungen auf in Summe ca. 8 km Flusslänge vorgesehen. Nach dem vollständigen Rückbau der Ufersicherungen in den betreffenden Bereichen werden bei größeren Abflussereignissen seitliche Erosionsvorgänge einsetzen und so zu einer Verbreiterung und in Teilbereichen auch zur gezielten Umlagerung des Gewässerlaufs führen.

Nach umfangreichen Untersuchungen konnte ein Konzept entwickelt werden, mit welchem über einen Streckenabschnitt von mehr als zwei Kilometern aus dem aktuell geradlinigen Verlauf der Salzach eine natürlich wirkende Kurvenfolge durch eigendynamische Gewässerentwicklung erreicht werden soll.

Flussab der geplanten Rampen soll die Ufersicherung entfernt werden und eine eigendynamische Gewässerentwicklung initiiert werden. Um zu prüfen, wie diese Gewässerentwicklung ablaufen kann und welche Maßnahmen erforderlich sind, führte das Bundesamt für Wasserwirtschaft von 1998-2000 einen wasserbaulichen Modellversuch im Labor der TU Wien durch.

Die Entwicklung der Salzach vom gestreckten zum geschwungenen Lauf erfolgte durch die Simulation von mehreren Hochwasserereignissen unterschiedlicher Jährlichkeiten und Zwischenphasen mit konstanten Abflüssen über dem Geschiebetransportbeginn. Dabei zeigte sich, dass erst über dem einjährigen Hochwasser eine wesentliche Breitenentwicklung zu erwarten ist. Die morphologische Gewässerentwicklung und die Abdeckung des temporären Geschiebedefizits kann mit Lenkungsbuhnen maßgeblich gesteuert werden.

Die Ufersicherung vor der Furtstrecke ist wichtig um den Fluss wieder einzufangen. Alle weiteren Ufersicherungen sind erst bzw. nur dann erforderlich, wenn die betroffenen Grundflächen nicht zur Verfügung stehen.

Neben den physikalischen Modellversuchen sollte auch ein zweidimensionales tiefengemittelttes Simulationsmodell zur Abschätzung der Seitenerosionsvorgänge zum Einsatz kommen.

Mehrere Varianten wurden analysiert:

- Uferverbauungen beidseitig auf ca. 3 km entfernt: Erosion, aber keine Mäanderstrukturausbildung
- Uferverbauung wechselseitig entfernt, kein Geschiebeeintrag: Seiten- und Sohlerosion, Gefällsreduktion und damit einhergehende Reduzierung der Seitenerosion im oberen Abschnitt im Vergleich zum unteren.
- Geschiebeeintrag erhöht: Sohlerosion geht zurück, Breitenentwicklung verstärkt sich in den ersten beiden Kurven

allgemein: Durch die wechselseitige Entnahme der Uferverbauung wird dem Fluss letztendlich die Seite mit der freien Entwicklung vorgegeben. Die Simulationen zeigten, dass je nach

Entwicklungsstadium der Fluss aber genau die andere Seite als Entwicklungsufer bevorzugen würde. Dies macht sich in ausgeprägten Kolken und Rinnen am weiterhin befestigten Ufer bemerkbar.

Bei der Umsetzung der Planung wird durch den Bau einer Sohlabstufung das Geschiebedefizit in deren Unterwasser verstärkt. Als Gegenmaßnahme wird die Ufersicherung in dieser Strecke unmittelbar nach dem Bau der Sohlabstufung entfernt werden. Der vorübergehende Geschiebeeintrag infolge der Seitenerosion wird zu einer temporären Sohlhebung bzw. zumindest zu einer Verminderung der Sohleintiefung führen.

Flussabschnitten mit gestrecktem Verlauf: Fkm 59.2-56.8 und Fkm 51.6-49.6

Mäanderstrecke: Fkm 56.8-51.9

Die **Laufener Enge**: Bei hohen Abflüssen deutlicher Rückstauereffekt, der die Aufweitungstendenz im gestreckten Abschnitt bis zur Sohlabstufung im Freilassinger Becken Fkm 51,9 wirksam begrenzt. Breitenentwicklung gering und abhängig von Wechselwirkung zwischen Sohl- und Ufererosion. Zur Anregung der Seitenerosion werden am rechten Ufer Initialmaßnahmen (Abgrabungen) in einer Breite von etwa 10 - 20 m angelegt. Zusätzlicher Raumbedarf von 40 m (rechtsufrig), 30 m (linksufrig).

Freilassinger Becken: Sohlabstufungen bei Fkm 51.9 und 55.4, dazwischen Mäanderstrecke, insgesamt notwendiger Raum in den Außenkurven 150 m ab der derzeitigen Uferlinie

zwischen Saalachmündung und Sohlabstufung bei Fkm 55.4: Uferrückbau nur linksufrig, Raumbedarf 75 m (in nächsten Jahrzehnten), 150 m (zeitlich unbefristet)

Allgemein:

- Nennenswerte Aufweitungen in den gestreckten Gewässerabschnitten erst bei größeren Abflüssen ($> 1000 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Geschwindigkeit der eigendynamischen Aufweitung von der Hydrologie bestimmt. Die Vorhersagbarkeit des zeitlichen Ablaufs der Breitenentwicklung ist daher äußerst schwierig bzw. nicht möglich.
- Bei einem Extremereignis sind Aufweitungen von etwa 10 m zu erwarten.
- für genaue Aussage: geologische Strukturen prüfen

2.18 SANIERUNG UNTERE SALZACH – AUFGELÖSTE SOHLRAMPE ALS MEHRZWECKBAUWERK

Internationales Symposium, ETH Zürich

Hengl Michael, Aufleger Markus, Niedermayr Andreas, Spannring Michael

September 2008

2.18.1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Untere Salzach an der Grenze zwischen Bayern und Österreich befindet sich seit vielen Jahrzehnten in einem Erosionsregime, das infolge Sohldurchschlag in die um mehr als eine Zehnerpotenz feinkörnigere Unterschicht weiter verstärkt wurde. Für die Anhebung und Stabilisierung der Flusssohle stellen Sohlrampen, neben den geplanten Aufweitungen, ein wesentliches Bauelement dar. Für den Standort bei Flusskilometer 51.9 (Freilassinger Becken) wurde, aufbauend auf Planung und Bau einer aufgelösten Sohlrampe an der Saalach, die „aufgelöste Sohlrampe“ numerisch vordimensioniert und physikalisch modelliert.

Die Vorgaben für die Planung waren:

- Wirtschaftlichkeit im Bau und Betrieb
- Anhebung der mittlere Flusssohle flussauf der Rampe um ca. 1.8 m
- für ausreichende Überdeckung der feinkörnigen Unterschicht mit Kies (Verhinderung von Sohldurchschlag)
- dadurch Hebung des Grundwasserspiegels – Anbindung an Au
- Fischwanderung
- Bootspassierbarkeit in Fließrichtung
- Hydrologie: minimaler Abfluss für Fischaufstieg – 55 m³/s, maximaler Abfluss wegen Hochwasserschutz - 2831 m³/s.

Generelle Gestaltung des Bauwerks:

- Rampenbreite 140 m
- Gefälle 2 ‰
- Höhe 3.3 m
- Höhenunterschied zweier aufeinander folgender Querriegel 30 cm – Fischpassierbarkeit
- Höhe der Längsriegel liegt zwischen den Höhen der jeweiligen Querriegel
- ca. 1.5 m tiefen Becken (bezogen auf die Riegeloberkante)
- Die einzelnen Riegel sind in der Höhe abgestuft um bei niedrigen Abflüssen einen pendelnden Stromstrich zu initiieren.
- Für die Fischpassierbarkeit der Rampe bei Niedrigwasser werden entlang eines gedachten Wanderwegs die Quer- und Längsriegel auf einer Breite von 2 m um 20 bis 40 cm abgesenkt. Dadurch ist eine ausreichende Fließtiefe gewährleistet, damit die Fische die Riegel passieren können
- mittig liegende Bootsgasse

- Mindeststeingrößen für die Riegel etwa 2 bis 4 t, für die Becken 100 bis 370 kg
- Kolkschutz im unmittelbaren Anschluss an die Rampe (ähnlich wie offenes Deckwerk): 100 bis 200 kg schwere Steine und 20 % Belegungsdichte auf zumindest 150 m Länge

Die physikalische Modellierung erfolgte an der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU München. Dazu wurde die rund 150 m lange und 140 m breite Rampe sowie ein Bereich von etwa 500 m oberstrom bzw. 700 m unterstrom der Salzach im geometrischen Maßstab $M = 1:30$ abgebildet. Die aufgelöste Rampe setzt sich aus 11 Hauptriegeln mit dazwischen liegenden Becken zusammen. Jeder Riegel besteht aus drei parallel liegenden Steinreihen. Quer zur Fließrichtung werden die Becken zusätzlich durch Längsriegel unterteilt. Die Nachbettsicherung besteht aus einem umgerechnet zehn Meter langen zweilagigen Steinwurf und einem anschließenden 150 m langen offenen Deckwerk.

2.19 FAZIT AUS BEFUND

Die WRS beinhaltet eine große Anzahl an sehr guten und sachlich fundierten Studien und Analysen über einen langen Zeitraum. Aus der historischen Abfolge der Unterlagen wird deutlich, dass sich der Wissensstand sukzessive erweitert hat und eine Optimierung der Vorschläge stattfand. Dies ist durch sehr detaillierte Modellversuche und zunehmende numerische Simulation erfolgt.

Folgende Entwicklungen sind aus Sicht des Gutachters festzustellen:

- Die grundsätzlichen Alternativen wurden sukzessive eingeschränkt, sodass z.B. Kraftwerkslösungen nicht mehr Teil der ausgewählten Varianten waren.
- Während die Nebengewässersysteme ursprünglich einen Beitrag zur Sohlstabilisierung leisten sollten, sind diese im Hauptvorschlag und Variante B eher rein ökologische Maßnahmen und die angedachten Durchflüsse als zu gering zu erachten
- Die Bedeutung des übergeordneten Geschiebehaushalts für die Sanierungsstrecke aber insbesondere für die Wirkung der Maßnahmen wurde im Lauf der Zeit immer weniger beachtet und ist im Salzburger Bereich nahezu kein Thema mehr.
- Die Rampen wurden optimiert, d.h. die Länge wurde größer, damit das Gefälle geringer und über eine Verschwenkung sollte eine variabelere Linienführung erreicht werden. Andererseits führt die Höhe der Rampen zu einer Überkompensation der Eintiefung (im Tittmoninger Becken).
- Diese Linienführung wird allerdings über massive Buhnen vorgegeben, sodass der laterale Transport beschränkt und die Morphodynamik eingeschränkt wird.
- Die Ufersicherungen wurden im Lauf der Zeit reduziert (weiche Ufer), allerdings wird aus Sicht des Gutachters nicht ausreichend das dem Flusstyp entsprechende Ziel in Richtung Ansätze zu Verzweigungen und alternierenden Bänken angestrebt.
- Die Rollierungstreifen wurden modellversuchsmäßig abgesichert, ergeben aber nahezu eine Sohlpanzerung und sehr großen Ufersicherungsbedarf.

Aus Sicht des Gutachters lassen sich im Befund folgende Defizite ableiten:

- Das Nebengewässersystem wird zu wenig in die Sohlstabilisierung und den lateralen Geschiebetransport einbezogen.
- Der in Richtung Leitbild gehende Flusstyp (Ansätze zu Verzweigungen, alternierende Bänke etc.) ist insbesondere bei Variante B nicht ausreichend berücksichtigt.
- Ein „Bruch“ der Linienführung wurde bislang nicht verfolgt, womit verstärkt gewässertypische Strukturen erwartet werden könnten.
- Der laterale Geschiebetransport ist nicht direkt angesprochen und nicht explizit Teil der Lösung.
- Die Kombination von Aufweitungen, eigendynamischer Seitenerosion, Entstehung von Teilgewässersystemen, lateralem Geschiebetransport und z.B. Sohlvergrößerung und Gefällserhöhung wurde nicht weiterentwickelt.
- Die an der Salzach in sehr hohem Ausmaß vorhandenen Potenziale für Uferrückbau und die Initiierung unterschiedlicher Nebengewässersysteme sind nicht vollständig genutzt.

- Die Rampenhöhen führen teilweise zu einer Überkompensation der Sohleintiefung und sind daher zu groß.
- Neue Entwicklungen im Bereich der Sohlberollungen, wie z.B. Vergrößerung der Korngrößen innerhalb des anstehenden Spektrums wurden nicht einbezogen.
- Ausführungen über die Flexibilität der vorgeschlagenen Maßnahmen (z.B. in Abhängigkeit vom übergeordneten Geschiebehaushalt) fehlen.
- Der übergeordnete Geschiebehaushalt wurde nicht in die Planung einbezogen (Auswirkungen auf die Maßnahmen) und es wurden auch keine Forderungen daran gestellt (z.B. langfristige Erhöhung des Geschiebeeintrages).
- Eine integrative Planung mit dem Ziel einer gesamtheitlich optimierten Maßnahmenkombination auf Basis von Entwurfsgrundsätzen ist bisher nicht erfolgt.

Eine ausführlichere Diskussion der Defizite und Verbesserungsvorschläge sowie Entwurfsgrundsätze finden sich im Gutachten (s.h. Kap. 3).

Tabelle 12: Übersicht über die Varianten im Laufe der Zeit

Gutachten Salzach

Fkm	Planungsabschnitte	Bundesland	Raumordnungsverfahren für die Sanierung Untere Salzach Jul 2003			Salsach Umsetzungskonzept - Abschlussbericht April 2005		April 2009 optimierter Hauptvorschlag	
			Variante A Aufweitungslösung entspricht Variante 2	Variante B Rampenlösung entspricht Variante 2/3	Hauptvorschlag Kombination entspricht Variante 2/3	Variante B Rampenlösung	Hauptvorschlag Kombination		
0									
8		Oberösterreich							
9									
10									
11									
12									
13	8-22								
14									
15									
16									
17	Nonreither Enge								
18									
19									
20									
21									
22				Aufweitung auf 160-180 tw. auf 200 m	Aufweitung auf 120 bzw. 150 m	Aufweitung auf 160-180 tw. auf 190 m			
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29	Tittoninger Becken								
30	22-44								
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47	Laferer Enge								
48									
49		Salzburg							
50									
51									
52									
53	Freilassinger Becken								
54	49-0-59.3								
55									
56									
57									
58									
59									

3 GUTACHTEN

3.1 ALLGEMEINES ZU MAßNAHMEN GEGEN EINE SOHLEINTIEFUNG UND EINE MÖGLICHE ANWENDUNG AN DER SALZACH

Grundsätzlich bestehen vier Möglichkeiten an Maßnahmenbündel, die Sohleintiefung von Kiesbettflüssen zu stoppen (Abbildung 24):

- Änderung des Sedimentregimes
- Erhöhung des Sohlwiderstandes
- Reduktion des Energieliniengefälles
- Minimierung der Sohl Schubspannung

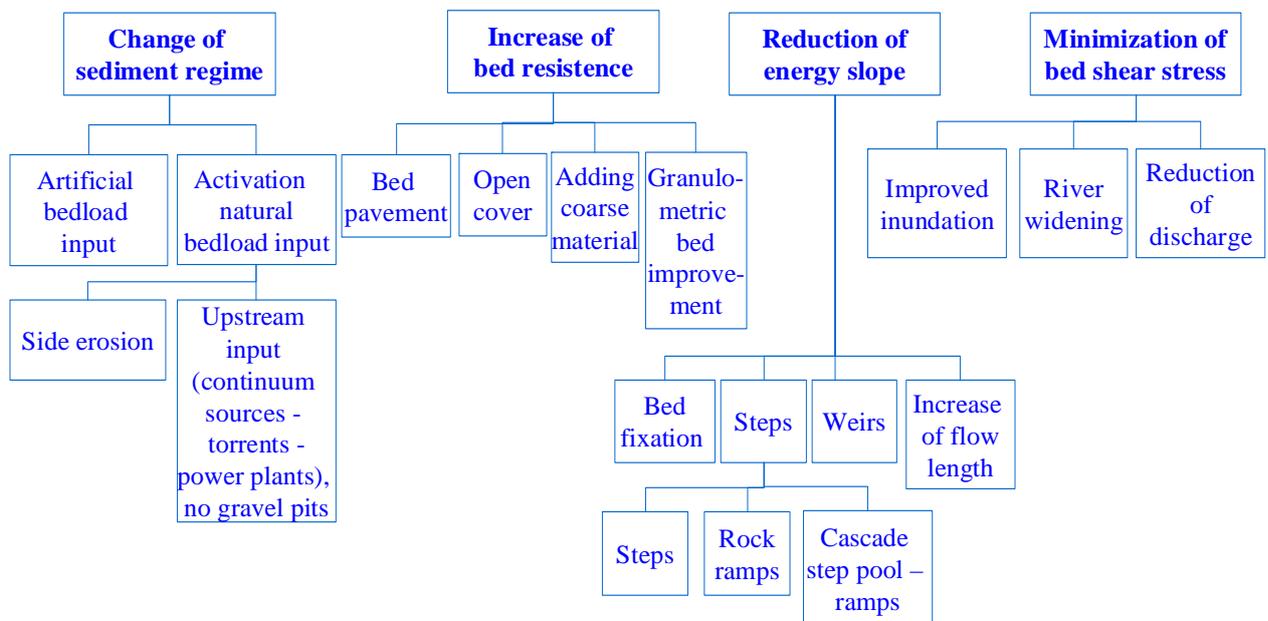


Abbildung 24: Grundsätzliche Möglichkeiten zur Verringerung der Sohleintiefung (Habersack, 2008)

3.1.1 *ÄNDERUNG DES SEDIMENTREGIMES*

In diesem Maßnahmenbündel gibt es die Möglichkeit

- der Verbesserung des natürlichen Sedimenthaushaltes und
- die künstliche Zugabe von Geschiebematerial.

Gegenüber dem historischen Geschiebeinput in die Untere Salzach ist ein starker Rückgang auf derzeit ca. 40.000 m³/a festgestellt worden (siehe oben), der durch Maßnahmen im Einzugsgebiet (Bau von Speichern und Wildbachsperrern) und im Oberlauf der Salzach (Regulierungsmaßnahmen, Wasserkraftwerke) verursacht worden ist. In den oben beschriebenen Unterlagen wird der Rückgang des Geschiebeinputs in die Untere Salzach den Planungen als Randbedingung zu Grunde gelegt. Obwohl derzeit starke Bemühungen an der mittleren Salzach bestehen, das Geschiebe durch die Kraftwerke durchzutransportieren und sicherlich auch im Einzugsgebiet langfristig Möglichkeiten der Erhöhung des Geschiebeinputs bestehen, ist dieser Punkt nicht explizit Teil der langfristigen Problemlösungsstrategie.

Die Erhöhung des Geschiebeinputs aus Seitenerosion ist Teil der Planungen. Dabei wäre es wesentlich, neben der Annahme des Geschiebeinputs und der eigendynamischen Aufweitung selbst auch die Aktivierung des lateralen Transportes zu erwähnen und zu quantifizieren. Durch diesen und die Ver- und Umlagerung z.B. von Schotterbänken kann ein Teil der Transportenergie umgewandelt werden. Es ist sehr klar, dass sich der Hauptvorschlag und die Variante B unterscheiden:

- **Prozess:** Im Hauptvorschlag wird die Aufweitung großteils hergestellt, in Variante B erfolgt eine eigendynamische Seitenerosion. Dabei ist jedoch festzustellen, dass die eigendynamische Seitenerosion auch im Hauptvorschlag (Optimierung im Zuge der Detailplanung analog zum Freilassinger Becken) verstärkt werden kann.
- **Geschiebeinput:** In Summe bietet auf Grund der angestrebten größeren Sohlbreite der Hauptvorschlag mit der Aufweitung mehr seitlichen Geschiebeinput und somit Vorteile hinsichtlich Geschiebehaushalt. Weiters ergibt sich eine höhere Pufferwirkung bei Schwankungen im Geschiebehaushalt.
- **Gewässerstrukturen:** Die größere Breite aus dem Hauptvorschlag lässt mehr gewässertypische Strukturen erwarten (vg. Da Silva Diagramm) und damit eine stärkere Annäherung an das Leitbild.

Der künstliche Eintrag von Geschiebe ist Teil des Projektes, wenn z.B. vorgeschlagen wird, 800.000 m³ Material aus der Errichtung eines Retentionsbeckens für eine künstliche

Geschiebedotation zu verwenden, was grundsätzlich zu begrüßen wäre. Dabei wäre aus Sicht des Gutachters auch die Korngrößenverteilung zu prüfen, da bei größerem Material bei gezieltem Einsatz (z.B. in Furtbereichen) eine Verringerung der Transportkapazität folgt (siehe unten).

Die Zugabe von Material könnte auch dazu dienen, Zeit für die mittel- bis langfristige Erhöhung des gesamten Geschiebeinputs zu gewinnen.

3.1.2 ERHÖHUNG DES SOHLWIDERSTANDES

Die Erhöhung des Sohlwiderstandes bezieht sich grundsätzlich auf eine Vergrößerung der Korndurchmesser, womit eine Verringerung der Geschiebetransportkapazität einhergeht. In den derzeit vorliegenden Projektunterlagen wird das offene Deckwerk vorgeschlagen, welches einerseits in Modellversuchen getestet und auch in der Natur in einer ersten Strecke eingebaut wurde (siehe Abbildung 25).



Abbildung 25: offenes Deckwerk, Einbau bei Laufen (Schaufler, 2008)

Ziel des offenen Deckwerkes ist die Stabilisierung der Sohle, sodass zwar Geschiebe darüber transportiert werden kann, der Abschnitt mit dem Deckwerk selbst aber nahezu keine Morphodynamik ausweist. Weiters ist eine Sensibilität der Funktionsweise in Bezug auf die Steingröße und den Abstand zwischen den Steinen gegeben.

Aus Sicht des Gutachters gibt es in diesem Maßnahmenbündel Weiterentwicklungen, die eine Minimierung der Sohleintiefung ermöglichen, aber gleichzeitig die Morphodynamik nicht vollständig unterbinden. Die Grundidee besteht in einer Zugabe von etwas größerem Material ABER innerhalb der bestehenden Kornverteilungskurve. Damit ist durchaus auch ein Abbau des Sohlgefälles möglich, wenn z.B. in Furtstrecken, die im Zuge der Rückbaumaßnahmen verstärkt werden, gröberes Material in einer Schicht eingebracht wird (wenn notwendig als Auflage auf eine eingebrachte Schicht Normalgeschiebe zur erforderlichen Sohlhebung für den Schutz gegen Sohldurchschlag). Als Beispiel für eine derartige Methode kann die so genannte „Granulometrische Sohlverbesserung“ (Abbildung 26) genannt werden, welche derzeit an der Donau östlich von Wien zum Einsatz kommt (Donauconsult, 1997). Dort wird die Transportkapazität auf 10 % reduziert und die Morphodynamik deutlich weniger unterbunden.

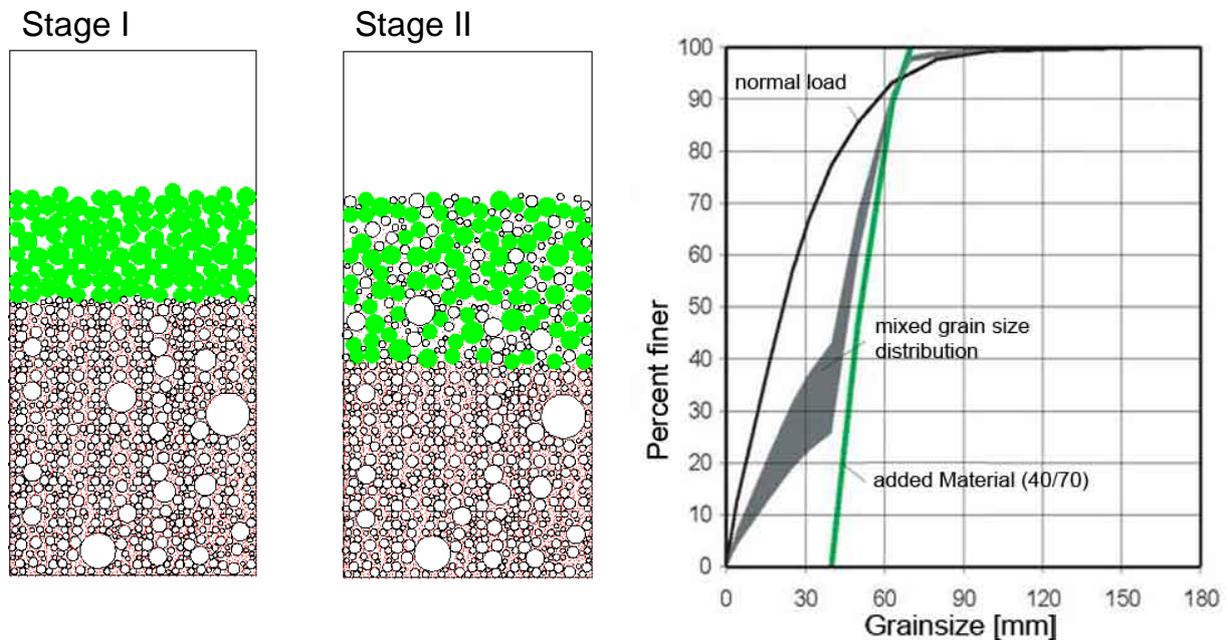


Abbildung 26: Granulometrische Sohlverbesserung (DonauConsult, 1997)

Für die Salzach wäre aus Sicht des Gutachters eine Weiterentwicklung des offenen Deckwerkes als flächige Sohlsicherung in Richtung Sohlvergrößerung, aber innerhalb oder sehr nahe an der bestehenden Kornverteilung sinnvoll. Dies trifft – zwar in unterschiedlichem Ausmaß – sowohl auf den Hauptvorschlag als auch die Variante B zu, wobei bei der Optimierung die Sohldynamik, die Umsetzung, die Instandhaltung und die Kosten berücksichtigt werden sollten.

Weiters ist zu prüfen ob die derzeit vorgesehene Ufersicherung mit Buhnen und verdeckter Längssicherung im Bereich der Sohlsicherungsstreifen reduzierbar ist (es ist nur eine Lenkung der Strömung erforderlich, die ein Ausbrechen des Flusses verhindert). Bei einer Optimierung im Sinne der Sohlvergrößerung ist die Gefahr des Ausbrechens der Salzach weniger hoch, da

gröberes Material eingetragen werden kann und damit eine Verlagerung der Ufersicherung nach außen vorstellbar ist.

3.1.3 REDUKTION DES ENERGIELINIENGEFÄLLES

Zur Reduktion des Energieliniengefälles stehen mehrere Methoden zur Verfügung:

- Laufverlängerung
- Errichtung von Sohlabstufungen
- Errichtung von Wehranlagen

An der Salzach wird im Hauptvorschlag und in der Variante B nur eine geringe, geschiebetechnisch vernachlässigbare Laufverlängerung erzielt. Die Reduktion des Energieliniengefälles erfolgt im Hauptvorschlag durch die Umsetzung der neun Rollierungsstreifen mit offenem Deckwerk (durch ihr Gefälle von 1.5 ‰ der Gefällskonzentration), jedoch ohne Fließwechsel. In der Variante B würden im Tittmoninger Becken zwei Sohlrampen umgesetzt werden, die flussauf eine Reduktion des Energieliniengefälles erwirken. Dabei sind Rampenhöhen vorgesehen, die eine Anhebung des Oberwasserspiegels über dem Niveau von 1920 ergeben.

In diesem Maßnahmenbündel wäre gemäß Gutachter eine Weiterentwicklung durch Optimierung der Rollierungsstreifen möglich. Dabei könnte eine Sohlvergrößerung im Bereich der Furten mit höherem Gefälle (Aufbringen von größerem Geschiebmaterial auf vorher geschüttetem Material aus den Aufweitungsbereichen) in den Zwischenabschnitten zu einer Gefällsverringerung führen. Damit erfolgt ein zusätzlicher Beitrag zur Verringerung der Transportkapazität. Dies ist in jedem Fall für die Detailplanung in den von den beiden Rampen nicht erfassten Abschnitten sinnvoll.

3.1.4 MINIMIERUNG DER SOHLSCHUBSPANNUNG

Im Bereich Minimierung der Sohlschubspannung ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- Gewässeraufweitung
- Reduktion des Durchflusses
- Verbesserung der Ausuferung

Der Hauptvorschlag des Salzachprojektes nutzt die Gewässeraufweitung als Maßnahme zur Verringerung der Sohlschubspannung durch Erhöhung der Flussbreite (bis zu 190 m) bzw. des Abflussquerschnittes. In Variante B wird ebenfalls eine Vergrößerung der Flussbreite angestrebt, allerdings in einem geringeren Umfang (bis zu 150 m). In Österreich gibt es in Bezug auf die Wirkung von Gewässeraufweitungen sehr gute Erfahrungen betreffend die Reduktion

der Sohleintiefung, insbesondere wenn damit die Morphodynamik aktiviert wird, lateraler Geschiebetransport passiert und auch noch Geschiebe aus dem Oberlauf kommt, was an der Salzach der Fall ist (Abbildung 27). Sicherlich ist hier eine Verbesserung des Geschiebehaushaltes anzustreben um die große Gewässerbreite nachhaltig zu sichern (Nussle et al., 2008) und eine neuerliche Sohlerosion nach Abklingen des Aufweitungsprozesses auszuschließen, was übrigens sowohl beim Hauptvorschlag (max. 190 m Sohlbreite) als auch Variante B (max. 150 m Sohlbreite) zu beachten ist. Dabei ist der Bedeutung der Umlagerung von Geschiebe große Bedeutung beizumessen. Eine größere Breite bringt eine geringere resultierende Geschiebetransportkapazität und gleichzeitig größeren Eintrag an Geschiebe von der Seite.



Abbildung 27: Eigendynamische Gewässeraufweitung mit Seitenerosion und Nebengewässerentwicklung an der Oberen Drau bei Kleblach (Fotos: Amt der Kärntner Landesregierung)

Die Reduktion des Durchflusses in der Salzach selbst ist durch die Anbindung der Nebengewässersysteme möglich. Derzeit ist eine maximale Ausleitungswassermenge von $30 \text{ m}^3/\text{s}$ bei HQ_1 vorgesehen, was betreffend die Verringerung der Sohlschubspannung nur eine geringe Wirkung ergibt. Mit erhöhten Durchflüssen in den Nebengewässersystemen ist auch die Durchflussaufteilung bei Hochwasser neu zu bewerten, insbesondere dann, wenn statt eines Nebengewässers ein Teilgewässer angestrebt wird. Prinzipiell könnte eine Erhöhung des Abflusses im Nebengewässersystem aber auch in den Vorländern signifikant zur Reduktion der Sohlschubspannung und damit der Transportkapazität beitragen. Damit wäre auch eine Optimierung im Zuge der Detailplanung unter Berücksichtigung der Instationarität des Hochwasserabflusses, nach „Außenlegen“ der HW-Schutzmaßnahmen, Vorlanddynamik und Morphodynamik sinnvoll.

3.2 FAZIT

Grundsätzlich wird vom Gutachter die Dringlichkeit der Bekämpfung des Eintiefungsproblems an der Salzach unterstrichen und auch die Bemühungen, möglichst rasch eine nachhaltige Lösung zu finden und umzusetzen. Die Eintiefung im Freilassinger Becken ist extrem und führte beim Hochwasser 2002 auch zu einem Sohldurchschlag an mehreren Stellen. Im Tittmoninger Becken ist die bisherige Eintiefung deutlich geringer, es besteht aber natürlich grundsätzlich auch die Gefahr eines Sohldurchschlages. Dies ist auch in Zusammenhang mit der Umsetzung der Sohlstabilisierungsmaßnahmen im Freilassinger Becken zu sehen, wo sich der Geschiebeeintrag in das Tittmoninger Becken reduziert und damit eine kurzfristig verstärkte Sohlerosion zu erwarten ist.

Derzeit sind aber sowohl der Hauptvorschlag als auch die Variante B möglich.

Auf Grund der in Kap. 3.1 dargelegten Argumente ist für die Detailplanung ein deutliches Optimierungspotenzial gegeben und sollte der Hauptvorschlag nicht a priori ausgeschlossen werden.

Folgende spezifischen Punkte sind zu erwähnen:

- Die Auswahl der Variante B für die Detailplanung ist aus rein flussbaulicher Betrachtung und Entwicklung nicht nachvollziehbar und nicht begründet.
- Die in beiden Varianten mehr oder weniger langen Sohlsicherungsstreifen mit offenem Deckwerk beinhalten Optimierungspotenzial (z.B. betreffend Korngrößen und Ufersicherung) sowohl hinsichtlich Funktionalität, Einbau als auch ökologischer Auswirkungen.
- Die Bedeutung einer sinnvollen eigendynamischen Aufweitung samt Seitenerosion sollte in Kombination mit der Wirkung des lateralen Geschiebetransports verstärkt werden.
- Optimierungspotential besteht bei der Anbindung der Nebengewässersysteme mit dem Ziel, wo möglich Teilgewässer mit höherem Teildurchfluss zu initiieren, stärkere Entwicklung in Richtung Leitbild.
- Das bereits in der WRS vorgeschlagene Thema Monitoring in Kombination mit einer schrittweisen Umsetzung und adaptiven Bauausführung ist wesentlich.

3.3 VORSCHLAG FÜR DIE WEITERE VORGANGSWEISE IN DER GENERELLEN PLANUNG UND DETAILPLANUNG

Bisher sind im Raumordnungsverfahren sowohl der Hauptvorschlag als auch die Variante B enthalten. Für die generelle Planung und Detailplanung wird auf sämtlichen bisherigen Arbeiten aufgebaut und es sollte eine Optimierung auf Grundlage folgender Punkte erfolgen.

Im Rahmen der generellen Planung und Detailplanung wäre folgende Vorgangsweise sinnvoll:

Es sollte ein Planungszugang gewählt werden, der zu einer integrierten, inter- und transdisziplinären Vorgangsweise führt. Ein wesentliches Ziel ist die Sanierung der Salzach in der österreichisch-bayerischen Grenzstrecke mit optimierten Maßnahmen durchzuführen. Es erfolgt a priori keine Auswahl einer Variante (Hauptvorschlag oder Variante B) sondern im Rahmen der generellen Projektierung findet in allen Maßnahmenbereichen eine Optimierung statt. Das betrifft die Elemente der Sohlsicherung (z.B. Sohlrollierung) bis hin zum Nebengewässersystem. Am Ende des Planungsprozesses steht möglicherweise weder der Hauptvorschlag noch Variante B sondern eine optimierte Variante.

Ziel der Optimierung ist es, eine nachhaltige Sanierung der Salzach zu erreichen, die Umweltverträglichkeit zu erlangen und keine ökologischen Kompensationsmaßnahmen zu benötigen, sondern dass diese bereits Teil der Variante sind. Es ist allerdings klar, dass die optimierte Variante innerhalb des im Raumordnungsverfahren definierten Rahmens bleiben muss.

Als Grundvoraussetzung für eine derartige Planung sind Entwurfsgrundsätze, die möglichst von allen Seiten (Wasserbau und Ökologie) akzeptiert werden (siehe Kapitel 3.4). Die Entwurfsgrundsätze sollten Teil der Ausschreibung werden, sodass die Planer diese als „guidelines“ verwenden können.

Weiters wird ein Gremium (z.B. Leitungsausschuss) benötigt, welches die Umsetzung der Entwurfsgrundsätze in der Planung mitverfolgt und auf die richtige Anwendung achtet. Dies bedeutet, dass dem Leitungsausschuss in Sitzungen/workshops von der Planung über den jeweiligen Stand und auch die Anwendung der Entwurfsgrundsätze berichtet wird und dieser bestimmte Planungsschritte inhaltlich akzeptiert und Vorschläge zur Verbesserung unterbreitet.

Das Planungsteam selbst muss interdisziplinär besetzt sein, sollte gegenüber neuesten Entwicklungen aufgeschlossen sein und die jeweiligen Erfahrungen in Bayern und Österreich über einen möglichst großen Zeitraum einbringen.

Grundsätzlich ist eine Trennung in eine generelle Planung (Umweltverträglichkeitsprüfung für das gesamte Tittmoninger Becken und die Nonnreiter Enge mit Festlegung von Bauabschnitten) und eine Detailplanung für den ersten Bauabschnitt sinnvoll. Die Detailplanungen zu den weiteren Bauabschnitten sollten erst später folgen (Nutzung Monitoring, auch Erkenntnisse und praktische Erfahrungen aus Freilassinger Becken und wissenschaftliche Weiterentwicklungen).

Folgende Aspekte sind aus Sicht des Gutachters wichtig:

- Technische Sohlsicherungen sind auf ein Minimum zu reduzieren. **Weiterentwicklung** des offenen Deckwerks / **Rollierungsstreifen zur Sohlvergrößerung**, wenn möglich innerhalb der bestehenden Kornverteilungskurve und unter Berücksichtigung von vorhandenem Zugabematerial. Auch der tatsächlich erforderliche Umfang der Ufersicherungen in diesen Bereichen sollte hinterfragt und optimiert werden. Das Offene Deckwerk (Rollierungsstreifen aus der WRS) als ein Teillösungsansatz wird insbesondere hinsichtlich der Steingrößen und der erforderlichen Ufersicherungsmaßnahmen optimiert, so dass ggf. Korngrößen im Bereich der bestehenden Korngrößenverteilungen verwendet werden. Dies geht in Richtung der granulometrischen Sohlverbesserung, die an der Donau östlich von Wien eingesetzt wird. Dabei ist eine Restdynamik des Geschiebetransportes anzustreben und eine Minimierung des Bedarfs an Ufersicherungen entlang der Strecken. Insgesamt sind Strecken mit künstlicher Sohl- bzw. Ufersicherung so kurz wie möglich zu halten.
- Aufwertung der Nebengewässersysteme durch Erhöhung des spezifischen Durchflusses mit dem Ziel (wo möglich) der Entwicklung von Teilflüssen im Vorland. Dazu ist eine möglichst frühzeitige Ausleitung (sohlgleiche Anbindung) wesentlich. Gegenüber dem derzeitigen Stand von max. 30 m³/s Durchfluss im Nebengewässersystem bei HQ1 sollte ein deutlich höherer Teilabfluss auch bei geringeren Salzachdurchflüssen eine merkbare Entlastung der Sohle im Hauptfluss auch bei Hochwasser mit sich bringen und eine morphodynamische Entwicklung insbesondere mit Remobilisierung von Feststoffen ergeben. Damit diese Teilgewässer wesentliche ökologische Aufgaben übernehmen können, wird eine Dotation dieser Gewässer mit einem Teilabfluss empfohlen. 5-15 m³/s reichen bei weitem nicht aus, um das Nebengewässersystem zu dotieren. Es sollten Teilgerinne entstehen. Auch bei MNQ bis zum MQ wird ein signifikanter Anteil des Abflusses in der Salzach vorgeschlagen (eine genaue prozentmäßige Festlegung z.B. mit 20% der Durchflüsse von MNQ bis MQ ist auf Grund der gewünschten morphologischen Dynamik und damit Veränderungen der Ausmündungsstellen nicht sinnvoll, es soll aber mit den Werten die Richtung angezeigt werden). Bei höheren Wasserführungen soll der Abfluss in den Teilgewässern einen höheren prozentuellen Anteil übernehmen, damit die

Teilgewässer auch tatsächlich hydraulisch entlastend wirksam werden können. Dazu sind ggf. Initialmaßnahmen im Sinne von Vergrößerung des Abflussquerschnittes erforderlich (Initialgerinne). Weiters ist die Morphodynamik auch im Nebengewässersystem zu beachten. In Wechselwirkung mit einer ausreichenden Teilbeaufschlagung der Teilgewässer ergibt sich eine eigendynamische Ausgestaltung derselben mit typischen Strukturen und Habitaten.

Die Lage der Teilgewässer orientiert sich an den Angaben der WRS, wobei grundsätzlich das vorhandene Potenzial an Flächen im Vorland unter Berücksichtigung der bestehenden Nebengewässer genutzt werden sollte. Ausleitungsbauwerke sollten nach Möglichkeit vermieden werden, jedenfalls von der Lage und Höhe so geplant werden, dass der gewünschte Teilabfluss erreicht wird und eine nachhaltige Funktionalität und auch morphologische Dynamik gegeben sind. Dabei ist auch der Seetonhorizont in den Vorlandbreichen zu beachten.

- Erweiterung des Konzeptes der weichen Ufer zu **eigendynamischen Aufweitungen und Seitenerosion** mit einer größeren Gesamtbreite (Richtung Hauptvorschlag bzw. Variante A) mit gewässertypischen Strukturen. Dabei erreicht man im Hauptvorschlag und bei der Variante A einen deutlich höheren Geschiebeeintrag, da im Vergleich zur Variante B anstatt einer maximalen Breite von 150 bis zu 200 m Sohlbreite angegeben wird. Es ist mit einer besseren Annäherung an das Leitbild zu rechnen (insbesondere in Kombination mit den Gewässervernetzungen). Mit der Verstärkung des lateralen Transports und der Geschiebeumlagerung in Kombination mit der Initiierung von Teilgewässersystemen verringert sich die Möglichkeit einer Rinnenbildung.

Der in der Variante B gewählte flussmorphologische Typ „Mäander“ entspricht aus Sicht des Gutachters nicht dem prozessgemäßen Flusstyp, selbst unter heutigen Randbedingungen. Auch im da Silva Diagramm (siehe auch WRS Bericht 9, S. 36) liegt die Sohle im Bereich Flachbett bis alternierende Bänke (siehe auch Natur). Bei den Varianten geht es umso mehr in Richtung alternierende Bänke bis Verzweigung, wobei natürlich Geschiebeinput wesentlich ist (gilt auch für 150 m Sohlbreite der Variante B). Ein typischer Mäanderverlauf wäre aus Sicht des Gutachters sowohl von h/d_m als auch B/h kaum zu erwarten (siehe auch Habersack & Smart, 1999). In Erweiterung des Hauptvorschlages sollten die Aufweitungen nicht vollständig gebaut werden, sondern Initialmaßnahmen gesetzt werden: Versetzung der Ufersicherungen außerhalb des Nebengewässersystems zur Begrenzung der Morphodynamik (bei Bedarf), Entfernung der Ufersicherungen, teilweise alternierende Initialaufweitungen, Anlage von Hinterrinnen, Seitenarmen, Anbindung des Nebengewässersystems mit

geschiebetransportwirksamen Durchflüssen (Entwicklung zu Teilgewässersystem) unter Beachtung des feinkörnigen Untergrunds in den sohlmorphologisch aktiven Gewässerarmen.

- Bei entsprechender Planung der Initialmaßnahmen (Aufweitungen, Seitenerosion etc.) und stärkerer Beaufschlagung der Nebengewässersysteme müsste ein **„Bruch“ der bestehenden Linienführung** angestrebt werden, sodass sich gewässertypische Strukturen (z.B. alternierende Bänke) einstellen können.
- **Wenn möglich Verzicht auf Sohlrampen** in Hinblick auf die Wirkung der eigendynamischen Aufweitungen und Seitenerosion, Sohlvergrößerung und Entwicklung eines Teilgewässersystems. Die Initiierung von eigendynamischen Entwicklungen ist technischen Maßnahmen vorzuziehen. Querbauwerke wie Rampen werden nur dann als Lösung diskutiert, wenn im Zuge der Planung andere Varianten wie eigendynamische Aufweitungen (die derzeit als technisch gleichwertig angesehen werden) aus nachweisbaren Gründen ausscheiden oder wenn im Zuge einer phasenweisen Umsetzung aus dem Monitoringergebnis sich das Erfordernis von Rampen ergibt.
- Bei den Rampen würde sich im Tittmoninger Becken teilweise ein höherer Oberwasserspiegel als zum Zeitpunkt um 1920 ergeben. Damit wäre eigentlich eine „Überkompensation“ der Eintiefung erfolgt. Unmittelbar bei der Ausleitung in die Nebengewässersysteme ergäbe sich aus Sicht des Gutachters auf Grund des dort erhöhten Sohlgefälles damit eine gegenüber den gewässertypspezifischen Verhältnissen erhöhte Morphodynamik, die aber auch im daran anschließenden Bereich zu „alluvial plugs“ führen könnte; insbesondere bei den vergleichsweise geringen Nebengewässerdurchflüssen. Bei Rampen ist deren Höhe auf das Mindestmaß zu reduzieren (niedriger als 2.8 m).
- Anstatt eines pendelnden/mäandrierenden Verlaufes **Anstreben des Gewässertyps „alternierende Bänke“** und langfristig (Verbesserung des Geschiebeeintrages) teilweise Ansätze zu Verzweigungen (ansatzweise Entwicklung in Richtung Leitbild).
- Um den gewünschten Projektserfolg der Sohlstabilisierung nachhaltig zu sichern, ist die **Erhöhung des Geschiebeeintrages** aus den flussaufwärtigen Strecken und dem Einzugsgebiet anzustreben (Sanierung des Geschiebehaushalts) und auch bei allen Projekten außerhalb des Tittmoninger Beckens zu berücksichtigen.
- Betreffend Hochwasserschutz tritt ohne Rampen eine spätere Ausuferung und damit flächige Überflutung auf, die aber bei extremen Hochwässern zu einer **stärkeren**

Retentionswirkung beitragen kann. Dazu sind instationäre hydrodynamische Modellierungen erforderlich, die eine eventuelle Wellenverformung (Absenkung der Hochwasserabflussspitze und Laufzeitverzögerung) analysieren lassen.

- Betreffend Bauumsetzung sollte eine **adaptive Bauausführung** gewählt werden. Dies bedeutet, dass eine schrittweise Umsetzung der Maßnahmen erfolgt und die Erkenntnisse aus der Bauumsetzung selbst, aber insbesondere ein sinnvolles Monitoring, zur Optimierung und Detailplanung der Maßnahmen des folgenden Schrittes/Bauabschnittes führen (Weiterverfolgung des WRS-Konzepts).
- Für eine erfolgreiche Umsetzung, Erfolgskontrolle und Optimierung der Maßnahmen ist ein **interdisziplinäres Monitoring** sinnvoll, wo sowohl abiotische als auch biotische Untersuchungen notwendig sind.
- Grundsätzlich ist es wichtig, Maßnahmen auszuwählen und in der generellen Planung und Detailplanung zu optimieren, welche eine bestimmte **Flexibilität gegenüber Veränderungen** der Randbedingungen ermöglichen (auch hier Weiterverfolgung des WRS-Konzepts). Zum einen verändert sich im Lauf der Zeit der übergeordnete Geschiebehalt, was Konsequenzen in der Projektstrecke hat. Bei langfristiger Erhöhung des Geschiebeinputs (wäre anzustreben) ergibt sich für den Hauptvorschlag das Potential verbesserter Sohlstrukturen und ggf. Handlungsbedarf bei den flächigen Sohlsicherungen (bzw. Einstellen der Erhaltungsarbeiten bei einer optimierten Sicherung entsprechend des Vorschlags in diesem Gutachten), bei Variante B ggf. Handlungsbedarf bei den Rampen (Reduktion der Höhen für den Hochwasserschutz). Der sukzessive Rampenrückbau bei anzustrebender langfristiger Erhöhung des Geschiebeeintrags ist bei der Planung als integraler Bestandteil mitzubedenken und darzustellen. Zum anderen ist eine Fixierung von Ober- und Unterwasserspiegel zu vermeiden.
- Bauarbeiten sollen so durchgeführt und geplant werden, dass eine **möglichst geringe Störung** der Schutzgüter (Fische, Vögel usw.) erfolgt.
- Die Flächeninanspruchnahme von Schutzgütern bzw. von deren Lebensräume (FFH-Richtlinie und Vogelschutzrichtlinie) muss so erfolgen, dass **keine (mittelfristige) Verschlechterung eintritt** (Verschlechterungsverbot).

Als Abschluss des Gutachtens finden sich in Kapitel 3.4 Entwurfsgrundsätze für die generelle Planung der Salzachsanieung im Tittmoninger Becken und der Nonnreiter Enge, welche als

akzeptierter Kompromiss zwischen den Positionen der Oberösterreichischen Umweltschutzbehörde und den Wasserbauverwaltungen Bayerns und Österreichs zu sehen sind.

3.4 ENTWURFSGRUNDSÄTZE FÜR DIE GENERELLE PLANUNG DER SALZACHSANIERUNG IM TITTMONINGER BECKEN UND DER NONNREITER ENGE (FKM 44.0 BIS FKM 8.0)

Für die Ausschreibung der generellen Planung bzw. Detailplanung werden Planungsgrundsätze vorgeschlagen, welche von einem Gremium (z.B. Leitungsausschuss) während der Planung begleitet werden sollten. Diese zwischen dem Gutachter, den Experten der Wasserbauverwaltungen Bayerns und Österreichs und dem oberösterreichischen Umweltschutz abgestimmten Grundsätze enthalten die neuesten Erkenntnisse und stehen in keiner Weise im Widerspruch zu den bisherigen Planungen ausgehend von der WRS. Die entsprechenden Textpassagen aus der WRS (Fachbericht Wasserwirtschaftliche Planungs- und Bewertungsmethodik sowie Variantenvorauswahl, Juli 2001, siehe Kapitel 2.4) sind hier mit Schlagwörtern nochmals angeführt.

Die Planungsgrundsätze orientieren sich am ökologischen Leitbild der WRS mit „der natürlichen Flusslandschaft der Unteren Salzach vor Beginn der Korrektur um 1817“. Sie räumen damit der Dynamisierung und dem Prozessschutz Priorität ein. Sie tragen den Anforderungen der WRRL mit der Erhaltung/Wiederherstellung des guten ökologischen Zustands Rechnung und sie dienen der Sicherung und Entwicklung von Schutzgütern in einem günstigen Erhaltungszustand im Sinne von NATURA 2000.

Entwurfsgrundsätze

Es ist auf Grundlage der bisher durchgeführten Untersuchungen und interdisziplinären Fachdiskussionen im Rahmen der WRS und späteren Planungen davon auszugehen, dass mit den nachfolgend angeführten Entwurfsgrundsätzen ein umweltverträgliches Einreichprojekt entwickelt werden kann, mit dem die Sohleintiefung an der Salzach nachhaltig gestoppt, der Hochwasserschutz unterstützt und der ökologische Zustand von Fluss und Aue verbessert werden:

- (1) Die **wasserbauliche Projektierung** für die Salzachsaniebung erfolgt integrativ unter **Berücksichtigung hydraulischer, morphologischer und ökologischer Kriterien** (betrifft Maßnahmen zu Sohl- und Ufersicherung, Ein- und Ausströmbereiche etc.), vor allem unter **Einbindung** der betroffenen **Dienststellen** und der betroffenen **Öffentlichkeit**. *WRS-Grundsatz: ganzheitliche Betrachtungsweise*
- (2) Eine nachhaltige dynamische Sohlstabilisierung wird mit **Kombinationsmaßnahmen** aus **Verbesserung des Geschiebeinputs, Verringerung der Sohlbelastung, Reduktion des Energieliniengefälles** im Rahmen der im bayerischen

Raumordnungsverfahren genehmigten Varianten erzielt. Gemäß Leitbild und bestehenden Erfahrungen bzw. Untersuchungen soll flussmorphologisch ein Gewässertyp angestrebt werden, dessen Formen von alternierenden, dynamischen Kiesbänken bis hin zu Ansätzen zu Verzweigungen (Entwicklung eines Nebengewässersystems) reichen. Damit ist eine verstärkte eigendynamische Ufererosion im Haupt- und Nebengewässersystem anzustreben. Die Planung der Maßnahmen zielt auf einen „**Bruch**“ der **Linienführung** ab, so dass gewässertypische Strukturen (z.B. alternierende Bänke) entstehen können. Damit verbundene Maßnahmen werden nicht gegen die flussmorphologische Eigendynamik sondern möglichst weitgehend in Übereinstimmung damit konzipiert. Dabei ist der Schutz gegen Sohldurchschlag von zentraler Bedeutung, da alle anderen mit einer stabilen Sohle verbundenen Planungsziele direkt davon abhängen. *WRS-Grundsatz: wirksame Beseitigung der Sohldurchschlagsgefahr, Nutzung flusseigenes Umgestaltungspotential, Strukturvielfalt von Ufer und Sohle sowie deren Dynamik, prognostizierbare Lösungsansätze.*

(3) Grundsätzlich sind **Maßnahmen** auszuwählen, welche eine **möglichst große Flexibilität** gegenüber Veränderungen der Randbedingungen ermöglichen (z.B. Anpassung an mögliche mittel- bis langfristige Änderungen des Geschiebeeintrags aus dem Einzugsgebiet, der Korngröße oder der Hydrologie; durch z.B. schrittweise Anpassung von Querbauwerken in späteren Entwicklungsstadien). *WRS-Grundsatz: Anpassungsfähigkeit an geänderte Rahmenbedingungen, sohlmorphologisch robuste Lösungen.*

(4) Als wichtiger, integrativer Teil der Sohlstabilisierung wird die **Initiierung von Nebengewässersystemen** vorgenommen, die schon ab Niederwasser einen Teilabfluss der Salzach abführen. Damit diese Nebengewässer wesentliche ökologische Aufgaben übernehmen können, ist ein ausreichender Durchfluss in diesen Gewässern vorzusehen (Teilabfluss). Bei niedrigen und häufig auftretenden Abflüssen wird eine möglichst hohe Wasserführung der Nebengewässer angestrebt. Bei höheren Wasserführungen sollen die Nebengewässer tatsächlich **hydraulisch entlastend** wirksam werden können und eigendynamische Entwicklungen zugelassen werden, womit gemäß morphologischem Leitbild durch Seitenerosion in der Salzach und den Nebengewässern Schotterbänke und Inseln entstehen können. Der Teilabfluss bei HQ₁ soll daher **deutlich mehr als 30 m³/s** betragen. Zusätzlich sollen die Nebengewässer – insbesondere bei Abflüssen über MQ – weitere Nebengewässer dotieren können. *WRS-Grundsatz: Entwicklung Nebengewässersystem, nachhaltige Wirkung Nebengewässersystem, Auenvernetzung, Vorlanddynamik*

- (5) Der **laterale Geschiebetransport ist zu verstärken**, da damit ein Teil der in Längsrichtung orientierten Transportenergie umgewandelt wird und von der Bilanz her ein nennenswerter Anteil vom Längs- in den Quertransport geht, wodurch eine Entlastung der Sohle resultiert.
- (6) Die an der Salzach vorhandenen **Potenziale für Uferrückbau und die Initiierung unterschiedlicher Nebengewässersysteme** werden **weitestgehend genutzt**. *WRS-Grundsatz: Strukturvielfalt von Ufer und Sohle sowie deren Dynamik, Auenvernetzung*
- (7) Das Nutzen **von eigendynamischen Entwicklungen ist technischen Maßnahmen vorzuziehen**. Technische Sohlsicherungen sind auf ein Minimum zu reduzieren. Die Rollierungsstreifen aus der WRS sollen als ein Teillösungsansatz insbesondere z.B. hinsichtlich der Steingrößen und der erforderlichen Ufersicherungsmaßnahmen optimiert werden, so dass ggf. Korngrößen im Bereich der bestehenden Korngrößenverteilungen verwendet werden. *WRS-Grundsatz: Nutzung flusseigenes Umgestaltungspotential*
- (8) Die **Sohlstabilisierung** wird im Sinne einer **adaptiven Planung** umgesetzt, wo die nächsten Detailplanungen in Abhängigkeit von bis dahin vorliegenden Monitoringergebnissen optimiert werden. *WRS-Grundsatz: Umsetzung in Teilschritten (modularer Aufbau), Berücksichtigung Zeithorizont für die Systemanpassung, Nutzung flusseigenes Umgestaltungspotential, kontrollierte Gewässerentwicklung auf Basis gezielter Beobachtung.*
- (9) Für Siedlungen und bedeutende Verkehrswege gilt: überall dort, wo derzeit ein Schutz vor einem 100-jährlichen Hochwasser gegeben ist, wird auch in Zukunft ein **100-jährlicher Hochwasserschutz** gewährleistet sein. In Bereichen, wo derzeit noch kein Schutz vor einem 100-jährlichen Hochwasser besteht wird dieser angestrebt, das bestehende Schutzniveau aber mindestens beibehalten. Die Ziele des Hochwasserschutzes werden durch Querschnittsaufweitungen (Uferrückbau) und eine verstärkte Beaufschlagung der Teilgewässersysteme sowie flächige Überflutungen der Aubereiche unterstützt. *WRS-Grundsatz: Erhalt Hochwasserschutz für Siedlungs- und Verkehrsflächen, Verbesserung der Hochwasserabflussverhältnisse*
- (10) Rechtzeitige **Einbindung** der betroffenen **Grundstückseigentümer** und der **Öffentlichkeit** in den Planungsprozess.

4 VERWENDETE UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

AUFLEGER M., HAFNER T., HENGL M. (2008): Sanierung Untere Salzach – Weiche Ufer, Internationales Symposium, ETH Zürich.

BRAVARD J.P., LANDON N., PEIRY J.L., et PIÉGAY H. (1999): Principles of engineering geomorphology for managing river erosion and bedload transport, examples from French rivers», *Geomorphology* 31, p. 291-311.

DARBY S.E., RINALDI M. & DAPPORTO S. (2007): Coupled simulations of fluvial erosion and mass wasting for cohesive river banks. *Journal of Geophysical Research*, 112, F03022, doi:10.1029/2006JF000722.

DONAU CONSULT, ZOTTL & ERBER (1997): Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse und Granulometrische Sohlverbesserung; Studie im Auftrag der Wasserstraßendirektion.

FORMANN, E., HABERSACK, H., SCHOBER, St. (2007): Morphodynamic river processes and techniques for assessment of channel evolution in Alpine gravel bed rivers , *Reduced-Complexity Geomorphological Modelling for River and Catchment Management*, *J. Geomorphology*, Volume 90, Issues 3-4, 340-355.

HABERSACK, H. (1997): Catchment-wide, sectional and local aspects in sediment transport modelling and monitoring, *Journal of Sediment Research*, Vol. 12, No. 3, S. 120-130.

HABERSACK, H. M., FORMANN, E., MUHAR, S., KRAPESCH, G., HAUER, C., KLÖSCH, M. (2006): Hydraulische, flussmorphologische und ökologische Auswirkungen von Gewässeraufweitungen, *Proceedings zum workshop Flussaufweitungen an der VAW der ETH Zürich*, Schriftenreihe der VAW-ETH Zürich.

HABERSACK, H., NACHTNEBEL, H.P. (1995): Short term effects of local river restoration on morphology, flow field, substrate and biota, *Selected paper in Regulated Rivers: Research and Management*, Vol. 10, No. 2-4, S. 291-301.

HABERSACK, H., NACHTNEBEL, H.P. (1997): Changes in sediment transport and river engineering concepts, case study of the river Drau in Austria, *UNESCO - IHP-V / Technical Documents in Hydrology*, No. 10, S. 277-286.

HABERSACK, H., NACHTNEBEL, H.P. (1998): Planung und Konzeption flussbaulicher Maßnahmen zur Sohlsicherung und Verbesserung der gewässermorphologischen Strukturen, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, Heft 1/2, Jg. 50, S. 40-48.

HABERSACK, H., PIEGAY, H., RINALDI, M., (2007): Gravel-Bed Rivers VI – From process understanding to river restoration, *Editors for Book-Series “Developments in Earth Surface Processes”*, Volume 11, Elsevier.

HABERSACK, H., SATTLER, S., GRUPE, S., PORZER, W. (1999): Feststofftransport an der Oberen Salzach, *Wien, Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, Heft 7/8, Jg. 51, S. 212-222.

HABERSACK, H., SMART, G. M. (1999): Width of braided gravel bed rivers: implications for management in Austria and New Zealand, *proceedings of the IAHR-Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics in Genua*, S. 575-584.

HABERSACK, H.M. & LARONNE, J.B. (2001): Bedload texture in an Alpine gravel bed river, *Water Resources Research* Vol. 37, No. 12, (3359-3370).

HABERSACK, H.M., KOCH, M., NACHTNEBEL, H.-P. (2000): Flussaufweitungen in Österreich: Entwicklung, Stand und Ausblick, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, Heft 7/8, Jg. 52, 143-153.

HABERSACK, H.M., LIEDERMANN, M., TRITTHART, M. (2007): Restoring large rivers – the integrated Danube river project, In: Jowett, I., Biggs, B. (Eds.), *Bridging the Gap between Hydraulics and Biology*, 6th International Symposium on Ecohydraulics, 18-23 February 2007, Christchurch.

HABERSACK, H.M., PIEGAY, H. (2007): River restoration in the Alps and their surroundings: past experience and future challenges, *Gravel-bed rivers 6 "From process understanding to river restoration"* (edited by H. Habersack, H. Piégay, M. RINALDI), *Developments in Earth Surface Processes* (Elsevier), Volume 11, 2007, Pages 703-735.

HABERSACK, H.M., SCHNEIDER, J. (2000): Ableitung und Analyse flussmorphologisch relevanter Parameter von historischen Karten, *Wasser & Boden*, 52. Jg., 6/2000, S. 55-59.

HABERSACK, H.M., SEITZ, H., LARONNE, J.B. (2008): Spatio temporal variability of bedload transport rate: analysis and 2D modelling approach, *J. Geodinamica Acta*, 21/1-2, 67-79.

HAUER, C., FRANGEZ, C., JUNGWIRTH, M., HOFBAUER, S., MUHAR, S., PREIS, S., UNFER, G., HABERSACK, H., (2006): Flussmorphologische Veränderungen am Kamp durch das Hochwasser 2002 und ihre Bedeutung für Hochwasserschutz und Fischökologie. *Österreichs Wasser- und Abfallwirtschaft*, Heft 11-12, 175-183; ISSN 0029-9987.

HAUER, C., HABERSACK, H., (2005): The effects of a catastrophic flood event on the morphodynamics of an Austrian River. In: *Proceedings, 4th IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics* (ed. by Gary Parker, Marcelo Garcia): RCEM 2005, October 4-7, 2005, Urbana, Illinois, 309-317, ISBN 0 41539270 5

HAUER, C., UNFER, G., SCHMUTZ, S., HABERSACK, H. (2008): Morphodynamic effects on the habitat of juvenile cyprinids (*Chondrostoma nasus*) in a restored Austrian lowland river. *ENVIRON MANAGE*; ISSN 0364-152X.

HENGL, M., HUNZIKER, R. (2000): Wasserwirtschaftliche Planungsanforderungen an die Sanierung sich eintiefender Flüsse, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, Heft 5/6, 105-110.

HOFBAUER, S., PREIS, S., MUHAR, S., HAUER, C., JUNGWIRTH, M., HABERSACK, H., (2006): Management der Vegetation in einer Flusslandschaft - innovative Herangehensweisen aus hydraulischer und ökologischer Sicht am Beispiel Kamp. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, Heft 11-12, 185-192; ISSN 0945-358X OWABEB.

HOHENSINNER, S., HABERSACK, H., JUNGWIRTH, M., ZAUNER, G. (2004): Reconstruction of the characteristics of a natural alluvial river-floodplain system and hydromorphological changes following human modifications: the Danube River (1812-1991), *J. River Research and Applications* Vol 20: 25-41. ISSN 1535-1467.

JÄGGI, M. (1995): Maßnahmen zur Sohlenstabilisierung auf flussmorphologischer Basis, Seminar Uferschutz und Gerinnestabilisierung im modernen Gewässerausbau, November 1994, ÖWAV, TU Wien.

JÄGGI, M.N.R. und PELLANDINI, St. (1988): Naturnahe verzweigte Sohlenabschnitte als Mittel gegen Sohleneintiefung. Internat. Symposium INTER-PRAEVENT, Tagungspublikation Bd. 4, S. 327-338.

JÄGGI, M.N.R., ZARN, B. (1999): Stream Channel Restoration and Erosion Control for Incised Channels in Alpine Environments, in: Incised River Channels, edited by Darby, S. and Simon, A, John Wiley&Sons, Chichester.

KONDOLF M.G., PIÉGAY H., LANDON N. (2002): Channel response to increased and decreased bedload supply from land-use change since 1900: contrasts between catchments in the Rocky Mountains of Idaho and the Pre-Alps of France, *Geomorphology* 45, p. 35-51.

KONDOLF, G.M. (2006): River restoration and meanders. *Ecology and Society*.

KONDOLF, G.M., and R.R. CURRY (1986). Channel erosion along the Carmel River, Monterey County, California. *Earth Surface Processes and Landforms* 11:307-319.

KONDOLF, G.M., PIÉGAY H. (2003), *Tools in fluvial geomorphology*, J. Wiley and Sons, Chichester, U.K, pp. 3-22.

LIÉBAULT F., CLÉMENT P., PIÉGAY H., & LANDON N. (1999): assessment of bedload supply potentiality from the tributary watersheds of a degraded river: the Drôme (France), *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 31 (1), p. 108-117.

LIÉBAULT F., PIÉGAY H. (2001): Assessment of channel changes due to long-term bedload supply decrease, Roubion river, France, *Geomorphology* 36 (3-4), p. 167-186.

LUPPI L., RINALDI M., TERUGGI L.B., DARBY S.E., NARDI L. (2008): Monitoring and numerical modelling of riverbank erosion processes: a case study along the Cecina River (Central Italy). *Earth Surface Processes and Landforms*. DOI: 10.1002/esp.1754.

MICHOR, K., HABERSACK, H., NACHTNEBEL, H.P., MORITZ, Ch., MUHAR, S., JUNGWIRTH, M., PETUTSCHNIG, J., UNTERLERCHER, M. (1998): Maßnahmenkatalog zur Umsetzung des Leitbildes an der Oberen Drau, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, Heft 1/2, Jg. 50, S. 57-64.

MINOR H.-E. (2006): Bed morphology and flow resistance in steep open channels with varying widths. *River Flow* – R.M.L. Ferreira, E.C.T.L. Alves, J.G.A.B. Leal & A.H. Cardoso (eds.) 1: 1039-1047.

NUSSLE D., PUTZAR B., REQUENA P., MINOR H.E. (2008): Auswirkungen von Flussaufweitungen auf die Sohlenentwicklung, in: neue Anforderungen an den Wasserbau. Internationales Symposium 11./12. September 2008. Bd.2, Zürich, S.987-998, *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie –VAW*, Hrsg.: ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie –VAW.

PIÉGAY H., CUAZ M., JAVELLE E. & MANDIER P. (1997): A new approach to bank erosion management, the case of the Galaure river, France, *Regulated Rivers: Research and Management* 13, p. 433-448.

PIÉGAY H., GRANT G., NAKAMURA F., TRUSTRUM N. (2006): Braided river management : from assessment of river behaviour to improved sustainable development, in G.H. Sambrook-Smith, J.L. Best, C.S. Bristow and G.E. Petts (eds.), *Braided Rivers: Process, Deposits, Ecology and Management*, Special publication 36 of the International Association of Sedimentologists, p. 257-275.

PIÉGAY, H., DARBY S. E., MOSSELMAN, E., SURIAN, N. (2005): A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: a sustainable approach to managing bank erosion, *Regulated Rivers: Research & Management*, Volume 21 Issue 7, Pages 773 – 789, Special Issue: Sediment Management in River Systems: A Need to Assess Changing Processes in the Long Term and at a Large Scale.

PREIS, S., MUHAR, S., HABERSACK, H., HAUER, C., HOFBAUER, S., JUNGWIRTH, M. (2006): Nachhaltige Entwicklung der Flusslandschaft Kamp: Darstellung eines Managementprozesses in Hinblick auf die Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL). *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, Heft 11-12, 159-167; ISSN 0945-358X OWABEB.

PREIS, S., MUHAR, S., HOFBAUER, S., HABERSACK, H.M. (2005): Flächensicherung als Basis für das zukünftige Flusslandschaftsmanagement am Kamp nach dem Hochwasser 2002, *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, Heft 5/6, Jg. 57, 95-102, ISSN 0945-358X-OWABE.

RECKENDORFER, W., SCHMALFUSS, R., BAUMGARTNER, C., HABERSACK, H.M., HOHENSINNER, S., JUNGWIRTH, M., SCHIEMER, F. (2005): The Integrated River Engineering Project for the free-flowing Danube in the Austrian Alluvial Zone National Park: framework conditions, decision process and solutions, *Archiv für Hydrobiologie, Supplementband, Large Rivers*, 15, 1-4, 613-630; ISSN 0003-9136.

REQUENA P., WEICHERT R.B., MINOR H.-E. (2006): Self widening by lateral erosion in gravel bed rivers. *River Flow 2006* – R.M.L. Ferreira, E.C.T.L. Alves, J.G.A.B. Leal & A.H. Cardoso (eds.) 2: 1801-1809.

RINALDI M., MENGONI B., LUPPI L., DARBY S.E., MOSSELMAN E (2008): Numerical simulation of hydrodynamics and bank erosion in a river bend. *Water Resources Research*, 44, W09429, doi:10.1029/2008WR007008.

ROTH, M., ZARN, B. (1998): Eintiefung am Wildfluss Melezza - Voraussagen 1983, Messungen und Berechnungen 1997, *Wasserbau-Symposium: Planung und Realisierung im Wasserbau*, Gramisch-Partenkirchen, 15.-17. Oktober, Bericht Nr. 84 der Versuchsanstalt Oberrach und Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU München, 187-199

SKI GmbH + Co.KG (2004): Risikoanalyse an der Unteren Salzach (unveröffentlicht)

SURIAN N. & RINALDI M. (2003): Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology*, 50, 307-326.

WEICHERT R.B. (2006): Bed morphology and stability of steep open channels. *Mitteilung VAW* 192.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Publikationen, diverse Informationen Umweltschutz Oberösterreich](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Habersack Helmut, Hengl Michael

Artikel/Article: [Gutachten: Maßnahmen zur Verhinderung der Sohleintiefung und gleichzeitigen Verbesserung des ökologischen Zustandes; Vergleich mit Vorschlägen für die Salzach an der oberösterreichischbayrischen Grenzstrecke 1-84](#)