

Forschungsbericht FZKA-BWPLUS

Verlängerungsvorhaben
Hydraulik naturnaher Fließgewässer II

Empfehlungen zur naturnahen Entwicklung ausgebauter Fließgewässer
in Ortslagen unter besonderer Berücksichtigung des Hochwasserschutzes

von

Dipl.-Geoökol. Sandra Schneider, Dipl.-Ing. Katrin Läkemäker, Dr.-Ing. Boris Lehmann
und
univ. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Franz Nestmann

Universität Karlsruhe (TH)
Institut für Wasser und Gewässerentwicklung

Förderkennzeichen: BWR 25006

Die Arbeiten des Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung werden mit Mitteln des
Landes Baden-Württemberg gefördert

Juni 2007

INHALTSVERZEICHNISS:

1	Einleitung und Untersuchungsauftrag.....	4
2	Aufgabenstellung	5
3	Ablauf des Vorhabens, Anknüpfungspunkte bisheriger Arbeiten	6
4	Entwicklung der hydraulischen Verhältnisse Murr/ Steinheim	7
4.1	Ausgangssituation und Zielsetzung	7
4.2	Untersuchungsgebiet Steinheim/Murr.....	7
4.3	Aufbereitung der Daten	11
4.3.1	Datenerhebung, Datengrundlagen und Datenlücken	11
4.3.2	Aufbereitung und Auswertung von Pegeldaten	11
4.3.3	Aufbereitung der Querprofilaten	15
4.3.4	Aufbereitung der Fotodokumentation und Vegetationsdatensätze	19
4.3.5	Erstellung der Datenbank.....	21
4.4	Erstellung des 1D- HN- Modells.....	21
4.4.1	Kalibrierung: dreifach-Sektionierung	24
4.4.2	Bestimmung der Rauheitsbeiwerte	24
4.4.3	Kalibrierung der Mehrfachsektionen	26
4.4.4	Ergebnisse	27
4.5	Allgemeingültige Empfehlungen und Anforderung für eine erfolgreich Renaturierung innerhalb von Ortslagen	42
5	Geschiebeanlandung der Enz unterhalb der Brücke in Niefern.....	44
5.1	Untersuchungsgebiet	44
5.1.1	Wasserkraftwerk und Umgehungsgewässer.....	45
5.1.2	Brücke	45
5.1.3	Wehr.....	46
5.1.4	Geschiebeansammlung	47
5.2	Erstellung des 1D- HN- Modells.....	48
5.2.1	Kalibrierung des 1D- HN- Modells.....	55
5.2.2	Bestimmung des Transportbeginns	56
5.2.3	Szenarien	57
5.3	Ergebnisse und Auswertung	61
5.3.1	Schubspannungsverlauf entlang des Modellgebietes.....	61
5.3.2	Stabilität der Geschiebeansammlung	62

5.3.3	Vergleich der Berechnungen mit den Vermessungsdaten.....	67
5.4	Konsequenz für die Geschiebeablagerung.....	74
6	Geplante Veröffentlichungen	76
7	LITERATURVERZEICHNIS.....	76
ANHANG 1:	Rohdaten der Linienzahlanalyse Enz.....	1
ANHANG 2:	Wasserspiegellagen vor und nach Kalibrierung Enz.....	3
ANHANG 3:	Wasserspiegellagen für verschiedene Randbedingungen (RB) Enz	4
ANHANG 4:	Über den Querschnitt gemittelte Schubspannungen (km 51+795) Enz	5
ANHANG 5:	Fließgeschwindigkeiten in den drei Bereichen Enz.....	6
ANHANG 6:	Schubspannungen in den drei Bereichen (km 51+795) Enz.....	9
ANHANG 7:	Bilder des Untersuchungsgebietes an der Enz	12
ANHANG 8:	Querprofile als Plot.....	13
ANHANG 9:	Querprofile als Vermessungsdaten	24

1 Einleitung und Untersuchungsauftrag

Mit der Verabschiedung der EU- Wasserrahmenrichtlinie im Jahr 2000 wurden die Ziele für Oberflächengewässer neu definiert. Ein Ziel ist die Erreichung eines strukturreichen, diversen Flussökosystems mit guter ökologischer Qualität. Vor allem im urbanen Raum mit hohen Restriktionsdichten und oftmals stark ausgebauten Gewässerläufen stellt die Forderung die Wasserkörper in naturnahe Fließgewässer umzuwandeln, Wasserbauingenieure und Landschaftsplaner vor große Herausforderungen.

Derzeit sind die zuständigen Entscheidungsträger und planenden Ingenieure oft noch zurückhaltend bei der Einbindung von unterschiedlichen Pflanzenarten im Zuge der Renaturierung von urbanen Flussläufen. Hintergrund ist die zum Teil noch mangelnde Kenntnis über den Einfluss von bewachsenen Ufern und Vorländern auf das Abflussgeschehen. Vegetation führt zu Veränderungen des Abflusswiderstandes, beeinflusst Sedimentationsprozesse sowie den Wasserspiegel und beeinträchtigt die Interaktionsprozesse zwischen Vorland und Hauptgerinne nachhaltig.

Eine intakte, strukturreiche Vorlandvegetation ist jedoch von großer Bedeutung für ein funktionierendes, vernetztes Ökosystem. Bäume und Sträucher stabilisieren Ufer, liefern Schatten, wirken extremen Temperaturschwankungen des Fließgewässers entgegen und spielen eine zentrale Rolle im Nahrungskreislauf und bei der Verbesserung der Wasserqualität. Des Weiteren tragen Renaturierungsmaßnahmen an Fließgewässern zur Verbesserung der Ästhetik bei, erhöhen deren Naherholungswert und dienen zahlreichen Tier- und Pflanzenarten als Lebensraum (Fischenich 2001).



Abbildung 1.1: Strukturreiches Uferbett der Murr bei der Ortslage Steinheim(Lehmann 2003)

Daher besteht ein dringender Bedarf an Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Renaturierung und deren Gewässerunterhaltung. Diese Empfehlungen müssen zum einen die Hochwassersicherheit gewährleisten, zum anderen die ökologische Bedeutung der Fließgewässer berücksichtigen.

2 Aufgabenstellung

Ziel der hier vorliegenden Arbeit ist die Optimierung der Empfehlungen im Umgang mit Vorlandvegetation und deren Einfluss auf das Abflussgeschehen im Hochwasserfall. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Ableitung von Praxisempfehlungen zur Beurteilung der hydraulischen Auswirkung von Geschiebeablagerungen in aufgeweiteten Gerinnequerschnitten. In diesem Rahmen werden die Auswirkungen der Geschiebeansammlung unterhalb der Wehranlage in Niefern auf Extremhochwasserereignisse untersucht.

Die Arbeit gliedert sich daher in zwei zentrale Untersuchungsabschnitte:

- Im ersten Teil erfolgt eine Darstellung und Bewertung der naturnah ausgebauten Landesmessstrecke an der unteren Murr. Dabei werden die im BWPlus-Bericht BWC 21019 „Hydraulik naturnaher Fließgewässer“ dargelegten Empfehlungen für die Entwicklung und Unterhaltung von naturnahen Gewässerabschnitten insbesondere im Hinblick auf die Gewährleistung der Hochwassersicherheit zu Grunde gelegt und an Naturdaten validiert.
- Im zweiten Teil erfolgt eine Bewertung der Geschiebeansammlung unterhalb der Wehranlage in Niefern im Hinblick auf ihre Auswirkungen im Hochwasserfall.

3 Ablauf des Vorhabens, Anknüpfungspunkte bisheriger Arbeiten

Die vorliegende Arbeit ist die Fortsetzung des BWPlus-Forschungsvorhabens BWC 21019 „Hydraulik naturnaher Fließgewässer“ (09/2002 bis 02/2005) mit dem Ziel, die bisher erarbeiteten Empfehlungen zur Entwicklung und Unterhaltung naturnaher Fließgewässer in urbanen Bereichen weiter zu verbessern.

Der Untersuchungsauftrag gliedert sich in zwei Teilbereiche: Die Archivierung und Auswertung der vorhandenen Naturmessdaten der LUBW, sowie die Bewertung der Geschiebeansammlung der Enz unterhalb der Wehranlage in Niefern.

Die Erarbeitung von optimierten Empfehlungen für die Unterhaltung der Vorländer auf Basis der Murrdaten setzt zunächst eine systematische Zusammenstellung und Archivierung der Daten in einer Datenbankstruktur voraus. Hierfür mussten die im Laufe der letzten 20 Jahre erhobenen morphologischen, hydraulischen und vegetationskundlichen Daten aufbereitet werden. Die LUBW übergab 21 Aktenordner mit Daten von Querprofilen, floristischen und faunistischen Untersuchungen, hydrologischen und hydraulischen Messreihen sowie Planunterlagen, Dias und Fotomaterial. Die Planunterlagen umfassen Lagepläne, Vegetationsbestandspläne, Unterhaltungspläne und ausgedruckte Querprofile.

Die Systematisierung und Normierung der Daten beanspruchte einen Grossteil der Zeit, da die bei der Erhebung damals zuständigen Bearbeiter unterschiedliche Schwerpunkte und Zielrichtungen bei der Datenerhebung verfolgten.

Die erstellte Datenbank erlaubt eine zielgerichtete Abfrage bzw. Filterung der vorhandenen Datensätze. Die Vermessungsdaten aus dem Jahr 1997 bildeten die Datengrundlage für das 1D-HN-Modell, da für diesen Zeitraum Abfluss- und Vermessungsdaten in geschlossener Form vorliegen. Die verwendeten Vegetationsparameter beruhen auf dem Fotomaterial von 1997, der Vegetationskartierung von 1996 sowie einer zusätzlichen Vegetationskartierung im Frühjahr 2006.

Für die Bewertung der Geschiebeansammlung unterstrom des Streichwehres der Enz bei Niefern wurde ebenfalls ein 1D-HN-Modell erstellt. Hiefür wurden zusätzlich noch Vermessungsdaten der Sedimentablagerung aufgenommen und ausgewertet. Die Herausforderung dieser Teiluntersuchung lag vor allem in einer sinnvollen Erstellung von Szenarienvarianten. Hierbei sollte die Frage geklärt werden ab welchem Zeitpunkt die Hochwassersicherheit nicht mehr gewährleistet werden kann.

Die abgeleiteten Empfehlungen sollen zu einer vorausschauenden Planung und Unterhaltung von naturnahen Flüssen beitragen.

4 Entwicklung der hydraulischen Verhältnisse Murr/ Steinheim

4.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Für die ausgebaute Murr sind Naturmessdaten und Messreihen in einem Zeitraum von über 20 Jahren vorhanden. Neben den Erhebungen der Flora- und Faunaentwicklung entlang der Ufer und Vorländer wurden morphologische Daten sowie Wasserstände durch die LUBW aufgenommen. Die Auswertung der Daten bezüglich der Entwicklung von Flora und Fauna wird in den Berichten „Ökologische Untersuchungen an der ausgebauten unteren Murr“ (Band 1 und Band 2) behandelt. Zudem erfolgte im Rahmen dieser Veröffentlichungen eine erste graphische Auswertung der morphologischen Veränderungen zwischen 1976 und 1982 innerhalb der ausgebauten Murr (Flusskilometer 1+200 bis 6+175)

In den 1990er Jahren wurden weitere Vermessungsdaten aufgenommen, für die jedoch eine zusammenfassende Auswertung fehlte. Unter anderem ist ein Ziel der hier vorliegenden Arbeit diese Daten zu ordnen und in einer Datenbank zu archivieren. Damit kann auf diese Daten- und Messreihen durch einfache Verknüpfungen zurückgegriffen werden. Diese Daten dienen dann als Grundlage zur Ableitung von Empfehlungen für die Unterhaltung naturnaher Fließgewässer im urbanen Raum.

Hierfür wird ein 1D-HN-Modell mit dem Programm HEC-RAS für den Bereich Fluss-km 6+100 bis 1+900, aufbauend auf den Geometriedaten von 1997, erstellt und anhand von Wasserspiegelfixierungen kalibriert. Die Implementierung der Vorlandvegetation erfolgt entsprechend den Vegetationsdaten von 1996 und 1997. Die hierfür notwendigen Rauheitsbeiwerte werden entsprechend den Empfehlungen des Vorgängerprojektes BWC 21019 ermittelt.

4.2 Untersuchungsgebiet Steinheim/Murr

Überblick

Das Einzugsgebiet der Murr beträgt 507 km² und wird auf einer Länge von 54,5 km durchflossen (siehe Abbildung 4.1). Die Quelle entspringt aus den stauenden Tonschichten des Unteren Stubensandsteins (Mächtigkeit 100 m; Mittelkeuper) in 455 m ü. NN. In ihrem Lauf quert die Murr den gering mächtigen Schilfsandstein, die Bunten Mergel, auf einer Strecke von 16 km die Formation des Letten- (20 m Mächtigkeit) und Gipskeupers (100 m) und erreicht kurz vor Backnang den 80 m mächtigen Hauptmuschelkalk, in welchem sie nach 20 km auf einer Meereshöhe von 190 m in den Neckar mündet (BÜRKLE 1985, RATH 1985).

Das Gefälle von 23 % auf den ersten Fließkilometern nimmt rasch auf 3,5 % (Bunte Mergel) und im Gipskeuper auf 2 % ab. Im Muschelkalk nimmt es kurzzeitig wieder zu (2,6

%), um dem Fluss ab Steinheim mit nur noch 1,6 % zu seinem geschwungenen Lauf zu verhelfen. (BÜRKLE 1985, RATH 1985).

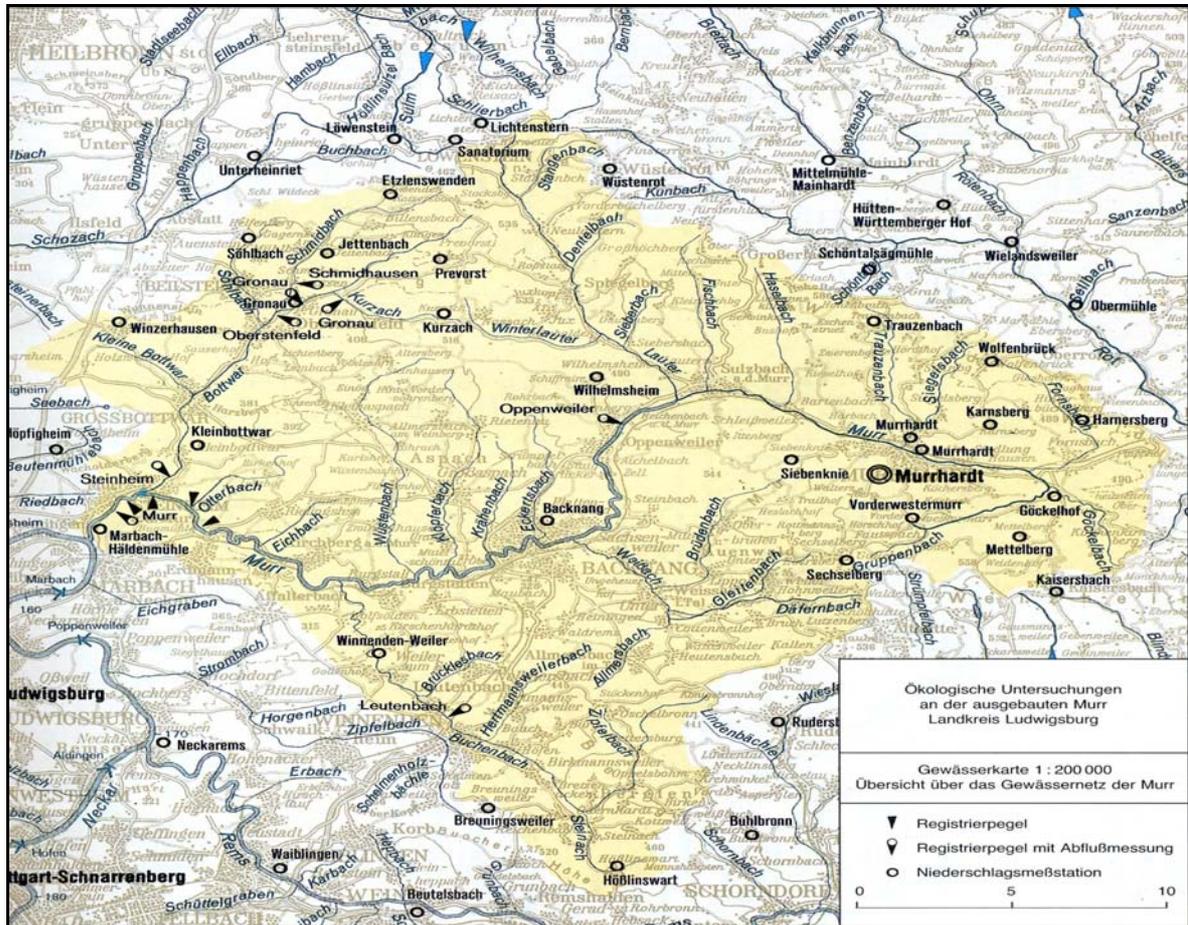


Abbildung 4.1: Einzugsgebiet der Murr (LfU 1991)

Hydrologie

Das Abflussverhalten ist sowohl von den geologischen und morphologischen als auch von den klimatischen Verhältnissen im Einzugsgebiet geprägt. Ähnlich den Nachbargebieten Rems und Kocher weist die Murr ein relativ unausgeglichenes Abflussverhalten auf:

Oppenweiler (Murr)	$MN_q / MH_q = 1 : 98$
Steinheim (Murr)	$MN_q / MH_q = 1 : 71$
Murr (Murr)	$MN_q / MH_q = 1 : 68$

Der Mittelwasserabfluss (MQ) beträgt $6,19 \text{ m}^3/\text{s}$ (1951-82), bzw. $6,58 \text{ m}^3/\text{s}$ (1977-82). Hochwässer traten vor allem in den Monaten November bis März (RATH 1985) (siehe Kapitel 4.3.2), während der Schneeschmelze, sowie während Starkregenereignissen bei Sommergewittern (BÜRKLE 1985) auf. Die niedrigsten Abflüsse sind den Monaten August bis Dezember (RATH 1985).

Wichtige Registrierpegel (mit Wasserstand-Abfluss-Beziehung) sind die Landespegel Murr/Murr bei Fluss-km 1+900 (unterhalb von Steinheim) und Oppenweiler (oberhalb Oppenweiler). Zusätzlich wurden durch die LUBW weitere Registrierpegel (mit Wasserstandsanzeige) installiert. Für die Auswertung der Wasserstände wurden die Werte der Pegel: Murr-Schast, Steinheim-2, Steinheim-B, Steinheim-Pagey, Steinheim-C und Steinheim-Daupas verwendet.

Ausbaumaßnahmen im Untersuchungsgebiet

Die Murr wurde auf mehreren Kilometern Länge ausgebaut. Der erste große planmäßige Ausbau erfolgte zum Zweck des Hochwasserschutzes von Steinheim Anfang des 20. Jahrhunderts. In den 1960er und 1970er Jahren wurden drei weitere Bauabschnitte (vgl. Abbildung 4.2) ausgewiesen (SCHADE 1985):

- I Gemarkung Marbach und Murr (1966-67)
Neckarmündung bis zur Bahnbrücke auf Gemarkung Murr
- II Gemarkung Murr und Steinheim (1978-80)
Bahnbrücke Gemarkung Murr bis Bottwareinmündung Gemarkung Steinheim
- III Gemarkung Steinheim (1906-08)
Bottwareinmündung bis zur Otterbachmündung
- IV Gemarkung Steinheim und Erdmannhausen (1976-77)
Otterbacheinmündung Gemarkung Steinheim bis zur Schweißbrücke Gemarkung Erdmannhausen

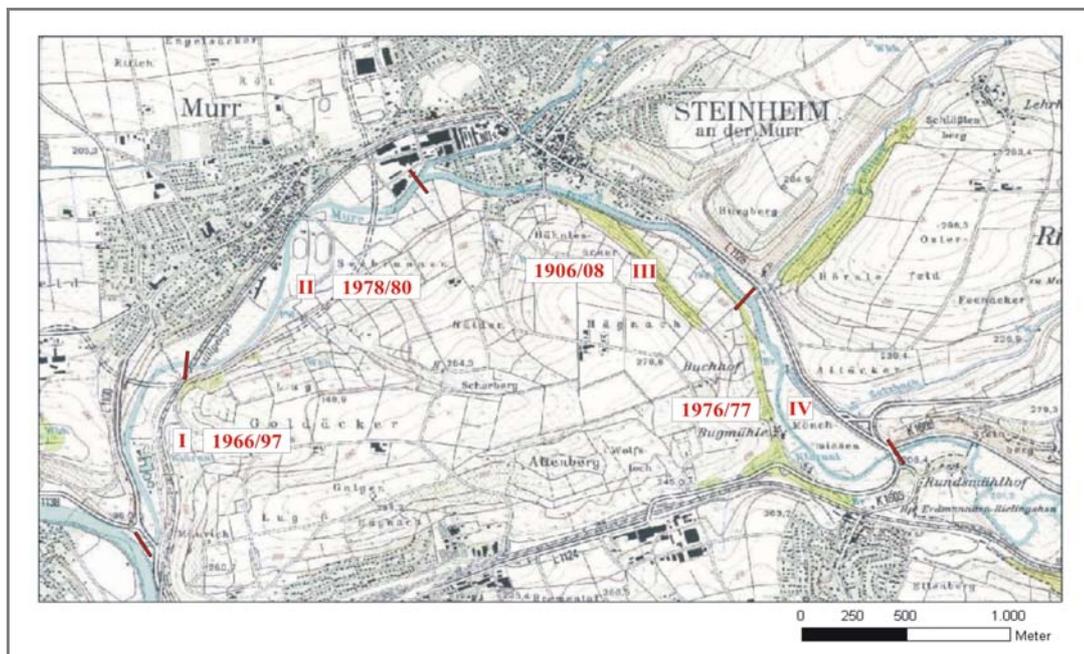


Abbildung 4.2: Übersicht über die einzelnen Bauabschnitte der ausgebauten Murr und die Jahre der Realisierung (Schneider 2006)

Bauabschnitt I:

Die Ausführung wurde durch den Bau des Gruppenklärwerkes durch das Land Baden-Württemberg veranlasst, da für die Errichtung der Anlage hochwasserfreies Gelände benötigt wurde.

Bauabschnitt II:

In diesem 1,9 km langen Bauabschnitt wurde die Linienführung weitgehend neu festgelegt; es entstand ein mittleres Gefälle von 1,8 ‰. Die Bemessungswassermenge wurde mit einem $HQ_{100} = 320 \text{ m}^3/\text{s}$ festgelegt. Zwischen Fluss-km 2+500 und 2+700, sowie Fluss-km 1+380 und 1+620 wurden mehrere Buchten hergestellt. Die Außenböschung im Bereich Fluss-km 1+200 bis 1+450 sind gekennzeichnet durch Steinschüttungen bis 50 cm über MQ mit 200 bis 300 kg schweren Granitsteinen (SCHADE 1985).

Bauabschnitt III:

Dieser Ausbau diente vor allem dem Hochwasserschutz der Stadt Steinheim und wurde von der Stadt selbst ausgeführt. Er umfasste die Flusskilometer 2+800 bis 4+800.

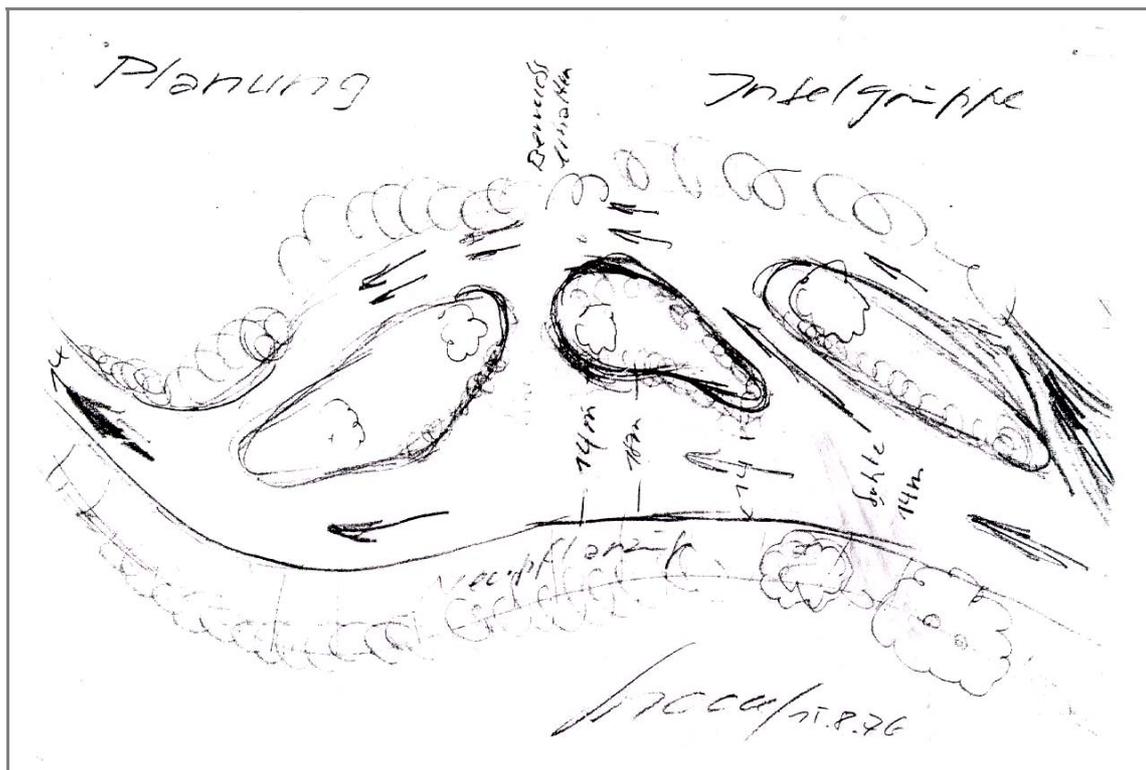


Abbildung 4.3: Skizze zur Erhaltung der ehemaligen Uferbäume mit dem neuen Flusslauf und den daraus resultierenden Inseln: Fluss-km 5+00 bis 5+200 (Schade 1976)

Bauabschnitt IV:

Die Ausführung erfolgte durch das Land Baden-Württemberg im Rahmen eines Flurbereinigungsverfahrens. Die Linienführung des Gewässers wurde zum größten Teil völlig verändert und gestreckt. Daraus resultierte ein Gefälle von 1-2 ‰. Die Berechnungswassermenge wurde mit 200 m³/s festgelegt. Zur Stabilisierung der Sohle wurden fünf Sohl-schwellen mit Höhen von 0,5 bis 0,7 m eingebaut. Bei Fluss-km 5+200, 5+800 und 5+900 blieben angeschnittene Reste des alten Flusslaufes als seitliche Buchten erhalten. Zwischen Fluss-km 5+000 und 5+200 wurden aus dem Abbruchgut drei kleinere Flussinseln gebildet (vgl. Abbildung 4.3). Dabei konnten drei Baumweiden auf diesen Inseln erhalten werden (SCHADE 1985).

4.3 Aufbereitung der Daten

4.3.1 Datenerhebung, Datengrundlagen und Datenlücken

Für die Auswertung der Naturmessstrecke Murr wurden 21 Aktenordner von der LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) an das Institut für Wasser und Gewässerentwicklung der Universität Karlsruhe übergeben. Der Inhalt der Ordner umfasst:

- Vermessungsdaten: Längs- und Querprofilaten
- Floristische und faunistische Untersuchungen; Vegetationskartierungen
- Hydrologische und hydraulische Untersuchungen: Wasserstands- und Abflussmessungen
- Fotomaterial

Zusätzlich hat das IWG im Rahmen des Projektes eine aktuelle Vegetationskartierung zur Plausibilitätsüberprüfung der vorhandenen Vegetationsdatensätze durchgeführt.

4.3.2 Aufbereitung und Auswertung von Pegeldaten

Die Aufbereitung umfasste die folgenden Daten:

- Landespegel Murr/Murr
- Sonderpegel:
 - Murr-Schast,
 - Steinheim-2,
 - Steinheim-B,
 - Steinheim-Pagey,
 - Steinheim-C und
 - Steinheim-Daupas.

Der Landespegel Murr/ Murr bei Flusskilometer 1+900 liefert eine fast lückenlose Messreihe über die Pegelstände. Die ausgewerteten Pegelstände umfassen den Zeitraum von 1978 bis 2002. Der Beginn der letzten Ausbaustrecke wurde als Startpunkt für die Auswertung und Implementierung in die Datenbank herangezogen. Dieser Zeitrahmen wurde gewählt, um die Datenmenge überschaubar zu halten. Aus den Zeitreihen wurden Tagesmittelwerte errechnet, um eine handhabbare Darstellung in der Datenbank zu gewährleisten.

Die Pegeldata der Sonderpegel Murr-Schast, Steinheim-2, Steinheim-B, Steinheim-Pagey, Steinheim-C sowie Steinheim-Daupas mussten manuell in die Datenbank eingegeben werden. In den von der LUBW zur Verfügung gestellten Unterlagen waren alle Daten nur in Papierformat dargestellt und mussten für die Datenbank einzeln implementiert werden.

Die Abbildung 4.4 bis Abbildung 4.8 zeigen den Ganglinienverlauf am Landespegel Murr für den Zeitraum 1978 bis 2002. Der Tabelle 4-1 sind die statistischen Werte des Landespegels Murr/ Murr zu entnehmen.

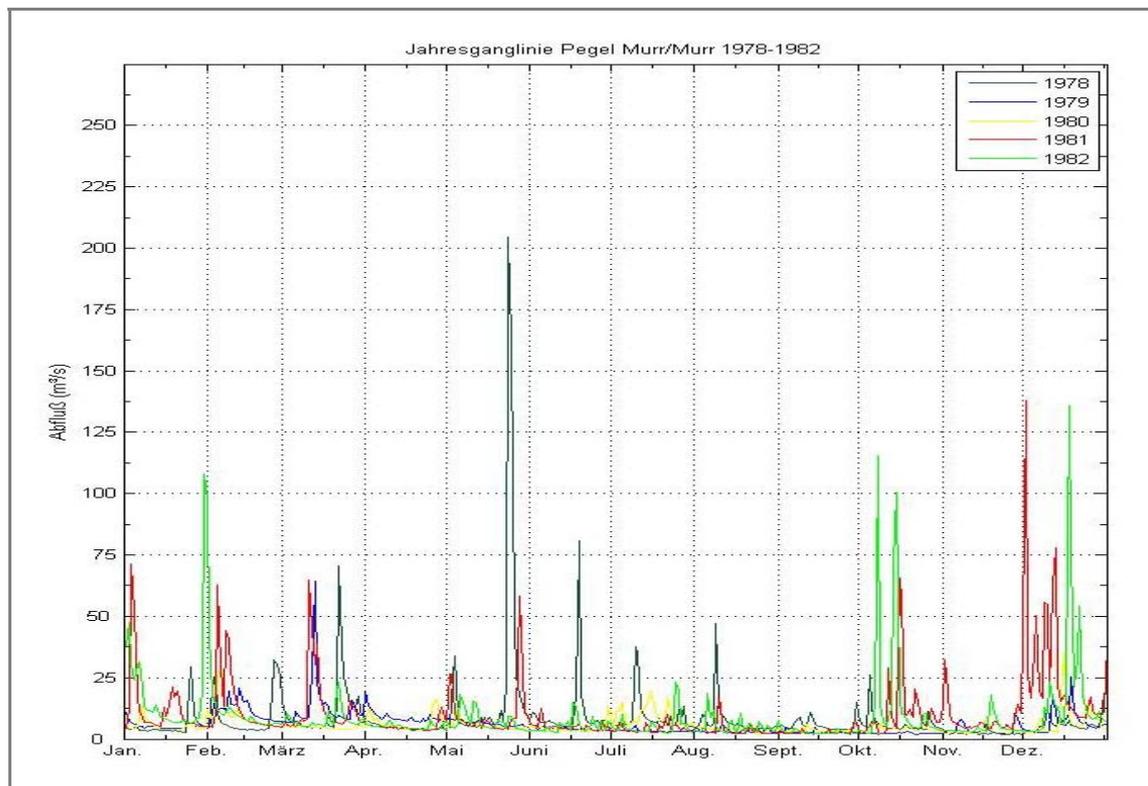


Abbildung 4.4: Abflussganglinie als Tagesmittelwerte der Jahre 1978 bis 1982

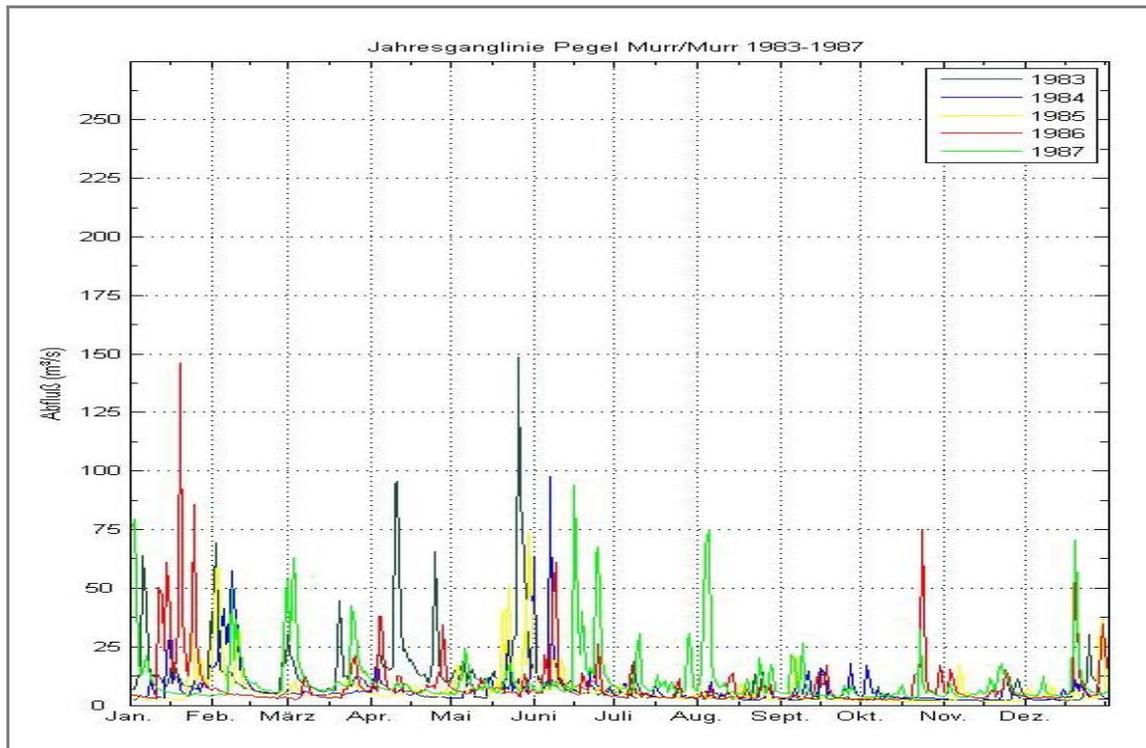


Abbildung 4.5: Abflussganglinie als Tagesmittelwerte der Jahre 1983 bis 1987

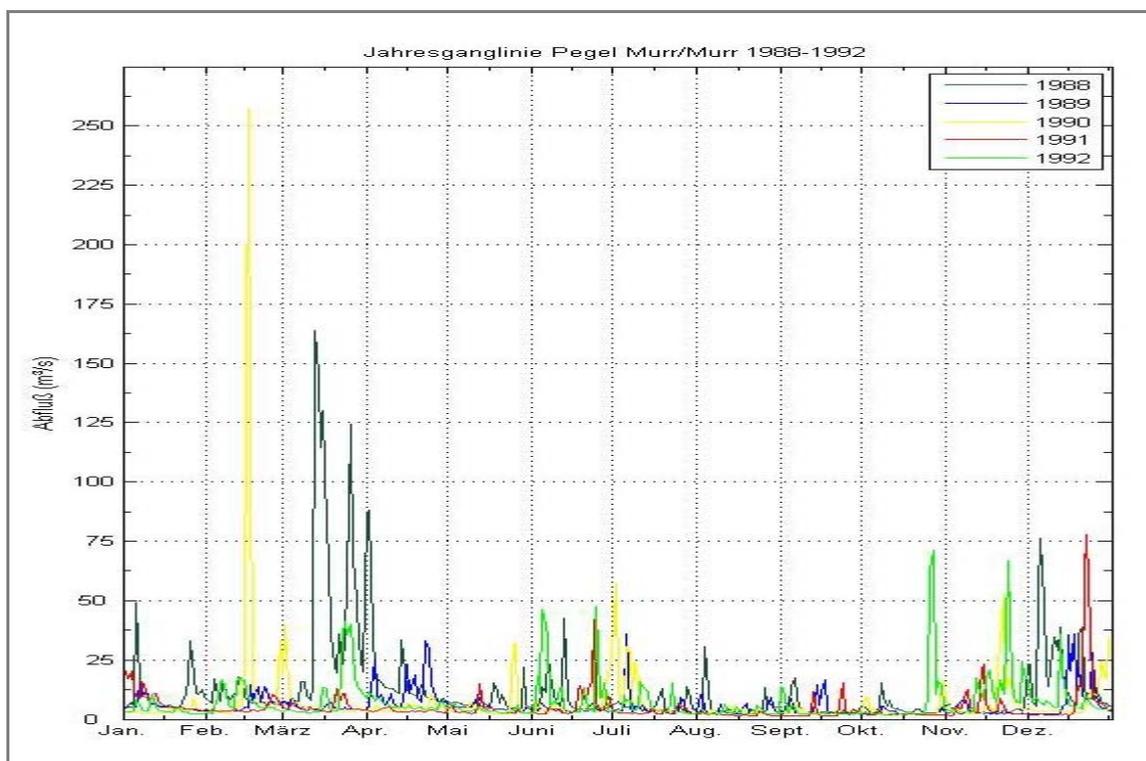


Abbildung 4.6: Abflussganglinie als Tagesmittelwerte der Jahre 1988 bis 1992

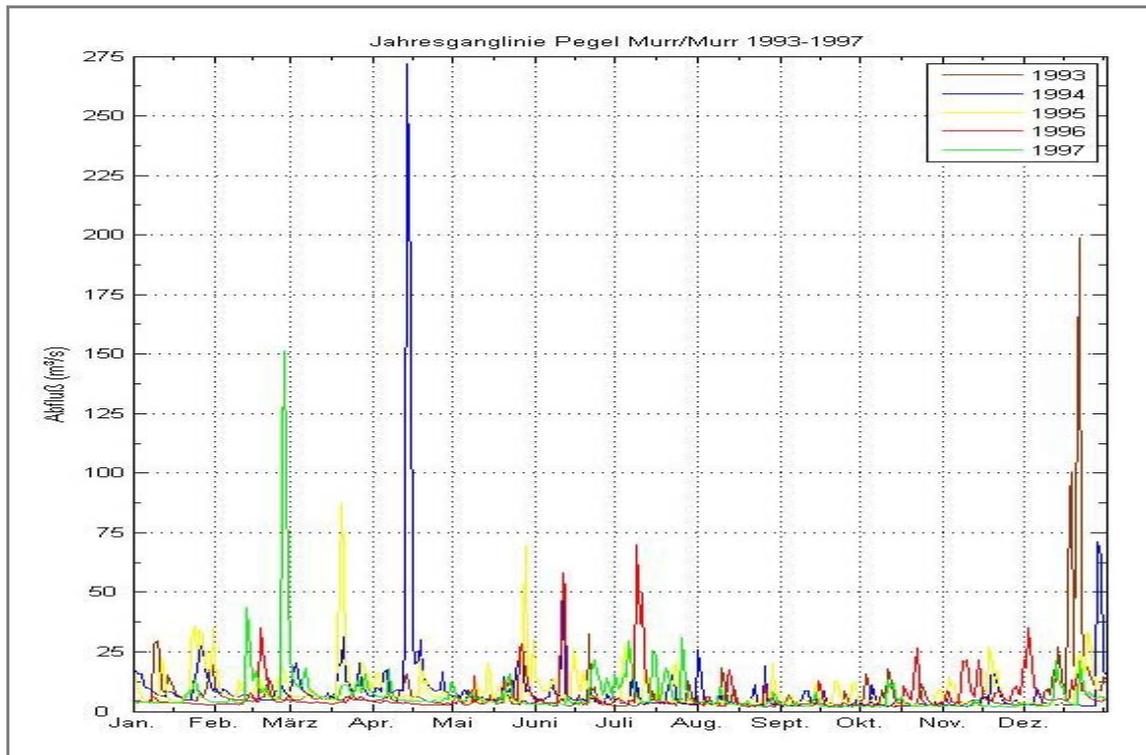


Abbildung 4.7: Abflussganglinie als Tagesmittelwerte der Jahre 1993 bis 1997

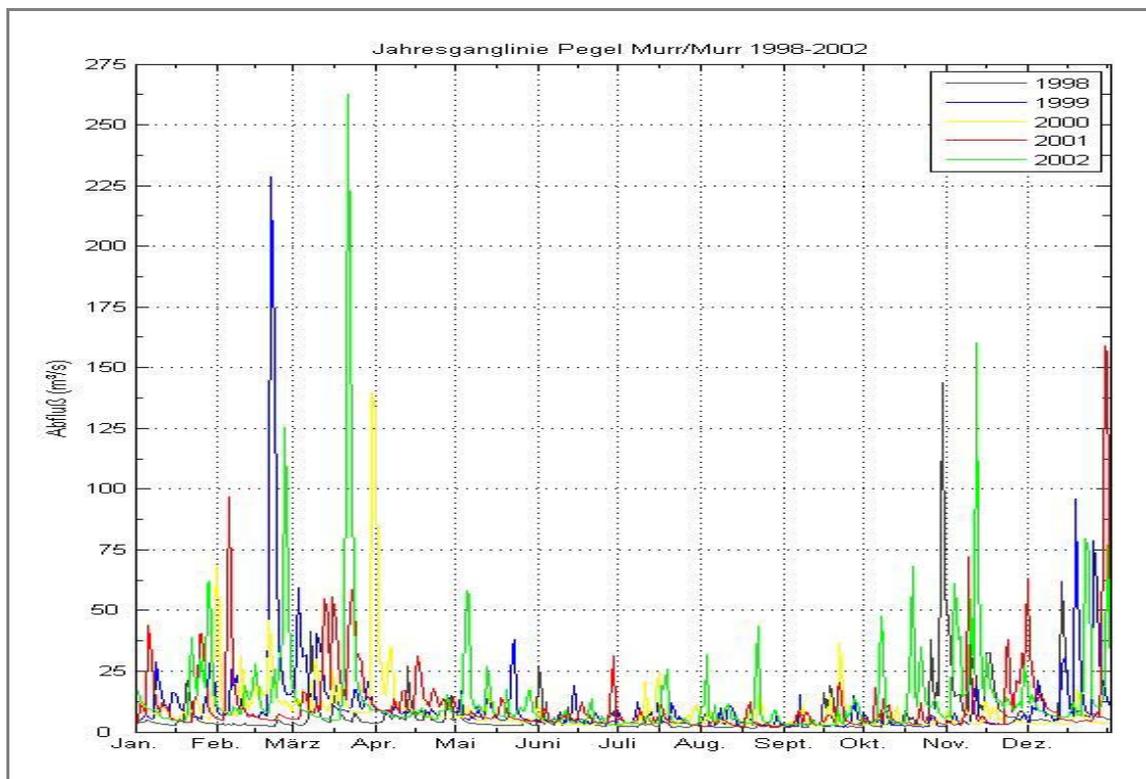


Abbildung 4.8: Abflussganglinie als Tagesmittelwerte der Jahre 1998 bis 2002

Tabelle 4-1: Statistische Werte des Landespegels Murr/Murr (HVZ 2006)

	Wassertiefe [m]	Abfluss [m ³ /s]
Niedrigster Wasserstand (Abfluss) der Jahre 1981-2003: 02.09.1985	0.21	1.32
Mittelwert niedrigster Wasserstand (Abflüsse) der Jahre 1981-2003	0.26	1.90
Mittelwert Wasserstand (Abfluss) der Jahre 1981-2003	0.41	6.11
2-jährlicher HW-Wasserstand (-abfluss)	2.04	113.00
10-jährlicher HW-Wasserstand (-abfluss)	3.17	221.00
20-jährlicher HW-Wasserstand (-abfluss)	3.59	265.00
50-jährlicher HW-Wasserstand (-abfluss)	4.12	323.00
100-jährlicher HW-Wasserstand (-abfluss)	-	368.00

4.3.3 Aufbereitung der Querprofilaten

Im Bereich Flusskilometer 0+000 bis Flusskilometer 6+200 wurden in unregelmäßigen zeitlichen wie räumlichen Abständen Vermessungen von Querprofilen durchgeführt. Die erste für die Auswertung zur Verfügung stehende Vermessung erfolgte im Jahre 1978, weitere in den Jahren 1981, 1987, 1988, 1994 (die Aufnahmen 1996 und 1997 sind identisch zu 1994), 1997'2 und 1999. Eine weitere Aufnahme wurde mit „LfU“ beschriftet, da sich hier das genaue Aufnahmejahr nicht ermitteln lässt. Tabelle 4-2 zeigt eine Übersicht der aufgenommenen Flusskilometer über die Jahre.

Bei der regelmäßigen Aufnahme der Querprofile wurden unterschiedliche Randkriterien herangezogen. Zum Teil wurden nur ausgewählte Bereiche engmaschig vermessen, andere dagegen nur vereinzelt. Dies führt dazu, dass in den großmaschigen Bereichen viel Freiraum für Interpretationen bleibt.

Die Auswertung zeigt, dass eine vorhandene Datenbankstruktur bereits zu Beginn der Renaturierung die Vergleichbarkeit der Datensätze besser gewährleistet hätte. Mit der Fixierung der Aufnahmepunkte in regelmäßige Abstände von 100 m erfolgte eine Systematisierung der Querprofilaufnahme, die nun einen qualitativen Vergleich ermöglicht.

Die Querprofile mussten systematisiert und normiert werden, um die Veränderungen innerhalb der Querprofile, bezogen auf die Aufnahmejahre abzuleiten. In Anhang 9 sind die Querprofile im Abstand von 100 m aufgelistet. Querprofile von Flusskilometern mit nur einer Aufnahme wurden zwecks besserer Übersichtlichkeit nicht mit in den Anhang aufgenommen.

Tabelle 4-2: Jahr der Aufnahme der einzelnen Querprofile

Fluss- km	1978	1981	1984	1985	Apr -86	Mai - 86	1987	1988	1994	1997'	1999	2002	LfU
1+900	x	x							x				
2+000	x	x							x				
2+100	x	x					x	x	x				
2+200		x							x	x			
2+300	x	x							x				
2+400	x	x					x	x	x	x			
2+500	x	x							x		x		x
2+600	x	x	x		x	x			x				
2+700	x	x							x	x			
2+800	x	x							x				
2+900	x	x							x	x			
3+000	x	x					x	x	x	x	x		x
3+100		x							x	x			
3+200		x							x			x	
3+300		x							x				
3+400		x							x				
3+500		x							x	x	x		x
3+600		x							x	x			
3+700		x							x			x	
3+800		x							x	x			
3+900		x							x				
4+000		x							x		x		x
4+100		x							x			x	
4+200		x							x	x			
4+300		x							x				
4+400		x							x				
4+500		x							x		x		x
4+600		x							x	x			
4+700		x							x				
4+800		x							x				
4+900	x	x					x	x	x	x			
5+000	x	x					x	x	x	x	x		x
5+100	x	x					x	x	x	x			
5+200	x	x					x	x	x	x			
5+300	x	x							x	x			
5+400	x	x					x	x	x				
5+500									x		x		x
5+600									x				
5+700									x	x			
5+800	x	x					x	x	x	x			
5+900	x	x	x	x			x	x	x	x			
6+000	x	x							x		x		x
6+100	x	x							x				

Die Entwicklung der ursprünglich befestigten Trapezprofile mit einer horizontalen Sohle zu naturnahen Querprofilen mit einer großen Tiefenvarianz innerhalb des Abflussprofils, wurde fast durchgängig festgestellt.

Beispielhaft werden im Folgenden die Entwicklung der Querprofile der Flusskilometer 2+400, 4+000 und 5+900 diskutiert. Die größte morphologische Veränderung wurde bei Flusskilometer 3+000 beobachtet und wird in Kapitel 4.4.4 ausführlich betrachtet.

Die Beschreibung ausgewählter Querprofile erfolgt von Oberstrom (Flusskilometer 5+900) nach Unterstrom (Flusskilometer 2+400). Die Querprofile stehen stellvertretend für das gesamte Untersuchungsgebiet. Betrachtet wurden die morphologischen Veränderungen der Jahre 1978 bis 1997. Den einzelnen Jahren der Aufnahme wurde jeweils eigene Farben zugewiesen, sodass die graphische Interpretation der Veränderungen über die Jahre erleichtert wird.

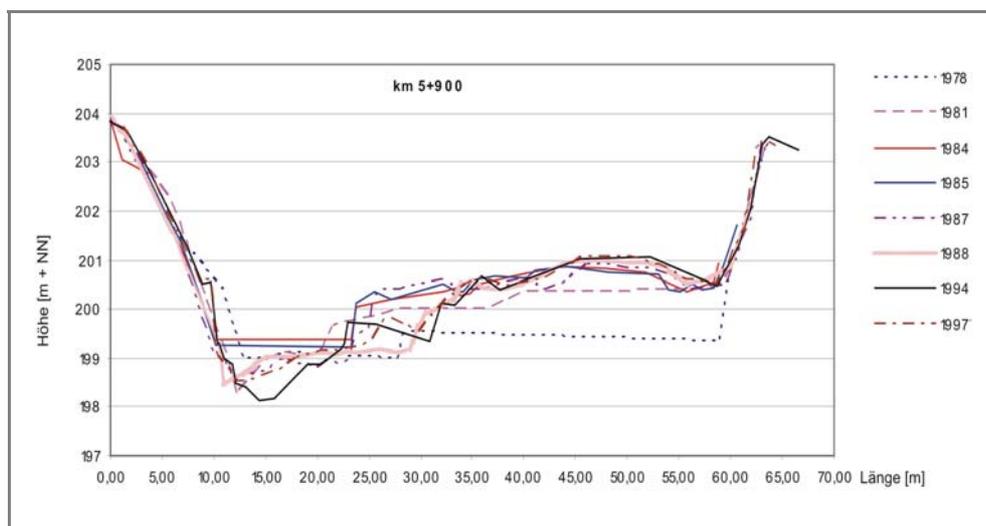


Abbildung 4.9: Überlagerung der vermessenen Flussquerprofile von Flusskilometer 5 + 900

Abbildung 4.9 zeigt die morphologische Veränderung bei Flusskilometer 5+900 am oberen Ende der Ausbaustrecke. Die Form des Querprofils von 1978 kann näherungsweise als halbes Doppeltrapezprofil bezeichnet werden. Bereits drei Jahre später ist eine Auflandung von über einem Meter auf dem rechten Vorland zu verzeichnen. Gleichzeitig kann bereits 1981 die Tendenz der Tiefenerosion im Bereich des linken Hauptgerinnes beobachtet werden. Die Breite des Hauptbettes veränderte sich dabei nur unwesentlich. Die Tiefenerosion ist auf die Lage des Querprofils innerhalb einer Linkskrümmung zurückzuführen, und verhält sich von daher entsprechend den hydraulischen Erwartungen.

Eine Tiefenerosion im Bereich des Prallhangs (linkes Ufer) ist den Querprofilenaufnahmen von 1984 und 1985 nicht zu entnehmen. Es ist davon auszugehen, dass bei diesen Aufnahmen lediglich die Vorländer aufgenommen und die Punkte horizontal verbunden wurden. Ab dem Jahre 1988 ist ebenfalls eine Tiefenvariabilität des Hauptgerinnes erkennbar, die sich bis 1994 und 1997' weiter verstärkt.

Zum Teil mussten Anpassungen entlang der horizontalen Achse erfolgen. Als Überlagerungspunkte wurden weitestgehend die Uferkanten herangezogen.

Flusskilometer 4+000 stellt ein typisches Querprofil innerhalb der Ortslage Steinheim dar. Der Flussschlauch ist in diesem Bereich gekennzeichnet durch seine schmalen, und vor allem steileren Vorländer. Auffällig ist hierbei vor allem die starke Tiefenerosion in diesem Bereich. Seit 1994 ist ein Gleichgewichtszustand eingetreten. Es ist davon auszugehen, dass sich seitdem ein morphologisch stabiler Zustand eingestellt hat (vgl. Kern 1994 und Lehmann 2005). Auch an diesem Abflussprofil lässt sich die Lage entlang der Flussstrecke Murr erkennen. Die erhöhte Tiefenerosion auf der linken Seite des Hauptbettes zeigt den sich aus morphologisch, hydraulischen Gründen einstellenden Prallhang einer Linkskrümmung (vgl. Abbildung 4.10).

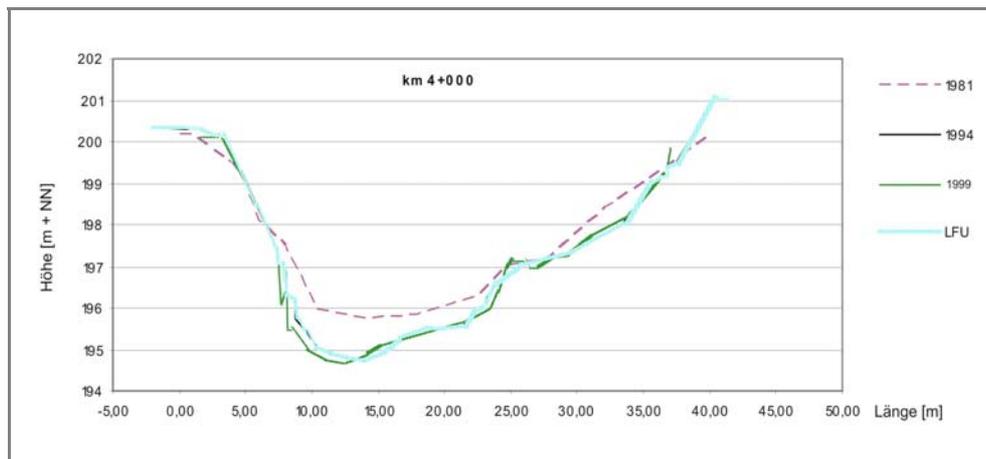


Abbildung 4.10: Überlagerung der vermessenen Flussquerprofile von Flusskilometer 4 + 000

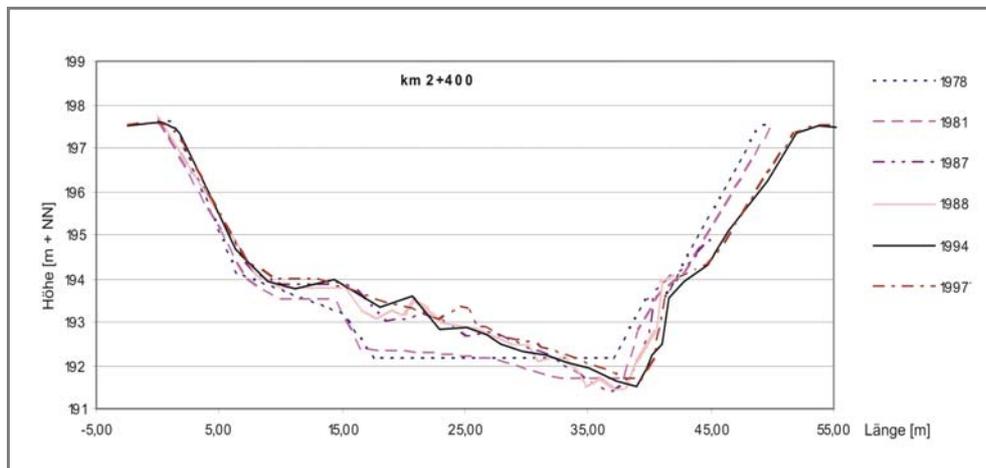


Abbildung 4.11: Überlagerung der vermessenen Flussquerprofile von Flusskilometer 2 + 400

Das Profil bei Flusskilometer 2+400 ist bis 1978 ebenfalls durch ein gestauchtes Doppeltalprofil gekennzeichnet. In den folgenden drei Jahren kam es zur Ausbildung des Talweges auf der rechten Seite des Hauptgerinnes. Bereits nach sechs Jahren kam es zu Sedimentationsraten von fast 1,5 m auf dem linken Vorland. Das Querprofil zeigt die typischen

Erscheinungen einer Flusskrümmung, mit steilem Prallhang und einem lang gezogenen Gleithang. Die stetige Seitenerosion des Prallhanges muss in Zukunft weiter beobachtet werden, da die Aufnahme zeigt, dass sich in diesem Bereich noch kein stabiler Zustand eingestellt hat.

Zusammenfassend kann bei der Studie der gewässermorphologischen Entwicklung gezeigt werden, dass sich die Querprofile gekennzeichnet durch ursprünglich geringe Tiefenvarianz im Hauptgerinne hin zu naturnahen Flussquerprofilen mit relativ starken Tiefenvarianzen innerhalb der Abflussquerschnitte entwickelt haben. Gleichzeitig ist zu erwähnen, dass die z. T. noch vorhandene Befestigung der Seitenufer durch Blocksteine eine morphodynamische Eigenentwicklung des Flussschlauches, wie sie von einer renaturierten Strecke gewünscht wird, einschränkt (vgl. Aufnahmen der Querprofile im Anhang).

4.3.4 Aufbereitung der Fotodokumentation und Vegetationsdatensätze

Die Datensätze der Vegetation setzen sich aus den Luftbildern, vorhandenen Vegetationskartierungen, Unterhaltungsplänen und Foto- bzw. Diaaufnahmen zusammen. Das Tabellenblatt der Bewuchskartierung innerhalb der Datenbank umfasst über 1000 Datensätze. Foto- und Diaaufnahmen, die nicht direkt einer Vegetationskartierung zugeordnet werden konnten, sind im Tabellenblatt „Fotos_Murr“ aufgeführt.

Die Zusammenstellung der Daten zeigt, dass die einzelnen Vegetationskartierungen sehr unterschiedliche Aspekte verfolgten. Für eine hydraulische Bewertung des Abflussgeschehens sind Daten der Ast-/Stammabstände untereinander sowie der Ast-/Stammdurchmesser entscheidend. Diese Art der Erhebung wurde lediglich für das Jahr 1996 durchgeführt. Der Vergleich dieser Daten mit Fotoaufnahmen des Jahres 1997 weist unterschiedliche Bestandsdichten auf. Die Fotoaufnahmen von 1997 lassen eine höhere Besatzdichte vermuten, als 1996 erhoben wurde.

Die Vegetationskartierungen von Prof. Müller legten den Schwerpunkt vor allem auf pflanzensoziologische Untersuchungen. Diese Daten wurden daher entsprechend der Datenbankstruktur interpretiert.

Für die Bestimmung der Vegetationsrauheiten sind Daten über die entsprechende Besatzdichte von entscheidender Bedeutung. Daraus leitet sich die Empfehlung ab, Vegetationskartierungen für hydraulische Fragestellungen zu standardisieren.

Das setzt die Aufnahme von:

- Vegetationsbestandsbreiten,
- Lage zum Hauptgerinne,
- Ast-/ Baumabstände und
- Ast-/ Stammdurchmesser

voraus. Abbildung 4.12 zeigt die Auswahl eines repräsentativen Vegetationsplots im Feld. Dabei sind die Parameter Anzahl der Äste pro m² und der entsprechende Durchmesser aufzunehmen. In Tabelle 4-3 sind die vorhandenen Vegetationserhebungen aufgelistet.



Abbildung 4.12: Vegetationsaufnahme im Feld (rot = Plotgröße)

Tabelle 4-3: Übersicht über Vegetationskartierung, Foto- und Diadokumentation

Jahr der Aufnahme	Bearbeiter	Aufgenommene Flusskilometer	Bemerkung
1978- 1997	Ordner: diverse Sammlung	2 + 460 bis 6 + 100	Diverse Diaaufnahmen, z.T mit direkter Flusskilometerangabe
1987	Prof. Müller	5 + 100 bis 2 + 000	Pflanzensoziologische Untersuchung
1993	Prof. Müller	5 + 100 bis 2 + 000	Pflanzensoziologische Untersuchung, Fotos
1993		0 + 000 bis 6 + 100	Luftbilder
1994	Prof. Müller	5 + 080 bis 3 + 500	Pflanzensoziologische Untersuchung, Fotos
1994	Götze (Ingenieurbüro)	1 +200 bis 6 + 100	Unterhaltungsplan, aufbauend auf den pflanzensoziologischen Untersuchungen
1995	Ordner: 1995	0 + 000 bis 6 + 100	Fotos
1996	LfU Lemberger	2 + 500 bis 6 + 000	Vegetationskartierung entsprechend den hydraulischen Anforderungen: Breite, Stammdurchmesser, Bestandsdichte
1997	Evtl. LfU	1 + 875 bis 6 + 100	Planunterlagen und Fotoaufnahmen

4.3.5 Erstellung der Datenbank

Die Datenbank wurde in Analogie zu dem Vorgängerprojekt „Hydraulik naturnaher Fließgewässer“ (BWC 21019) erstellt. Zunächst wurden die von der LUBW erhobenen Messdaten gesammelt und in der Datenbank zusammengefasst. Dies waren im einzelnen die vermessenen Querprofile, die Tagesmittelwerte des Abflusses des Landespegels, Wasserspiegelganglinien der Sonderpegel und Bewuchsdaten in Form von Bewuchskartierungen und Fotodokumentationen. Die Daten der Querprofile sind als Listendatensätze der vorhandenen Jahresaufnahmen aufgeführt. Die graphischen Auswertungen der Querprofile sind, aufgrund besserer Übersichtlichkeit, in einer verknüpften Excel-Datei dargestellt.

Die Datenbank erlaubt eine zielgerichtete Verknüpfung der Daten und ermöglicht damit eine schnelle Auswertung unterschiedlichster Datensätze. Die Aufbereitung der entsprechenden Datensätze muss sorgfältig und gewissenhaft erfolgen, um eine gute Datenverschneidung zu gewährleisten.

Es empfiehlt sich für zukünftige Projekte dieser Art bereits vor Beginn eines Renaturierungsvorhabens die Datenbankstruktur zu erstellen und über die Jahre mit Datensätzen aufzufüllen. Dies zwingt von Beginn an zu einer einheitlichen Datenaufnahmestruktur und ist vor allem für eine weitere Auswertung von besonderer Bedeutung. Des Weiteren wird bei einer kontinuierlichen Fortschreibung der Datensätze einem Verlust von Datensätzen entgegengewirkt.

Im Falle der Murrdaten bedeutet dies, dass die aufgetretenen Datenlücken beziehungsweise eine z. T. mangelnde Vergleichbarkeit (aufgrund unterschiedlicher Erhebungs- und Darstellungsstrukturen der Daten) frühzeitig aufgefallen wäre. Gleichzeitig hilft eine gepflegte Datenbankstruktur die zu erfassende Datenmenge auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Eine über Jahre gepflegte Datenbank erlaubt eine zielgerichtete Bewertung bzw. Erfolgskontrolle der durchgeführten Renaturierung.

4.4 Erstellung des 1D- HN- Modells

Die Untersuchungsstrecke der Murr beträgt 4,2 km, von der Schweißbrücke (km 6+100), vorbei an den Ortschaften Steinheim und Murr stromabwärts bis zum Landespegel Murr/Murr. Der Landespegel liegt 1,9 Kilometer oberstrom der Mündung der Murr in den Neckar. Im Bereich der Untersuchungsstrecke hat die Murr drei Zuflüsse: den Sulzbach bei km 5+150, den Otterbach bei km 4+750 und die Bottwar bei km 2+950. In der weiteren Betrachtung spielen Sulzbach und Otterbach keine Rolle, da sie einen vernachlässigbar geringen Abfluss haben. Nur die Bottwar hat einen erkennbaren Einfluss auf die Abflussverhältnisse der Murr. Die Gerinnesohle besteht aus Grobsand bis Kies, Schluff und Auelehm, wobei die groben Bestandteile (Grobsand ab 1 mm) im Untersuchungsabschnitt vorherrschen (Winter 2003).

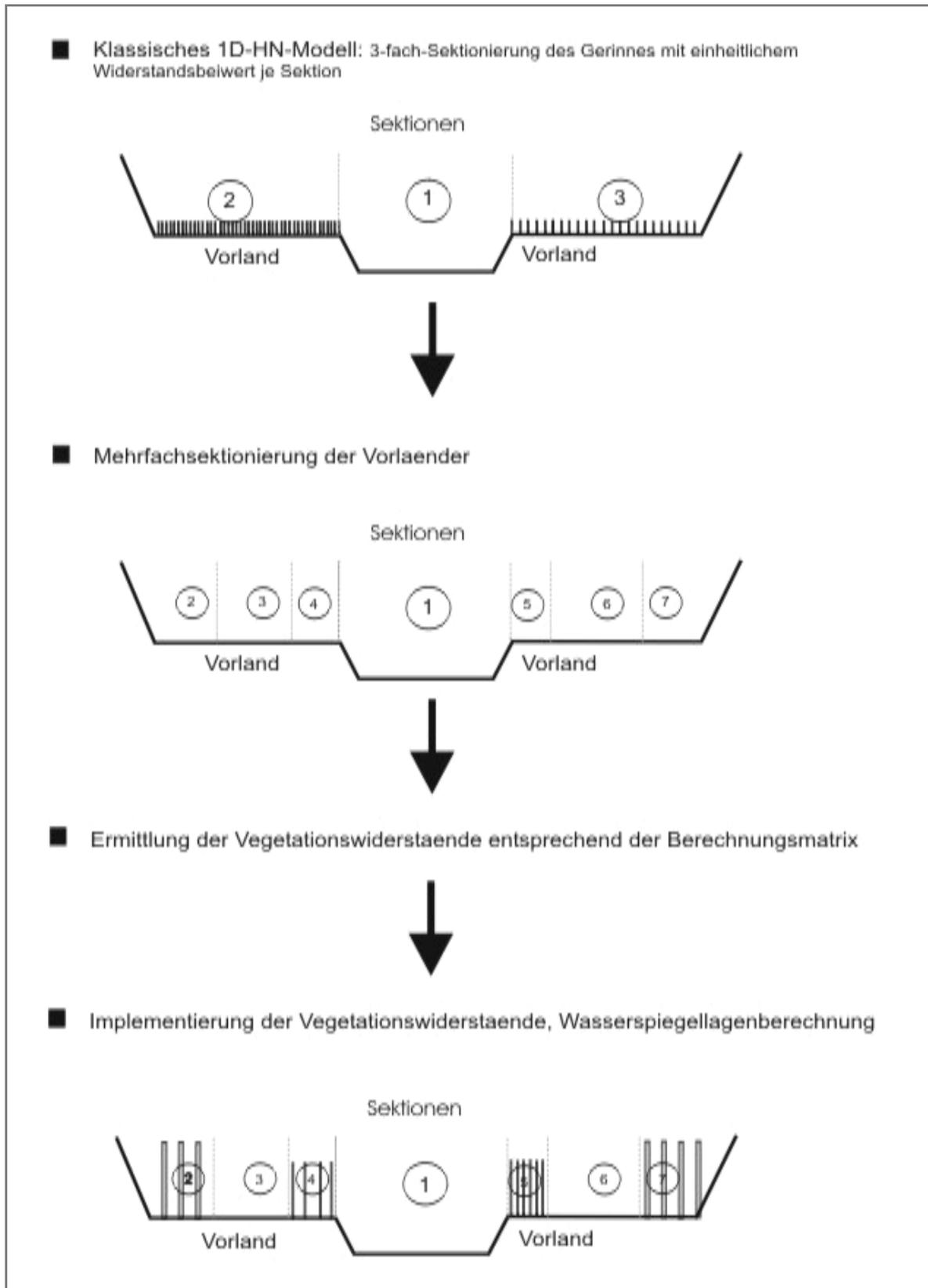


Abbildung 4.14: Vorgehensweise bei der Erstellung des 1D-HN-Modells

Die stationären Berechnungen der Wasserspiegellagen beruhen bei HEC-RAS auf der so genannten Standard-Step-Methode. Die Wasserspiegellage wird von Querprofil zu Querprofil, durch eine iterative Lösung der Energiegleichung berechnet. Dem Verfahren liegt für strömenden Abfluss der Ansatz nach Gauckler-Manning-Strickler zugrunde (vgl. HEC-RAS HRM 2002).

Die Vorgehensweise und der Aufbau des 1D-HN-Modells ist in Abbildung 4.14 dargestellt. Zuerst erfolgt eine klassische Erstellung eines 1D-HN-Modells mit einer Dreifachteilung des Gerinnes in Hauptgerinne und zwei Vorländer. Anschließend werden die Vorländer entsprechend den Vegetationsaufnahmen von 1996 und 1997 in Sektionen aufgeteilt. Der entsprechende Vegetationswiderstandsbeiwert je Sektion wird anhand der Berechnungsmatrix (siehe BWC 21019) ermittelt.

4.4.1 Kalibrierung: dreifach-Sektionierung

In das Modell wurden sowohl die Brücken als auch die rauen Rampen der Murr integriert. Der Zufluss der Bottwar bei Flusskilometer 2+900 wurde in den Berechnungen ebenfalls berücksichtigt.

Die Kalibrierung des Modells erfolgte anhand des Abflussereignisses vom 26.02.1997 mit $Q = 151,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Hierzu lagen die zugehörige Wasserstände aller Pegel für eine Kalibrierung vor. Das Abflussereignis fand, wie die Datenerhebung der Vegetation, im Jahr 1997 statt. Der Zufluss der Bottwar betrug zu diesem Zeitpunkt $11,72 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.4.2 Bestimmung der Rauheitsbeiwerte

Die benötigten Rauheitsbeiwerte für die vegetationsbestandenen Vorländer wurden nach der Berechnungsmatrix, welche im Vorgängerprojekt erarbeitet wurde (vgl. BWC 21019), berechnet. Bei dieser Methode wird der Gerinnequerschnitt zunächst, je nach Vegetation, in verschiedene Sektionen gegliedert (vgl. Abbildung 4.15). Dabei wird zwischen vegetationsbestandenen und vegetationsfreien Sektionen unterschieden. Die Teilwiderstandsbeiwerte und der Durchfluss in den jeweiligen Bereichen werden zunächst getrennt voneinander bestimmt. Die Widerstandswirkung der in der Natur vorhandenen unregelmäßigen Vegetationsbestände wird in diesem Verfahren durch eine idealisierte, regelmäßige um- und durchströmte Störkörperansammlung modelliert. Der Gesamtdurchfluss ergibt sich durch Summation der Teildurchflüsse in den Sektionen.

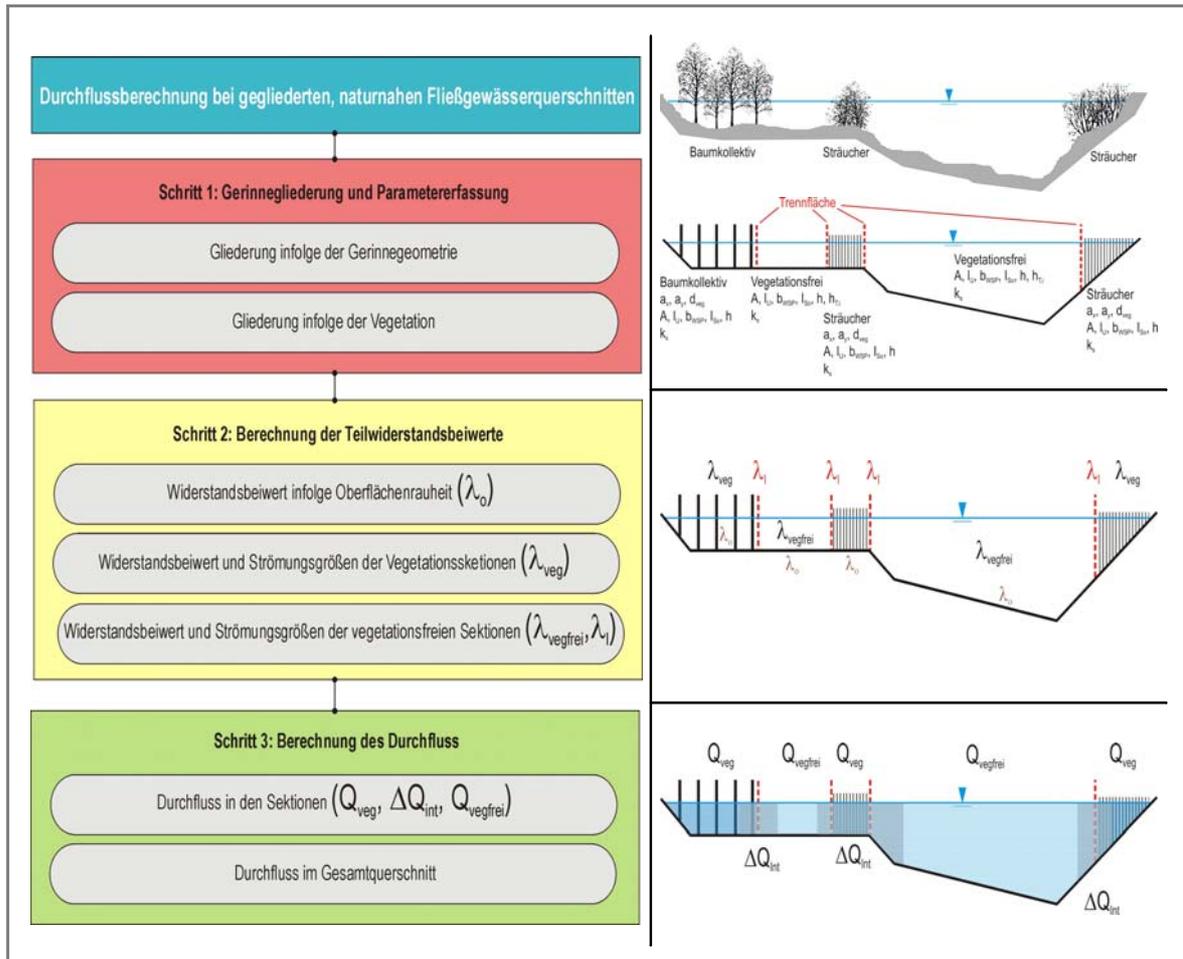


Abbildung 4.15: Methode zur Ermittlung der Rauheitsbeiwerte (BWC 21019)

Um die Rauheitsbeiwerte der vegetationsbestandenen Sektionen zu ermitteln mussten zu Beginn die Eingangsparameter für jedes Querprofil bestimmt werden. Dies sind die mittlere Wassertiefe h , der hydraulische Radius r_{hy} , die äquivalente Sandrauheit k_s , der Vegetationsdurchmesser d_{veg} und die Abstände der Vegetationselemente in und quer zur Fließrichtung.

Die mittleren Wassertiefen und hydraulischen Radien wurden auf Basis des zuvor kalibrierten Modells durch die Dreifachsektionierung ermittelt. Dazu wurde das Abflussereignis vom 26.02.1997 mit $Q = 151,1 \text{ m}^3/\text{s}$ simuliert, da es das größte Abflussereignis war, bei dem eine ausreichende Datengrundlage für eine Kalibrierung vorlag. Unter der Annahme, dass Vegetationssektionen als Rechteckprofile approximiert werden können, wurde mit Hilfe der mittleren Wassertiefen und den Bewuchsbreiten aus der Datenbank, die hydraulischen Radien der Sektionen ermittelt. Es wurde zwischen Bereichen mit lichtem Bewuchs und Bereichen mit dichtem Bewuchs unterschieden. Die Berechnungsmatrix liefert die Widerstandsbeiwerte für die einzelnen Sektionen, die äquivalente Sandrauheit beträgt $k_s = 0,2 \text{ m}$.

Mit diesen Eingangsparametern erhält man aus der Berechnungsmatrix den Gesamtwiderstandsbeiwert λ der vegetationsbestandenen Sektionen. Um die Simulationen in HEC-RAS durchführen zu können mussten die λ -Werte in MANNING-Werte umgerechnet werden.

4.4.3 Kalibrierung der Mehrfachsektionen

Bei der Kalibrierung erfolgte die Rauheitsanpassung über das Hauptgerinne entsprechend den gemessenen Wasserstände (vgl. Tabelle 4-3). Die Rauheitsbeiwerte auf den Vorländern mit Gras und Vegetation entstammen der Berechnungsmatrix.

Tabelle 4-3: Fixierung der Wasserspiegellagen

Pegelname	Pegelart	Flusskilometrierung	Wasserspiegellagen [m ü. NN]	
			am Pegel gemessen	durch Kalibrierung angepasst
Murr	Landespegel	1 + 900	194.534	194.530
Murr - Schast	Omega	2 + 564	195.387	195.390
Steinheim - 2	Omega	3 + 426	196.940	196.930
Steinheim - B	Lattenpegel	3 + 700	197.726	197.730
Steinheim - Pagey	Omega	4 + 986	200.318	200.320
Steinheim - C	Lattenpegel	5 + 700	201.350	201.360
Steinheim - Daupas	Omega	6 + 045	202.057	202.06

Für die Vorlandbereiche mit Grasbewuchs wurde aus den Tabellenwerken der Rauheitsbeiwert mit $k_{st} = 28 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, dies entspricht einem Manning-Beiwert von $n = 0,035 \text{ s/m}^{1/3}$, gewählt.

4.4.4 Ergebnisse

4.4.4.1 Hydraulische Berechnungen

Die Berechnungsergebnisse der Wasserspiegellagen beim Bewuchsstadium von 1997 werden im Folgenden an sechs charakteristischen Stellen näher erläutert und repräsentieren die verschiedenen Bewuchsanordnungen. Die Lage dieser Querprofile ist in Abbildung 4.16 dargestellt.

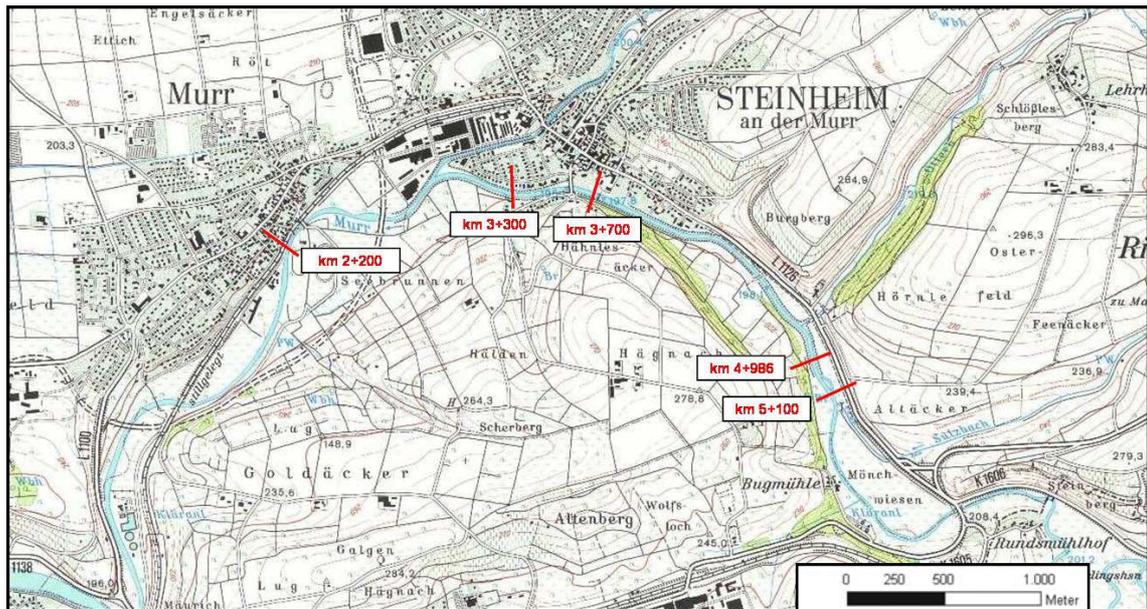


Abbildung 4.16: Übersichtsplan über die ausgebaute Murr

- **Flusskilometer 2+200**



Abbildung 4.17: Flusskilometer 2+300 Richtung Unterwasser

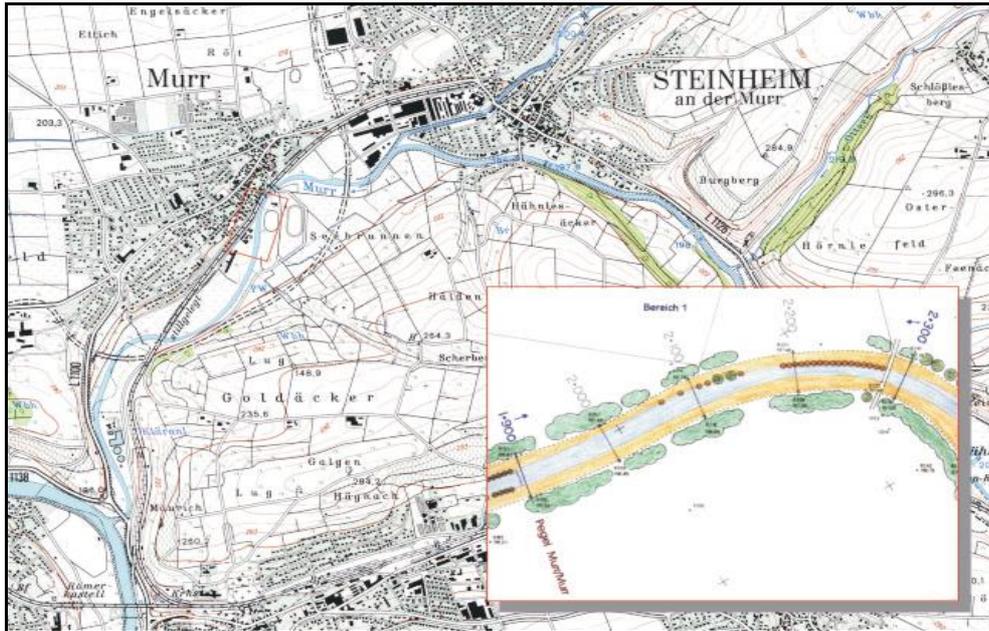


Abbildung 4.18: Lageplan Flusskilometer 2+200

Allgemeine Informationen über den Gewässerabschnitt

Abschnittscharakteristik	Leicht gekrümmte Linienführung in einem Doppeltrapezgerinne. Die Ufer sind durch Steinsatz und einen Weidensaum gesichert. Die Vorländer sind mit Gras bewachsen.
Gerinneklassifizierung	Gegliedertes Gerinne
mittleres Sohlliniengefälle	I_{So} ca. 0,0005
Kartengrundlage TK 25	Blatt 7021 (Marbach)
<i>Hydrologische Kennwerte</i>	
nächstgelegener Pegel	Murr / Murr
Einzugsgebietsgröße	507 km ²
MNQ	1,65 m ³ /s
MQ	5,19 m ³ /s
MHQ	110,40 m ³ /s

Das erste Querprofil bei Flusskilometer 2+200 liegt direkt oberhalb des Landespegels Murr. Die Linienführung ist leicht gekrümmt. Der Bewuchs beschränkt sich an dieser Stelle auf zwei schmale Streifen, einer direkt am Hauptgerinne der andere befindet sich an der Böschungsoberkante. Alle simulierten Hochwasserabflüsse können in diesem Abschnitt ohne Gefahr abgeführt werden (vgl. Abbildung 4.19).

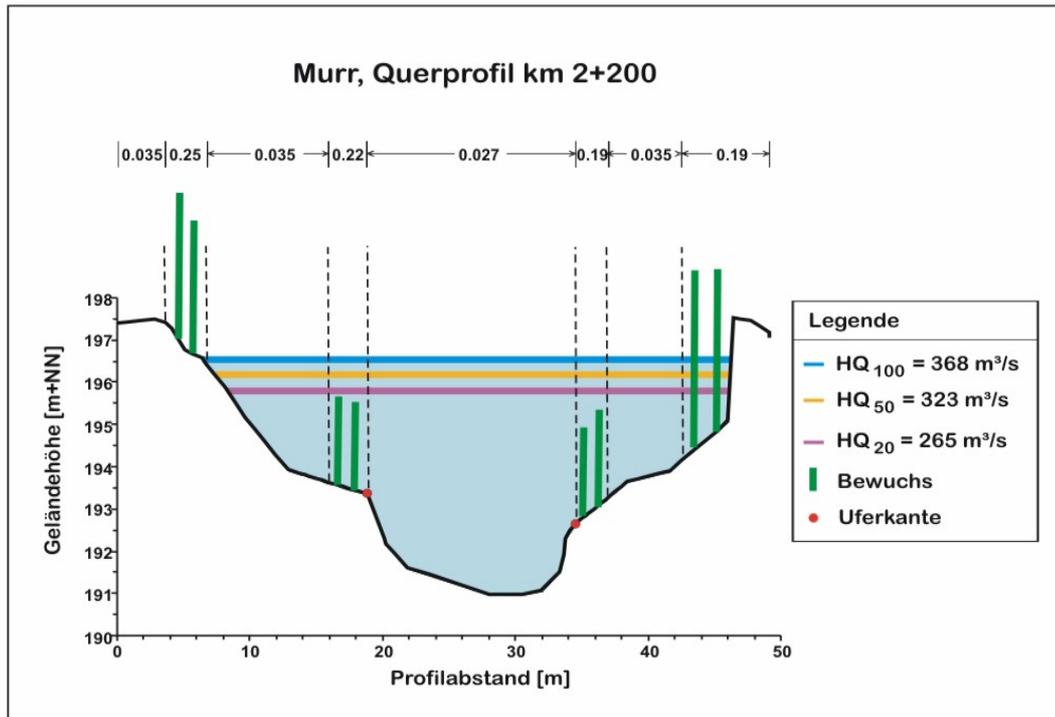


Abbildung 4.19: Wasserspiegellagen bei Flusskilometer 2+200

- **Flusskilometer 3+300**

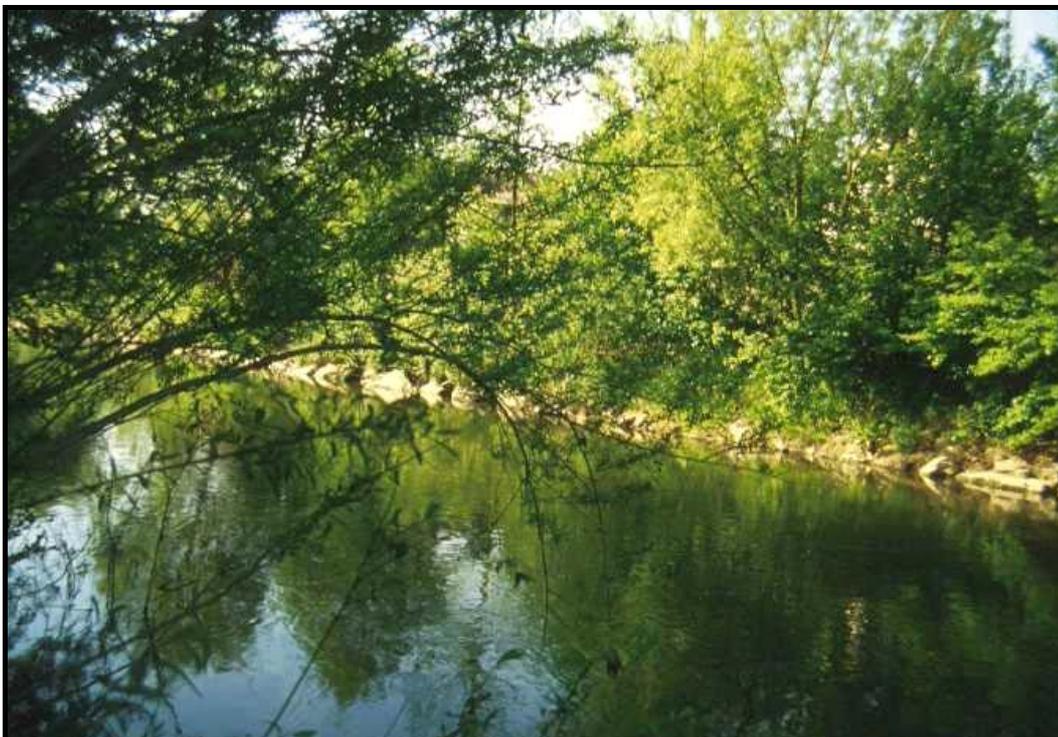


Abbildung 4.20: Flusskilometer 3+200. Standort: rechtes Ufer; Blickrichtung: nach Oberwasser

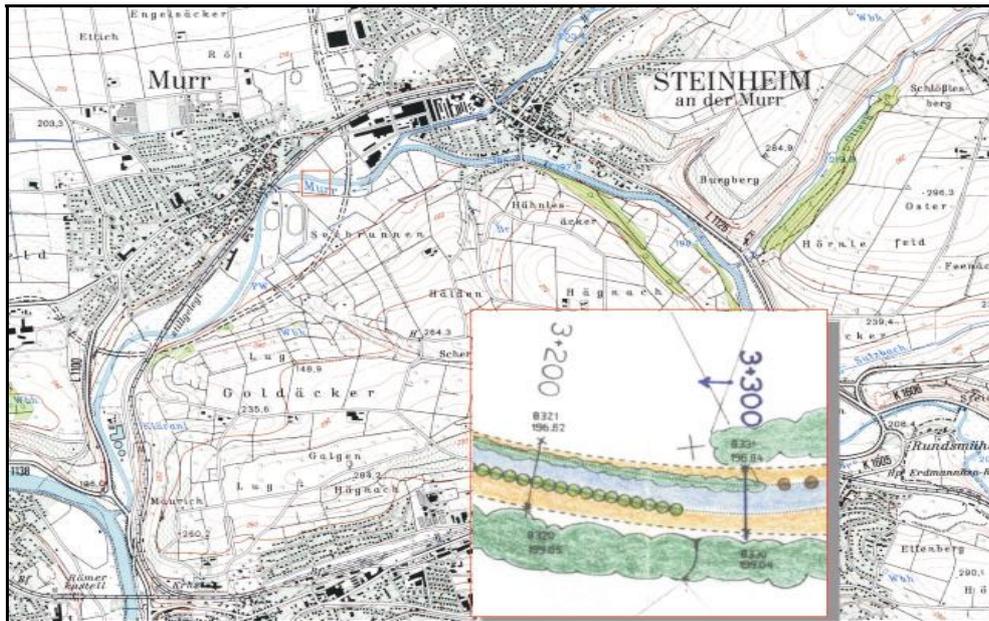


Abbildung 4.21: Lageplan Flusskilometer 3+300

Allgemeine Informationen über den Gewässerabschnitt

Abschnittscharakteristik	Trapezförmiges Profil. Die Uferböschungen sind überwiegend durch einen Steinsatz gesichert und mit Gras bewachsen. Die linke Böschung ist mit 1 m bis 4 m hohen Weiden bestanden. Die rechte Böschung ist vereinzelt mit 10 m bis 15 m hohen Gehölzen bewachsen.
Gerinneklassifizierung	Kompaktes
mittleres Sohlliniengefälle	I_{S0} ca. 0,00083
Kartengrundlage TK 25	Blatt 7021 (Marbach)
<i>Hydrologische Kennwerte</i>	
nächstgelegener Pegel	Murr / Murr
Einzugsgebietsgröße	507 km ²
MNQ	1,65 m ³ /s
MQ	5,19 m ³ /s
MHQ	110,40 m ³ /s

Das Querprofil bei Flusskilometer 3+300 befindet sich in der Ortslage Steinheim. Das Querprofil ist trapezförmig, die Uferböschungen sind vorwiegend mit Steinsatz gesichert. Die Bebauung reicht dort bis direkt an die Murr, der Bewuchsbestände ist vergleichbar mit dem Bestand bei km 2+200. Die Berechnungen ergaben hier allerdings, dass bereits bei einem 20-jährlichen Hochwasserabfluss die Murr über das rechte Ufer tritt und somit die Hochwassersicherheit der Gemeinde Steinheim in diesem Bereich nicht mehr gewährleistet ist.

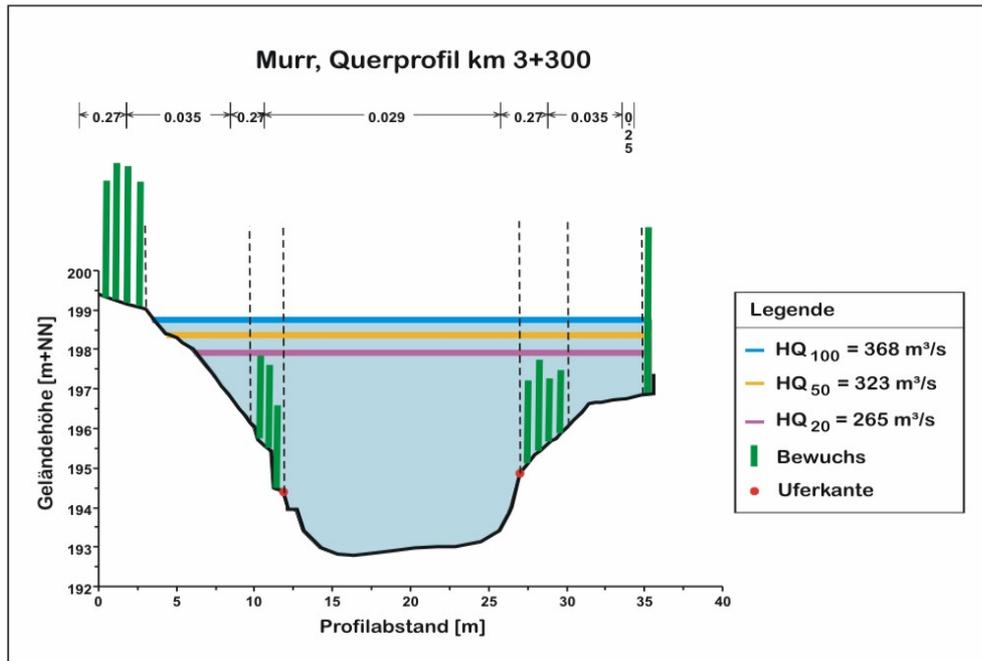


Abbildung 4.22: Wasserspiegellagen bei Flusskilometer 3+300

- Flusskilometer 3+700**

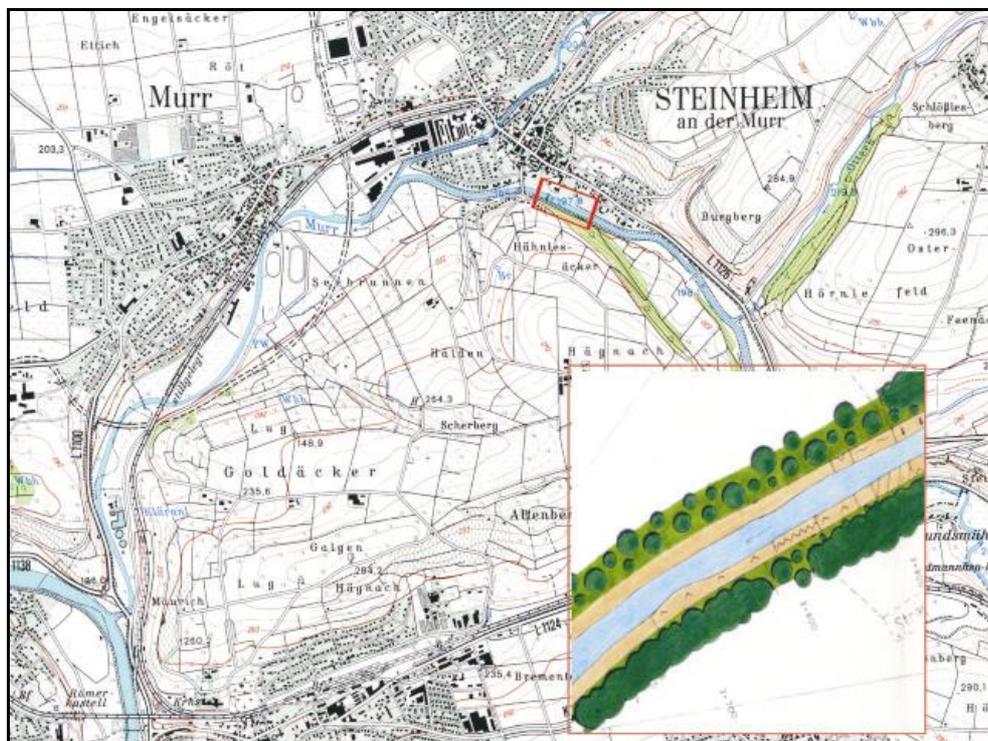


Abbildung 4.23: Lageplan Flusskilometer 3+700

Allgemeine Informationen über den Gewässerabschnitt

Abschnittscharakteristik	Trapezförmiges Profil. Die Sohle ist mit grobem Geschiebe bedeckt. Böschung beidseitig mit Weidenbewuchs und Bäumen bewachsen.
Gerinneklassifizierung	Kompaktes
mittleres Sohlprofilgefälle	I_{S0} ca. 0,00625
Kartengrundlage TK 25	Blatt 7021 (Marbach)
<i>Hydrologische Kennwerte</i>	
nächstgelegener Pegel	Murr / Murr
Einzugsgebietsgröße	507 km ²
MNQ	1,65 m ³ /s
MQ	5,19 m ³ /s
MHQ	110,40 m ³ /s

Das weiter flussaufwärts gelegene Querprofil bei Flusskilometer 3+700 liegt ebenfalls innerhalb der Ortslage Steinheim. Allerdings reicht hier die Bebauung im Vergleich zu Fluss-km 3+300 nicht direkt bis an die Murr. Der Bewuchs hat sich hier im Gegensatz zu den weiter unterstrom gelegenen Querprofilen im Hinblick auf seine Ausbreitung und Dichte stark verändert: Der sehr dicht Bewuchs erstreckt sich in diesem Bereich über das gesamte Vorland. Dennoch können trotz des sehr dichten Bewuchses an dieser Stelle die 20- und 50-jährlichen Hochwasserabflüsse ohne Probleme abgeführt werden, so dass sich die Hochwassersituation besser darstellt als bei Flusskilometer 3+300. Der Grund hierfür ist im deutlichen breiteren Gerinnebett begründet, lediglich bei einem HQ₁₀₀ kommt es zu Überflutungen der Vorländer.

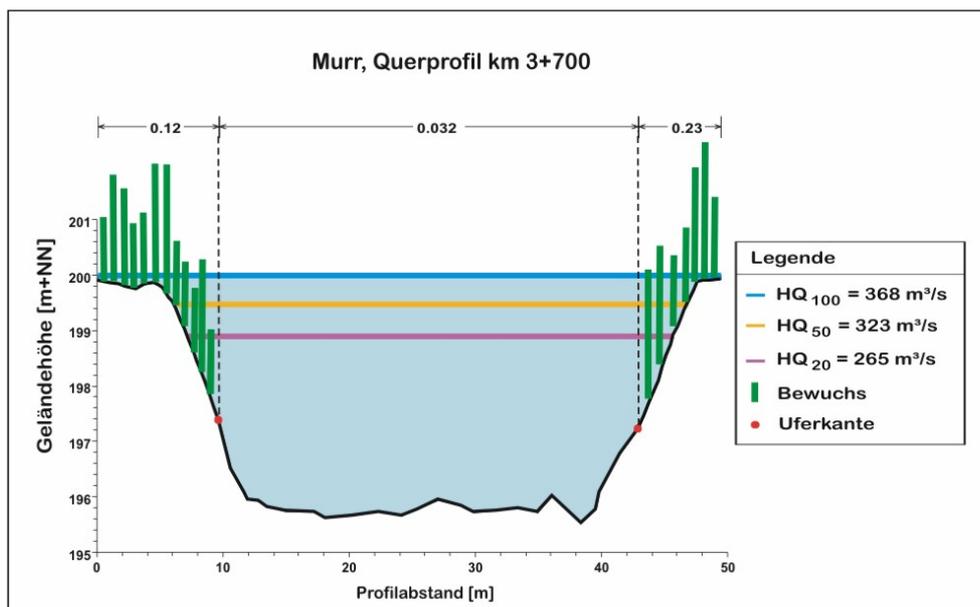


Abbildung 4.24: Wasserspiegellagen bei Flusskilometer 3+700

- Flusskilometer 4+986



Abbildung 4.25: Blick von Unterstrom auf den Inselbereich bei Fluss-km. 5+100

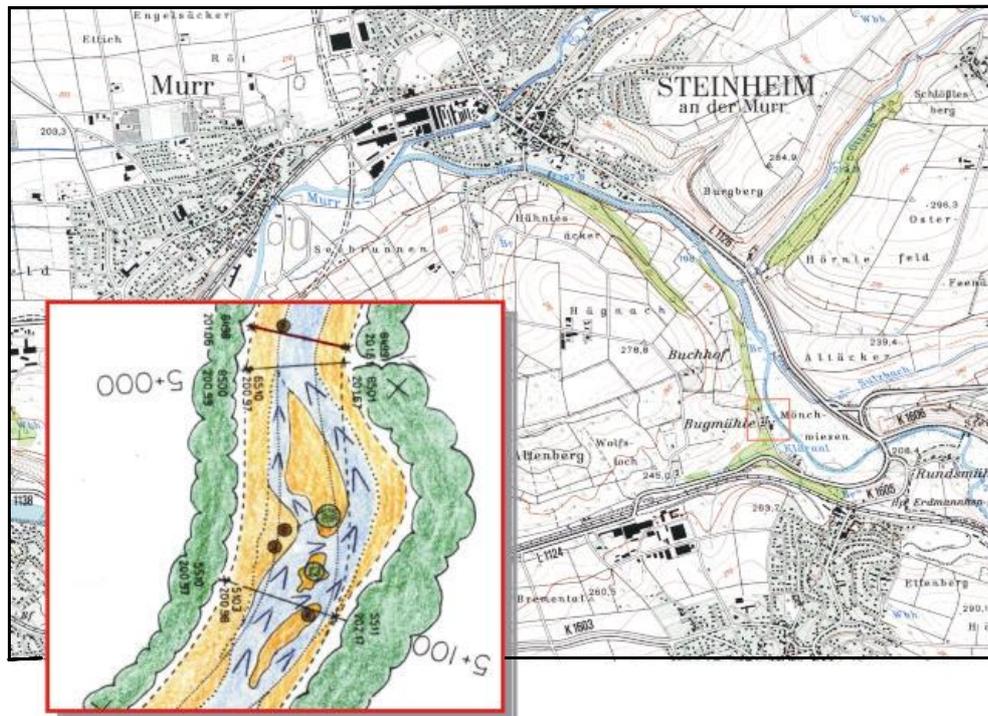


Abbildung 4.26: Lageplan Flusskilometer 5+100

Allgemeine Informationen über den Gewässerabschnitt

Abschnittscharakteristik	Aufweitungsbereich mit drei Inseln in einer Linkskrümmung. Das linke Vorland ist mit Gras und die Anlandung mit hohen Weidengruppen bewachsen. Die rechte Steiluferböschung besitzt einen lockeren hohen Gehölzbewuchs mit Säulenpappeln. Die linke Böschung besitzt einen dichten hohen Gehölzbewuchs mit Sträuchern.
Gerinneklassifizierung	Gegliedertes Gerinne
mittleres Sohl liniengefälle	I_{So} ca. 0,00042
Kartengrundlage TK 25	Blatt 7021 (Marbach)
<i>Hydrologische Kennwerte</i>	
nächstgelegener Pegel	Murr / Murr
Einzugsgebietsgröße	507 km ²
MNQ	1,65 m ³ /s
MQ	5,19 m ³ /s
MHQ	110,40 m ³ /s

Das Querprofil bei km 5+100 befindet sich im Bereich der aufgeschütteten Inseln. In diesem Abschnitt ist auf beiden Seiten der Murr keine Bebauung. Die Vegetation beschränkt sich auf zwei Bewuchsstreifen auf dem linken Vorland, entlang der Böschungsoberkante und entlang des Mittelwasserbettes. Die Fläche zwischen der Uferkante und den Bäumen und Sträuchern ist mit Gras bewachsen. Das rechte Vorland kennzeichnet sich durch reinen Grasbewuchs.

Dieser Abschnitt ist geprägt von einer hohen Struktur- und Strömungsvielfalt, sowohl im Gewässer als auch an den Ufern. Die Vegetationsanordnung auf dem linken Vorland entspricht der bei km 2+200 und km 3+300. Auf dem rechten Vorland beschränkt sich der Bewuchs auf einen Streifen an der Böschungsoberkante. Auch auf den Inseln entwickelte sich im Laufe der Jahre eine dauerhafte Baum-/ Strauchvegetation. Bei km 5+500 findet man auf beiden Seiten des Gewässers lediglich an der Böschungsoberkante Strauch- und Baumbewuchs. Zwischen Böschungsoberkante und Hauptgerinne wächst in diesem Querprofil Wiesengras.

Die Flusskilometer oberstrom von Murr-km 4+800 wurden auf ein HQ₂₀ bemessen, konsequenterweise tritt die Murr bei größeren Abflüssen über die Ufer. Hintergrund dieser doch etwas ungewöhnlichen Regelung ist die Nutzung der angrenzenden Flächen als Mahdwiesen. Ziel war die Bedenken der angrenzenden Landwirte für das Renaturierungsvorhaben zu senken, aus diesem Grund werden diese Flächen erst ab einem 20-jähriges Hochwasserereignis beaufschlagt.

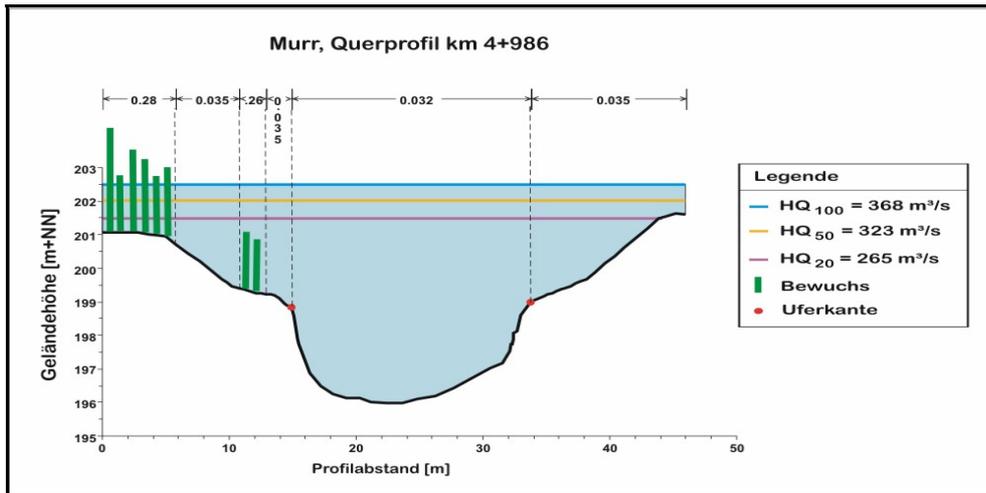


Abbildung 4.27: Wasserspiegellagen bei Flusskilometer 4+986

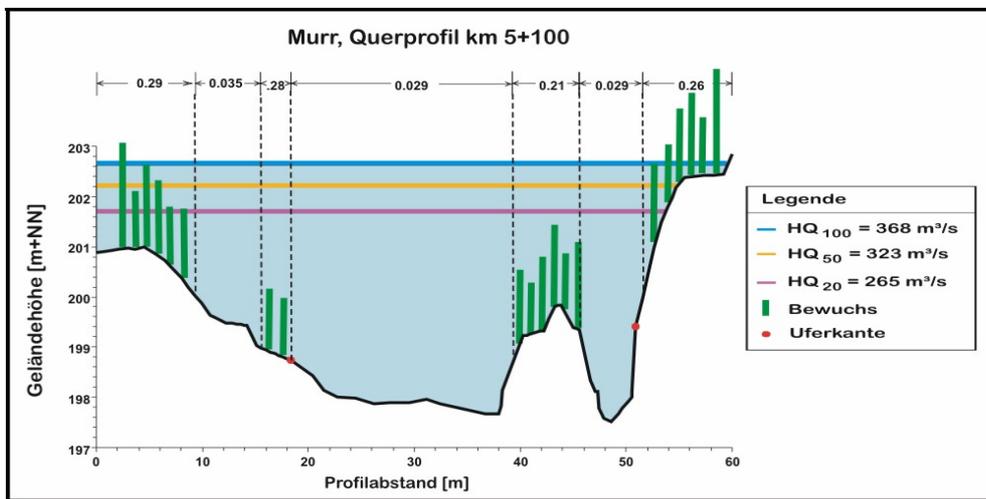


Abbildung 4.28: Wasserspiegellagen bei Flusskilometer 5+100

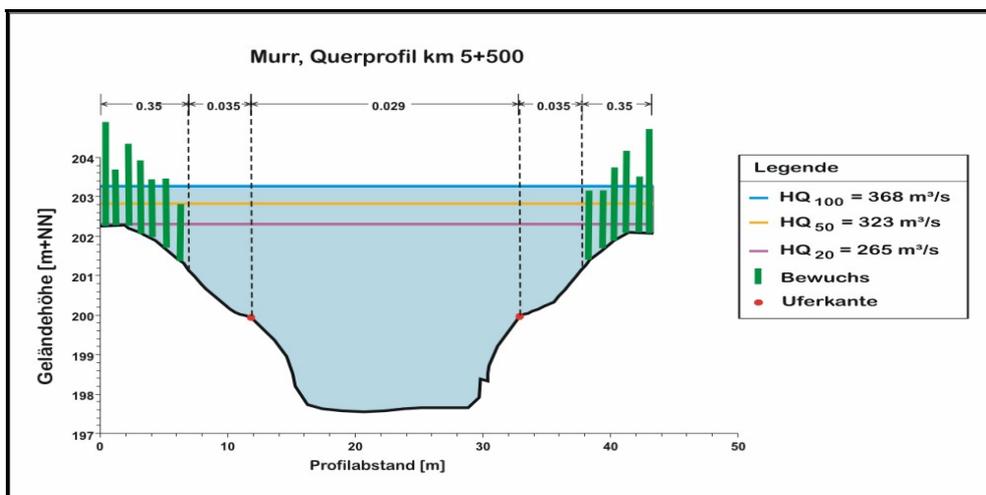


Abbildung 4.29: Wasserspiegellagen bei Flusskilometer 5+500

- **Flusskilometer 3+000**

Der Ausbau im Jahre 1978 führte im Bereich der Bottwar-Mündung (Flusskilometer 3+000) zu starken morphologischen Veränderungen (vgl. Abbildung 4.31). Für die Bereiche der Bottwarmündung liegen Fotoaufnahmen vor. Die obere Aufnahme zeigt den Bereich direkt nach dem Ausbau, das untere Bild verdeutlicht das extreme Aufkommen von Sträuchern und Bäumen innerhalb von 17 Jahren.

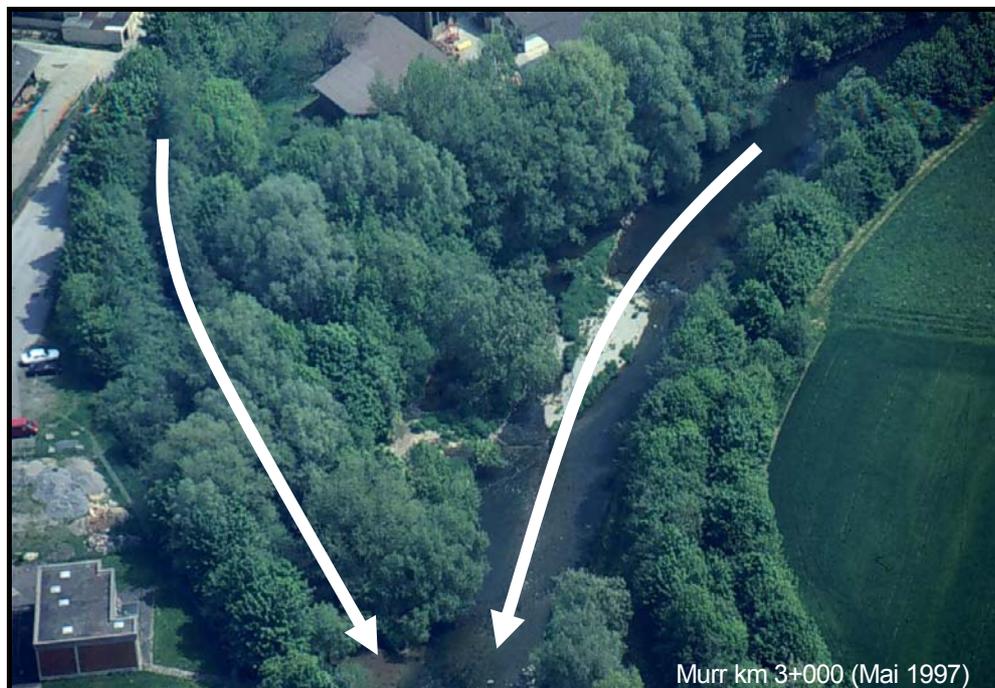


Abbildung 4.30: Bereich Bottwarmündung direkt nach dem Ausbau (links) und 16 Jahre später (rechts)

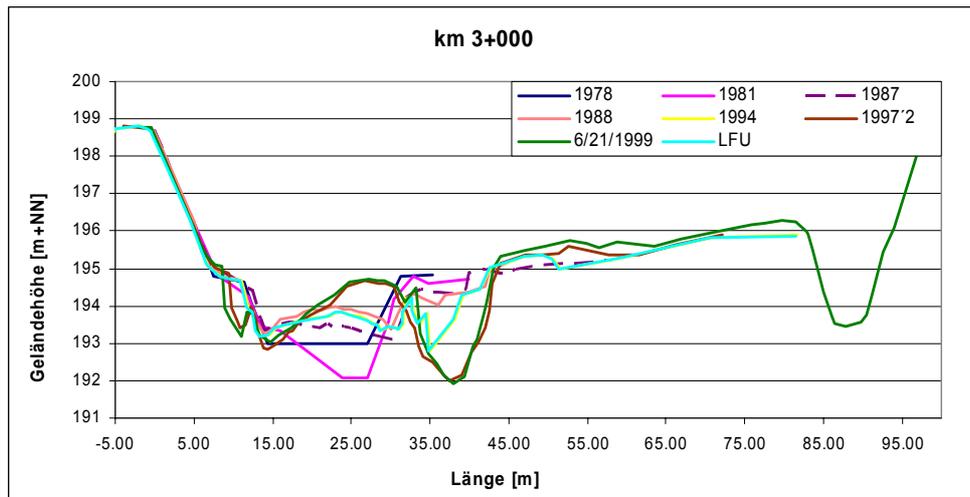


Abbildung 4.31: Vermessungen des Querprofils km 3+000 verschiedener Jahre

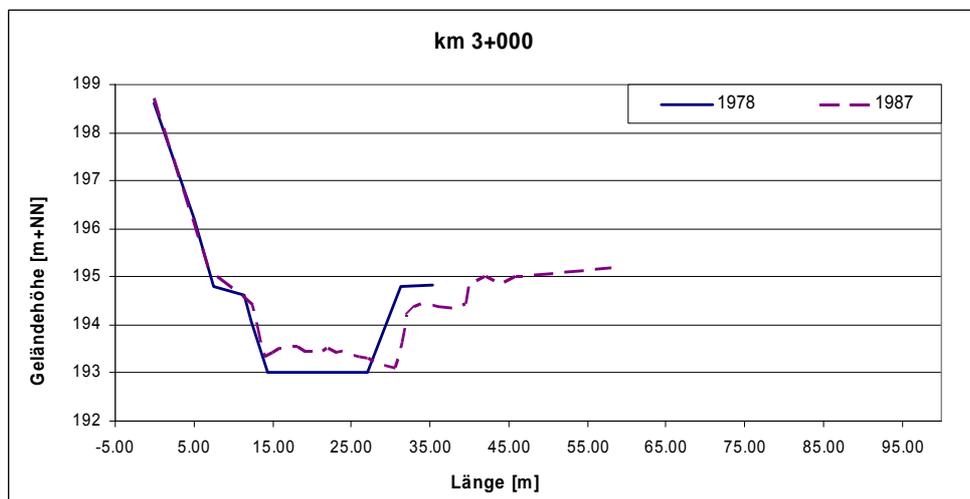


Abbildung 4.32: Vermessungen des Querprofils aus den Jahren 1978 und 1987

Zunächst bildete sich auf der rechten Vorlandseite des Querschnitts eine Auflandung, im Bereich des linken Ufers fand Seitenerosion statt. Dies führte dazu, dass der Querschnitt insgesamt flacher und breiter wurde. Der Grund für diese Entwicklung ist die Lage des Querprofils in einer Rechtsbiegung und die dort vorhandene Spiralströmung. Durch die Krümmung erhöht sich die Fließgeschwindigkeit am Außenufer (Prallufer) und verringert sich am Innenufer (Gleitufer). In der Folge lagert sich am Gleitufer Material ab und am Prallufer wird die Uferkante erodiert. In Abbildung 4.32 ist dieser Sachverhalt anhand der Profile von 1978, Ausgangsprofil, und dem Profil nach 9 Jahren (1987) dargestellt. In dieser Zeit verlagerte sich der Sedimentationsbereich immer weiter in Richtung Mitte des Hauptgerinnes, bis sich dort eine Insel ausbildete (vgl. Abbildung 4.33).

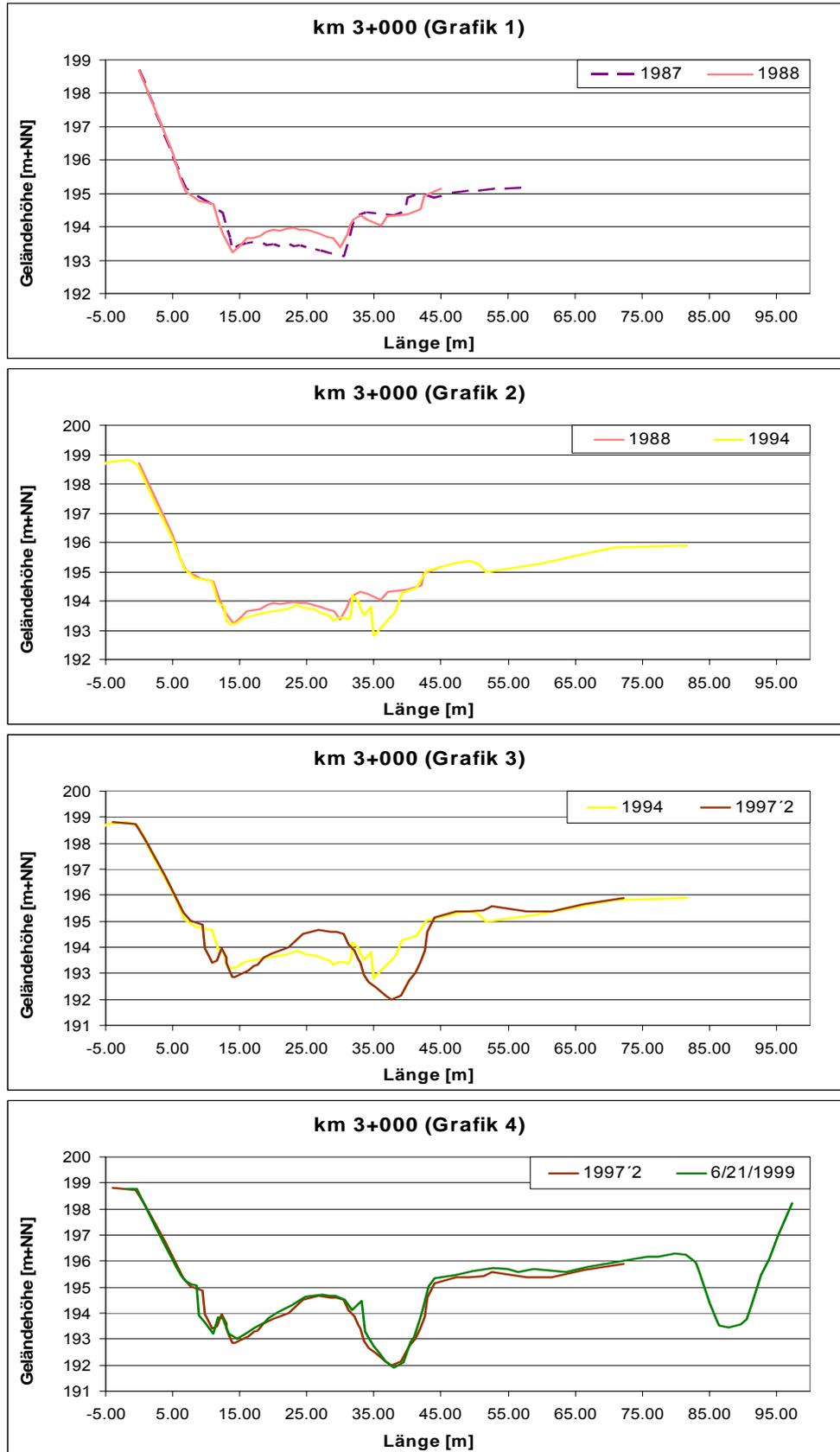


Abbildung 4.33: Vermessungen des Querprofils zwischen 1987 und 1999

Die Entstehung der Insel wurde zusätzlich durch eine starke Seitenerosion am rechten Ufer zwischen den Jahren 1988 und 1994 (vgl. Abbildung 4.33, Grafik 2) begünstigt. Die beiden Hochwasserereignisse in den Jahren 1990 und 1994 dürften ausschlaggebend für die morphologische Umlagerung gewesen sein.

Das im Jahr 1981 aufgenommene Querprofil wurde bei der Auswertung nicht berücksichtigt, da eine lokale Tiefenerosion von fast einem Meter innerhalb von drei Jahren auf eine Fehlmessung schließen lässt. (vgl. Abbildung 4.34).

Die Berechnungen mit HEC-Ras ergaben, im Vergleich zu den benachbarten Querprofilen, für den Bereich der Bottwar-Mündung höhere Wasserstände. Eine Ursache hierfür liegt in dem stark abgeflachten rechten Uferbereich im Mündungsgebiet der Bottwar. Dem Wasser steht während eines Hochwassers für eine kurze Fließstrecke eine fast doppelt so große Querschnittsfläche zur Verfügung. Die sich daraus ergebenden geringeren Fließgeschwindigkeiten gehen mit einem steigenden Wasserstand in diesem Abschnitt einher.

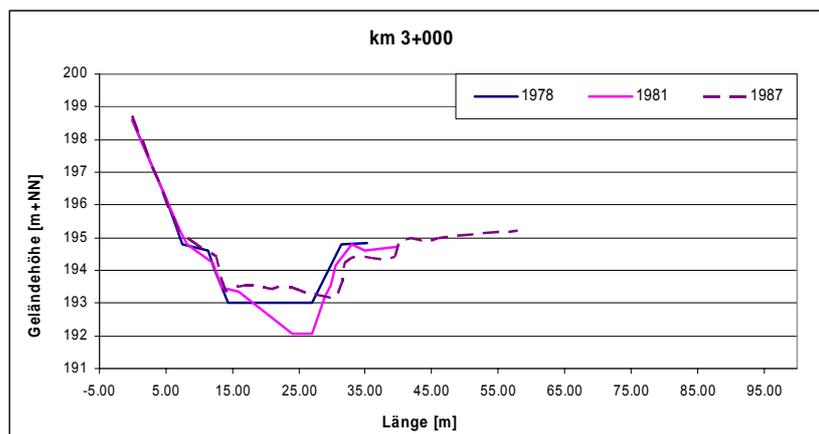


Abbildung 4.34: Vermessungen des Querprofils zwischen 1978 und 1987

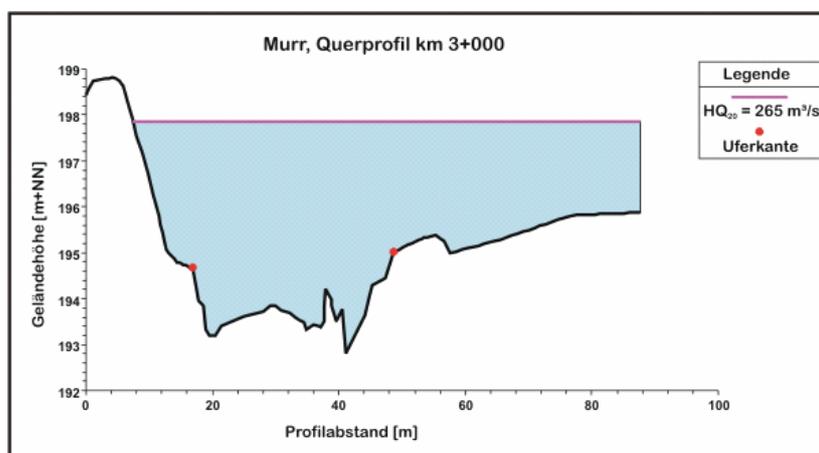


Abbildung 4.35: Wasserspiegellage bei einem HQ₂₀

Tabelle 3-5: Datenauszug HEC-Ras

Querprofil [km]	Abfluss [m³/s]	Wasserspiegellage [m+NN]	mittlere Fließgeschwindigkeit [m/s]	durchflossene Querschnittsfläche [m²]
3+300	249.57	198.03	3.19	98.46
3+200	249.57	197.8	3.45	89.10
3+100	249.57	197.54	3.78	90.70
3+000	249.57	197.85	1.69	244.69
2+950	249.57	197.41	3.39	109.26
2+900	266.20	197.37	3.34	120.84
2+800	266.20	197.38	2.87	137.86

} Bereich
Bottwarmündung

- **Flusskilometer 1+900- 6+100**

Das starke Aufkommen von Großbewuchs im Abschnitt der Bottwarmündung war die Veranlassung, die Auswirkungen von dichtem Strauchbewuchs auf den Wasserspiegel genauer zu untersuchen. Hierzu wurden zwei Extrem-Szenarien modelliert.

Die erste Variante untersucht die Auswirkungen von regelmäßig unterhaltenem Wiesengras auf den Wasserspiegel. Die zweite Variante beaufschlagt die kompletten Vorländer mit dichtem Strauchbewuchs. Für die beiden Bewuchsszenarien wurden die folgenden Rauheitsbeiwerte entsprechenden den Literaturwerten bzw. ermittelten Werte der Berechnungsmatrix verwendet:

- reiner Grasbewuchs: $k_{st} = 28 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- vollständiger Bewuchs mit Büschen und Bäumen: $k_{st} = 4 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Die Ergebnisse der Szenarienberechnungen sind im Längsprofil in Abbildung 4.16 dargestellt. Der Vergleich der Szenarien zeigt, dass durch entsprechende Unterhaltungsmaßnahmen, in Form von z. B. Mahd, die Probleme an den kritischen Stellen nicht behoben werden können. Selbst im Falle von Grasbewuchs ohne Sträucher oder Bäume kann an diesen Stellen ein 20-jährliches Hochwasser nicht, ohne über die Ufer zu treten, abgeführt werden. Eine Möglichkeit für die Ortslage Steinheim dem entgegen zu treten besteht darin, bei Abflüssen größer HQ₂₀ die Retentionshaltung oberhalb der Ortslage zu erhöhen.

Der Wasserspiegelanstieg infolge des Vegetationsbestandes entlang der Vorländer auf Basis der Erhebung von 1997 liegt im Bereich der Ortschaft Steinheim für ein HQ₂₀ bei 31 cm, für ein HQ₅₀ bei 39 cm und für ein HQ₁₀₀ bei 43 cm. Ein komplett bewachsenes Vorland mit dichtem Strauchbewuchs würde zu einem weiteren Wasserspiegellagenanstieg von 28 cm für ein HQ₂₀, 38 cm für ein HQ₅₀ und 47 cm für ein HQ₁₀₀ führen.

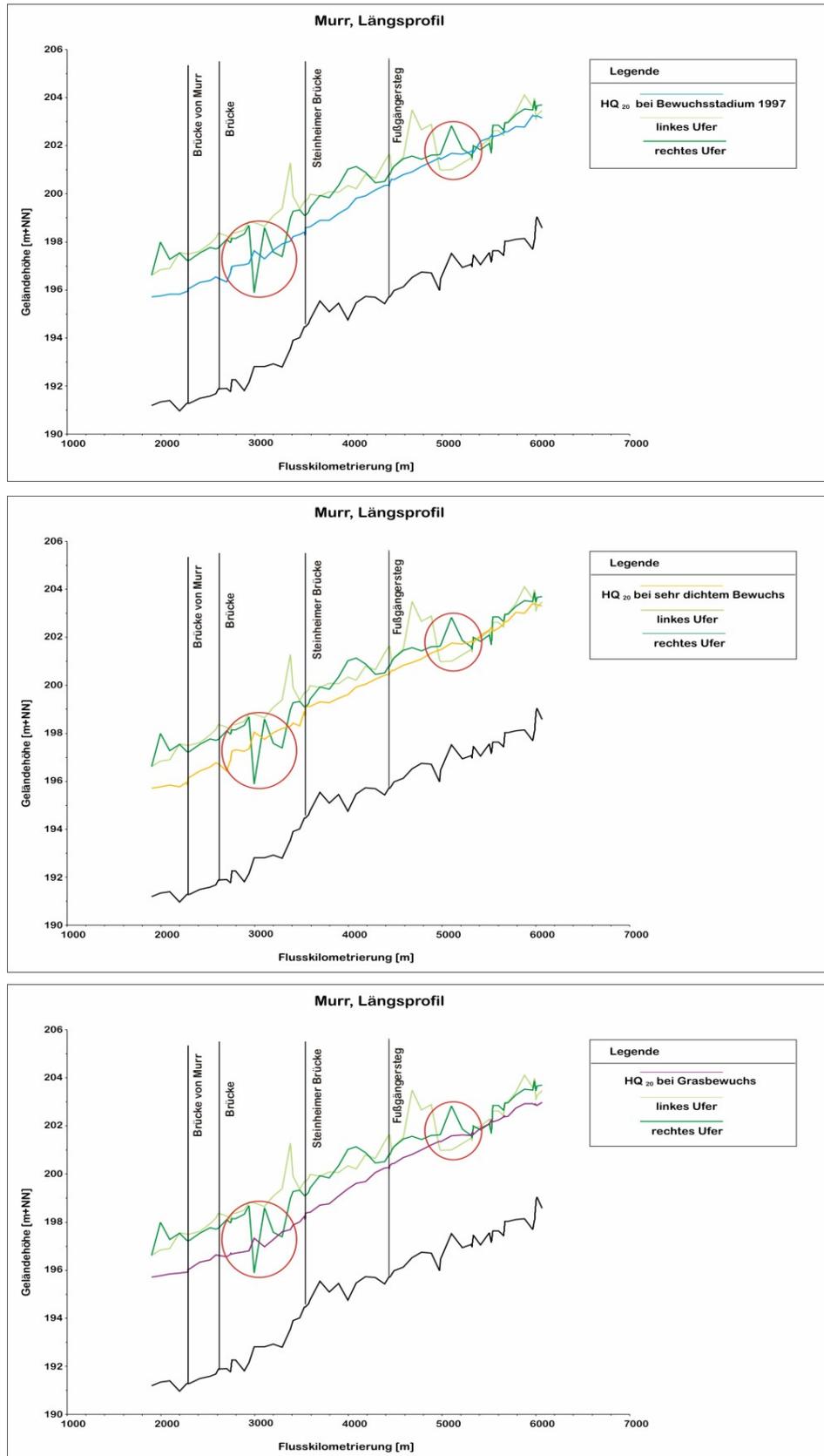


Abbildung 4.36: Längsprofile verschiedener Bewuchsszenarien

4.5 Allgemeingültige Empfehlungen und Anforderung für eine erfolgreich Renaturierung innerhalb von Ortslagen

Mittel- und Großbewuchs beeinflusst das Strömungsbild innerhalb eines Abflussprofils. Je größer der Anteil einer strauchbestandenen Sektion im Vergleich zu vegetationsfreien Sektionen des Gesamtprofils ist, desto größer ist der Einfluss auf die Reduktion der mittleren Fließgeschwindigkeit. Damit einhergehend sinkt die Leistungskapazität des Gerinnes. Deshalb ist für jede naturnahe Umgestaltung innerhalb einer Ortslage mindestens eine eindimensionale hydrodynamische Strömungsanalyse mit expliziter Berücksichtigung der Bewuchs- bzw. Widerstandsentwicklung notwendig, um die Hochwassersicherheit zu gewährleisten. Aus diesen Berechnungen lassen sich dann Empfehlungen für eine nachhaltige Gewässerunterhaltung ableiten.

Bei den eindimensionalen numerischen Berechnungen ist es empfehlenswert ein Programm zu verwenden, das eine Mehrfachsektionierung der Vorländer, wie es zum Beispiel vom Programm HEC-RAS angeboten wird, erlaubt. Damit können für verschiedene Vorlandbereiche unterschiedliche Widerstandsbeiwerte eingegeben und somit unterschiedliche Bewuchsszenarien simuliert werden. Die entsprechenden Widerstandsbeiwerte werden mit Hilfe der Berechnungsmatrix (vgl. BWC 21019) ermittelt und in die 1D-HN-Berechnung implementiert. Diese Szenarienberechnungen sind die Voraussetzungen für einen nachhaltigen Pflanzungs- und Unterhaltungsplan. Es wird dadurch gewährleistet, dass das ökologische Potential des Gewässers erhöht und gleichzeitig die Hochwassersicherheit gewahrt wird.

Die Beeinflussung des Strömungsprofils führt außerdem auch zu einer veränderten Strömungskräfteverteilung, die zu einer Erhöhung der morphodynamischen Eigenentwicklung führen kann. In den meisten Fällen stellt sich nach Kern (1994) innerhalb der ersten zehn Jahre nach einer erfolgten naturnahen Umgestaltung des Gewässerbettes, im Gerinne ein neuer Gleichgewichtszustand zwischen Abtrag und Anlandung ein. Dabei wird die Morphodynamik zum einen von der neu gestalteten Formgebung sowie vom aufkommenden Bewuchs geprägt. Von weiterem Interesse wäre daher auch in wie weit aufkommende Strauchvegetation die morphodynamischen Prozesse des Gewässerbettes beeinflusst. Für die Murr konnte der Anteil dieser morphodynamischen Prozesse, der durch Sträucher und Bäume hervorgerufen wird leider nicht quantifiziert werden, da sich die Murr zum Zeitpunkt der Datenerhebung noch nicht im Gleichgewichtszustand befand und sich die beiden oben genannten Prozesse der morphodynamischen Gestaltung des Gewässerbettes überlagerten.

Abschließend kann gesagt werden, dass erfolgreiche naturnahe Umgestaltungen innerhalb von Ortslagen ein durchdachtes, kosteneffizientes Monitoringkonzept voraussetzen. Die folgenden allgemeingültigen Empfehlungen können aus den beiden Untersuchungen „Hydraulik naturnaher Fließgewässer I und Teil II“ abgeleitet werden:

- Querprofilvermessungspunkte fixieren:
erst damit ist ein aussagekräftiger Vergleich der Querprofile möglich

- Lage signifikanter Querprofile:
 - Ober- und unterhalb von Zuflüssen (Sedimentationsgefahr),
 - an Aufweitungsstrecken (Sedimentationsgefahr),
 - an Engstellen (Erosionsgefahr),
 - an Flusskrümmungen (Erosionsgefahr),
 - an Inseln (Sedimentation- und Erosionsgefahr)
- Aufnahme von Wasserspiegellagen:

Die Installation von Sonderpegeln ist arbeits- und zeitintensiv, sinnvoller ist ein zusätzlicher Einbau von Lattenpegeln sowie Geschwemmselaufnahmen nach dem Hochwasser.
- Vegetationsaufnahme, Fotodokumentation:

Fotos dokumentieren anschaulich die Vegetationsentwicklung über die Jahre, sofern die Bilder immer an der gleichen Stelle aufgenommen werden. Zusätzlich sind die Bestandsbreiten, Entfernungen vom Ufer, Ast-/Stammdichte sowie Ast-/Stammdurchmesser aufzunehmen. Diese Daten können in die Berechnungsmatrix, die mit einem HN-Modell gekoppelt werden kann, eingegeben werden und ermöglichen eine schnelle Überprüfung der aktuellen Leistungsfähigkeit des naturnah umgestalteten Gewässerabschnittes.
- Datenbank:

Eine Datenbank zwingt zu einer einheitlichen, systematisierten Datenaufnahme, gleichzeitig werden Datenlücken und Fehlmessungen sofort sichtbar. Die Datensicherung sollte in digitaler und in ausgedruckter Form erfolgen, um Datenverlust aufgrund von Softwareweiterentwicklung vorzubeugen.

5 Geschiebeanlandung der Enz unterhalb der Brücke in Niefern

Die Geschiebeansammlung im Bereich der Brücke in Niefern (Enz-km 51+785) führt zu einer Verringerung des abflusswirksamen Querschnitts und beeinträchtigt die hydraulische Leistungsfähigkeit des Gerinnes. Die Frage in wie weit es zu einer Erhöhung der Wasserspiegellagen und einer Beeinträchtigung der Hochwassersicherheit kommt, wird im Folgenden geklärt. Die zur Berechnung notwendigen Grundlagen des Strömungsverhaltens sowie des Sedimenttransportes sind dem Vorgängerprojekt "Hydraulik naturnaher Fließgewässer (BWC 21019) zu entnehmen und wurden hier an diesem speziellen Fall mit dem Ziel angewandt, weitere Empfehlungen abzuleiten.

5.1 Untersuchungsgebiet



Abbildung 5.1: Lage des Untersuchungsgebiets, Quelle: Google Earth (2006)

Die zu untersuchende Geschiebeablagerung befindet sich im Bereich der Ortslage Niefern im Enzkreis zwischen einem oberstrom liegenden Wehr (Enz-km 51+817) und einer unterstrom liegenden Brücke (Enz-km 51+774). In diesem Bereich folgt der Flusslauf einer Biegung. In Fließrichtung gesehen am rechten Flussufer schließt die Ortslage Niefern bis

auf wenige Meter direkt an den Enzlauf an; das Ufer ist durch eine Mauer fixiert. Linksseitig erstreckt sich über eine Breite von etwa achtzig Metern das Vorland. An beiden Ufern befindet sich ein schmaler Streifen mit einer Baumreihe und Büschen. Direkt oberstrom des Wehres ist auf der rechten Seite der Zulauf zu einer Wasserkraftanlage. Weiter unterstrom bei km 51+700 wird das zur Energiegewinnung entnommene Wasser wieder in die Enz eingeleitet. Zur Erhaltung der Durchgängigkeit für die im Gewässer lebenden Tiere und Organismen verläuft auf der linken Seite parallel zum eigentlichen Flusslauf ein Umgehungsgewässer. Im betrachteten Gebiet hat sich an der Sohle der Enz eine Deckschicht gebildet (vgl. Anhang 7, Bild 1).

5.1.1 Wasserkraftwerk und Umgehungsgewässer

Die Wassermenge für die Energieerzeugung ist abhängig von den vorgegebenen Mindestwassermengen, die über die Wehranlage und das Umgehungsgewässer abgeführt werden müssen. Maximal können $16,5 \text{ m}^3/\text{s}$ zur Energieerzeugung genutzt werden; die überschüssige Wassermenge wird über das Streichwehr abgeführt.

Das Umgehungsgewässer beginnt bei Enz-km 52+090 und wird zwischen Wehr und Brücke (Enz-km 51+788) wieder der Enz zugeführt. Die Mindestwassermenge im Umgehungsgewässer ist ganzjährig mit $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ festgelegt.

5.1.2 Brücke

Die Mittelachse der Balkenbrücke aus Beton befindet sich bei Flusskilometer 51+774. Die Spannweite des Deckwerkes beträgt 100 m und wird durch drei Brückenpfeiler gestützt (vgl. Abbildung 5.2). Die geometrischen Daten der Brücke sowie der Wehranlage sind in Tabelle 5-1 zusammengestellt.



Abbildung 5.2: Enzbrücke bei Niefern, Blickrichtung entgegen der Fließrichtung (Läkemäker 2005)

5.1.3 Wehr

Das oberstrom der Geschiebeablagerung gelegene Wehr besteht, in Fließrichtung gesehen, aus einer Flößergasse links, einem Streichwehr in der Mitte und einem Leerschuss mit Fischbauchklappe rechts. Die einzelnen Bereiche sind durch zwei Mauern voneinander getrennt.

Die Flößergasse ist lediglich in der wasserreichen Zeit zwischen März und Juni geöffnet, um einen dynamischen Mindestwasserabfluss ($1,3 \text{ m}^3/\text{s}$) zu gewährleisten. Bei Abflüssen ab $60 \text{ m}^3/\text{s}$ wird das Schütz vollständig geöffnet.

Zur Gewährleistung der Überströmung des Streichwehrs muss eine Stauhöhe im Oberwasser von 2 cm über der Wehroberkante eingehalten werden.

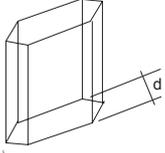
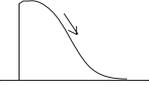
Der Leerschuss öffnet und schließt sich in Abhängigkeit des Wasserstandes oberstrom. Wird ein maximaler Wasserstand von 233,65 m.ü.NN erreicht senkt sich die Fischbauchklappe innerhalb der nächsten 15 Sekunden nach unten und gibt Durchfluss frei. Nach einer zweiminütigen Pause wird der Wasserstand oberstrom erneut überprüft. Liegt er unter 233,55 m.ü.NN hebt sich die Fischbauchklappe wieder. Die Krone der aufgestellten Fischbauchklappe liegt auf 233,44 m.ü.NN. Liegt der Wasserstand im Bereich zwischen Kronenhöhe und maximalem Wasserstand, wird die Fischbauchklappe überströmt. Der Drehpunkt zum Bewegen der Klappe befindet sich an ihrer Unterseite, so dass sie auch bei teilweiser Öffnung überströmt wird.



Abbildung 5.3: Streichwehr

Die Geometrischen Daten von Brücke, Wehranlage und Leerschuss mit Fischbauchklappe sind in der folgenden Tabelle 5-1 zusammengefasst.

Tabelle 5-1: Geometrische Daten der Brücke und des Wehres

Brücke (km 51+774)		 <p>Pfeilerform</p>
Brückenunterkante:		
rechts	234,20 m.ü.NN	
links	235,30 m.ü.NN	
Spannweite:	100 m	
Breite der Fahrbahnplatte:	14 m	
Brückenpfeiler:		
Breite d	1,5 m	
äußere Brückenfelder	21,4 m	
mittlere Brückenfelder	28 m	
Streichwehr (km 51+817,75)		 <p>Wehrform</p>
Wehroberkante:	233,40 m.ü.NN	
Sohlhöhe oberstrom:	232,00 m.ü.NN	
Breite:	53 m	
Wehrform:	rundkronig	
Flößergasse (km 51+817,75)		
Schützoberkante (geschlossen):	233,89 m.ü.NN	
Sohlhöhe oberstrom:	232,30 m.ü.NN	
Breite:	4,80 m	
Leerschuss mit Fischbauchklappe (ca. km 51+808)		
Kronenhöhe bei aufgestellter Fischbauchklappe:	233,44 m.ü.NN	
Sohlhöhe oberstrom:	231,84 m.ü.NN	
Breite:	12 m	

5.1.4 Geschiebeansammlung

Die zu untersuchende Geschiebeansammlung ist dem Lageplan in Abbildung 5.4 zu entnehmen und reicht von Flusskilometer 51+768 bis km 51+799,5 der Enz.

In ihrer Breite erstreckt sie sich ca. vom linken bis zum rechten Brückenpfeiler. Unter der Brücke selbst hat sich nur im Bereich zwischen dem linken und mittleren Brückenpfeiler Geschiebe angesammelt. Direkt um die Pfeiler bildeten sich ellipsenförmige Auskolkungen innerhalb der Geschiebeansammlung. Mit dem üblichen Porenanteil bei Geschiebe von 30 % (BUSCH, LUCKNER, TIEMER 1993) umfasst die Geschiebeansammlung etwa ein Volumen von 700 m³. Dies entspricht einem Gewicht von 1840 t.

Die Korngrößenverteilung (siehe Abbildung 5.5) wurde durch eine Linienzahlanalyse nach FEHR ermittelt. Der daraus berechnete mittlere Korndurchmesser beträgt $d_m = 70,4$ mm.

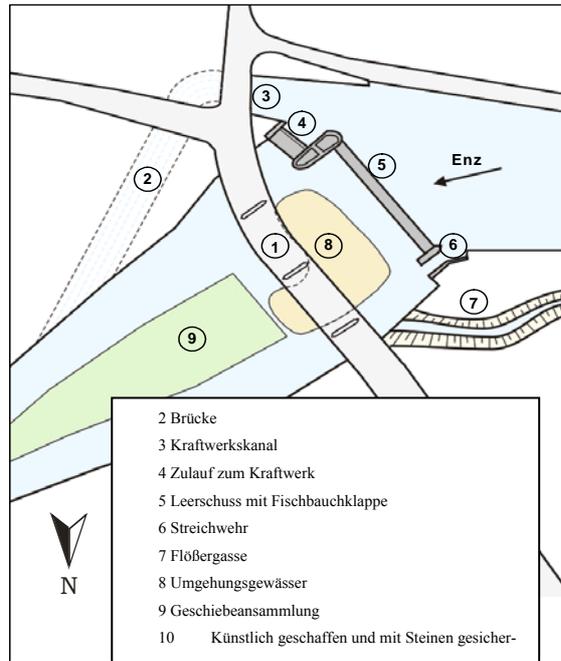


Abbildung 5.4: Lageplan des Untersuchungsgebiets (Läkemäker 2005)

Kornverteilungskurve Geschiebeablagerung

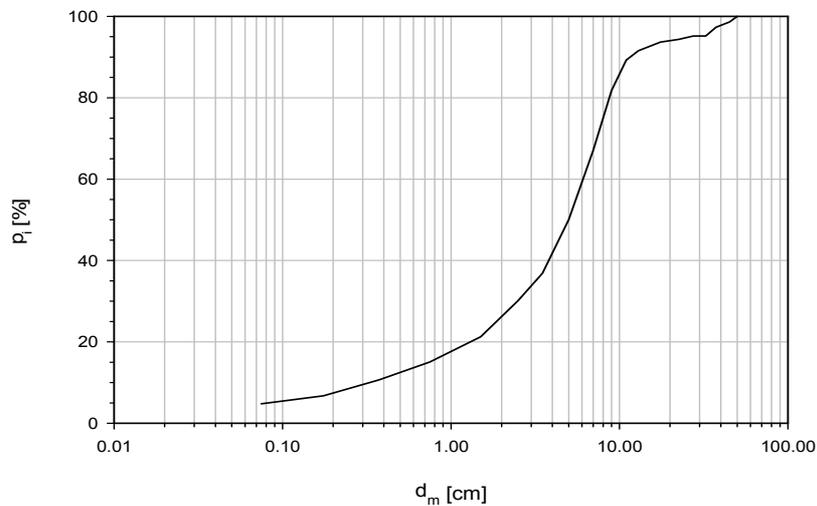


Abbildung 5.5: Kornverteilungskurve der Geschiebeablagerung

5.2 Erstellung des 1D- HN- Modells

Im Rahmen der Untersuchung wurde für die eindimensionalen Berechnungen der Wasserspiegellagen, Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen im Untersuchungsgebiet die Software HEC-RAS verwendet. Aus diesen Parametern wurde dann die Stabilität der Geschiebeansammlung beurteilt und Aussagen über die Hochwassersicherheit abgeleitet.

Die Berechnungen der hydraulischen Auswirkungen des Geschiebes erfolgten bei einer stationären Betrachtung, da die maximalen Wasserstände und Strömungskräfte von Bedeutung waren. Hierfür werden zuerst die Geländedaten in das Modell implementiert.

Das Modellgebiet reicht von Flusskilometer 53+089 bis km 50+959 der Enz (vgl. Abbildung 5.1).

Ein Teil der für die numerischen Simulationen verwendeten Querprofile stammt aus Messungen aus dem Jahr 1995. Die vorhandenen Daten reichten jedoch nicht aus, um das Fließverhalten hydraulisch vollständig zu simulieren, da die Abstände zwischen den gemessenen Querprofilen zu groß sind.

Die fehlenden Querprofile wurden mit Hilfe des Programms interpoliert und auf Grundlage von Plänen nachbearbeitet, da im Bereich der Wehranlage seit 1995 bauliche Veränderungen vorgenommen wurden, die in den ursprünglichen Querprofilen nicht berücksichtigt sind. Im rechten Wehrfeld wurde das vorherige Wehr entfernt und durch den jetzigen Leerschuss mit seiner etwas unterstrom liegenden Fischbauchklappe ersetzt. Das auf der linken Seite liegende Umgehungsgewässer wurde ebenfalls erst später hinzugefügt.

Umgehungsgewässer

Das Umgehungsgewässer wurde, abhängig von der Höhe des Durchflusses, nach zwei Methoden in das Modell integriert. Bei Abflüssen bis $250 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde das Umgehungsgewässer als eigener Flusslauf modelliert. Bei Abflüssen, die diesen Wert übersteigen, wurde das Umgehungsgewässer in die bereits bestehenden Querprofile mit aufgenommen.

Der Grund für diese Unterscheidung ist die eindimensionale Berechnungsmethode von HEC-RAS. Das Programm berechnet von Querprofil zu Querprofil über eine Iteration die Wasserspiegellagen. Aufgrund des eindimensionalen Ansatzes gelten für jeden Querschnitt horizontale Wasserspiegellagen und mittlere Fließgeschwindigkeiten. Dabei erkennt das Programm durchgehende laterale Bauwerke, die sich über mehrere Querprofile erstrecken, nicht. Dies können zum Beispiel Mauern oder im Fall des Umgehungsgewässers die zwischen Flusslauf und Umgehungsgewässer liegende Landfläche sein.

Es existiert also innerhalb des Querprofils keine bereichsweise Aufteilung des Durchflusses, sondern der Wasserspiegel wird pauschal für ein Querprofil bestimmt, und zwar unabhängig von den in den angrenzenden Querprofilen herrschenden Zuständen. Ohne die Modellierung des Umgehungsgewässers als eigenen Flusslauf würden bei Abflüssen unter $250 \text{ m}^3/\text{s}$ zu hohen Wasserständen im Umgehungsgewässer und zu niedrigen im Hauptgerinne berechnet.

An den Verzweigungsstellen der beiden entstandenen Flussläufe rechnet das Programm die Wasserspiegellagen nach der Energiegleichung. Bei Abflüssen oberhalb dieses Wertes werden Wasserstände erreicht, bei denen die Insel teilweise oder ganz überströmt wird und es infolge dessen zu einer Überlagerung der beiden Flussläufe kommt. Zur Ermittlung der

Wasserstände ist es notwendig das Umgebungsgewässer in die Querprofile des Hauptgerinnes mit einzubinden.

Die durch die eindimensionale Berechnungsweise entstandenen Probleme sind in diesem Fall nicht mehr gegeben, da sich die Wasserstände im Umgebungsgewässer und im Hauptgerinne auf nahezu gleichem Niveau befinden, so dass der Fehler vernachlässigbar klein wird.

Die Mindestabflussmenge im Umgebungsgewässer liegt ganzjährig bei $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Wehr mit Leerschuss

Da die Fischbauchklappe im Leerschuss etwa 10 m stromabwärts der Krone des Streichwehrs liegt, berechnet das Programm bei geschlossener Fischbauchklappe Wasserspiegel, die nicht den Verhältnissen in der Natur entsprechen. Aufgrund der Trennung des mittleren Wehrfelds (Streichwehr) vom rechten Wehrfeld (Leerschuss mit Fischbauchklappe) durch eine Mauer, müsste sich das Wasser eigentlich oberstrom der Fischbauchklappe anstauen. Da die Stauwirkung im mittleren Wehrfeld unterhalb des Streichwehres verloren geht, liegt dort im Vergleich zum rechten Wehrfeld ein niedrigerer Wasserstand vor.

Durch die bei HEC-RAS verwendete Berechnungsmethode erhält man im Bereich zwischen Streichwehr und Fischbauchklappe im rechten Wehrfeld Ergebnisse, die zu niedrige Wasserspiegel anzeigen (vgl. Abbildung 5.6). Die dort immer noch vorhandene Stauwirkung durch die Fischbauchklappe wird von HEC-RAS nicht berücksichtigt. Folglich wird der Zeitpunkt an dem die Fischbauchklappe gerade überströmt wird, erst bei sehr viel größeren Abflüssen als in der Natur erreicht.

Aus diesem Grund wurde die Fischbauchklappe im Modell auf die Höhe des Streichwehres versetzt. Dadurch wird auch im rechten Wehrfeld ein Aufstau oberhalb der Fischbauchklappe simuliert (vgl. Abbildung 5.6). Bis zum Ende der Trennmauer wurden in den Querprofilen zwischen Streichwehr und Fischbauchklappe Dämme eingegeben (vgl. Abbildung 5.7). Sie sorgen dafür, dass im Bereich des rechten Wehrfeldes kein Wasser fließt, sondern sich im mittleren Wehrfeld konzentriert. Das Wasser wird somit im Bereich der Fischbauchklappe bis zur Höhe des Streichwehres aufgestaut. Unterhalb der Fischbauchklappe fließt im Modell bis zum Ende der Trennmauer kein Wasser. Der Drehpunkt der Fischbauchklappe ist an ihrer Unterseite angebracht. In HEC-RAS ist es aber nur möglich Klappen mit oben gelegenen Drehpunkt zu modellieren. Da die Wirkungsweise und das Fließverhalten identisch sind, wurde sie deshalb im geöffneten Zustand wie ein überströmbares Wehr behandelt.

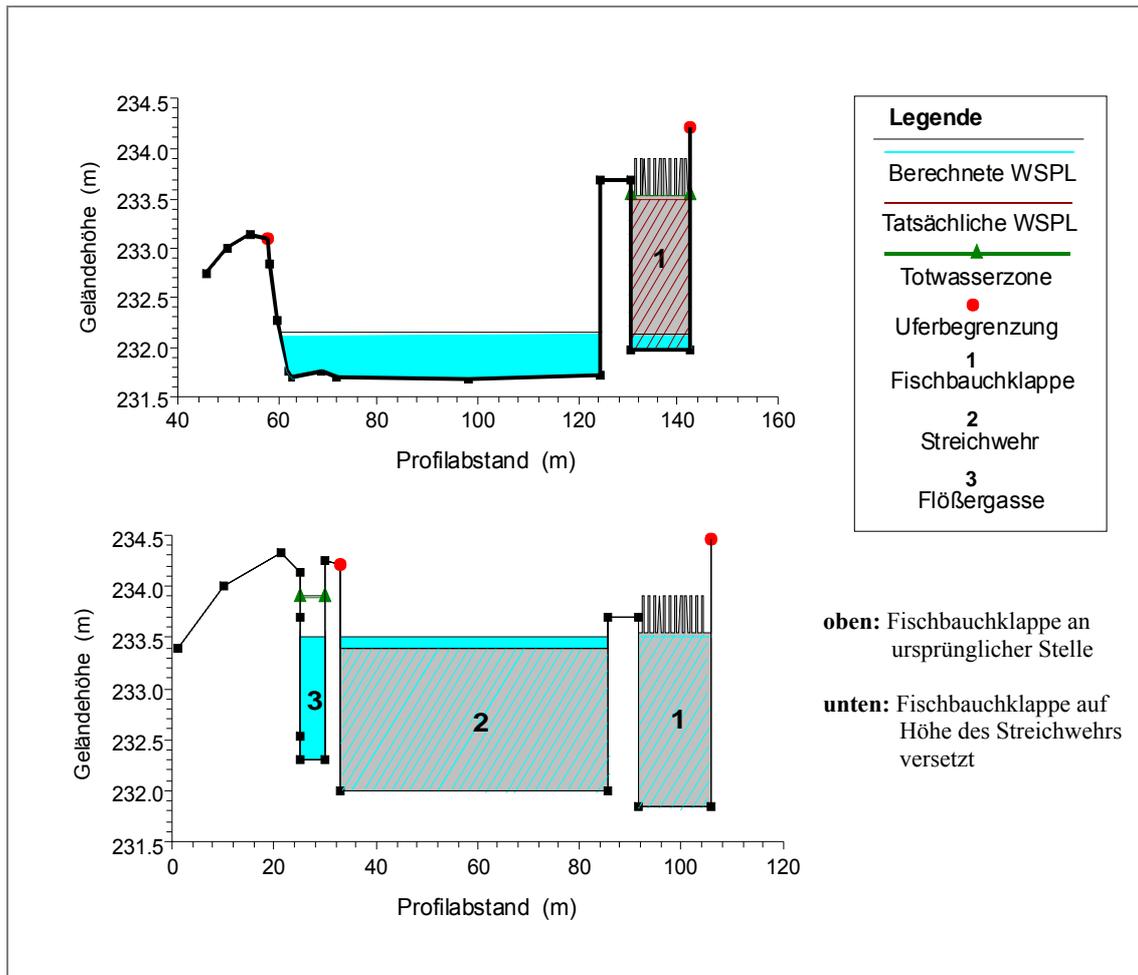


Abbildung 5.6: Modellierung der Fischbauchklappe (Querprofile)

Im geschlossenen Zustand fließt unterhalb des Schützes kein Wasser, daher sind entlang der Trennmauer, wie bei der Fischbauchklappe, Dämme modelliert (vgl. Abbildung 5.7). Für die gesamte Wehranlage wird ein Überfallbeiwert C von 2,18 gewählt (vgl. HEC-RAS Kompaktanleitung 2002). Dies entspricht der rundkronigen Wehrform eines Streichwehres und trifft näherungsweise auch auf die Fischbauchklappe zu, bei vollständiger Öffnung.

Die Totwasserzonen bei geschlossenem Schütz und geschlossener Fischbauchklappe sind in Abbildung 5.7 eingetragen. Totwasserzonen sind Bereiche die nicht aktiv am Strömungsgeschehen teilnehmen und in denen folglich nur sehr geringe Fließgeschwindigkeiten vorliegen.

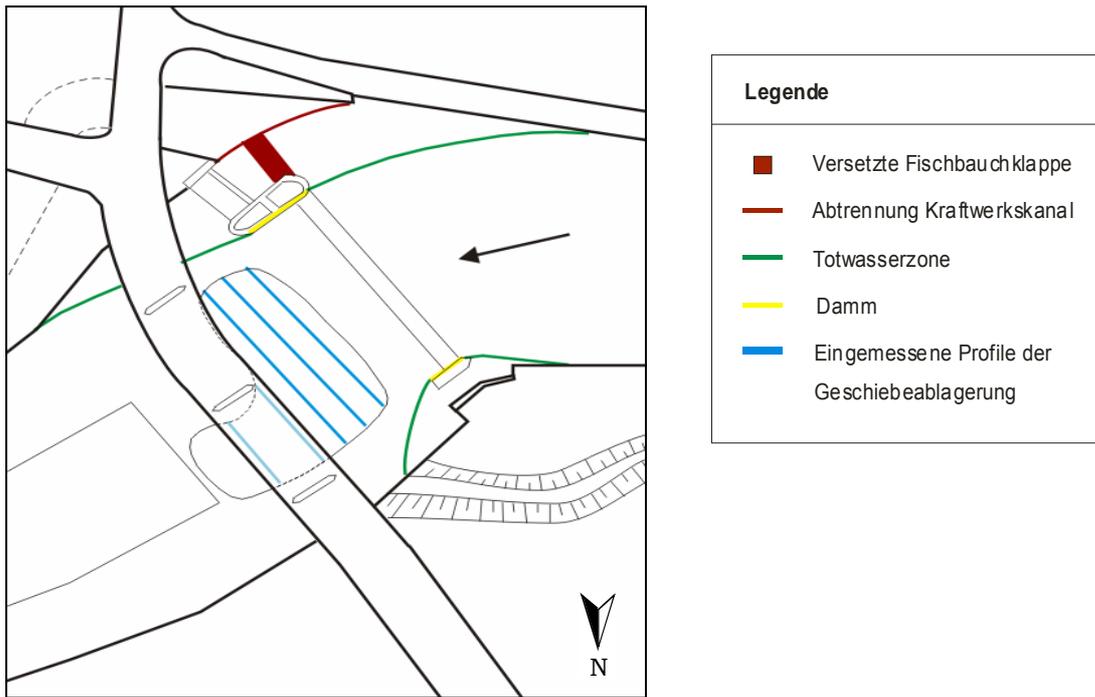


Abbildung 5.7: Lageplan des Untersuchungsgebiets mit Modelleigenschaften (Läkemäker 2005)

Um die zuvor beschriebenen Annahmen bei der Simulation richtig berücksichtigen zu können, wurden für verschiedene Abflüsse unterschiedliche Geometriedateien erstellt. Diese sind in Tabelle 5-2 aufgeführt. Da der Öffnungswinkel der Fischbauchklappe je nach Wasserstand variiert, war es für Abflüsse zwischen 31 m³/s und 89 m³/s nicht möglich den Öffnungswinkel eindeutig zu bestimmen. Aus diesem Grund wurde dieser Abflussbereich nicht simuliert.

Tabelle 5-2: Eigenschaften der Geometriedateien

Geometriedatei	1	2	3
Abfluss	bis 31 m ³ /s	ab 89 m ³ /s	ab 250 m ³ /s
Fischbauchklappe	geschlossen	geöffnet	geöffnet
Schütz	geschlossen	geöffnet	geöffnet
Damm			
links	vorhanden	entfernt	entfernt
rechts	vorhanden	entfernt	entfernt
Umgebungsgewässer	eigener Flusslauf	eigener Flusslauf	in Querprofile des Hauptgerinne integriert

Brücke

Die Brücke hat im Grundriss zum rechten Ufer eine Biegung entgegen der Fließrichtung. Sie nimmt etwa ein Drittel der Brückenlänge ein. Diese Art der Darstellung ist in HEC-RAS nicht möglich. Daher ist die Brücke im Modell durchgehend senkrecht zur Fließrichtung angeordnet. Es wurde ein Widerstandsbeiwert C_d von 1,0 (dreieckige Pfeilerenden) für die Momentengleichung verwendet.

Geschiebeansammlung und Wasserkraftwerk

Die Geschiebeablagerung zwischen Wehr und Brücke wurde durch entsprechende Veränderung der Sohlhöhe in den betroffenen Querprofilen modelliert. Als Grundlage dienten die am 17.03.2004 eingemessenen Höhenlagen. Bei den Messungen wurden in fünf Profilen die Geländehöhen bestimmt. Zwei der Profile liegen unter der Brücke und reichen vom linken bis zum mittleren Brückenpfeiler. Sie mussten bei der Umsetzung ins Modell in die beiden Querprofile die direkt unterstrom und oberstrom der Brücke liegen integriert werden. Die fünf eingemessenen Profile sind in Abbildung 5.7 eingezeichnet.

Um den Einfluss des Kleinwasserkraftwerks bei den Berechnungen zu berücksichtigen wird die für die Wasserkraftnutzung entnommene Wassermenge, im Bereich zwischen Zulauf (km 51+820) und Auslauf (km 51+700) des Kraftwerkskanals, vom Gesamtabfluss subtrahiert

Zur Ermittlung des Volumens und des Gewichtes der vermessenen Geschiebeansammlung wurden zunächst die Querschnittsflächen der Geschiebeansammlung in den beteiligten Querprofilen ermittelt. Dazu wurde bei identischen Wasserspiegellagen, die durchflossene Querschnittsfläche aus den Berechnungen mit der vermessenen Geschiebeansammlung von der durchflossenen Querschnittsfläche aus den Berechnungen ohne Geschiebe subtrahiert (vgl. Abbildung 5.8). Anschließend wurden den einzelnen Querprofilen jeweils ein Streifen zugeteilt, der den halben Abstand des Querprofils zum unterstrom und oberstrom gelegenen Querprofil beinhaltet (vgl. Abbildung 5.9). Multipliziert man die Querschnittsfläche jedes Querprofils mit seiner Streifenbreite erhält man das Volumen jedes Querprofils. Die Summe der Volumina aller Querprofile ergibt dann das Gesamtvolumen der Geschiebeansammlung inklusive Porenvolumen. Es beträgt 991, 84 m³.

Mit dem üblichen Porenvolumen für Geschiebe von 30 % ergibt sich eine Porosität von 0,7. Durch Multiplikation des Geschiebevolumens ohne Porenanteil mit der Dichte des Geschiebes erhält man das Gewicht der Geschiebeansammlung zu rund 1840 t. Die verwendeten Daten und Ergebnisse sind in Tabelle 5-3 dargestellt.

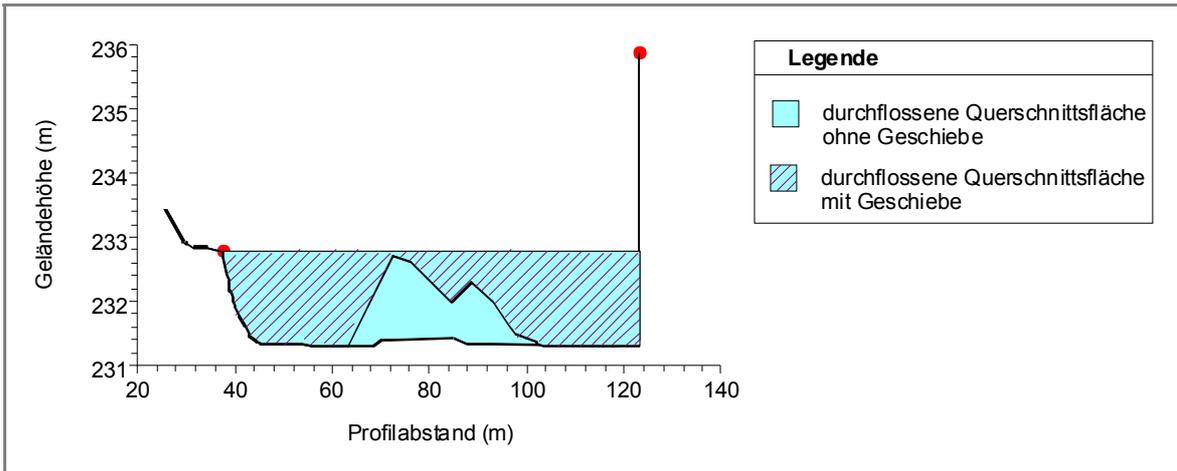


Abbildung 5.8: Querprofil mit Flächen zur Bestimmung der Querschnittsfläche der Geschiebeansammlung

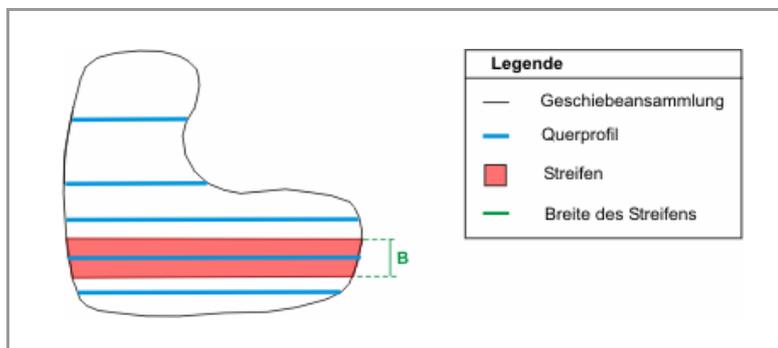


Abbildung 5.9: Lageplan der Geschiebeansammlung mit Streifenbreite

Tabelle 5-3: Bestimmung des Volumens und des Gewichts der Geschiebeansammlung

Querprofil [km]	durchflossene Querschnittsfläche [m ²]		Geschiebefläche [m ²]	Streifenbreite [m]	Volumen [m ³]		Gewicht [t]
	mit Geschiebe	ohne Geschiebe			inclusive Porenvolumen	ohne Porenvolumen	
51+7615	173,34	188,24	14,90	0,89	13,25	9,28	24,60
51+7633	169,71	188,27	18,56	1,78	33,03	23,12	61,28
51+7651	166,09	188,31	22,22	1,78	39,54	27,68	73,36
51+7669	162,46	188,34	25,88	4,45	115,15	80,61	213,62
51+774	156,35	180,09	23,74	3,55	84,27	58,99	156,32
51+774	149,56	169,67	20,11	3,55	71,40	49,98	132,45
51+7811	155,91	177,77	21,86	7,35	160,69	112,48	298,09
51+783	134,44	174,99	40,55	1,80	72,99	51,09	135,40
51+785	134,29	172,91	38,62	2,00	77,24	54,06	143,28
51+787	134,14	171,53	37,39	2,00	74,77	52,34	138,71
51+789	136,85	166,54	29,69	2,00	59,37	41,56	110,14
51+791	132,69	159,36	26,67	2,00	53,34	37,34	98,95
51+793	133,83	149,63	15,80	2,17	34,28	24,00	63,61
51+7953	124,11	140,22	16,11	2,30	37,05	25,93	68,73
51+7976	115,07	133,06	17,99	2,33	41,92	29,34	77,78
51+800	106,00	126,07	20,07	1,17	23,47	16,43	43,55
Summe:					991,84	694,29	1839,88

5.2.1 Kalibrierung des 1D- HN- Modells

Zur Kalibrierung wurde die Wasserspiegellage des Hochwassers vom 21. Dezember 1993 verwendet. Die Wasserspiegellage wurde einer Hochwassermarke entnommen, die an der Brücke angebracht ist. Der Durchfluss zu diesem Zeitpunkt betrug 518,1 m³/s (mündl. Mitteilung RP Karlsruhe 2005).

Die Höhenlage der Hochwassermarke kann über den Abstand zur Unterkante der Brücke (235,35 m.ü.NN) bestimmt werden. Daraus ergibt sich die Höhenlage der Hochwassermarke zu 234,60 m.ü.NN (vgl. Abbildung 5.10).



Abbildung 5.10: Lage der Hochwassermarke (Läkemäker 2005)

Die zu Beginn angenommenen Rauheitsbeiwerte und die durch die Kalibrierung angepassten Rauheitsbeiwerte sind in Tabelle 5-5 dargestellt. Die Rauheitsbeiwerte wurden dem Hydraulic Reference Manual von HEC-RAS entnommen, mit Ausnahme des Wertes für das Umgebungsgewässer. Er wurde nach dem Verfahren nach Cowan ermittelt (LEHMANN 2004 (a)). Die entsprechenden Wasserspiegellagen sind Anhang 2 zu entnehmen. Bilder des Untersuchungsgebietes sind zum Vergleich ebenfalls im Anhang 7 abgebildet.

Tabelle 5-4: Rauheitsbeiwerte vor und nach Kalibrierung

	Rauheitsbeiwert vor Kalibrierung		Rauheitsbeiwert nach Kalibrierung		Erläuterung
Hauptgerinne	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.030 33	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.032 31	gleichmäßiger gerader Verlauf, keine Gräben oder tiefe Mulden, bordvoll
linkes und rechtes Vorland	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.028 35	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.030 33	kurzes Gras
Baumstreifen an Böschungsoberkante	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.067 15	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.070 14	mittlere bis dichte Büsche und Bäume
Umgebungsgewässer	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.072 14	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.070 14	Kies, mittlere Vegetation und Unregelmäßigkeiten, gleich bleibende Querschnittsform, geringe Mäandrierung
Insel unterhalb der Brücke	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.100 10	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.100 10	mittleres bis dichtes Gebüsch
Streichwehr und Flößergasse	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.020 50	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.019 52	grobe Betonauskleidung
Leerschuss mit Fischbauchklappe	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.044 23	n [s/m ^{1/3}] k_{st} [m ^{1/3} /s]	0.044 23	Sohlsicherung aus Schwergewichtsteinen in Beton verklammert

5.2.2 Bestimmung des Transportbeginns

Die Bestimmung des Transportbeginns ist notwendig, um Aussagen über die Stabilität der Geschiebeansammlung und der Gewässersohle machen zu können

Tabelle 5-5: kritische Schubspannung für verschiedene Korngrößen

d_m [cm]	Bewegungsbeginn nach SHIELDS				Bewegungsrisiko nach ZANKE		
	$Fr_{crit.}^*$ [-]	$\tau_{crit.}$ [N/m ²]	v^* [m/s]	Re^* [-]	R' [%]	$Fr_{crit.}^*$ [-]	$\tau_{crit.}$ [N/m ²]
1	0.057	9.23	0.10	961	1	0.044	7.15
2	0.057	18.45	0.14	2717	1	0.044	14.30
3	0.057	27.68	0.17	4991	1	0.044	21.45
4	0.057	36.91	0.19	7684	1	0.044	28.61
5	0.057	46.13	0.21	10739	1	0.044	35.76
6	0.057	55.36	0.24	14117	1	0.044	42.91
7	0.057	64.58	0.25	17789	1	0.044	50.06
8	0.057	73.81	0.27	21734	1	0.044	57.21
9	0.057	83.04	0.29	25934	1	0.044	64.36
10	0.057	92.26	0.30	30375	1	0.044	71.52
15	0.057	138.39	0.37	55802	1	0.044	107.27
20	0.057	184.53	0.43	85913	1	0.044	143.03
25	0.057	230.66	0.48	120067	1	0.044	178.79
35	0.057	322.92	0.57	198891	1	0.044	250.31
50	0.057	461.32	0.68	339601	1	0.044	357.58
Dichte Wasser [kg/m ³]		1000		Erdbeschleunigung [m/s ²]		9.81	
Dichte Feststoff [kg/m ³]		2650		Zähigkeit des Wassers [m ² /s]		1.00E-06	
spezifische Dichte		1.65					

Dazu wird die kritische Schubspannung für unterschiedliche Korndurchmesser bestimmt. Diese werden dann mit den im Gewässer vorhandenen Schubspannungen an der Sohle und im Bereich der Geschiebeablagerung verglichen. Dadurch können Aussage über die Stabilität der Gewässersohle und der Geschiebeablagerung bei unterschiedlichen Abflussszenarien getroffen werden.

Die kritischen Schubspannungen für unterschiedliche Korndurchmesser sind in Tabelle 5-5 dargestellt. Die verschiedenen Korndurchmesser umfassen das bei der Geschiebeansammlung und der Gewässersohle vorkommende Spektrum.

5.2.3 Szenarien

Für die Bestimmung der maximalen Auflandungshöhe des Geschiebes wurden verschiedene Geschiebehöhen modelliert und mit unterschiedlichen Abflussszenarien kombiniert. Zusätzlich wurden die Auswirkungen verschiedener Rauheiten auf der Geschiebeoberfläche untersucht, um den Einfluss eines etwaigen Bewuchses auf der Geschiebeansammlung zu berücksichtigen.

Geschiebevarianten

Die Grundlage für die unterschiedlichen Geschiebehöhen bilden die Vermessungsdaten der Geschiebeansammlung vom 17.03.2004. Es wurde die Annahme getroffen, dass sich die Geschiebeansammlung entsprechend Abbildung 5.11 vergrößert. Sie dehnt sich beginnend mit einer sehr schmalen und breiten Fläche (rot umrandet) bis zu der eingemessenen Größe aus (grün umrandet). Der Rand der Geschiebeansammlung auf der Seite des Wehres ist viel stärker den Strömungen ausgesetzt als der gegenüber liegende Rand. Aus diesem Grund lagern sich die Sedimentteilchen vorzugsweise an der Unterseite der Geschiebeansammlung an, wo sie durch die bereits bestehenden Ablagerungen des Geschiebes geschützt sind. Folglich ist davon auszugehen, dass sich die Geschiebeansammlung stärker in Fließrichtung ausbreitet als in Richtung des Wehres.

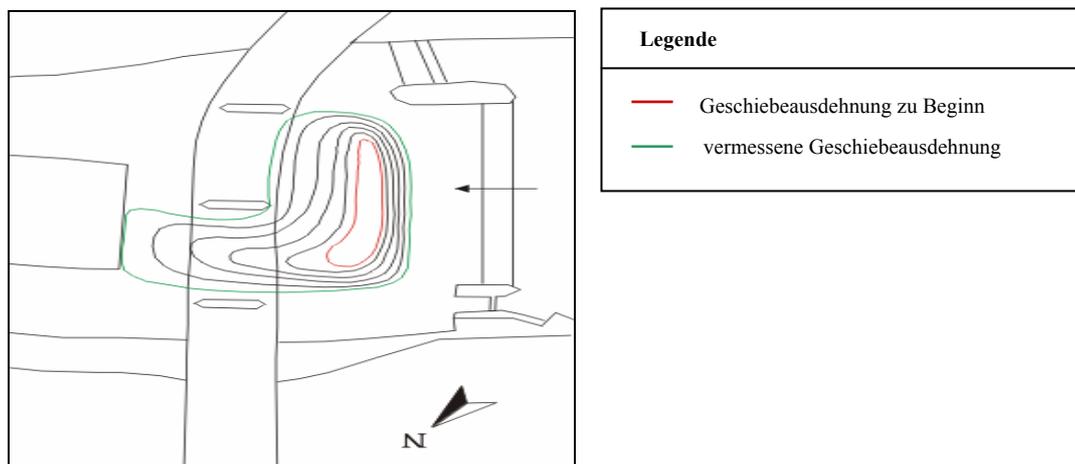


Abbildung 5.11: Ausdehnung des Geschiebes mit der Zeit (Läkemäker 2005)

Bei der Modellierung der unterschiedlichen Geschiebegrößen in den betroffenen Querprofilen wurden 9 Varianten untersucht. Bei fünf Varianten war die Geschiebeablagerung kleiner als die vermessene Geschiebeablagerung und bei drei größer. Zum besseren Verständnis wurden die verschiedenen Varianten aufsteigend durchnummeriert. Die niedrigste Geschiebeansammlung erhält die Kennziffer eins, die höchste die Kennziffer neun. Die Nummerierung der eingemessenen Geschiebeansammlung ist sechs. Die Vorgehensweise wird exemplarisch anhand des Querprofils (km 51+795) erläutert.

Für die anderen Querprofile wurde entsprechend vorgegangen. Zur Bestimmung der Höhen der Geschiebevarianten eins bis fünf wurden die Höhenpunkte aus den Vermessungsdaten (Variante sechs) gleichmäßig in jeweils fünf Höhen unterteilt. Die Abstufung der seitlichen Ausdehnung erfolgte ähnlich. Entsprechend des Ausdehnungsschemas der Abbildung 5.11 wurde von Hand ein maßstäblicher Plan der ausgemessenen Geschiebeansammlung und den angenommenen Varianten eins bis fünf gezeichnet.

Ausgehend von Variante sechs konnten aus diesem Plan für jedes Querprofil die Abstände in der Grundfläche zu den anderen Geschiebevarianten (vgl. Abbildung 5.12, Strecke a) entnommen werden. Anschließend wird getrennt voneinander für die seitliche Ausdehnung in nord-westliche und süd-östliche Richtung der prozentuale Anteil dieser Abstände an der halben Geschiebebreite (vgl. Abbildung 5.12, Strecke b) der Variante sechs berechnet. Die einzelnen Querprofilpunkte können dann um diesen prozentualen Anteil in Richtung des Mittelpunktes der Geschiebeansammlung verschoben werden. Der Mittelpunkt bleibt dabei immer an derselben Position.

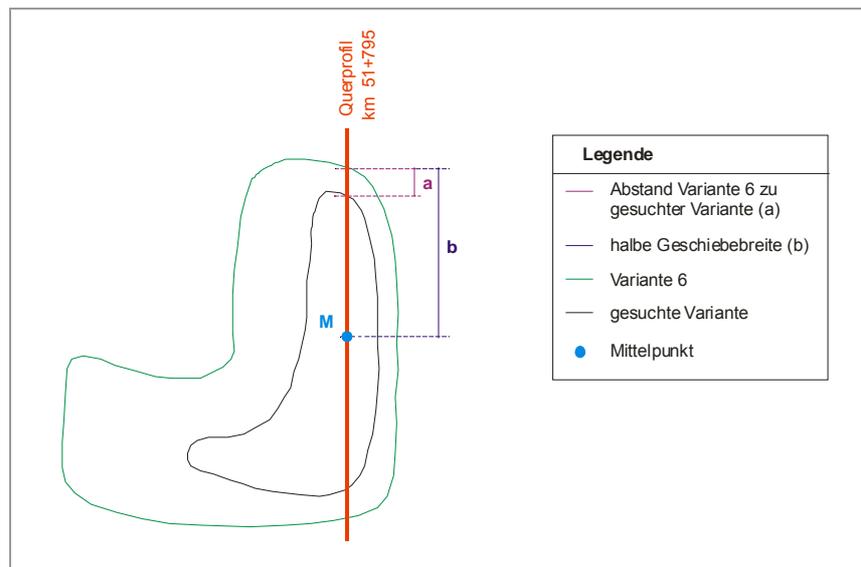


Abbildung 5.12: Verfahren zur Bestimmung der seitlichen Ausdehnung (Läkemäker 2005)

Ab der Geschiebevariante sieben sind die Auswirkungen auf das Modell so groß, dass im Modell nicht mehr die tatsächlichen Gegebenheiten simuliert werden. Bei Variante sieben wurde die vermessene Geschiebehöhe um denselben Anteil wie bei den Varianten eins bis fünf erhöht. Bei Variante acht wurde die anderthalbfache und bei Variante neun der doppelte Wert verwendet. Die Geschiebevariante neun erreicht an ihrem höchsten Punkt eine Geländehöhe von 3,12 m. Die unterschiedlichen Geschiebevarianten sind in Abbildung 5.13 dargestellt.

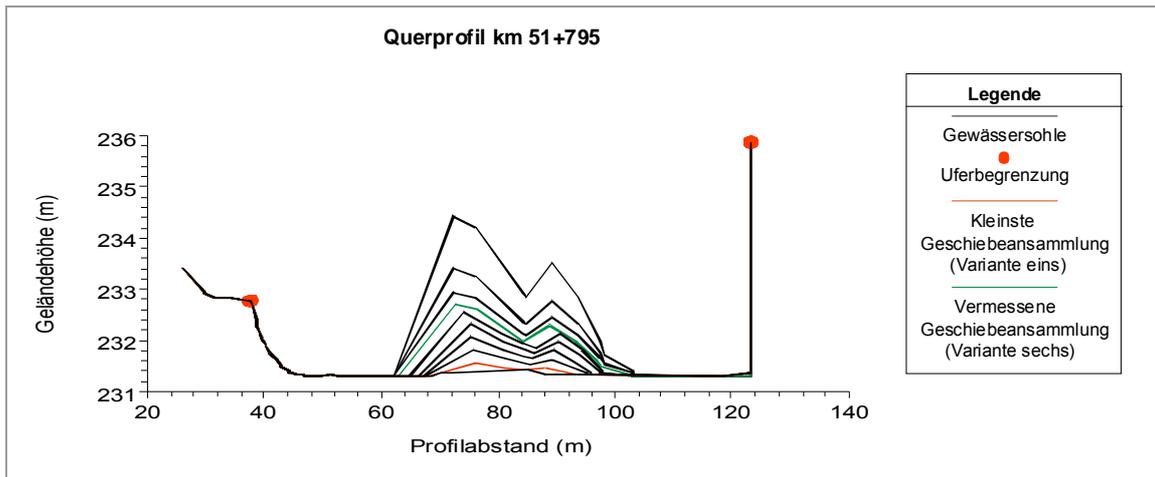


Abbildung 5.13: Querprofil mit unterschiedlichen Geschiebevarianten (Läkemäker 2005)

Abflussszenarien

Alle Abflussszenarien wurden für den stationären Abfluss simuliert. Die zeitliche Veränderung des Abflusses hat auf die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen keinen entscheidenden Einfluss, da die maximalen Abflusszustände für die Geschiebedynamik entscheidend sind. An der unterstrom gelegenen Grenze des Modellgebiets wurde bei allen Simulationen die kritische Wassertiefe als Randbedingung verwendet, da für die gewählten Abflüsse die zugehörigen Wasserstände am unteren Modellrand nicht bekannt sind.

Zur Überprüfung, bis zu welchem Querprofil sich der Einfluss der gewählten Randbedingung auf die Wasserspiegellage auswirkt, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dazu wurden zusätzlich zu den Simulationen mit der kritischen Wassertiefe als Randbedingung Simulationen mit einem angenommenen Wasserstand als Randbedingung unterstrom durchgeführt. Durch den Vergleich der beiden entstandenen Wasserspiegellagen konnte festgestellt werden, dass Wasserspiegellagen ab Flusskilometer 51+576 identisch sind. Die Randbedingung hat also keinen Einfluss auf das eigentliche Untersuchungsgebiet mit der Geschiebeansammlung (ab km 51+750).

Es wurden Berechnungen für den Abflussbereich zwischen $90 \text{ m}^3/\text{s}$ und $800 \text{ m}^3/\text{s}$ mit HEC-RAS durchgeführt. Im Abflussbereich bis $250 \text{ m}^3/\text{s}$ wurde in Intervallen von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ die Wasserspiegellage berechnet. Für den darüber liegenden Bereich bis $800 \text{ m}^3/\text{s}$ wurden die Abflussintervalle auf $50 \text{ m}^3/\text{s}$ vergrößert.

Zusätzlich wurden alle im Zeitraum zwischen den Jahren 2000 und 2004 vorkommenden Hochwasserabflüsse simuliert (vgl. Tabelle 5-6). Bevor am 17.03.2004 die Geschiebeansammlung ausgemessen und die Linienzahlanalyse durchgeführt wurde, wurde sie im Jahr 2000 das letzte Mal mit einem Bagger aus der Enz entfernt. Die Ergebnisse aus den Berechnungen und die gemessenen Werte aus diesem Zeitraum wurde auf dieser Grundlage miteinander verglichen werden.

Tabelle 5-6: Scheitelwerte im Zeitraum zwischen den Jahren 2000 und 2004

Datum	Uhrzeit	Scheitelwert [m ³ /s]
30. Januar 2000	23:30 Uhr	153,0
23. März 2002	23:00 Uhr	125,9
30. Dezember 2001	03:00 Uhr	228,3
22. März 2002	01:00 Uhr	292,2
05. Mai 2002	00:30 Uhr	142,8
14. Januar 2004	00:30 Uhr	329,6

Verschiedene Rauheiten

Wird die Geschiebeansammlung wegen niedriger Wasserstände längere Zeit nicht überströmt, kann sich an Ihrer Oberfläche Bewuchs entwickeln. Tritt dieser Zustand, ein verändern sich die Strömungswiderstände in diesem Bereich. Umso mehr sich der Bewuchs verdichtet umso größere Rauheiten liegen vor. Das heißt der MANNING-Beiwert nimmt einen größeren Wert an und die Fließgeschwindigkeit verringert sich. Da diese Vorgänge auch die Wasserspiegellage beeinflussen, wurden Berechnungen mit unterschiedlichen Rauheitsbeiwerten durchgeführt. Es wurden Rauheiten im Bereich zwischen $n = 0,032$ (ohne Bewuchs) und $n = 0,06$ (verstreute bis mittel dichte Büsche) gewählt. Größere MANNING-Beiwerte sind im hier vorliegenden Fall eher unrealistisch. Die einzelnen MANNING-Beiwerte mit den entsprechenden k_{st} -Werten sind in der Tabelle 5-7 dargestellt.

Tabelle 5-7: verschiedene Rauheiten

MANNING-Beiwert n [s/m ^{1/3}]	0.032	0.04	0.05	0.06
k_{st} -Wert [m ^{1/3} /s]	31.25	25.0	20.0	16.7

Die verschiedenen Geschiebevarianten wurden bei den Simulationen mit den Abflusszenarien kombiniert. Das heißt für jede Geschiebevariante wurden alle Abflüsse berechnet.

Bei den Berechnungen mit unterschiedlichen Rauheiten blieb die Geschiebehöhe immer dieselbe (ausgemessene Geschiebeansammlung), die Abflüsse variierten über den gesamten Abflussbereich.

5.3 Ergebnisse und Auswertung

5.3.1 Schubspannungsverlauf entlang des Modellgebietes

Um Aussagen über die Transportvorgänge im Modellgebiet machen zu können, ist es notwendig den Schubspannungsverlauf entlang des Gewässers zu kennen. Die über den Querschnitt gemittelten Schubspannungen bei verschiedenen Abflüssen sind in Abbildung 5.14 dargestellt. Für eine bessere Übersicht beschränkt sich die Abbildung auf vier unterschiedliche Abflüsse ($100 \text{ m}^3/\text{s}$, $250 \text{ m}^3/\text{s}$, $500 \text{ m}^3/\text{s}$ und $800 \text{ m}^3/\text{s}$). Bei den Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass sich noch kein Geschiebe zwischen der Brücke und dem Wehr abgelagert hat.

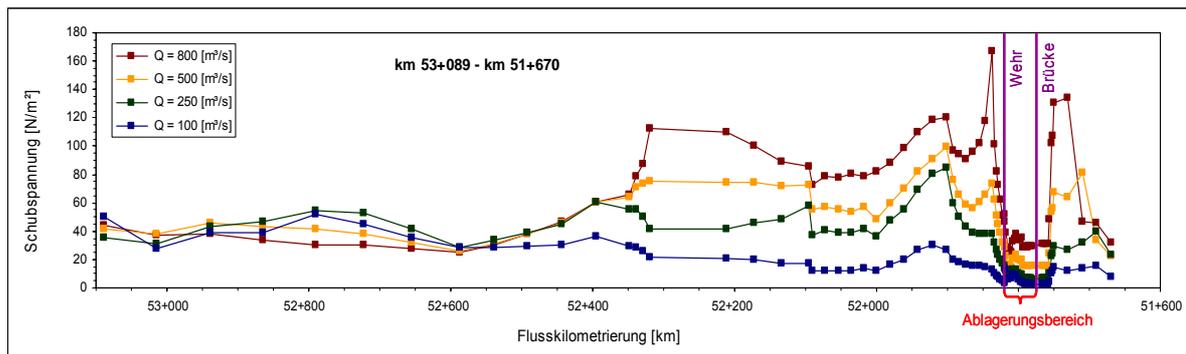


Abbildung 5.14: Längsprofil des Schubspannungsverlaufs

Aus Abbildung 5.14 ist ersichtlich, dass direkt unterstrom des Wehres sehr viel kleinere Schubspannungen auftreten, als in dem Gewässerabschnitt oberstrom des Wehres. Erst unterhalb der Brücke mit Beginn der Insel (km 51+758) nehmen die Schubspannungen wieder zu. Die geringen Schubspannungen in diesem Bereich entstehen durch die Aufweitung unterhalb des Wehres und erklären, warum sich das Geschiebe zwischen Wehr und Brücke abgelagert.

Im Bereich der Wehranlage sind nicht nur Strömungen in Hauptfließrichtung vorhanden, sondern auch Verwirbelungen. Dieses Verhalten der Strömung kann in einem eindimensionalen numerischen Modell nicht erfasst werden. Um hier genauere Aussagen machen zu können sind zweidimensionale Berechnungen notwendig. Persönliche Beobachtungen des Untersuchungsgebiets während des Hochwassers am 10.03.2006 ($Q=99 \text{ m}^3/\text{s}$) lassen folgende Vermutung zu:

Bei hohen Abflüssen sind sowohl der Leerschuss als auch die Flößergasse vollständig geöffnet. Dadurch fließt der Hauptanteil des Abflusses nicht über das Wehr sondern durch den Leerschuss und die Flößergasse. Es bilden sich zwei Hauptfließkorridore die in Längsrichtung an die beiden Öffnungen anschließen. Nur ein geringer Abfluss wird über das Streichwehr abgeführt. Daher ergeben sich unterstrom des Streichwehres aufgrund des großen Querschnittes, der von den beiden Hauptfließkorridoren begrenzt wird, nur geringe

Fließgeschwindigkeiten. Somit bleiben die Schubspannungen hier ebenfalls gering (Abbildung 5.15).



Abbildung 5.15: Untersuchungsgebiet während des Hochwassers am 10.03.2006, Blickrichtung von der Brücke aus quer zur Fließrichtung, nach unterstrom (links) und oberstrom der Brücke (rechts)

Die erhöhten Schubspannungen von km 51+670 bis km 51+758 ergeben sich durch die in diesem Gebiet liegende künstliche Insel, welche durch Steine massiv gegen Erosion gesichert wurde. Durch sie wird der durchflossene Querschnitt stark eingeeengt und die Strömung konzentriert sich in den Bereichen rechts und links der Insel. Dies führt in diesem Bereich zu einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten und infolge dessen zu größeren Schubspannungen.

Die oberstrom des Wehrs vorkommenden Veränderungen des Schubspannungsverlaufs stehen in Zusammenhang mit der variierenden Geometrie des Querschnitts. Dies können Einengungen oder Aufweitungen des Hauptgerinnes oder der Vorländer sein. Je nach Kombination dieser Begebenheiten führt dies zu steigenden oder fallenden Schubspannungen.

5.3.2 Stabilität der Geschiebeansammlung

Um Aussagen über die Stabilität der Geschiebeansammlung machen zu können, wurden in den betroffenen Bereichen die mittleren Schubspannungen berechnet. Dazu wurde für die Geschiebevarianten eins bis sieben der gesamte Abflussbereich ($Q = 90 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $800 \text{ m}^3/\text{s}$) simuliert. Ein hundertjährliches Hochwasser wird, zum Vergleich, bei einem Abfluss von $506 \text{ m}^3/\text{s}$ erreicht. Die Ergebnisse wurden exemplarisch für das Querprofil bei km 51+795, welches im Bereich der Geschiebeansammlung liegt, in Abbildung 5.16 dargestellt. Alle weiteren Untersuchungen beziehen sich ebenfalls auf das Querprofil bei Flusskilometer 51+795. Da die Höhe der Geschiebeansammlung über den Querschnitt nicht konstant ist, werden im Weiteren für die Auswertung jeweils die mittleren Höhen der Geschiebevarianten verwendet. Für eine bessere Übersichtlichkeit sind die Abflüsse in dieser Darstellung auf vier ($Q_1=100 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_2=250 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_3=500 \text{ m}^3/\text{s}$ und $Q_4=800 \text{ m}^3/\text{s}$) beschränkt. Die übrigen Abflüsse sind in Anhang 4 dargestellt.

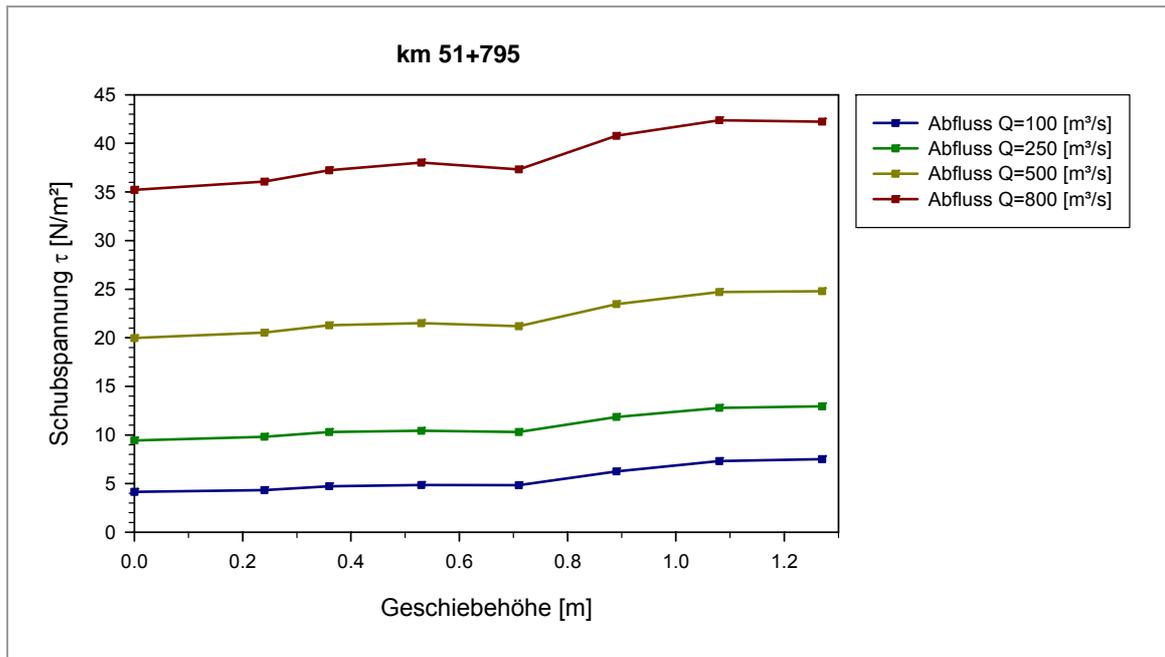


Abbildung 5.16: Mittlere Schubspannungen bei unterschiedlichen Geschiebehöhen und Abflüssen

Geschwindigkeitsverteilung

Die in Abbildung 5.16 dargestellten Ergebnisse weisen nicht die zu erwartende Tendenz des Schubspannungsverlaufs auf. Der Grund für die Abweichung der Ergebnisse von der Theorie ist die Geschwindigkeitsverteilung im Gewässerquerschnitt. Sie wird bei der Berechnung der gemittelten Schubspannung nicht berücksichtigt, obwohl die Fließgeschwindigkeit einen großen Einfluss auf das Energieliniengefälle (vgl. GMS-Formel) und somit auch auf die Schubspannung im Gewässer hat. Steigt die Fließgeschwindigkeit im Gewässer, ergibt sich daraus eine Erhöhung des Energieliniengefälles und umgekehrt.

Im Bereich der Geschiebeansammlung sind die Fließgeschwindigkeiten im Hauptgerinne über den Querschnitt nicht konstant. Bei konstantem Abfluss wird der Unterschied zwischen maximaler und minimaler Fließgeschwindigkeit im Querschnitt umso größer, je mehr sich die Geschiebeansammlung ausdehnt. In den Bereichen des Querschnitts rechts und links der Geschiebeansammlung, wird in diesem Fall durch die anwachsende Geschiebeansammlung das Wasser immer mehr eingeeengt. Folglich treten dort sehr hohe Fließgeschwindigkeiten auf. Auf der Geschiebeansammlung verringern sich, bei gleich bleibendem Abfluss, mit steigender Höhe des Geschiebes die Fließgeschwindigkeiten (vgl. Abbildung 5.17).

Aus diesen Gründen werden bei den weiteren Untersuchungen zur Stabilität drei Bereiche des Hauptgerinnes näher betrachtet. Dies sind im Einzelnen die Sohle, die Seite der Geschiebeansammlung und die Geschiebeansammlung selbst. Die Verteilung der Fließgeschwindigkeiten in einem Querprofil (km 51+795) und die Einteilung der Bereiche sind für verschiedene Geschiebevarianten in Abbildung 5.17 dargestellt. Die Wasserspiegellagen entsprechen einem Abfluss von $600 \text{ m}^3/\text{s}$.

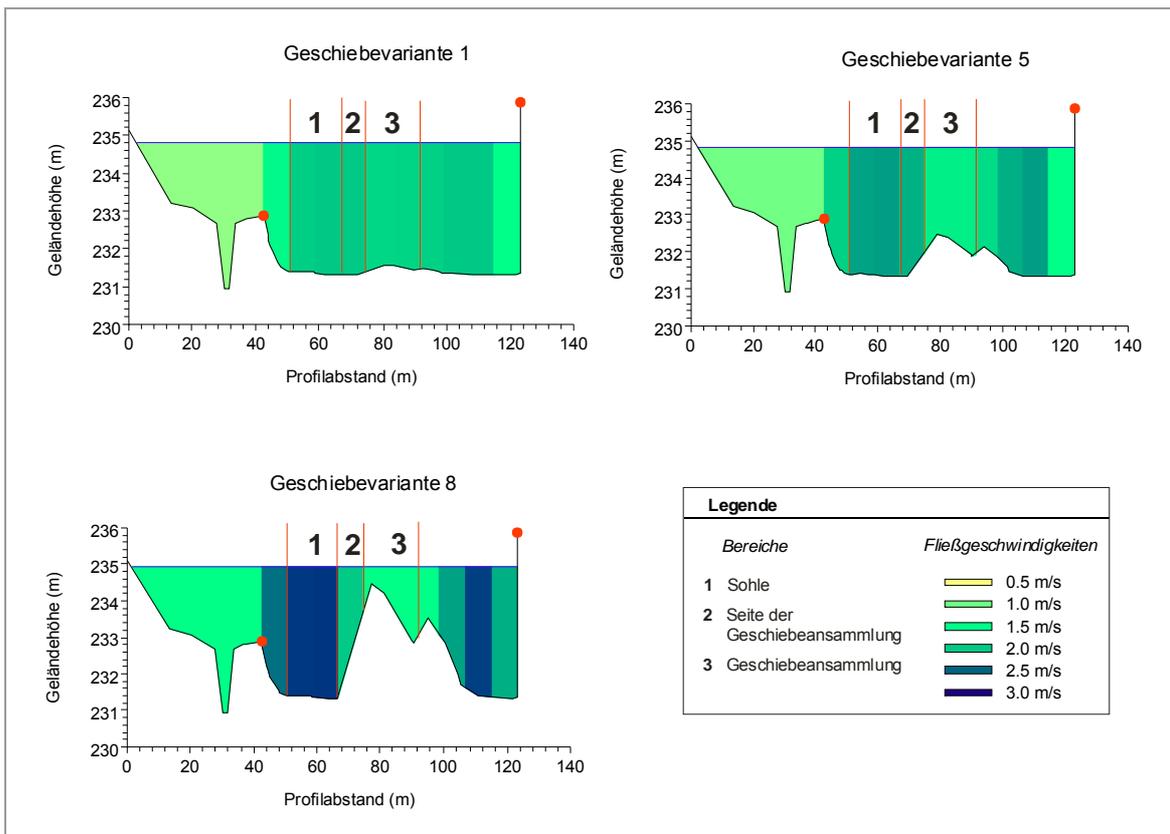


Abbildung 5.17: Verteilung der Fließgeschwindigkeiten in einem Querprofil (km 51+795) bei unterschiedlichen Geschiebevarianten

Fließgeschwindigkeiten

Durch die Unterteilung ergeben sich für unterschiedliche Abflüsse und Geschiebevarianten in den drei Bereichen die in Abbildung 5.18 dargestellten Fließgeschwindigkeiten. Die Abflüsse in Abbildung 5.18 beschränken sich wie schon in Abbildung 5.16 auf einige wenige. Das gesamte Abflussspektrum ist in Anhang 5 abgebildet.

Aus Abbildung 5.18 ist ersichtlich, dass in allen drei Bereichen die Fließgeschwindigkeit mit steigendem Abfluss zunimmt. Die einzige Ausnahme bilden die Ergebnisse an der Sohle bei Abflüssen bis $110 \text{ m}^3/\text{s}$ und großen Geschiebehöhen. Bei ihnen werden größere Fließgeschwindigkeiten erreicht, als bei den darüber liegenden Abflüssen. Die Ursache dafür ist, dass bei kleineren Abflüssen (bis $100 \text{ m}^3/\text{s}$) und großer Geschiebehöhe die Geschiebeansammlung nicht vollständig überströmt wird. Wird das Geschiebe nun vollständig überströmt, ist das Wasser nicht mehr rechts und links der Geschiebeansammlung eingegengt, und die durchflossene Querschnittsfläche wächst um den Bereich auf der Geschiebeansammlung an. Aus diesem Grund nimmt der Anteil des Gesamtabflusses, der im Bereich der Sohle (Bereich 1) fließt, in Relation zu dem Anteil bei geringerem Abfluss ($100 \text{ m}^3/\text{s}$), ab. Folglich sinken die Fließgeschwindigkeiten im Sohlbereich.

Zusätzlich erkennt man aus Abbildung 5.18, dass sich die Fließgeschwindigkeiten in den einzelnen Bereichen, mit wachsender Geschiebeansammlung und konstantem Abfluss unterschiedlich entwickeln. An der Sohle verändert sich der Verlauf der Fließgeschwindigkeit in die entgegengesetzte Richtung als auf dem Geschiebe. Während die Fließgeschwindigkeit an der Sohle (Bereich 1) mit wachsendem Geschiebe zunimmt, verringert sie sich auf der Geschiebeansammlung. An der Seite der Geschiebeansammlung kann keine eindeutige Tendenz des Fließgeschwindigkeitsverlaufs festgestellt werden. Er ist nahezu konstant, wobei die Fließgeschwindigkeiten bei großen Geschiebehöhen und geringen Abflüssen leicht abnehmen.

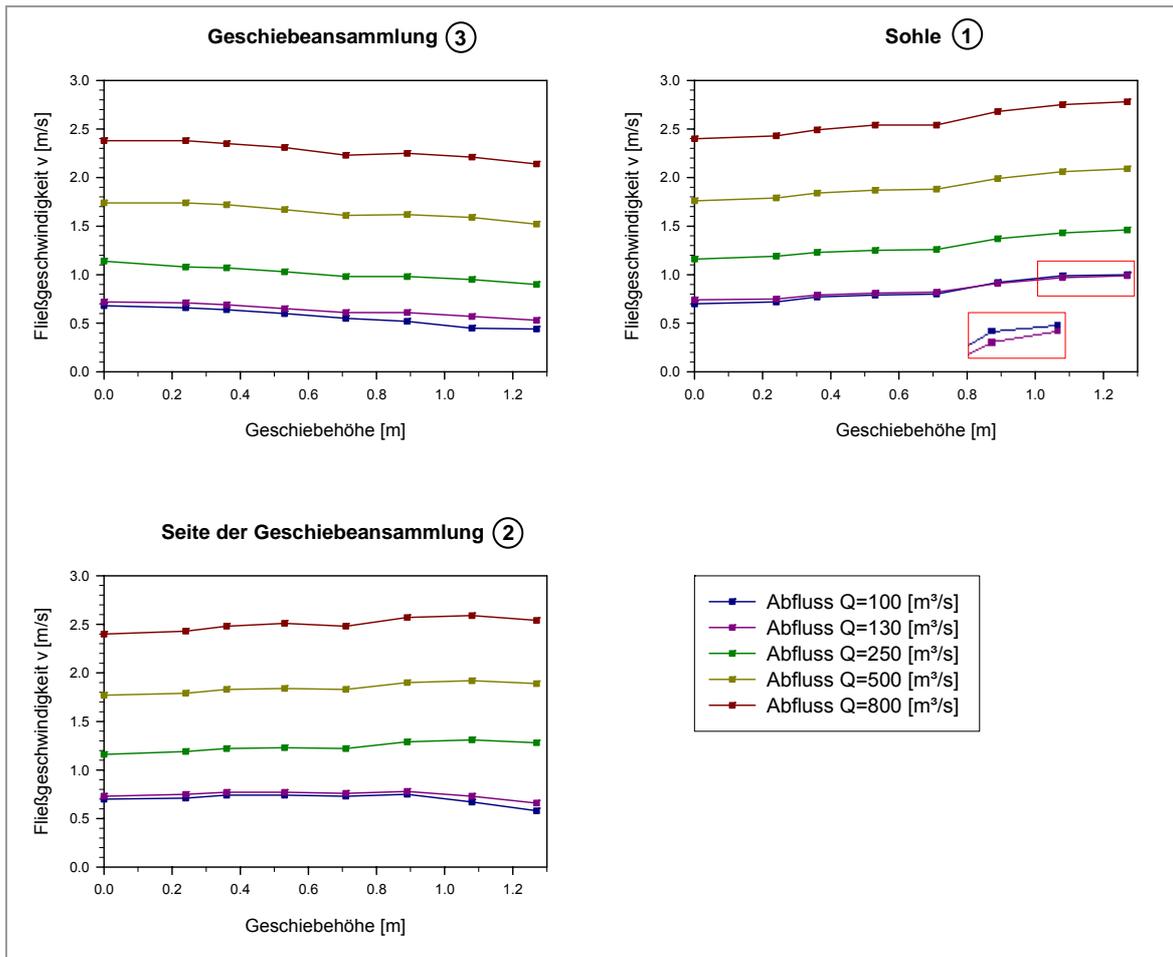


Abbildung 5.18: Verlauf der Fließgeschwindigkeiten in den drei Bereichen, bei verschiedenen Abflüssen und Geschiebehöhen

Schubspannungen

Für den Schubspannungsverlauf bei unterschiedlichen Geschiebehöhen erhält man die in Abbildung 5.19 dargestellten Werte. Auch hier wurde zwischen den drei gewählten Bereichen unterschieden. Die Abflüsse wurden analog zu den bei den Fließgeschwindigkeiten verwendeten ausgewählt. Das gesamte Abflussspektrum kann Anhang 6 entnommen werden. Um Aussagen über die Stabilität der einzelnen Bereiche machen zu können, wurden

zusätzlich für verschiedene Korndurchmesser die kritischen Schubspannungen eingezeichnet.

Die Schubspannungen verlaufen proportional zu den Verläufen der Fließgeschwindigkeit. Bei den folgenden Schlussfolgerungen ist immer zu beachten, dass die berechneten Schubspannungen nicht den genauen Grenzwert zwischen ruhendem Sediment und bewegtem Sediment darstellen. Die kritischen Schubspannungen beschreiben nach ZANKE den Zustand bei dem ein Prozent des Sediments in Bewegung ist.

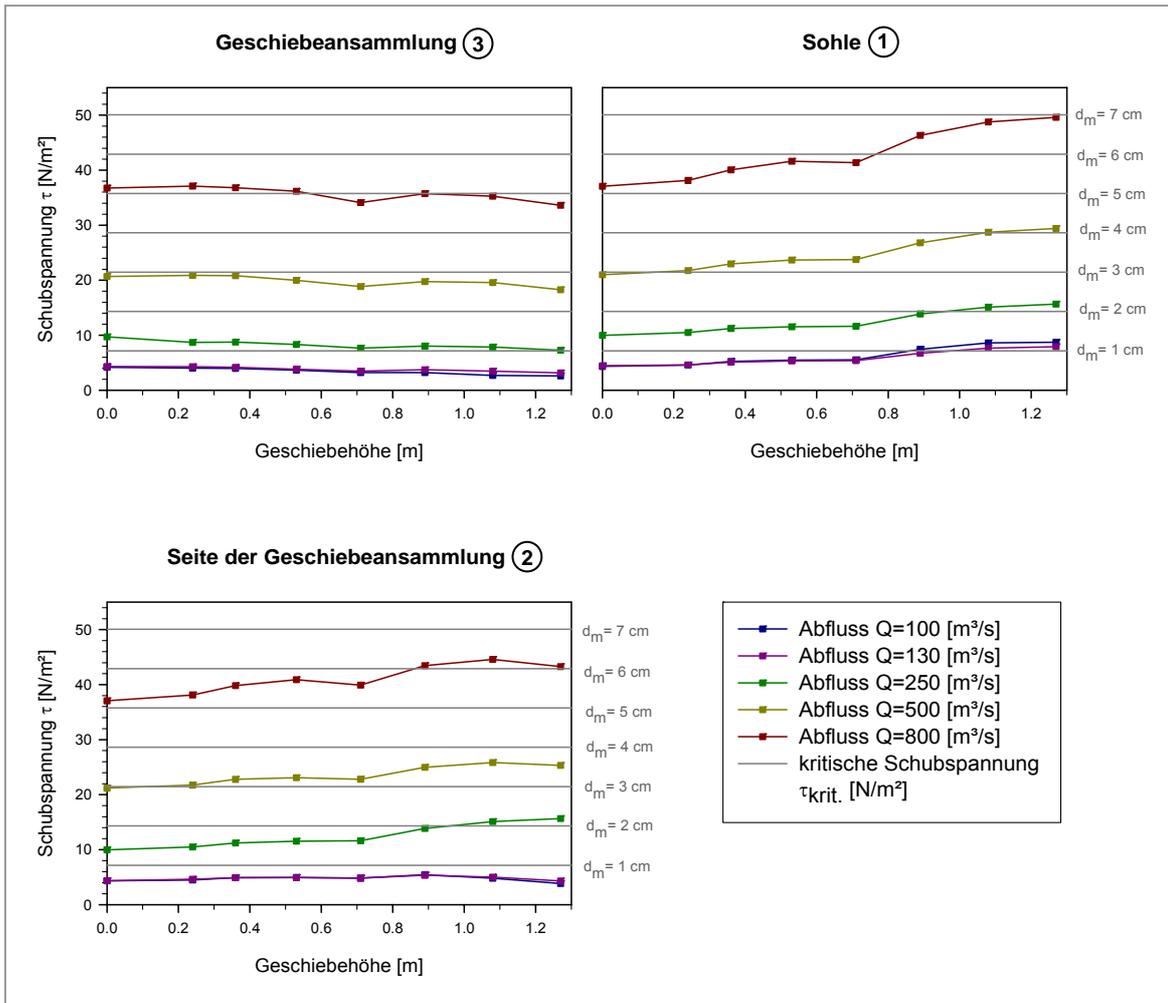


Abbildung 5.19: Schubspannungsverlauf in den drei Bereichen, bei verschiedenen Abflüssen und Geschiebehöhen, mit kritischen Schubspannungen

Auf der Geschiebeansammlung verringern sich die Schubspannungen mit wachsender Geschiebeansammlung und konstantem Abfluss (vgl. Abbildung 5.19). Demnach verschlechtern sich die Bedingungen zum Weitertransport des Geschiebes mit zunehmender Geschiebehöhe. Lagert sich also bei einem bestimmten Abfluss Geschiebe ab, ist immer ein stärkeres Hochwasser notwendig um das Geschiebe teilweise wieder weiter transportieren zu können. Wie viel und bis zu welchen Korngrößen das Geschiebe wieder erodiert wird, hängt von der Höhe des Abflusses ab.

Bei der am 17.03.2004 vermessenen Geschiebeansammlung wurde anhand der Linienzahlanalyse ein maßgebender Korndurchmesser von 7,04 cm ermittelt. Aus den Berechnungen mit HEC-RAS erhält man beim größten hier untersuchten Abfluss (800 m³/s) als maximale Schubspannung 37 N/m² (vgl. Abbildung 5.19). Dies entspricht einer kritischen Schubspannung bei einem maßgebenden Korndurchmesser knapp über fünf Zentimeter. Bei einem Vergleich der Korndurchmesser aus den Berechnungen mit den in der Natur gemessenen, wird deutlich, dass die Geschiebeansammlung durch die Strömung nicht vollständig erodiert werden kann.

Wird über einen längeren Zeitraum aufgrund von kleinen Abflüssen die Geschiebeansammlung nicht überströmt, kann sich auf dem Geschiebe mit der Zeit Bewuchs entwickeln. Je nach Menge und Entwicklungsstadium des Bewuchses wird dadurch eine zusätzliche stabilisierende Wirkung erzielt.

An der Seite der Geschiebeansammlung kann wie schon bei den Fließgeschwindigkeiten keine eindeutige Tendenz des Schubspannungsverlaufs festgestellt werden. Die maximalen Schubspannungen treten bei den verschiedenen Abflüssen bei unterschiedlichen Geschiebehöhen auf. Beim höchsten Abfluss (800 m³/s) wird die maximale Schubspannung bei einer Geschiebehöhe von 1,07 m erreicht und beläuft sich auf 35 N/m². Damit kann maximal Geschiebe mit einem maßgebenden Korndurchmesser von etwas mehr als sechs Zentimeter bewegt werden. Auch hier ist nicht zu erwarten, dass die Geschiebeansammlung durch seitliche Erosion entfernt werden kann, zumal der höchste gemessene Abfluss im Untersuchungsgebiet bei 518 m³/s liegt.

An der Sohle liegt, beim Abfluss von 800 m³/s, die maximal erreichte Schubspannung bei knapp 50 N/m². Dieser Wert entspricht der kritischen Schubspannung, bei einem maßgebenden Korndurchmesser von 7 cm. Das heißt, im untersuchten Abflussbereich kann maximal Geschiebe bis zu einem maßgebenden Korndurchmesser von 7 cm durch die Strömung bewegt werden. An der Gewässersohle im Untersuchungsgebiet hat sich eine Deckschicht ausgebildet. Der maßgebende Korndurchmesser liegt in diesem Bereich bei 20 cm. Die Deckschicht an der Gewässersohle kann also durch die Strömung nicht aufgerissen und zerstört werden. Folglich nehmen die Sedimentpartikel der Gewässersohle auch bei großen Abflüssen nicht am Sedimenttransport teil.

5.3.3 Vergleich der Berechnungen mit den Vermessungsdaten

Nach den Ausführungen im vorigen Kapitel nimmt die Gewässersohle nicht an den Transportvorgängen des Sediments im Untersuchungsgebiet teil. Es kann sich also nur das Geschiebe ablagern, das bereits am oberstrom gelegenen Rand des Modellgebietes in Bewegung ist. Folglich sammeln sich zwischen Wehr und Brücke Korngrößen im Bereich zwischen der maximal transportierten Korngröße oberstrom und unterstrom des Wehrs an.

Um den aus den Berechnungen resultierenden Korngrößenbereich der Geschiebeansammlung zu bestimmen, wurden die Ergebnisse der Querprofile bei km 51+795 und km 53+014 miteinander verglichen. Das Querprofil bei Flusskilometer 53+014 wurde gewählt, da es

nahe am oberen Rand des Modellgebietes liegt und an dieser Stelle sehr geringe Schubspannungen vorliegen. Denn Korngrößen, die am oberen Rand des Modellgebiets aufgrund von zu geringen Schubspannungen nicht bewegt werden, können von der Strömung nicht bis zur Geschiebeablagerung transportiert werden und nicht in der Geschiebeansammlung auftreten. Der über den Querschnitt gemittelte Schubspannungsverlauf im betrachteten Gewässerabschnitt und die Lage der beiden Querprofile sind in Abbildung 5.20 dargestellt. Bei der Berechnung der Schubspannungen wurde davon ausgegangen, dass sich noch kein Geschiebe zwischen Wehr und Brücke abgelagert hat.

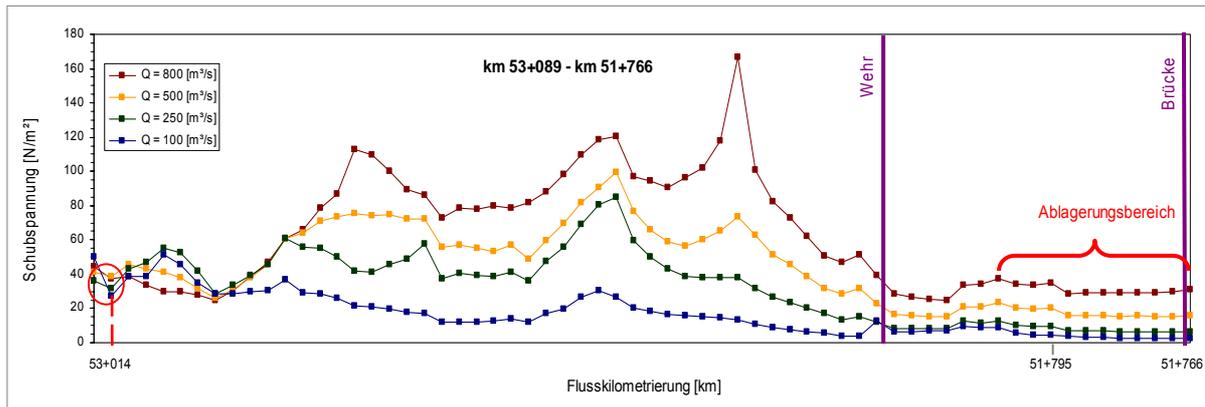


Abbildung 5.20: Schubspannungsverlauf im betrachteten Gewässerabschnitt mit Lage der, zur Analyse gewählten Querprofile

Aus den mit HEC-RAS ermittelten Schubspannungen wurden für den gesamten Abflussbereich die entsprechenden maßgebenden Korndurchmesser nach Gleichung 5.1 bestimmt.

$$d_m = \frac{\tau_{crit.}}{(\rho_F - \rho_w) \cdot g \cdot Fr_{crit.}^*} \quad (5.1)$$

d_m maßgebender Korndurchmesser [m]

$\tau_{crit.}$ kritische Schubspannung [N/m^2]

ρ_F Dichte der Feststoffe [kg/m^3]

ρ_w Dichte des Fluids [kg/m^3]

g Erdbeschleunigung [m/s^2]

$Fr_{crit.}^*$ kritische kornbezogene Froudezahl [-]

Definiert man die berechneten Schubspannungen als kritische Schubspannungen, ergeben sich damit aus Gleichung 5.1 die maßgebenden Korndurchmesser, die den Übergang vom ruhenden zum bewegten Sediment kennzeichnen. Das heißt, kleinere Korndurchmesser werden bei diesen Schubspannungen gerade noch transportiert und größere Korndurchmesser nicht mehr. Die maßgebenden Grenzkorndurchmesser für das gesamte Abfluss-

spektrum können für die beiden Querprofile (km 51+795, km 53+014) Tabelle 5-8 entnommen werden.

Tabelle 5-8: maßgebender Grenzkorndurchmesser für das gesamte Abflussspektrum

Q [m³/s]	km 53+014 (Oberwasser des Wehres)		km 51+795 (Ablagerungsbereich)	
	$\tau_{crit.}$ [N/m²]	d_m [cm]	$\tau_{crit.}$ [N/m²]	d_m [cm]
90	26.83	3.77	4.21	0.59
100	27.49	3.86	4.18	0.59
110	27.81	3.90	4.18	0.59
120	27.91	3.92	4.19	0.59
130	27.87	3.91	4.20	0.59
140	28.13	3.95	4.36	0.61
150	28.11	3.95	4.68	0.66
160	27.38	3.84	5.15	0.72
170	25.56	3.59	5.33	0.75
180	26.18	3.68	5.85	0.82
190	26.84	3.77	6.21	0.87
200	28.08	3.94	6.28	0.88
210	28.80	4.04	6.48	0.91
220	29.53	4.15	6.55	0.92
230	29.96	4.21	6.93	0.97
240	30.70	4.31	7.20	1.01
250	31.49	4.42	9.48	1.33
300	33.91	4.76	11.11	1.56
350	35.86	5.03	12.03	1.69
400	37.20	5.22	15.07	2.12
450	37.97	5.33	17.71	2.49
500	38.46	5.40	20.00	2.81
550	38.29	5.38	22.18	3.11
600	40.26	5.65	24.46	3.43
650	39.82	5.59	26.56	3.73
700	38.78	5.44	28.76	4.04
750	38.06	5.34	30.75	4.32
800	37.36	5.25	35.17	4.94

Damit die Resultate aus den Berechnungen den in der Natur aufgenommenen Daten gegenübergestellt werden können, wurde der Zeitraum, in dem sich die vermessene Geschiebeansammlung entwickelt hat, untersucht. Dieser Zeitraum erstreckt sich vom Zeitpunkt an dem das Geschiebe zum letzten Mal entfernt wurde (im Jahr 2000), bis zur Vermessung der Geschiebeansammlung am 17.03.2004. Für alle in dieser Zeitspanne vorkommenden Hochwasserabflüsse wurden die Schubspannungen und die entsprechenden Grenzkorndurchmesser bestimmt. Die Grenzkorndurchmesser sind in Abhängigkeit des Abflusses für die Querprofile bei Flusskilometer 51+795 und km 53+014 in Abbildung 5.21 grafisch dargestellt. Um die Grafik auch bei anderen Abflussereignissen verwenden zu können, wurde sie bis zu Abflüssen von 800 m³/s erweitert.

Bei der Skalierung der Abszisse ist zu beachten, dass die Abflüsse des Querprofils unterstrom (km 51+795) nicht den tatsächlichen Abflüssen entsprechen. Bei Flusskilometer 51+795 liegen zum selben Zeitpunkt geringere Abflüsse vor, als bei km 53+014. Das liegt

daran, dass im Gewässerabschnitt zwischen den beiden Querprofilen ein Teil des Abflusses für das Umgehungsgewässer und das Wasserkraftwerk entnommen wird. Um die Ergebnisse besser vergleichen zu können, wurden die Abflüsse bei km 51+795 durch die zum gleichen Zeitpunkt bei km 53+014 vorliegenden Abflüsse ersetzt.

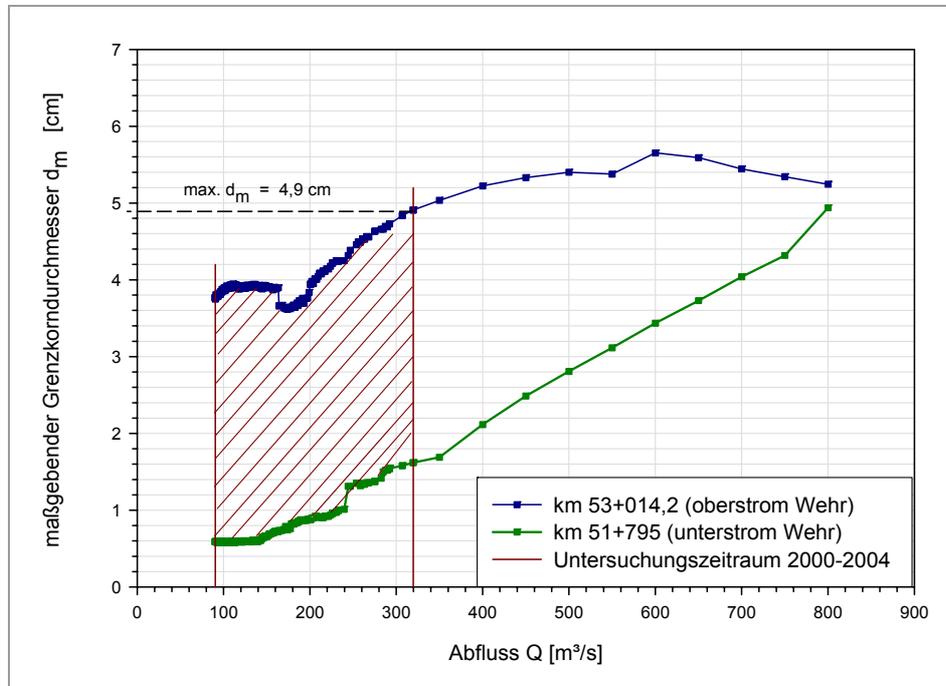


Abbildung 5.21: Grenzkorndurchmesser verschiedener Abflüsse oberstrom und unterstrom des Wehrs

Aus Abbildung 5.21 kann der aus der Simulation resultierende Korngrößenbereich der Geschiebeansammlung während des Untersuchungszeitraums entnommen werden. Es ist der Korngrößenbereich zwischen der blauen und der grünen Kurve (rot schraffiert). Korndurchmesser, die oberhalb der blauen Kurve liegen, können schon bei km 53+014 nicht transportiert werden und kommen somit gar nicht erst in den Bereich der Geschiebeansammlung. Bei Korngrößen unterhalb der grünen Kurve sind die Schubspannungen bei km 51+795 schon ausreichend groß, um ihren Weitertransport zu gewährleisten.

Eine Aussage über die Mengenanteile der einzelnen Korngrößen wird nicht getroffen, da die existierenden Formeln für Transportgleichungen eine sehr große Spannweite aufweisen (vgl. BWC 21019). Es kann lediglich eine Aussage darüber gemacht werden, welche Korngrößen bei der Geschiebeansammlung vorkommen, aber nicht wie viel sich in einem bestimmten Zeitraum ablagert. Es ist außerdem durchaus möglich, dass auch kleinere Korngrößen unterhalb der grünen Kurve in der Geschiebeansammlung zu finden sind. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn nach kleineren Abflüssen lange Zeit kein größeres Hochwasser erfolgt.

Aus den Berechnungen ergibt sich im Untersuchungszeitraum ein maximaler Grenzkorndurchmesser von 4,9 cm (Abbildung 5.21). Vergleicht man diesen Wert mit dem aus der Linienzahlanalyse erhaltenen maßgebenden Korndurchmesser ($d_m = 7,04$ cm), kann keine Übereinstimmung festgestellt werden. Allerdings wurden bei der Linienzahlanalyse wenige sehr große Steine mit Korndurchmesser bis zu 0,5 m gemessen. Steine dieser Größe können aber auch oberstrom des Wehrs selbst bei sehr hohen Abflüssen nicht transportiert werden. Ein Transport solch großer Steine ist nur dadurch zu erklären, dass die kleinen bewegten Sedimente Impulskräfte auf die großen Steine ausüben. Bei entsprechender labiler Lagerung eines großen Steines kann sich dieser dann infolge der Impulswirkung in Bewegung setzen. Ist dies der Fall, so reichen kleine Strömungskräfte aus, um den großen Stein in Bewegung zu halten.

Werden diese großen Steine bei der Bestimmung des maßgebenden Korndurchmessers aus der Linienzahlanalyse nicht berücksichtigt, erhält man einen verringerten maßgebenden Korndurchmesser der Geschiebeansammlung: werden somit die fünf größten Steine nicht mit einbezogen, liegt der rechnerische Korndurchmesser dann bei 5,84 cm.

Da bei den Berechnungen und Simulationen viele Annahmen und Vereinfachungen getroffen wurden, liegt danach der Unterschied zwischen den berechneten und aus den Vermessungen stammenden Ergebnissen im tolerierbaren Bereich. Hinzu kommt, dass Verfahren wie die Linienzahlanalyse, bei denen Daten im Feld aufgenommen werden, immer auch mit einem gewissen Fehler behaftet sind.

Hochwassersicherheit

Um Beurteilen zu können welchen Einfluss das abgelagerte Geschiebe auf die Hochwassersicherheit im Untersuchungsgebiet hat, wurden die Wasserspiegellagen für verschiedene Geschiebevarianten und Abflusszenarien mit HEC-RAS berechnet.

Im Gewässerabschnitt unterstrom der Brücke hat die Höhe der Geschiebeansammlung keinen Einfluss auf die Wasserspiegellagen, da im Bereich der Geschiebeablagerung strömende Strömungsverhältnisse vorliegen. Aus diesem Grund wirken sich Veränderungen der Querschnittsgeometrie entgegen der Fließrichtung nach oberstrom aus. Ab Abflüssen von 500 m³/s tritt die Enz unterhalb der Brücke über das rechte Ufer.

Bei großen Abflüssen (ab 350 m³/s) kann das Wasser nicht mehr ungehindert unter der Brücke durchfließen. Auf der rechten Seite in Fließrichtung gesehen staut sich das Wasser durch die Fahrbahnplatte der Brücke (vgl. Abbildung 5.22, roter Kreis). Dies bedingt die Erhöhung der Wasserspiegellagen oberstrom der Brücke. Mit steigendem Abfluss oder zunehmender Geschiebeansammlung vergrößert sich dieser Einfluss auf die Wasserspiegellage. Die Wasserspiegellagen im Bereich der Brücke sind bei Abflüssen von 350 m³/s und 800 m³/s für verschiedene Geschiebehöhen dargestellt. Als Geschiebehöhen wurden zum Einen die höchste Geschiebevariante (Variante 9) und zum Anderen die Variante ohne Geschiebe gewählt. Der Unterschied der Wasserspiegellagen Bei den verschiedenen Ge-

schiebevarianten beträgt bei $Q = 350 \text{ m}^3/\text{s}$ elf Zentimeter und bei $Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$ sieben Zentimeter.

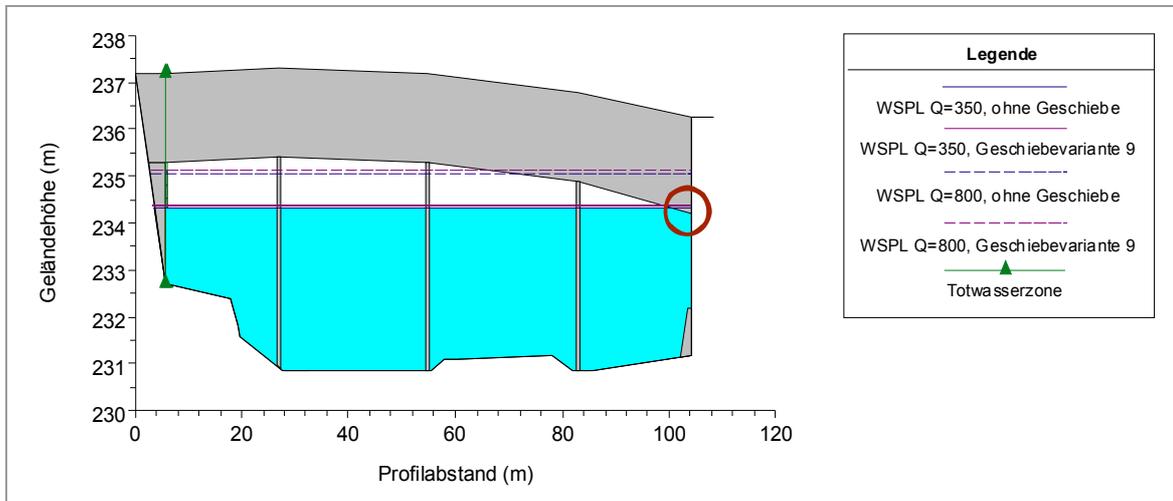


Abbildung 5.22: Querprofil der Brücke mit den Wasserspiegellagen bei Abflüssen von $350 \text{ m}^3/\text{s}$ und $800 \text{ m}^3/\text{s}$

Die Geschiebeansammlung führt dann im Gewässerabschnitt zwischen km 51+766 und km 52+319 zu erhöhten Wasserständen (vgl. Abbildung 5.23). Die größte Zunahme der Wasserspiegellagen durch die wachsende Geschiebeansammlung, erhält man direkt oberstrom des Wehrs bei Flusskilometer 51+818. Für dieses Querprofil wurden die Erhöhungen der Wasserspiegellage von einer Geschiebevariante zur jeweils nächst größeren bestimmt. Dieser Zusammenhang ist für verschiedene Abflüsse in Abbildung 5.24 dargestellt.

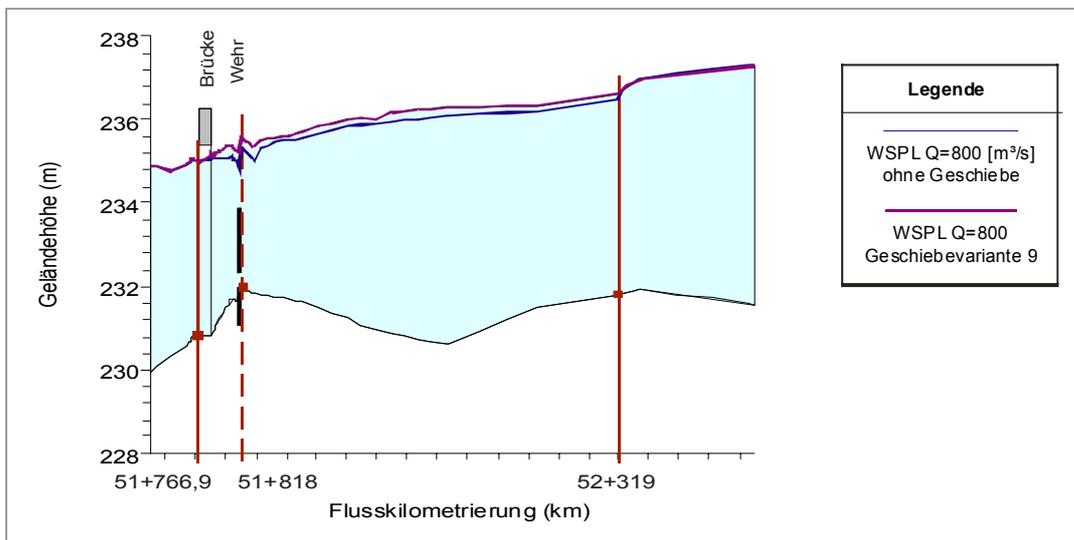


Abbildung 5.23: Wasserspiegellagen im Längsprofil bei unterschiedlichen Abflüssen

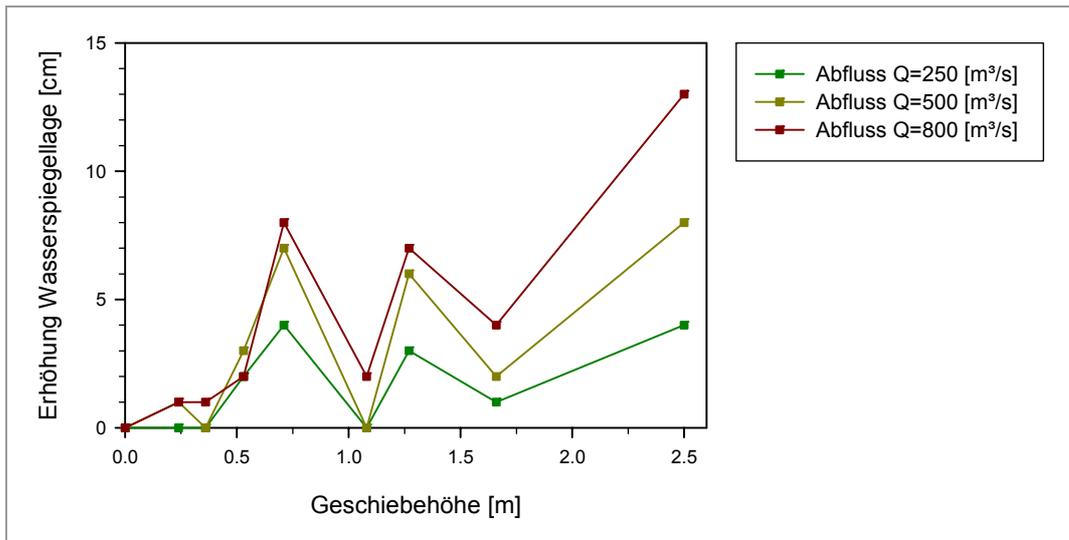


Abbildung 5.24: Veränderung der Wasserspiegellage von einer Geschiebevariante zur jeweils nächst größeren

Aus den mit HEC-RAS berechneten Wasserspiegellagen kann die maximale Auflandungshöhe, bei der die Hochwassersicherheit noch gewährleistet ist, bestimmt werden.

Ab Geschiebevariante 9 und Abflüssen von $750 \text{ m}^3/\text{s}$ tritt die Enz im Gewässerabschnitt oberstrom der Brücke über die Ufermauer. Daraus ergibt sich für diese Abflüsse die maximale Auflandungshöhe zu 2,5 m. Bei diesem Ergebnis muss allerdings berücksichtigt werden, dass in den oberstrom des Wehrs gelegenen Querprofilen nicht die gesamte Breite des Vorlandes bei den Vermessungen aufgenommen wurde. Es sind daher in der Natur eher geringere Wasserstände zu erwarten als die im numerischen Modell berechneten. Folglich ist man mit der aus der Simulation erhaltenen maximalen Auflandungshöhe im sicheren Bereich.

Einfluss von Bewuchs

Bei längeren Phasen mit geringen Abflüssen kann sich auf der Geschiebeansammlung Bewuchs entwickeln. Dies hätte Einfluss auf die Rauheiten auf der Geschiebeansammlung. Um zu überprüfen ob sich dadurch die Hochwassersituation verschlechtert, wurden für vier verschiedene Rauheiten die Wasserspiegellagen berechnet. Die Berechnungen wurden mit der vermessenen Geschiebevariante sechs durchgeführt. Die Wasserspiegellagen bei den verschiedenen Rauheiten sind für unterschiedliche Abflüsse exemplarisch an einem Querprofil in Tabelle 5-9 dargestellt.

Aus Tabelle 5-9 ist ersichtlich, dass sich die Wasserspiegellagen durch die Veränderung der Rauheiten maximal um zwei Zentimeter erhöhen. Schwankungen der Wasserspiegellage in dieser Größenordnung können in der Natur schon durch eine, zum Beispiel aufgrund von Wind entstandene, unruhige Wasseroberfläche entstehen. Die veränderten Rauheiten und somit auch möglicher Bewuchs auf der Geschiebeansammlung, haben keinen Einfluss auf die Wasserspiegellagen und die Hochwassersicherheit im Untersuchungsgebiet.

Tabelle 5-9: Wasserspiegellagen bei verschiedenen Rauheiten und Abflüssen

verschiedene Rauheiten				
Durchfluss [m ³ /s]	Wasserspiegellage [m.ü.NN]			
	n=0.032	n=0.04	n=0.05	n=0.06
90	232.66	232.66	232.66	232.66
100	232.81	232.81	232.81	232.81
110	232.94	232.94	232.94	232.94
120	233.07	233.07	233.07	233.07
130	233.20	233.20	233.20	233.20
140	233.30	233.30	233.31	233.31
150	233.37	233.37	233.37	233.37
160	233.41	233.41	233.41	233.42
170	233.50	233.50	233.50	233.50
180	233.52	233.52	233.52	233.52
190	233.57	233.58	233.58	233.58
200	233.66	233.66	233.66	233.66
210	233.74	233.74	233.74	233.74
220	233.81	233.81	233.81	233.81
230	233.86	233.86	233.87	233.87
240	233.90	233.90	233.90	233.90
250	233.85	233.85	233.85	233.85
300	234.07	234.07	234.07	234.07
350	234.34	234.34	234.34	234.34
400	234.40	234.40	234.41	234.41
450	234.49	234.50	234.50	234.50
500	234.61	234.61	234.62	234.62
550	234.72	234.72	234.73	234.73
600	234.82	234.83	234.83	234.84
650	234.93	234.93	234.94	234.94
700	235.02	235.03	235.04	235.04
750	235.12	235.13	235.13	235.14
800	235.12	235.13	235.14	235.14

5.4 Konsequenz für die Geschiebeablagerung

Bei den Berechnungen der Wasserspiegellage wurden neun verschiedene Geschiebeablagerungskörper simuliert. Die Fließgeschwindigkeiten im Gewässer beeinflussen die Schubspannungen direkt. Umso größer die Fließgeschwindigkeiten sind, umso größere Schubspannungen liegen vor. Da die Fließgeschwindigkeiten im Bereich der Geschiebeansammlung über den Querschnitt nicht gleichmäßig verteilt sind, müssen die Bereiche Sohle, Seiten der Geschiebeansammlung und die Geschiebeansammlung getrennt voneinander untersucht werden. Dabei werden die kritischen Schubspannungen mit den im Gewässer vorkommenden Schubspannungen verglichen und so der maximale Korndurchmesser, der durch die Strömung noch bewegt wird, bestimmt.

Der maximale Korndurchmesser (4.9 cm), der auf der Geschiebeansammlung transportiert werden kann, ist kleiner als der tatsächliche maßgebende Korndurchmesser der Geschiebeansammlung ($d_m = 7,04$ cm). Das heißt, das Geschiebe kann nicht vollständig durch die Strömung erodiert werden.

An der Sohle der Enz hat sich im Untersuchungsgebiet eine Deckschicht, mit einem maßgebenden Korndurchmesser von 20 cm, ausgebildet. Da der maximale Korndurchmesser an der Sohle weit unter diesem Wert liegt, kann die Deckschicht durch die im Gewässer vorkommenden Strömungskräfte innerhalb des Untersuchungszeitraums nicht zerstört worden sein. Folglich nimmt diese Gewässersohle nicht an den Transportvorgängen teil. Das Geschiebe, das sich zwischen Wehr und Brücke abgelagert hat, muss also aus einem Gebiet weiter oberstrom des Modellgebietes, oder durch Erosion aus dem Nachboden des Wehres stammen.

Die Wasserspiegellagen im Untersuchungsgebiet steigen mit wachsender Geschiebeansammlung. Der Einfluss steigt, je höher die Geschiebehöhe und die Abflüsse sind. Bis zu einer maximalen Auflandungshöhe von 2,5 m und Abflüssen von 750 m³/s hat es allerdings keine Auswirkungen auf die Hochwassersicherheit im Untersuchungsgebiet. Veränderte Rauheiten auf der Geschiebeansammlung durch möglichen Bewuchs, haben keinen Einfluss auf die Wasserspiegellagen und somit auch nicht auf die Hochwassersicherheit.

Zur Klärung der geringen Schubspannungen zwischen Wehr und Brücke sind Berechnungen mit einem zweidimensionalen Modell notwendig. Mit ihm können die Verwirbelungen im Bereich der Wehranlage besser simuliert werden. Die Untersuchungen an der Enz haben außerdem gezeigt, dass im Hinblick auf die Stabilität einer Geschiebeansammlung und ihrem Einfluss auf die Hochwassersicherheit keine allgemeingültigen Aussagen gemacht werden können, da die Auswirkungen und das Verhalten einer Geschiebeansammlung von vielen ortsspezifischen Faktoren wie z.B Gerinnegeometrie und Kornzusammensetzung abhängt. Daher wird weiterhin, auch bei ähnlichen Fragestellungen, immer die Durchführung einer numerischen Berechnung empfohlen.

6 Geplante Veröffentlichungen

Schneider, S., Nestmann, F., Lehmann, B. (2007): Hydraulic of nature-orientated rivers. In: Morphodynamics in floodplains: Effects on and by vegetation, BfG (to be publ.)

7 LITERATURVERZEICHNIS

- ARNOLD, O. (1991): Morphologische Veränderungen an der ausgebauten Unteren Murr. In: Ökol. Untersuchungen an der ausgebauten Unteren Murr, Landkreis Ludwigsburg 1983-1987; S. 37-71, Heft 2. Karlsruhe.
- BWC (2006): Hydraulik naturnaher Fließgewässer Teil 1, BWPlus Berichtsreihe, Forschungszentrum Karlsruhe
- BOLLRICH, G. (2000): Technische Hydromechanik - Bd. 1 Grundlagen, 5. Aufl., Verlag Bauwesen, Berlin, 456 S.
- BUCK, H. (1985): Die Gewässergüte der Unteren Murr. In: Ökol. Untersuchungen an der ausgebauten Unteren Murr, Landkreis Ludwigsburg 1977-1982; S. 61-74, Heft 1. Karlsruhe.
- BUCK, H. (1991): Die Gewässergüte der Unteren Murr (2). In: Ökol. Untersuchungen an der ausgebauten Unteren Murr, Landkreis Ludwigsburg 1983-1987; S. 73-77, Heft 2. Karlsruhe.
- BÜRKLE, B. (1985): Erdgeschichtliche Entwicklungen und naturräumliche Einheiten. In: Ökol. Untersuchungen an der ausgebauten Unteren Murr, Landkreis Ludwigsburg 1977-1982; S. 13-18, Heft 1. Karlsruhe.
- BUSCH, K.-F., LUCKNER, L., TIEMER, K. (1993): Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 3 Geohydraulik, 3. Auflage, Gebrüder Borntraeger
- CHOW, V. (1959): Open-channel hydraulics, McGraw-Hill Book Company, Singapur, 680 S.
- FEHR, R. (1987): Geschiebeanalyse in Gebirgsflüssen, Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Nr. 92
- FEHR, R. (1987) (a): Einfache Bestimmung der Korngrößenverteilung von Geschiebematerial mit Hilfe der Linienzahlanalyse, Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 38
- GÖTZE, S. (1994): Unterhaltungskonzept für die ausgebaute Untere Murr. LfU, unveröff.
- HEC-RAS (2002): Hydraulic Reference Manual, Version 3.1, U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis (USA)
- HEC-RAS (2002): User's Manual, Version 3.1, U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis (USA)
- HEINEMANN, E., FELDHAUS, R. (2003): Hydraulik für Bauingenieure, 2. Auflage, B. G. Teubner Verlag
- KULLAK, E. (1985): Fischereibiologie. In: Ökol. Untersuchungen an der ausgebauten Unteren Murr, Landkreis Ludwigsburg 1977-1982; S. 85-98, Heft 1. Karlsruhe.
- KULLAK, E. (1991): Fischereibiologie. In: Ökol. Untersuchungen an der ausgebauten Unteren Murr, Landkreis Ludwigsburg 1983-1987; S. 79-111, Heft 2. Karlsruhe.
- LÄKEMÄKER, K. (2006): Hydraulische Bewertung einer Geschiebeansammlung unterhalb einer Wehranlage, Diplomarbeit, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung Universität Karlsruhe (TH).
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LFU) (HRSG.) (1995): Naturnahe Umgestaltung von Fließgewässern, Teil III Dokumentation der Entwicklung

- ausgewählter Pilotvorhaben, Erste Zwischenergebnisse der Erfolgskontrolle. 1. Aufl., Handbuch Wasser 2, Karlsruhe, 72 S.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LFU) (HRSG.) (1999): Hochwasserabfluss-Wahrscheinlichkeiten in Baden-Württemberg. 1. Aufl., Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 54, Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LFU) (HRSG.) (2003): Hydraulik naturnaher Fließgewässer, Teil 3 - Rauheits- und Widerstandsbeiwerte für Fließgewässer in Baden-Württemberg, Vorabzug, Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 78, Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LFU) (HRSG.) (2002): Hydraulik naturnaher Fließgewässer, Teil I - Grundlagen und empirische hydraulische Berechnungsverfahren, 1. Aufl., Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 74, Karlsruhe, 93 S.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LFU) (HRSG.) (ca. 2002): Anlagen zur Herstellung der Durchgängigkeit von Fließgewässern, Raue Rampen und Verbindungsgewässer, Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LFU) (HRSG.) (ca. 2001): Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Rheingebiet, Teil I, Hoch- und Oberrhein, 1999, Karlsruhe.
- LANG, R. (1995): Flusshydraulische Untersuchungen an der ausgebauten unteren Murr – Eichung der gegebenen Gewässerrauheit anhand ausgewählter Abflüsse. Vertiefungsarbeit, Institut für Wasserbau und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe, Karlsruhe.
- LEHMANN, B. (2004) (a): Strömungsverhalten von Fließgewässern, Skript zur gleichnamigen Vorlesung am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung der Universität Karlsruhe (TH), 2. Auflage
- LEHMANN, B. (2004): Morphodynamik von Fließgewässern, Skript zur gleichnamigen Vorlesung am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung der Universität Karlsruhe (TH), 3. Auflage
- LFU (1985): Ökologische Untersuchungen an der ausgebauten unteren Murr, Band 1, Karlsruhe
- LFU (1991): Ökologische Untersuchungen an der ausgebauten unteren Murr, Band 2, Karlsruhe
- LFU (1995): Naturnahe Umgestaltung von Fließgewässern Teil III Dokumentation der Entwicklung ausgewählter Pilotvorhaben Erst Zwischenergebnisse der Erfolgskontrolle. In: Handbuch Wasser 2, Band 20, Karlsruhe.
- MÜLLER, T. (1991): Die Vegetation. In: Ökol. Untersuchungen an der ausgebauten Unteren Murr, Landkreis Ludwigsburg 1983-1987; S. 113-183, Heft 2. Karlsruhe.
- NESTMANN, F., LEHMANN, B., IMIELA, M. (2002): HEC-RAS Interaktive Kompaktanleitung, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung der Universität Karlsruhe (TH)
- RATH, P. (1985): Klima, Gewässerkunde. In: Ökol. Untersuchungen an der ausgebauten Unteren Murr, Landkreis Ludwigsburg 1977-1982; S. 41-48, Heft 1. Karlsruhe.
- RAUDKIVI, A. J. (1982): Grundlagen des Sedimenttransports, Springer-Verlag
- SCHADE, G. (1985): Ausbau und Pflege der Murr auf den Markungen Erdmannhausen, Steinheim und Murr, Kreis Ludwigsburg. In: Ökol. Untersuchungen an der ausgebauten Unteren Murr, Landkreis Ludwigsburg 1977-1982; S. 49-60, Heft 1. Karlsruhe.
- SCHNEIDER, K-J. (Hrsg.) (2001): Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweisen und Beispielen. 14. Auflage, Werner Verlag, Düsseldorf.
- SCHRÖDER, R., ZANKE, U. (2003): Technische Hydraulik, 2. Auflage, Springer-Verlag

- Winter, A. (2003): Eindimensionale hydrodynamische-numerische Simulation der Murr im Bereich der Ortslage Steinheim, Diplomarbeit, Hochschule für Technik (FH) Stuttgart.
- ZANKE, U. (1982): Grundlagen der Sedimentbewegung, Springer-Verlag
- ZANKE, U. (2001): Zum Einfluss der Turbulenz auf den Beginn der Sedimentbewegung, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Darmstadt, Heft 120

ANHANG 1: Rohdaten der Linienzahlanalyse Enz**1. Linienzahlanalyse**

Durchmesser B-Achse [cm]	Anzahl n	Fraktion [cm]	Anzahl n	d_i [cm]	d_{mi} [cm]	$\Delta \%$	q_i
1,5	3			1	1.500		
2,0	10	1 - 2	13	2.000	2.500	0.084	0.084
2,5	3						
3,0	28	2-3	31	3.000	3.500	0.201	0.286
3,5	4						
4,0	36	3-4	40	4.000	5.000	0.260	0.545
4,5	3						
5,0	23						
6,0	16	4-6	42	6.000	7.000	0.273	0.818
6,5	1						
7,0	13						
8,0	7	6-8	21	8.000	9.000	0.136	0.955
9,0	1						
10,0	3	8-10	4	10.000	11.000	0.026	0.981
11,0	1	10-12	1	12.000	13.000	0.006	0.987
		12-15		15.000	17.500		0.987
16,0	1	15-20	1	20.000	22.500	0.006	0.994
		20-25		25.000	27.500		0.994
		25-30		30.000	32.500		0.994
		30-35		35.000	37.500		0.994
38,0	1	35-40	1	40.000		0.006	1.000
Summe:	154		154			1.000	
<p>d_i mittlerer Korndurchmesser einer Fraktion [cm] d_{mi} charakteristischer mittlerer Korndurchmesser einer Fraktion i [cm] $\Delta \%$ prozentualer Anteil einer Fraktion [%] q_i Summenhäufigkeit einer Fraktionen i (nach Anzahl, Linienzahlanalyse)</p>							

2. Linienzahlanalyse

Durchmesser B-Achse [cm]	Anzahl n	Fraktion [cm]	Anzahl n	d_i [cm]	d_{mi} [cm]	$\Delta \%$	q_i
1,0	7	0.5-1	9	1	1.500	0.056	0.056
1,5	6						
2,0	6	1 - 2	19	2.000	2.500	0.117	0.173
2,5	7						
3,0	20	2-3	27	3.000	3.500	0.167	0.340
3,5	9						
4,0	21	3-4	30	4.000	5.000	0.185	0.525
4,5	1						
5,0	11						
6,0	14	4-6	26	6.000	7.000	0.160	0.685
6,5	1						
7,0	13						
8,0	10	6-8	24	8.000	9.000	0.148	0.833
8,5	2						
9,0	6						
9,5	1						
10,0	6	8-10	15	10.000	11.000	0.093	0.926
10,5	1						
11,0	1						
11,5	1						
12,0	1	10-12	4	12.000	13.000	0.025	0.951
13,0	1						
14,0	2						
15,0	1	12-15	4	15.000	17.500	0.025	0.975
		15-20		20.000	22.500	0.000	0.975
23,0	1	20-25	1	25.000	27.500	0.006	0.981
34,0	1	25-30		30.000	32.500	0.000	0.981
35,0	1	30-35	2	35.000	37.500	0.012	0.994
		35-40		40.000	45.000	0.000	0.994
50,0	1	40-50	1	50.000		0.006	1.000
Summe:	162		162			1.000	
d_i mittlerer Korndurchmesser einer Fraktion [cm] d_{mi} charakteristischer mittlerer Korndurchmesser einer Fraktion i [cm] $\Delta \%$ prozentualer Anteil einer Fraktion [%] q_i Summenhäufigkeit einer Fraktionen i (nach Anzahl, Linienzahlanalyse)							

ANHANG 2: Wasserspiegellagen vor und nach Kalibrierung Enz

Querprofilstationierung [km]	Abfluss [m³/s]	Wasserspiegellage [m.ü.NN]	
		vor Kalibrierung	nach Kalibrierung
53+089	518,1	237,08	237,14
53+014,2	518,1	236,90	236,97
52+939,5	518,1	236,82	236,90
52+864,7	518,1	236,73	236,81
52+790	518,1	236,67	236,74
52+722,3	518,1	236,61	236,68
52+654,6	518,1	236,56	236,62
52+587	518,1	236,53	236,59
52+539,2	518,1	236,47	236,53
52+491,4	518,1	236,40	236,46
52+443,6	518,1	236,31	236,37
52+395,8	518,1	236,20	236,27
52+348	518,1	236,03	236,10
52+338,3	518,1	235,98	236,06
52+328,6	518,1	235,92	235,99
52+319	518,1	235,80	235,88
52+211	518,1	235,56	235,63
52+172,3	518,1	235,51	235,57
52+133,6	518,1	235,44	235,50
52+095	518,1	235,38	235,44
52+090	518,1	235,37	235,43
52+072	518,1	235,35	235,41
52+054	518,1	235,33	235,38
52+036	518,1	235,31	235,36
52+018	518,1	235,28	235,32
52+000	518,1	235,25	235,29
51+980,4	518,1	235,22	235,26
51+960,8	518,1	235,14	235,20
51+941,2	518,1	235,10	235,14
51+921,6	518,1	235,01	235,05
51+902	518,1	234,72	234,83
51+892,7	518,1	234,74	234,83
51+883,4	518,1	234,77	234,85
51+874,1	518,1	234,77	234,84
51+864,8	518,1	234,76	234,83
51+855,5	518,1	234,73	234,79
51+846,2	518,1	234,66	234,73
51+837	518,1	234,52	234,61
51+834,1	518,1	234,55	234,64
51+831,3	518,1	234,60	234,68
51+828,5	518,1	234,62	234,70
51+825,6	518,1	234,65	234,72
51+822,8	518,1	234,68	234,75
51+820	501,6	234,70	234,76
51+819,5	501,6	234,68	234,75
51+818	501,6	234,54	234,62
51+817,75	Wehr		

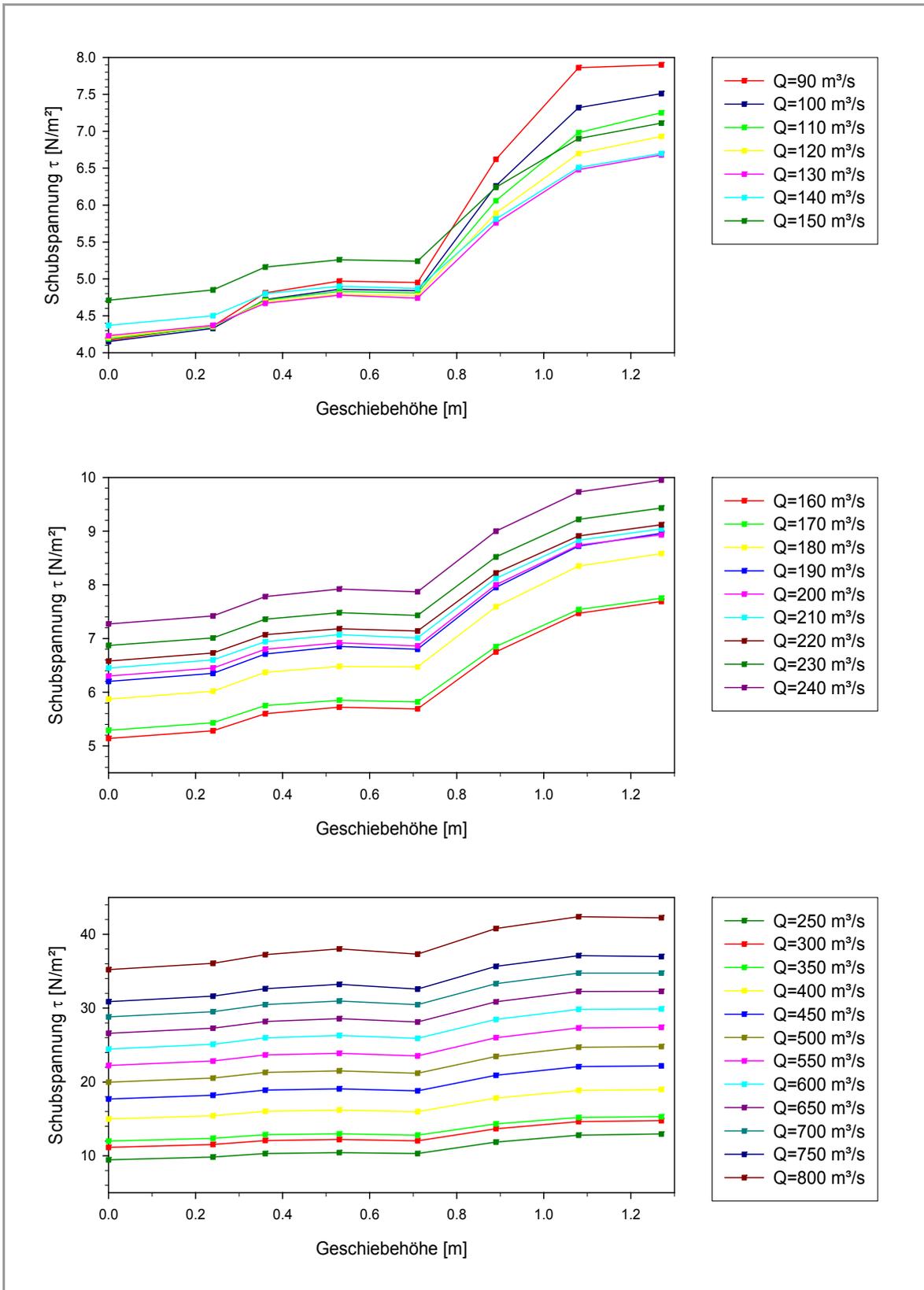
Querprofilstationierung [km]	Abfluss [m³/s]	Wasserspiegellage [m.ü.NN]	
		vor Kalibrierung	nach Kalibrierung
51+817,5	501,6	234,37	234,48
51+814,5	501,6	234,46	234,56
51+813	501,6	234,48	234,57
51+811,5	501,6	234,48	234,57
51+810	501,6	234,48	234,58
51+808	501,6	234,53	234,62
51+805	501,6	234,52	234,61
51+802,5	501,6	234,52	234,61
51+800	501,6	234,53	234,62
51+797,5	501,6	234,53	234,62
51+795	501,6	234,53	234,61
51+793	501,6	234,54	234,63
51+791	501,6	234,54	234,62
51+789	501,6	234,54	234,62
51+787	501,6	234,54	234,62
51+785	501,6	234,54	234,62
51+783	501,6	234,54	234,62
51+781,1	501,6	234,53	234,62
51+774	Brücke		
51+766,9	501,6	234,51	234,60
51+765,1	501,6	234,51	234,60
51+763,3	501,6	234,51	234,59
51+761,5	501,6	234,51	234,59
51+759,7	501,6	234,51	234,59
51+758	501,6	234,51	234,59
51+756	501,6	234,51	234,59
51+754	501,6	234,49	234,58
51+752	501,6	234,48	234,56
51+750	501,6	234,46	234,54
51+730	501,6	234,40	234,46
51+710	501,6	234,32	234,36
51+690	501,6	234,40	234,43
51+670	501,6	234,37	234,39
51+650	518,1	234,36	234,37
51+606	518,1	234,39	234,40
51+590	518,1	234,37	234,38
51+574	518,1	234,34	234,35
51+558	518,1	234,26	234,27
51+496,5	518,1	233,83	233,84
51+435	518,1	233,62	233,72
51+365	518,1	233,24	233,12
51+282,5	518,1	232,91	232,98
51+200	518,1	232,94	232,97
51+139,7	518,1	232,85	232,88
51+079,5	518,1	232,74	232,77
51+019,2	518,1	232,61	232,63
50+959	518,1	232,26	232,27

ANHANG 3: Wasserspiegellagen für verschiedene Randbedingungen (RB) Enz

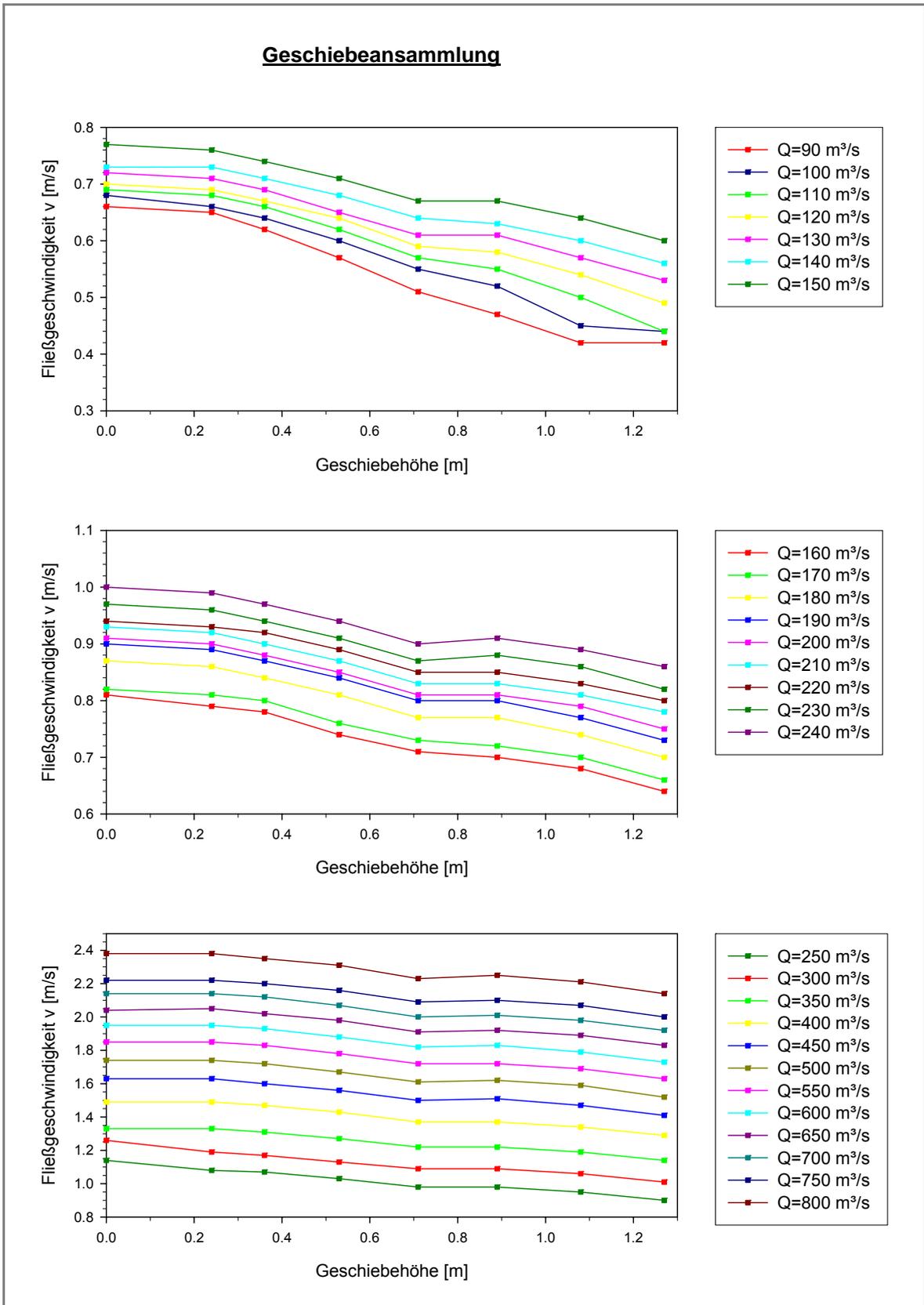
Querprofilstationierung [km]	Abfluss [m³/s]	Wasserspiegellage [m.ü.NN]	
		RB gewählte Wassertiefe	RB kritische Wassertiefe
53+089	800	237,76	237,76
53+014,2	800	237,66	237,66
52+939,5	800	237,61	237,61
52+864,7	800	237,56	237,56
52+790	800	237,52	237,52
52+722,3	800	237,48	237,48
52+654,6	800	237,43	237,43
52+587	800	237,41	237,41
52+539,2	800	237,35	237,35
52+491,4	800	237,28	237,28
52+443,6	800	237,20	237,20
52+395,8	800	237,11	237,11
52+348	800	236,96	236,96
52+338,3	800	236,89	236,89
52+328,6	800	236,79	236,79
52+319	800	236,50	236,50
52+211	800	236,20	236,20
52+172,3	800	236,18	236,18
52+133,6	800	236,14	236,14
52+095	800	236,10	236,10
52+090	800	236,08	236,08
52+072	800	236,05	236,05
52+054	800	236,02	236,02
52+036	800	235,99	235,99
52+018	800	235,96	235,96
52+000	800	235,92	235,92
51+980,4	800	235,89	235,89
51+960,8	800	235,84	235,84
51+941,2	800	235,78	235,78
51+921,6	800	235,69	235,69
51+902	800	235,55	235,55
51+892,7	800	235,52	235,52
51+883,4	800	235,52	235,52
51+874,1	800	235,50	235,50
51+864,8	800	235,47	235,47
51+855,5	800	235,41	235,41
51+846,2	800	235,30	235,30
51+837	800	235,02	235,02
51+834,1	800	235,09	235,09
51+831,3	800	235,15	235,15
51+828,5	800	235,19	235,19
51+825,6	800	235,23	235,23
51+822,8	800	235,28	235,28
51+820	783,5	235,30	235,30
51+819,5	783,5	235,27	235,27
51+818	783,5	235,02	235,02
51+817,75	Wehr		

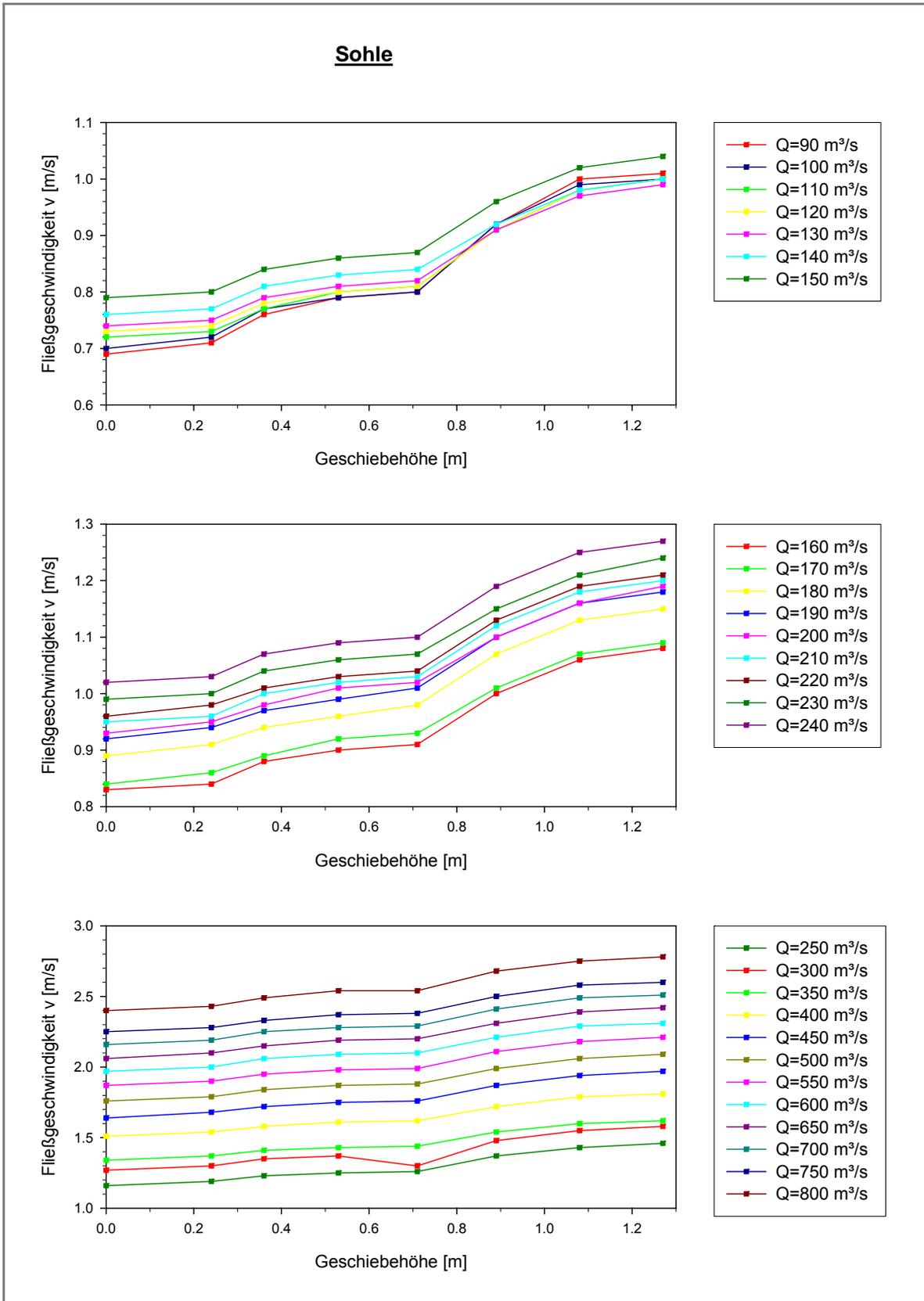
Querprofilstationierung [km]	Abfluss [m³/s]	Wasserspiegellage [m.ü.NN]	
		RB gewählte Wassertiefe	RB kritische Wassertiefe
51+817,5	783,5	234,85	234,85
51+814,5	783,5	235,00	235,00
51+813	783,5	235,02	235,02
51+811,5	783,5	235,03	235,03
51+810	783,5	235,04	235,04
51+808	783,5	235,12	235,12
51+805	783,5	235,11	235,11
51+802,5	783,5	235,11	235,11
51+800	783,5	235,11	235,11
51+797,5	783,5	235,11	235,11
51+795	783,5	235,09	235,09
51+793	783,5	235,11	235,11
51+791	783,5	235,11	235,11
51+789	783,5	235,10	235,10
51+787	783,5	235,10	235,10
51+785	783,5	235,10	235,10
51+783	783,5	235,09	235,09
51+781,1	783,5	235,09	235,09
51+774	Brücke		
51+766,9	783,5	235,03	235,03
51+765,1	783,5	235,03	235,03
51+763,3	783,5	235,03	235,03
51+761,5	783,5	235,03	235,03
51+759,7	783,5	235,02	235,02
51+758	783,5	235,02	235,02
51+756	783,5	235,03	235,03
51+754	783,5	235,00	235,00
51+752	783,5	234,97	234,97
51+750	783,5	234,93	234,93
51+730	783,5	234,77	234,77
51+710	783,5	234,89	234,89
51+690	783,5	234,86	234,86
51+670	783,5	234,82	234,82
51+650	800	234,8	234,8
51+606	800	234,84	234,84
51+590	800	234,81	234,81
51+574	800	234,76	234,76
51+558	800	234,68	234,67
51+496,5	800	234,18	234,17
51+435	800	234,03	233,95
51+365	800	233,83	233,55
51+282,5	800	233,76	233,39
51+200	800	233,75	233,36
51+139,7	800	233,70	233,27
51+079,5	800	233,66	233,15
51+019,2	800	233,60	232,99
50+959	800	233,55	232,56

ANHANG 4: Über den Querschnitt gemittelte Schubspannungen (km 51+795) Enz

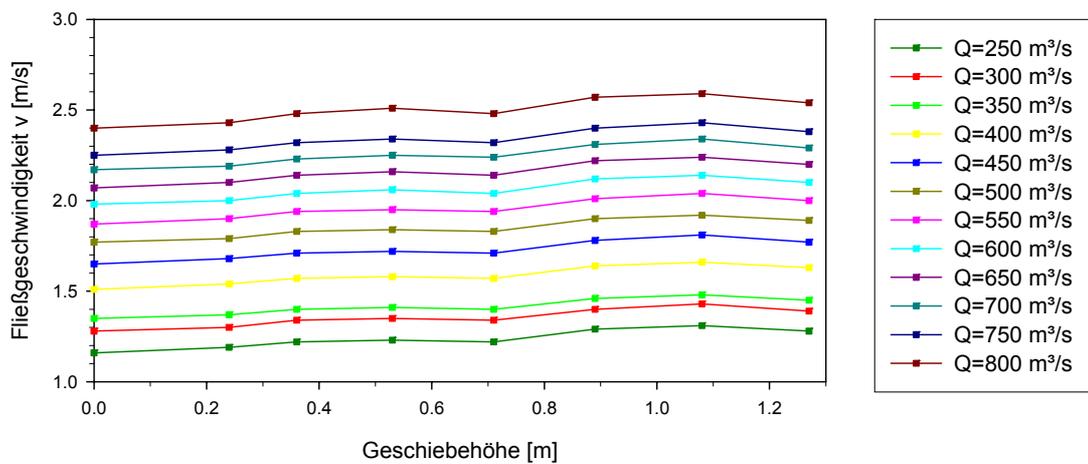
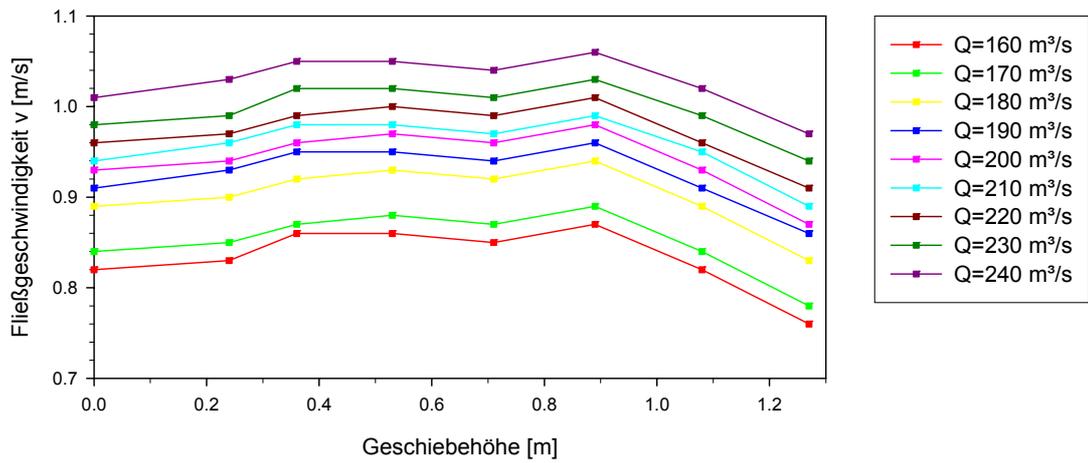
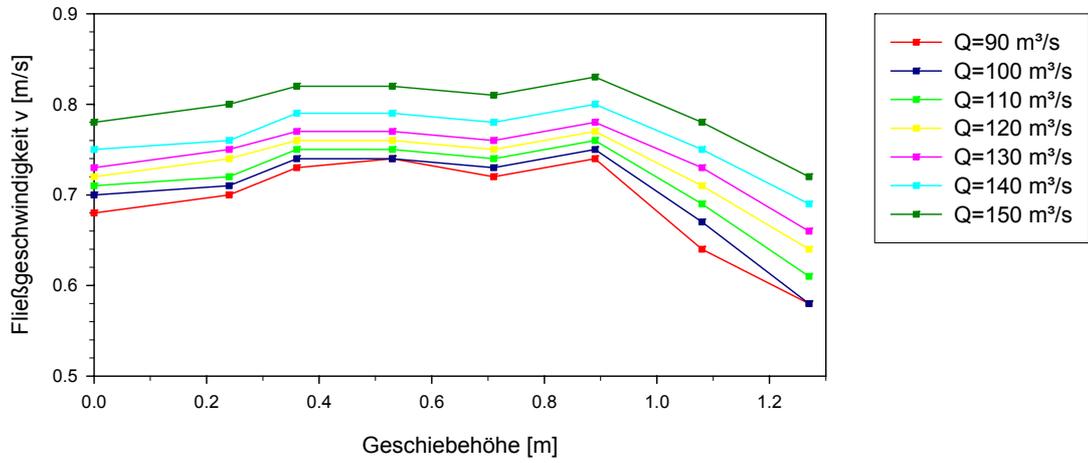


ANHANG 5: Fließgeschwindigkeiten in den drei Bereichen Enz

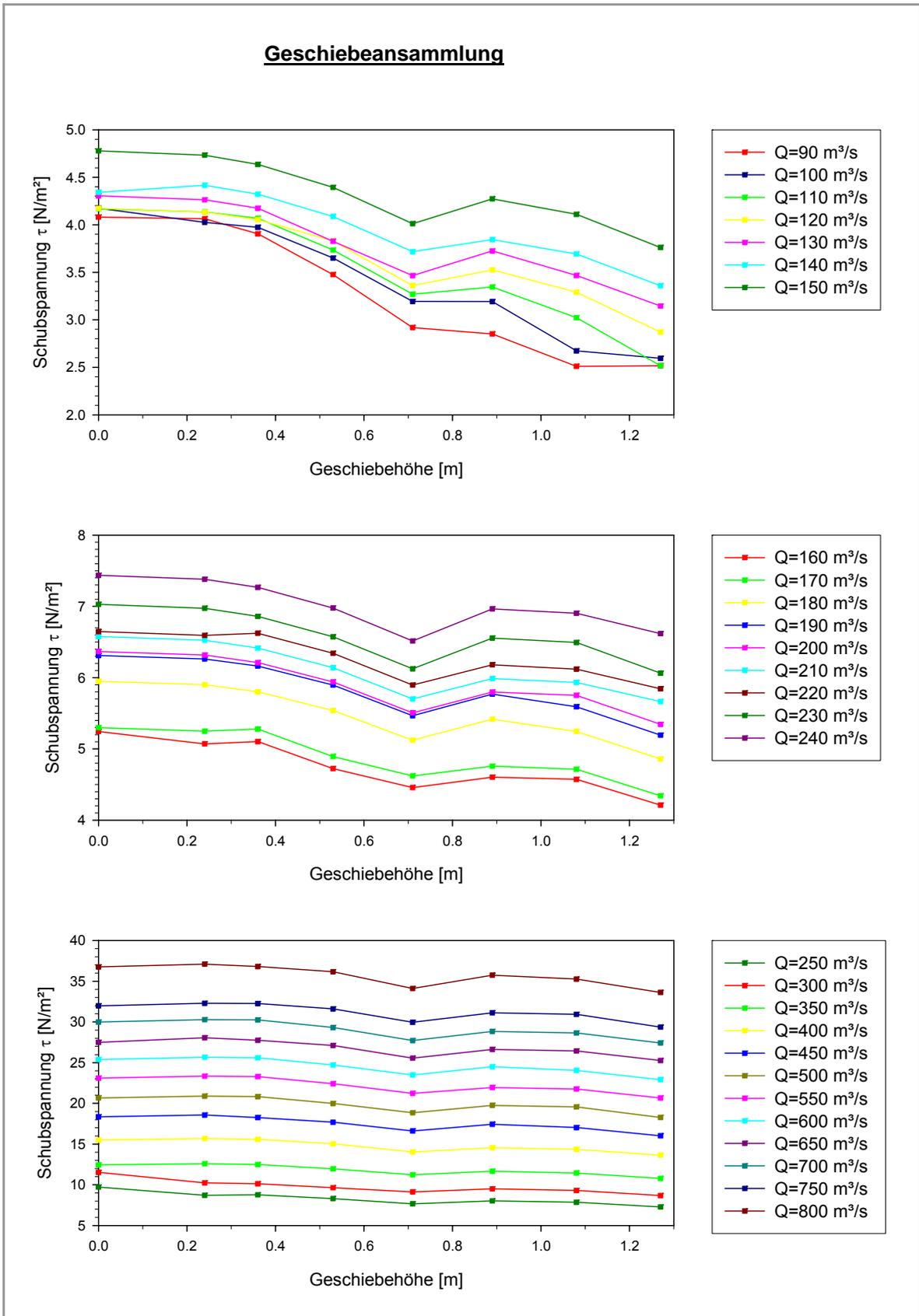


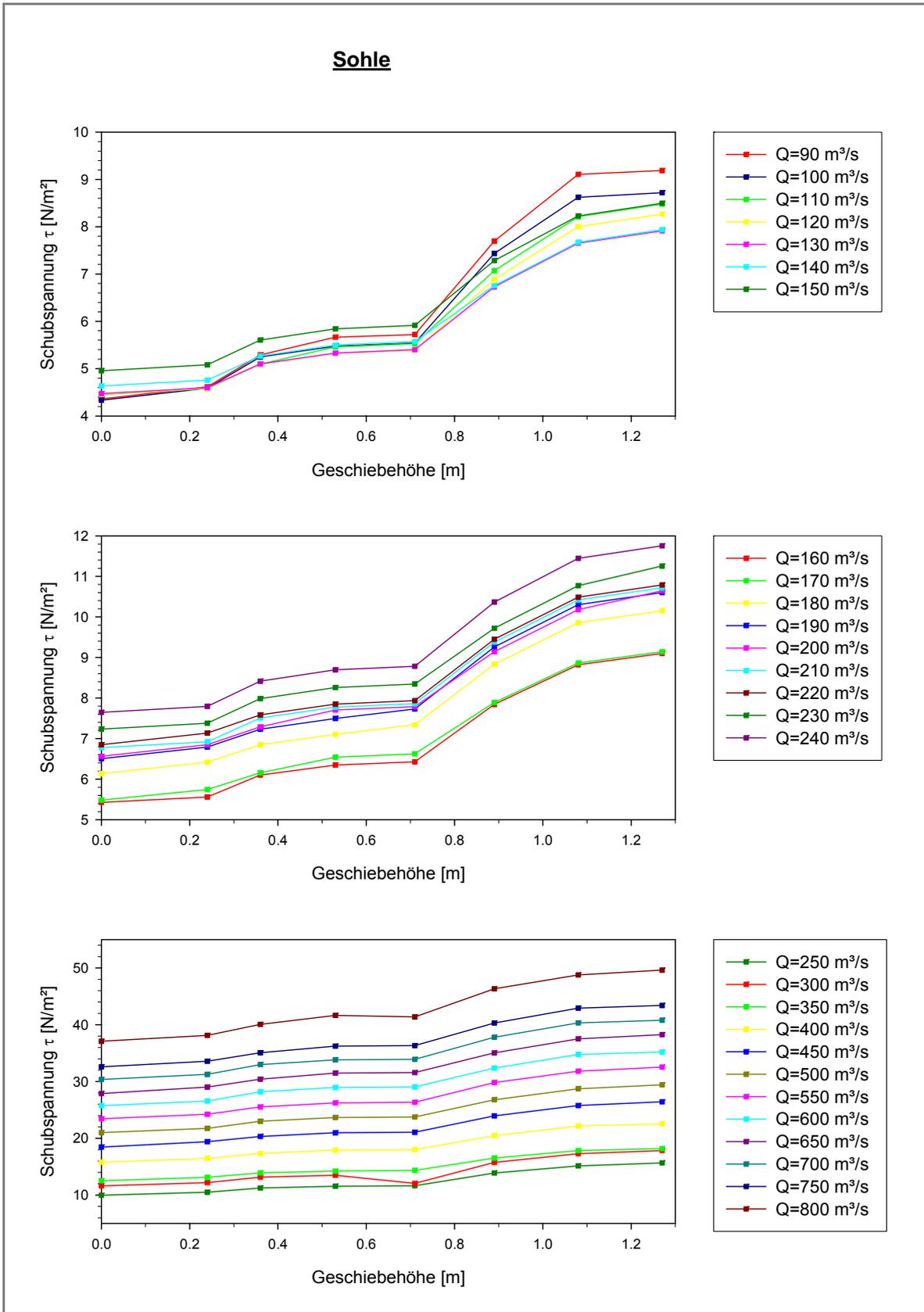


Seiten der Geschiebeansammlung

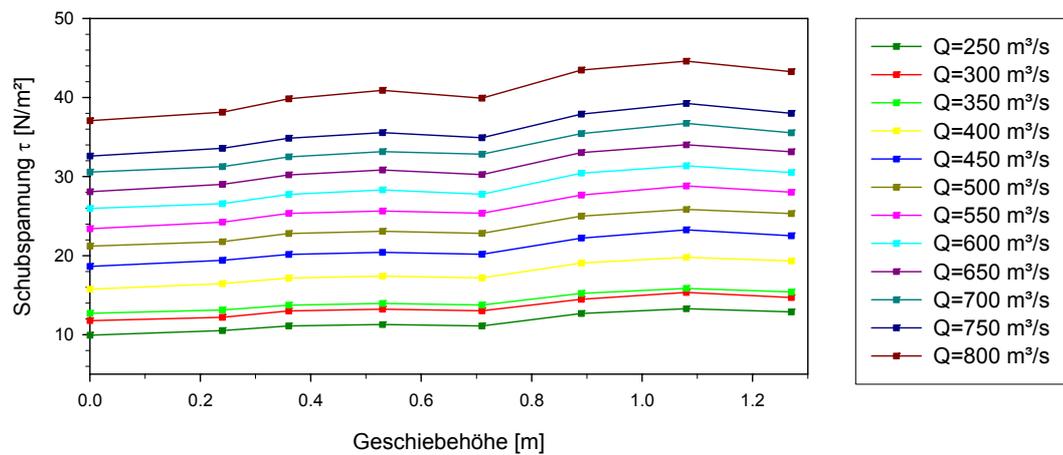
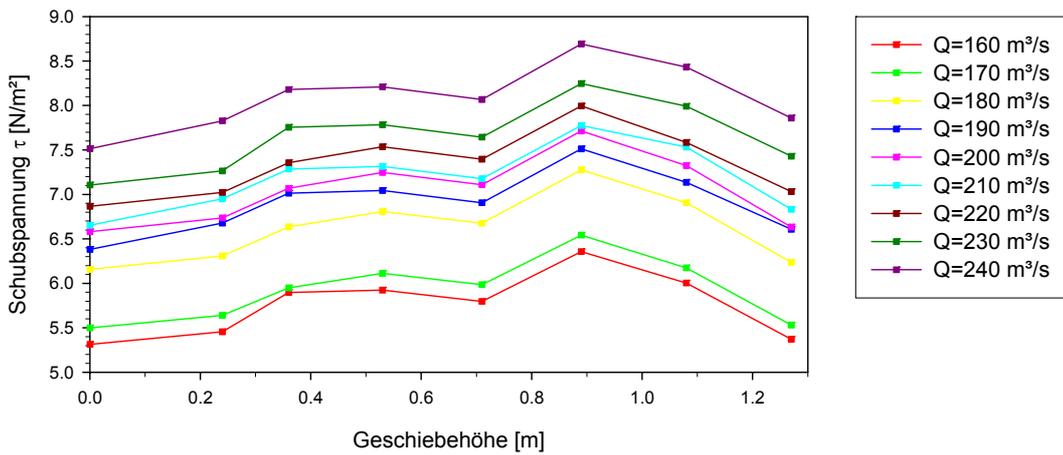
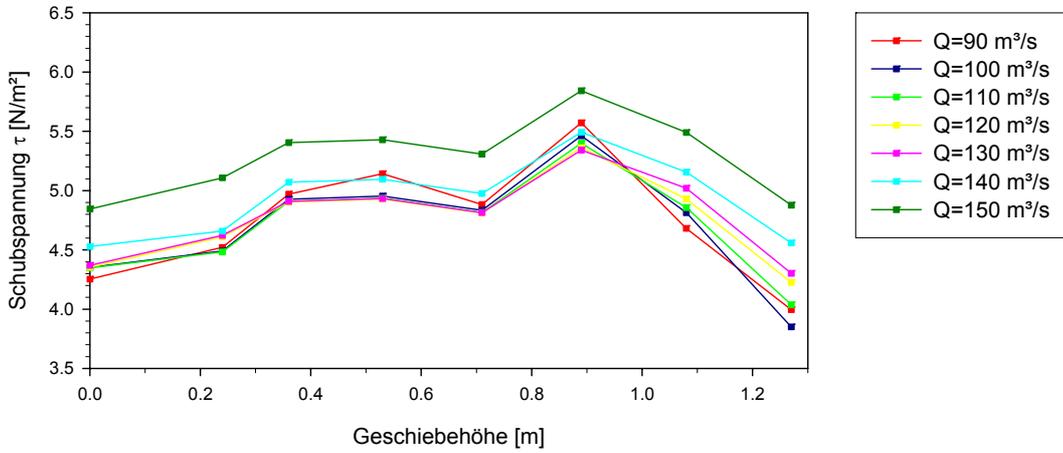


ANHANG 6: Schubspannungen in den drei Bereichen (km 51+795) Enz





Seiten der Geschiebeansammlung



ANHANG 7: Bilder des Untersuchungsgebietes an der Enz



Bild 1: Deckschicht der Gewässersohle



Bild 2: Umgebungsgewässer



Bild 3: Flößergasse

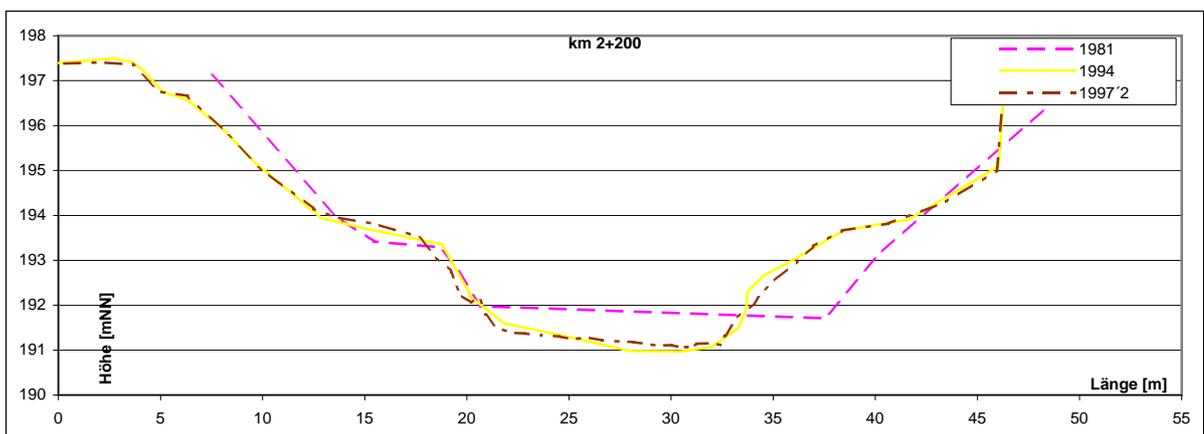
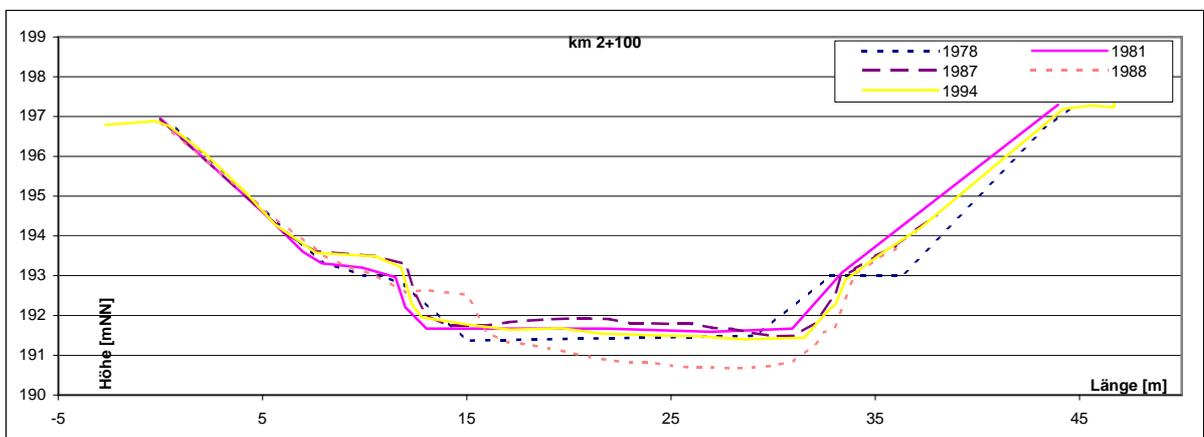
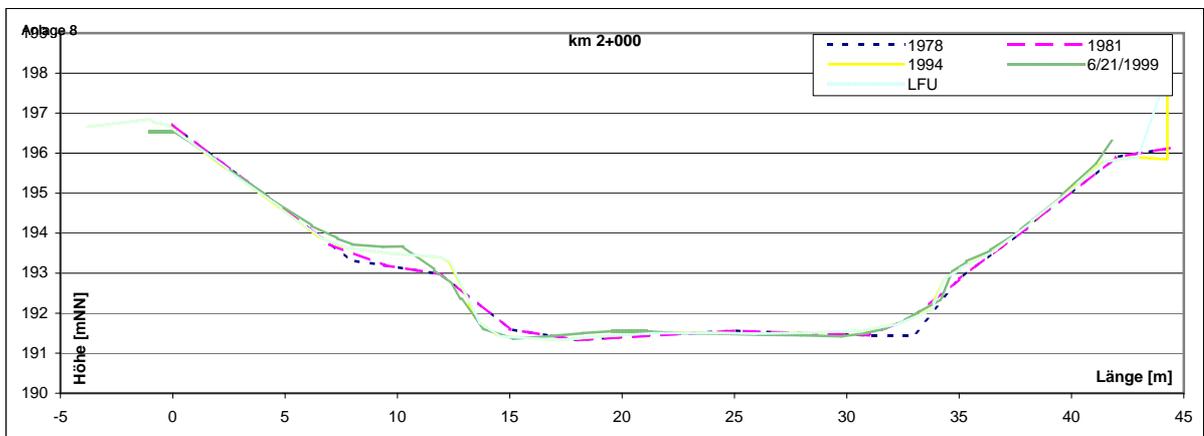
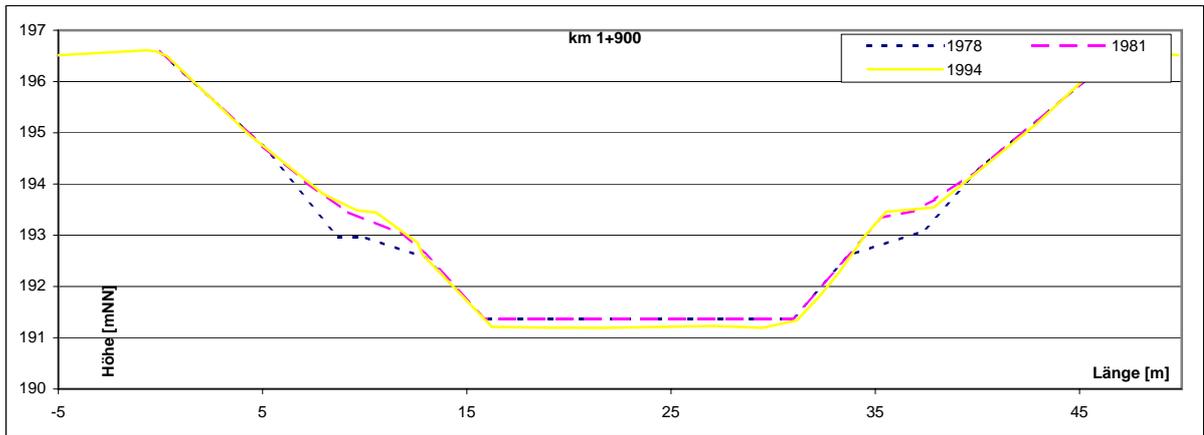


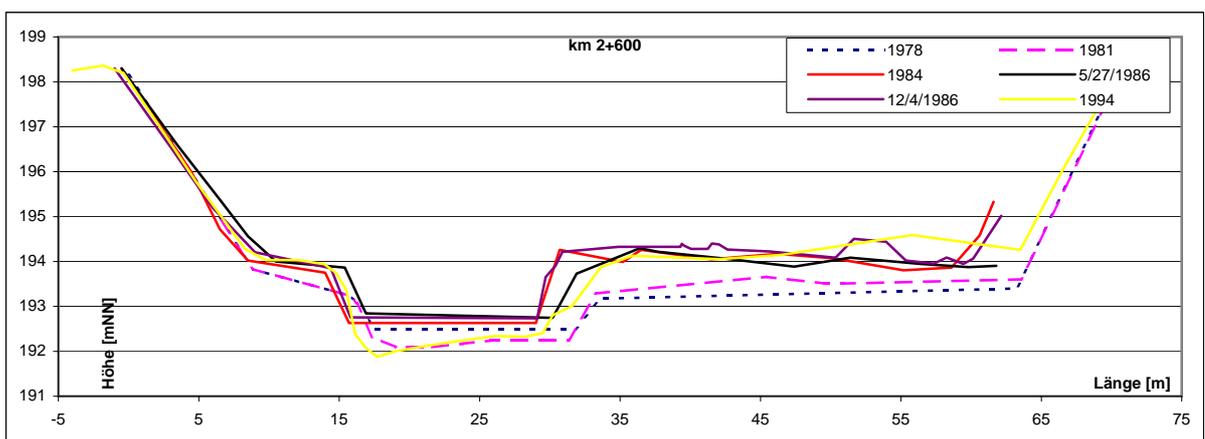
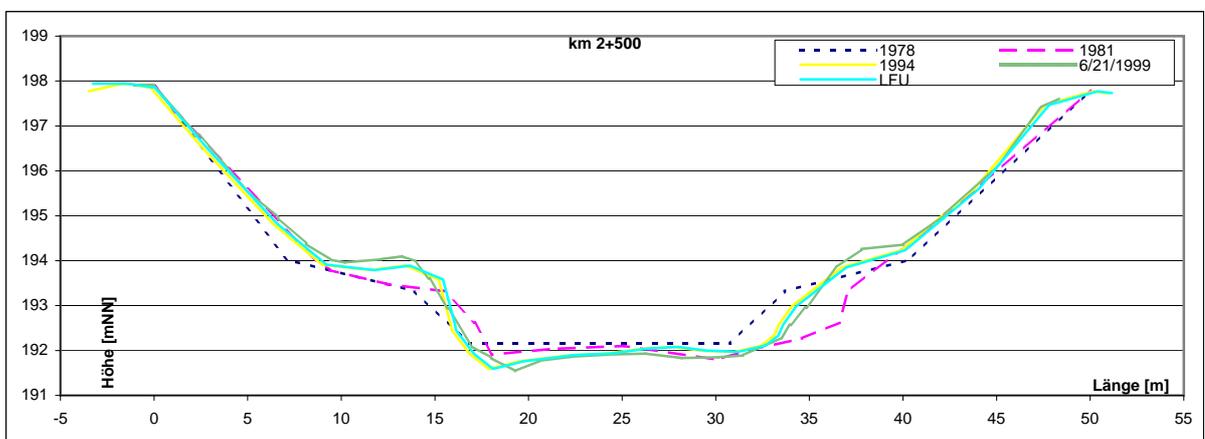
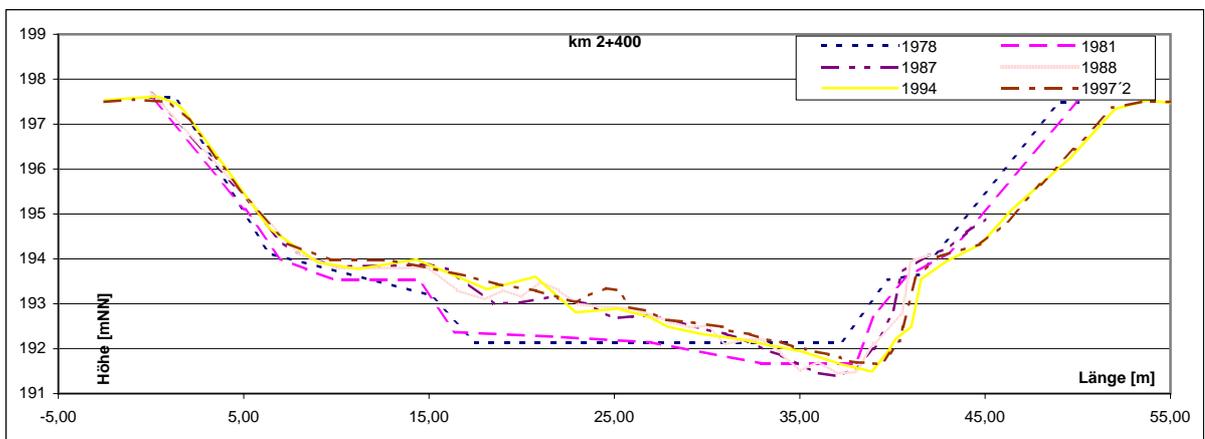
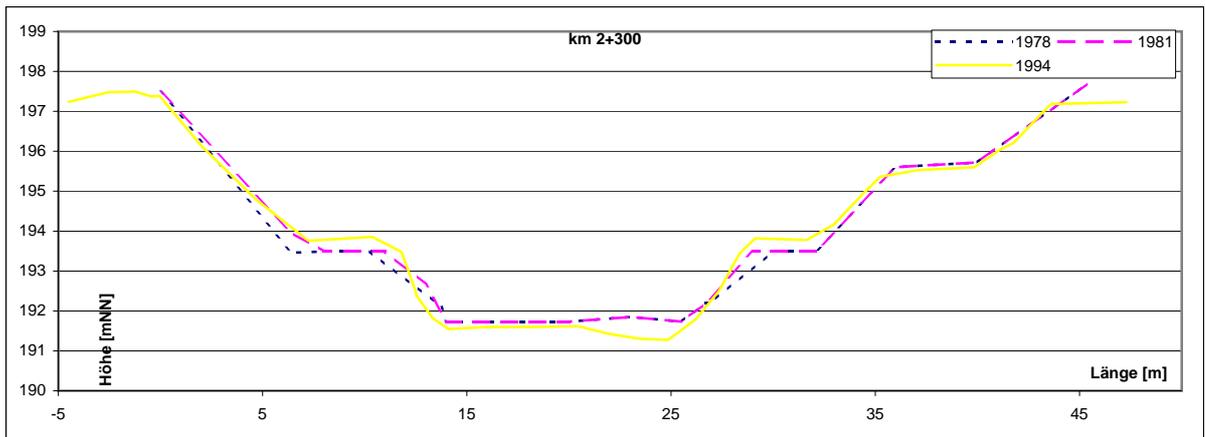
Bild 4: Streichwehr

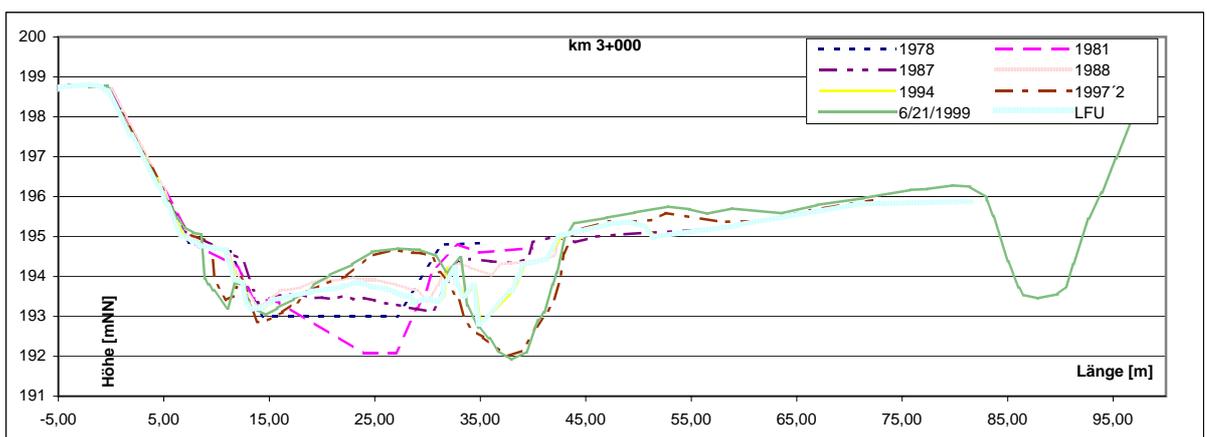
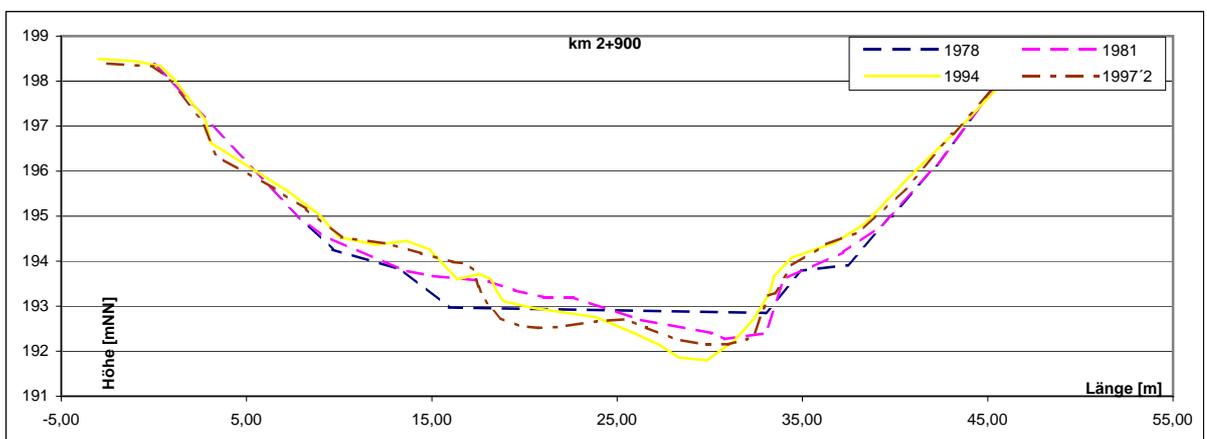
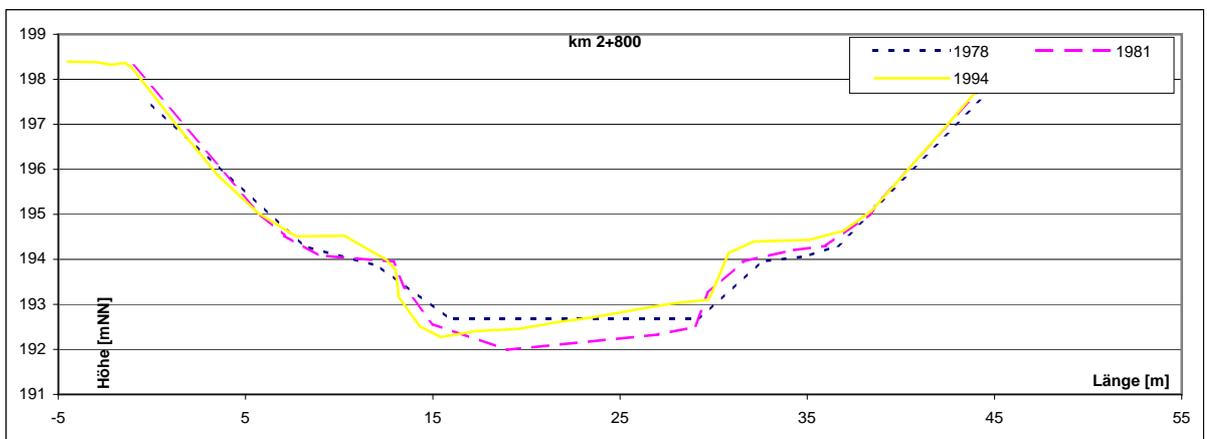
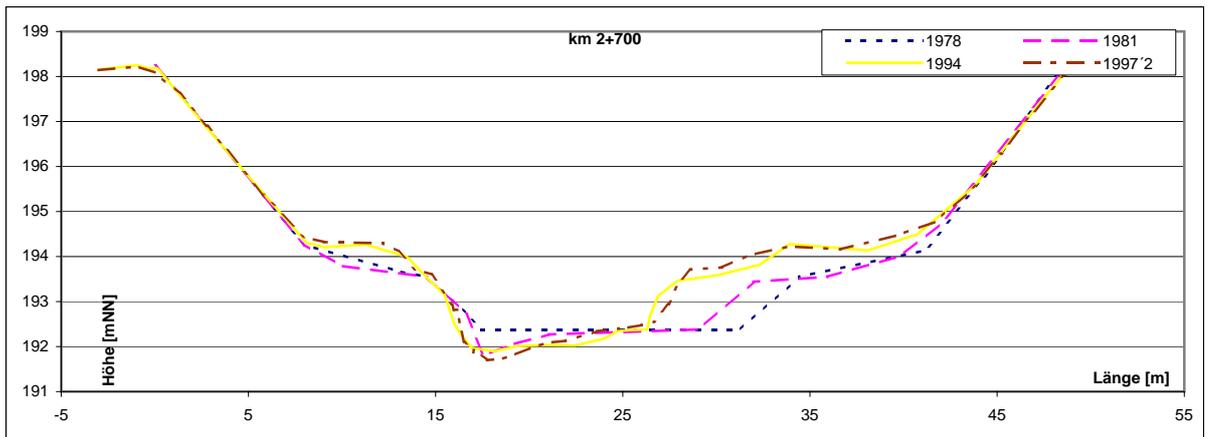


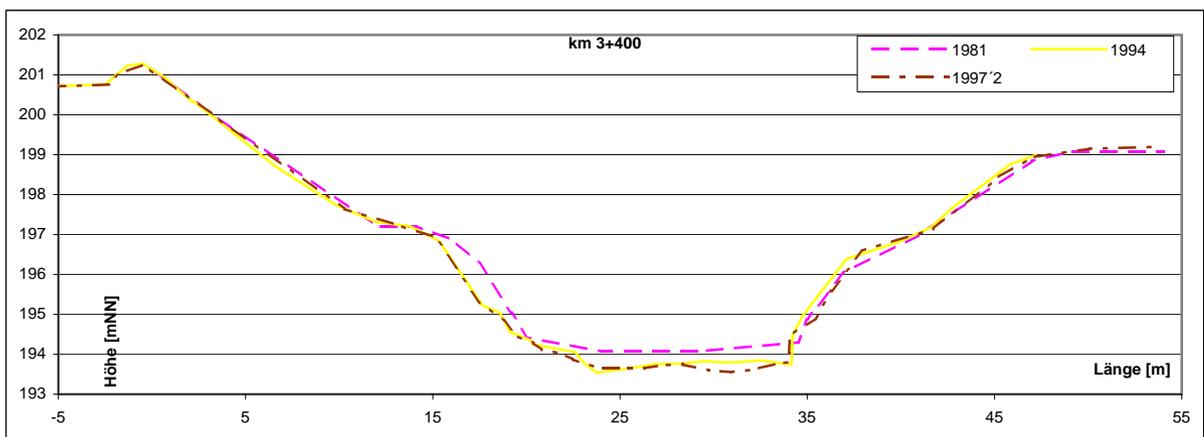
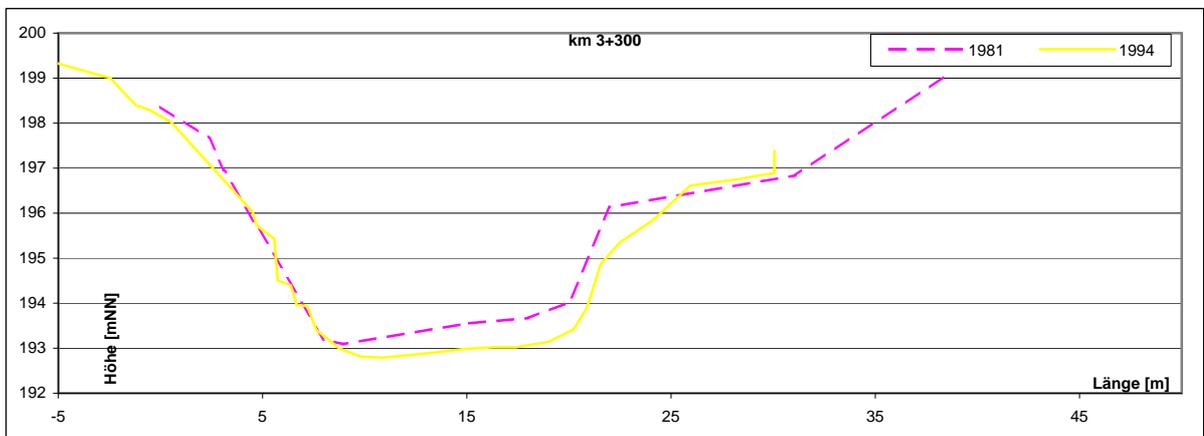
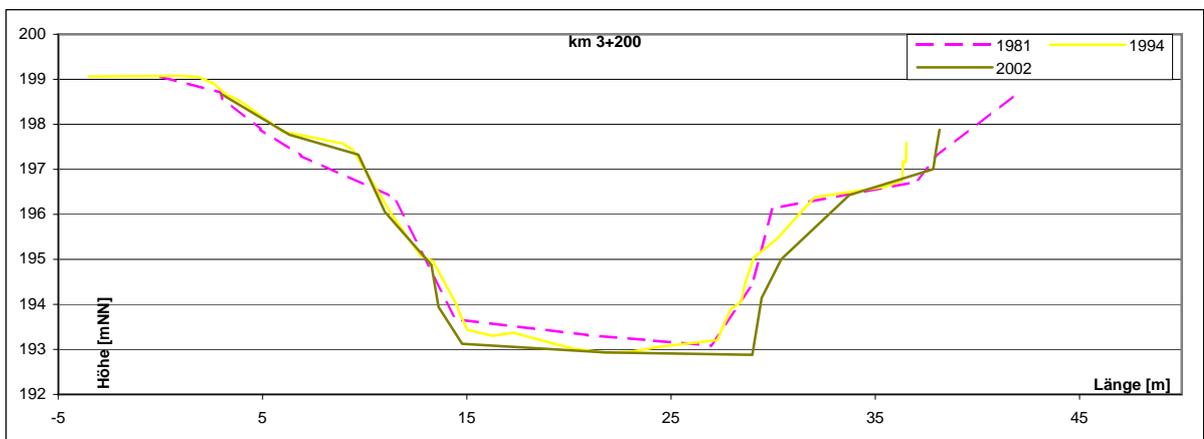
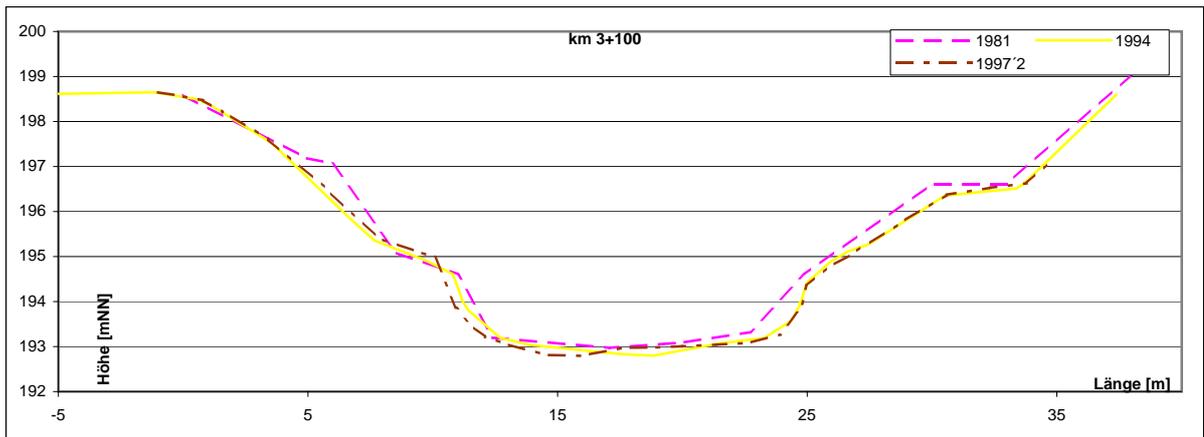
Bild 5: Leerschuss mit Fischbauchklappe

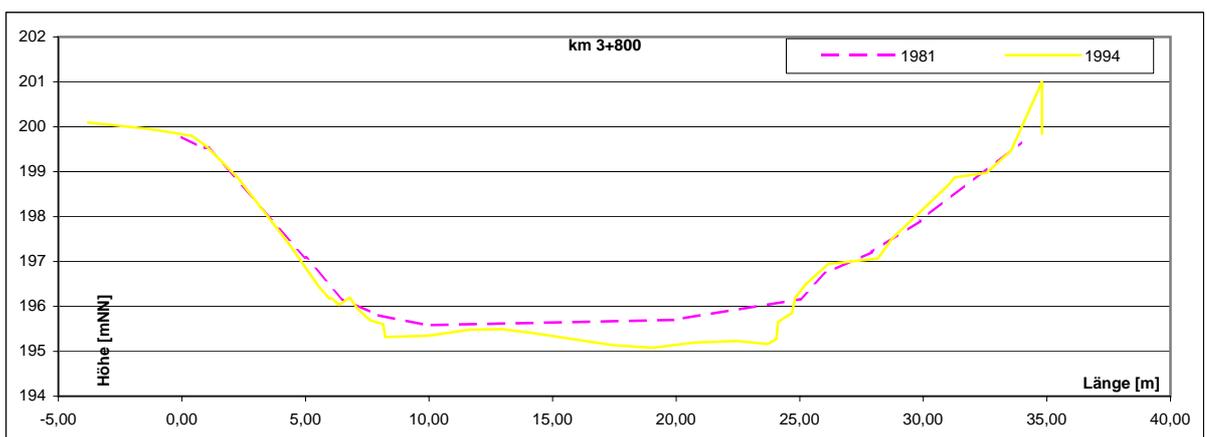
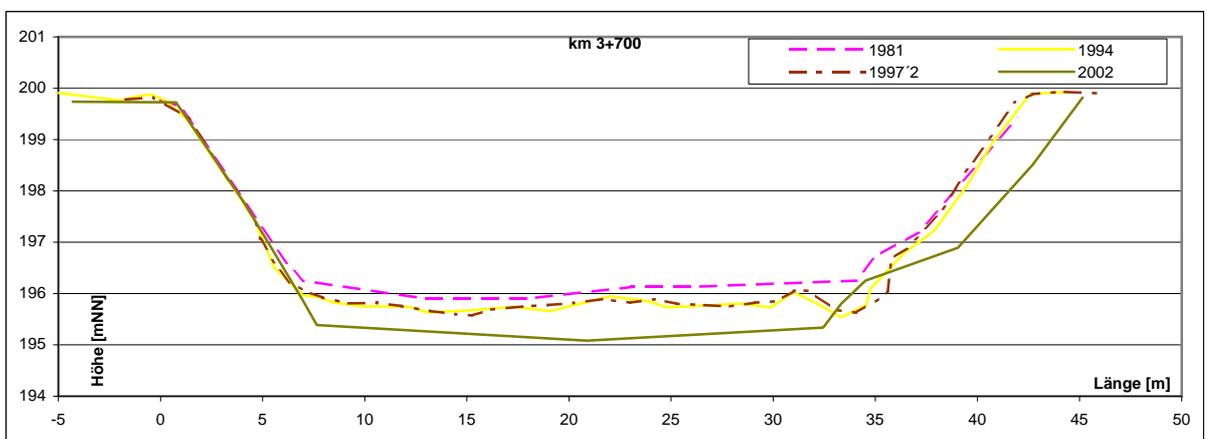
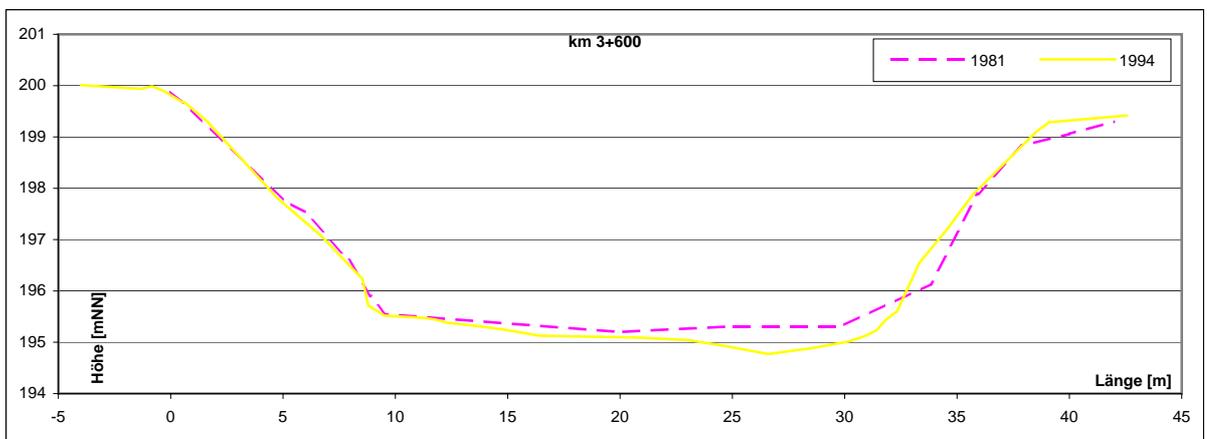
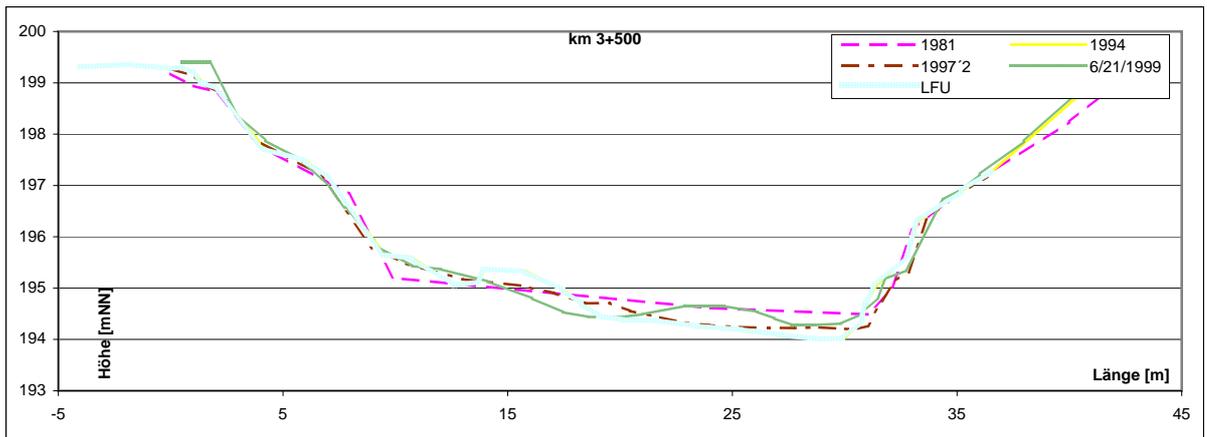
ANHANG 8: Querprofile als Plot

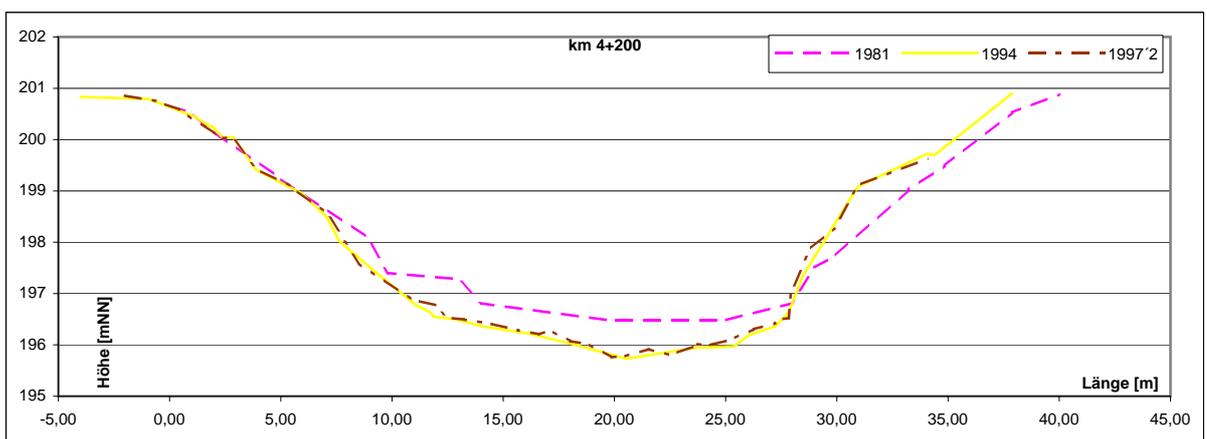
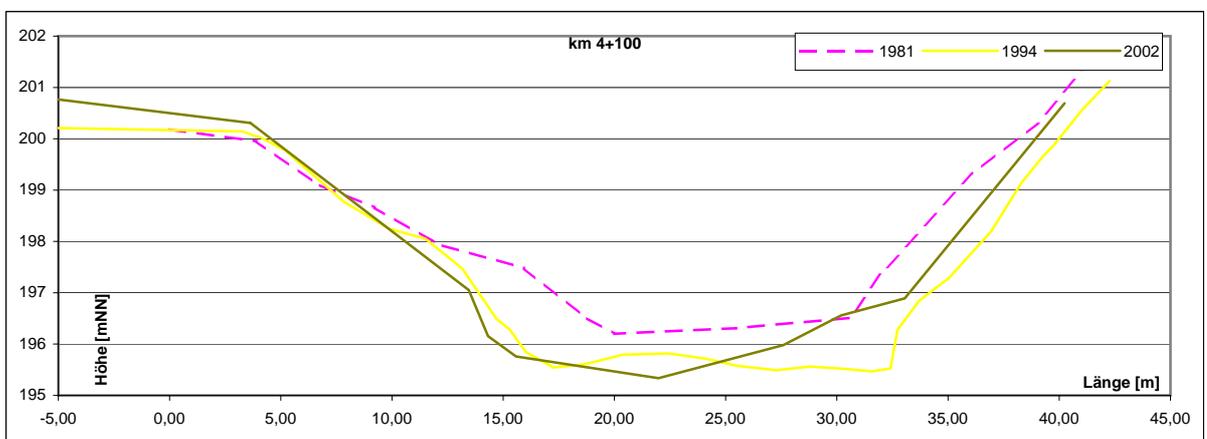
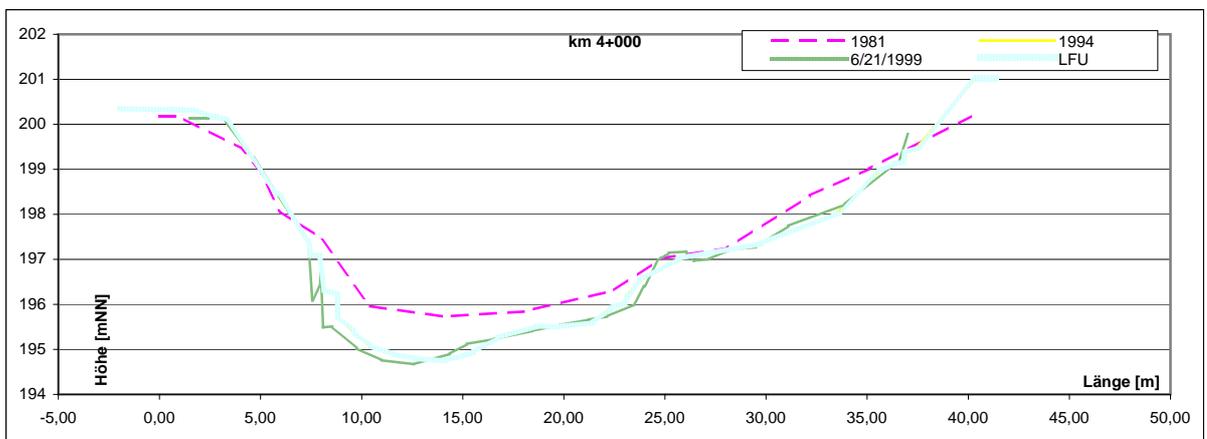
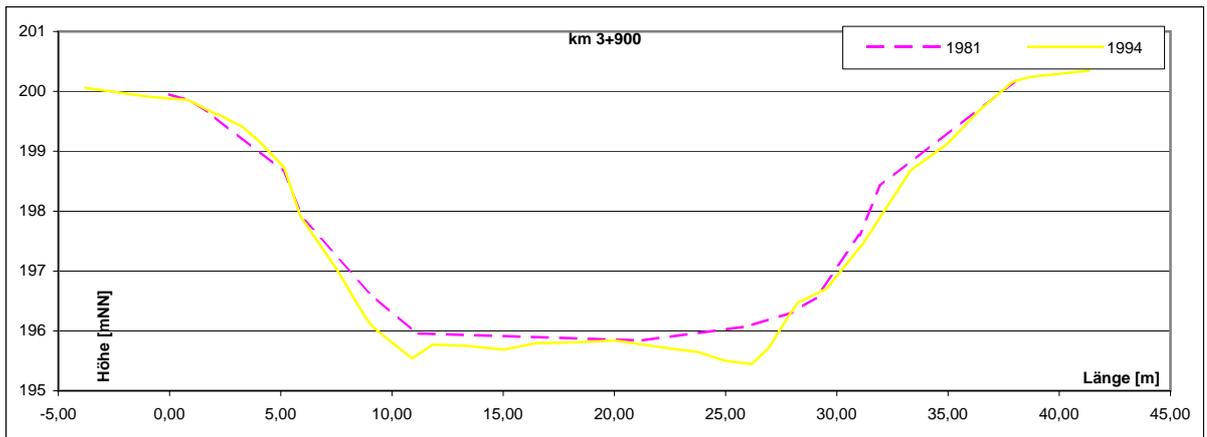


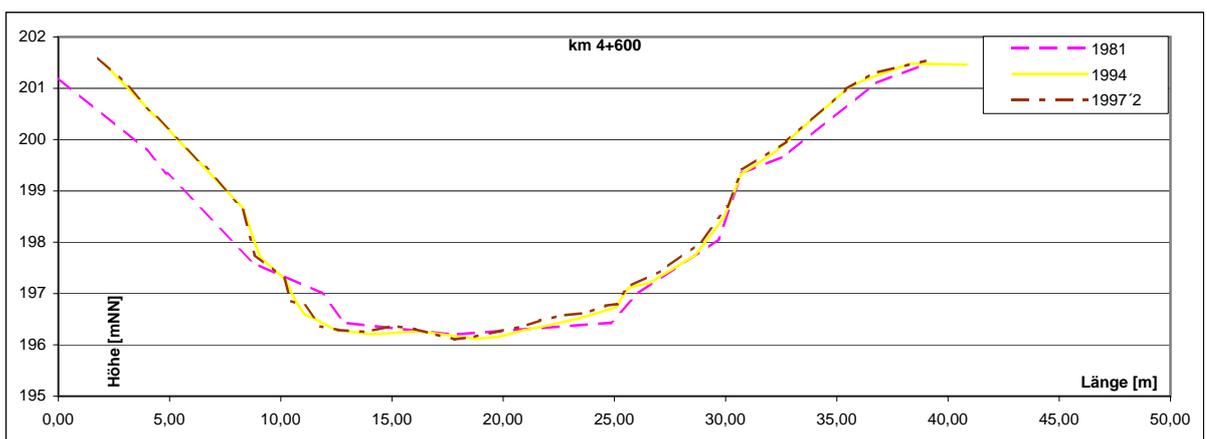
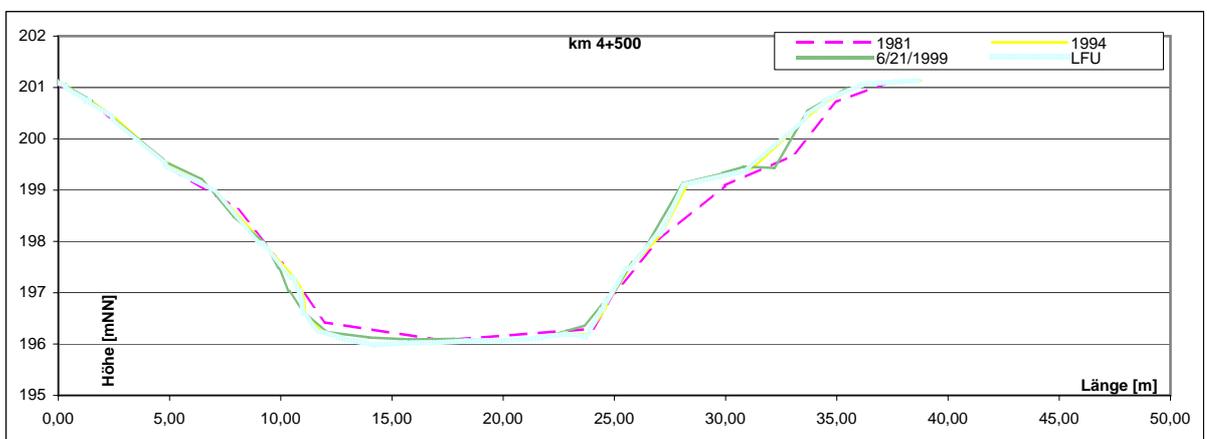
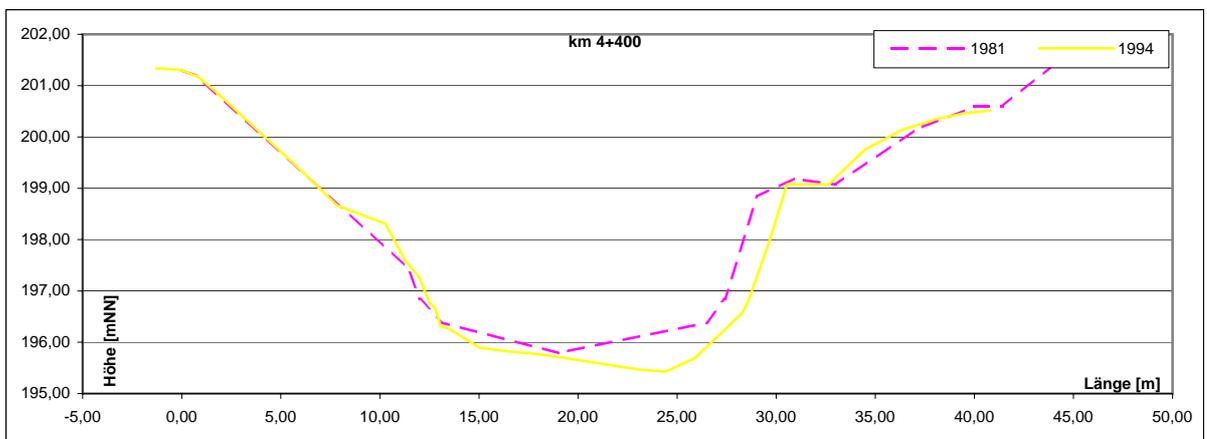
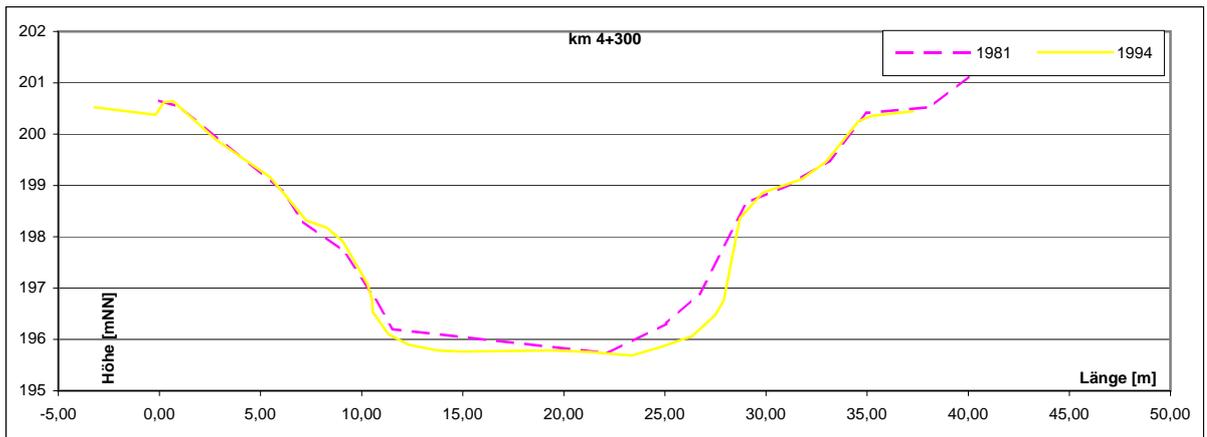


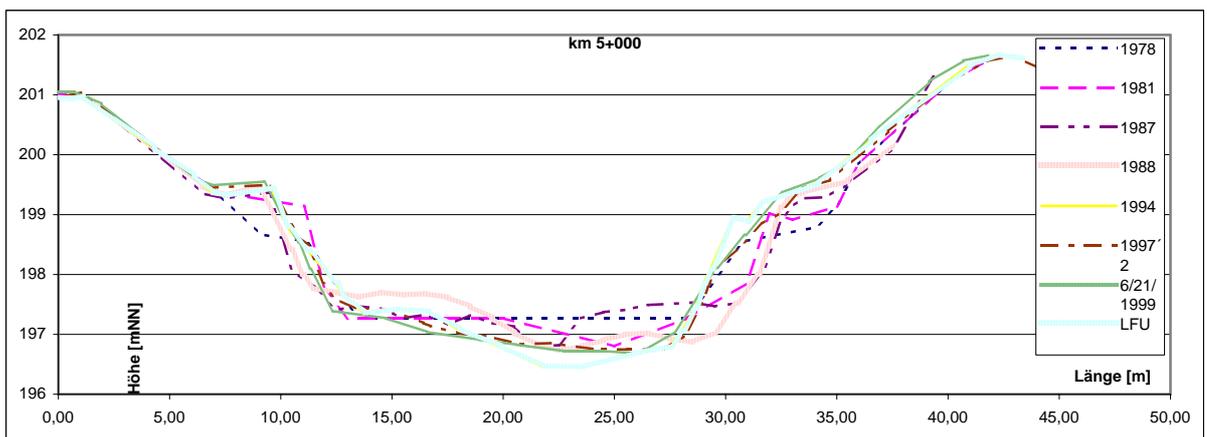
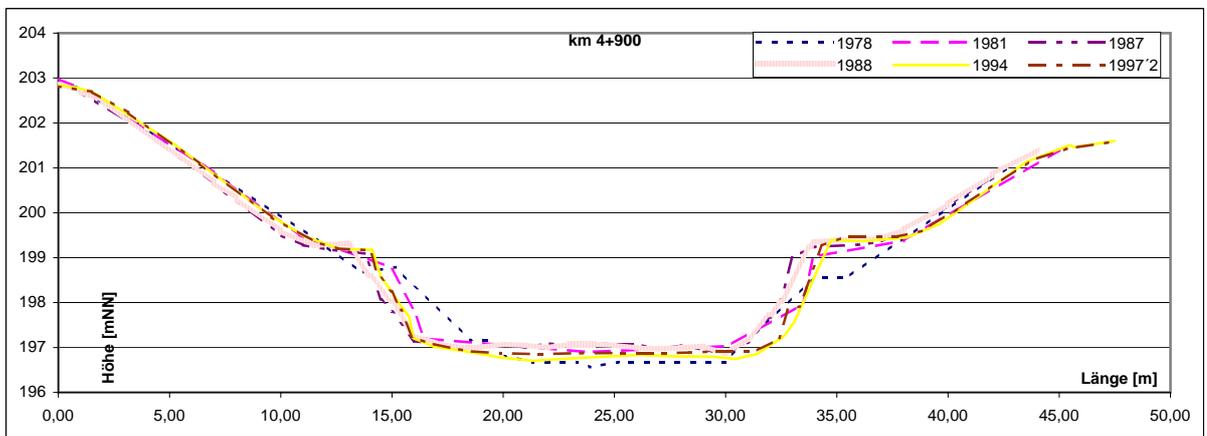
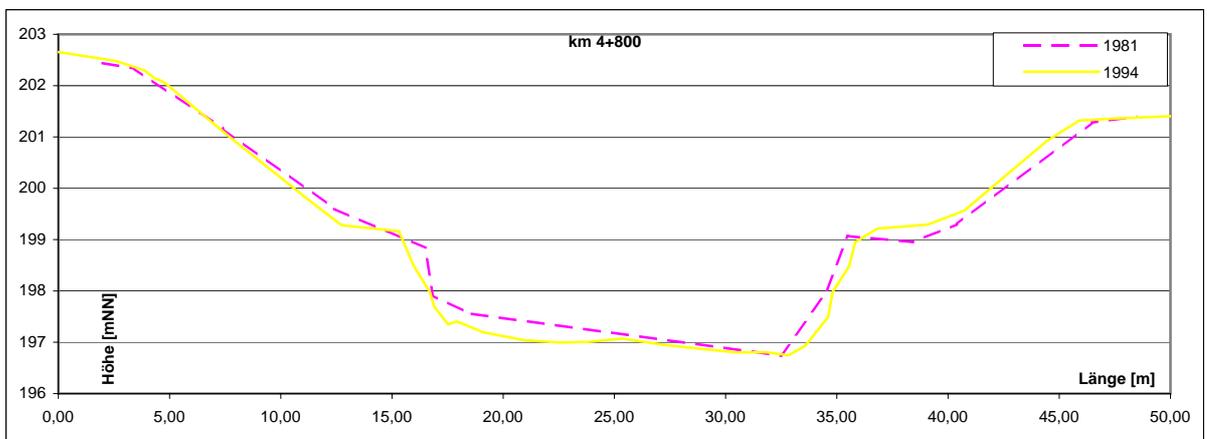
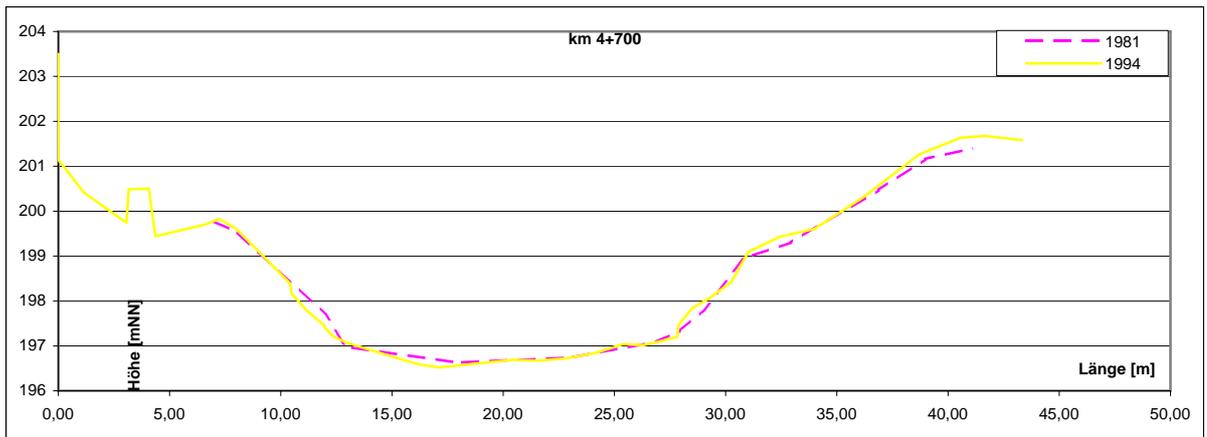


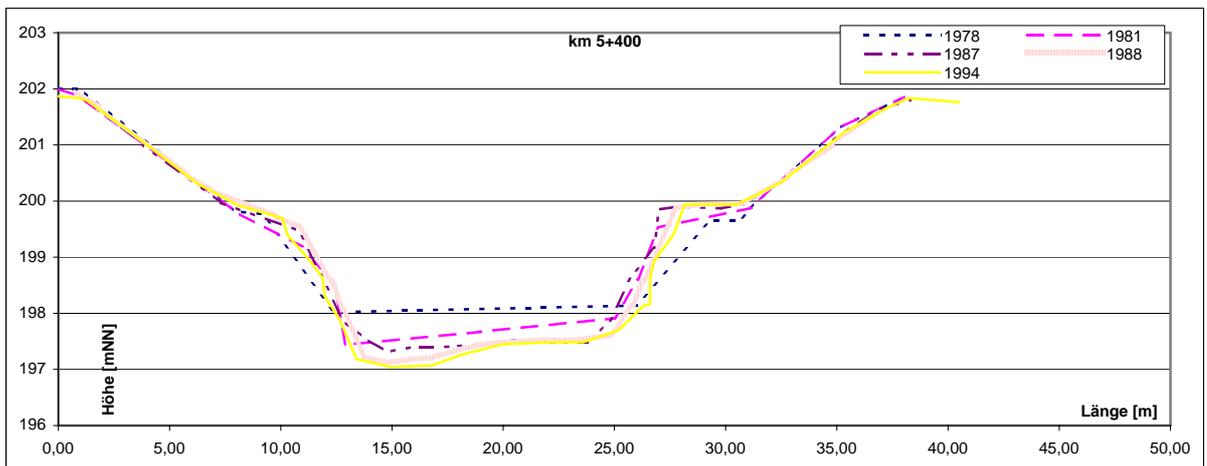
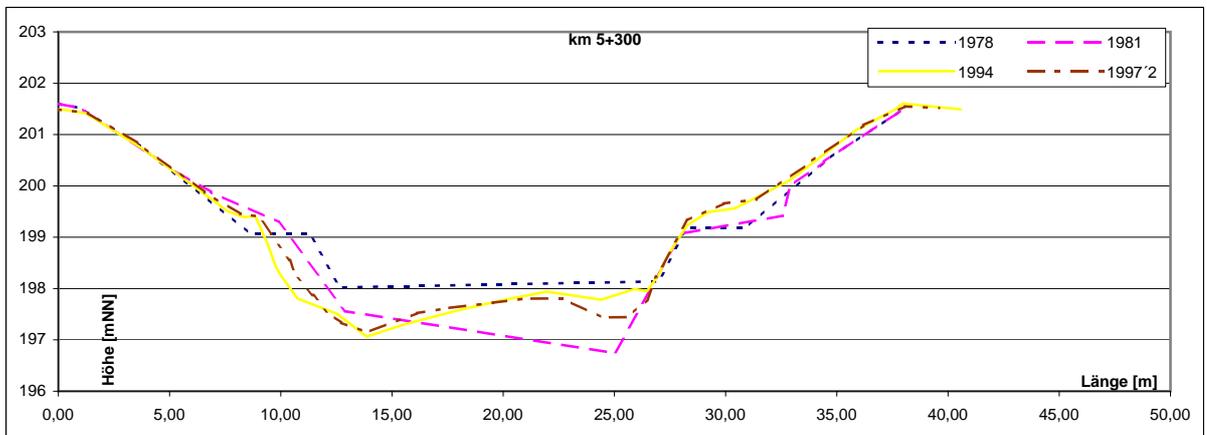
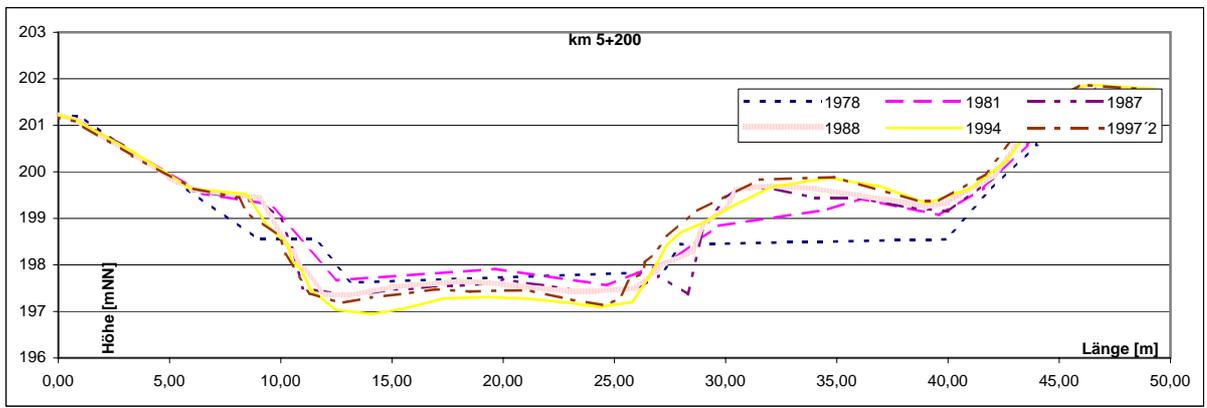
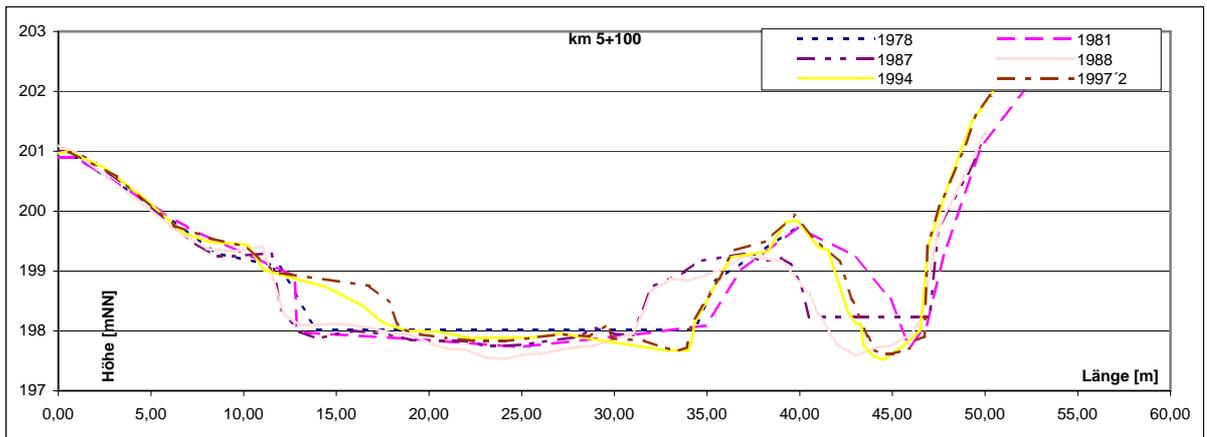


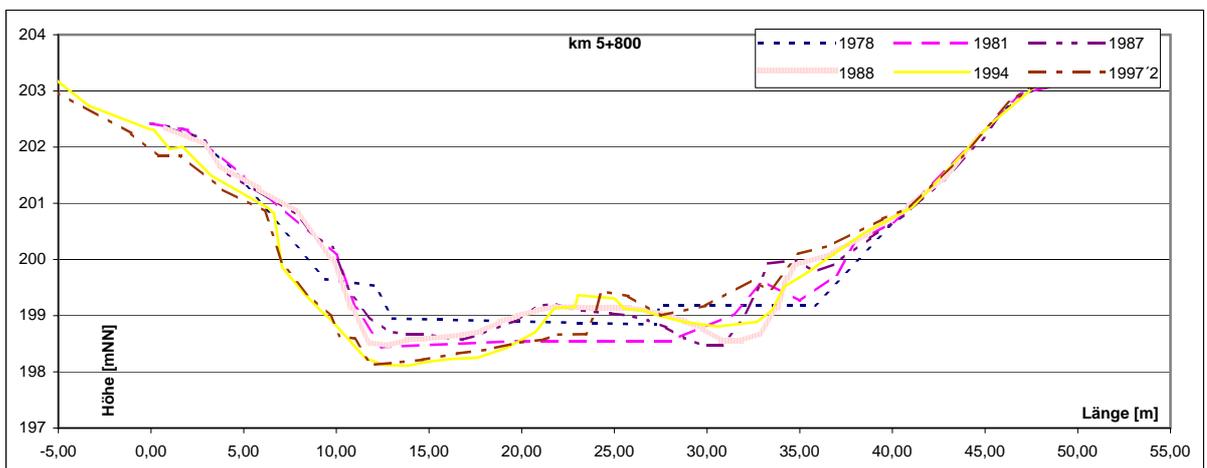
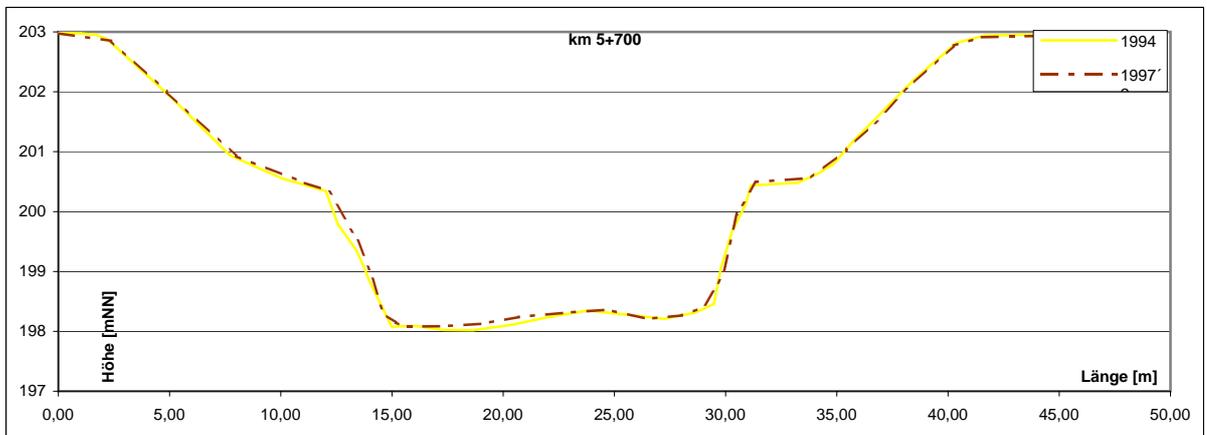
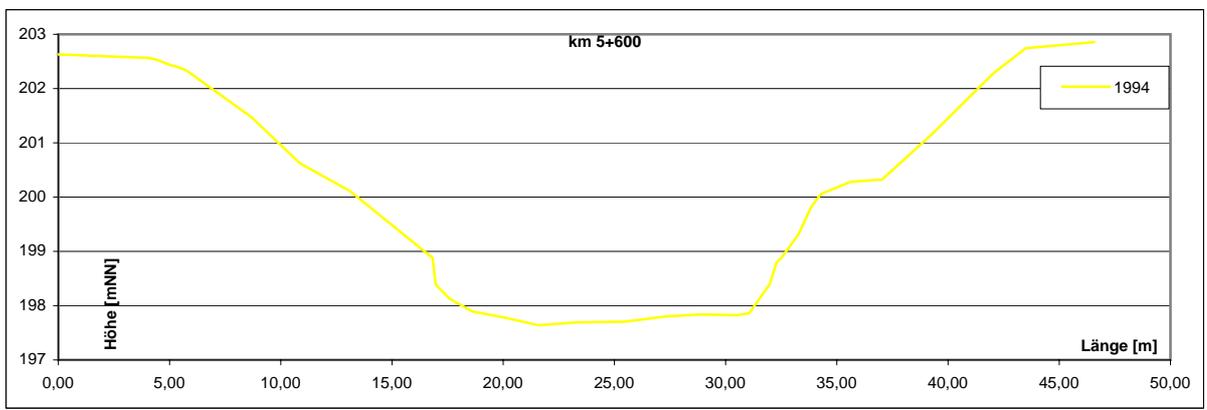
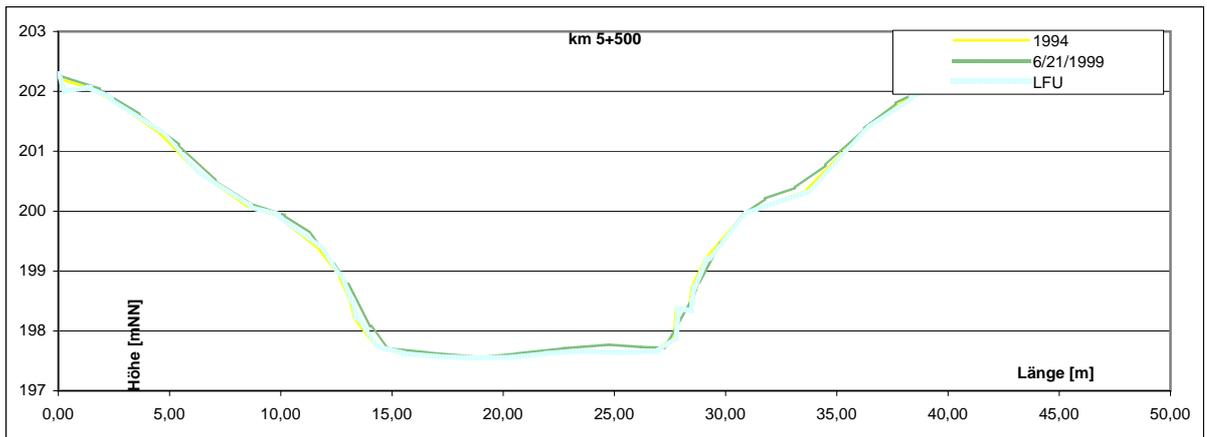


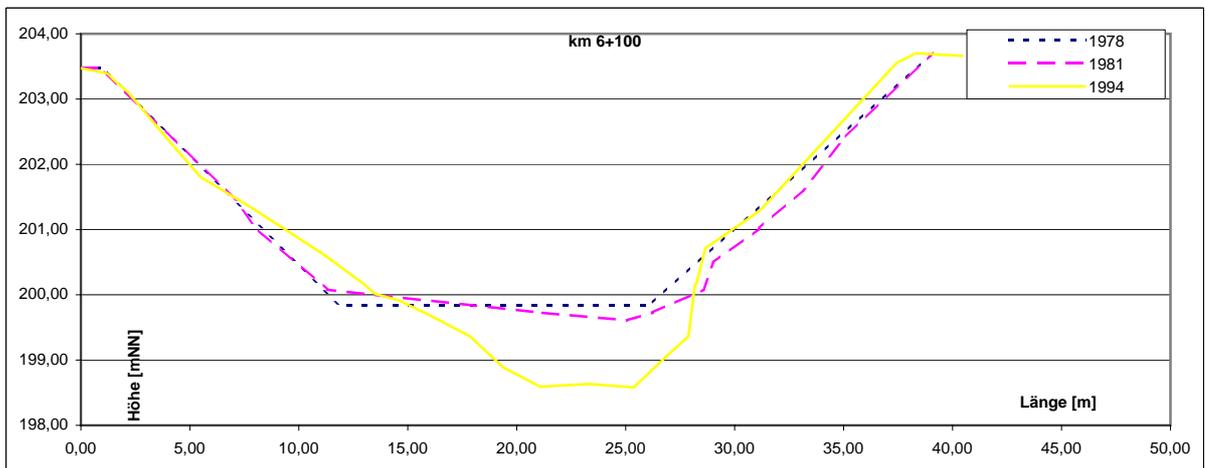
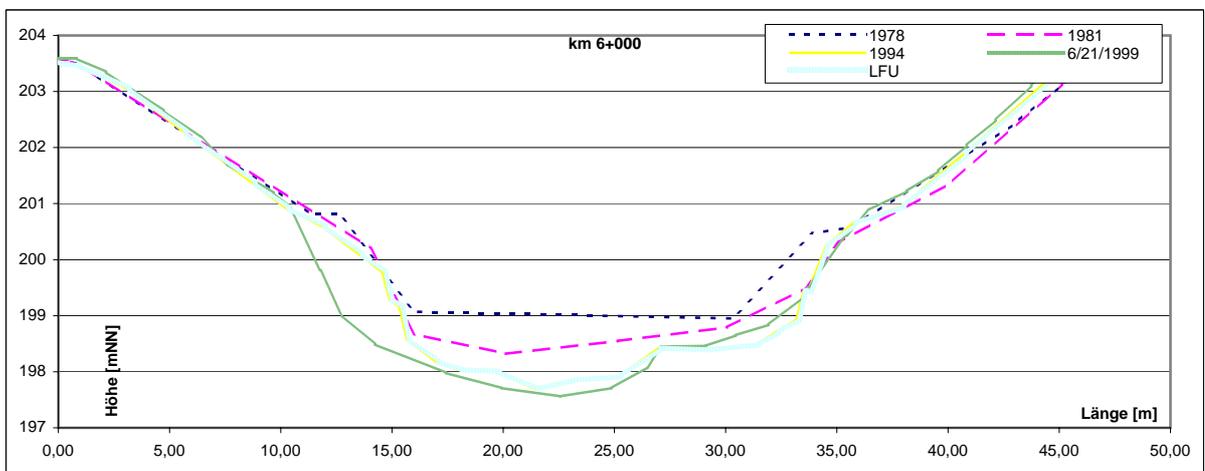
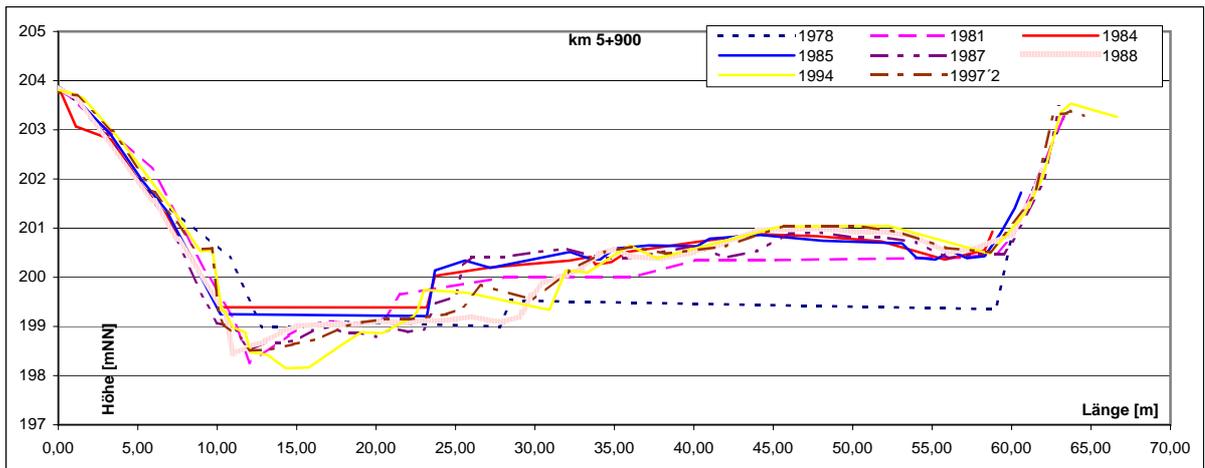












km 1900					
1978		1981		1994	
				Original	-1997 Anpassung
					0-10
0,00	196,59	0,00	196,60	0,00	196,44 -10,00
5,00	194,74	5,00	194,74	2,66	196,46 -7,34
8,72	192,96	7,09	194,05	9,35	196,61 -0,65
10,00	192,96	9,07	193,47	9,81	196,59 -0,19
12,91	192,57	11,98	193,00	10,18	196,52 0,18
15,93	191,37	12,91	192,65	10,29	196,51 0,29
30,93	191,37	15,93	191,37	14,30	194,98 4,30
33,72	192,61	30,93	191,37	17,98	193,80 7,98
37,33	193,08	35,35	193,35	19,60	193,49 9,60
40,12	194,30	36,86	193,47	20,56	193,44 10,56
47,00	196,60	37,91	193,70	22,58	192,86 12,58
		40,12	194,30	22,85	192,61 12,85
		47,00	196,60	23,64	192,29 13,64
				24,65	191,87 14,65
				26,23	191,21 16,23
				28,77	191,20 18,77
				31,86	191,19 21,86
				34,65	191,21 24,65
				37,09	191,23 27,09
				39,48	191,19 29,48
				41,15	191,34 31,15
				42,33	191,84 32,33
				43,25	192,29 33,25
				44,52	193,00 34,52
				45,52	193,46 35,52
				47,85	193,54 37,85
				52,86	195,17 42,86
				56,58	196,54 46,58
				57,10	196,62 47,10
				59,81	196,51 49,81

km 2000					
1978		1981		1994	
				Original	Anpassung
					0-3,8
0,00	196,72	0,00	196,72	0,00	196,66 -3,80
7,91	193,32	6,98	193,72	2,78	196,85 -1,02
9,42	193,20	9,42	193,20	2,99	196,77 -0,81
11,98	192,97	11,98	192,97	3,42	196,72 -0,38
15,00	191,60	15,00	191,60	3,57	196,71 -0,23
18,02	191,33	18,02	191,33	6,22	195,59 2,42
20,93	191,45	25,00	191,56	8,60	194,62 4,80
25,00	191,56	30,99	191,45	10,37	193,88 6,57
30,99	191,45	32,97	191,91	11,43	193,65 7,63
32,97	191,45	35,00	192,85	13,62	193,48 9,82
35,00	192,85	38,02	194,14	15,69	193,41 11,89
38,02	194,14	41,98	195,90	16,12	193,27 12,32
41,98	195,90	44,42	196,13	17,00	192,28 13,20
44,42	196,13			17,00	192,13 13,20
				17,43	191,78 13,63
				18,29	191,43 14,49
				20,91	191,33 17,11
				22,84	191,42 19,04
				25,17	191,50 21,37
				27,50	191,51 23,70
				29,65	191,49 25,85
				32,10	191,51 28,30
				34,48	191,57 30,68
				36,09	191,73 32,29
				37,63	192,10 33,83
				37,66	192,28 33,86
				38,15	192,86 34,35
				38,80	193,11 35,00
				40,43	193,59 36,63
				41,98	194,28 38,18
				44,05	195,23 40,25
				45,21	195,79 41,41
				46,71	195,89 42,91
				48,07	195,85 44,27
				48,07	198,00 44,27

1978			1981		1987		1988		1994		
Original	Anpassung								Original	Anpassung	
		0,-8								0,-2,7	
0,00	196,72	0,80	0,00	196,95	0,00	196,95	0,00	196,87	0,00	196,79	-2,70
5,00	194,28	5,80	5,00	194,60	6,00	194,12	5,00	194,68	2,41	196,89	-0,29
7,09	193,35	7,89	6,98	193,60	7,50	193,62	8,00	193,51	2,65	196,86	-0,05
9,19	193,00	9,99	7,91	193,31	10,50	193,49	9,00	193,25	2,97	196,78	0,27
10,00	193,00	10,80	9,88	193,20	12,00	193,29	10,50	193,02	3,06	196,78	0,36
11,16	192,77	11,96	11,51	192,96	12,50	192,49	12,00	192,58	4,80	196,10	2,10
14,19	191,37	14,99	11,98	192,21	13,00	192,01	13,00	192,64	6,87	195,09	4,17
28,37	191,49	29,17	13,02	191,67	14,00	191,76	15,00	192,52	8,30	194,29	5,60
31,98	193,00	32,78	21,86	191,67	15,00	191,76	16,00	191,57	10,32	193,57	7,62
35,47	193,00	36,27	26,98	191,59	16,00	191,75	17,00	191,33	13,22	193,49	10,52
42,56	196,72	43,36	30,93	191,67	17,00	191,83	18,00	191,27	14,48	193,21	11,78
43,95	197,30	44,75	33,37	193,08	18,00	191,87	19,00	191,17	15,02	192,29	12,32
			43,95	197,30	19,00	191,90	20,00	191,07	15,02	192,27	12,32
					20,00	191,92	21,00	190,96	15,50	191,95	12,80
					21,00	191,92	22,00	190,87	17,59	191,78	14,89
					22,00	191,91	23,00	190,82	19,81	191,64	17,11
					23,00	191,80	24,00	190,82	22,34	191,68	19,64
					24,00	191,80	25,00	190,74	24,18	191,55	21,48
					25,00	191,79	26,00	190,69	26,50	191,50	23,80
					26,00	191,79	27,00	190,69	28,97	191,48	26,27
					27,00	191,69	28,00	190,67	31,26	191,40	28,56
					28,00	191,66	29,00	190,69	34,23	191,44	31,53
					29,00	191,56	30,00	190,74	35,38	192,12	32,68
					30,00	191,48	31,00	190,85	35,75	192,29	33,05
					31,00	191,49	32,00	191,25	36,24	192,90	33,54
					32,00	191,80	32,50	191,57	38,19	193,62	35,49
					33,00	192,49	33,00	191,70	39,89	194,20	37,19
					33,30	192,95	34,00	193,03	44,22	196,05	41,52
					34,00	193,17	35,00	193,40	46,89	197,19	44,19
					35,00	193,49	36,00	193,68	48,33	197,28	45,63
					36,00	193,75			49,39	197,23	46,69
					37,00	194,15			49,39	198,40	46,69
					38,00	194,54					

km 2200					
1981		1994		1997'2	
Original	Anpassung			Original	Anpassung
					0+0,3
0,00	197,12	7,50	0,00	197,39	0,30
6,14	193,97	13,64	2,76	197,50	2,06
7,95	193,42	15,45	3,12	197,46	3,63
11,14	193,29	18,64	3,50	197,43	4,94
11,82	192,95	19,32	3,60	197,42	6,35
13,18	191,98	20,68	4,09	197,26	8,03
30,00	191,71	37,50	5,11	196,76	9,97
32,73	193,15	40,23	6,34	196,57	12,49
43,86	197,60	51,36	8,13	195,89	13,50
			9,67	195,16	15,58
			12,88	193,94	17,63
			15,08	193,71	18,51
			18,78	193,36	19,21
			20,09	192,30	19,25
			20,19	192,18	19,46
			20,86	191,95	19,66
			21,81	191,60	19,77
			23,54	191,44	20,22
			25,68	191,22	20,62
			27,99	190,98	20,92
			30,47	190,97	21,44
			31,98	191,07	22,16
			33,30	191,50	22,83
			33,68	191,91	23,65
			33,73	192,30	24,54
			34,53	192,66	25,20
			35,89	192,99	25,90
			38,45	193,66	26,61
			41,64	193,91	27,58
			46,03	195,09	28,16
			46,42	197,54	28,77
			47,68	197,48	29,30
			49,17	197,19	30,03
			49,18	197,04	30,40
					30,69
					30,98
					31,06
					31,25
					32,08
					32,44
					32,64
					33,24
					34,04
					34,41
					34,91
					36,19
					36,95
					38,37
					40,63
					43,46
					45,95
					46,40
					46,47
					46,50
					49,00

km 2300					
1978		1981		1994	
Original	Anpassung			Original	Anpassung
					0-4,5
0,00	197,48	0,00	197,48	0,00	-4,50
6,43	193,46	6,43	193,96	1,93	-2,57
8,00	193,49	8,00	193,49	3,25	-1,25
10,26	193,49	10,99	193,49	4,04	-0,46
13,76	192,09	12,98	192,67	4,35	-0,15
14,00	191,73	14,00	191,73	4,46	-0,04
20,00	191,73	20,00	191,73	6,52	2,02
23,04	191,85	23,04	191,85	9,19	4,69
25,50	191,73	25,50	191,73	11,75	7,25
26,69	192,20	26,69	192,20	14,88	10,38
26,94	192,20	29,01	193,49	16,30	11,80
29,97	193,49	32,06	193,49	16,99	12,49
32,06	193,49	36,03	195,60	17,03	12,53
36,03	195,60	40,00	195,72	17,84	13,34
40,00	195,72	45,40	197,71	18,60	14,10
45,40	197,71			20,48	15,98
				22,64	18,14
				24,96	20,46
				26,44	21,94
				27,95	23,45
				29,36	24,86
				30,68	26,18
				31,83	27,33
				32,86	28,36
				33,62	29,12
				36,14	31,64
				37,46	32,96
				38,90	34,40
				39,74	35,24
				41,56	37,06
				44,33	39,83
				45,57	41,07
				46,26	41,76
				47,98	43,48
				48,11	43,61
				48,64	44,14
				51,78	47,28

km 2400											
1978		1981		1987		1988		1994			
								Original	Anpassung		
								0-2.5			
0,00	197,60	0,00	197,60	0,00	197,69	0,00	197,68	0,00	197,53	-2,50	
1,28	197,60	5,06	195,10	4,50	195,64	8,00	194,12	2,80	197,62	0,30	
6,38	194,12	6,98	194,00	7,00	194,38	10,00	193,79	3,17	197,57	0,67	
15,07	193,19	8,37	193,77	8,00	194,10	15,00	193,80	3,76	197,47	1,26	
17,51	192,14	9,88	193,53	10,00	193,83	16,50	193,30	3,86	197,46	1,36	
37,22	192,14	14,42	193,53	14,00	193,86	18,00	193,10	4,22	197,34	1,72	
39,77	193,53	16,40	192,37	15,00	193,88	19,00	193,30	6,43	196,09	3,93	
41,39	193,65	21,98	192,26	16,00	193,77	20,00	193,15	8,88	194,68	6,38	
49,04	197,49	26,98	192,14	18,50	193,00	21,00	193,49	11,49	193,92	8,99	
50,00	197,49	32,91	191,67	20,00	193,03	22,00	193,30	13,67	193,78	11,17	
		37,09	191,67	21,50	193,15	23,00	192,99	16,82	193,98	14,32	
		38,02	191,67	22,00	193,12	24,00	192,95	20,63	193,33	18,13	
		39,07	192,80	23,50	193,00	25,00	192,92	23,23	193,60	20,73	
		40,80	193,60	24,50	192,78	26,00	192,88	25,42	192,81	22,92	
		43,02	194,13	25,00	192,68	27,00	192,75	27,67	192,89	25,17	
		50,00	197,49	26,00	192,72	28,00	192,60	29,32	192,72	26,82	
				27,00	192,73	29,00	192,48	30,41	192,49	27,91	
				28,00	192,64	30,00	192,51	32,23	192,33	29,73	
				29,00	192,52	31,00	192,10	34,20	192,21	31,70	
				30,00	192,42	32,00	192,20	35,80	192,09	33,30	
				31,00	192,33	33,00	192,20	37,57	191,94	35,07	
				32,00	192,20	34,00	191,90	39,74	191,65	37,24	
				33,00	192,00	35,00	191,50	41,40	191,49	38,90	
				34,00	191,85	36,00	191,71	42,29	191,95	39,79	
				35,00	191,64	37,00	191,45	42,68	192,22	40,18	
				36,00	191,46	38,00	191,48	43,52	192,49	41,02	
				37,00	191,39	39,00	192,12	44,05	193,55	41,55	
				38,00	191,55	40,50	192,75	45,39	193,94	42,89	
				39,00	192,00	41,00	193,95	47,26	194,33	44,76	
				40,00	192,78	42,00	194,09	48,97	195,10	46,47	
				40,50	193,71			52,12	196,25	49,62	
				42,00	194,10			54,51	197,34	52,01	
				43,00	194,23			56,23	197,53	53,73	
				44,00	194,59			57,99	197,45	55,49	
				45,00	194,88						
1997'2											
Original		Anpassung									
		0-2.5									
0,00	197,50	-2,50									
1,58	197,55	-0,92									
3,48	197,49	0,98									
4,54	197,10	2,04									
6,05	196,24	3,55									
7,70	195,32	5,20									
9,89	194,34	7,39									
12,21	193,98	9,71									
15,39	193,97	12,89									
17,64	193,79	15,14									
19,55	193,61	17,05									
21,14	193,44	18,64									
23,27	193,29	20,77									
24,65	193,12	22,15									
25,44	193,03	22,94									
26,09	193,18	23,59									
27,05	193,35	24,55									
27,78	193,30	25,28									
28,28	192,92	25,78									
29,14	192,85	26,64									
30,32	192,64	27,82									
31,69	192,59	29,19									
33,33	192,49	30,83									
33,65	192,40	31,15									
34,82	192,32	32,32									
35,59	192,21	33,09									
36,46	192,15	33,96									
37,12	192,05	34,62									
37,82	191,99	35,32									
38,37	191,94	35,87									
39,05	191,87	36,55									
39,66	191,81	37,16									
40,21	191,72	37,71									
40,56	191,69	38,06									
41,15	191,69	38,65									
41,90	191,65	39,40									
42,37	191,90	39,87									
42,65	192,04	40,15									
42,92	192,18	40,42									
43,07	192,49	40,57									
43,75	193,57	41,25									
44,96	194,04	42,46									
47,23	194,33	44,73									
48,58	194,78	46,08									
50,48	195,66	47,98									
52,29	196,44	49,79									
54,36	197,36	51,86									
56,00	197,50	53,50									
57,67	197,49	55,17									

km 2500											
1978		1981		1994		1999		LFU			
						Original	Anpassung	Original	Anpassung		
0,00	197,89	0,00	197,89	0,00	197,78	0,00	197,91	-2,27	197,94	-3,27	
7,13	194,02	1,17	197,30	1,78	197,94	0,92	197,91	-0,49	197,94	-1,49	
13,92	193,32	8,60	194,04	2,27	197,92	3,35	196,81	0,00	197,92	-1,00	
16,84	192,15	9,40	193,79	3,19	197,86	6,08	195,53	0,92	197,86	-0,08	
30,76	192,15	12,40	193,48	3,30	197,86	7,63	194,96	1,03	197,86	0,03	
33,68	193,32	15,48	193,32	6,10	196,51	9,13	194,38	3,83	196,51	2,83	
40,35	194,02	17,13	192,62	9,85	194,82	10,42	194,02	7,58	194,82	6,58	
50,00	197,80	18,06	191,91	12,48	193,91	11,19	193,96	10,21	193,91	9,21	
		21,11	192,03	15,04	193,79	13,13	194,03	12,77	193,79	11,77	
		25,10	192,10	16,94	193,89	14,25	194,10	14,67	193,89	13,67	
		30,03	191,80	18,70	193,58	14,88	194,00	16,43	193,58	15,43	
		32,02	192,03	19,35	192,57	15,69	193,60	17,08	192,57	16,08	
		34,60	192,27	19,40	192,45	16,69	192,94	17,13	192,45	16,13	
		36,60	192,62	20,37	191,92	18,00	192,09	18,10	191,92	17,10	
		37,07	193,32	21,38	191,59	19,01	191,84	19,11	191,59	18,11	
		42,11	194,96	23,01	191,76	20,29	191,54	20,74	191,76	19,74	
		44,11	195,66	24,43	191,83	21,59	191,77	22,16	191,83	21,16	
		50,00	197,80	25,73	191,90	23,23	191,86	23,46	191,90	22,46	
				27,63	191,93	25,23	191,91	25,36	191,93	24,36	
				29,61	192,04	27,26	191,93	27,34	192,04	26,34	
				31,24	192,08	29,18	191,83	28,97	192,08	27,97	
				32,75	192,00	31,13	191,85	30,48	192,00	29,48	
				34,47	191,97	32,45	191,89	32,20	191,97	31,20	
				35,92	192,11	34,48	192,28	33,65	192,11	32,65	
				36,61	192,33	34,97	192,57	34,34	192,33	33,34	
				36,87	192,57	35,81	192,95	34,60	192,57	33,60	
				37,55	192,98	37,48	193,86	35,28	192,98	34,28	
				40,24	193,85	38,80	194,26	37,97	193,85	36,97	
				43,38	194,23	41,03	194,36	41,11	194,23	40,11	
				47,32	195,60	43,21	195,02	45,05	195,60	44,05	
				51,08	197,47	46,05	196,12	48,81	197,47	47,81	
				53,66	197,77	48,41	197,42	51,39	197,77	50,39	
				54,43	197,73	49,32	197,61	52,16	197,73	51,16	

km 2700									
1978		1981		1994			1997'2		
				Original	Anpassung		Original	Anpassung	
					0-3			0-3	
0,00	198,24	0,00	198,24	0,00	198,15	-3,00	0,00	198,14	-3,00
8,02	194,26	8,02	194,26	1,66	198,23	-1,34	2,08	198,22	-0,92
13,02	193,67	10,00	193,79	2,07	198,25	-0,93	3,00	198,09	0,00
14,53	193,55	14,53	193,55	2,72	198,17	-0,28	4,32	197,63	1,32
16,63	192,73	16,63	192,73	3,03	198,19	0,03	5,79	196,90	2,79
17,44	192,38	17,56	191,80	3,15	198,18	0,15	6,81	196,38	3,81
31,28	192,38	18,95	192,03	5,74	196,88	2,74	8,82	195,37	5,82
34,42	193,55	21,05	192,27	8,01	195,78	5,01	11,02	194,43	8,02
41,16	194,14	29,07	192,38	11,11	194,31	8,11	12,04	194,32	9,04
44,11	195,66	31,98	193,44	12,05	194,21	9,05	15,18	194,30	12,18
48,37	198,13	35,93	193,55	14,27	194,27	11,27	15,98	194,12	12,98
		39,88	194,02	16,47	193,99	13,47	16,92	193,72	13,92
		41,98	194,73	17,68	193,47	14,68	17,77	193,60	14,77
		48,53	198,13	18,48	193,15	15,48	18,88	192,94	15,88
				18,87	192,67	15,87	18,98	192,82	15,98
				18,97	192,54	15,97	19,18	192,82	16,18
				19,37	192,26	16,37	19,29	192,51	16,29
				19,92	191,97	16,92	19,52	192,10	16,52
				21,12	191,90	18,12	20,02	191,88	17,02
				22,39	192,01	19,39	20,05	191,94	17,05
				23,83	192,03	20,83	20,75	191,70	17,75
				25,44	192,03	22,44	21,50	191,72	18,50
				27,01	192,18	24,01	22,14	191,81	19,14
				27,77	192,35	24,77	23,02	191,97	20,02
				29,31	192,38	26,31	23,91	192,08	20,91
				29,44	192,67	26,44	24,95	192,13	21,95
				29,89	193,13	26,89	26,64	192,34	23,64
				30,94	193,46	27,94	27,78	192,40	24,78
				33,02	193,58	30,02	28,21	192,42	25,21
				35,30	193,82	32,30	29,01	192,48	26,01
				36,90	194,28	33,90	29,66	192,56	26,66
				41,11	194,14	38,11	30,45	192,94	27,45
				43,74	194,49	40,74	30,99	193,43	27,99
				46,83	195,58	43,83	31,64	193,71	28,64
				50,29	197,42	47,29	33,30	193,76	30,30
				51,58	198,07	48,58	34,61	194,01	31,61
				51,86	198,11	48,86	36,88	194,23	33,88
				55,30	198,12	52,30	39,63	194,16	36,63
							42,80	194,49	39,80
							44,73	194,78	41,73
							46,47	195,43	43,47
							48,20	196,28	45,20
							49,88	197,19	46,88
							51,62	198,04	48,62
							51,92	198,08	48,92
							54,75	198,13	51,75

km 2800							
1978	1981			1994			
	Original	Anpassung		Original	Anpassung		
			0-1			0-4,5	
0,00	197,44	0,00	198,30	-1,00	0,00	198,39	-4,50
8,07	194,30	6,80	195,00	5,80	1,57	198,38	-2,93
12,16	193,84	8,08	194,53	7,08	2,31	198,32	-2,19
15,91	192,67	9,90	194,09	8,90	3,07	198,37	-1,43
29,24	192,67	13,90	193,95	12,90	3,27	198,30	-1,23
32,52	193,95	14,49	193,37	13,49	3,37	198,29	-1,13
34,97	194,07	16,01	192,56	15,01	6,07	196,85	1,57
36,61	194,30	19,97	191,99	18,97	8,02	195,86	3,52
45,97	198,26	28,02	192,33	27,02	10,15	195,03	5,65
		30,00	192,50	29,00	12,20	194,51	7,70
		30,70	193,26	29,70	14,78	194,53	10,28
		32,57	193,95	31,57	16,02	194,23	11,52
		35,02	194,19	34,02	17,03	193,99	12,53
		37,00	194,30	36,00	17,52	193,76	13,02
		39,33	195,00	38,33	17,64	193,33	13,14
		39,92	195,35	38,92	17,65	193,18	13,15
		45,98	198,10	44,98	18,82	192,51	14,32
		48,00	198,10	47,00	19,93	192,27	15,43
					21,83	192,41	17,33
					24,10	192,45	19,60
					26,00	192,59	21,50
					27,91	192,70	23,41
					30,44	192,89	25,94
					32,27	193,02	27,77
					34,23	193,11	29,73
					34,49	193,33	29,99
					35,30	194,15	30,80
					36,65	194,40	32,15
					39,59	194,43	35,09
					41,44	194,63	36,94
					42,94	195,08	38,44
					46,60	196,81	42,10
					49,15	198,04	44,65
					49,60	198,14	45,10
					53,72	198,15	49,22
					56,40	197,99	51,90
					56,40	200	51,90

km 2900									
1978	1981			1994		1997'2			
	Original	Anpassung		Original	Anpassung	Original	Anpassung		
					0-3		0-2,5		
0,00	198,37	0,00	198,37	0,00	198,49	-3,00	0,00	198,39	-2,50
7,82	195,00	7,82	195,00	2,00	198,44	-1,00	2,48	198,33	-0,02
9,65	194,26	8,98	194,60	2,67	198,39	-0,33	3,17	198,10	0,67
13,41	193,80	13,41	193,80	3,25	198,34	0,25	5,04	197,17	2,54
15,93	192,97	15,05	193,67	3,35	198,34	0,35	5,88	196,34	3,38
33,00	192,85	18,08	193,55	4,02	198,07	1,02	9,00	195,61	6,50
34,98	193,79	19,48	193,35	5,78	197,13	2,78	10,72	195,16	8,22
37,42	193,91	21,04	193,20	6,05	196,63	3,05	12,65	194,52	10,15
39,80	195,00	22,59	193,20	10,20	195,56	7,20	15,16	194,39	12,66
42,02	196,02	26,12	192,71	11,89	195,05	8,89	16,91	194,17	14,41
46,05	198,23	30,12	192,40	13,00	194,53	10,00	18,64	193,98	16,14
50,00	198,48	30,80	192,27	14,98	194,37	11,98	19,29	193,95	16,79
		33,02	192,40	16,62	194,45	13,62	19,72	193,81	17,22
		34,00	193,60	17,86	194,26	14,86	20,02	193,44	17,52
		37,20	194,20	19,37	193,59	16,37	20,18	193,29	17,68
		39,18	194,77	20,56	193,72	17,56	20,57	193,02	18,07
		42,02	196,02	21,20	193,59	18,20	21,25	192,72	18,75
		46,05	198,23	21,49	193,35	18,49	22,21	192,56	19,71
		50,00	198,48	21,85	193,11	18,85	23,22	192,52	20,72
				23,40	192,96	20,40	24,37	192,54	21,87
				25,34	192,85	22,34	26,40	192,67	23,90
				26,84	192,75	23,84	27,93	192,71	25,43
				28,60	192,46	25,60	29,06	192,53	26,56
				30,28	192,14	27,28	29,07	192,53	26,57
				31,33	191,86	28,33	30,61	192,27	28,11
				32,84	191,80	29,84	32,01	192,16	29,51
				34,26	192,21	31,26	33,50	192,15	31,00
				35,37	192,71	32,37	34,48	192,26	31,98
				36,20	193,28	33,20	34,85	192,32	32,35
				36,26	193,35	33,26	35,34	192,88	32,84
				36,48	193,68	33,48	35,67	193,23	33,17
				37,43	194,08	34,43	36,00	193,29	33,50
				39,74	194,41	36,74	36,95	193,91	34,45
				41,41	194,85	38,41	38,76	194,37	36,26
				43,83	195,90	40,83	40,65	194,66	38,15
				46,90	197,14	43,90	43,03	195,60	40,53
				49,42	198,25	46,42	45,60	196,83	43,10
				49,72	198,32	46,72	48,63	198,23	46,13
				51,11	198,34	48,11	49,91	198,33	47,41
				53,37	198,33	50,37			

km 3000										
1978	1981		1987		1988		1994		Anpassung	
							Original			O-6
0,00	198,60	0,00	198,60	0,00	198,70	0,00	198,70	0,00	198,44	-6,00
5,00	196,20	5,00	196,20	7,00	195,14	5,00	196,24	1,19	198,74	-4,82
7,46	194,81	7,09	195,21	11,00	194,61	6,00	195,48	4,17	198,81	-1,83
11,31	194,62	8,14	194,78	12,50	194,42	7,00	195,06	5,25	198,75	-0,75
12,24	194,09	11,98	194,24	13,50	193,65	9,00	194,78	5,68	198,65	-0,32
14,40	193,00	13,49	193,46	14,00	193,34	11,00	194,68	5,83	198,64	-0,17
27,09	193,00	15,93	193,35	15,00	193,44	12,00	194,06	8,04	197,55	2,04
31,37	194,80	23,95	192,07	16,00	193,52	12,50	193,80	10,68	196,28	4,68
35,34	194,84	26,98	192,07	17,00	193,55	13,00	193,56	11,48	195,80	5,48
		29,00	193,20	18,00	193,55	14,00	193,23	12,73	195,08	6,73
		29,77	193,55	19,00	193,46	15,00	193,41	14,41	194,79	8,41
		30,47	194,16	20,00	193,47	16,00	193,65	15,80	194,72	9,80
		32,91	194,80	21,00	193,43	17,00	193,68	16,94	194,67	10,94
		34,88	194,60	22,00	193,51	18,00	193,72	17,83	193,94	11,83
		39,88	194,71	23,00	193,43	19,00	193,85	18,61	193,84	12,61
				24,00	193,46	20,00	193,92	18,98	193,32	12,98
				25,00	193,40	21,00	193,89	19,48	193,19	13,48
				26,00	193,33	22,00	193,93	20,52	193,21	14,52
				27,00	193,30	23,00	193,97	21,47	193,41	15,47
				28,00	193,23	24,00	193,92	22,64	193,48	16,64
				30,50	193,11	25,00	193,92	25,05	193,62	19,05
				31,50	193,65	26,00	193,85	28,06	193,73	22,06
				32,00	194,21	27,00	193,80	29,20	193,84	23,20
				33,00	194,37	28,00	193,71	29,53	193,85	23,53
				34,00	194,44	29,00	193,65	29,93	193,84	23,93
				36,00	194,38	30,00	193,38	30,85	193,74	24,85
				38,00	194,34	31,00	193,78	32,19	193,70	26,19
				39,50	194,43	31,40	194,03	33,17	193,59	27,17
				40,00	194,86	32,00	194,22	33,78	193,53	27,78
				42,00	195,00	33,00	194,33	34,53	193,48	28,53
				44,00	194,86	34,00	194,23	34,88	193,34	28,88
				46,00	195,00	36,00	194,04	35,95	193,44	29,95
				48,00	195,05	37,00	194,31	36,79	193,40	30,79
				58,00	195,20	40,00	194,38	37,11	193,37	31,11
						42,00	194,52	37,61	193,51	31,61
						42,50	194,94	37,71	193,84	31,71
						45,00	195,16	37,81	194,21	31,81
								38,84	193,97	32,84
								38,86	193,86	32,86
								39,56	193,51	33,56
								40,57	193,78	34,57
								41,02	192,81	35,02
								44,10	193,63	38,10
								44,75	193,97	38,75
								45,18	194,28	39,18
								47,41	194,45	41,41
								48,69	195,01	42,69
								53,20	195,31	47,20
								55,36	195,37	49,36
								56,65	195,25	50,65
								57,62	194,99	51,62
								65,44	195,28	59,44
								76,77	195,81	70,77
								87,65	195,88	81,65

km 3000								
1997'2			1999			LFU		
Original	Anpassung		Original	Anpassung		Original	Anpassung	
	0-4			0-2			0-6.16	
0,00	198,81	-4,00	0,00	198,76	-2,00	-4,16	198,44	-6,16
3,43	198,74	-0,58	1,62	198,76	-0,38	-2,98	198,74	-4,98
4,85	198,16	0,85	4,55	197,27	2,55	0,00	198,81	-2,00
7,90	196,70	3,90	7,60	195,78	5,60	1,08	198,75	-0,92
10,58	195,34	6,58	8,31	195,45	6,31	1,51	198,65	-0,49
11,72	195,03	7,72	8,98	195,24	6,98	1,66	198,64	-0,34
13,51	194,86	9,51	9,76	195,10	7,76	3,87	197,55	1,87
13,80	193,95	9,80	10,55	195,05	8,55	6,51	196,28	4,51
14,43	193,61	10,43	10,89	193,94	8,89	7,31	195,80	5,31
14,89	193,41	10,89	11,25	193,80	9,25	8,56	195,08	6,56
15,57	193,51	11,57	11,71	193,65	9,71	10,24	194,79	8,24
15,82	193,61	11,82	13,06	193,20	11,06	11,63	194,72	9,63
15,89	193,74	11,89	13,74	193,83	11,74	12,78	194,67	10,78
16,32	193,98	12,32	14,39	193,80	12,39	13,67	193,94	11,67
16,94	193,61	12,94	15,33	193,23	13,33	14,44	193,84	12,44
17,00	193,42	13,00	16,66	193,03	14,66	14,82	193,32	12,82
17,35	193,19	13,35	17,77	193,21	15,77	15,31	193,19	13,31
17,87	192,87	13,87	19,32	193,43	17,32	16,35	193,21	14,35
18,33	192,84	14,33	20,69	193,63	18,69	17,30	193,41	15,30
19,20	192,97	15,20	21,30	193,80	19,30	18,47	193,48	16,47
20,24	193,10	16,24	22,75	194,04	20,75	20,88	193,62	18,88
21,04	193,29	17,04	24,86	194,30	22,86	23,89	193,73	21,89
21,63	193,35	17,63	26,71	194,62	24,71	25,04	193,84	23,04
22,14	193,49	18,14	29,19	194,70	27,19	25,37	193,85	23,37
22,54	193,61	18,54	30,32	194,68	28,32	25,76	193,84	23,76
23,83	193,77	19,83	31,24	194,67	29,24	26,69	193,74	24,69
26,33	194,01	22,33	32,73	194,52	30,73	28,02	193,70	26,02
28,47	194,51	24,47	33,81	194,12	31,81	29,00	193,59	27,00
30,69	194,67	26,69	35,16	194,48	33,16	29,61	193,53	27,61
32,55	194,59	28,55	35,77	193,27	33,77	30,36	193,48	28,36
33,42	194,59	29,42	36,85	192,72	34,85	30,71	193,34	28,71
34,44	194,51	30,44	37,86	192,45	35,86	31,78	193,44	29,78
35,13	194,11	31,13	38,71	192,14	36,71	32,62	193,40	30,62
36,01	193,87	32,01	39,97	191,91	37,97	32,94	193,37	30,94
36,55	193,57	32,55	41,39	192,11	39,39	33,44	193,51	31,44
36,99	193,40	32,99	42,48	192,90	40,48	33,54	193,84	31,54
37,54	192,92	33,54	43,06	193,10	41,06	34,64	194,21	32,64
38,20	192,66	34,20	43,87	193,80	41,87	34,68	193,97	32,68
39,27	192,48	35,27	44,27	194,10	42,27	34,69	193,86	32,69
40,78	192,15	36,78	45,06	195,01	43,06	35,39	193,51	33,39
41,54	192,00	37,54	45,95	195,33	43,95	36,40	193,78	34,40
43,01	192,14	39,01	48,98	195,47	46,98	36,85	192,81	34,85
44,33	192,75	40,33	51,65	195,60	49,65	39,93	193,63	37,93
45,20	193,03	41,20	54,81	195,75	52,81	40,58	193,97	38,58
45,97	193,40	41,97	56,87	195,68	54,87	41,01	194,28	39,01
46,54	193,87	42,54	58,50	195,57	56,50	43,25	194,45	41,25
46,93	194,58	42,93	60,85	195,70	58,85	44,53	195,01	42,53
47,95	195,14	43,95	65,60	195,58	63,60	49,04	195,31	47,04
51,18	195,38	47,18	68,92	195,79	66,92	51,19	195,37	49,19
53,22	195,36	49,22	73,35	195,96	71,35	52,48	195,25	50,48
55,29	195,42	51,29	77,81	196,17	75,81	53,45	194,99	51,45
56,59	195,59	52,59	79,39	196,19	77,39	61,28	195,28	59,28
61,70	195,37	57,70	81,78	196,28	79,78	72,60	195,81	70,60
65,55	195,38	61,55	83,43	196,25	81,43	83,48	195,88	81,48
70,23	195,65	66,23	84,97	195,98	82,97			
76,14	195,91	72,14	85,02	195,90	83,02			
			85,64	195,51	83,64			
			87,03	194,38	85,03			
			88,05	193,72	86,05			
			88,52	193,54	86,52			
			89,85	193,45	87,85			
			91,74	193,56	89,74			
			92,54	193,75	90,54			
			93,23	194,31	91,23			
			94,66	195,45	92,66			
			95,93	196,10	93,93			
			97,25	196,95	95,25			
			99,26	198,23	97,26			

km 3100

1981		1994			1997'2		
		Original	Anpassung		Original	Anpassung	
			0-6			0-1	
0,00	198,59	0,00	198,61	-6,00	0,00	198,65	-1,00
4,91	197,19	4,85	198,65	-1,15	0,73	198,58	-0,27
5,96	197,07	6,35	198,51	0,35	1,80	198,47	0,80
8,54	195,08	6,47	198,51	0,47	2,58	198,21	1,58
10,99	194,61	7,10	198,37	1,10	2,79	198,17	1,79
12,40	193,20	9,55	197,52	3,55	4,41	197,61	3,41
17,08	192,97	12,74	195,82	6,74	6,78	196,48	5,78
20,00	193,09	13,67	195,35	7,67	8,80	195,41	7,80
22,69	193,32	15,73	194,91	9,73	10,33	195,12	9,33
24,91	194,61	16,81	194,61	10,81	11,08	194,99	10,08
29,94	196,60	17,21	193,99	11,21	11,92	193,86	10,92
32,98	196,60	17,42	193,81	11,42	12,54	193,47	11,54
38,01	199,06	18,70	193,19	12,70	13,10	193,22	12,10
		19,91	193,04	13,91	14,05	193,04	13,05
		21,34	192,96	15,34	15,52	192,82	14,52
		22,51	192,89	16,51	16,95	192,80	15,95
		23,66	192,83	17,66	18,60	192,97	17,60
		24,83	192,80	18,83	19,94	192,98	18,94
		26,18	192,94	20,18	20,99	193,01	19,99
		27,52	193,07	21,52	22,36	193,04	21,36
		29,27	193,19	23,27	23,66	193,08	22,66
		30,36	193,58	24,36	24,90	193,27	23,90
		30,70	193,92	24,70	25,76	193,86	24,76
		30,71	193,99	24,71	25,97	194,35	24,97
		30,72	193,92	24,72	26,75	194,73	25,75
		30,97	194,41	24,97	27,78	195,05	26,78
		31,92	194,88	25,92	29,68	195,73	28,68
		32,63	195,11	26,63	31,58	196,37	30,58
		33,42	195,26	27,42	33,33	196,53	32,33
		36,52	196,36	30,52	34,79	196,63	33,79
		39,36	196,51	33,36	35,84	197,16	34,84
		39,68	196,62	33,68			
		43,38	198,60	37,38			

km 3200

1981		1994			2002		
		Original	Anpassung		Original	Anpassung	
			0-3,5			0+3	
0,00	199,06	0,00	199,06	-3,50	0,00	198,67	3,00
2,92	198,71	4,50	199,08	1,00	3,30	197,77	6,30
3,03	198,59	5,36	199,05	1,86	6,69	197,33	9,69
4,90	197,89	6,09	198,91	2,59	7,99	196,05	10,99
6,88	197,30	6,80	198,63	3,30	10,27	194,88	13,27
11,43	196,37	6,90	198,63	3,40	10,62	193,94	13,62
14,46	193,67	7,52	198,48	4,02	11,77	193,12	14,77
20,87	193,32	9,48	197,84	5,98	18,80	192,93	21,80
24,02	193,20	12,42	197,57	8,92	25,98	192,88	28,98
26,94	193,09	12,93	197,43	9,43	26,43	194,15	29,43
28,92	194,38	14,83	195,99	11,33	27,40	195,00	30,40
29,97	196,13	16,24	195,08	12,74	30,73	196,43	33,73
36,97	196,72	16,84	194,96	13,34	34,84	197,00	37,84
38,02	197,30	18,00	193,99	14,50	34,99	197,49	37,99
41,98	198,71	18,10	193,85	14,60	35,14	197,88	38,14
		18,51	193,44	15,01			
		19,76	193,30	16,26			
		20,79	193,37	17,29			
		22,32	193,18	18,82			
		23,69	193,02	20,19			
		25,30	192,93	21,80			
		26,49	192,94	22,99			
		27,90	193,06	24,40			
		29,69	193,15	26,19			
		30,76	193,21	27,26			
		31,42	193,90	27,92			
		31,74	193,99	28,24			
		31,94	194,07	28,44			
		32,11	194,45	28,61			
		32,56	195,04	29,06			
		33,71	195,47	30,21			
		35,52	196,38	32,02			
		37,80	196,53	34,30			
		38,99	196,62	35,49			
		39,81	196,75	36,31			
		39,86	197,18	36,36			
		39,98	197,16	36,48			
		40,02	197,58	36,52			

km 3300

1981		1994		
		Original	Anpassung	
			0-5,5	
0,00	198,36	0,00	199,39	-5,50
2,40	197,66	2,76	199,04	-2,74
3,10	196,95	3,02	199,01	-2,49
4,60	195,80	4,33	198,38	-1,17
7,99	193,20	4,43	198,38	-1,07
8,93	193,09	4,99	198,29	-0,51
14,99	193,55	6,02	198,02	0,52
18,02	193,67	10,02	196,02	4,52
20,01	194,02	10,20	195,73	4,70
21,99	196,13	11,06	195,43	5,56
31,08	196,84	11,24	194,50	5,74
38,43	199,06	11,88	194,40	6,38
		12,14	194,02	6,64
		12,15	193,96	6,65
		12,69	193,94	7,19
		13,13	193,41	7,63
		14,25	192,99	8,75
		15,29	192,82	9,79
		16,37	192,79	10,87
		17,77	192,85	12,27
		19,03	192,91	13,53
		20,29	192,98	14,79
		21,77	193,02	16,27
		22,90	193,02	17,40
		24,52	193,14	19,02
		25,72	193,42	20,22
		26,33	193,86	20,83
		26,46	194,02	20,96
		27,05	194,87	21,55
		27,98	195,34	22,48
		29,64	195,86	24,14
		31,45	196,62	25,95
		33,83	196,76	28,33
		34,77	196,84	29,27
		35,55	196,89	30,05
		35,56	197,39	30,06

km 3400

1981		1994			1997'2		
		Original	Anpassung		Original	Anpassung	
			0-8		0-7,8		
0	201,16	0	200,67	-8	0	200,67	-7,8
2,57	200,23	5,5	200,76	-2,5	5,5	200,76	-2,3
12,01	197,21	6,682	201,23	-1,318	6,052	201,03	-1,748
14,11	197,21	7,511	201,28	-0,489	7,332	201,25	-0,468
16,09	196,86	8,732	200,92	0,732	11,285	199,93	3,485
17,49	196,28	9,092	200,76	1,092	18,095	197,64	10,295
19,2	195,04	10,144	200,33	2,144	20,908	197,24	13,108
20,06	194,42	10,248	200,33	2,248	22,933	196,93	15,133
24,02	194,07	14,557	198,72	6,557	25,278	195,32	17,478
29,15	194,07	17,84	197,74	9,84	26,593	194,84	18,793
34,52	194,3	19,976	197,31	11,976	27,29	194,45	19,49
34,99	194,88	21,786	197,21	13,786	28,182	194,29	20,382
35,3	195,06	23,332	196,84	15,332	28,612	194,12	20,812
36,97	196,05	25,645	195,24	17,645	29,664	194,02	21,864
40,93	196,98	26,605	195,03	18,605	30,278	193,87	22,478
47	198,84	27,11	194,56	19,11	31,707	193,65	23,907
48,98	199,07	28,26	194,34	20,26	32,899	193,65	25,099
53,99	199,07	28,342	194,25	20,342	34,09	193,65	26,29
		30,621	194,05	22,621	35,132	193,73	27,332
		31,078	193,78	23,078	36,145	193,74	28,345
		31,761	193,54	23,761	37,561	193,6	29,761
		32,848	193,61	24,848	38,737	193,56	30,937
		34,844	193,75	26,844	39,82	193,61	32,02
		36,444	193,77	28,444	41,054	193,75	33,254
		37,402	193,83	29,402	41,815	193,8	34,015
		38,913	193,79	30,913	41,82	194,02	34,02
		40,527	193,84	32,527	41,879	194,47	34,079
		42,153	193,74	34,153	43,228	194,9	35,428
		42,193	194,05	34,193	44,08	195,59	36,28
		42,207	194,48	34,207	45,766	196,6	37,966
		42,77	194,98	34,77	49,538	197,14	41,738
		45,103	196,39	37,103	53,001	198,44	45,201
		47,914	196,82	39,914	54,811	198,94	47,011
		49,581	197,17	41,581	57,886	199,15	50,086
		50,796	197,69	42,796	61,255	199,19	53,455
		53,856	198,76	45,856	61,262	199,19	53,462
		55,212	198,99	47,212			

km 3500												
1981		1994			1997'2		1999			LFU		
		Original	Anpassung				Original	Anpassung		Original	Anpassung	
			0-4					0+0,5			0+0,5	
0,00	199,18	0,00	199,31	-4,00	0,00	199,27	0,00	199,40	0,50	-4,55	199,31	-4,05
0,93	198,95	2,21	199,36	-1,79	1,02	199,14	1,24	199,40	1,74	-2,34	199,36	-1,84
1,98	198,83	3,98	199,28	-0,02	1,52	198,96	2,49	198,37	2,99	-0,57	199,28	-0,07
3,97	197,77	4,56	199,30	0,56	2,23	198,80	3,71	197,88	4,21	0,00	199,30	0,50
7,93	196,84	5,03	199,22	1,03	3,70	197,91	5,37	197,48	5,87	0,47	199,20	0,97
9,00	195,95	5,45	198,99	1,45	5,20	197,55	6,44	197,02	6,94	0,90	198,99	1,40
9,91	195,20	5,57	198,99	1,57	6,65	197,22	7,25	196,57	7,75	1,01	198,99	1,51
24,02	194,61	5,96	198,91	1,96	8,96	195,79	8,80	195,79	9,30	1,40	198,91	1,90
31,02	194,49	8,20	197,71	4,20	10,37	195,49	10,26	195,43	10,76	3,64	197,71	4,14
32,07	194,96	10,03	197,48	6,03	12,99	195,18	11,52	195,37	12,02	5,48	197,48	5,98
33,00	196,13	10,95	197,18	6,95	15,59	195,05	13,61	195,13	14,11	6,40	197,18	6,90
34,99	196,84	13,56	195,63	9,56	17,06	194,90	15,59	194,80	16,09	9,00	195,65	9,50
40,00	198,24	14,80	195,58	10,80	18,48	194,70	16,97	194,53	17,47	10,25	195,58	10,75
43,03	199,30	16,68	195,05	12,68	19,52	194,71	18,09	194,44	18,59	12,12	195,05	12,62
		17,71	195,12	13,71	20,45	194,56	19,43	194,43	19,93	13,16	195,12	13,66
		17,99	195,37	13,99	21,58	194,45	20,49	194,49	20,99	13,43	195,37	13,93
		19,79	195,33	15,79	22,82	194,33	22,37	194,65	22,87	15,23	195,33	15,73
		21,51	194,96	17,51	23,96	194,28	24,10	194,65	24,60	16,96	194,96	17,46
		22,31	194,70	18,31	25,27	194,24	25,60	194,54	26,10	17,76	194,70	18,26
		23,11	194,46	19,11	26,62	194,23	26,38	194,41	26,88	18,55	194,46	19,05
		24,17	194,38	20,17	27,81	194,22	27,16	194,28	27,66	19,62	194,38	20,12
		25,61	194,37	21,61	28,74	194,24	28,17	194,28	28,67	21,05	194,37	21,55
		27,46	194,26	23,46	29,83	194,21	29,34	194,31	29,84	22,90	194,26	23,40
		29,43	194,19	25,43	30,50	194,20	30,21	194,49	30,71	24,87	194,19	25,37
		31,20	194,09	27,20	31,03	194,26	30,97	194,81	31,47	26,64	194,09	27,14
		32,82	194,01	28,82	31,58	194,71	31,31	195,18	31,81	28,26	194,01	28,76
		33,96	194,02	29,96	32,27	195,15	32,20	195,34	32,70	29,41	194,02	29,91
		34,76	194,34	30,76	32,84	195,31	33,89	196,73	34,39	30,20	194,34	30,70
		34,97	194,70	30,97	33,64	196,32	34,88	196,97	35,38	30,41	194,70	30,91
		35,42	195,06	31,42	34,65	196,72	35,51	197,22	36,01	30,86	195,06	31,36
		36,78	195,61	32,78	36,35	197,18	37,47	197,86	37,97	32,22	195,61	32,72
		37,27	196,30	33,27			41,19	199,34	41,69	32,72	196,30	33,22
		39,24	196,90	35,24						34,69	196,90	35,19
		40,58	197,28	36,58						36,02	197,28	36,52
		45,91	199,33	41,91								

km 3600				
1981		1994		
		Original	Anpassung	
			0-4	
0	199,88	0	200,01	-4
0,93	199,53	2,671	199,94	-1,329
5,01	197,77	3,168	199,99	-0,832
5,95	197,54	3,707	199,89	-0,293
7,93	196,6	4,5	199,68	0,5
8,9	195,9	4,597	199,68	0,597
9,56	195,55	5,603	199,31	1,603
19,94	195,2	8,754	197,8	4,754
24,96	195,31	10,686	197,08	6,686
29,85	195,31	12,539	196,23	8,539
33,82	196,13	12,786	195,72	8,786
35,92	197,89	13,508	195,52	9,508
37,9	198,83	15,293	195,47	11,293
40	199,06	15,81	195,44	11,81
41,98	199,3	16,301	195,38	12,301
		17,569	195,32	13,569
		18,973	195,24	14,973
		20,396	195,13	16,396
		22,132	195,11	18,132
		24,604	195,1	20,604
		26,988	195,04	22,988
		28,559	194,94	24,559
		30,601	194,77	26,601
		32,562	194,89	28,562
		34,16	195,02	30,16
		34,852	195,11	30,852
		35,411	195,23	31,411
		35,833	195,44	31,833
		36,326	195,6	32,326
		37,326	196,55	33,326
		38,584	197,22	34,584
		39,71	197,88	35,71
		42,557	199,12	38,557
		43,104	199,29	39,104
		46,553	199,42	42,553

km 3700										
1981		1994			1997'2			2002		
		Original	Anpassung		Original	Anpassung		Original	Anpassung	
			0-5			0-1,7			0-4,3	
0	199,77	0	199,91	-5	0	199,78	-1,7	0	199,74	-4,3
0,93	199,65	3,079	199,76	-1,921	1,355	199,82	-0,345	5,0618	199,73	0,76179
6,2	196,6	3,789	199,84	-1,211	3,047	199,43	1,347	8,423	197,75	4,12305
7	196,25	4,432	199,87	-0,568	5,198	198,13	3,498	11,259	195,87	6,95929
12,94	195,9	4,559	199,87	-0,441	6,298	197,46	4,598	11,955	195,39	7,65518
17,96	195,9	5,23	199,77	0,23	6,602	197,06	4,902	25,179	195,08	20,8786
23,09	196,13	6,284	199,4	1,284	7,41	196,51	5,71	36,747	195,34	32,447
26,01	196,13	8,969	197,83	3,969	8,023	196,22	6,323	37,636	195,8	33,3365
34,05	196,25	9,658	197,39	4,658	8,753	196,05	7,053	38,815	196,25	34,5145
35,01	196,72	10,551	196,52	5,551	9,627	195,92	7,927	43,339	196,89	39,0395
37,08	197,19	11,62	196,1	6,62	10,883	195,81	9,183	47	198,51	42,7003
41,98	199,41	11,959	195,97	6,959	12,276	195,82	10,576	49,444	199,82	45,144
		12,783	195,93	7,783	13,484	195,76	11,784			
		13,437	195,83	8,437	14,894	195,66	13,194			
		14,896	195,75	9,896	16,141	195,6	14,441			
		17,171	195,74	12,171	16,97	195,58	15,27			
		18,092	195,63	13,092	17,896	195,69	16,196			
		20,168	195,67	15,168	19,493	195,75	17,793			
		22,289	195,74	17,289	20,671	195,78	18,971			
		24,102	195,66	19,102	21,926	195,82	20,226			
		25,354	195,79	20,354	23,349	195,89	21,649			
		27,03	195,95	22,03	24,692	195,82	22,992			
		28,831	195,85	23,831	25,896	195,89	24,196			
		29,821	195,73	24,821	26,962	195,8	25,262			
		31,605	195,76	26,605	28,176	195,78	26,476			
		33,386	195,81	28,386	29,533	195,75	27,833			
		34,881	195,73	29,881	30,796	195,82	29,096			
		36,005	196,02	31,005	31,842	195,85	30,142			
		37,202	195,79	32,202	32,706	196,05	31,006			
		38,319	195,54	33,319	32,918	196,07	31,218			
		39,546	195,78	34,546	33,432	196,05	31,732			
		39,779	196,1	34,779	34,774	195,68	33,074			
		41,407	196,79	36,407	35,751	195,63	34,051			
		42,886	197,23	37,886	36,918	195,91	35,218			
		44,479	198,1	39,479	37,307	196,05	35,607			
		45,709	198,92	40,709	37,492	196,68	35,792			
		47,567	199,89	42,567	38,206	196,88	36,506			
		49,448	199,93	44,448	39,752	197,5	38,052			
					41,435	198,55	39,735			
					43,541	199,72	41,841			
					44,392	199,89	42,692			
					45,771	199,93	44,071			
					47,586	199,9	45,886			

km 3800			
1981		1994	
		Original	Anpassung
		0-3.8	
0	199,77	0	200,09
0,81	199,53	2,374	199,96
1,05	199,53	3,437	199,87
5	197,09	4,069	199,81
6,51	196,16	4,197	199,8
7,91	195,81	4,779	199,57
9,88	195,58	6,046	198,87
19,88	195,7	8,111	197,41
25	196,16	9,366	196,42
26,05	196,74	9,775	196,17
27,91	197,21	9,851	196,19
29,88	197,91	10,16	196,03
33,95	199,65	10,591	196,2
		10,894	195,95
		11,403	195,69
		11,941	195,6
		12,025	195,32
		13,749	195,35
		15,448	195,48
		16,767	195,49
		18,008	195,41
		19,694	195,27
		21,283	195,13
		22,863	195,08
		24,509	195,19
		26,248	195,23
		27,499	195,16
		27,855	195,28
		27,918	195,65
		28,483	195,85
		28,614	196,19
		29,045	196,5
		29,957	196,94
		31,96	197,07
		32,535	197,51
		34,82	198,71
		35,064	198,87
		36,362	198,98
		37,355	199,47
		38,602	201
		38,602	199,84

km 3900			
1981		1994	
		Original	Anpassung
		0-3.8	
0,00	199,95	0,00	200,06
1,05	199,83	2,90	199,91
1,98	199,59	4,63	199,86
5,13	198,66	5,90	199,62
6,06	197,84	5,99	199,62
9,10	196,60	7,05	199,41
11,08	195,96	7,80	199,18
21,22	195,84	8,95	198,73
26,01	196,08	9,68	197,91
27,99	196,31	11,33	197,02
29,04	196,55	12,07	196,56
31,02	197,60	12,59	196,24
31,95	198,42	12,89	196,09
38,02	200,18	13,62	195,86
		14,70	195,54
		15,62	195,77
		17,13	195,75
		18,82	195,69
		20,31	195,80
		21,93	195,81
		23,83	195,84
		25,93	195,73
		27,56	195,65
		28,82	195,50
		29,97	195,45
		30,73	195,71
		31,61	196,24
		32,05	196,47
		33,34	196,71
		34,98	197,46
		37,12	198,68
		38,78	199,13
		40,21	199,68
		41,70	200,16
		42,46	200,24
		45,14	200,35

km 4000										
1981		1994		1999		LFU				
		Original	Anpassung	Original	Anpassung	Original	Anpassung			
			0-2		0+1,5		0+1,8			
0,00	200,18	0,00	200,35	-2,00	0,00	200,14	1,50	-3,77	200,35	-1,97
0,94	200,18	2,53	200,32	0,53	1,56	200,14	3,06	-1,23	200,32	0,57
3,98	199,48	3,04	200,32	1,04	3,12	199,27	4,62	-0,73	200,32	1,07
4,91	199,01	3,77	200,31	1,77	4,98	198,01	6,48	0,00	200,31	1,80
5,96	198,07	4,58	200,17	2,58	5,86	197,41	7,36	0,81	200,17	2,61
7,95	197,48	4,73	200,17	2,73	6,06	196,09	7,56	0,95	200,17	2,75
10,41	195,96	5,24	200,11	3,24	6,44	196,40	7,94	1,47	200,11	3,27
14,04	195,73	7,81	198,46	5,81	6,47	196,83	7,97	4,04	198,46	5,84
18,01	195,84	9,34	197,42	7,34	6,59	195,49	8,09	5,57	197,42	7,37
22,46	196,31	9,46	197,09	7,46	7,04	195,51	8,54	5,69	197,09	7,49
24,80	197,02	9,88	197,08	7,88	8,26	195,02	9,76	6,11	197,08	7,91
28,07	197,25	10,13	196,32	8,13	9,48	194,76	10,98	6,36	196,32	8,16
32,16	198,42	10,74	196,23	8,74	11,08	194,67	12,58	6,97	196,23	8,77
35,09	199,01	10,77	196,19	8,77	12,86	194,90	14,36	7,00	196,19	8,80
40,12	200,18	10,79	195,74	8,79	13,70	195,12	15,20	7,02	195,74	8,82
		11,59	195,39	9,59	15,07	195,23	16,57	7,82	195,39	9,62
		12,39	195,08	10,39	16,94	195,41	18,44	8,61	195,08	10,41
		13,54	194,89	11,54	18,30	195,54	19,80	9,77	194,89	11,57
		14,61	194,80	12,61	19,72	195,66	21,22	10,84	194,80	12,64
		16,08	194,74	14,08	20,63	195,73	22,13	12,31	194,74	14,11
		17,51	194,94	15,51	21,94	195,99	23,44	13,74	194,94	15,54
		18,71	195,26	16,71	22,48	196,40	23,98	14,93	195,26	16,73
		20,65	195,52	18,65	23,17	196,98	24,67	16,88	195,52	18,68
		21,56	195,50	19,56	23,70	197,15	25,20	17,79	195,50	19,59
		23,41	195,59	21,41	24,52	197,17	26,02	19,64	195,59	21,44
		24,29	195,92	22,29	24,94	196,97	26,44	20,52	195,92	22,32
		25,00	196,05	23,00	25,65	197,00	27,15	21,23	196,05	23,03
		25,10	196,19	23,10	26,72	197,22	28,22	21,33	196,19	23,13
		25,81	196,55	23,81	27,99	197,27	29,49	22,04	196,55	23,84
		27,67	197,02	25,67	29,60	197,74	31,10	23,90	197,02	25,70
		31,74	197,35	29,74	32,39	198,22	33,89	27,97	197,35	29,77
		35,52	198,03	33,52	35,09	199,21	36,59	31,75	198,03	33,55
		37,60	198,96	35,60	35,53	199,78	37,03	33,83	198,96	35,63
		38,35	199,14	36,35				34,58	199,14	36,38
		38,76	199,15	36,76				34,99	199,15	36,79
		38,84	199,38	36,84				35,07	199,38	36,87
		39,42	199,47	37,42				35,65	199,47	37,45
		42,35	201,02	40,35				38,58	201,02	40,38
		43,35	201,02	41,35				39,58	201,02	41,38

km 4100							
1981		1994		2002			
		Original	Anpassung	Original	Anpassung		
			0-5		0-10		
0,00	200,18	0,00	200,21	-5,00	0,00	201,03	-10,00
3,91	199,95	2,79	200,19	-2,21	13,63	200,31	3,63
6,56	199,13	8,27	200,15	3,27	23,45	197,05	13,45
9,22	198,66	8,91	200,05	3,91	24,32	196,16	14,32
12,03	197,95	9,00	200,05	4,00	25,58	195,76	15,58
15,94	197,48	10,19	199,78	5,19	31,98	195,34	21,98
18,59	196,55	12,86	198,77	7,86	37,59	195,98	27,59
20,00	196,20	14,88	198,25	9,88	40,19	196,56	30,19
25,47	196,31	16,51	198,05	11,51	43,06	196,89	33,06
30,60	196,51	18,16	197,47	13,16	50,24	200,69	40,24
32,03	197,40	19,70	196,49	14,70			
36,09	199,31	20,30	196,28	15,30			
39,00	200,30	21,02	195,85	16,02			
41,00	201,30	22,26	195,54	17,26			
		23,70	195,61	18,70			
		25,37	195,79	20,37			
		27,44	195,82	22,44			
		29,08	195,72	24,08			
		30,53	195,57	25,53			
		32,29	195,49	27,29			
		33,79	195,56	28,79			
		35,29	195,52	30,29			
		36,58	195,47	31,58			
		37,42	195,52	32,42			
		37,73	196,28	32,73			
		38,70	196,85	33,70			
		40,05	197,29	35,05			
		41,94	198,20	36,94			
		43,31	199,14	38,31			
		44,25	199,65	39,25			
		44,72	199,86	39,72			
		46,07	200,58	41,07			
		47,27	201,13	42,27			

km 4200							
1981		1994		1997'2			
		Original	Anpassung	Original	Anpassung		
			0-4		0-2		
0,00	200,65	0,00	200,83	-4,00	0,00	200,86	-2,00
0,94	200,53	3,07	200,79	-0,93	1,37	200,75	-0,63
1,87	200,19	5,11	200,45	1,11	2,44	200,59	0,44
4,91	199,26	5,82	200,26	1,82	4,36	200,03	2,36
8,89	198,09	5,92	200,26	1,92	4,81	200,04	2,81
9,82	197,40	6,39	200,04	2,39	5,93	199,42	3,93
12,98	197,28	6,85	200,05	2,85	7,39	199,11	5,39
14,04	196,81	7,89	199,41	3,89	9,07	198,56	7,07
19,88	196,47	9,95	198,95	5,95	10,54	197,58	8,54
24,91	196,47	11,07	198,49	7,07	12,87	196,89	10,87
27,95	196,81	11,63	198,02	7,63	13,99	196,77	11,99
29,01	197,51	13,36	197,38	9,36	14,45	196,53	12,45
29,94	197,74	15,05	196,79	11,05	15,24	196,50	13,24
33,22	199,02	15,77	196,62	11,77	16,49	196,41	14,49
34,85	199,49	15,87	196,55	11,87	17,66	196,29	15,66
37,89	200,53	16,80	196,51	12,80	18,62	196,21	16,62
40,00	200,88	18,08	196,36	14,08	19,12	196,28	17,12
		20,10	196,22	16,10	20,02	196,07	18,02
		21,94	196,04	17,94	20,86	196,01	18,86
		24,54	195,73	20,54	21,86	195,76	19,86
		27,69	195,95	23,69	22,51	195,78	20,51
		29,37	195,97	25,37	23,54	195,92	21,54
		30,02	196,19	26,02	24,51	195,80	22,51
		31,24	196,37	27,24	25,51	195,96	23,51
		31,81	196,62	27,81	25,52	196,02	23,52
		31,92	196,73	27,92	26,31	196,00	24,31
		32,48	197,35	28,48	27,24	196,10	25,24
		33,76	198,25	29,76	28,26	196,31	26,26
		34,94	199,08	30,94	29,23	196,42	27,23
		36,75	199,45	32,75	29,41	196,50	27,41
		38,01	199,71	34,01	29,84	196,52	27,84
		38,41	199,70	34,41	29,94	197,02	27,94
		41,89	200,90	37,89	30,81	197,87	28,81
					31,88	198,27	29,88
					32,97	199,11	30,97
					36,05	199,63	34,05

km 4300			
1981		1994	
		Original	Anpassung
		0-3.2	
0,00	200,65	0,00	200,52 -3,20
1,05	200,53	3,02	200,38 -0,18
6,06	198,89	3,40	200,62 0,20
7,11	198,30	3,79	200,64 0,59
9,10	197,72	3,89	200,64 0,69
10,50	196,90	6,02	199,89 2,82
11,55	196,20	8,67	199,16 5,47
22,16	195,73	10,47	198,32 7,27
25,07	196,31	11,48	198,18 8,28
26,71	196,90	12,28	197,91 9,08
29,04	198,66	13,49	197,09 10,29
31,14	199,01	13,72	196,76 10,52
33,12	199,48	13,74	196,54 10,54
34,99	200,41	14,51	196,11 11,31
38,13	200,53	15,51	195,90 12,31
40,00	201,12	16,99	195,78 13,79
		18,20	195,76 15,00
		20,28	195,77 17,08
		22,61	195,79 19,41
		24,49	195,76 21,29
		26,56	195,69 23,36
		28,04	195,86 24,84
		29,55	196,07 26,35
		30,69	196,48 27,49
		31,11	196,76 27,91
		31,90	198,36 28,70
		33,03	198,86 29,83
		34,96	199,12 31,76
		36,16	199,46 32,96
		37,78	200,26 34,58
		38,41	200,36 35,21
		39,37	200,40 36,17
		40,46	200,45 37,26

km 4400			
1981		1994	
		Original	Anpassung
		0-1.3	
0,00	201,30	0,00	201,34 -1,30
0,82	201,18	1,12	201,31 -0,18
11,43	197,43	1,51	201,27 0,21
12,01	196,84	1,94	201,20 0,64
13,18	196,38	2,05	201,20 0,75
19,01	195,79	3,07	200,87 1,77
26,47	196,38	7,14	199,41 5,84
27,41	196,84	9,16	198,66 7,86
29,04	198,84	11,57	198,31 10,27
30,90	199,19	12,54	197,62 11,24
33,00	199,07	13,29	197,26 11,99
36,97	200,13	13,79	196,78 12,49
40,00	200,59	14,09	196,66 12,79
41,40	200,59	14,36	196,32 13,06
43,97	201,41	14,79	196,26 13,49
		16,33	195,90 15,03
		17,72	195,82 16,42
		19,28	195,77 17,98
		20,57	195,70 19,27
		22,38	195,59 21,08
		24,41	195,47 23,11
		25,73	195,43 24,43
		27,20	195,70 25,90
		28,85	196,30 27,55
		29,58	196,57 28,28
		29,87	196,78 28,57
		30,27	197,22 28,97
		31,01	198,03 29,71
		31,84	199,08 30,54
		33,94	199,07 32,64
		35,79	199,76 34,49
		37,64	200,14 36,34
		39,35	200,35 38,05
		40,71	200,46 39,41
		42,09	200,52 40,79

km 4500							
1981		1994		1999		LFU	
		Original	Anpassung	Original	Anpassung	Original	Anpassung
		0-1		0-0.1		0-0.1	
0,00	201,07	0,00	201,16 -1,00	0,00	201,06 -0,10	-1,01	201,16 -1,11
1,52	200,72	1,01	201,11 0,01	0,38	201,06 0,28	0,00	201,11 -0,10
5,01	199,44	1,44	201,02 0,44	1,59	200,73 1,49	0,43	201,02 0,33
8,05	198,63	2,35	200,74 1,35	2,50	200,44 2,40	1,34	200,74 1,24
10,03	197,58	2,46	200,74 1,46	4,83	199,58 4,73	1,45	200,74 1,35
11,00	197,00	3,54	200,41 2,54	6,51	199,21 6,41	2,53	200,41 2,43
12,01	196,42	5,92	199,49 4,92	7,99	198,50 7,89	4,91	199,49 4,81
17,26	196,07	8,06	198,99 7,06	9,36	197,96 9,26	7,05	198,99 6,95
24,02	196,30	10,23	197,96 9,23	10,02	197,48 9,92	9,22	197,96 9,12
25,00	197,00	11,61	197,30 10,61	10,46	197,03 10,36	10,60	197,30 10,50
27,06	198,05	11,97	197,04 10,97	11,09	196,66 10,99	10,95	197,04 10,85
29,97	199,09	12,05	196,84 11,05	12,12	196,24 12,02	11,04	196,84 10,94
33,00	199,67	12,10	196,60 11,10	14,05	196,13 13,95	11,09	196,60 10,99
34,99	200,72	12,80	196,27 11,80	15,84	196,09 15,74	11,78	196,27 11,68
37,90	201,19	13,71	196,13 12,71	17,87	196,10 17,77	12,70	196,13 12,60
		15,24	195,98 14,24	19,97	196,06 19,87	14,23	195,98 14,13
		16,69	196,02 15,69	21,83	196,11 21,73	15,68	196,02 15,58
		18,20	196,03 17,20	23,71	196,36 23,61	17,19	196,03 17,09
		19,44	196,06 18,44	25,11	197,05 25,01	18,43	196,06 18,33
		21,23	196,07 20,23	25,92	197,59 25,82	20,21	196,07 20,11
		22,56	196,11 21,56	26,27	197,75 26,17	21,55	196,11 21,45
		23,91	196,20 22,91	28,20	199,13 28,10	22,90	196,20 22,80
		24,77	196,19 23,77	29,98	199,33 29,88	23,76	196,14 23,66
		25,56	196,66 24,56	30,90	199,46 30,80	24,55	196,66 24,45
		25,71	196,84 24,71	32,26	199,43 32,16	24,70	196,84 24,60
		26,68	197,47 25,68	33,81	200,54 33,71	25,67	197,47 25,57
		28,13	198,15 27,13	35,52	200,99 35,42	27,12	198,15 27,02
		29,27	199,10 28,27			28,26	199,10 28,16
		32,14	199,40 31,14			31,13	199,40 31,03
		34,73	200,44 33,73			33,72	200,44 33,62
		35,54	200,73 34,54			34,53	200,73 34,43
		37,23	201,06 36,23			36,22	201,06 36,12
		39,78	201,14 38,78			38,77	201,14 38,67

km 4600							
1981		1994		1997'2			
		Original	Anpassung	Original	Anpassung		
			0+2.7		0+2.5		
0,00	202,35	0,00	201,51	2,70	0,00	201,59	2,50
3,94	200,95	1,87	200,67	4,57	1,19	201,11	3,69
4,87	200,49	2,34	200,45	5,04	2,43	200,51	4,93
8,81	198,74	2,42	200,45	5,12	4,81	199,46	7,31
11,83	198,16	3,53	199,92	6,23	6,47	198,66	8,97
12,87	197,58	6,28	198,67	8,98	7,03	197,76	9,53
17,74	197,35	7,07	197,70	9,77	8,36	197,29	10,86
24,81	197,58	8,19	197,28	10,89	8,64	196,86	11,14
26,09	198,16	8,64	196,87	11,34	9,28	196,76	11,78
29,68	199,21	9,05	196,60	11,75	10,00	196,36	12,50
30,72	200,49	9,54	196,50	12,24	10,79	196,29	13,29
32,70	200,84	10,44	196,29	13,14	11,98	196,25	14,48
36,64	202,23	12,11	196,21	14,81	13,26	196,37	15,76
38,72	202,58	14,13	196,27	16,83	14,24	196,31	16,74
		15,34	196,20	18,04	15,10	196,21	17,60
		16,69	196,12	19,39	16,01	196,11	18,51
		17,78	196,16	20,48	16,88	196,16	19,38
		18,98	196,29	21,68	18,08	196,27	20,58
		20,20	196,40	22,90	19,17	196,36	21,67
		21,41	196,52	24,11	19,85	196,48	22,35
		22,29	196,63	24,99	20,75	196,57	23,25
		23,11	196,74	25,81	21,95	196,63	24,45
		23,25	196,87	25,95	22,81	196,76	25,31
		23,63	197,11	26,33	23,31	196,80	25,81
		24,58	197,21	27,28	23,78	197,13	26,28
		26,63	197,75	29,33	25,34	197,45	27,84
		27,93	198,49	30,63	27,03	197,99	29,53
		28,70	199,33	31,40	28,28	198,69	30,78
		30,19	199,75	32,89	28,96	199,41	31,46
		33,47	201,00	36,17	30,93	199,96	33,43
		34,23	201,16	36,93	33,59	200,98	36,09
		36,31	201,48	39,01	34,75	201,28	37,25
		38,83	201,46	41,53	37,17	201,54	39,67

km 4700				
1981		1994		
Original	Anpassung			
	0+7			
0,00	199,77	7,00	0,00	203,50
1,05	199,53	8,05	0,00	201,14
5,00	197,70	12,00	1,16	200,41
5,93	196,98	12,93	3,06	199,74
10,93	196,63	17,93	3,16	200,49
16,05	196,74	23,05	4,07	200,50
19,88	197,09	26,88	4,36	199,44
20,93	197,33	27,93	6,59	199,70
22,00	197,80	29,00	7,20	199,82
23,84	198,95	30,84	7,27	199,82
25,93	199,30	32,93	8,02	199,60
29,88	200,47	36,88	10,43	198,39
31,98	201,16	38,98	10,48	198,17
34,07	201,40	41,07	11,20	197,77
			11,93	197,47
			11,99	197,40
			12,36	197,22
			12,94	197,08
			13,63	196,97
			14,89	196,78
			16,18	196,59
			17,14	196,52
			18,62	196,60
			20,46	196,69
			21,55	196,67
			22,78	196,72
			24,16	196,84
			25,38	197,04
			26,30	197,02
			27,20	197,12
			27,83	197,20
			27,89	197,47
			28,49	197,84
			29,23	198,05
			30,25	198,42
			31,02	199,09
			32,43	199,43
			33,99	199,61
			36,19	200,31
			38,70	201,26
			40,56	201,63
			41,66	201,68
			43,34	201,58

km 4800				
1981		1994		
Original	Anpassung			
	0+2			
0,00	202,44	2,00	0,00	202,66
0,93	202,33	3,43	2,61	202,48
4,90	201,16	7,40	3,87	202,30
9,91	199,60	12,41	4,39	202,12
13,99	198,84	16,49	4,49	202,12
14,34	197,91	16,84	4,81	202,05
15,98	197,56	18,48	7,79	200,97
29,97	196,74	32,47	11,06	199,84
31,95	197,91	34,45	12,73	199,28
33,00	199,07	35,50	15,31	199,16
35,92	198,95	38,42	15,99	198,48
37,90	199,30	40,40	16,70	197,98
43,97	201,28	46,47	16,90	197,69
45,95	201,40	48,45	17,52	197,35
			17,92	197,41
			19,11	197,19
			20,96	197,04
			22,57	197,00
			23,83	197,01
			25,34	197,07
			27,19	196,95
			28,45	196,89
			30,49	196,80
			31,82	196,80
			32,83	196,75
			33,59	196,94
			34,61	197,49
			34,81	197,98
			35,55	198,47
			35,83	198,95
			36,81	199,21
			39,09	199,29
			40,74	199,57
			42,90	200,36
			44,43	200,92
			45,90	201,32
			47,55	201,36
			51,63	201,43

km 5300										
1978		1981		1994			1997'2			
				Original	Anpassung		Original	Anpassung		
					0-2.8			0-0.6		
0,00	201,60	0,00	201,60	0,00	201,47	-2,80	0,00	201,51	-0,60	
1,05	201,51	1,05	201,51	2,49	201,50	-0,32	1,93	201,42	1,33	
3,95	200,70	5,00	200,35	2,92	201,49	0,12	4,23	200,82	3,63	
8,60	199,07	6,86	199,88	3,02	201,49	0,22	7,18	199,88	6,58	
11,28	199,07	9,88	199,30	4,05	201,41	1,25	8,79	199,45	8,19	
12,67	198,02	12,91	197,56	6,59	200,73	3,79	9,59	199,40	8,99	
26,98	198,14	25,00	196,74	8,48	200,13	5,68	11,01	198,56	10,41	
28,26	199,19	28,02	199,07	10,41	199,51	7,61	11,27	198,24	10,67	
30,93	199,19	32,56	199,42	11,13	199,39	8,33	12,05	197,87	11,45	
34,42	200,47	32,91	200,00	11,66	199,41	8,86	12,72	197,53	12,12	
38,00	201,51	34,42	200,47	12,20	198,88	9,40	13,32	197,33	12,72	
		38,00	201,51	12,58	198,43	9,78	14,48	197,15	13,88	
				12,78	198,27	9,98	16,72	197,52	16,12	
				13,56	197,81	10,76	17,99	197,61	17,39	
				15,33	197,51	12,53	20,14	197,72	19,54	
				16,67	197,06	13,87	21,46	197,80	20,86	
				18,36	197,30	15,56	23,25	197,81	22,65	
				20,71	197,57	17,91	25,03	197,44	24,43	
				22,74	197,77	19,94	26,19	197,44	25,59	
				24,75	197,94	21,95	27,08	197,78	26,48	
				27,20	197,78	24,40	27,48	198,24	26,88	
				28,70	197,99	25,90	28,89	199,33	28,29	
				29,27	197,95	26,47	30,52	199,66	29,92	
				29,84	198,30	27,04	31,99	199,74	31,39	
				29,95	198,43	27,15	34,22	200,41	33,62	
				30,44	198,81	27,64	36,80	201,18	36,20	
				31,09	199,24	28,29	38,66	201,55	38,06	
				32,00	199,49	29,20	40,19	201,52	39,59	
				33,22	199,56	30,42				
				35,66	200,10	32,86				
				38,66	201,09	35,86				
				40,43	201,49	37,63				
				40,76	201,60	37,96				
				43,36	201,49	40,56				

km 5400												
1978		1981		1987			1988			1994		
				Original	Anpassung		Original	Anpassung		Original	Anpassung	
					0+0.8			0+0.8			0-3	
0,00	202,00	0,00	202,00	0,00	201,95	0,80	0,00	201,95	0,80	0,00	201,98	-3,00
1,00	202,00	1,00	201,86	0,50	201,78	1,30	1,00	201,68	1,80	3,24	201,86	0,24
7,90	199,82	7,90	199,82	3,00	201,01	3,80	5,00	200,46	5,80	3,74	201,84	0,74
9,16	199,77	10,93	199,19	6,50	199,97	7,30	6,00	200,21	6,80	3,85	201,84	0,85
12,41	198,02	12,44	198,49	10,00	199,47	10,80	9,00	199,73	9,80	4,28	201,79	1,28
25,97	198,14	12,91	197,44	11,00	198,69	11,80	10,00	199,54	10,80	6,35	201,20	3,35
29,33	199,65	18,95	197,67	12,00	197,87	12,80	11,50	198,58	12,30	9,26	200,31	6,26
30,61	199,65	25,00	197,91	13,00	197,55	13,80	12,00	198,06	12,80	11,06	199,93	8,06
31,16	199,88	26,05	198,60	14,00	197,31	14,80	13,00	197,22	13,80	13,08	199,69	10,08
35,00	201,28	26,98	199,53	15,00	197,39	15,80	14,00	197,12	14,80	13,30	199,39	10,30
38,02	201,86	31,16	199,88	16,00	197,39	16,80	15,00	197,18	15,80	14,19	199,00	11,19
		35,00	201,28	17,00	197,41	17,80	16,00	197,21	16,80	14,89	198,63	11,89
		38,02	201,86	18,00	197,44	18,80	17,00	197,33	17,80	14,97	198,31	11,97
				19,00	197,49	19,80	18,00	197,43	18,80	15,65	197,88	12,65
				20,00	197,53	20,80	19,00	197,48	19,80	16,41	197,18	13,41
				21,00	197,49	21,80	20,00	197,50	20,80	17,95	197,05	14,95
				22,00	197,49	22,80	21,00	197,53	21,80	19,79	197,07	16,79
				23,00	197,49	23,80	22,00	197,52	22,80	21,18	197,27	18,18
				24,00	197,87	24,80	23,00	197,55	23,80	22,97	197,45	19,97
				25,00	198,69	25,80	24,00	197,61	24,80	24,86	197,48	21,86
				26,00	199,17	26,80	25,00	198,13	25,80	26,59	197,49	23,59
				26,20	199,85	27,00	25,50	198,58	26,30	28,17	197,70	25,17
				27,00	199,90	27,80	27,00	199,88	27,80	29,34	198,14	26,34
				29,00	199,87	29,80	28,00	199,94	28,80	29,60	198,16	26,60
				30,00	199,94	30,80	30,00	199,96	30,80	29,61	198,63	26,61
				32,00	200,43	32,80	32,00	200,44	32,80	29,78	198,93	26,78
				34,00	201,07	34,80	34,00	201,01	34,80	30,68	199,42	27,68
				36,00	201,63	36,80	36,00	201,60	36,80	31,15	199,94	28,15
				37,50	201,80	38,30				33,51	199,94	30,51
										35,51	200,34	32,51
										38,35	201,23	35,35
										40,36	201,68	37,36
										41,26	201,84	38,26
										43,49	201,76	40,49

1994			1999		LFU	
Original		Anpassung				
		0-2				
0,00	202,26	-2,00	0,00	202,27	-1,89	202,26
1,90	202,29	-0,10	0,03	202,27	0,00	202,29
2,18	202,20	0,18	1,86	202,04	0,29	202,00
3,25	202,07	1,25	3,64	201,62	1,35	202,07
3,34	202,06	1,34	5,42	201,11	1,45	202,06
4,28	201,88	2,28	7,07	200,51	2,39	201,88
6,53	201,31	4,53	8,54	200,14	4,63	201,31
8,25	200,66	6,25	10,18	199,93	6,36	200,66
10,54	200,07	8,54	11,26	199,65	8,65	200,07
11,80	199,94	9,80	12,37	199,12	9,90	199,94
13,70	199,38	11,70	13,02	198,78	11,80	199,38
14,58	198,95	12,58	14,04	198,08	12,68	198,95
15,12	198,50	13,12	14,85	197,71	13,23	198,50
15,30	198,21	13,30	16,56	197,64	13,41	198,21
16,29	197,74	14,29	19,00	197,56	14,40	197,74
17,42	197,62	15,42	20,60	197,62	15,53	197,62
18,98	197,57	16,98	22,72	197,71	17,08	197,57
20,64	197,55	18,64	24,76	197,77	18,75	197,55
22,34	197,56	20,34	26,18	197,73	20,45	197,56
23,83	197,62	21,83	27,23	197,72	21,93	197,62
25,22	197,66	23,22	28,50	198,52	23,32	197,66
27,17	197,64	25,17	28,79	198,81	25,28	197,64
28,86	197,66	26,86	29,79	199,47	26,96	197,66
29,68	197,90	27,68	30,80	199,94	27,78	197,90
29,77	198,37	27,77	31,77	200,21	27,87	198,37
30,35	198,34	28,35	33,12	200,39	28,46	198,34
30,40	198,50	28,40	34,49	200,77	28,50	198,50
30,48	198,73	28,48	36,24	201,38	28,58	198,73
31,11	199,21	29,11	37,65	201,80	29,21	199,21
32,85	199,96	30,85	38,96	202,05	30,95	199,96
35,56	200,33	33,56			33,66	200,33
38,40	201,40	36,40			36,50	201,40
40,25	201,90	38,25			38,35	201,90
41,45	202,10	39,45			39,55	202,10
43,39	202,07	41,39			41,50	202,07

1994	
0,00	202,63
4,05	202,56
4,42	202,53
5,11	202,42
5,22	202,42
5,75	202,34
8,66	201,48
10,86	200,62
13,12	200,11
16,82	198,88
16,96	198,39
17,59	198,13
18,61	197,89
20,11	197,78
21,59	197,64
23,28	197,69
25,48	197,71
27,35	197,80
28,92	197,84
30,50	197,83
31,06	197,86
31,97	198,39
32,29	198,80
32,50	198,88
33,27	199,31
33,86	199,82
34,28	200,06
35,63	200,28
37,03	200,33
39,31	201,17
42,04	202,28
43,18	202,65
43,49	202,75
46,57	202,86

1994			1997'2	
Original		Anpassung		
		0-1,5		
0,00	202,99	-1,50	0,00	202,98
2,50	202,98	1,00	2,37	202,85
3,04	202,96	1,54	4,88	202,00
3,15	202,96	1,65	7,99	200,93
3,67	202,89	2,17	10,96	200,49
6,52	201,93	5,02	12,15	200,34
9,22	200,94	7,72	13,45	199,53
11,56	200,55	10,06	14,02	199,01
13,53	200,34	12,03	14,62	198,29
14,06	199,79	12,56	15,17	198,15
14,89	199,36	13,39	15,60	198,08
15,24	199,07	13,74	17,25	198,09
15,45	198,88	13,95	19,01	198,12
16,48	198,08	14,98	20,70	198,24
17,54	198,09	16,04	22,73	198,31
18,81	198,02	17,31	24,69	198,36
20,14	198,02	18,64	26,48	198,21
21,84	198,11	20,34	28,03	198,27
23,53	198,24	22,03	28,99	198,40
25,31	198,35	23,81	29,55	198,72
27,37	198,27	25,87	29,92	199,01
28,72	198,21	27,22	30,51	199,96
30,10	198,31	28,60	31,37	200,49
30,97	198,46	29,47	33,82	200,56
31,30	199,07	29,80	35,44	201,04
31,79	199,67	30,29	36,66	201,47
32,40	200,12	30,90	38,24	202,07
32,64	200,44	31,14	40,26	202,77
34,74	200,48	33,24	41,51	202,91
35,69	200,64	34,19	43,77	202,93
36,37	200,80	34,87		
37,22	201,17	35,72		
39,93	202,19	38,43		
41,87	202,82	40,37		
43,15	202,94	41,65		
47,21	202,97	45,71		

km 5800									
1978		1981		1987		1988			
				Original	Anpassung		Original		
					0+0.8		Anpassung		
							0+0.8		
0,00	202,42	0,00	202,42	0,00	202,35	0,80	0,00	202,35	0,80
1,98	202,30	1,98	202,30	2,00	202,16	2,80	2,00	202,06	2,80
4,30	201,63	5,00	201,48	3,00	201,60	3,80	3,00	201,66	3,80
9,42	199,65	10,00	200,08	7,00	200,81	7,80	5,00	201,26	5,80
12,09	199,53	11,05	199,14	8,00	200,43	8,80	7,00	200,86	7,80
13,04	198,95	12,44	198,44	9,00	200,21	9,80	9,00	200,01	9,80
27,21	198,84	20,00	198,55	10,00	199,37	10,80	10,00	199,14	10,80
27,44	199,19	28,02	198,55	11,00	198,97	11,80	11,00	198,52	11,80
35,00	199,19	31,40	199,02	12,00	198,72	12,80	12,00	198,47	12,80
35,81	199,19	33,02	199,61	13,00	198,67	13,80	13,00	198,57	13,80
40,12	200,66	35,00	199,26	14,00	198,67	14,80	14,00	198,59	14,80
46,98	202,95	36,98	199,73	15,00	198,61	15,80	15,00	198,62	15,80
50,00	203,20	38,02	200,31	16,00	198,57	16,80	16,00	198,66	16,80
		40,00	200,66	17,00	198,67	17,80	17,00	198,72	17,80
		46,98	202,95	18,00	198,81	18,80	18,00	198,89	18,80
		50,00	203,20	19,00	198,92	19,80	19,00	199,00	19,80
				20,00	199,17	20,80	20,00	199,09	20,80
				21,00	199,21	21,80	21,00	199,16	21,80
				22,00	199,11	22,80	22,00	199,15	22,80
				23,00	199,07	23,80	23,00	199,14	23,80
				24,00	199,04	24,80	24,00	199,14	24,80
				25,00	199,00	25,80	25,00	199,14	25,80
				26,00	198,92	26,80	26,00	199,08	26,80
				27,00	198,79	27,80	27,00	199,02	27,80
				28,00	198,59	28,80	28,00	198,90	28,80
				29,00	198,47	29,80	29,00	198,77	29,80
				30,00	198,47	30,80	30,00	198,55	30,80
				31,00	198,87	31,80	31,00	198,55	31,80
				31,80	199,37	32,60	32,00	198,68	32,80
				32,50	199,93	33,30	33,00	199,14	33,80
				34,00	199,99	34,80	33,50	199,67	34,30
				35,00	199,78	35,80	34,00	199,90	34,80
				36,00	199,91	36,80	36,00	200,11	36,80
				38,00	200,38	38,80	38,00	200,49	38,80
				40,00	200,83	40,80	40,00	200,92	40,80
				42,00	201,43	42,80	42,00	201,47	42,80
				44,00	202,12	44,80	44,00	202,22	44,80
				45,00	202,55	45,80			
				46,50	203,03	47,30			
				48,00	203,36	48,80			
1994		1997'2							
Original	Anpassung	Original	Anpassung						
	0-9.3		0-10						
0,00	203,39	-9,30	0,00	203,38	-10,00				
1,53	203,39	-7,77	2,44	203,27	-7,56				
4,26	203,17	-5,04	3,41	203,24	-6,59				
5,94	202,74	-3,36	8,93	202,25	-1,07				
9,28	202,31	-0,02	10,40	201,84	0,40				
9,44	202,31	0,14	11,63	201,84	1,63				
10,31	201,96	1,01	13,87	201,25	3,87				
11,00	202,01	1,70	16,14	200,86	6,14				
12,55	201,49	3,25	17,11	199,90	7,11				
15,59	200,92	6,29	18,46	199,38	8,46				
15,94	200,82	6,64	19,70	199,00	9,70				
16,36	199,86	7,06	20,18	198,64	10,18				
17,54	199,41	8,24	20,97	198,59	10,97				
18,50	199,07	9,20	21,87	198,13	11,87				
18,98	198,94	9,68	23,23	198,17	13,23				
20,86	198,24	11,56	24,66	198,22	14,66				
21,86	198,12	12,56	26,53	198,33	16,53				
23,14	198,11	13,84	28,19	198,40	18,19				
24,24	198,18	14,94	29,68	198,51	19,68				
25,50	198,23	16,20	31,23	198,58	21,23				
26,87	198,25	17,57	31,96	198,66	21,96				
28,49	198,43	19,19	33,46	198,67	23,46				
30,04	198,71	20,74	33,91	199,00	23,91				
30,91	199,07	21,61	34,31	199,44	24,31				
31,10	199,14	21,80	35,76	199,35	25,76				
32,16	199,15	22,86	37,50	199,00	27,50				
32,34	199,37	23,04	39,92	199,18	29,92				
34,30	199,31	25,00	42,36	199,62	32,36				
34,83	199,13	25,53	43,40	199,46	33,40				
35,87	199,09	26,57	44,96	200,10	34,96				
36,65	199,00	27,35	46,67	200,25	36,67				
38,05	198,89	28,75	49,47	200,72	39,47				
39,84	198,81	30,54	50,94	200,93	40,94				
41,99	198,89	32,69	53,81	201,86	43,81				
42,79	199,09	33,49	56,44	202,85	46,44				
43,46	199,52	34,16	58,49	203,23	48,49				
44,60	199,74	35,30	60,21	203,18	50,21				
47,77	200,47	38,47							
50,37	200,93	41,07							
54,64	202,42	45,34							
57,38	203,19	48,08							
57,96	203,29	48,66							
62,03	203,23	52,73							

km 6000												
1978		1981		1994		1999		LFU				
				Original	Anpassung	Original	Anpassung	Original	Anpassung			
					0-2.9		0-1				0-1	
0	203,59	0	203,59	0	203,595	-2,9	0	203,59	-1	-1,77	203,6	-2,77
0,94	203,48	0,94	203,48	1,778	203,603	-1,122	1,8	203,59	0,8	0	203,6	-1
11,35	200,81	14,04	200,2	3,01	203,493	0,11	3,14	203,35	2,14	1,23	203,49	0,23
12,63	200,81	16,02	198,67	3,153	203,49	0,253	5,74	202,66	4,74	1,38	203,49	0,38
16,02	199,07	20,12	198,32	3,706	203,464	0,806	7,38	202,19	6,38	1,93	203,46	0,93
30,29	198,95	25,15	198,55	5,964	203,06	3,064	8,61	201,7	7,61	4,19	203,06	3,19
33,92	200,47	30,06	198,79	8,523	202,283	5,623	9,77	201,43	8,77	6,74	202,28	5,74
35,67	200,58	33,57	199,49	11,624	201,366	8,724	10,68	201,19	9,68	9,85	201,37	8,85
43,04	202,44	35,09	200,31	13,15	200,912	10,25	11,38	200,95	10,38	11,37	200,91	10,37
45,15	203,13	40,12	201,37	14,774	200,595	11,874	12,78	199,81	11,78	13	200,6	12
47,02	203,59	45,12	203,13	16,453	200,085	13,553	13,74	199,01	12,74	14,67	200,09	13,67
		47,02	203,59	17,467	199,776	14,567	15,24	198,49	14,24	15,69	199,78	14,69
				17,685	199,449	14,785	18,43	197,98	17,43	15,91	199,45	14,91
				17,8	199,292	14,9	20,93	197,71	19,93	16,02	199,29	15,02
				18,232	199,165	15,332	23,57	197,56	22,57	16,45	199,17	15,45
				18,567	198,575	15,667	25,88	197,71	24,88	16,79	198,58	15,79
				19,902	198,173	17,002	27,47	198,08	26,47	18,12	198,17	17,12
				20,962	198,026	18,062	28,11	198,45	27,11	19,18	198,03	18,18
				22,514	198,007	19,614	30,11	198,46	29,11	20,74	198,01	19,74
				24,353	197,694	21,453	31,45	198,65	30,45	22,57	197,69	21,57
				25,936	197,845	23,036	32,93	198,84	31,93	24,16	197,85	23,16
				28,068	197,905	25,168	34,47	199,33	33,47	26,29	197,91	25,29
				29,873	198,418	26,973	34,72	199,5	33,72	28,09	198,42	27,09
				31,996	198,394	29,096	35,25	199,82	34,25	30,22	198,39	29,22
				34,262	198,479	31,362	36,41	200,43	35,41	32,48	198,48	31,48
				35,164	198,705	32,264	37,46	200,89	36,46	33,39	198,71	32,39
				36,086	198,929	33,186	39,14	201,22	38,14	34,31	198,93	33,31
				36,4	199,449	33,5	40,55	201,58	39,55	34,62	199,45	33,62
				36,601	199,432	33,701	41,84	202,04	40,84	34,82	199,43	33,82
				37,439	200,254	34,539	43,14	202,49	42,14	35,66	200,25	34,66
				38,636	200,654	35,736	44,75	203,11	43,75	36,86	200,65	35,86
				40,808	200,947	37,908	45,92	203,49	44,92	39,03	200,95	38,03
				43,613	201,884	40,713				41,83	201,88	40,83
				47,805	203,353	44,905				46,03	203,35	45,03
				48,397	203,494	45,497				46,62	203,49	45,62
				49,923	203,491	47,023				48,14	203,49	47,14

LFU-Daten sind mit denen der 1994-Daten identisch

km 6100											
1978		1981		1994							
				Original	Anpassung						
					0-3.8						
0	203,48	0	203,48	0	203,43	-3,8					
0,93	203,48	0,93	203,48	3,871	203,469	0,071					
11,9	199,84	7	201,48	4,924	203,397	1,124					
26,12	199,844	8,05	201,02	5,023	203,39	1,223					
39,07	203,71	11,31	200,08	5,328	203,287	1,528					
		20,99	199,73	5,972	203,103	2,172					
		25,07	199,61	7,766	202,39	3,966					
		26,24	199,73	9,302	201,801	5,502					
		28,57	200,08	11,592	201,344	7,792					
		29,04	200,5	14,912	200,625	11,112					
		31,14	201,02	16,737	200,177	12,937					
		33,12	201,6	17,318	200,014	13,518					
		35,1	202,42	18,395	199,916	14,595					
		39,07	203,71	19,773	199,692	15,973					
				21,652	199,366	17,852					
				23,177	198,889	19,377					
				24,878	198,592	21,078					
				27,114	198,633	23,314					
				29,171	198,581	25,371					
				30,819	199,102	27,019					
				31,684	199,363	27,884					
				31,972	200,136	28,172					
				32,041	200,177	28,241					
				32,134	200,28	28,334					
				32,456	200,715	28,656					
				34,957	201,289	31,157					
				37,476	202,2	33,676					
				41,237	203,554	37,437					
				42,115	203,701	38,315					
				44,247	203,662	40,447					