

Universität für Bodenkultur Wien

University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna



Masterarbeit:

Hochwasserschutz in Hainfeld/NÖ -
Ingenieurbiologische Alternativen
am Ramsaubach

Bearbeiter:	HEINGARTNER markus
Matrikelnummer:	0440046
Studienkennzahl:	066430
Betreuer:	O. Univ. Prof. Dr. Florin Florineth
Mitbetreuer:	Univ.Ass. Dr. DI Hans Peter Rauch

Hart, August 2009

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	6
2	Zusammenfassung	7
3	Abstract	8
4	Problemstellung	9
4.1	Einführung	9
4.2	Problemanalyse	9
4.3	Ziel und Methodik der Arbeit	10
5	Allgemeines zum Projektgebiet	12
5.1	Veranlassung	12
5.2	Informationen zum Projektgebiet	12
5.2.1	Ortsangabe	12
5.2.2	Topographie	12
5.2.3	Landnutzung	13
5.2.4	Hydrologie	13
5.3	Hochwassersituation	13
5.4	Planungsgrundlagen	13
5.5	Hydrologische und hydraulische Grundannahmen	14
5.5.1	Abflussganglinie und Summenfracht	14
5.5.2	Rauhigkeiten im Ramsaubach	14
6	Theoretische Grundlagen zur Hydraulik von Fließgewässern	16
6.1	Abfluss- und Geschwindigkeitsermittlung in offenen Gerinnen	16
6.1.1	Fließformeln	16
6.2	Die Schubspannung	19
7	Theoretische Grundlagen der Ingenieurbiologie	20
7.1	Natürliche Vegetationsgesellschaften an Fließgewässern	20
7.2	Auwaldzonierung	20
7.2.1	Gehölzfreie Aue	20
7.2.2	Weichholzaue	21
7.2.3	Hartholzaue	21
7.2.4	Außeraue	21
7.3	Eigenschaften von Pflanzen	22

7.3.1	Regenerationsfähigkeit	22
7.3.2	Überstaubarkeit	22
7.3.3	Auszugwiderstand	22
7.3.4	Elastizität von Pflanzen	23
7.3.5	Fähigkeit zur vegetativen Vermehrbarkeit	23
7.4	Maßnahmentypen an Fließgewässern	24
7.4.1	Ingenieurbioologische Längsbauwerke	24
7.4.2	Ingenieurbioologische Querbauwerke	25
7.4.3	Kriterien für die Auswahl von ingenieurbioologischen Bauweisen . .	25
8	Projektbeschreibung der technisch - konventionellen Maßnahmen	27
8.1	Lineare Maßnahmen	27
8.1.1	Aufweitungen	27
8.1.2	Sohleintiefungen	28
8.1.3	Hochwasserschutzmauern	28
8.1.4	Hochwasserschutzdämme	28
8.2	Retentionsmaßnahmen	29
8.2.1	Damm, Retentionsbecken	29
8.2.2	Beckenauslass	30
8.2.3	Hochwasserentlastung	30
8.2.4	Schutzmauer	31
8.2.5	Vorlandsicherung	31
8.2.6	Geländeabtrag	31
8.3	Biologische Begleitmaßnahmen	31
8.3.1	Allgemeines	31
8.3.2	Dammgestaltung	31
8.4	Betrieb, Pflege und Wartung	32
8.4.1	Allgemeines	32
8.4.2	Technische Wartung und Instandhaltung	32
8.4.3	Vegetationspflege	33
9	Projektbeschreibung der technisch - biologischen Maßnahmen	34
9.1	Standort 1	34
9.1.1	Lage	34
9.1.2	Vegetation - Bestand	34
9.1.3	Erarbeitung der Alternative	36
9.2	Standort 2	39
9.2.1	Lage	39
9.2.2	Vegetation - Bestand	39
9.2.3	Erarbeitung der Alternative	40
9.3	Standort 3	45
9.3.1	Lage	45
9.3.2	Vegetation - Bestand	45
9.3.3	Erarbeitung der Alternative	46

9.4 Standort 4	51
9.4.1 Lage	51
9.4.2 Erarbeitung der Alternative	51
10 Diskussion - Vergleich der Alternativen	54
10.1 Hydraulik	54
10.2 Bau und Pflege	55
10.3 Mehrwert	56
11 Abbildungsverzeichnis	58
12 Tabellenverzeichnis	61
13 Literaturverzeichnis	63
14 Anhang	65
14.1 Hydrologische Eingangsdaten	65
14.2 Grundlagen für hydraulische Berechnungen	67
14.3 Hydraulische Berechnungen	74
14.3.1 Hydrologische Grundannahmen und Linienzahlanalysen	75
14.3.2 Hydraulische Berechnungen zu Kapitel 8	90
14.3.3 Hydraulische Berechnungen zu Kapitel 9	101
14.4 Planbeilagen	109
15 English Summary	112
15.1 Project Area Description	112
16 Technical - Conventional Measures	113
16.1 Linear Measures	113
16.1.1 Widening	113
16.1.2 Deepening of the River Bed	113
16.1.3 Flood Protection Wall	114
16.1.4 Flood Protection Dam	115
16.2 Retention Measures	115
16.2.1 Dam and Retention Basin	115
16.2.2 Basin Outlet	116
16.2.3 High Water Discharge	116
16.2.4 Protection Wall	116
16.2.5 Downstream Foot Reinforcement	117
16.2.6 Terrain Overburden	117
16.3 Corollary Biological Measures	117
16.3.1 General	117
16.3.2 Dam Configuration	118
16.4 Maintenance and Servicing	118
16.4.1 General	118

16.4.2	Technical servicing	118
16.4.3	Care of Vegetation Cover	119
17	Description of Technical - Biological Measures	120
17.1	Site 1	120
17.1.1	Location	120
17.1.2	Vegetation	120
17.1.3	Formulation of alternatives	121
17.2	Site 2	123
17.2.1	Location	123
17.2.2	Vegetation	123
17.2.3	Formulation of Alternatives	124
17.3	Site 3	127
17.3.1	Location	127
17.3.2	Vegetation	127
17.3.3	Formulation of Alternatives	128
17.4	Site 4	131
17.4.1	Location	131
17.4.2	Formulation of alternatives	131
18	Discussion – Comparison of Alternatives	133
18.1	Hydraulics	133
18.2	Construction and Maintenance	134
18.3	Supplementary comments	135

1 Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand zu einem erheblichen Teil während meiner Tätigkeit im Ingenieurbüro Dr. LANG im Februar 2009. Aufbauend auf den so erarbeiteten Erkenntnissen konnte ich in weiterer Folge die anderen Teile der Arbeit zusammenstellen. Für die Erlaubnis der Verwendung der Ausgangsdaten des Projektes sowie für die Unterstützung bei der Ausarbeitung der Maßnahmen gilt daher mein Dank der Geschäftsführung aber auch den Kollegen im Büro. Das angesprochene Einreichprojekt „Hochwasserschutz Ramsaubach“ ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht eingereicht, in dieser Arbeit kommen also teilweise noch vorläufige Ergebnisse zur Anwendung.

Eine weitere wichtige Quelle stellt die von mir im Jahr 2008 am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau unter der Anleitung von Univ. Ass. Dr. DI Hans Peter RAUCH erstellte Bakkalaureatsarbeit dar. Teile der vorliegenden Arbeit wurden aus dieser übernommen.

Mein besonderer Dank gilt aber auch dem Betreuer dieser Arbeit: O. Univ. Prof. Dr. Florin FLORINETH, der mir meinen ersten Kontakt mit ingenieurbiologischen Bauweisen in verschiedenen Lehrveranstaltungen und durch diese Arbeit einen tieferen Einblick in die Ingenieurbiologie ermöglicht hat. Ein großer Dank gebührt auch Univ. Ass. Dr. DI Hans Peter RAUCH, der mich bei den hydraulischen Berechnungen in dieser Arbeit begleitet hat. Ich hoffe, das Erlernte im Beruf umsetzen zu können.

An dieser Stelle möchte ich auch meiner gesamten Familie, die mich nicht nur finanziell während meines Studiums unterstützt hat danken. Ohne die durch sie erbrachten Leistungen wäre der Abschluss an einer Universität sicherlich nicht möglich gewesen.

Zu guter Letzt gilt mein Dank meiner Freundin Irene, die mir immer, wirklich immer beisteht. Sie hat mittlerweile Übung darin, fast alle meine Vorhaben, mögen sie auch noch so töricht und dumm erscheinen, zu unterstützen.

Danke!

2 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, Alternativen zu den technisch - konventionellen Maßnahmen für den Hochwasserschutz Ramsaubach in Hainfeld / Niederösterreich zu erarbeiten. Dabei sollte aber kein vollständiges Alternativprojekt entwickelt werden. Vielmehr ging es um das Aufzeigen von Möglichkeiten, in erster Linie in Bedacht auf die hydraulische Machbarkeit.

So werden in dieser Arbeit zuerst die technisch - konventionellen Maßnahmen erläutert, welche zu einem großen Teil im Februar 2009 im Zuge der Erarbeitung eines Einreichprojektes im Ingenieurbüro LANG ausgearbeitet worden sind. Aus dieser Planung wurden in weiterer Folge vier Standorte ausgewählt, an denen exemplarisch Alternativen entwickelt, sowie deren hydraulische Funktionstüchtigkeit kontrolliert wurden.

Als Eingangsdaten dienten zum einen die Wasserführungsdaten der Ramsau, ausgearbeitet durch die Abteilung WA5 der Niederösterreichischen Landesregierung sowie zum anderen die Vermessung, die ich im Zuge meiner Beschäftigung im Ingenieurbüro LANG im März und April 2008 in Hainfeld durchführen durfte.

Die daraus entwickelten Querprofile und Lagepläne dienen zur Ermittlung der Überflutungsflächen und im Anschluss zur Planung entsprechender Maßnahmen.

Als weitere Daten flossen auch Vegetationsaufnahmen am Wienfluss von RAUCH (2006) ein, die Informationen über die Veränderungen, welchen eine Vegetationsgesellschaft im Laufe der Zeit unterworfen ist, bieten.

Diese Eingangsdaten wurden anschließend in Berechnungsmodellen nach GAUCKLER - MANNING - STRICKLER, MERTENS sowie MERTENS - RAUCH angewandt und die Ergebnisse interpretiert.

Es zeigte sich, dass technisch - biologische Maßnahmen oftmals eine Alternative zu den technisch - konventionellen Maßnahmen darstellen. Die Berechnungen zeigen, dass trotz des angenommenen Bewuchses der erforderliche Mindestabfluss rechnerisch immer erreicht wird. Nur in einem der vier betrachteten Fälle kann keine entsprechende technisch - biologische Alternative gefunden werden, da die auftretenden Kräfte zu groß sind.

Weiters konnte gezeigt werden, dass technisch - biologische Maßnahmen neben der Funktion des Hochwasserschutzes noch weitere positive Aspekte auf das Umland haben, was wohl als Mehrwert bezeichnet werden kann.

3 Abstract

The main objective of the present work is the development of alternative flood protection measures for the Ramsau river, which passes the city Hainfeld in the province of Niederösterreich, Austria. Due to extreme rainfall events the Ramsau periodically passes over its banks, which endangers several factories and settlements as well as the city Hainfeld itself.

The measures which were developed for flood protection by the Ingenieurbüro LANG are presented as part of this work. However the more important part of the present work is the re-planning of four chosen locations. These locations were chosen because of features, such as river geometry or chosen countermeasure. The re-planning dealt with soil bioengineering techniques to answer the question whether or not soil bioengineering techniques are appropriate to solve the current problems.

In order to prove the functionality of the planned alternatives they are calculated using different methods developed by GAUCKLER - MANNING - STRICKLER, MERTENS and RAUCH. All these methods are presented briefly before they are used.

It can be said that three of the four chosen locations would be suitable for alternative soil bioengineering measures. They may require a bigger cross - section due to higher roughness, but from a hydraulic point of view they would work. The fourth location enables no possibility for soil bioengineering alternatives, as the occurring forces are too high, no types of measures presented in the literature exist which can resist the forces.

The outcome, which was somewhat unexpected, encourage the use of soil bioengineering based measures in river and flood protection projects and, as such, some of them will be suggested in the case of Hainfeld.

4 Problemstellung

4.1 Einführung

Durch die im Jahr 2000 eingeführte europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurden im gesamten europäischen Unionsbereich Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes gefordert. Unter anderem wird als Zielsetzung ein Beitrag zur Minderung der Auswirkungen von Überschwemmungen und Dürren gefordert (nach NACHTNEBEL, 2008).

Diese Überschwemmungen sind teilweise durch frühere anthropogene Aktivitäten (Verkehrswegebau, Energieproduktion und Siedlungstätigkeit) in den eigentlichen Flusslandschaften hervorgerufen, die eine beträchtliche Flächenreduktion und Unterbrechung des Wirkungsgefüges „Fließgewässer - Umland“ nach sich zogen (vgl. FLORINETH, 2008). Siedlungstätigkeiten und Verkehrswegebau führten auch in der Stadtgemeinde Hainfeld im Bezirk Lilienfeld zu einer verminderten Abflusskapazität des Ramsaubaches vor dessen Einmündung in die Gölsen. Im Rahmen eines Projektes, ausgearbeitet durch das Ingenieurbüro LANG, 2700 Wr. Neustadt, wurden zum schadfreien Abfluss eines einhundert - jährlichen Hochwassers Maßnahmen entwickelt, die in der vorliegenden Arbeit dargestellt werden und als die Grundlage für alternative, technisch - biologische Maßnahmen dienen.

4.2 Problemanalyse

Bei den bereits erwähnten Maßnahmen handelt es sich um konventionelle, baulich - technische Lösungsansätze, die sich bereits oftmals bewährt haben.

NACHTNEBEL (2008) erwähnt als Ziel der WRRL aber auch die Verbesserung des Zustandes der aquatischen Ökosysteme im Hinblick auf deren Wasserhaushalt. Hierzu bieten sich technisch - biologische Maßnahmen an, welche nach FLORINETH (2008) nicht nur zum Schutz der Ufer beitragen, sondern auch zu einer Wiederbelebung der Gewässer führen.

Daraus lassen sich für die vorliegende Arbeit folgende Fragen ableiten:

- Welche der durch das Ingenieurbüro LANG geplanten Maßnahmen am Ramsaubach lassen sich durch technisch - biologische Maßnahmen ersetzen, ohne dadurch negative Auswirkungen auf die Wirkungsweise aller geplanten Maßnahmen herbeizuführen?
- Können technisch - biologische Maßnahmen zu einem Resultat mit Mehrwert, also dem Erfüllen zusätzlicher Ziele, als nur dem des Hochwasserschutzes führen?

Die Antworten auf diese Fragen werden in der folgenden Arbeit gesucht, wobei zuerst die dafür verwendeten Grundlagen erläutert werden.

4.3 Ziel und Methodik der Arbeit

Mit der Beauftragung zur Planung von Maßnahmen zum Hochwasserschutz in der Stadtgemeinde Hainfeld bietet sich nun die Möglichkeit, neben den technisch - konventionellen auch technisch - biologische Maßnahmen in das Repertoire des Ingenieurbüro LANG mit aufzunehmen. Die vorliegende Arbeit soll einen Vergleich der beiden Herangehensweisen aus verschiedenen Blickwinkeln ermöglichen.

Zuerst werden daher die nötigen Kenntnisse vermittelt, die benötigt werden, um die Wahl und die Dimensionierung von Schutzmaßnahmen zu ermöglichen.

Im nächsten Schritt werden exemplarische Standorte ausgewählt, an denen die Etablierung von technisch - biologischen Maßnahmen möglich ist. An diesen Standorten wird in weiterer Folge ein Vergleich zwischen der hydraulischen Wirksamkeit, den Kosten, der Pflege, dem Herstellungsaufwand sowie dem Nutzen, der über den reinen Hochwasserschutz hinaus geht, durchgeführt.

Ziel der Arbeit ist es, Alternativen aufzuzeigen und deren Durchführung dort vorzuschlagen, wo diese sinnvoll sind.

Zur Erfüllung dieses Ziels gliedert sich die Arbeit in mehrere Teile. Kapitel 5 bietet einen Überblick über das Projektgebiet sowie über die Planungsgrundlagen, auf deren Basis die Maßnahmen ermittelt werden. Kapitel 6 beschreibt einige hydraulische Grundlagen, die zum Verständnis der in Kapitel 8 und Kapitel 9 errechneten und beschriebenen Maßnahmen dienen. In Kapitel 7 werden einige technisch - biologische Grundlagen dargelegt. Abschließend wird in der Diskussion ein Vergleich zwischen den ermittelten Maßnahmen gezogen.

Ein lineares Arbeitsmodell ist in Abbildung 4.1, Seite 11 dargestellt.

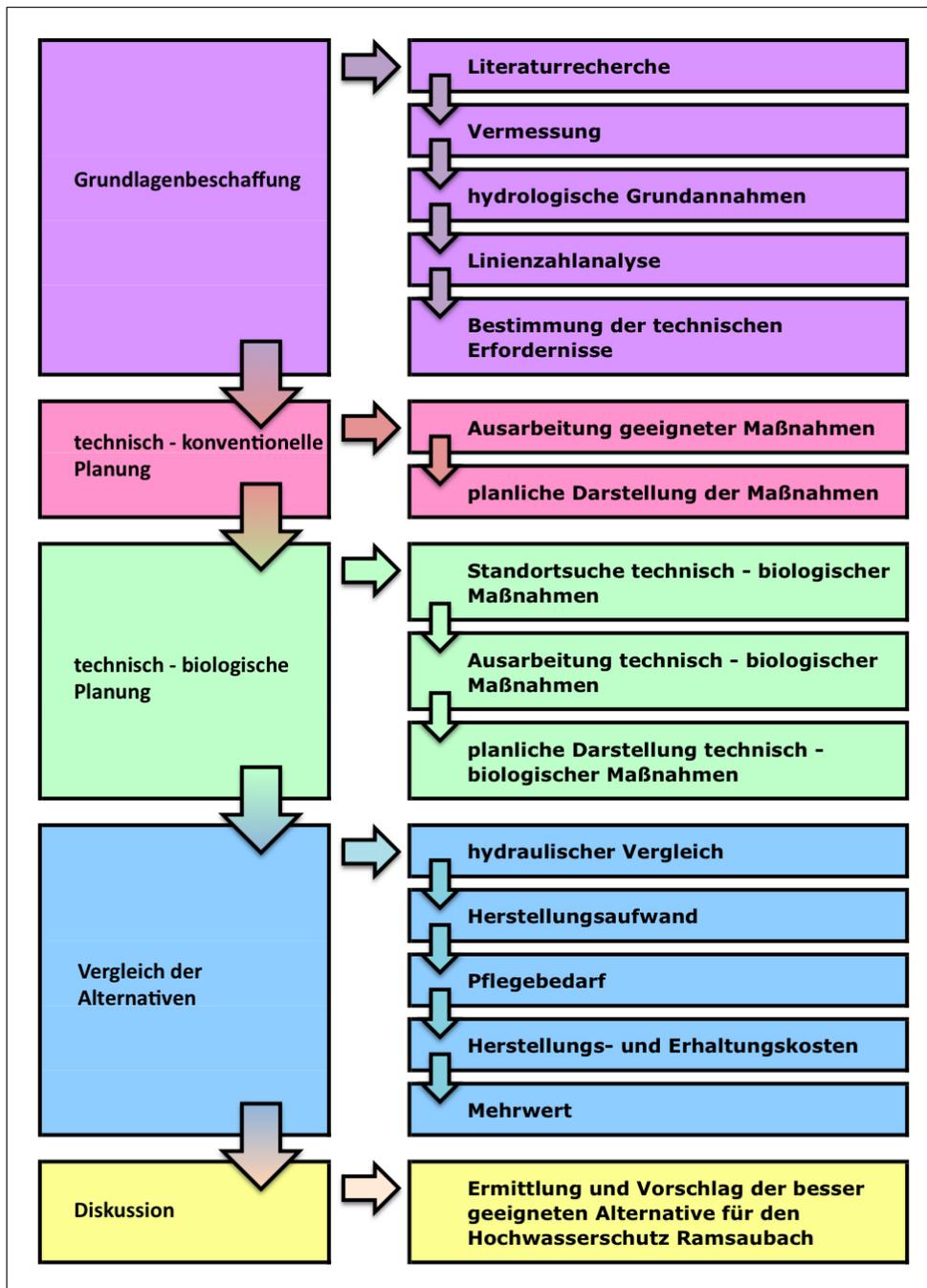


Abbildung 4.1: Lineares Arbeitsmodell mit den wesentlichen Schwerpunkten der vorliegenden Arbeit

5 Allgemeines zum Projektgebiet

5.1 Veranlassung

Bei Hochwasserführung kommt es infolge der geringen Abflusskapazität des Ramsaubaches, besonders im Ortsbereich von Hainfeld, aber auch in den südlich davon gelegenen Siedlungs- und Industriegebieten zu Überschwemmungen. Unter Bedachtnahme auf Naturschutz, Landschaftsschutz, Grundbedarf, Verkehr und Wirtschaftlichkeit sollen durch die geplanten Maßnahmen die genannten Bereiche sowie die zugehörigen Verkehrsflächen vor Hochwässern bis zu HQ₁₀₀ (einhundert - jährliches Hochwasserereignis) aus dem Ramsaubach geschützt werden.

5.2 Informationen zum Projektgebiet

5.2.1 Ortsangabe

Bundesland:	Niederösterreich
Verwaltungsbezirk:	Lilienfeld
Politische Gemeinde:	Stadtgemeinde Hainfeld
Katastralgemeinden:	19009 Hainfeld 19002 Landsthal 19012 Heugraben 19029 Unterried 19028 Oberried
Ramsaubach	
Kilometer:	0,000-2,950

Das Projektgebiet erstreckt sich von der Mündung des Ramsaubaches in die Gölsen bis zum Flusskilometer 2,950 des Ramsaubaches.

5.2.2 Topographie

Das Einzugsgebiet des Ramsaubaches hat als südliche Begrenzung den Unterberg, der ca. 12 km von Hainfeld entfernt ist und eine Höhe von 1.342 m ü.A. hat. In Ost - West Richtung reicht das Einzugsgebiet vom Hohenberg mit 1.027 m ü.A. bis zum Veiglkogel mit 808 m ü.A.. Die daraus resultierende Einzugsgebietsgröße beträgt 57,9 km² (siehe Abbildung 5.1, Seite 14). In der Stadtgemeinde Hainfeld mündet der Ramsaubach schließlich in die Gölsen.

5.2.3 Landnutzung

Das Einzugsgebiet des Ramsaubaches ist zu großen Teilen bewaldet, in den gerinnenahen Ebenen wird landwirtschaftliche Nutzung betrieben. Neben dem Stadt- und Siedlungsgebiet Hainfeld liegen südlich auch weitere Ortschaften wie zum Beispiel Ramsau und Landsthal im Einzugsgebiet des Ramsaubach.

5.2.4 Hydrologie

Vom Amt der Niederösterreichischen Landesregierung wurden auf Anfrage die folgenden Wasserführungsdaten für das einhundert - jährliche Hochwasser (HQ₁₀₀) bekannt gegeben:

Gerinne: Ramsaubach	
Vorfluter: Gölsen - Traisen	
Einzugsgebiet $\approx 57,9 \text{ km}^2$	
Profil 1: vor Mündung in die Gölsen	76,4 m ³ /s
Profil 2: Ortsbeginn Hainfeld	75,5 m ³ /s
Profil 3: nach Mündung des Heugrabens	74,2 m ³ /s
Profil 4: vor Einmündung des Heugrabens	72,4 m ³ /s
Profil 5: Straßenbrücke	71,7 m ³ /s

Detailliertere Werte können der Tabelle 14.1 im Anhang auf Seite 66 entnommen werden, die Lage der Bestimmungsprofile ist in der Abbildung 5.1, Seite 14 ersichtlich.

5.3 Hochwassersituation

Derzeit kommt es bei Hochwasserführung im Ramsaubach sowohl im Stadtgebiet von Hainfeld als auch in den Siedlungs- und Industriegebieten südlich der Stadt zu Überflutungen.

5.4 Planungsgrundlagen

- Vermessung durch das Ingenieurbüro Dr. LANG-ZT GmbH
- Diverse Begehungen und Besprechungen mit Vertretern der Stadtgemeinde Hainfeld
- Wasserführungsdaten vom Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (WA5-Q-3/398-2008)
- Gewässerbetreuungskonzept Traisen AP6 Hydrologie und Hydraulik - März 2006
- Linienzahlanalyse an verschiedenen Stellen des Ramsaubaches vom Juni 2009

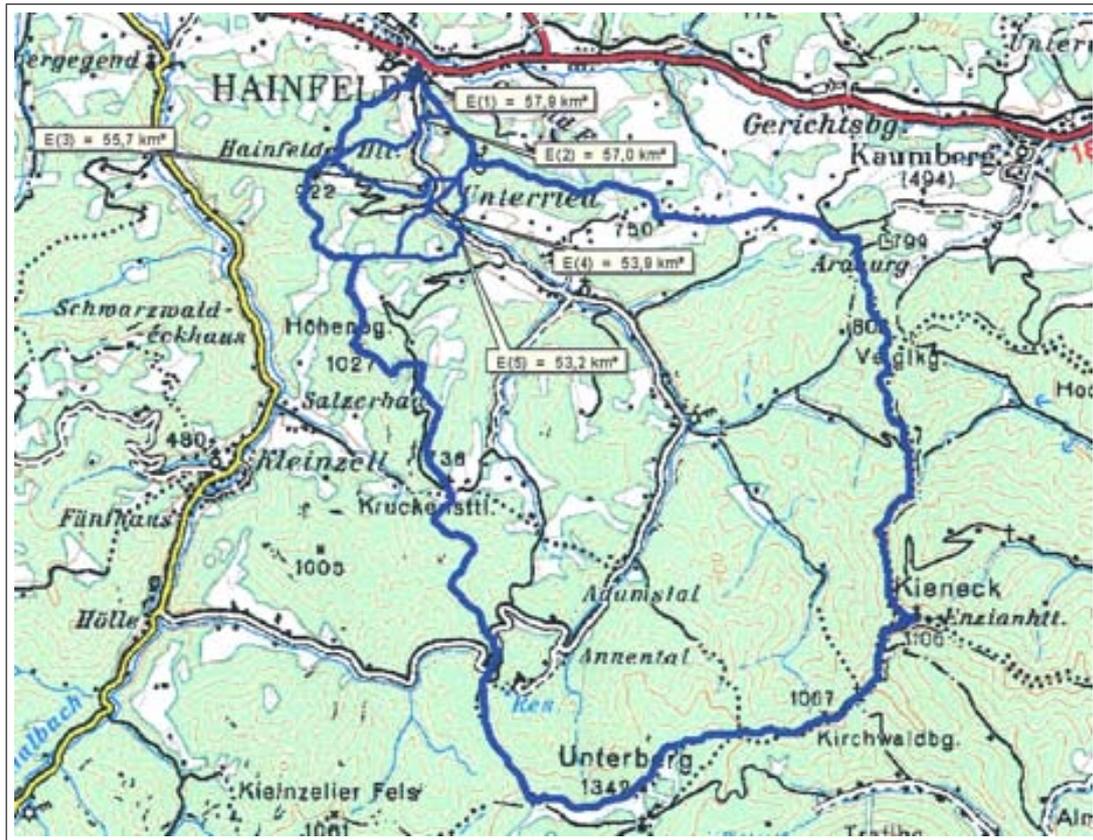


Abbildung 5.1: Einzugsgebiet des Ramsaubaches mit der Lage der HQ_{100} Bestimmungsprofile nach WA5 (2008)

5.5 Hydrologische und hydraulische Grundannahmen

5.5.1 Abflussganglinie und Summenfracht

Ausgehend von der Größe des Einzugsgebietes sowie weiterer Parameter wird die Konzentrationszeit T_c und unter Zuhilfenahme des gegebenen Abflusses eine Ganglinie dargestellt. Der berechnete Abfluss, sowie die durch die Konzentrationszeit resultierende Ganglinie nach OFNER, sind in Abbildung 14.2 und 14.3 ab Seite 76 dargestellt. Die ermittelten Werte sind gültig für den Bereich des Retentionsdammes, Details siehe Kapitel 8.2, Seite 29. Für die restliche Fließstrecke werden zur Dimensionierung die von der Niederösterreichischen Landesregierung bekannt gegebenen Werte (siehe Kapitel 5.2.4, Seite 13) herangezogen.

5.5.2 Rauigkeiten im Ramsaubach

Zur Planung der technisch - konventionellen Maßnahmen am Ramsaubach werden die lokalen Rauigkeiten in Form des sogenannten STRICKLER - Beiwertes geschätzt. Diese geschätzten Werte werden in weiterer Folge für die Berechnungen herangezogen.

Des Weiteren wird aber auch die Linienzahlanalyse nach ANASTASI und FEHR angewandt, die eine Berechnung der Rauigkeit ermöglicht, sodass diese nicht geschätzt werden muss. Zu diesem Zweck wurde im Juni 2009 an vier Stellen im Ramsaubach eine derartige Messung durchgeführt. Tabelle 5.1, Seite 15 zeigt die so ermittelten Sohlrauigkeiten. Die Aufnahme- und Berechnungsblätter sind im Anhang beigefügt. Zur

km	Standort 1 ≈ 0,039	Standort 2 ≈ 0,690	Standort 3 nord ≈ 1,367	Standort 3 süd ≈ 1,720
k_s	0,038	0,063	0,031	0,044
$k_{st} = \frac{26}{k_s^{(\frac{1}{6})}}$	44,84	41,21	46,38	43,75

Tabelle 5.1: Mittels Linienzahlanalyse am 3.6.09 bestimmte Rauigkeiten im Ramsaubach an vier verschiedenen Standorten

Ermittlung der Rauigkeiten wurde ein von KAITNA (2008) behandeltes Verfahren verwendet. Die Umrechnung von k_s zu k_{st} erfolgte mit Hilfe einer Formel aus IWG (1999). Zusätzlich wird eine dritte Variante zur Ermittlung der Rauigkeit im Gerinne vorgestellt. Hierbei handelt es sich um das Verfahren nach ALDRIDGE & GARRETT, doch dazu mehr in Kapitel 6.1.1, Seite 17.

6 Theoretische Grundlagen zur Hydraulik von Fließgewässern

6.1 Abfluss- und Geschwindigkeitsermittlung in offenen Gerinnen

Im folgenden Abschnitt werden überblicksweise drei ausgewählte Fließformeln vorgestellt. Sie alle gehen von stationären, gleichförmigen Abflussbedingungen aus, was bedeutet, es wird angenommen, dass Wasserspiegelgefälle, Sohlgefälle und Energieliniengefälle gleich sind (vgl. IHLW, 2005).

6.1.1 Fließformeln

GAUCKLER - MANNING - STRICKLER

Die GAUCKLER - MANNING - STRICKLER oder nach IHLW (2005) im deutschsprachigen Raum auch vereinfacht als STRICKLER - Formel bezeichnet, ermittelt die Fließgeschwindigkeit v im Gerinne unter Zuhilfenahme des Sohlgefälles I , des hydraulischen Radius R_{hy} und des sogenannten STRICKLER - Beiwertes k_{st} .

$$v = k_{st} * I^{\frac{1}{2}} * R_{hy}^{\frac{2}{3}}$$

Der hier verwendete hydraulische Radius R_{hy} ist eine Funktion aus dem benetzten Umfang U , der die Länge aller vom Wasser berührten Flächen, außer der angrenzenden Luft inkludiert, und der Abflussquerschnittsfläche A .

$$R_{hy} = \frac{A}{U}$$

Der STRICKLER - Beiwert k_{st} muss zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit im Vorfeld geschätzt werden. In der Literatur werden hierzu zahlreiche Tabellen geboten, von denen eine im Anhang auf Seite 68 zu finden ist. Eine andere Möglichkeit k_{st} zu ermitteln bieten zum Beispiel ALDRIDGE & GARRETT. Das von ihnen entwickelte Verfahren wird im folgenden Abschnitt erläutert.

Da der STRICKLER - Beiwert innerhalb eines Gerinnequerschnittes mitunter stark variiert, wurde von EINSTEIN und HORTON ein Ansatz entwickelt, welcher es ermöglicht, den Rauigkeitsbeiwert k_{st} für das gesamte Gerinne anhand der Schätzungen für die

Böschungsrauigkeiten und der Sohlrauigkeit zu berechnen (vgl. IWG, 1999).

$$k_{st} = \left(\frac{U}{\Sigma(U_i/k_{st,i}^{3/2})} \right)^{2/3}$$

Als problematisch bei dem GAUCKLER - MANNING - STRICKLER - Verfahren bleibt anzumerken, dass der Rauigkeitsbeiwert dimensionsbehaftet ist, was bedeutet, dass er vom hydraulischen Radius beziehungsweise in weiterer Folge von der Wassertiefe abhängig ist. Daher sind die in der Literatur gebotenen Werte nur Näherungen, die realen Werte hängen aber von der aktuellen Abflusshöhe ab.

Hilfestellung zur Ermittlung von k_{st} : Wie bereits beschrieben, stellt die Einschätzung des Abflussbeiwertes k_{st} in der Realität eine Herausforderung an die/den Techniker/in dar. Anhand eines Momenteindruckes werden Werte geschätzt, welche dann in die Berechnungen eingehen. Diese Schätzungen sind naturgemäß von der Erfahrung des Ausführenden abhängig und unterscheiden sich mitunter stark.

Daher haben zum Beispiel ALDRIDGE & GARRETT einen Leitfaden erstellt, der es ermöglichen soll, anhand verschiedener, beschreibbarer Indikatoren den Abflussbeiwert eines bestimmten Querschnittes zu ermitteln. Dieses Verfahren bietet die Möglichkeit, k_{st} zu bestimmen, ohne dafür Tabellen wie zum Beispiel die nach RÖSSERT (siehe Anhang, Seite 68) zu verwenden.

Die von ALDRIDGE & GARRETT (1973) entwickelte Formel benötigt folgende Eingangsparameter um k_{st} zu berechnen:

- einen Basiswert, der Auskunft über die Oberflächenbeschaffenheit im Gerinne gibt (n_b)
- einen Korrekturfaktor, der die Irregularität des Gerinnes beschreibt (n_1)
- einen Wert, der die Gleichmäßigkeit des Gerinnequerschnittes beschreibt (n_2)
- einen Wert, der die Blockierung im Gerinne beschreibt (n_3)
- einen Wert, der die Vegetation an den seitlichen Böschungen und in der Sohle beschreibt (n_4)
- einen Wert, der die Mäandrierung des Gerinnes beschreibt (m)

All diese Werte werden anhand einer Tabelle, welche wörtliche Beschreibungen bietet (siehe auch Anhang, Tabellen 14.4 - 14.9 ab Seite 69), abgeschätzt und dann in folgende Formel eingesetzt:

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m$$

Zu beachten ist, dass hier n ermittelt wird, welches im englischen Sprachraum häufiger verwendet wird als k_{st} .

$$k_{st} = \frac{1}{n}$$

Der so ermittelte Abflussbeiwert kann dann wie bereits beschrieben zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit mit Hilfe der STRICKLER - Formel herangezogen werden.

DARCY - WEISBACH

Eigentlich für die Rohrhydraulik entwickelt, bietet das Verfahren nach DARCY - WEISBACH mit der Einführung dem Konzept des hydraulischen Radius ein Werkzeug, die Geschwindigkeit in offenen Gerinnen zu bestimmen. JIRKA & LANG (2005) bieten zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit nach DARCY - WEISBACH die folgende Formel:

$$V = \left(\frac{8g}{\lambda} \right)^{1/2} * R_h^{1/2} * I_0^{1/2}$$

Hier ist λ ein sogenannter Reibungs- oder Widerstandskoeffizient, der zum Beispiel aus dem MOODY - Diagramm (siehe Anhang Seite 73) abgelesen werden kann.

Der Vorteil des Ansatzes nach DARCY - WEISBACH ist die Verwendung des dimensionslosen Widerstandsbeiwertes, welcher sich bei variierendem Wasserstand im Gerinne entsprechend ändert.

COLEBROOK - WHITE

Genauso wie beim Verfahren nach DARCY - WEISBACH kommt auch hier der dimensionslose Widerstandskoeffizient λ zur Anwendung. IWG (1999) bietet zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit nach COLEBROOK - WHITE folgende Formel:

$$v_m = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} * \sqrt{8 * g} * \sqrt{R * I_E}$$

MERTENS modifiziert durch RAUCH

Anwendung findet der Ansatz nach COLEBROOK - WHITE zum Beispiel im Verfahren nach MERTENS, später auch modifiziert durch RAUCH. MERTENS unterteilt den Gerinnequerschnitt eines Gewässers mit bewachsenen Böschungen in mehrere Teilquerschnitte, wobei der Hauptabflussbereich von fiktiven Trennflächen T, deren Rauigkeit vom Grad des Bewuchses auf der Böschung abhängt, begrenzt wird.

Weiters geht er zur Ermittlung dieser Trennflächenrauigkeit von einem gänzlich starren Bewuchs auf den Böschungen aus. Eine detaillierte Anleitung zur Anwendung dieses Verfahrens findet sich zum Beispiel in IWG (1999) und MERTENS (2006).

RAUCH (2006) modifizierte den Ansatz von MERTENS dahingehend, dass er eine Elastizität der umströmten Pflanzen und somit ein Umlegen eben dieser in Fließrichtung annimmt. Er nimmt auf Grund von Messungen an, dass bei Weiden bis zu einem basalen Stammdurchmesser von 40 mm im Falle einer Überströmung mit einer mittleren Fließgeschwindigkeit von 1 bis 2 m/s, aufgrund deren Elastizität, ein Umlegen und somit eine Reduzierung der Höhe auf bis zu ein Fünftel auftritt. Dieses Umlegen führt zu einer Verringerung der Anströmfläche einzelner Pflanzen und somit zur Reduzierung der Trennflächenrauigkeit.

Beide Verfahren, sowohl das nach MERTENS, als auch die Modifizierung nach RAUCH, werden in Abschnitt 9, Seite 34 verwendet.

Als Eingangsdaten für die Rauigkeiten werden unter anderem auch Messungen herangezogen, die in RAUCH (2006) publiziert worden sind. So wurde zum Beispiel eine regelmäßige Vegetationsaufnahme mit Höhen-, Dicken- und Dichtemessung an einer Spreitlage durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messung aus RAUCH (2006) werden nach Aufbereitung in dieser Arbeit verwendet.

6.2 Die Schubspannung

Neben der Geschwindigkeit im Gerinne ist ein weiterer maßgebender Faktor die sogenannte Schub- oder Schleppspannung. Betrachtet man diese an der Sohle eines Gerinnes, spricht man von der Sohlschubspannung. Sie ist verantwortlich für die Geschiebebewegung im Gewässer. Ob eine Geschiebebewegung stattfindet, hängt also vor allem von der Grenzsohlschubspannung ab, die wiederum stark von der Korngrößenverteilung der Sohle abhängt (vgl. RÖSSERT, 1976).

Laut FLORINETH (2008) berechnet sich die Schubspannung wie folgt:

Für Gerinne $B/h < 30$

$$\tau_0 = \rho_W * g * R * I_e [N/m^2]$$

und für Gerinne für die gilt $B/h > 30$

$$\tau_0 = \rho_W * g * h * I_e [N/m^2]$$

Außerdem merkt FLORINETH (2008) an, dass aufgrund der schwierigen Bestimmbarkeit des Energieliniengefälles das wesentlich einfachere zu ermittelnde Sohlgefälle zur Berechnung herangezogen werden kann.

Die Auswirkungen der Schubspannung können auch auf technisch - biologische Bauweisen bestimmt werden. Ob ein Bauwerk der auftretenden Schubkraft widersteht, kann per se nicht gesagt werden, allerdings bietet FLORINETH (2008) Werte an, die durch Versuche und Nachberechnungen von Hochwässern ermittelt worden sind. Die Tabelle ist im Anhang auf Seite 72 ersichtlich.

7 Theoretische Grundlagen der Ingenieurbilogie

7.1 Natürliche Vegetationsgesellschaften an Fließgewässern

Nach der Darlegung der technischen Grundlagen werden in diesem Kapitel die ökologischen Eigenschaften, welche die in der Ingenieurbilogie verwendeten Materialien aufweisen, behandelt.

Natürliche, an Gewässern anzutreffende Gehölze, finden sich für gewöhnlich in Auwaldgesellschaften. Diese Auwälder sind stark durch den begleiteten Flusslauf und dessen Wasserführung beeinträchtigt. Daher spielen zum Beispiel Hochwässer eine bedeutende Rolle bei der Artenzusammensetzung in Auen.

Die Ausprägung und Pflanzensammensetzung hängt aber auch von anderen Faktoren wie zum Beispiel der geographischen Lage, der Höhe und auch der Größe des Fließgewässers ab.

7.2 Auwaldzonierung

„Die verschiedenartigen Pflanzengesellschaften der Auen ... hängen sämtlich von der Wasserführung des Flusses ab.“ (aus POTT, 1996). Demnach gliedern sich, je nach vertikalem Abstand zum Normalwasserspiegel, verschiedene Pflanzengesellschaften in verschiedene Entwicklungsstufen. Wie in Abbildung 7.1, Seite 21 zu erkennen ist, gliedert sich die Aue, quer zur Strömungsrichtung, in:

7.2.1 Gehölzfreie Aue

Sie schließt direkt an das Gewässer an und besteht ausschließlich aus nicht verholzten Pflanzen. Hochwüchsige Gräser und grasartige Pflanzen siedeln sich hier an und können durch ihr rasches Rhizomwachstum den Uferbereich sichern. Aufgrund der relativ häufigen Überflutung dieses Bereiches sind Pflanzen mit nicht allzu starren Halmen von Vorteil, da sie sich nach einem Umknicken durch die Strömung wieder aufrichten können. Anzutreffen im sogenannten Flussröhricht ist zum Beispiel das Rohrglanzgras *Phalaris arundinacea*.

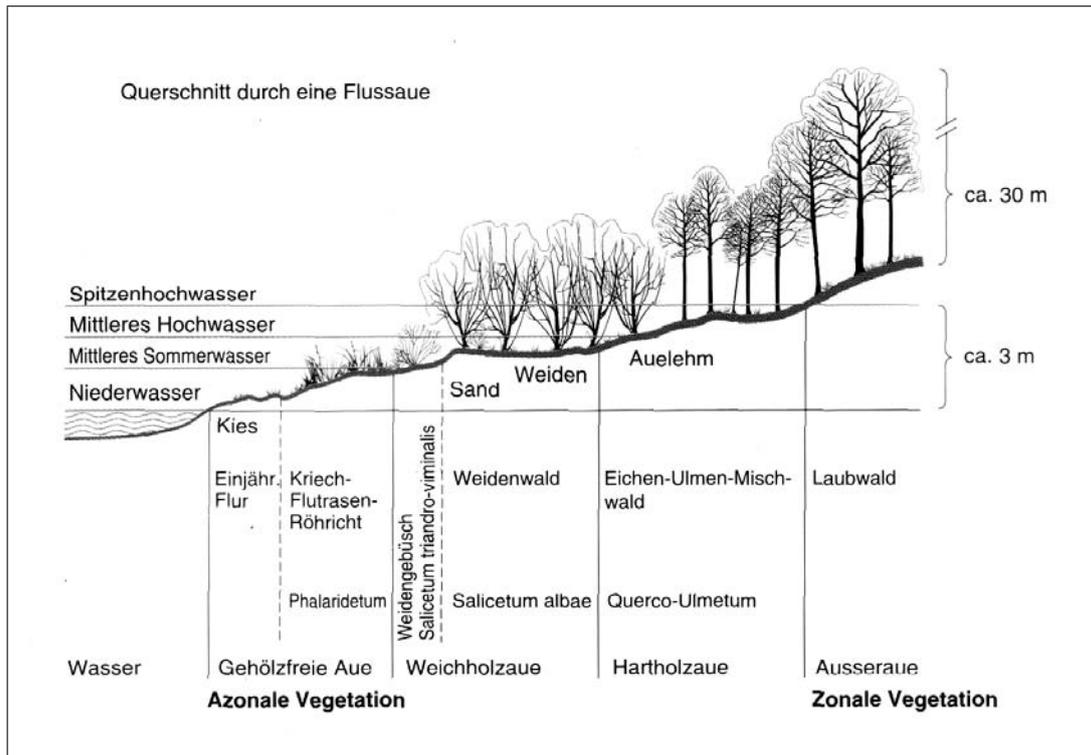


Abbildung 7.1: Zonierung der Aue, aus POTT (1996)

7.2.2 Weichholzaue

Bevor der Flussröhricht in die Weichholzaue übergeht, findet man einen schmalen Saum, das Weidengebüsch, welches sich, wie der Name schon sagt, hauptsächlich aus sehr raschwüchsigen Weiden der Arten *Salix purpurea* und *Salix triandra* zusammensetzt. Diese weisen einen buschigen Wuchs auf.

Auf höherem Niveau bildet sich anschließend an das Weidengebüsch die eigentliche Weichholzaue, welche, wie auch das Weidengebüsch, hauptsächlich von Weiden geprägt ist. Außerdem sind Pappeln und Erlen, abhängig von der vorherrschenden Höhenstufe sowie von der Stärke der Sommerhochwässer, anzutreffen.

7.2.3 Hartholzaue

Sie bildet die am höchsten gelegene Stufe im periodischen Überschwemmungsbereich der Aue und wird daher auch durch dauerhafte Baumarten besiedelt. Anzutreffen sind zum Beispiel Stieleichen, Eschen und Ulmen.

7.2.4 Außeraue

Wie in der Abbildung 7.1, Seite 21 zu erkennen ist, gehört die Außeraue eigentlich zu der an die Aue anschließende Vegetation. Sie ist aber trotzdem durch das Wasserregime des Fließgewässers beeinflusst, da der Grundwasserspiegel bei Niederwasser mit

zunehmender Nähe zum Fluss sinkt.

7.3 Eigenschaften von Pflanzen

Im nun folgenden Abschnitt werden einige Kriterien, die darüber entscheiden, ob eine Pflanze zur Verwendung für technisch - biologische Maßnahmen geeignet ist, aufgezeigt.

7.3.1 Regenerationsfähigkeit

Bestimmte Gehölze weisen eine hohe Regenerationsfähigkeit auf. Das bedeutet, dass sie nach Beschädigungen infolge von Hochwasser, aber auch nach Schnittmaßnahmen wieder „austreiben“ können. Diese Regenerationsfähigkeit findet zum Beispiel beim Stockschnitt Anwendung, bei welchem der beschnittene Baum an der Basis abgeschnitten wird, wo er dann wieder neue Sprosse bildet. Diese Maßnahme fördert außerdem ein verstärktes Wurzelwachstum.

7.3.2 Überstaubarkeit

Vor allem Weiden können starke Wasserspiegelschwankungen ertragen. Daher bieten sie sich für die Nutzung nahe an Fließgewässern, aber auch an Altarmen, an (vgl. FLORINETH, 2008).

Gehölze wie die Mandelweide (*Salix triandra*), Aschweide (*Salix cinerea*), Lorbeerweide (*Salix pentandra*), Schwarzweide (*Salix myrsinifolia*), Bruchweide (*Salix fragilis*) und Silberweide (*Salix alba*), aber auch die Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) überleben während der Vegetationsperiode schadlos für 1 bis 2 Wochen Überstauungen bis zu zwei Drittel ihrer Wuchshöhe (vgl. BAUMANN, 2006).

7.3.3 Auszugwiderstand

Der Widerstand gegen Auszug ist jene Kraft, die die Pflanze einem Auszug aus dem Boden entgegensetzt. Überschreitet die aufgebrachte Kraft jenen Wert, versagt die Pflanze. Laut FLORINETH (2008) ist eine Abhängigkeit des maximalen Auszugwiderstandes von der Wurzel - Bodenmatrix der Pflanze gegeben. Er schreibt, dass ausläuferbildende Arten einen sehr geringen Widerstand aufweisen, während jener von horstbildenden Gräsern und tieferwurzelnden Kräutern höher sei (vgl. FLORINETH, 2008). Weiters vermerken WEITZER et al. (1998), dass zwischen dem Volumen, dem Alter, der Pflanzenhöhe und dem Auszugwiderstand der Pflanze kein Zusammenhang besteht. RAUCH (2006) sieht den Grund dafür in den Standortbedingungen, den lokalen Bodenbedingungen und der Nährstoffversorgung.

FLORINETH (2008) kommt zu dem Schluss, dass die folgenden vier Faktoren bestimmend für den Auszugwiderstand von Pflanzen sind:

- die Bodenbeschaffenheit (Korngrößenverteilung, Bindigkeit, ...)

- die Wuchsbedingungen (Wasser, Licht, Nährstoffe, ...)
- die Pflanzenart
- das Alter

7.3.4 Elastizität von Pflanzen

Im Gegenteil zu plastischen Materialien, die nach der Verformung nicht wieder ihre Ausgangsform einnehmen, kehren elastische Körper wieder in ihre ursprüngliche Form zurück. Allerdings gilt dies nur bis zum Überschreiten einer Grenze, die materialabhängig ist und einer bestimmten Spannung entspricht. Wird diese Spannung überschritten, kommt es zum Versagen des Werkstoffes. Diese Grenze, der Elastizitätsmodul E , ist von Pflanzenart zu Pflanzenart unterschiedlich, vergleichbar mit verschiedenen Stahlsorten. Die maximale Verformbarkeit einer Pflanze, die Biegefestigkeit, ist allerdings nicht nur vom entsprechenden Elastizitätsmodul E abhängig, sondern auch vom Flächenträgheitsmoment I . Da Pflanzen für gewöhnlich einen kreisförmigen Stammquerschnitt haben, benötigt man hierfür das Flächenträgheitsmoment I des Kreises. Dieses berechnet sich wie folgt (vgl. KRAPFENBAUER, 1998):

$$I = \frac{\pi * r^4}{4}$$

Anschließend kann die Biegefestigkeit, welche ein Produkt aus dem materialabhängigen Elastizitätsmodul E und dem Flächenträgheitsmoment I ist, berechnet werden:

$$\text{Biegefestigkeit} = E * I$$

7.3.5 Fähigkeit zur vegetativen Vermehrbarkeit

Unter vegetativer Vermehrbarkeit versteht man die Verwendung von Teilen einer Mutterpflanze, aus denen mittels verschiedener Verfahren Klone dieser Pflanze gezogen werden können. Hierbei kommen die verschiedensten Teile der Pflanze zur Anwendung. Eine Vermehrung kann zum Beispiel aus den Wurzeln (Wurzelsteckling, Rhizomsteckling) oder auch aus Teilen des Sprosses (Spross- und Grünsteckling, Steckholz) erfolgen. Manche Pflanzen vermehren sich auch selbst mittels Brutknospen (Bulbillen). Eine Vermehrung mittels Bulbillen findet allerdings bei Gehölzen nicht statt, weshalb hier nicht näher darauf eingegangen wird. Nun folgen zwei Beispiele der vegetativen Vermehrung nach FLORINETH (2008):

Wurzelsteckling: Beim Wurzelsteckling handelt es sich um ein 5-15 cm langes, in der Vegetationsruhe geschnittenes Wurzelstück, welches in Wuchsrichtung in ein Sand - Torf - Gemisch gesteckt wird. Nach FLORINETH (2008) eignen sich folgende Gehölze für dieses Verfahren:

- Grauerle (*Alnus incana*)
- Brombeere (*Rubus caesius*)
- Hasel (*Corylus avellana*)
- Himbeere (*Rubus idaeus*)
- alle Weidenarten (*Salix species*)
- Hartriegel (*Cornus sanguinea*)
- Pappel (*Populus nigra und tremula*)
- Robinie (*Robinia pseudacacia*)

Steckholz: Beim Steckholz handelt es sich um ein bis zu 100 cm langes Stück vom Ast oder Stamm, welches einen Durchmesser von 3-8 cm hat. Auch hier empfiehlt sich ein Schnitt in der Vegetationsruhe. Die Steckhölzer, die man ab einer Länge von über 100 cm Setzstangen nennt, werden an der unteren Seite angespitzt und in den Boden geschlagen, ohne jedoch dabei das herausragende Ende zu beschädigen. Hierfür eignen sich zum Beispiel alle Weidenarten, wobei die Salweide (*Salix caprea*) nicht in der Vegetationspause, sondern direkt nach der Blüte geschnitten werden muss (vgl. FLORINETH, 2008).

Bei diesem Verfahren kommt den Weiden die Fähigkeit der Sprosswurzelbildung zugute, die auch eine Wurzelbildung am Stamm nach Einschüttung desselben ermöglicht.

7.4 Maßnahmentypen an Fließgewässern

7.4.1 Ingenieurbiologische Längsbauwerke

Ingenieurbiologische Längsbauwerke sind Bauwerke, die in Fließrichtung an Gewässern angeordnet sind und unter ingenieurbiologischen Aspekten sowie unter der Verwendung entsprechender Materialien errichtet werden. Sie können unter anderem zum Schutz der Gewässerböschungen dienen, indem sie diese vor Erosion bewahren. So wird zum Beispiel die Spreitlage aufgrund ihrer hohen Belastbarkeit an Prallufern angewandt, wo hohe hydraulische Belastungen zu erwarten sind (vgl. FLORINETH, 2008).

Andere Typen von ingenieurbiologischen Längsbauwerken an Fließgewässern sind zum Beispiel:

- Weidenfaschinen und Senkfaschinen (Faschinenreihe)
- Weidenfaschinen auf Buschlage
- Geotextilpackung auf Buschlage
- Drahtsteinwalze, Röhrichtwalze und Sinkwalze
- Flechtzaun
- Wurzelstockreihe

- Raubäume
- Astpackung (Packwerk)
- Gitterbuschbau
- Uferpfahlwand
- Uferkrainerwand
- etc.

Weitere Bauweisen sowie deren Eigenschaften können FLORINETH (2008) entnommen werden.

7.4.2 Ingenieurbiologische Querbauwerke

Bei Querbauwerken handelt es sich um Maßnahmen quer zur Fließrichtung. Sie können vor allem zur Gewässerstrukturierung verwendet werden. Durch entsprechenden Einsatz ist aber auch der Böschungsschutz möglich.

Die Maßnahmen können sich entweder im direkten Abflussbereich des Gewässers befinden, wie zum Beispiel Buhnen, oder in Uferanbrüchen, wie zum Beispiel lebende Bürsten und lebende Kämmen. Letztere sollen ein Verlanden und somit ein Wieder - Auffüllen der Uferanbrüche fördern, indem sie die Fließgeschwindigkeit herabsetzen und somit die Sedimentation ermöglichen. Bei Buhnen gibt es nach FLORINETH (2008) mehrere Unterscheidungsmöglichkeiten, wobei eine die Ausrichtung der Buhnen ist. Sind diese zum Beispiel in Fließrichtung geneigt, spricht man von deklinanten Buhnen, sind sie flussaufwärts geneigt so spricht man von inklinanten Buhnen. Die dritte Variante sind die rechwinkeligen Buhnen. Diese drei Typen beeinflussen das Gerinne je in einer anderen Form, da ihre Wirkungsweisen aufgrund der unterschiedlichen Anordnung stark divergieren. So führen zum Beispiel 75-80° geneigte, inklinante Buhnen zu einer starken Verlandung direkt anschließend an die Buhne, während sich bei deklinanten und rechtwinkligen Buhnen Wirbel in den Buhnenzwischenräumen bilden.

7.4.3 Kriterien für die Auswahl von ingenieurbiologischen Bauweisen

Bauweisen sind nach den herrschenden Bedingungen am Fließgewässer auszuwählen, wobei eine Unterscheidung bezüglich ihrer Funktion und Wirksamkeit möglich ist. Nach FLORINETH (2008) kann diese Unterscheidung folgendermaßen stattfinden:

- Je nach Funktion
 - Sicherungsmaßnahmen
 - Strukturmaßnahmen
- Je nach Anordnung
 - Längsbauwerke
 - Querbauwerke
- Je nach Neigung
 - Vertikale Bauweisen
 - Geneigte Bauweisen (flach oder steil)
- Je nach Rauigkeit
 - Glatte Bauweisen
 - Raue Bauweisen
- Je nach Wirksamkeit
 - Flächige Bauweisen
 - Lineare Bauweisen
 - Punktuelle Bauweisen

8 Projektbeschreibung der technisch - konventionellen Maßnahmen

Die geplanten Maßnahmen gliedern sich im Wesentlichen in zwei Aufgabenfelder. Die erste Aufgabe ist hierbei der Schutz der Überflutungsflächen entlang des Ramsaubaches durch lineare Maßnahmen, die ein Übertreten des Gerinnes bei Hochwasserführung verhindern. Dies geschieht durch eine Erhöhung des Uferbords und einer somit einhergehenden Vergrößerung des Freibords. Die zweite Aufgabe ist die Kompensation der durch die linearen Maßnahmen verloren gegangenen Überflutungsräume. Dies wird durch die Etablierung von Retentionsmaßnahmen in Form eines Dammes erreicht.

Durch die Anordnung der linearen Maßnahmen kommt es zu einem Verlust von rund 80.000 m² Überflutungsflächen. Diesem Verlust steht zur Kompensation das Retentionsvolumen von rund 39.900 m³ im Becken gegenüber.

8.1 Lineare Maßnahmen

Die linearen Maßnahmen, angeordnet von Flusskilometer 0,000 bis ca. 1,750 dienen vor allem dem direkten Objektschutz. Sie erhöhen die Uferborde und verhindern so Überflutungen von an das Gerinne angrenzenden Flächen. Grundsätzlich wird in der vorliegenden Planung zwischen vier verschiedenen Typen unterschieden, wobei alle Typen eine Erhöhung des Uferbords bzw. eine Vergrößerung des Gerinnequerschnittes zum Ziel haben.

8.1.1 Aufweitungen

von Flusskilometer 0,576-0,788; 1,242-1,410;

In den ausgewiesenen Bereichen kommt es zu einer Aufweitung des Gerinnes. Hierzu wird die Uferlinie in das angrenzende Vorland verlegt. Die neugestalteten Böschungen werden standortgerecht bepflanzt und fügen sich gut in den Bestand ein. Eine Bepflanzung mit Gehölzen ist soweit möglich, als die Gehölze den Abflussquerschnitt im Hochwasserfall nicht einengen oder die Rauigkeit erhöhen und somit den Abfluss mindern. Um die Standsicherheit der Böschungen gewährleisten zu können, werden sie mit einer Neigung von ca. 1:1,5 ausgebildet.

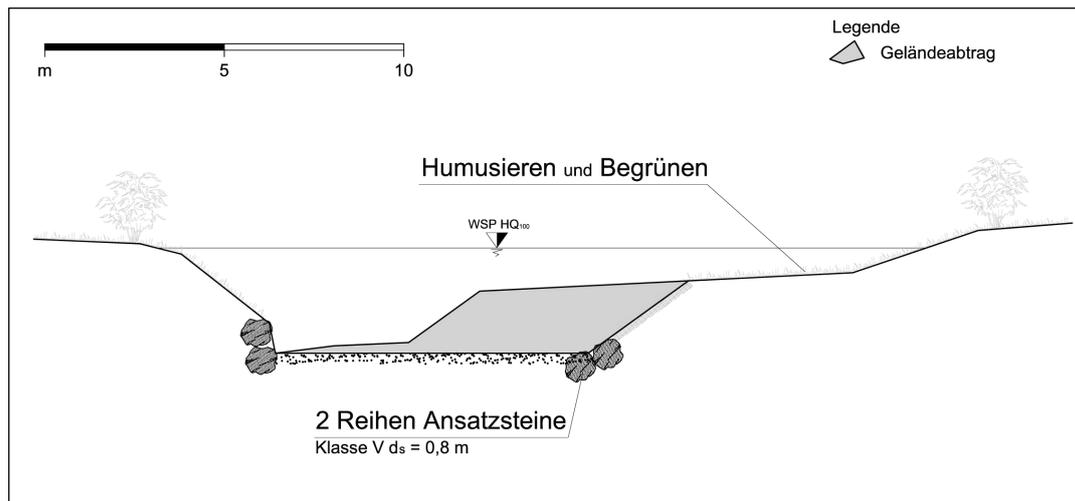


Abbildung 8.1: Schema der im Rahmen der technisch - konventionellen Maßnahmen geplanten Aufweitungen am Ramsaubach/Hainfeld nach IBL (2009)

8.1.2 Sohleintiefungen

von Flusskilometer 0,022-0,576; 0,832-0,857; 1,297-1,319;

Zur Sohleintiefung werden Sohlsubstrat und Ablagerungen aus dem Flussbett entnommen. Dies geschieht unter Bedacht auf das erforderliche Sohlgefälle sowie die ökologischen Gegebenheiten.

8.1.3 Hochwasserschutzmauern

von Flusskilometer 0,013-0,119; 0,199-0,471; 0,477-0,524; 1,598-1,668; 1,842-1,996;

Die Hochwasserschutzmauern werden aus Stahlbeton (C25/30/XC3) ausgebildet. Sowohl ihre Dicke als auch die Fundierung hängen von den statischen und geotechnischen Erfordernissen ab. Alle 20 m ist eine Dehnfuge auszubilden, um temperaturbedingte Längenänderungen der Wand kompensieren zu können.

8.1.4 Hochwasserschutzdämme

von Flusskilometer 1,024-1,242; 1,410-1,598; 1,668-1,741; 1,756-1,842;

Die Hochwasserschutzdämme sind als homogene Erdschüttdämme herzustellen und lt. geotechnischen Erfordernissen in den Untergrund einzubinden. Es ist geplant, eine Kronenbreite von 1,0 m und eine Dammeigung von 1:2 auszuführen. Als Überströmsicherung sollen Geotextilien im luftseitigen Böschungsbereich und verdeckte Steinschichtungen im Kronenbereich zur Anwendung kommen. Außerdem ist eine Steinreihe am luftseitigen Böschungsfuß als zusätzlicher Erosionsschutz vorgesehen. Die Dämme sollen nach ihrer Fertigstellung humusiert und begrünt werden.

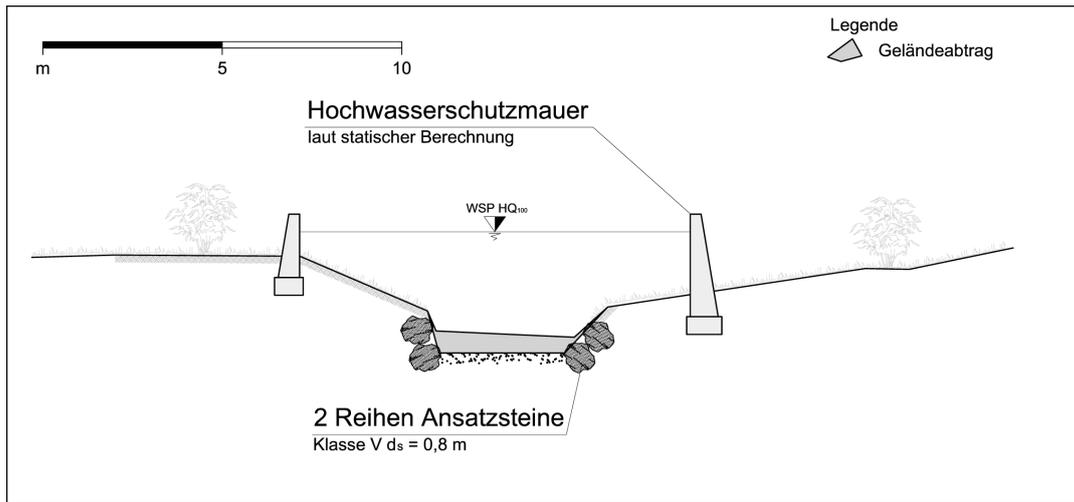


Abbildung 8.2: Schema der im Rahmen der technisch - konventionellen Maßnahmen geplanten Hochwasserschutzmauern mit Sohleintiefung am Ramsaubach/Hainfeld nach IBL (2009)

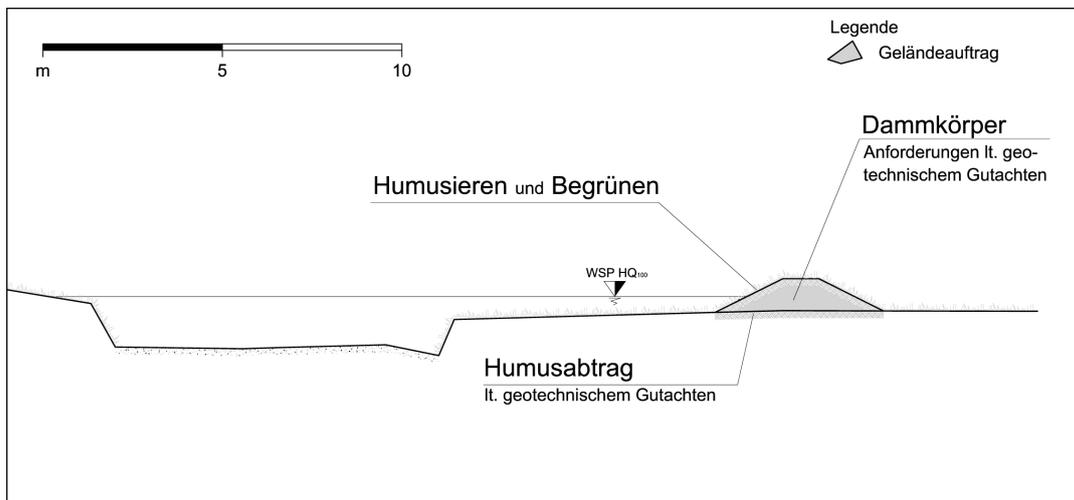


Abbildung 8.3: Schema der im Rahmen der technisch - konventionellen Maßnahmen geplanten Hochwasserschutzdämme am Ramsaubach/Hainfeld nach IBL (2009)

8.2 Retentionsmaßnahmen

Der geplante Retentionsraum erfüllt im Wesentlichen die Funktion der Kompensation von verlorenen Flächen, hervorgerufen durch die linearen Maßnahmen am Ramsaubach.

8.2.1 Damm, Retentionsbecken

Der geplante Damm befindet sich südlich der Stadt Hainfeld bei Flusskilometer 2,55 des Ramsaubaches. Bei einem Stauziel von 449,50 m ü.A. ermöglichen die topographischen

Bedingungen ein Retentionsvolumen von rund 39.900 m^3 (Berechnung siehe Abbildungen 14.20 und 14.21 ab Seite 95). Der Beckenauslass, der den Damm an der Stelle des bestehenden Ramsaubaches durchsticht, ermöglicht einen maximalen Abfluss $Q_{AB} = 72,52 \text{ m}^3/\text{s}$ bei Beckenvollfüllung (siehe Berechnung in den Abbildungen 14.16 und 14.17 ab Seite 91). Um einer Beschädigung des Dammes durch ein Ereignis, das größer als HQ_{100} ist entgegenzuwirken, wird eine Hochwasserentlastung über die gesamte Dammlänge angeordnet. Hierzu wird das sogenannte Katastrophenhochwasser, welches mit dem 1,6 - fachen Wert von HQ_{100} angenommen wird, zur Berechnung herangezogen. Zusätzlich wird der luftseitige Dammfuß mittels Blockwurf gesichert und eine 10,6 m lange Vorlandsicherung vor dem Damm angeordnet.

Der Retentionsdamm hat eine maximale Höhe von 4,3 m, eine Kronenbreite von 4,0 m und eine maximale Aufstandsbreite von ca. 25,5 m. Er bindet an der südwestlichen Seite in die bestehende Böschung ein und grenzt nordöstlich an die Ramsaustraße. Sowohl die wasserseitige als auch die luftseitige Böschung des Dammes weisen ein Neigungsverhältnis von 1:3 auf. Zusätzlich wird der bestehende Radweg, der ebenfalls auf einem Damm geführt wird und den geplanten Damm südwestlich des Ramsaubaches schneidet, über den Retentionsdamm geleitet. Dabei wird ein Längsgefälle des Radweges von 8,0 % nicht überschritten. Zur Herstellung des Dammes kann zum Teil Material verwendet werden, das beim Abtrag südöstlich des Dammes im Retentionsraum anfällt. Dieses muss aber jedenfalls auf seine Eignung untersucht werden und darf nur im Falle der geotechnischen Eignung verwendet werden. Ist dies nicht der Fall, muss geeignetes Material angeliefert und eingebaut werden.

8.2.2 Beckenauslass

Der Beckenauslass weist bei Vollfüllung resultierend aus der Sohlbreite von 2,5 m und einer seitlichen Böschungsneigung von 2:1 eine Querschnittsfläche von 20 m^2 auf. Die maximale Fließgeschwindigkeit, ermittelt für HQ_{100} nach MANNING - STRICKLER, beträgt $3,63 \text{ m/s}$. Der Beckenauslass ist an der Stelle der bestehenden Bachsohle angeordnet und mündet somit bei Austritt aus dem Damm wieder in den Ramsaubach. Die seitlichen Böschungen des Beckenauslasses werden mittels Blocksteinsicherung im Betonbett gesichert, wodurch sich ein Rauigkeitsbeiwert nach STRICKLER von ca. 35 ergibt.

8.2.3 Hochwasserentlastung

Die Hochwasserentlastung ist über die gesamte Länge des Dammes angeordnet. Sie weist eine Querneigung von 2 % in Fließrichtung des Ramsaubaches auf und wird, wie auch die Böschungen, gegen die auftretende Schubspannung im Falle einer Überströmung besonders gesichert. Diese Sicherung wird zum Beispiel mittels einer durchgehenden Steinschichtung Klasse IV im Betonbett erreicht. Um eine bessere Einbindung des Dammes in die Umgebung zu erreichen, wird die Steinschichtung anschließend mit Humus überdeckt und begrünt.

8.2.4 Schutzmauer

Um ein Überschwemmen der Landstraße 132 im Nahbereich des Dammbauwerkes zu vermeiden, ist zwischen dem Retentionsraum und der Straße eine Hochwasserschutzwand geplant. So kann bei Beckenvollfüllung im Falle des HQ_{100} ein Übertreten des Wassers auf die Landstraße 132 ausgeschlossen werden. Die maximale Höhe der Hochwasserschutzmauer beträgt 0,75 m an einer Tiefstelle südöstlich des Dammes. Sowohl Fundierung als auch Dicke der Mauer sind von den statischen und geotechnischen Gegebenheiten abhängig. Zur Anwendung kommt Stahlbeton (C25/30/XC3).

8.2.5 Vorlandsicherung

Die Vorlandsicherung dient dem Schutz des Dammes im Falle einer Überströmung, hervorgerufen durch ein Ereignis größer dem der Berechnung zugrunde liegenden HQ_{100} . Sie besteht aus einem Reibungsfuß (Steinklasse VI), der direkt anschließend an den Dammfuß angeordnet wird, sowie einer Bruchsteinpflasterung Klasse III in Beton verlegt.

8.2.6 Geländeabtrag

Der Geländeabtrag, der ein Volumen von ca. 1.800 m³ (siehe Berechnung in Abbildung 14.24, Seite 99) aufweist, dient einerseits zur Erhöhung des Retentionsvolumens und bietet andererseits die Möglichkeit, das gewonnene Material für den Dammbau zu verwenden, falls dieses die erforderlichen geotechnischen Eigenschaften erfüllt. Der Abtrag befindet sich zwischen dem Ramsaubach und dem Radweg, wobei durch die Grabungen die Standsicherheit des Radweges nicht gefährdet wird.

8.3 Biologische Begleitmaßnahmen

8.3.1 Allgemeines

Den biologischen Maßnahmen liegen folgende Ziele zugrunde:

- Weitestgehende Erhaltung des Gehölz- und Baumbestandes im Retentionsbereich
- Gewährleistung einer naturnahen Sohlensausbildung
- Einpassung des Dammes in das Landschaftsbild durch standortgemäße Begrünung unter Rücksichtnahme auf die Bewirtschaftung

8.3.2 Dammgestaltung

Notwendige Rodungen zur Errichtung des Dammbauwerkes sind derart durchzuführen, dass es zur kleinstmöglichen Beeinträchtigung des Bewuchses kommt. Abgetragener Humus muss gesondert gelagert werden, um nach Fertigstellung des Dammbaus zur Humusierung des Dammes benützt werden zu können. Der Damm selbst sowie ein 3 m

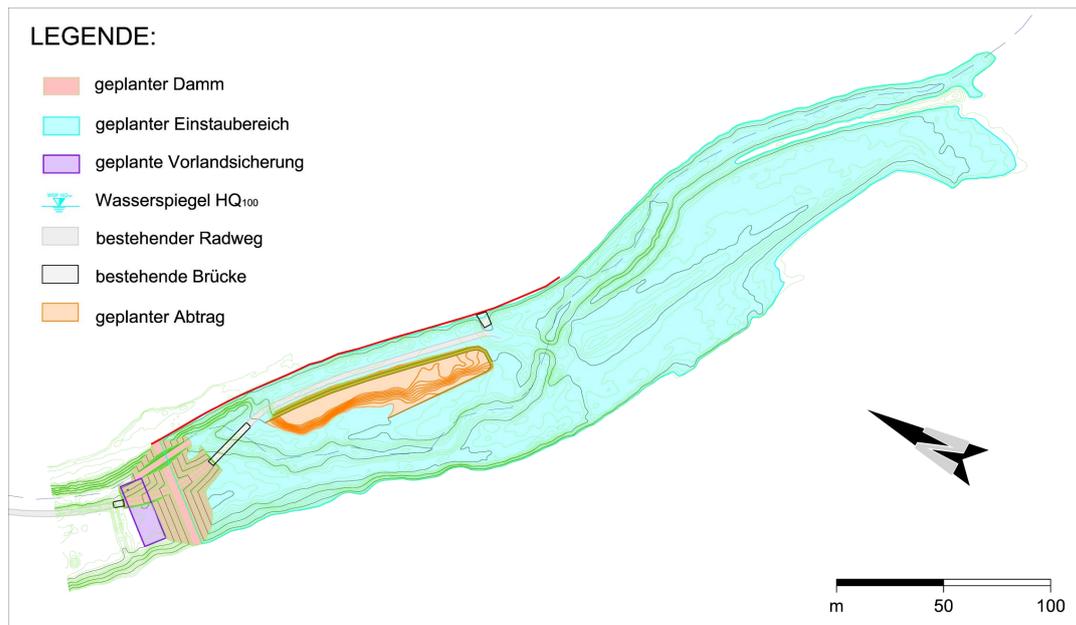


Abbildung 8.4: Übersicht der Retentionsmaßnahmen nach IBL (2009) ab Flusskilometer 2,550 inklusive geplantem Einstaubereich

breiter Streifen beiderseits des Dammes bleiben nach technisch - konventioneller Art frei von Bäumen und Sträuchern, um die Standsicherheit nicht zu gefährden. Ebenfalls muss der direkte Nahbereich des Beckenauslasses frei von Bewuchs in Form von größeren Gehölzen gehalten werden, um die Gefahr einer Verklausung im Ereignisfall zu verringern. Um Entsprechendes zu gewährleisten sind Pflegemaßnahmen in regelmäßigen Abständen von den Beckenbetreiber/innen durchführen zu lassen.

8.4 Betrieb, Pflege und Wartung

8.4.1 Allgemeines

Die Stadtgemeinde Hainfeld als Erhalter der Anlagen hat in regelmäßigen Abständen für deren technische Wartung und Instandhaltung, sowie für die Pflege des Bewuchses zu sorgen. Entsprechende Kontrollen sind mindestens einmal jährlich, jedenfalls aber nach jedem Hochwasserereignis durchzuführen. Sämtliche Kontrollen, Wartungs- und Pflegemaßnahmen sind in einem Kontrollbuch festzuhalten.

Bei sämtlichen Hochwasserschutzmaßnahmen darf keine anderweitige Nutzung, welche die Funktionsfähigkeit der Anlagenteile beeinträchtigen könnte, erfolgen.

8.4.2 Technische Wartung und Instandhaltung

Die einzelnen Teile der linearen Begleitmaßnahmen sind regelmäßig zu kontrollieren auf:

- Beschädigungen wie Rissbildung an den Hochwasserschutzmauern

- Wiedereinsetzende Verlandung der aufgeweiteten Bachquerschnitte

Der Retentionsraum inklusive Beckenauslass ist zu prüfen auf:

- Ablagerung und Verlegung (Totholz, Geschiebe, Schlamm oder sonstiges Treibgut)
- Schäden (Risse, Brüche, Wasseraustritte, Ufer- und Böschungsschäden und dergleichen)

Im Retentionsraum selbst darf kein potentiell Treibgut wie zum Beispiel Holz oder landwirtschaftliche Produkte gelagert werden.

8.4.3 Vegetationspflege

Damtoberflächen sowie zugehörige Pflegestreifen müssen zweimal pro Jahr gemäht werden. Das dabei entstehende Mähgut ist nach dessen Trocknung zu entfernen.

Risikobetrachtung bei erhöhtem Abfluss

Im Falle eines erhöhten Abflusses, der über dem HQ_{100} liegt (Katastrophenhochwasser RHHQ), kommt es zum Überströmen des Dammbauwerkes.

Eine entsprechend ausgelegte Gestaltung des Dammes sowie die angeordnete Vorlandsicherung sollen Schäden am Dammbauwerk verhindern. Im Falle einer Überströmung bei RHHQ beträgt der Wasserspiegel 450,18 m ü.A., was einer Überströmung von 0,68 m entspricht.

9 Projektbeschreibung der technisch - biologischen Maßnahmen

Zur Planung ingenieurbiologischer Maßnahmen wurden 4 repräsentative Standorte am Ramsaubach ausgewählt, an denen verschiedene Anforderungen an die ingenieurbiologischen Bauweisen gestellt werden. Diese verschiedenen Anforderungen leiten sich aus dem jeweils herrschenden Abflussregime sowie den morphologischen Ausformungen ab.

9.1 Standort 1

9.1.1 Lage

Der erste ausgewählte Standort erstreckt sich von der Mündung in die Gölsen bis zum Flusskilometer 0,050 des Ramsaubaches. Er zeichnet sich durch eine besondere Beengtheit aus, die auf Grund des Platzmangels nicht durch eine Aufweitung gelöst werden kann. Aus diesem Grund wurde als technisch - konventionelle Maßnahme eine Hochwasserschutzmauer am linken Ufer ausgearbeitet, die ein Übertreten des Baches auf den benachbarten Parkplatz vermeidet. Planbeilage ST-01(siehe Seite 37) zeigt den Ramsaubach an der entsprechenden Stelle. Ebenfalls zu erkennen ist der linksufrig gelegene Parkplatz und die Einmündung in die Gölsen. Auf der orographisch rechten Seite wird der Bach durch dichte Bebauung begrenzt. Als problematisch ist auch die Einbringung von Gartenabfällen in den Bach, die durch die Anrainer geschieht, hervorzuheben (siehe Abbildung 9.2, Seite 35).

	Lage km	best. Gefälle	gepl. Gefälle	Ufer li	Ufer re	Anmerkungen
1	0,000-0,050	≈ 20 ‰	≈ 10 ‰	lr*	lr*	beide Ufer sehr steil

* lotrechte oder annähernd lotrechte Böschung

9.1.2 Vegetation - Bestand

Bei einer Begehung am 3. Juni 2009 wurden folgende Gehölze vorgefunden (siehe Tabelle 9.1):



Abbildung 9.1: Standort 1 bei km 0,055 des Ramsaubaches, links flussab-, rechts flussaufwärts, aufgenommen am 3.6.09



Abbildung 9.2: Eingebrachter Abfall in den Gerinnequerschnitt bei Standort 1, aufgenommen am 3.6.09

<i>Acer pseudoplatanus</i>	Bergahorn
<i>Tilia platyphyllos</i>	Sommerlinde
<i>Forsythia intermedia</i>	Forsythie
<i>Salix purpurea</i>	Purpurweide
<i>Picea abies</i>	gemeine Fichte
<i>Larix decidua</i>	europäische Lärche
<i>Aesculus hippocastanum</i>	gemeine Rosskastanie
<i>Rubus fruticosus</i>	Brombeere
<i>Sambucus nigra</i>	schwarzer Hollunder
<i>Reynoutria japonica</i> *	japanischer Staudenknöterich

* kein Gehölz, aber ebenfalls stark vertreten

Tabelle 9.1: Bei Standort 1 aufgenommene Gehölze bei der Begehung am 3.6.09

9.1.3 Erarbeitung der Alternative

Auswahl der möglichen Bauart

Die bereits erwähnte extreme Beengtheit ist der limitierende Faktor bei Standort 1. Eine Aufweitung ist daher nicht möglich. Um den nötigen Abfluss von $76,4 \text{ m}^3/\text{s}$ zu ermöglichen, ist außerdem von einer Wasserspiegelerhöhung auszugehen. Diese Erhöhung gefährdet allerdings die angrenzenden Liegenschaften. Daher wurde als alternative Bauweise eine Uferkrainerwand, die sich durch eine hohe maximale Neigung sowie durch Befahrbarkeit auszeichnet (siehe FLORINETH, 2008), auf die im oberen Bereich eine Leitwand aus Holz aufgesetzt ist, gewählt. Diese Leitwand soll bei einem über die eigentlichen Ufer steigenden Wasserspiegel ein Übertreten des Gerinnes auf die Nachbarparzellen verhindern. Ein Schema der Bauweise ist in Planbeilage DP-01 (siehe Seite 38) ersichtlich.

Hydraulik Standort 1

Auf Grund des Fehlens von geeigneten Eingangsdaten bezüglich der Rauigkeit einer Uferkrainerwand wurde mithilfe des Verfahrens nach ALDRIDGE & GARRETT (siehe ALDRIDGE & GARRETT (1973) sowie Kapitel 6.1.1 ab Seite 17) die Rauigkeit der Krainerwand mit $7,29 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ermittelt. Die entsprechende Berechnung ist im Anhang ab Seite 102 angefügt. Die Rauigkeit für die aufgesetzte Leitwand wurde nach Tabelle 14.2, Seite 68, mit $65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ausgewählt, die Rauigkeit der Sohle wurde mittels Linienzahlanalyse ermittelt und beträgt $44,84 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Anhand des in Abbildung 9.3, Seite 36 abgebildeten Querschnittes wurde ein maximaler Abfluss von $77,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt. Die Berechnung ist im Anhang auf Seite 105 beigefügt.

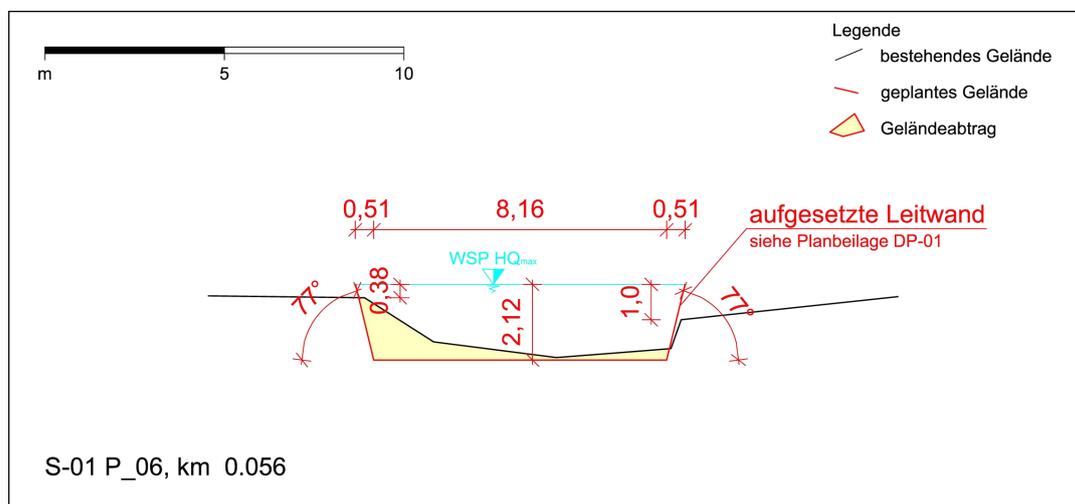
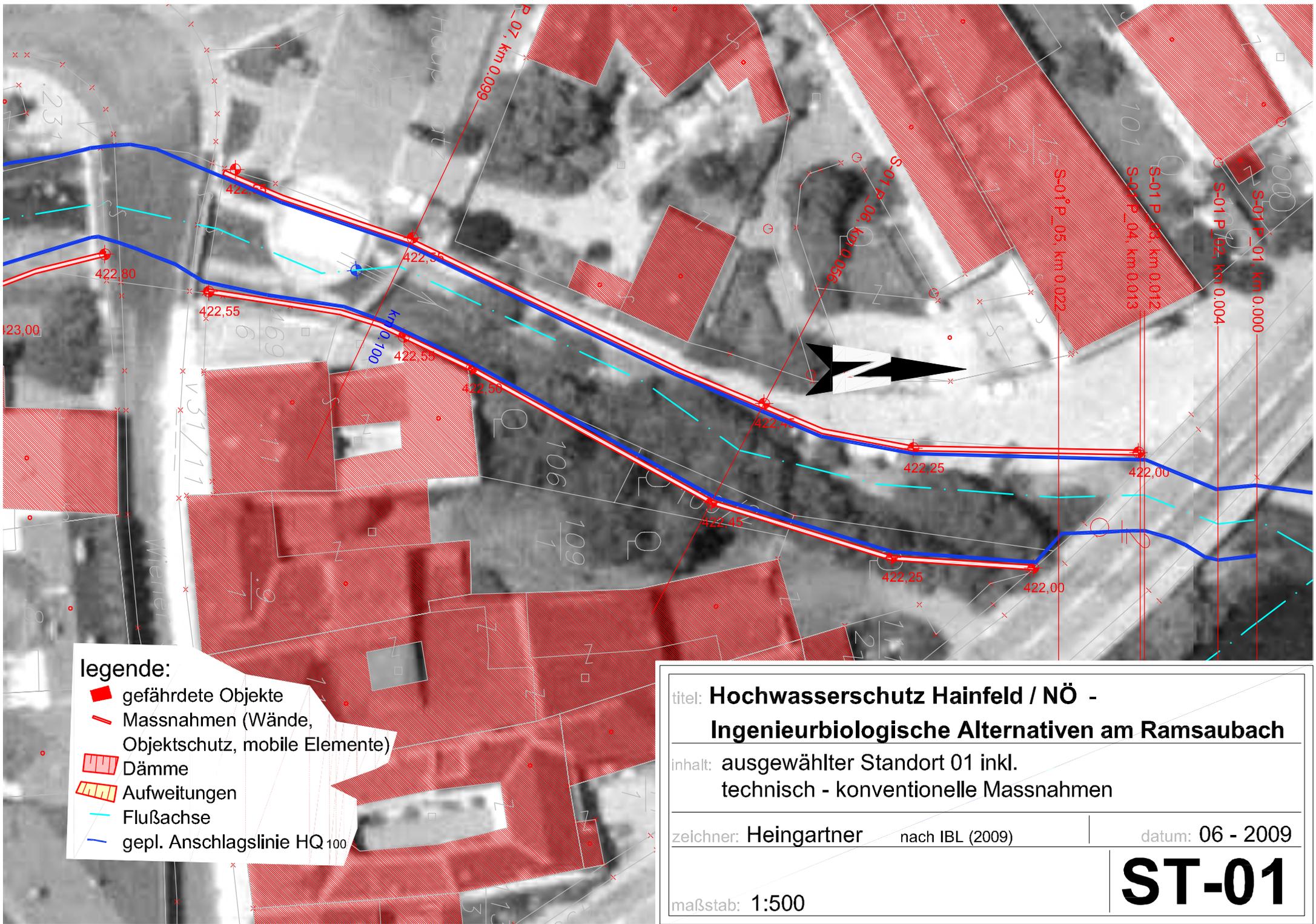
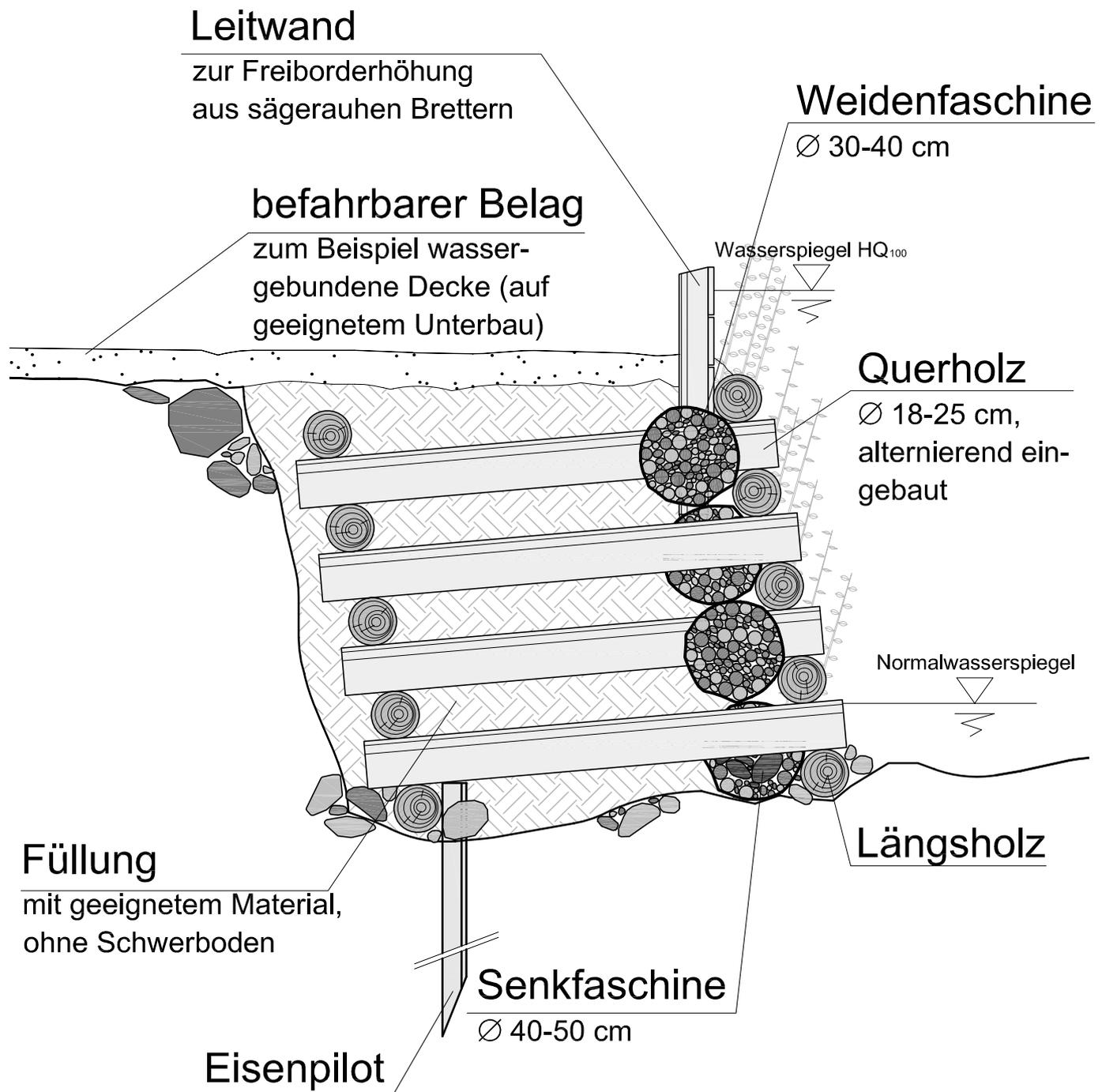


Abbildung 9.3: Berechnungsprofil S-01 P_06, Ramsaubach km 0,056



- legende:**
- gefährdete Objekte
 - Massnahmen (Wände, Objektschutz, mobile Elemente)
 - Dämme
 - Aufweitungen
 - Flußachse
 - gepl. Anschlaglinie HQ 100

titel: Hochwasserschutz Hainfeld / NÖ - Ingenieurbiologische Alternativen am Ramsaubach	
inhalt: ausgewählter Standort 01 inkl. technisch - konventionelle Massnahmen	
zeichner: Heingartner	nach IBL (2009)
datum: 06 - 2009	
maßstab: 1:500	
ST-01	



titel: **Hochwasserschutz Hainfeld / NÖ -**

Ingenieurbioologische Alternativen am Ramsaubach

inhalt: Schema Uferkrienerwand / Grünschwelle

zeichner: Heingartner

datum: 06 - 2009

maßstab: M = 1:25

DP-01

9.2 Standort 2

9.2.1 Lage

Der zweite ausgewählte Standort reicht von km 0,580 bis km 0,750. Wie in der Planbeilage ST-02 (siehe Seite 43) zu erkennen ist, wird der Ramsaubach in diesem Bereich linksufrig teilweise durch Bebauung und teilweise durch die Landstraße 132 begrenzt. Daher ist eine Gerinnequerschnittvergrößerung zur linken Seite nicht möglich. Als technisch - konventionelle Maßnahme wurde hier daher eine Aufweitung ausgearbeitet, um den Querschnitt nach rechts zu ertüchtigen. Zusätzlich ist im Bereich der Bebauung linksufrig eine Hochwasserschutzmauer angedacht, um die Gebäude lokal zu schützen. Im beschriebenen Abschnitt ist das rechte Ufer zunächst ein Prallufer, wandelt sich aber im Verlauf in ein Gleitufer und dann wieder zurück in ein Prallufer. Auf diese Tatsache ist bei der Wahl der richtigen Maßnahme Bedacht zu nehmen, da auf Prallufer eine erhöhte Belastung durch das Gewässer wirkt.

	Lage km	best. Gefälle	gepl. Gefälle	Ufer li	Ufer re	Anmerkungen
2	0,580-0,750	≈ 10 ‰	≈ 10 ‰	1:1,3	1:4	rechtes Ufer teils Prallufer



Abbildung 9.4: Standort 2 bei km 0,690 des Ramsaubaches, links flussab-, rechts flussaufwärts, aufgenommen am 3.6.09

9.2.2 Vegetation - Bestand

Bei einer Begehung am 3. Juni 2009 wurden folgende Gehölze vorgefunden:

<i>Carpinus betulus</i>	Hainbuche
<i>Tilia platyphyllos</i>	Sommerlinde
<i>Euonymus europaeus</i>	gemeines Pfaffenhütchen
<i>Cornus sanguinea</i>	blutroter Hartriegel
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Bergahorn
<i>Sambucus nigra</i>	schwarzer Hollunder
<i>Caragana arborescens</i>	gewöhnlicher Erbsenstrauch
<i>Crataegus monogyna</i>	eingriffeliger Weißdorn
<i>Reynoutria japonica</i> *	japanischer Staudenknöterich

* kein Gehölz, aber ebenfalls stark vertreten

Tabelle 9.2: Bei Standort 2 aufgenommene Gehölze bei der Begehung am 3.6.09

9.2.3 Erarbeitung der Alternative

Auswahl der möglichen Bauart

Eine mögliche Alternative zu der rechtsufrigen, begrünten Aufweitung würde zum Beispiel eine Weidenspreitlage bieten. Ein Schema dafür findet sich in Planbeilage DP-02 (siehe Seite 44). Für diese Bauweise würde auch der angesprochene Wechsel zwischen Prall- und Gleitufer kein Problem darstellen, da nach FLORINETH (2008) die Weidenspreitlage auch für Prallufer gut geeignet ist. Die rund 38° steile, linke Böschung wäre zum Beispiel für eine Faschinenreihe geeignet, die Neigung überschreitet aber 1:3, was nach FLORINETH (2008) die maximale Neigung für Faschinenreihen sein sollte, da es sonst zu keiner ausreichenden Wasserversorgung der oberen Faschinen kommt. Daher wird in weiterer Folge auch hier mit einer Weidenspreitlage gerechnet.

Hydraulik Standort 2

Die Hydraulik am Standort 2 wird mittels den Verfahren nach MERTENS beziehungsweise MERTENS - RAUCH durchgeführt. Diese Methoden sind unter Punkt 6.1.1, Seite 18 dargestellt. Als Eingangsdaten werden Werte von Messungen nach RAUCH (2006) herangezogen, die die Entwicklung eines Weidenbestandes als Folge des Baus einer Spreitlage über mehrere Jahre dokumentieren. Diese Messdaten wurden herangezogen und eine Trendfunktion des Dicken- und Längenwachstums ermittelt. Außerdem wurde die Bestandsdichte dem selben Procedere unterzogen. Das Ergebnis dieser Analysen ist in den Diagrammen 14.30 bis 14.32, ab Seite 106 im Anhang zu sehen. Die so ermittelten Werte ermöglichen die Entwicklung des Bestandes über vier Jahre zu simulieren und in die Berechnung eingehen zu lassen.

Als Profilgestaltung wird derselbe Querschnitt, wie der in den technisch - konventionellen Maßnahmen ermittelte, verwendet (siehe Abbildung 9.5, Seite 41). Seine Abflusskapazität wird mittels MERTENS und MERTENS - RAUCH - Verfahren bestimmt. Um die Gesamtfunktion des Hochwasserschutzes zu erreichen, muss der Querschnitt mindestens eine Kapazität von $HQ_{100} = 74,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Tabelle 14.1, Seite 66 im Anhang) erreichen. Es zeigt sich, dass der Mindestabfluss bei der Verwendung beider Methoden und in jedem simulierten Pflanzenstadium erreicht wird. Ein maximaler Abfluss von $89,18 \text{ m}^3/\text{s}$

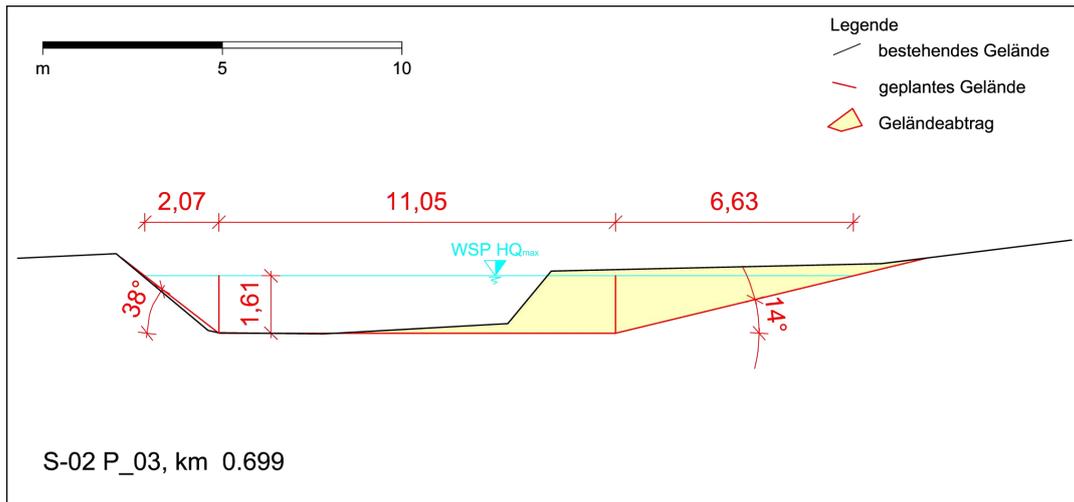


Abbildung 9.5: Berechnungsprofil S-02 P_03, Ramsaubach km 0,699

wird mittels MERTENS - RAUCH - Verfahren im 6. Bestandsjahr erreicht. Der Wasserspiegel liegt bei allen Ergebnissen 50 cm unter der Dammoberkante beziehungsweise der Maueroberkante. Alle Eingangsdaten sind in dem im Anhang befindlichen Eingabeblatt ersichtlich (siehe Abbildung 14.33, Seite 107).

Besonders hervorzuheben sind die stark unterschiedlichen Ergebnisse, die durch die MERTENS oder MERTENS - RAUCH - Berechnung erzielt werden. Die Gründe hierfür werden unter Punkt 6.1.1, Seite 18 erläutert. Diagramm 9.10, Seite 48 zeigt die zwei ermittelten maximalen Abflusskurven.

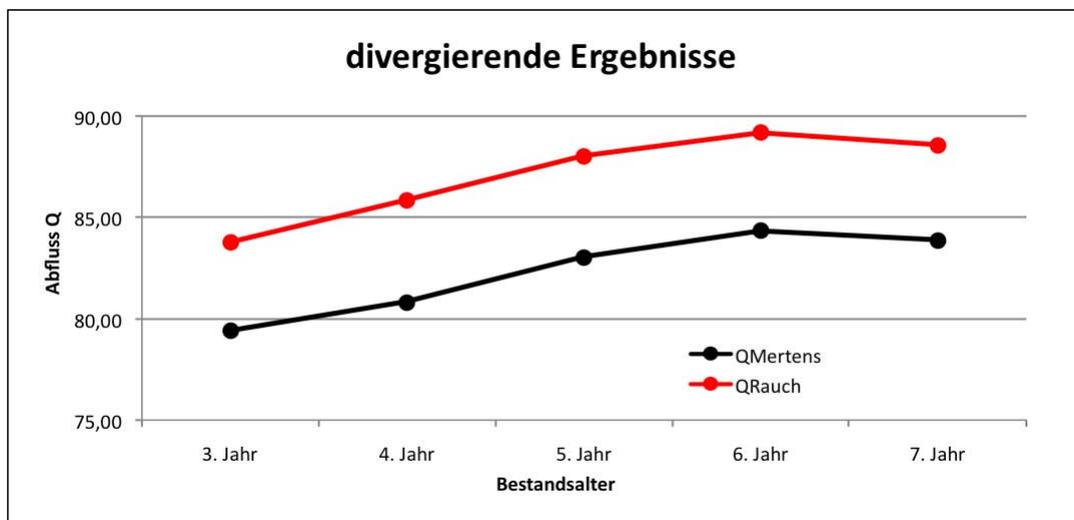
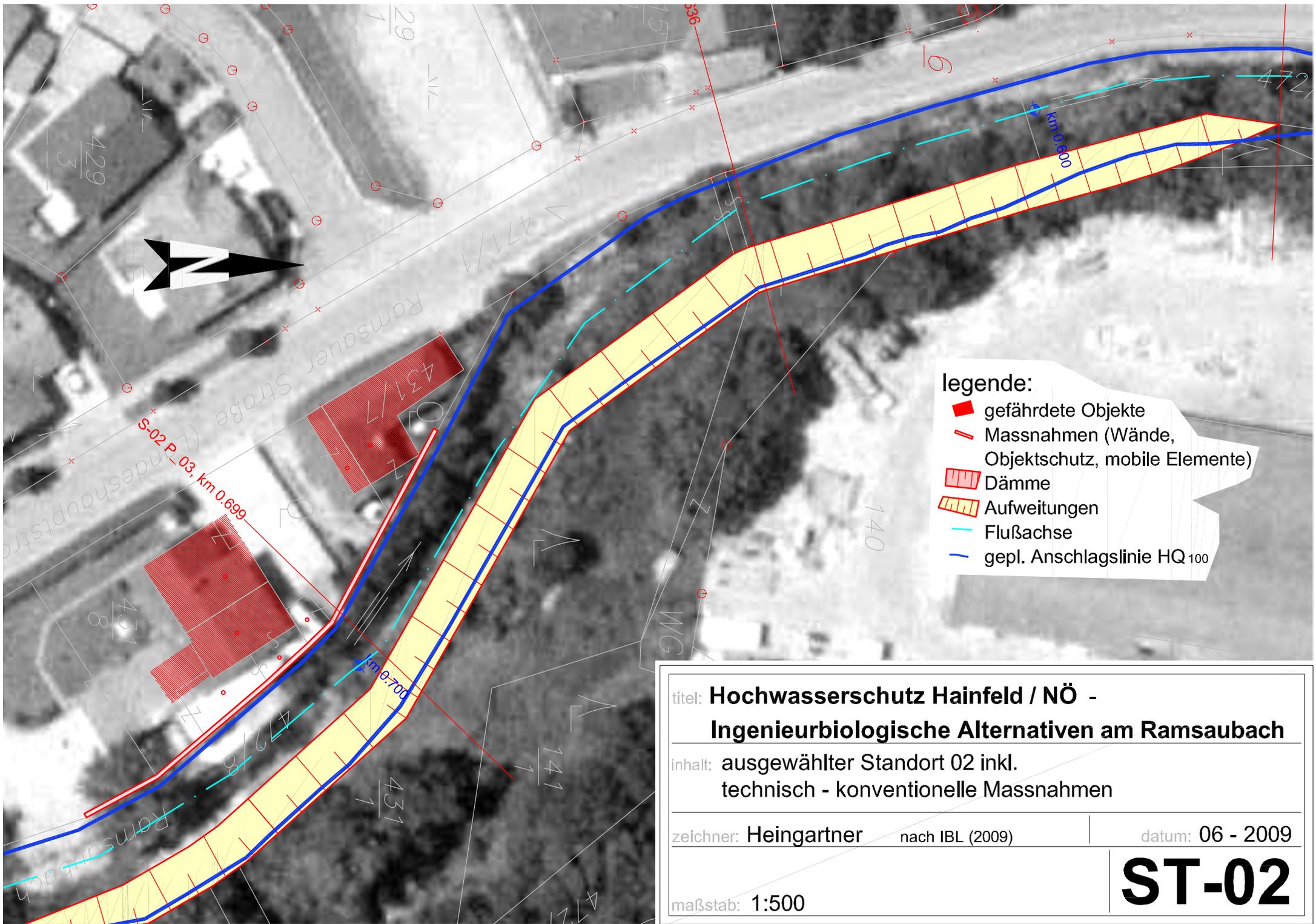


Abbildung 9.6: Je nach Berechnungsmodell divergierende Ergebnisse für den Maximalabfluss im Berechnungsprofil S-02 P_03 bei km 0,699 in Abhängigkeit des Bestandsalters

	$Q_{Mertens}$ [m ³ /s]	$Q_{Mertens-Rauch}$ [m ³ /s]
3. Jahr	79,42	83,78
4. Jahr	80,82	85,86
5. Jahr	83,04	88,03
6. Jahr	84,34	89,18
7. Jahr	83,86	88,54

Tabelle 9.3: Abfluss ermittelt nach MERTENS und MERTENS - RAUCH, in Abhängigkeit vom Bestandsalter für Berechnungsprofil S-02 P_03 bei km 0,699



- legende:**
- gefährdete Objekte
 - ▬ Massnahmen (Wände, Objektschutz, mobile Elemente)
 - ▨ Dämme
 - ▧ Aufweitungen
 - Flußachse
 - gepl. Anschlaglinie HQ 100

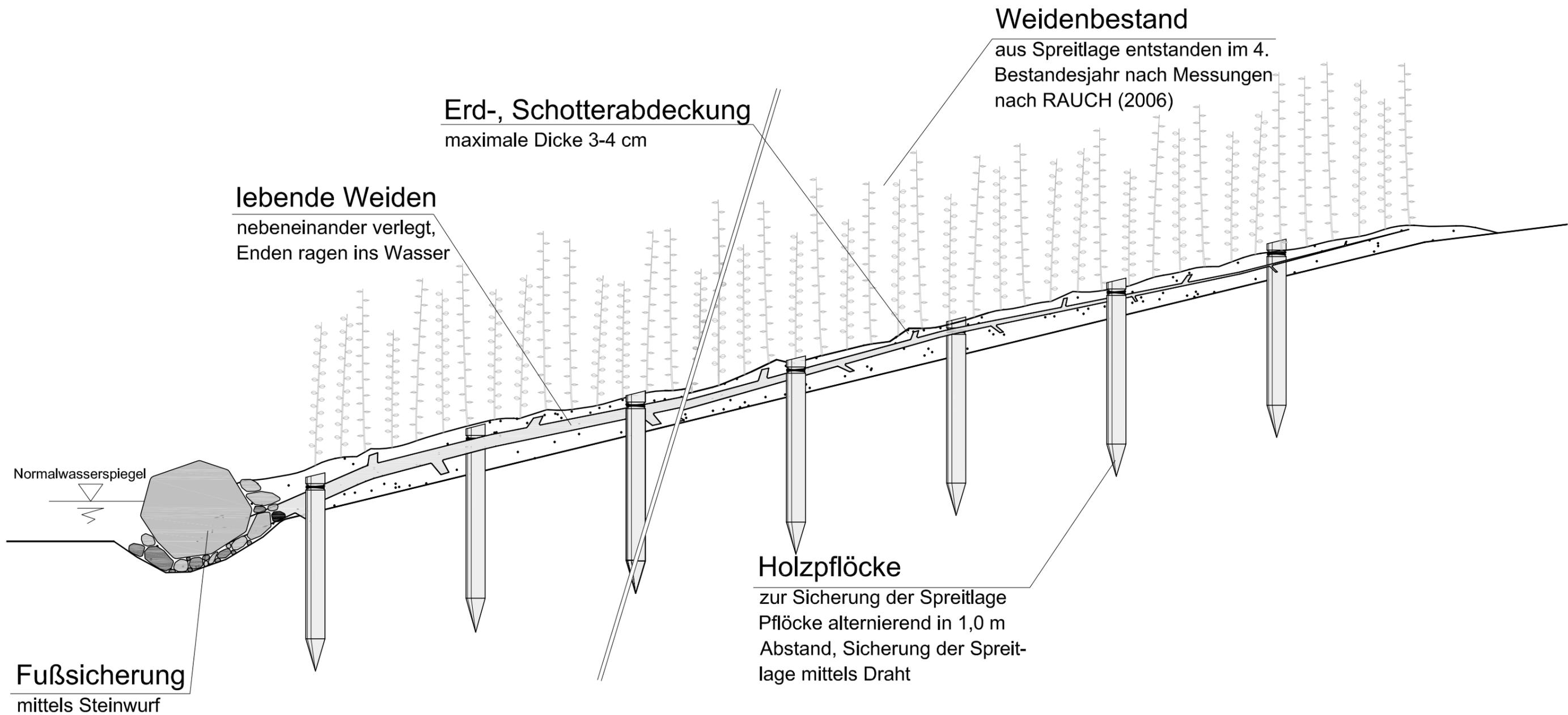
**titel: Hochwasserschutz Hainfeld / NÖ -
Ingenieurbiologische Alternativen am Ramsaubach**

**inhalt: ausgewählter Standort 02 inkl.
technisch - konventionelle Massnahmen**

zeichner: Heingartner nach IBL (2009) | datum: 06 - 2009

maßstab: 1:500

ST-02



titel: **Hochwasserschutz Hainfeld / NÖ -**

Ingenieurbiologische Alternativen am Ramsaubach

inhalt: Schema Weidenspreitlage auf Uferaufweitung

zeichner: Heingartner

datum: 06 - 2009

maßstab: M = 1:25

DP-02

9.3 Standort 3

9.3.1 Lage

Der ausgewählte Standort 3 von km 1,400 bis km 1,730 wird linksufrig ebenfalls durch die Landstraße 132 begrenzt. Auf der rechten Seite befindet sich ein metallverarbeitender Betrieb. Die teilweise sehr geringen Abstände der Fertigungshalle zum Bach machen eine Maßnahmenvariation erforderlich. Entlang des Betriebsgeländes sind als technisch-konventionelle Maßnahmen teils Dämme und teils angeschüttete Schutzwände geplant. Am gegenüberliegenden Prallufer ist eine Aufweitung projektiert (siehe Planbeilage ST-03 siehe Seite 49). Auf Grund der Länge des Standortes 3 wurden Aufnahmen bezüglich der Vegetation und der Sohlrauigkeit sowohl am nördlichen als auch am südlichen Ende des Standortes durchgeführt. Es konnten keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden. Unterschiede in der Profilausprägung sind in Planbeilage QP-01 ersichtlich. Im nördlichen Bereich ist auch nach der Etablierung der Maßnahmen ein rechtsufriges Übertreten des Ramsaubaches erwünscht, um Retentionsraum zu erhalten. Daher wird die Planung der Alternative am südlichen Ende vorgenommen.

	Lage km	best. Gefälle	gepl. Gefälle	Ufer li	Ufer re	Anmerkungen
3	1,400-1,730	≈ 12 ‰	≈ 12 ‰	1:4,5	1:2,5	linkes Ufer teils Prallufer



Abbildung 9.7: Standort 3 nord bei km 1,400 des Ramsaubaches, links flussab-, rechts flussaufwärts, aufgenommen am 3.6.09

9.3.2 Vegetation - Bestand

Bei einer Begehung am 3. Juni 2009 wurden folgende Gehölze vorgefunden (siehe Tabelle 9.4 und 9.5):



Abbildung 9.8: Standort 3 süd bei km 1,700 des Ramsaubaches, links flussab-, rechts flussaufwärts, aufgenommen am 3.6.09

<i>Salix purpurea</i>	Purpurweide
<i>Sambucus nigra</i>	schwarzer Hollunder
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Bergahorn
<i>Picea abies</i>	gemeine Fichte
<i>Syringa vulgaris</i>	gewöhnlicher Flieder
<i>Fraxinus excelsior</i>	gemeine Esche
<i>Reynoutria japonica</i> *	japanischer Staudenknöterich

* kein Gehölz, aber ebenfalls stark vertreten

Tabelle 9.4: Bei Standort 3 nord aufgenommene Gehölze bei der Begehung am 3.6.09

9.3.3 Erarbeitung der Alternative

Auswahl der möglichen Bauart

Als mögliche Alternative zu der in der technisch - konventionellen Planung projektierten begrüneten Damm - Mauer - Variante (siehe Planbeilage ST-03 und Abschnitt 8.1, Seite 27) würde sich bei Standort 3 zum Beispiel eine Weidenspreitlage anbieten. Die Erhöhung des Freibords mittels Mauer und Damm wäre zwar noch immer nötig, um einen ausreichend großen Abflussquerschnitt zu erreichen. Eine Bepflanzung der Böschungen, die über eine bloße Begrünung durch Gräser hinausreicht, ist jedoch anzustreben. Das Schema zur ausgewählten Variante findet sich in Planbeilage DP-03 (siehe Seite 50). Im nun folgenden Abschnitt wird die Hydraulik des entsprechenden Abschnittes vorgestellt.

Hydraulik Standort 3

Die Hydraulik am Standort 3 wird mittels den Verfahren nach MERTENS beziehungsweise MERTENS - RAUCH durchgeführt. Als Eingangsdaten werden Werte von Messungen nach RAUCH (2006) herangezogen, die die Entwicklung eines Weidenbestandes als Folge des Baus einer Spreitlage über mehrere Jahre dokumentieren. Diese Messdaten wurden herangezogen und eine Trendfunktion des Dicken- und Längenwachstums ermittelt. Außerdem wurde die Bestandsdichte dem selben Procedere unterzogen. Das

<i>Clematis vitalba</i>	gemeine Waldrebe
<i>Sambucus nigra</i>	schwarzer Hollunder
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Bergahorn
<i>Salix caprea</i>	Salweide
<i>Reynoutria japonica</i> *	japanischer Staudenknöterich

* kein Gehölz, aber ebenfalls stark vertreten

Tabelle 9.5: Bei Standort 3 süd aufgenommene Gehölze bei der Begehung am 3.6.09

Ergebnis dieser Analysen ist in den Diagrammen 14.30 bis 14.32 ab Seite 106 im Anhang zu sehen. Die so ermittelten Werte ermöglichen die Entwicklung des Bestandes über vier Jahre zu simulieren und in die Berechnung eingehen zu lassen.

Als Profilstgestaltung wird derselbe Querschnitt wie bei den technisch - konventionellen Maßnahmen verwendet (siehe Abbildung 9.9, Seite 47). Seine Abflusskapazität wird mittels MERTENS und MERTENS - RAUCH - Verfahren bestimmt. Um die Gesamtfunktion des Hochwasserschutzes zu erreichen, muss der Querschnitt mindestens eine Kapazität von $HQ_{100} = 74,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Tabelle 14.1, Seite 66 im Anhang) erreichen. Es

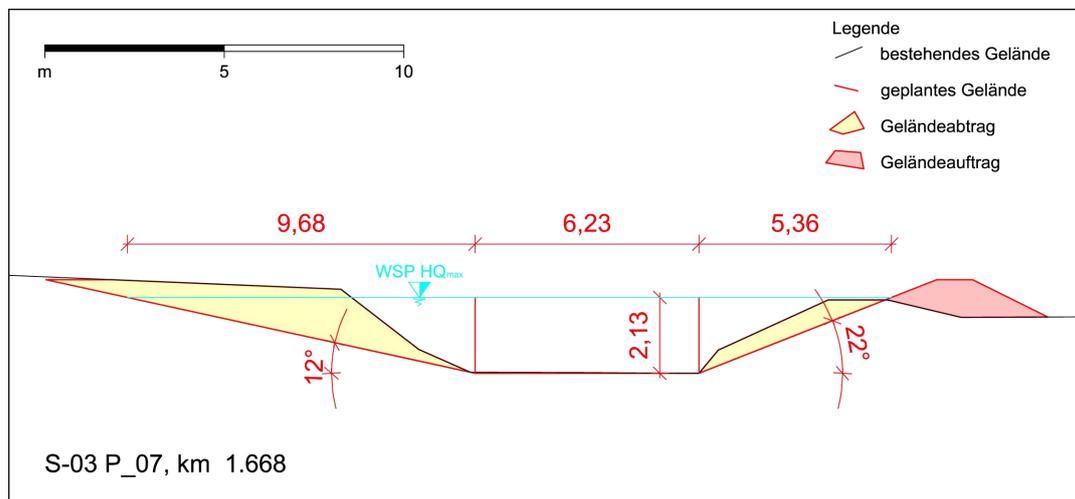


Abbildung 9.9: Berechnungsprofil Standort S-03 P_07, Ramsaubach km 1,668

zeigt sich, dass der Mindestabfluss bei der Verwendung beider Methoden und in jedem simulierten Pflanzenstadium erreicht wird. Ein maximaler Abfluss von $96,02 \text{ m}^3/\text{s}$ wird mittels MERTENS - RAUCH - Verfahren im 6. Bestandsjahr erreicht. Der Wasserspiegel liegt bei allen Ergebnissen 50 cm unter der Dammoberkante beziehungsweise der Maueroberkante. Alle Eingangsdaten sind in dem im Anhang befindlichen Eingabeblatt ersichtlich (siehe Abbildung 14.34, Seite 108).

Besonders hervorzuheben sind die stark unterschiedlichen Ergebnisse, die durch die MERTENS oder MERTENS - RAUCH - Berechnung erzielt werden. Die Gründe hierfür werden unter Punkt 6.1.1, Seite 18 erläutert. Diagramm 9.10, Seite 48 zeigt die zwei ermittelten maximalen Abflusskurven.

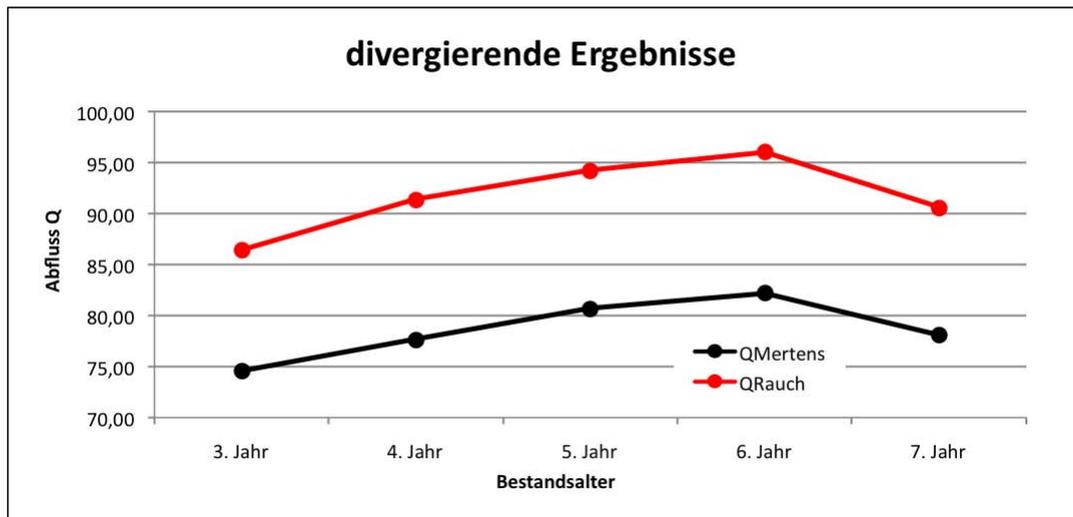


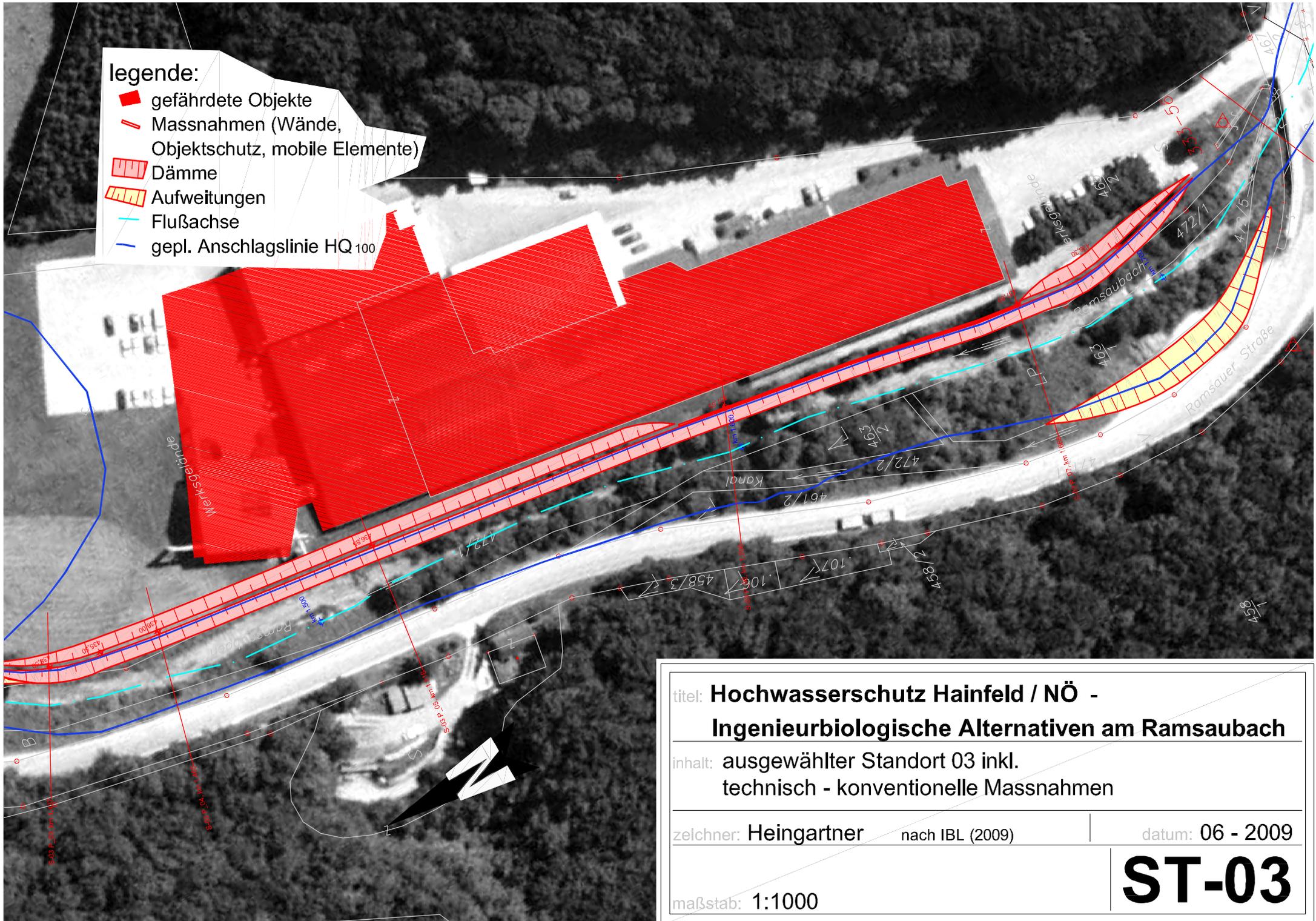
Abbildung 9.10: Je nach Berechnungsmodell divergierende Ergebnisse für den Maximalabfluss im Berechnungsprofil S-03 P_07 bei km 1,668 in Abhängigkeit des Bestandsalters

	$Q_{Mertens}$ [m ³ /s]	$Q_{Mertens-Rauch}$ [m ³ /s]
3. Jahr	74,59	86,44
4. Jahr	77,63	91,36
5. Jahr	80,64	94,17
6. Jahr	82,19	96,02
7. Jahr	78,06	90,58

Tabelle 9.6: Abfluss ermittelt nach MERTENS und MERTENS - RAUCH in Abhängigkeit vom Bestandsalter für Berechnungsprofil Standort S-03 P_07 bei km 1,668

legende:

-  gefährdete Objekte
-  Massnahmen (Wände, Objektschutz, mobile Elemente)
-  Dämme
-  Aufweitungen
-  Flußachse
-  gepl. Anschlaglinie HQ 100



titel: **Hochwasserschutz Hainfeld / NÖ -
Ingenieurbiologische Alternativen am Ramsaubach**

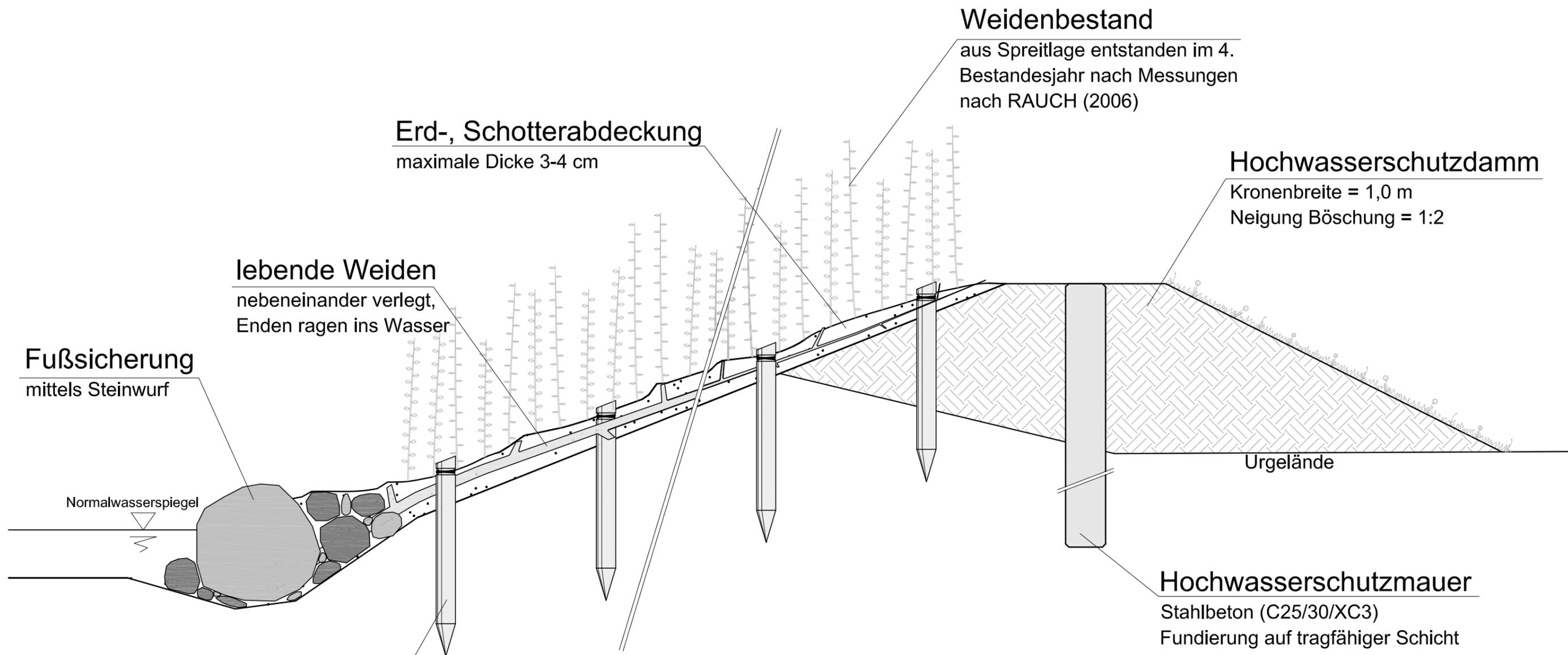
inhalt: ausgewählter Standort 03 inkl.
technisch - konventionelle Massnahmen

zeichner: Heingartner nach IBL (2009)

datum: 06 - 2009

maßstab: 1:1000

ST-03



Holzpflocke
zur Sicherung der Spreitlage
Pflöcke alternierend in 1,0 m
Abstand, Sicherung der Spreit-
lage mittels Draht

titel: Hochwasserschutz Hainfeld / NÖ - Ingenieurbiologische Alternativen am Ramsaubach	
inhalt: Schema Weidenspreitlage auf Uferböschung mit aufgesetztem Damm	
zeichner: Heingartner	datum: 06 - 2009
maßstab: M = 1:25	DP-03

9.4 Standort 4

9.4.1 Lage

Beim Standort 4 handelt es sich um den geplanten Retentionsdamm bei Flusskilometer 2,550, wie auch in Planbeilage ST-04 (siehe Seite 53) ersichtlich. Der Damm zeichnet sich in der technisch - konventionellen Planung vor allem durch das vorgesehene Freihalten von Gehölzen am und im Bereich des Dammes aus. Nur eine Begrünung mit Gräsern und Kräutern ist vorgesehen. Eine regelmäßige Mahd und das Entfernen des Schnittgutes sind angedacht. Eine Bestockung soll laut technisch - konventionellen Maßnahmen unbedingt verhindert werden.

	Lage km	best. Gefälle	gepl. Gefälle	Ufer li	Ufer re	Anmerkungen
4	2,550	-	≈ 33 %	-	-	hohe Schubspannung

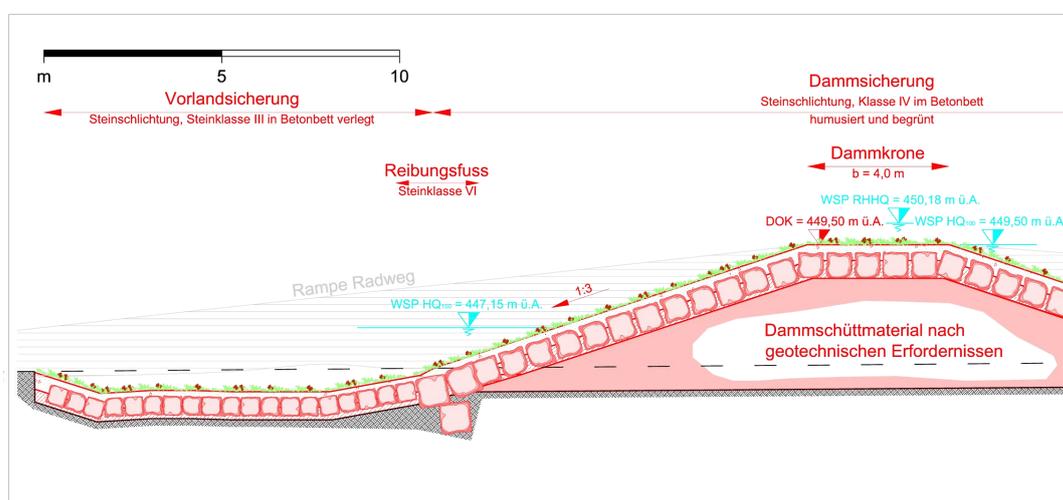


Abbildung 9.11: Querschnitt des Retentionsdamms bei Flusskilometer 2,550 mit den zur Berechnung erforderlichen Kenngrößen (aus IBL, 2009)

9.4.2 Erarbeitung der Alternative

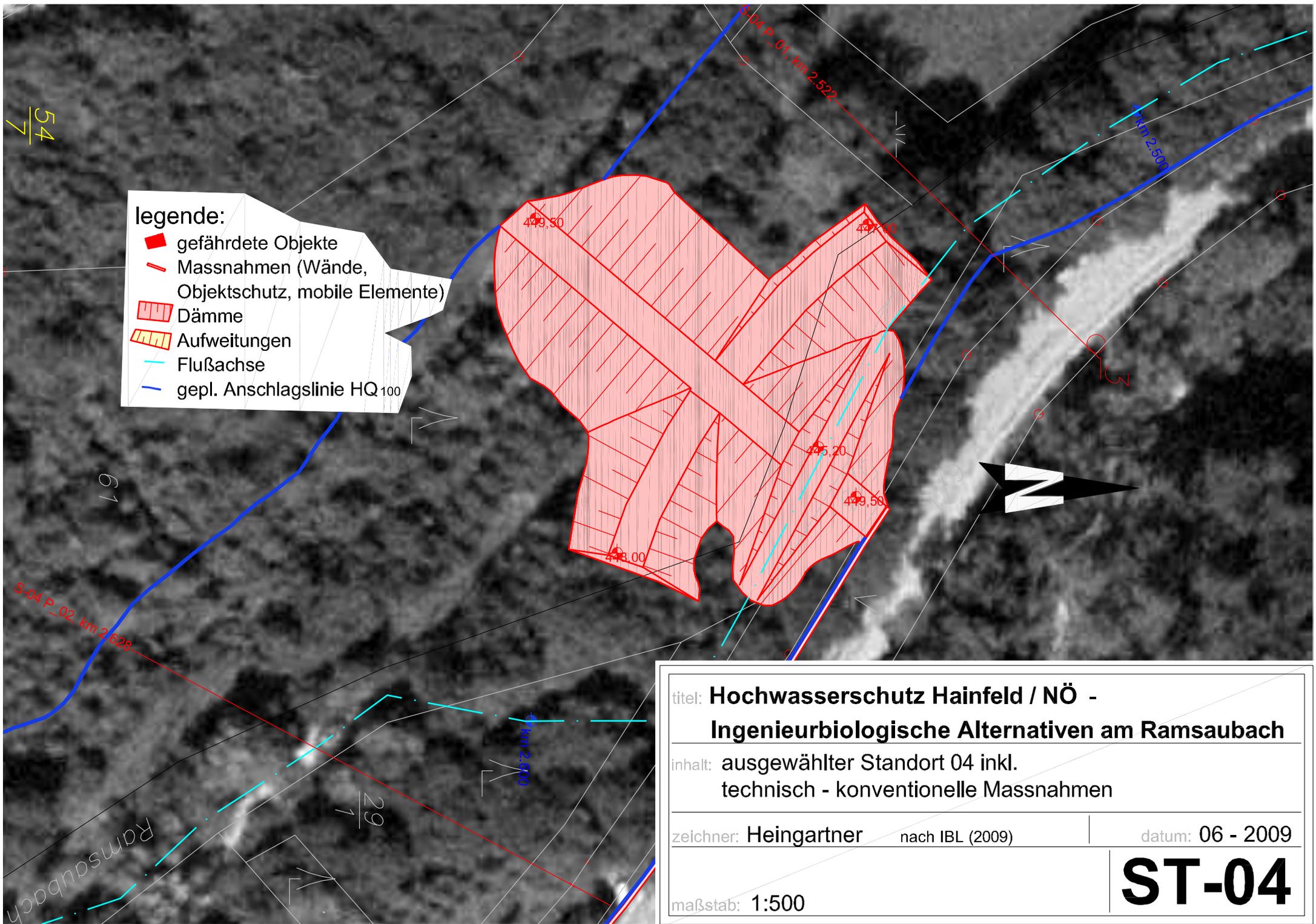
Um eine alternative Dammgestaltung vorschlagen zu können, muss zuerst die maximale Sohlschubspannung, die im Abflussbereich des Damms im Falle einer Überströmung auftreten kann, ermittelt werden. Hierzu wird die in Kapitel 6.2, Seite 19 erläuterte Formel verwendet. Zur Vereinfachung wird das Sohlgefälle herangezogen, das bei einer Dammeigung von 1:3 oder 33% mit $I_{So}=0,33$ angenommen wird. Das spezifische Gewicht von Wasser wird mit $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ angenommen (es wird also vom Reinwasserabfluss ausgegangen) und als Fließhöhe wird die Überfallhöhe von 0,68 m, deren Ermittlung in Abbildung 14.18, ab Seite 93 gezeigt wird, herangezogen.

Daraus ergibt sich eine Sohlschubspannung von rund 2200 N/m^2 . Diese hohe Sohlschubspannung ist vor allem durch das extreme Gefälle zu erklären. Keine der in Tabelle 14.10, Seite 72 aufgelisteten ingenieurbiologischen Bauweisen erreicht den erforderlichen Wert und daher kann keine technisch - biologische Alternative angeboten werden. Selbst der Maximalwert eines Flussbaukörpers nach RÖSSERT (1976) beträgt nur 1500 N/m^2 für Steinkästen. Es scheint also keine Alternative für die Verwendung von massiven Flussbausteinen der Steinklasse IV in Betonbett zu geben.

Allerdings wäre es möglich, die Substratdicke auf der eigentlichen Dammkonstruktion derart zu erhöhen, dass die Pflanzung von elastischen Sträuchern möglich wird. Im Falle eines RHHQ würden sich diese positiv auf die Geschwindigkeit auswirken. Die Gefahr besteht hier allerdings in einem Ausspülen der Pflanzen, wodurch es zu einer erhöhten Tothholzföhrung und einer anschließenden Verklausung von unterhalb liegenden Brückenbauwerken im Überströmungsfall kommen kann.

legende:

- gefährdete Objekte
- Massnahmen (Wände, Objektschutz, mobile Elemente)
- ▨ Dämme
- ▨ Aufweitungen
- Flußachse
- gepl. Anschlaglinie HQ 100



titel: **Hochwasserschutz Hainfeld / NÖ -
Ingenieurbilogische Alternativen am Ramsaubach**

inhalt: ausgewählter Standort 04 inkl.
technisch - konventionelle Massnahmen

zeichner: Heingartner nach IBL (2009)

datum: 06 - 2009

maßstab: 1:500

ST-04

10 Diskussion - Vergleich der Alternativen

10.1 Hydraulik

Wie in Kapitel 9 durch die Anwendung der verschiedenen Berechnungsmodelle gezeigt wird, ist es aus hydraulischer Sicht möglich, technisch - biologische Maßnahmen zumindest an drei der vier ausgewählten Standorte am Ramsaubach zu etablieren, ohne die Wirkungsweise des Hochwasserschutzes zu beeinträchtigen.

Die bei Standort 1 ausgewählte Uferkrienerwand mit aufgesetzter Leitwand ist besonders auf Grund der räumlichen Beengtheit von Vorteil. Trotz der beengten Verhältnisse kann auf Grund der steilen Böschung ein maximaler Querschnitt erreicht werden. Die Verwendung des angrenzenden Parkplatzes ist weiterhin möglich, da die Uferkrienerwand befahrbar ist. So schreibt ZEH (2004), dass die Holzkrainerwand auch im Straßenbau zur Abstützung von Böschungen und Aufschüttungen Verwendung findet.

Die aufgesetzte Leitwand ist im Bereich von Standort 1 niemals höher als 1 m. Hier wäre eine mobile Lösung oder ein permanenter Einbau einer Holzkonstruktion möglich.

Bei Standort 2 ist auf Grund der linksufrig angrenzenden Bebauung eine Aufweitung nur zur rechten Seite möglich. Die hydraulische Berechnung unter Annahme einer Weidenspreitlage zeigt, dass der erforderliche Abfluss trotz der eigentlich erhöhten Rauigkeit der Böschungen erreicht werden kann.

Das selbe Bild bietet sich bei Standort 3. Hier ist aber eine Aufweitung zu beiden Seiten sowie eine Erhöhung des rechten Uferbords durch verschiedene Maßnahmen geplant. Auch hier kann die hydraulische Funktionstüchtigkeit der technisch - biologischen Maßnahmen angenommen werden, die beidseitig angenommene Spreitlage führt zu keiner Abflussverminderung.

Diese Ergebnisse sind teilweise auf die verschiedenen angewandten Berechnungsmethoden zurückzuführen, die zur Planung der Maßnahmen dienen.

So basieren die technisch - konventionellen Maßnahmen auf einer Berechnung mittels WASPI. Die Querschnitte und Uferborde wurden derart verändert, sodass kein Übertreten des Baches mehr beobachtet werden konnte.

Die technisch - biologischen Maßnahmen hingegen wurden mittels STRICKLER, MERTENS und MERTENS - RAUCH errechnet.

Weiters können die verschiedenen Eingangsparameter zu den unterschiedlichen Ergebnissen geführt haben. In der technisch - konventionellen Planung wird zum Beispiel von einer Sohlrauhigkeit des Ramsaubaches von $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ausgegangen, während die als Grundlage zur technisch - biologischen Planung durchgeführten Linienzahlanalysen eine durchschnittliche Sohlrauhigkeit von $44 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ergeben (vgl. Tabelle 5.1, Seite 15).

Beim ausgewählten Standort 4 kann keine alternative technisch - biologische Bauweise vorgeschlagen werden. In der Literatur wird keine Bauweise diskutiert, die den auftretenden Kräften standhalten kann.

10.2 Bau und Pflege

Während in den technisch - konventionellen Maßnahmen bei den Aufweitungen lediglich von einer nach Abschluss der groben Arbeiten anschließenden Begrünung mit Gräsern und Kräutern ausgegangen wird, sieht die technisch - biologische Alternativplanung für viele der betroffenen Böschungen eine Spreitlage vor. Teilweise benötigen die nur begrüneten Böschungen auch noch eine Fußsicherung mittels Flussbausteinen. So ergibt sich bei einer etwa 3 Meter breiten Böschung ein Preis für die

- technisch - konventionelle Variante:

	Einheitspreis	Gesamtpreis
Bruchsteine ca. $2,0 \text{ m}^3 = \text{ca. } 4 \text{ t}$ pro lfm	€ 20,00	€ 80,00
Einbringen der Bruchsteine (Baggerkosten) pro t	€ 16,00	€ 64,00
Begrünen der Böschung pro m^2	€ 1,00	€ 1,00
	je lfm	€ 145,00*

*die verwendeten Preise basieren auf Erfahrungswerten

- technisch - biologische Variante:

Aus einer Preisliste der WLV Südtirol für ingenieurbiologische Bauweisen geht ein lfm Preis von 80 € für Weidenspreitlagen mit einer Höhe von 3-4 m hervor. Allerdings handelt es sich hier um Preise, die bei Arbeiten in Eigenregie zustande kommen.

Wie das angeführte Beispiel zeigt, ist ein preislicher Vergleich zwischen technisch - biologischen und technisch - konventionellen Bauweisen auf Grund von unterschiedlichen Preisgrundlagen schwer. So gehen in den oben angeführten Preis für die technisch - biologische Variante andere Bedingungen mit ein, da es sich um einen Eigenregiepreis handelt.

Im beschriebenen Fall kann von Mehrkosten der technisch - konventionellen im Vergleich zu den biologischen Maßnahmen in einer Höhe von 65 € pro Laufmeter ausgegangen

werden. Bei den Unterhaltskosten zeigt sich ein ähnliches Bild. Geht man von einer zweimaligen Mahd zum Preis von rund 0,60 € pro m² aus, so belaufen sich die Kosten in 5 Jahren auf 6,00 € pro m². 5 Jahre entsprechen in etwa der Pause zwischen den Pflegeeingriffen bei technisch - biologischen Bauweisen, welche mit rund 4,50 € pro m² angesetzt werden können.

10.3 Mehrwert

Wie bereits in der Einführung geschildert, erwähnt unter anderem NACHTNEBEL (2008) auch die Forderung der WRRL nach einer Verbesserung des Zustandes der aquatischen Ökosysteme. FLORINETH (2008) schreibt, dass eben ingenieurbio-logische Bauweisen im Stande sind, diese zu erfüllen. So erwähnt er zum Beispiel als positive Funktion der ingenieurbio-logischen Bauweisen für das Gewässer:

- Förderung der Artenvielfalt von Wassertieren und -pflanzen durch Nahrungseintrag (Blätter, Zweige, ...)
- Verbesserung kleinklimatischer Bedingungen durch Beschattung, Veränderung der Lichteinwirkung, Verminderung der Luftbewegung und der Wassertemperaturschwankungen.

Dies sind die positiven Eigenschaften, die ingenieurbio-logische Maßnahmen für das Gewässer mit sich bringen. Außerdem besteht nach FLORINETH (2008) noch die Bedeutung für das Umfeld sowie die Bedeutung für den Menschen. Immer wieder wird auch der Vorteil einer sofortigen Funktionstüchtigkeit von ingenieurbio-logischen Bauweisen erwähnt. Sie sind meist so konzipiert, dass, bedingt durch ihre Konstruktion mit zum Beispiel Totholz oder Steinen, eine temporäre Funktionsfähigkeit garantiert werden kann, die aber nach und nach durch die aufwachsenden Pflanzen ersetzt wird. Auch die bremsende Wirkung von entsprechenden Bauweisen auf die Fließgeschwindigkeit im Gewässer wird immer wieder als positiv angeführt, kann sich bei übermäßiger, dadurch hervorgerufener Sedimentation aber auch als negativ herausstellen.

Gerade bezüglich des Mehrwertes von ingenieurbio-logischen Bauweisen gegenüber technisch - konventionellen fällt es schwer, eine deutliche Stellungnahme abzugeben. Im Falle des Hochwasserschutzes für den Ramsaubach ist wohl die von FLORINETH (2008) angeführte Bedeutung für das Umfeld:

- Festigung von Ufern und Dämmen und damit Schutz der angrenzenden Flächen

zu erwähnen. Diese Funktion wird aber auch durch die technisch - konventionellen Alternativen erfüllt.

Abschließend kann gesagt werden, dass für den Hochwasserschutz am Ramsaubach/Hainfeld technisch - biologische Maßnahmen adäquate Alternativen in Bedacht auf hydraulische Wirkung, Ökonomie und deren Funktion darstellen.

Teile, der in der vorliegenden Arbeit dargestellten Alternativen können daher für den Hochwasserschutz Ramsaubach vorgeschlagen werden.

11 Abbildungsverzeichnis

4.1	Lineares Arbeitsmodell mit den wesentlichen Schwerpunkten der vorliegenden Arbeit	11
5.1	Einzugsgebiet des Ramsaubaches mit der Lage der HQ ₁₀₀ Bestimmungsprofile nach WA5 (2008)	14
7.1	Zonierung der Aue, aus POTT (1996)	21
8.1	Schema der im Rahmen der technisch - konventionellen Maßnahmen geplanten Aufweitungen am Ramsaubach/Hainfeld nach IBL (2009)	28
8.2	Schema der im Rahmen der technisch - konventionellen Maßnahmen geplanten Hochwasserschutzmauern mit Sohleintiefung am Ramsaubach/Hainfeld nach IBL (2009)	29
8.3	Schema der im Rahmen der technisch - konventionellen Maßnahmen geplanten Hochwasserschutzdämme am Ramsaubach/Hainfeld nach IBL (2009)	29
8.4	Übersicht der Retentionsmaßnahmen nach IBL (2009) ab Flusskilometer 2,550 inklusive geplantem Einstaubereich	32
9.1	Standort 1 bei km 0,055 des Ramsaubaches, links flussab-, rechts flussaufwärts, aufgenommen am 3.6.09	35
9.2	Eingebrachter Abfall in den Gerinnequerschnitt bei Standort 1, aufgenommen am 3.6.09	35
9.3	Berechnungsprofil S-01 P_06, Ramsaubach km 0,056	36
9.4	Standort 2 bei km 0,690 des Ramsaubaches, links flussab-, rechts flussaufwärts, aufgenommen am 3.6.09	39
9.5	Berechnungsprofil S-02 P_03, Ramsaubach km 0,699	41
9.6	Je nach Berechnungsmodell divergierende Ergebnisse für den Maximalabfluss im Berechnungsprofil S-02 P_03 bei km 0,699 in Abhängigkeit des Bestandsalters	41
9.7	Standort 3 nord bei km 1,400 des Ramsaubaches, links flussab-, rechts flussaufwärts, aufgenommen am 3.6.09	45
9.8	Standort 3 süd bei km 1,700 des Ramsaubaches, links flussab-, rechts flussaufwärts, aufgenommen am 3.6.09	46
9.9	Berechnungsprofil Standort S-03 P_07, Ramsaubach km 1,668	47
9.10	Je nach Berechnungsmodell divergierende Ergebnisse für den Maximalabfluss im Berechnungsprofil S-03 P_07 bei km 1,668 in Abhängigkeit des Bestandsalters	48

9.11 Querschnitt des Retentionsdammes bei Flusskilometer 2,550 mit den zur Berechnung erforderlichen Kenngrößen (aus IBL, 2009)	51
14.1 MOODY - Diagramm aus JIRKA & LANG (2005)	73
14.2 Hydrologische Grundannahmen für den Ramsaubach, Seite 1	76
14.3 Hydrologische Grundannahmen für den Ramsaubach, Seite 2	77
14.4 Seite 1 von 3 Linienzahlanalyse Standort 1 vom 3.6.09	78
14.5 Seite 2 von 3 Linienzahlanalyse Standort 1 vom 3.6.09	79
14.6 Seite 3 von 3 Linienzahlanalyse Standort 1 vom 3.6.09	80
14.7 Seite 1 von 3 Linienzahlanalyse Standort 2 vom 3.6.09	81
14.8 Seite 2 von 3 Linienzahlanalyse Standort 2 vom 3.6.09	82
14.9 Seite 3 von 3 Linienzahlanalyse Standort 2 vom 3.6.09	83
14.10Seite 1 von 3 Linienzahlanalyse Standort 3 nord vom 3.6.09	84
14.11Seite 2 von 3 Linienzahlanalyse Standort 3 nord vom 3.6.09	85
14.12Seite 3 von 3 Linienzahlanalyse Standort 3 nord vom 3.6.09	86
14.13Seite 1 von 3 Linienzahlanalyse Standort 3 süd vom 3.6.09	87
14.14Seite 2 von 3 Linienzahlanalyse Standort 3 süd vom 3.6.09	88
14.15Seite 3 von 3 Linienzahlanalyse Standort 3 süd vom 3.6.09	89
14.16Abflussganglinie offenes, trapezförmiges Gerinne, Seite 1	91
14.17Abflussganglinie offenes, trapezförmiges Gerinne, Seite 2	92
14.18Maximale Überfallwasserspiegelhöhe bei RHHQ, Seite 1	93
14.19Maximale Überfallwasserspiegelhöhe bei RHHQ, Seite 2	94
14.20Volumenermittlung des Retentionsraumes, Seite 1	95
14.21Volumenermittlung des Retentionsraumes, Seite 2	96
14.22Volumenermittlung des Dammes, Seite 1	97
14.23Volumenermittlung des Dammes, Seite 2	98
14.24Volumenermittlung des Abtrages	99
14.25Dimensionierung der Vorlandsicherung	100
14.26Seite 1 zur Ermittlung der Rauzigkeit einer Uferkrienerwand nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)	102
14.27Seite 2 zur Ermittlung der Rauzigkeit einer Uferkrienerwand nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)	103
14.28Seite 3 zur Ermittlung der Rauzigkeit einer Uferkrienerwand nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)	104
14.29Berechnung des Abflusses bei Standort 1	105
14.30Entwicklung des basalen Stammdurchmessers ermittelt nach Messungen nach RAUCH (2006)	106
14.31Entwicklung der Bestandsdichte ermittelt nach Messungen nach RAUCH (2006)	106
14.32Entwicklung der Pflanzenhöhe ermittelt nach Messungen nach RAUCH (2006)	106
14.33Eingabewerte zur MERTENS - RAUCH Berechnung des Querschnittes 03 bei Standort 2	107

14.34	Eingabewerte zur MERTENS - RAUCH Berechnung des Querschnittes 07 bei Standort 3	108
16.1	Scheme of the river widening as part of the technical - conventional mea- sures, Ramsaubach/Hainfeld	114
16.2	Scheme of the high water protection walls including river bed deepening as part of the technical - conventional measures, Ramsaubach/Hainfeld .	114
16.3	Scheme of the high water protection dams as part of the technical - con- ventional measures, Ramsaubach/Hainfeld	115
16.4	Overview of the retention measures at flow kilometer 2,550 including the planned water storage area, based on IBL (2009)	117
17.1	Site 1 at km 0.055 of the Ramsaubach. Left is downstream and right is upstream. Date: June 3 rd , 2009	121
17.2	Deposited waste in the river cross - section at site 1. Date: June 3 rd , 2009	121
17.3	Calculation profile S-01 P_06, Ramsaubach km 0,056	122
17.4	Site 2 at km 0.690 of the Ramsaubach. Left is downstream and right is upstream. Date: June 3 rd , 2009	123
17.5	Calculation profile S-02 P_03, Ramsaubach km 0.699	125
17.6	Maximal discharge in dependence of stand age and after two calculation methodologies. Data correspond to profile S-02 P_03 at km 0,699	125
17.7	North end of site 3 at km 1.400 of the Ramsaubach. Left is downstream and right is upstream. Date: June 3 rd , 2009	127
17.8	South end of site 3 at km 1.700 of the Ramsaubach. Left is downstream and right is upstream. Date: June 3 rd , 2009	128
17.9	Calculation profile S-03 P_07, Ramsaubach km 1,668	129
17.10	Maximal discharge in dependence of stand age and after two calculation methodologies. Data correspond to profile S-03 P_07 at km 1,669	130
17.11	Cross - section of the retention dam at flow kilometer 2,550 used for the calculation of parameters (after IBL, 2009)	131

12 Tabellenverzeichnis

5.1	Mittels Linienzahlanalyse am 3.6.09 bestimmte Rauigkeiten im Ramsaubach an vier verschiedenen Standorten	15
9.1	Bei Standort 1 aufgenommene Gehölze bei der Begehung am 3.6.09 . . .	35
9.2	Bei Standort 2 aufgenommene Gehölze bei der Begehung am 3.6.09 . . .	40
9.3	Abfluss ermittelt nach MERTENS und MERTENS - RAUCH, in Abhängigkeit vom Bestandsalter für Berechnungsprofil S-02 P_03 bei km 0,699	42
9.4	Bei Standort 3 nord aufgenommene Gehölze bei der Begehung am 3.6.09	46
9.5	Bei Standort 3 süd aufgenommene Gehölze bei der Begehung am 3.6.09 .	47
9.6	Abfluss ermittelt nach MERTENS und MERTENS - RAUCH in Abhängigkeit vom Bestandsalter für Berechnungsprofil Standort S-03 P_07 bei km 1,668	48
14.1	Wasserführungsdaten Ramsaubach nach WA5 (2008)	66
14.2	Abflussbeiwerte für verschiedene Gerinneoberflächen nach RÖSSERT (1976)	68
14.3	Werte für C_1 , C_2 und C_3 nach IHLW (2005)	69
14.4	Basiswert n_b zur Oberflächenbeschaffenheit im Gerinne, nach 024	69
14.5	Korrekturfaktor n_1 für die Irregularität im Gerinne, nach ALDRIDGE & GARRETT, 1973	70
14.6	Wert zur Gleichmäßigkeit des Gerinnequerschnittes, n_2 , nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)	70
14.7	Wert zur Blockierung des Gerinnequerschnittes, n_3 , nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)	70
14.8	Wert zur Vegetation im Gerinne, n_4 , nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)	71
14.9	Wert zur Meandrierung des Gerinnes, m , nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)	71
14.10	Belastbarkeit von ingenieurb biologischen Bauweisen nach FLORINETH (2008)	72
17.1	The observed woody vegetation at site 1, taken on June 3 rd , 2009.	122
17.2	The observed woody vegetation at site 2, taken on June 3 rd , 2009	124
17.3	Discharge calculated after MERTENS and MERTENS - RAUCH in dependence of stand age for profile S-02 P_03 at km 0,699	126
17.4	The observed woody vegetation at site 3, north end, taken on June 3 rd , 2009	128

17.5	The observed woody vegetation at site 3, south end, taken on June 3 rd , 2009	129
17.6	Discharge calculated after MERTENS and MERTENS - RAUCH in dependence of stand age for profile S-03 P_07 at km 1,668	130

13 Literaturverzeichnis

- ALDRIDGE & GARRETT (1973). Roughness coefficients for stream channels in Arizona
U.S. Geological Survey Open-File Report
- BAUMANN (2006). Fließgewässer erhalten und entwickeln. Österreichischer Wasser-
und Abfallwirtschaftsverbund.
- FLORINETH (1982). Ingenieurbiologische Maßnahmen bei Fließgewässern in Südtirol.
Technische Universität Wien.
- FLORINETH (1995). Weidenspreitlagen als Weg zur schnellen Uferbepflanzung und
-sicherung Mitteilungen der Gesellschaft für Ingenieurbiologie Band 4.
- FLORINETH (2008). Skript zur LVA Ingenieurbiologie. Institut für Ingenieurbiologie
und Landschaftsbau, Universität für Bodenkultur Wien.
- GERSTGRASER (1998). Ingenieurbiologische Bauweisen an Fließgewässern - Grund-
lagen zu Bau, Belastbarkeit und Wirkungswesen. PhD thesis, Universität für Boden-
kultur Wien.
- IBL (2009). Einreichprojekt - Hochwasserschutz Ramsaubach (noch unveröffentlicht).
Ingenieurbüro Dr. Lang, 2700 Wr. Neustadt.
- IHLW (2005). Skript zu Hydraulik und Hydromechanik. Institut für Hydraulik und
landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien.
- IWG (1999). Leitfaden Hydraulik naturnaher Fließgewässer. Institut für Wasserwirt-
schaft und Kulturtechnik, Technische Universität Karlsruhe.
- JIRKA & LANG (2005). Gerinnehydraulik. Universität Karlsruhe, Institut für Hydro-
mechanik.
- KAITNA (2008). Rechenübungen zu 871.309 Channel Processes. Institut für Alpine
Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien.
- KRAPFENBAUER (1998). Bautabellen. Jung und Volk.
- MERTENS (2006). Hydraulisch - sedimentologische Berechnungen naturnah gestalteter
Fließgewässer, Berechnungsverfahren für die Ingenieurpraxis. Deutsche Vereinigung
für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V..

- NACHTNEBEL (2008). Skript zu Wasserwirtschaftliche Planung. Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Universität für Bodenkultur Wien.
- POTT (1996). Biotoptypen. Eugen Ulmer.
- RAUCH (2006). Hydraulischer Einfluss von Gehölzstrukturen am Beispiel der ingenieurbiologischen Versuchsstrecke am Wienfluss. PhD thesis, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Universität für Bodenkultur Wien.
- RÖSSERT (1976). Hydraulik im Wasserbau. R. Oldenbourg Verlag.
- WA5 (2008). Amt der Niederösterreichischen Landesregierung - Bescheid:WA5-Q-3/398-2008. Amt der Niederösterreichischen Landesregierung.
- WEITZER, DOPPLER & FLORINETH (1998). Untersuchungen über die Wirksamkeit von Pflanzen in Einzugsgebieten des Forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinenverbauung. Arbeitsbereich Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Universität für Bodenkultur Wien.
- ZEH (2004). Ingenieurbiologische Bauweisen. Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Wasser und Geologie.

14 Anhang

14.1 Hydrologische Eingangsdaten

Gerinne:	Ramsaubach	Gerinne:	Ramsaubach	Gerinne:	Ramsaubach
Vorfluter:	Gölsen - Traisen	Vorfluter:	Gölsen - Traisen	Vorfluter:	Gölsen - Traisen
Einzugsgebiet \approx	57,9 km ²	Einzugsgebiet \approx	55,7 km ²	Einzugsgebiet \approx	53,2 km ²
Profil 1:	vor Mündung in die Gölsen	Profil 3:	nach Mündung des Heugrabens	Profil 5:	Straßenbrücke
$HQ_{300} \approx$	95,3 m ³ /s	$HQ_{300} \approx$	92,5 m ³ /s	$HQ_{300} \approx$	89,4 m ³ /s
$HQ_{100} \approx$	76,4 m ³ /s	$HQ_{100} \approx$	74,2 m ³ /s	$HQ_{100} \approx$	71,7 m ³ /s
$HQ_{50} \approx$	69,3 m ³ /s	$HQ_{50} \approx$	67,3 m ³ /s	$HQ_{50} \approx$	65,0 m ³ /s
$HQ_{30} \approx$	57,2 m ³ /s	$HQ_{30} \approx$	55,6 m ³ /s	$HQ_{30} \approx$	53,7 m ³ /s
$HQ_{10} \approx$	40,6 m ³ /s	$HQ_{10} \approx$	39,5 m ³ /s	$HQ_{10} \approx$	38,1 m ³ /s
$HQ_5 \approx$	36,2 m ³ /s	$HQ_5 \approx$	35,1 m ³ /s	$HQ_5 \approx$	33,9 m ³ /s
$HQ_1 \approx$	24,5 m ³ /s	$HQ_1 \approx$	23,9 m ³ /s	$HQ_1 \approx$	23,0 m ³ /s
Gerinne:	Ramsaubach	Gerinne:	Ramsaubach		
Vorfluter:	Gölsen - Traisen	Vorfluter:	Gölsen - Traisen		
Einzugsgebiet \approx	57,0 km ²	Einzugsgebiet \approx	53,9 km ²		
Profil 2:	Ortsbeginn Hainfeld	Profil 4:	vor Einmündung des Heugrabens		
$HQ_{300} \approx$	94,2 m ³ /s	$HQ_{300} \approx$	90,3 m ³ /s		
$HQ_{100} \approx$	75,5 m ³ /s	$HQ_{100} \approx$	72,4 m ³ /s		
$HQ_{50} \approx$	68,5 m ³ /s	$HQ_{50} \approx$	65,7 m ³ /s		
$HQ_{30} \approx$	56,4 m ³ /s	$HQ_{30} \approx$	54,2 m ³ /s		
$HQ_{10} \approx$	40,1 m ³ /s	$HQ_{10} \approx$	38,5 m ³ /s		
$HQ_5 \approx$	35,7 m ³ /s	$HQ_5 \approx$	34,3 m ³ /s		
$HQ_1 \approx$	24,3 m ³ /s	$HQ_1 \approx$	23,3 m ³ /s		

Tabelle 14.1: Wasserführungsdaten Ramsaubach nach WA5 (2008)

14.2 Grundlagen für hydraulische Berechnungen

Gerinnezustand	k_{st}		
Felskanäle			
Mittelgrober Felsausbruch	25-30	Natürliche Wasserläufe	
Felsausbruch bei sorgfältiger Sprengung	20-25	Natürliche Flussbetten mit fester Sohle, ohne Unregelmäßigkeiten	40
Sehr grober Felsausbruch, große Unregelmäßigkeiten	15-20	Natürliche Flussbetten mit mäßigem Geschiebe	33-35
Betonkanäle		Natürliche Flussbetten, verkrautet	30-35
Zementglattstrich	100	Natürliche Flussbetten mit Geröll und Unregelmäßigkeiten	30
Beton bei Verwendung von Stahlschalung	90-100	Natürliche Flussbetten, stark geschiebeführend	28
Glattverputz	90-95	Wildbäche mit grobem Geröll (kopfgroße Steine) bei ruhendem Geschiebe	25-28
Beton geglättet	90	Wildbäche mit grobem Geröll in Bewegung befindlichem Geschiebe	19-22
Gute Verschalung, glatter, unversehrter Zementputz, glatter Beton mit hohem Zementgehalt	80-90	Erdkanäle	
Beton bei Verwendung von Holzverschalung, ohne Verputz	65-70	Erdkanäle in festem Material, glatt	60
Stampfbeton mit glatter Oberfläche	60-65	Erdkanäle in festem Sand mit etwas Ton oder Schotter	50
Alter Beton, saubere Flächen	60	Erdkanäle mit Sohle aus Sand und Kies mit gepflasterten Böschungen	45-50
Betonschalen mit 150-200 kg Zement je m^3 , je nach Alter und Ausführung	50-60	Erdkanäle aus Feinkies, ca. 10/20/30 mm	45
Grobe Betonauskleidung	55	Erdkanäle aus mittl. Kies, ca. 20/40/60 mm	40
Ungleichmäßige Betonflächen	50	Erdkanäle aus Grobkies ca. 50/100/150 mm	35
Holzgerinne		Erdkanäle aus scholligem Lehm	30
Neue, glatte Gerinne	95	Erdkanäle mit groben Steinen ausgelegt	25-30
Gehobelte, gut gefügte Bretter	90	Erdkanäle aus Sand, Lehm oder Kies, stark bewachsen	20-25
Ungehobelte Bretter	80	Gemauerte Kanäle	
Ältere Holzgerinne	65-70	Kanäle aus Ziegelmauerwerk, Ziegel, auch Klinker, gut gefügt	80
Blechgerinne		Haussteinquader	70-80
Glatte Rohre mit versenkten Nietköpfen	90-95	Sorgfältiges Bruchsteinmauerwerk	70
Neue gusseiserne Rohre	90	Kanäle aus Mauerwerk (normal)	60
Genietete Rohre, Niete nicht versenkt, im Umfang mehrmals überlappt	45-50	Normales (gutes) Bruchsteinmauerwerk, behauene Steine	60
Sonstige Auskleidungen		Grobes Bruchsteinmauerwerk, Steine nur grob behauen	50
Walzglassasphalt - Auskleidung der Werkkanäle	70-75	Bruchsteinwände, gepflasterte Böschungen mit Sohle aus Sand und Kies	45-50

Tabelle 14.2: Abflussbeiwerte für verschiedene Gerinneoberflächen nach RÖSSERT (1976)

Gerinne- Geometrie	Autor	C ₁	C ₂	C ₃	Anmerkung
Druckrohr	Colebrook White (1938)	2,0	14,83	2,52	
Breites Gerinne	Keulegan (1938)	2,03	11,09	3,41	
Breites Gerinne	Rouse (1946, p, 214)	2,03	10,95	1,70	
Breites Gerinne	Thijsse (1949)	2,03	12,2	3,033	
Breites Gerinne	Sayre and Albertson (1961)	2,14	8,888	7,17	
Breites Gerinne	Henderson (1966)	2,0	12,0	2,5	
Breites Gerinne	Graf (1971, p, 305)	2,0	12,9	2,77	
Breites Gerinne	Reinius (1961)	2,0	12,4	3,4	
Rechteck	Reinius (1961)	2,0	14,4	2,9	Breite/Tiefe=4
Rechteck	Reinius (1961)	2,0	14,8	2,8	Breite/Tiefe=2

Tabelle 14.3: Werte für C₁, C₂ und C₃ nach IHLW (2005)

Bed Material	Median Size of bed material (mm)	Straight Channel	Uniform	Smooth Channel
Concrete		0,012-0,018		0,011
Rock Cut				0,025
Firm Soil		0,025-0,032		0,020
Coarse Sand	1-2	0,026-0,035		
Fine Gravel				0,024
Gravel	2-64	0,028-0,035		
Coarse Gravel				0,026
Cobble	64-256	0,030-0,035		
Boulder	>256	0,040-0,070		

Tabelle 14.4: Basiswert n_b zur Oberflächenbeschaffenheit im Gerinne, nach 024

Smooth	0.000	Compares to the smoothest channel attainable in a given bed material.
Minor	0.001-0.005	Compares to carefully degraded channels in good condition but having slightly eroded or scoured side slopes.
Moderate	0.006-0.010	Compares to dredged channels having moderate to considerable bed roughness and moderately sloughed or eroded side slopes.
Severe	0.011-0.020	Badly sloughed or scalloped banks of natural streams; badly eroded or sloughed sides of canals or drainage channels; unshaped, jagged, and irregular surfaces of channel

Tabelle 14.5: Korrekturfaktor n_1 für die Irregularität im Gerinne, nach ALDRIDGE & GARRETT, 1973

Gradual	0.000	Size and shape of channel cross sections change gradually.
Alternating occasionally	0.001-0.005	Large and small cross sections alternate occasionally, or the main flow occasionally shifts from side to side owing to changes in cross-sectional shape.
Alternating frequently	0.010-0.015	Large and small cross sections alternate frequently, or the main flow frequently shifts from side to side owing to changes in cross-sectional shape.

Tabelle 14.6: Wert zur Gleichmäßigkeit des Gerinnequerschnittes, n_2 , nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Negligible	0.000-0.004	A few scattered obstructions, which include debris deposits, stumps, exposed roots, logs, piers, or isolated boulders, that occupy less than 5 percent of the cross-sectional area.
Minor	0.005-0.015	Obstructions occupy less than 15 percent of the cross-sectional area, and the spacing between obstructions is such that the sphere of influence around one obstruction does not extend to the sphere of influence around another obstruction. Smaller adjustments are used for curved smooth-surfaced objects than are used for sharp-edged angular objects.
Appreciable	0.020-0.030	Obstructions occupy from 15 percent to 50 percent of the cross-sectional area, or the space between obstructions is small enough to cause the effects of several obstructions to be additive, thereby blocking an equivalent part of a cross section.
Severe	0.040-0.050	Obstructions occupy more than 50 percent of the cross-sectional area, or the space between obstructions is small enough to cause turbulence across most of the cross section.

Tabelle 14.7: Wert zur Blockierung des Gerinnequerschnittes, n_3 , nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Small	0.002-0.010	Dense growths of flexible turf grass, such as Bermuda, or weeds growing where the average depth of flow is at least two times the height of the vegetation; supple tree seedlings such as willow, cottonwood, arrowhead, or saltcedar growing where the average depth of flow is at least three times the height of the vegetation.
Medium	0.010-0.025	Turf grass growing where the average depth of flow is from one to two times the height of the vegetation; moderately dense stemmy grass, weeds, or tree seedlings growing where the average depth of flow is from two to three times the height of the vegetation; brushy, moderately dense vegetation, similar to 1-to-2-year-old willow trees in the dormant season, growing along the banks, and no significant vegetation is evident along the channel bottoms where the hydraulic radius exceeds 0.61 meters.
Large	0.025-0.050	Turf grass growing where the average depth of flow is about equal to the height of the vegetation; 8-to-10-years-old willow or cottonwood trees intergrown with some weeds and brush (none of the vegetation in foliage) where the hydraulic radius exceeds 0.60 m; bushy willows about 1 year old intergrown with some weeds along side slopes (all vegetation in full foliage), and no significant vegetation exists along channel bottoms where the hydraulic radius is greater than 0.61 meters.
Very Large	0.050-0.100	Turf grass growing where the average depth of flow is less than half the height of the vegetation; bushy willow trees about 1 year old intergrown with weeds along side slopes (all vegetation in full foliage), or dense cattails growing along channel bottom; trees intergrown with weeds and brush (all vegetation in full foliage).

Tabelle 14.8: Wert zur Vegetation im Gerinne, n_4 , nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Minor	1.00	Ratio of the channel length to valley length is 1.0 to 1.2.
Appreciable	1.15	Ratio of the channel length to valley length is 1.2 to 1.5.
Severe	1.30	Ratio of the channel length to valley length is greater than 1.5.

Tabelle 14.9: Wert zur Meandrierung des Gerinnes, m , nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Nr.	Bauweise	Autor	τ_0 [N/m ²]	v [m/s]
1	Weidenspreitlage	FLORINETH (1982)	195-218	–
2	Weidenspreitlage	FLORINETH (1995)	309*	–
3	Flechtzaun	STEIGER (1918)	50	–
4	Flechtzaun	GERSTGRASER (1998)	100-120	3,2-3,5
5	Totfaschine	LfU (1996)	70-100	2,5-3,0
6	Weidenfaschine	LfU (1996)	100-150	3,0-3,5
7	Weidenfaschine	GERSTGRASER (1998)	150-200	3,3-3,8
8	Faschinenwand	GERSTGRASER (1998)	180-240	3,5-4,0
9	Faschinen auf Buschlagen	GERSTGRASER (1998)	120- 150**	2,0-2,5*
10	Geotextilpackungen auf Buschlagen	GERSTGRASER (1998)	120- 160**	3,0-3,5*
11	Geotextil mit Stechköl- zern	GERSTGRASER (1998)	80-120**	2,2-2,8*
12	Weidensteckhölzer	WITZIG (1970)	165	–
13	Weidensteckhölzer	LfU (1996)	100-150	3,0-3,5
14	Weidengebüsch	WITZIG (1970)	100	–
15	Wurzelstockreihen	GERSTGRASER (1998)	50-80**	1,5-2,0*
16	Rasen	WITZIG (1970)	50-(100)	–
17	Grassaat	LfU (1996)	40	1,8
18	Grassoden	LfU (1996)	>60	>3,5

Bauweisen mit * beschädigt bzw. mit ** zerstört

Tabelle 14.10: Belastbarkeit von ingenieurbioologischen Bauweisen nach FLORINETH (2008)

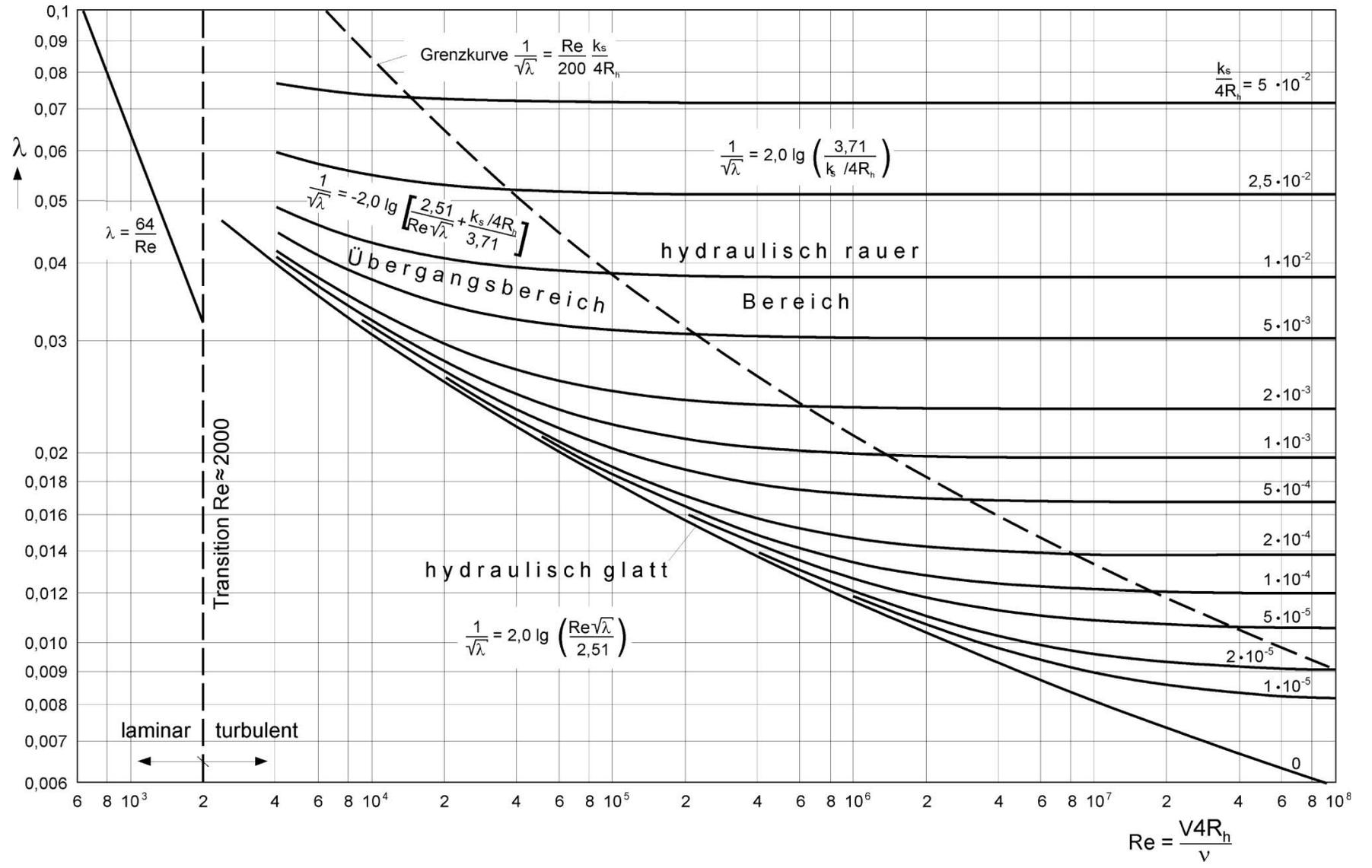


Abbildung 14.1: MOODY - Diagramm aus JIRKA & LANG (2005)

14.3 Hydraulische Berechnungen

14.3.1 Hydrologische Grundannahmen und Linienzahlanalysen

Hydrologische Grundannahmen

Basisdaten:

Einzugsgebietgröße	$A_E =$	57,9 [km ²]
Gerinnelänge	$L =$	12,37 [km]
maximale Höhe	$h_{\max} =$	580,00 [m.ü.A.]
minimale Höhe	$h_{\min} =$	439,00 [m.ü.A.]
durchschnittl. Gerinnegefälle	$I =$	11,40 [‰]
100 jährliches Hochwasser	$HQ_{100} =$	71,70 [m ³ /s]

Ermittlung der Konzentrationszeit nach Kreps:

$$T_c = 0,89 * A_E^{0,4} - 0,15$$

Konzentrationszeit	$T_c =$	4,36 [h]
		262 [min]

Ganglinie nach Ofner:

Ofner beschreibt eine Ganglinie, welche nach $1 * T_c$ den maximalen Abfluss erreicht und nach $3 * T_c$ wieder bei 0 angelangt ist.
 Die Ganglinie ist hierfür zu einem Dreieck vereinfacht.

Zeitintervall	Zeit	Abfluss	Summenfracht
$T_{\text{int}} [-]$	t [h]	Q [m ³ /s]	V_a [m ³]
0,000	0,00	0,00	8798
0,125	0,55	8,96	35193
0,250	1,09	17,93	79184
0,375	1,64	26,89	140771
0,500	2,18	35,85	219955
0,625	2,73	44,81	316734
0,750	3,27	53,78	431111
0,875	3,82	62,74	563084
1,000	4,36	71,70	699455
1,125	4,91	67,22	827029
1,250	5,45	62,74	945804
1,375	6,00	58,26	1055782
1,500	6,54	53,78	1156961
1,625	7,09	49,29	1249342
1,750	7,64	44,81	1332924
1,875	8,18	40,33	1407709
2,000	8,73	35,85	1473695
2,125	9,27	31,37	1530883
2,250	9,82	26,89	1579273

Abbildung 14.2: Hydrologische Grundannahmen für den Ramsaubach, Seite 1

2,375	10,36	22,41	1618865
2,500	10,91	17,93	1649659
2,625	11,45	13,44	1671654
2,750	12,00	8,96	1684852
2,875	12,54	4,48	1689251
3,000	13,09	0,00	1689251

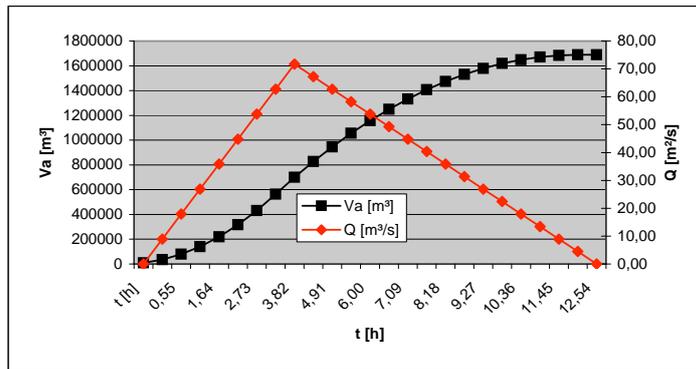


Abbildung 14.3: Hydrologische Grundannahmen für den Ramsaubach, Seite 2

d_i	n	d_{mi}	q_i	Δq_i	$\Delta q_i * d_{mi}^{0,8}$	Δp_i	$\Sigma(\Delta p_i)$	p_{ic}	$p_{Fu(i+1)}$	$p_{ic}-p_{Fu}$	$p_{Fu}i$	p_i^{y*100}
0,1											0,130	13,03
0,25		0,18	0,000	0,000	0,000	0,000		0,250		0,250	0,206	20,60
0,5		0,38	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,354	0,104	0,291	29,14
1	0	0,75	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,354	0,104	0,412	41,20
2	112	1,50	0,536	0,536	0,741	0,350	0,350	0,513	0,354	0,159	0,583	58,27
3	57	2,50	0,809	0,273	0,568	0,268	0,618	0,714	0,628	0,086	0,714	71,37
4	19	3,50	0,900	0,091	0,248	0,117	0,735	0,801	0,824	0,023		80,14
6	7	5,00	0,933	0,033	0,121	0,057	0,793	0,844	0,982	0,137		84,44
8	3	7,00	0,947	0,014	0,068	0,032	0,825	0,869	0,975	0,107		86,85
10	4	9,00	0,967	0,019	0,111	0,052	0,877	0,908	0,971	0,063		90,78
12	3	11,00	0,981	0,014	0,098	0,046	0,923	0,942	0,994	0,052		94,25
15	3	13,50	0,995	0,014	0,115	0,054	0,978	0,983	1,054	0,070		98,33
20	1	17,50	1,000	0,005	0,047	0,022	1,000	1,000	1,135	0,135		100,00
25	0	22,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
30	0	27,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,095	0,095		100,00
35	0	32,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,080	0,080		100,00
40	0	37,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,069	0,069		100,00
50	0	45,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
60	0	55,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,095	0,095		100,00
80	0	70,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,155	0,155		100,00
100	0	90,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
120	0	110,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,095	0,095		100,00
150	0	135,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
$\Sigma n_i =$	209				$\Sigma \Delta q_i * d_{mi}^{0,8} =$	2,117			U bei:	0,023		
			D_U	p_{UC}			$d_{30} =$	0,55	$d_m =$	3,22	$k_s = [m]$	0,038
							$d_{90} =$	9,80	$d_{50} =$	1,50		

Abbildung 14.5: Seite 2 von 3 Linienzahlanalyse Standort 1 vom 3.6.09

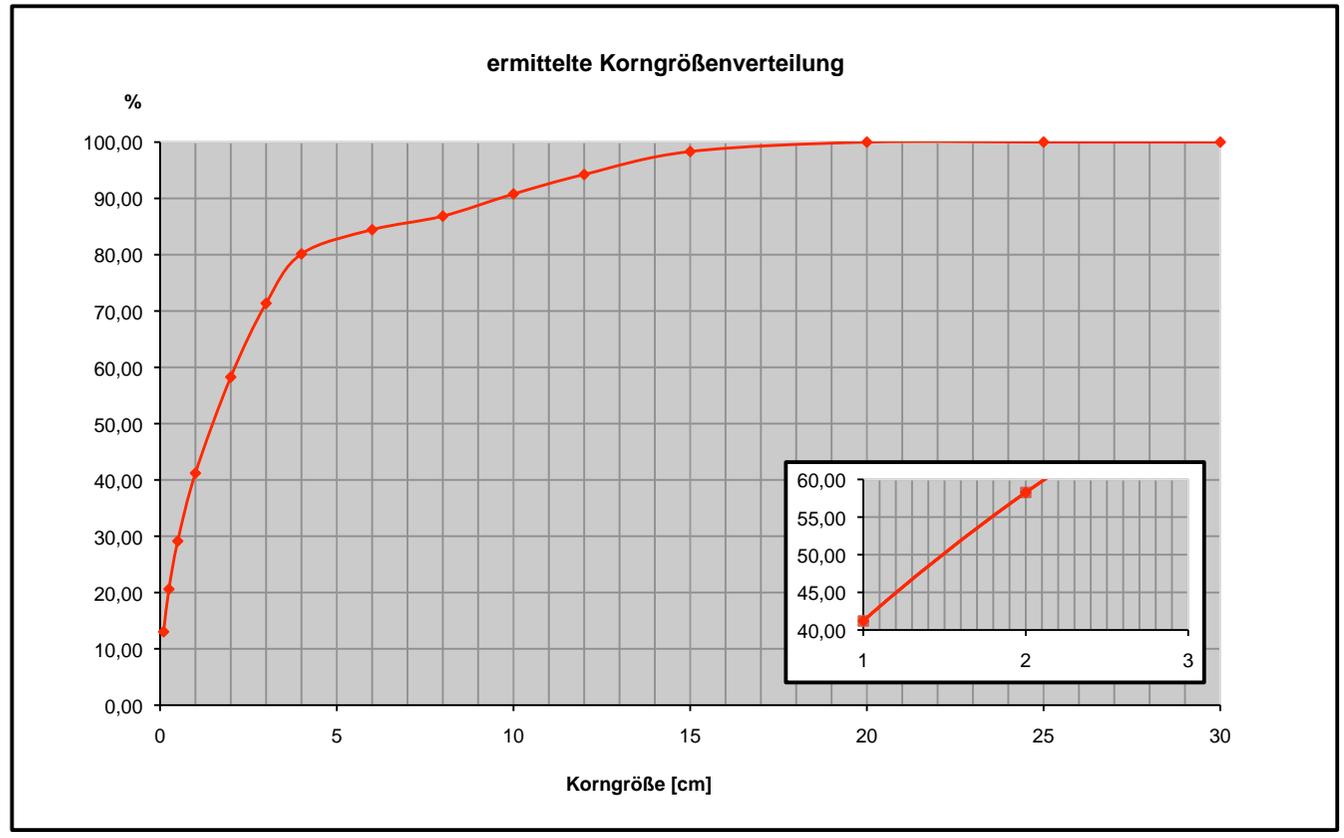


Abbildung 14.6: Seite 3 von 3 Linienzahlanalyse Standort 1 vom 3.6.09

Linienzahlanalyse

für den Querschnitt: 02
 aufgenommen am: 3. JUNI 2009
 bearbeitet von: HEINGARTNER / STIX

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Σ
<1																	
1-2																	71
2-3																	42
3-4																	19
4-6																	20
6-8																	8
8-10																	2
10-12																	2
12-15																	9
15-20																	5
20-25																	2
25-30																	
30-35																	
35-40																	
50-60																	
60-80																	
80-100																	
100-120																	
120-150																	

$d_{\max} = 20$ [cm]

Abbildung 14.7: Seite 1 von 3 Linienzahlanalyse Standort 2 vom 3.6.09

d_i	n	d_{mi}	q_i	Δq_i	$\Delta q_i * d_{mi}^{0,8}$	Δp_i	$\Sigma(\Delta p_i)$	p_{ic}	$p_{Fu(i+1)}$	$p_{ic}-p_{Fu}$	$p_{Fu}i$	p_i^{*100}
0,1											0,099	9,85
0,25		0,18	0,000	0,000	0,000	0,000		0,250		0,250	0,156	15,58
0,5		0,38	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,354	0,104	0,220	22,03
1	0	0,75	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,354	0,104	0,312	31,16
2	71	1,50	0,399	0,399	0,552	0,204	0,204	0,403	0,354	0,050	0,441	44,07
3	42	2,50	0,635	0,236	0,491	0,182	0,386	0,540	0,494	0,046	0,540	53,97
4	19	3,50	0,742	0,107	0,291	0,108	0,494	0,620	0,623	0,003		62,05
6	20	5,00	0,854	0,112	0,407	0,151	0,645	0,734	0,760	0,026		73,36
8	8	7,00	0,899	0,045	0,213	0,079	0,724	0,793	0,847	0,054		79,28
10	2	9,00	0,910	0,011	0,065	0,024	0,748	0,811	0,886	0,075		81,09
12	9	11,00	0,961	0,051	0,344	0,128	0,875	0,907	0,888	0,018		90,66
15	5	13,50	0,989	0,028	0,225	0,083	0,959	0,969	1,014	0,044		96,92
20	2	17,50	1,000	0,011	0,111	0,041	1,000	1,000	1,119	0,119		100,00
25	0	22,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
30	0	27,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,095	0,095		100,00
35	0	32,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,080	0,080		100,00
40	0	37,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,069	0,069		100,00
50	0	45,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
60	0	55,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,095	0,095		100,00
80	0	70,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,155	0,155		100,00
100	0	90,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
120	0	110,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,095	0,095		100,00
150	0	135,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
$\Sigma n_i =$	178				$\Sigma \Delta q_i * d_{mi}^{0,8} =$	2,700				U bei:	0,003	
			D_U	p_{UC}			$d_{30} =$	0,95	$d_m =$	3,59	$k_s = [m]$	0,063
							$d_{90} =$	11,95	$d_{50} =$	2,50		

Abbildung 14.8: Seite 2 von 3 Linienzahlanalyse Standort 2 vom 3.6.09

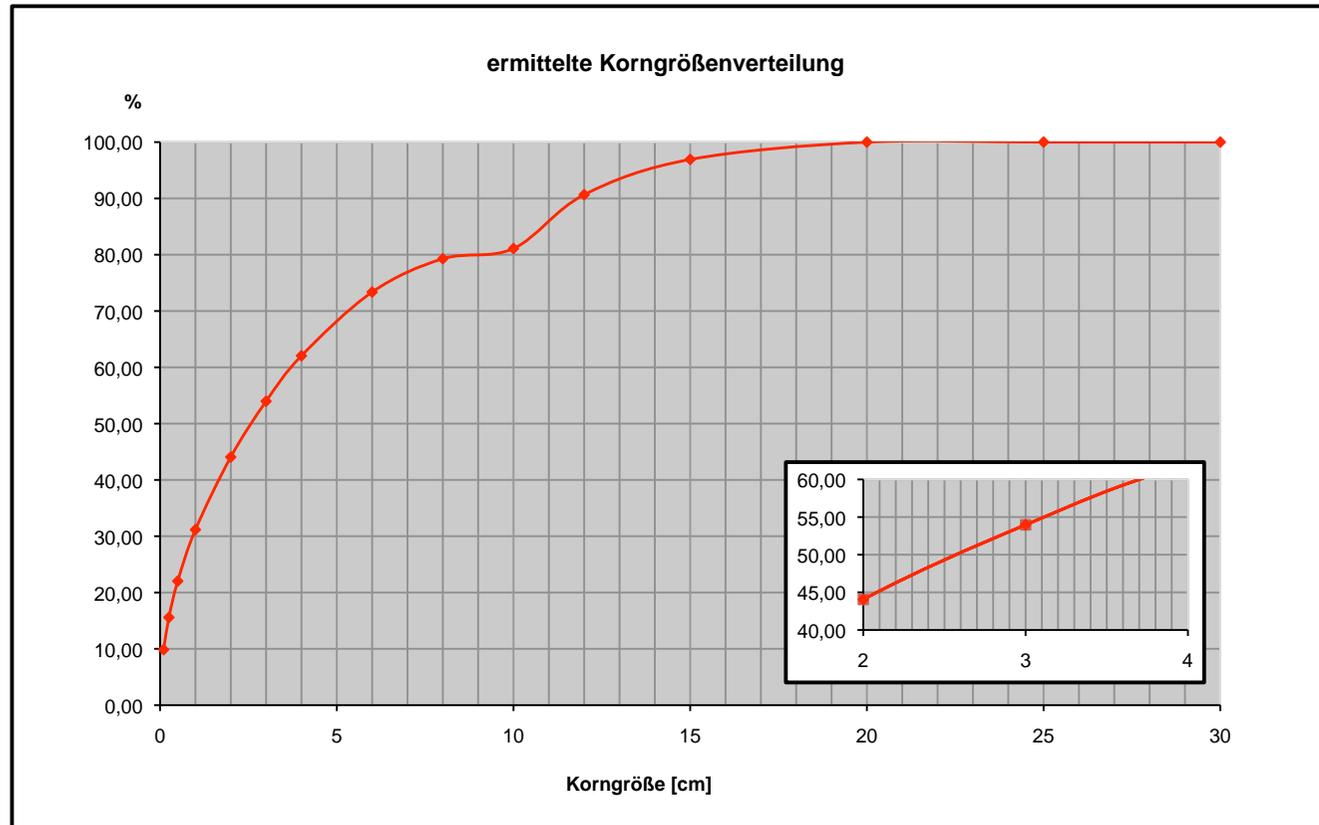


Abbildung 14.9: Seite 3 von 3 Linienzahlanalyse Standort 2 vom 3.6.09

Linienzahlanalyse

für den Querschnitt: 03-NORD
 aufgenommen am: 3. JUNI 2009
 bearbeitet von: HEINGARTNER / STIX

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	Σ
<1																	
1-2																	103
2-3																	43
3-4																	21
4-6																	23
6-8																	8
8-10																	1
10-12																	1
12-15																	
15-20																	
20-25																	
25-30																	
30-35																	
35-40																	
50-60																	
60-80																	
80-100																	
100-120																	
120-150																	

1-2 |||| |||| |||| |||| ||||

$d_{max} = \sim 12$ [cm]

Abbildung 14.10: Seite 1 von 3 Linienzahlanalyse Standort 3 nord vom 3.6.09

d_i	n	d_{mi}	q_i	Δq_i	$\Delta q_i * d_{mi}^{0,8}$	Δp_i	$\Sigma(\Delta p_i)$	p_{ic}	$p_{Fu(i+1)}$	$p_{ic}-p_{Fu}$	$p_{Fu}i$	p_i^{y*100}
0,1											0,121	12,07
0,25		0,18	0,000	0,000	0,000	0,000		0,250		0,250	0,191	19,09
0,5		0,38	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,354	0,104	0,270	26,99
1	0	0,75	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,354	0,104	0,382	38,17
2	103	1,50	0,515	0,515	0,712	0,337	0,337	0,503	0,354	0,149	0,540	53,99
3	43	2,50	0,730	0,215	0,447	0,212	0,548	0,661	0,615	0,046	0,661	66,12
4	21	3,50	0,835	0,105	0,286	0,135	0,684	0,763	0,763	0,001		76,26
6	23	5,00	0,950	0,115	0,417	0,197	0,881	0,910	0,934	0,024		91,04
8	8	7,00	0,990	0,040	0,190	0,090	0,970	0,978	1,051	0,074		97,76
10	1	9,00	0,995	0,005	0,029	0,014	0,984	0,988	1,093	0,105		98,79
12	1	11,00	1,000	0,005	0,034	0,016	1,000	1,000	1,082	0,082		100,00
15	0	13,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
20	0	17,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,155	0,155		100,00
25	0	22,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
30	0	27,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,095	0,095		100,00
35	0	32,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,080	0,080		100,00
40	0	37,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,069	0,069		100,00
50	0	45,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
60	0	55,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,095	0,095		100,00
80	0	70,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,155	0,155		100,00
100	0	90,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
120	0	110,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,095	0,095		100,00
150	0	135,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
$\Sigma n_i =$	200				$\Sigma \Delta q_i * d_{mi}^{0,8} =$	2,115			U bei:	0,001		
							$d_{30} =$	0,61	$d_m =$	2,54	$k_s = [m]$	0,044
							$d_{90} =$	5,85	$d_{50} =$	1,75		

Abbildung 14.11: Seite 2 von 3 Linienzahlanalyse Standort 3 nord vom 3.6.09

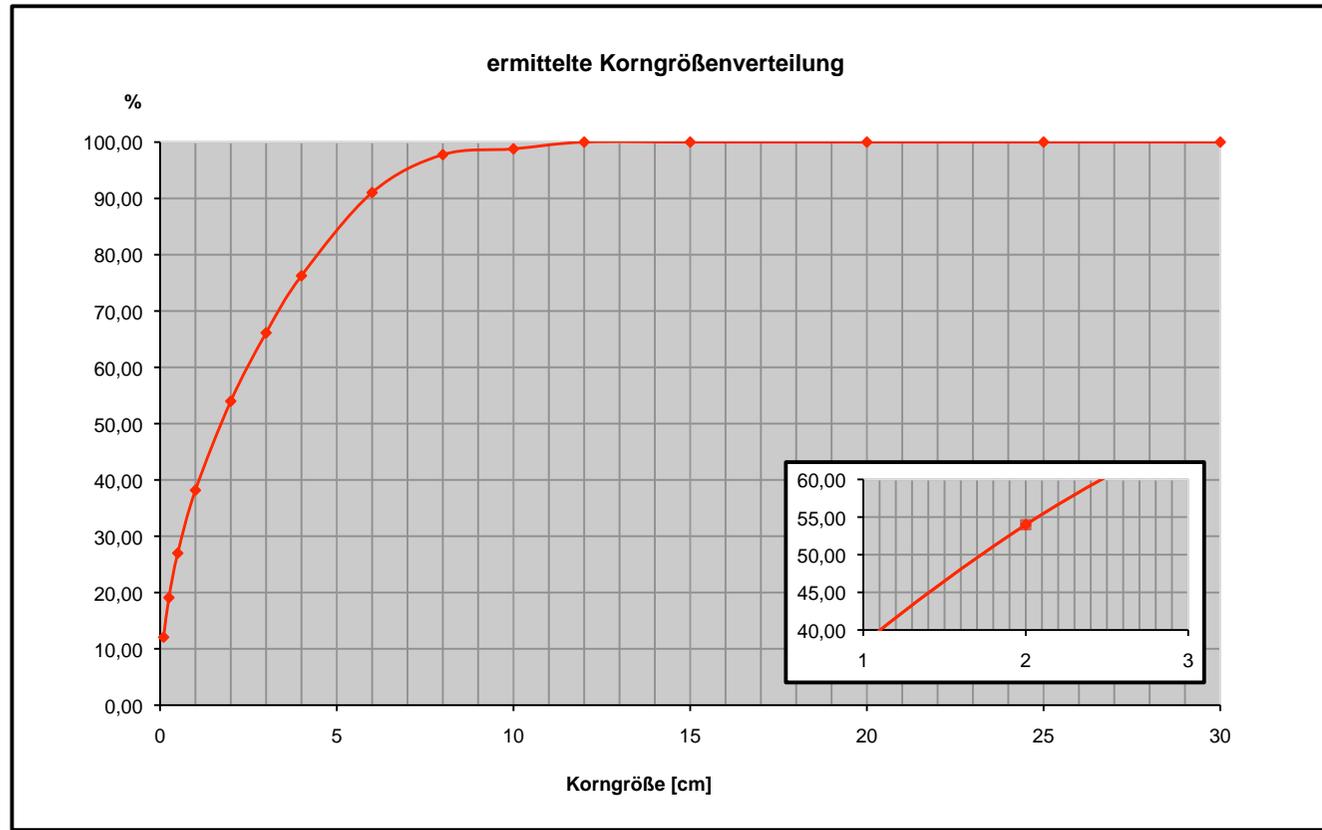


Abbildung 14.12: Seite 3 von 3 Linienzahlanalyse Standort 3 nord vom 3.6.09

d_i	n	d_{mi}	q_i	Δq_i	$\Delta q_i * d_{mi}^{0,8}$	Δp_i	$\Sigma(\Delta p_i)$	p_{ic}	$p_{Fu(i+1)}$	$p_{ic}-p_{Fu}$	p_{FUi}	p_i^{*100}
0,1											0,143	14,33
0,25		0,18	0,000	0,000	0,000	0,000		0,250		0,250	0,227	22,66
0,5		0,38	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,354	0,104	0,320	32,04
1	0	0,75	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,354	0,104	0,453	45,32
2	118	1,50	0,624	0,624	0,864	0,449	0,449	0,587	0,354	0,234	0,641	64,09
3	46	2,50	0,868	0,243	0,507	0,264	0,713	0,785	0,719	0,066	0,785	78,49
4	13	3,50	0,937	0,069	0,187	0,098	0,811	0,858	0,906	0,048		85,80
6	9	5,00	0,984	0,048	0,173	0,090	0,901	0,925	1,051	0,125		92,54
8	0	7,00	0,984	0,000	0,000	0,000	0,901	0,925	1,069	0,143		92,54
10	0	9,00	0,984	0,000	0,000	0,000	0,901	0,925	1,035	0,109		92,54
12	0	11,00	0,984	0,000	0,000	0,000	0,901	0,925	1,014	0,088		92,54
15	0	13,50	0,984	0,000	0,000	0,000	0,901	0,925	1,035	0,109		92,54
20	1	17,50	0,989	0,005	0,052	0,027	0,928	0,946	1,069	0,123		94,58
25	1	22,50	0,995	0,005	0,064	0,033	0,961	0,971	1,057	0,087		97,07
30	1	27,50	1,000	0,005	0,075	0,039	1,000	1,000	1,063	0,063		100,00
35	0	32,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,080	0,080		100,00
40	0	37,50	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,069	0,069		100,00
50	0	45,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
60	0	55,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,095	0,095		100,00
80	0	70,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,155	0,155		100,00
100	0	90,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
120	0	110,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,095	0,095		100,00
150	0	135,00	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,118	0,118		100,00
$\Sigma n_i =$	189				$\Sigma \Delta q_i * d_{mi}^{0,8} =$	1,921				U bei:	0,048	
D_U							$d_{30} =$	0,45	$d_m =$	2,36	$k_s = [m]$	0,031
							$d_{90} =$	5,10	$d_{50} =$	1,25		

Abbildung 14.14: Seite 2 von 3 Linienzahlanalyse Standort 3 süd vom 3.6.09

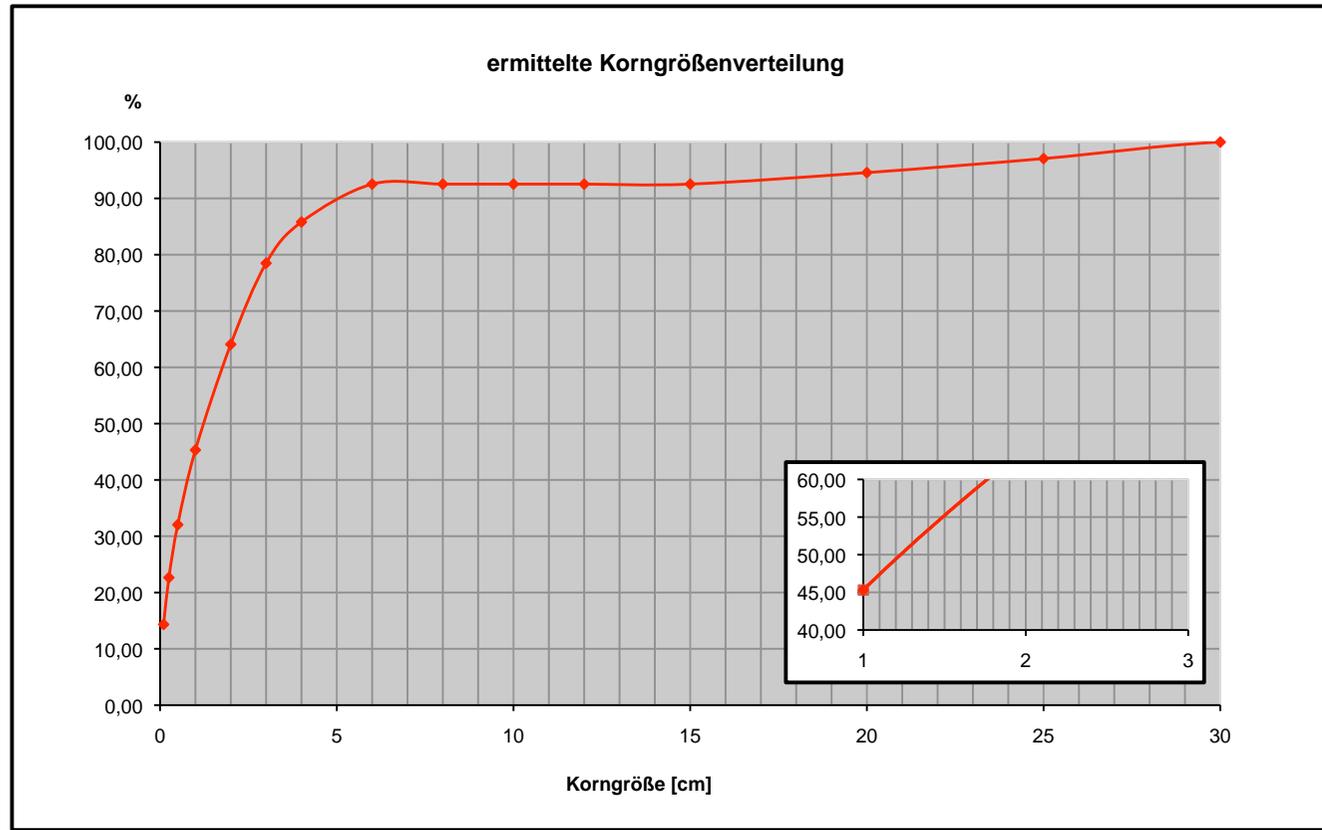


Abbildung 14.15: Seite 3 von 3 Linienzahlanalyse Standort 3 süd vom 3.6.09

14.3.2 Hydraulische Berechnungen zu Kapitel 8

Abflussganglinie, offenes, trapezförmiges Gerinne

Basisdaten:

Sohlgefälle	$I =$	0,012 [‰]
Sohlbreite	$B =$	2,50 [m]
Rauhigkeitsbeiwert	$k_{ST} =$	35,00 [$m^{1/3}/s$]
max. Gerinnetiefe	$h_{max} =$	4,30 [m]
Gerinnesohlhöhe	$n =$	445,20 [m.ü.A.]
Böschungswinkel	$\alpha =$	63,43 [°]
Fließgeschwindigkeit*	$v =$	3,63 [m/s]

*ermittelt nach Manning Strickler

$$v = k_{st} \cdot R_{hy}^{2/3} \cdot I^{0,5}$$

Berechnung von A_{max} , U_{max} und $R_{hy,max}$

Gerinnequerschnitt	$A_{max} =$	20,00 [m ²]
benetzter Umfang	$U_{max} =$	21,73 [m]
hydraulischer Radius	$R_{hy,max} =$	0,92 [m]

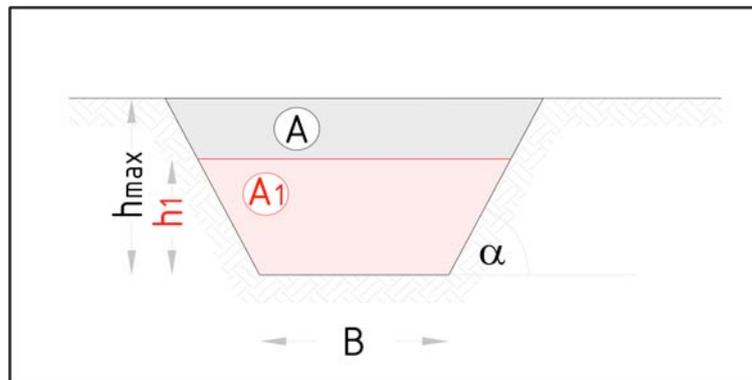


Abbildung 14.16: Abflussganglinie offenes, trapezförmiges Gerinne, Seite 1

	h [m.ü.A.]	A [m ²]	U [m]	R _{hy} [m]	v [m/s]	Q [m ³ /s]
1	445,49	0,76	3,78	0,20	1,31	0,99
2	445,77	1,60	5,06	0,32	1,78	2,84
3	446,06	2,52	6,35	0,40	2,07	5,22
4	446,35	3,52	7,63	0,46	2,29	8,07
5	446,63	4,61	8,91	0,52	2,47	11,39
6	446,92	5,78	10,19	0,57	2,63	15,18
7	447,21	7,03	11,47	0,61	2,77	19,44
8	447,49	8,36	12,76	0,66	2,89	24,20
9	447,78	9,78	14,04	0,70	3,01	29,46
10	448,07	11,28	15,32	0,74	3,13	35,24
11	448,35	12,86	16,60	0,77	3,23	41,56
12	448,64	14,52	17,88	0,81	3,34	48,43
13	448,93	16,26	19,17	0,85	3,44	55,87
14	449,21	18,09	20,45	0,88	3,53	63,90
15	449,50	20,00	21,73	0,92	3,63	72,52

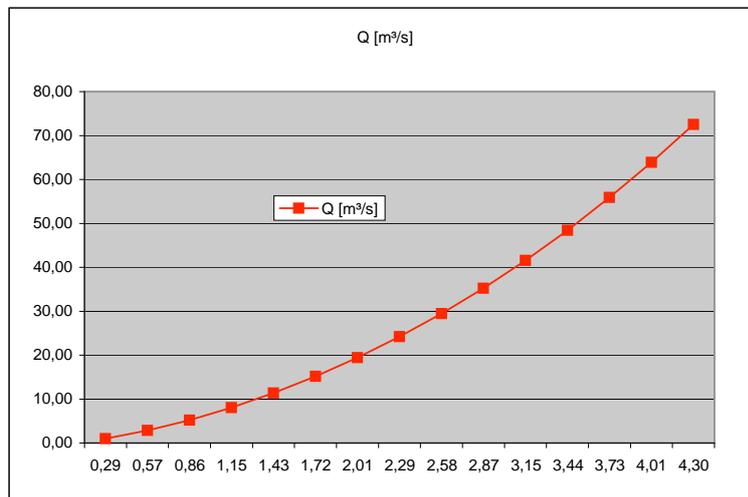


Abbildung 14.17: Abflussganglinie offenes, trapezförmiges Gerinne, Seite 2

Überfallwasserspiegelhöhe bei RHHQ

Basiswerte

Dammoberkante	DOK =	449,50 [m.ü.A.]
Breite Hochwasserentlastung	$b_m =$	45,80 [m]
Sohlbreite Grundablass	$b_s =$	2,50 [m]
Sohlhöhe Grundablass	Sohle =	445,20 [m]
max. Fließhöhe Grundablass	$h_1 =$	4,30 [m]
Fließgeschwindigkeit Grundablass	$v =$	3,11 [m/s]
Böschungsneigung Grundablass	$\alpha =$	63,43 [°]
100-jährliches Hochwasser	HQ ₁₀₀ =	71,70 [m ³ /s]
Bemessungsereignis	RHHQ =	114,72 [m ³ /s]

Abfluss

-über Hochwasserentlastung (nach Poleni)

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b_m \cdot (2 \cdot g)^{0,5} \cdot h_2^{1,5}$$

Überfallsbeiwert	$\mu =$	0,50 [-]
Überströmhöhe	$h_2 =$	0,68 [m]
Abfluss	$Q_1 =$	37,54 [m ³ /s]

-über Grundablass

$$Q = v \cdot A$$

Überflusshöhe	$h_2 =$	0,68 [m]
Fläche über Grundablass	$A_1 =$	4,82 [m ²]
Abfluss	$Q_2 =$	14,99 [m ³ /s]

-im Grundablass

$$Q = v \cdot A$$

Fläche Grundablass	$A_2 =$	20,00 [m ²]
Abfluss	$Q_3 =$	62,18 [m ³ /s]

Summe Abflüsse

Hochwasserentlastung	$Q_1 =$	37,54 [m ³ /s]
über Grundablass	$Q_2 =$	14,99 [m ³ /s]
im Grundablass	$Q_3 =$	62,18 [m ³ /s]

RHHQ Wasserspiegel **450,18 [m.ü.A.]**

Abbildung 14.18: Maximale Überfallwasserspiegelhöhe bei RHHQ, Seite 1

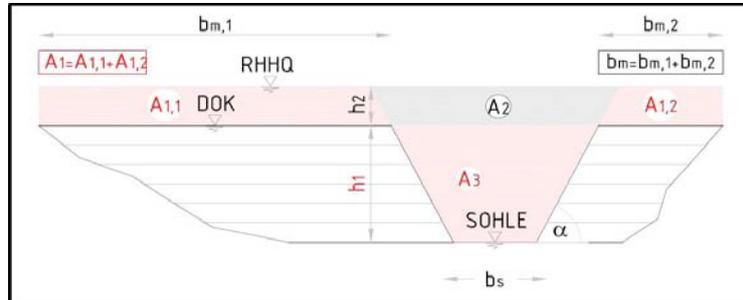


Abb. Schematische Skizze zur Veranschaulichung der verwendeten Abkürzungen

Volumenermittlung des Retentionsraumes

Basisdaten:

maximale Einstauhöhe $h_{\max} = 449,50$ [m.ü.A.]
 Sohlhöhe $h_{\min} = 445,00$ [m.ü.A.]

$$V_{i,i+1} = \frac{dh}{3} * (A_i + (A_i * A_{i+1})^{0,5} + A_{i+1})$$

$V_{i,i+1}$ [m³] ... Volumen zwischen 2 Höhengschichtlinien

A_i [m²] ... Fläche einer Höhengschichtlinie

dh [m]... Höhendifferenz zw. 2 Höhengschichtlinien

	h [m ü.A.]	Ai [m²]	dh [m]	Vi,i+1 [m³]	Σ Vi,i+1 [m³]
1	445,00	2			
2	445,20	65	0,20	5	5
3	445,40	205	0,20	26	31
4	445,60	375	0,20	57	88
5	445,80	575	0,20	94	182
6	446,00	800	0,20	137	319
7	446,20	1060	0,20	185	504
8	446,40	1935	0,20	295	799
9	446,60	2650	0,20	457	1256
10	446,80	3400	0,20	603	1859
11	447,00	5705	0,20	901	2760
12	447,20	5495	0,20	1120	3880
13	447,40	7680	0,20	1311	5191
14	447,60	8804	0,20	1647	6838
15	447,80	9830	0,20	1862	8700
16	448,00	10455	0,20	2028	10728
17	448,20	12975	0,20	2338	13066
18	448,40	16388	0,20	2930	15996
19	448,60	19150	0,20	3550	19546
20	448,80	21000	0,20	4014	23560
21	449,00	22450	0,20	4344	27904
22	449,20	23750	0,20	4619	32523

Abbildung 14.20: Volumenermittlung des Retentionsraumes, Seite 1

Projekt: HWS Ramsaubach
Proj.Nr.: 1890

IBL
2 von 2

23	449,40	25050	0,20	4879	37402
24	449,50	25675	0,10	2536	39938

ermitteltes Volumen ~ 39900 [m³]

Abbildung 14.21: Volumenermittlung des Retentionsraumes, Seite 2

Volumenermittlung des Dammes

Basisdaten:

DOK $h_{\max} = 449,50$ [m.ü.A.]
 KUK $h_{\min} = 444,40$ [m.ü.A.]

$$V_{i,i+1} = \frac{dh}{3} * (A_i + (A_i * A_{i+1})^{0,5} + A_{i+1})$$

$V_{i,i+1}$ [m³] ... Volumen zwischen 2 Höhengschichtlinien

A_i [m²] ... Fläche einer Höhengschichtlinie

dh [m]... Höhendifferenz zw. 2 Höhengschichtlinien

	h [m ü.A.]	Ai [m²]	dh [m]	Vi,i+1 [m³]	Σ Vi,i+1 [m³]
1	444,4	5			
2	444,6	20	0,20	2	2
3	444,8	50	0,20	7	9
4	445	115	0,20	16	25
5	445,2	90	0,20	20	45
6	445,4	105	0,20	19	64
7	445,6	115	0,20	22	86
8	445,8	150	0,20	26	112
9	446	550	0,20	66	178
10	446,2	920	0,20	145	323
11	446,4	1065	0,20	198	521
12	446,6	1030	0,20	209	730
13	446,8	1010	0,20	204	934
14	447	960	0,20	197	1131
15	447,2	910	0,20	187	1318
16	447,4	855	0,20	176	1494
17	447,6	805	0,20	166	1660
18	447,8	740	0,20	154	1814
19	448	685	0,20	142	1956
20	448,2	615	0,20	130	2086
21	448,4	540	0,20	115	2201
22	448,6	475	0,20	101	2302

Abbildung 14.22: Volumenermittlung des Dammes, Seite 1

Projekt: HWS Ramsaubach
Proj.Nr.: 1890

IBL
2 von 2

23	448,8	405	0,20	88	2390
24	449	340	0,20	74	2464
25	449,2	275	0,20	61	2525
26	449,4	210	0,20	48	2573
27	449,5	180	0,10	19	2592

ermitteltes Volumen ≈ 2600 [m³]

Abbildung 14.23: Volumenermittlung des Dammes, Seite 2

Volumenermittlung des Abtrages

Basisdaten:

maximale Abtraghöhe $h_{\max} = 448,80$ [m.ü.A.]
 minimale Abtraghöhe $h_{\min} = 447,00$ [m.ü.A.]

$$V_{i,i+1} = \frac{dh}{3} * (A_i + (A_i * A_{i+1})^{0,5} + A_{i+1})$$

$V_{i,i+1}$ [m³] ... Volumen zwischen 2 Höhengschichtlinien

A_i [m²] ... Fläche einer Höhengschichtlinie

dh [m]... Höhendifferenz zw. 2 Höhengschichtlinien

	h [m ü.A.]	Ai [m²]	dh [m]	Vi,i+1 [m³]	Σ Vi,i+1 [m³]
1	447,00	1360			
2	447,20	1265	0,20	262	262
3	447,40	1180	0,20	244	506
4	447,60	1135	0,20	231	737
5	447,80	1095	0,20	223	960
6	448,00	1060	0,20	215	1175
7	448,20	990	0,20	205	1380
8	448,40	910	0,20	190	1570
9	448,60	755	0,20	166	1736
10	448,80	290	0,20	101	1837

ermitteltes Volumen ≈ 1800 [m³]

Abbildung 14.24: Volumenermittlung des Abtrages

Dimensionierung Vorlandsicherung

Basisdaten:

Abfluss	Q =	114,72 [m ³ /s]
Breite	b =	51,87 [m/m]
Rauhigkeitsbeiwert	k _{ST} =	35,00 [m ^{1/3} /s]
Rampenneigung	l =	0,33 [m/m]
Wassertiefe*	h ₁ =	0,27 [m]
Geschwindigkeit	v =	8,31 [m/s]
Einstautiefe	h _u =	1,20 [m]

* Durch Iteration ermittelt

Froude Zahl:

$$F_{v1} = v / (g \cdot h_1)^{1/2} \quad 5,14 [-]$$

erforderliche Eintiefung:

$$h_{2\text{erf}} = 0,5 \cdot h_1 \cdot ((8 \cdot F_{v1}^2 + 1)^{1/2} - 1) \quad 1,81 [m]$$

$$h_2 = 1,05 \cdot h_{2\text{erf}} \quad 1,90 [m]$$

Vertiefung:

$$e = 1,05 \cdot h_{2\text{erf}} - h_u \quad 0,70 [m]$$

Einstaugrad:

$$\varepsilon = h_u / h_{2\text{erf}} \quad 0,66 [m]$$

Länge der Vorlandsicherung:

$$h_1 = h_{gr} \cdot Fr_1^{-2/3} \quad 0,27 [m]$$

$$h_{gr} = (Q^2 / g \cdot b^2)^{1/3} \quad 0,79 [m]$$

mit Vertiefung:

$$l = 6(h_2 - h_1) \quad 9,79 [m]$$

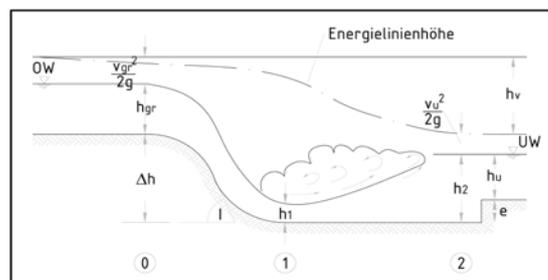


Abb. Schematische Skizze zur Veranschaulichung der verwendeten Abkürzungen

14.3.3 Hydraulische Berechnungen zu Kapitel 9

Ermittlung des k_{st} - Wertes an bewachsenen Gerinnen nach ALDRIGE & GARRETT (1973)

Basiswerte:

Korrekturfaktor	m	1,000 [-]
Basiswert	n_b	0,035 [-]
Wert der Irregularität	n_1	0,000 [-]
Wert der Gleichmäßigkeit	n_2	0,001 [-]
Wert der Blockierung	n_3	0,001 [-]
Wert des Bewuchses	n_4	0,100 [-]

Berechnung von n und k_{st} :

$$n = m \cdot (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

$$k_{st} = 1/n$$

ermittelter STRICKLER - Beiwert k_{st} **7,299** [m^{1/3}/s]

Bed Material	Median Size of bed material (mm)	Straight Channel	Uniform Smooth Channel
Concrete		0,012-0,018	0,011
Rock Cut			0,025
Firm Soil		0,025-0,032	0,020
Coarse Sand	1-2	0,026-0,035	
Fine Gravel			0,024
Gravel	2-64	0,028-0,035	
Coarse Gravel			0,026
Cobble	64-256	0,030-0,035	
Boulder	>256	0,040-0,070	

Tabelle zur Abschätzung von n_b nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Abbildung 14.26: Seite 1 zur Ermittlung der Rauigkeit einer Uferkrienerwand nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Smooth	0.000	Compares to the smoothest channel attainable in a given bed material.
Minor	0.001-0.005	Compares to carefully degraded channels in good condition but having slightly eroded or scoured side slopes.
Moderate	0.006-0.010	Compares to dredged channels having moderate to considerable bed roughness and moderately sloughed or eroded side slopes.
Severe	0.011-0.020	Badly sloughed or scalloped banks of natural streams; badly eroded or sloughed sides of canals or drainage channels; unshaped, jagged, and irregular surfaces of channel

Tabelle zur Abschätzung von n_1 nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Gradual	0.000	Size and shape of channel cross sections change gradually.
Alternating occasionally	0.001-0.005	Large and small cross sections alternate occasionally, or the main flow occasionally shifts from side to side owing to changes in cross-sectional shape.
Alternating frequently	0.010-0.015	Large and small cross sections alternate frequently, or the main flow frequently shifts from side to side owing to changes in cross-sectional shape.

Tabelle zur Abschätzung von n_2 nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Negligible	0.000-0.004	A few scattered obstructions, which include debris deposits, stumps, exposed roots, logs, piers, or isolated boulders, that occupy less than 5 percent of the cross-sectional area.
Minor	0.005-0.015	Obstructions occupy less than 15 percent of the cross-sectional area, and the spacing between obstructions is such that the sphere of influence around one obstruction does not extend to the sphere of influence around another obstruction. Smaller adjustments are used for curved smooth-surfaced objects than are used for sharp-edged angular objects.
Appreciable	0.020-0.030	Obstructions occupy from 15 percent to 50 percent of the cross-sectional area, or the space between obstructions is small enough to cause the effects of several obstructions to be additive, thereby blocking an equivalent part of a cross section.
Severe	0.040-0.050	Obstructions occupy more than 50 percent of the cross-sectional area, or the space between obstructions is small enough to cause turbulence across most of the cross section.

Tabelle zur Abschätzung von n_3 nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Abbildung 14.27: Seite 2 zur Ermittlung der Rauigkeit einer Uferkrienerwand nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Small	0.002-0.010	Dense growths of flexible turf grass, such as Bermuda, or weeds growing where the average depth of flow is at least two times the height of the vegetation; supple tree seedlings such as willow, cottonwood, arrowhead, or saltcedar growing where the average depth of flow is at least three times the height of the vegetation.
Medium	0.010-0.025	Turf grass growing where the average depth of flow is from one to two times the height of the vegetation; moderately dense stemmy grass, weeds, or tree seedlings growing where the average depth of flow is from two to three times the height of the vegetation; brushy, moderately dense vegetation, similar to 1-to-2-year-old willow trees in the dormant season, growing along the banks, and no significant vegetation is evident along the channel bottoms where the hydraulic radius exceeds 0.61 meters.
Large	0.025-0.050	Turf grass growing where the average depth of flow is about equal to the height of the vegetation; 8-to-10-years-old willow or cottonwood trees intergrown with some weeds and brush (none of the vegetation in foliage) where the hydraulic radius exceeds 0.60 m; bushy willows about 1 year old intergrown with some weeds along side slopes (all vegetation in full foliage), and no significant vegetation exists along channel bottoms where the hydraulic radius is greater than 0.61 meters.
Very Large	0.050-0.100	Turf grass growing where the average depth of flow is less than half the height of the vegetation; bushy willow trees about 1 year old intergrown with weeds along side slopes (all vegetation in full foliage), or dense cattails growing along channel bottom; trees intergrow with weeds and brush (all vegetation in full foliage).

Tabelle zur Abschätzung von n_4 nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Minor	1.00	Ratio of the channel length to valley length is 1.0 to 1.2.
Appreciable	1.15	Ratio of the channel length to valley length is 1.2 to 1.5.
Severe	1.30	Ratio of the channel length to valley length is greater than 1.5.

Tabelle zur Abschätzung von m nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Abbildung 14.28: Seite 3 zur Ermittlung der Rauigkeit einer Uferkrienerwand nach ALDRIDGE & GARRETT (1973)

Abfluss in einem kompakten, trapezförmigen Gerinne nach MANNING STRICKLER

für den Querschnitt: 06 Standort 1

Basisdaten:

Sohlgefälle	I	0,010 [-]
Böschungsbreite, links	B _l	0,51 [m]
Sohlbreite	B	8,16 [m]
Böschungsbreite, rechts	B _r	0,51 [m]
Abflusstiefe	y	2,12 [m]
Höhe Wandung links	hw _l	0,38 [m]
Höhe Wandung rechts	hw _r	1,00 [m]
benetzter Umfang, links	U _l	2,18 [m]
benetzter Umfang, rechts	U _r	2,18 [m]
gesamt benetzter Umfang	U	12,52 [m]
Abflussquerschnittsfläche, links	A _l	0,54 [m ²]
Abflussquerschnittsfläche, mitte	A _m	17,30 [m ²]
Abflussquerschnittsfläche, rechts	A _r	0,54 [m ²]
gesamter Querschnitt	A	18,38 [m ²]
hydraulischer Radius	R _h	1,47 [m]
Strickerlbeiwert, links oben	k _{st,lo}	65,00 [m ^{1/3} /s]
Strickerlbeiwert, links unten	k _{st,lu}	7,29 [m ^{1/3} /s]
Strickerlbeiwert, links	k _{st,l}	17,63 [m ^{1/3} /s]
Strickerlbeiwert, mitte	k _{st,m}	44,84 [m ^{1/3} /s]
Strickerlbeiwert, rechts oben	k _{st,ro}	65,00 [m ^{1/3} /s]
Strickerlbeiwert, rechts unten	k _{st,ru}	7,29 [m ^{1/3} /s]
Strickerlbeiwert ,rechts	k _{st,r}	34,51 [m ^{1/3} /s]
Strickerlbeiwert, gesamt	k _{st,ges}	32,57 [m ^{1/3} /s]

Ermittlung der Fließgeschwindigkeit nach MANNING STRICKLER:

$$v = k_{st,ges} * R_h^{2/3} * I^{1/2}$$

Fließgeschwindigkeit	v	4,21 [m/s]
----------------------	---	------------

Ermittlung des Abflusses anhand der Kontinuitätsgleichung:

$$Q = v * A$$

Abfluss	Q	77,3 [m ³ /s]
---------	---	--------------------------

Abbildung 14.29: Berechnung des Abflusses bei Standort 1

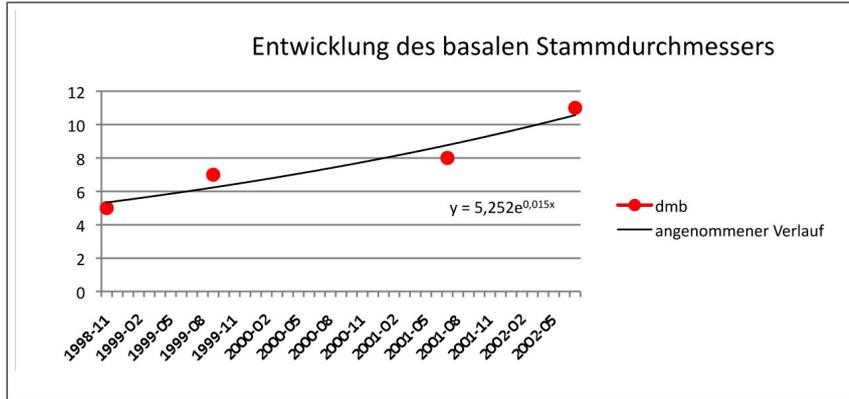


Abbildung 14.30: Entwicklung des basalen Stammdurchmessers ermittelt nach Messungen nach RAUCH (2006)

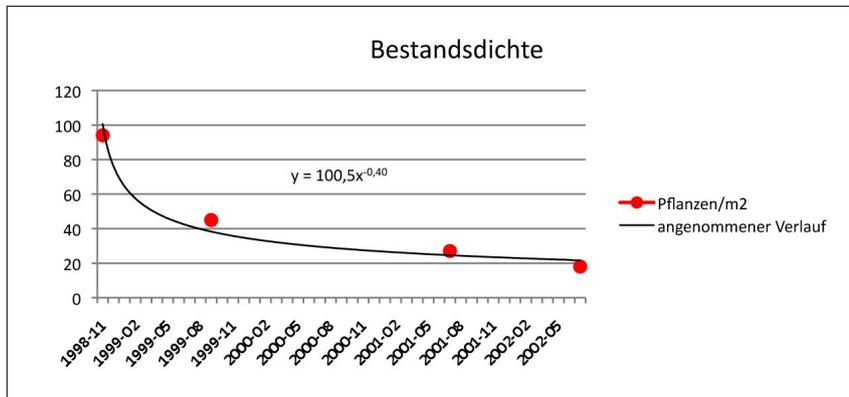


Abbildung 14.31: Entwicklung der Bestandsdichte ermittelt nach Messungen nach RAUCH (2006)

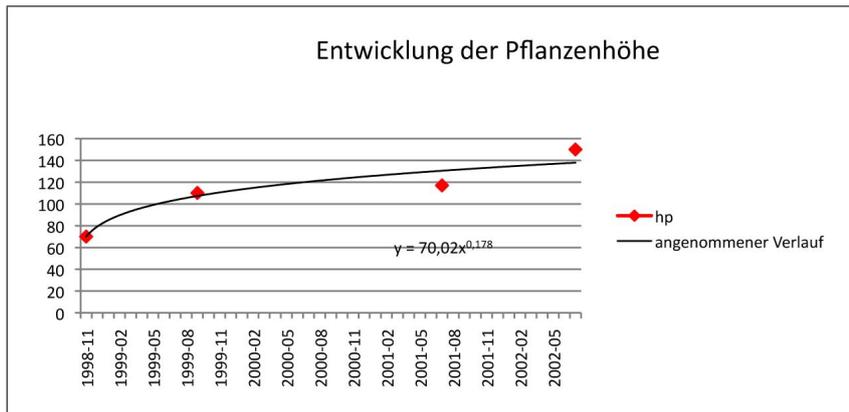


Abbildung 14.32: Entwicklung der Pflanzenhöhe ermittelt nach Messungen nach RAUCH (2006)

Hydraulik eines naturnahen Fließgewässers mit bewachsenen Böschungen nach MERTENS (1994) und RAUCH (2005)

Eingabeblatt 1

für den Standort: 2 berechnet am: 20.06.2009

Gerinneparameter:

Breite Böschung links	B_l	2,07 [m]
Breite Sohle	B	11,05 [m]
Breite Böschung rechts	B_r	6,63 [m]
Sohlgefälle	I_{So}	0,01 [-]
Durchflusshöhe	y	1,61 [m]
Rauheit links	$k_{s,l}$	0,037 [m]
Sohlrauhheit	$k_{s,S}$	0,063 [m]
Rauheit rechts	$k_{s,r}$	0,037 [m]

linke Böschungsneigung	α_l	38,00 [°]
rechte Böschungsneigung	α_r	14,00 [°]

Abbildung 14.33: Eingabewerte zur MERTENS - RAUCH Berechnung des Querschnittes 03 bei Standort 2

Hydraulik eines naturnahen Fließgewässers mit bewachsenen Böschungen nach MERTENS (1994) und RAUCH (2005)

Eingabeblatt 1

für den Standort: 3 berechnet am: 20.06.2009

Gerinneparameter:

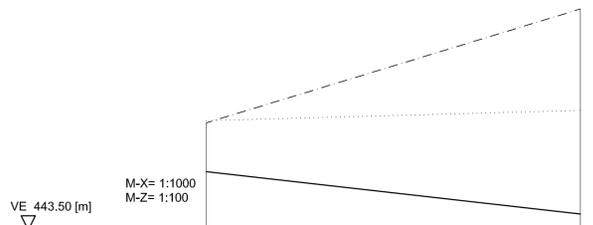
Breite Böschung links	B_l	9,68 [m]
Breite Sohle	B	6,23 [m]
Breite Böschung rechts	B_r	5,36 [m]
Sohlgefälle	I_{So}	0,012 [-]
Durchflusshöhe	y	2,13 [m]
Rauheit links	$k_{s,l}$	0,037 [m]
Sohlrauhheit	$k_{s,S}$	0,031 [m]
Rauheit rechts	$k_{s,r}$	0,037 [m]

linke Böschungsneigung	α_l	12,00 [°]
rechte Böschungsneigung	α_r	22,00 [°]

Abbildung 14.34: Eingabewerte zur MERTENS - RAUCH Berechnung des Querschnittes 07 bei Standort 3

14.4 Planbeilagen

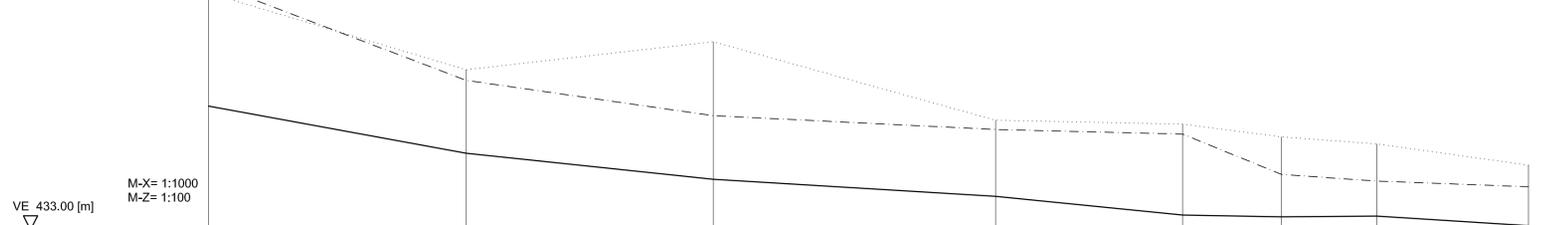
Standort 04



VE 443.50 [m]
M-X= 1:1000
M-Z= 1:100

Profil-Nummer	2	1
Stationierung [km]	2.528	2.522
Sohle [m]	446.55 - 445.15	443.95
Uferbord links [m]-1	446.53	446.86
Uferbord rechts [m]-1	449.75	449.75
Sohlgefälle o/oo-1	11.3	

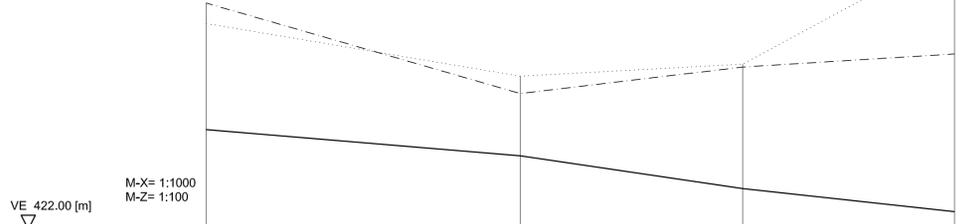
Standort 03



VE 433.00 [m]
M-X= 1:1000
M-Z= 1:100

Profil-Nummer	8	7	6	5	4	3	2	1
Stationierung [km]	1.741	1.698	1.598	1.518	1.465	1.437	1.41	1.387
Sohle [m]	439.70 - 436.5	435.17	434.43	433.95	433.42	433.37	433.39	433.12
Uferbord links [m]-1	440.00	437.23	438.32	436.10	435.71	435.63	435.43	434.83
Uferbord rechts [m]-1	440.00	437.23	438.32	436.10	435.71	435.63	435.43	434.83
Sohlgefälle o/oo-1	18.2	10.6	6	10	1.8	-0.7	6.3	

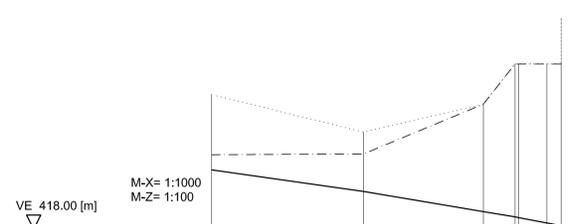
Standort 02



VE 422.00 [m]
M-X= 1:1000
M-Z= 1:100

Profil-Nummer	4	3	2	1
Stationierung [km]	0.789	0.699	0.636	0.576
Sohle [m]	424.82	424.08	423.15	422.5
Uferbord links [m]-1	427.82	426.33	426.67	426.96
Uferbord rechts [m]-1	428.40	425.84	426.59	426.96
Sohlgefälle o/oo-1	6.3	14.8	10.8	

Standort 01



VE 418.00 [m]
M-X= 1:1000
M-Z= 1:100

Profil-Nummer	7	6	5	4	3	2	1
Stationierung [km]	0.099	0.056	0.022	0.013	0.012	0.004	0
Sohle [m]	419.88	419.07	418.5	418.35	418.33	418.18	418.1
Uferbord links [m]-1	421.81	420.75	421.53	422.68	422.68	422.68	422.68
Uferbord rechts [m]-1	420.11	420.13	421.54	422.68	422.68	422.68	422.68
Sohlgefälle o/oo-1	14.2	16.8	16.7	20	16.8	20	

Gölsen

- legende:
- Sohle Bestand
 - Uferbord linkes Ufer
 - - - Uferbord rechtes Ufer

titel: Hochwasserschutz Hainfeld / NÖ -	
Ingenieurbiologische Alternativen am Ramsaubach	
inhalt: Längenschnitte zu den ausgewählten Standorten 01 - 04	
zeichner: Heingartner	datum: 06 - 2009
maßstab: M _x = 1:1000, M _z = 1:100	

LS-01

15 English Summary

As this work is a part of the English language Master program – Mountain Risk Engineering – the following chapter will provide a translation of chapter 8, Project description of the technical - conventional measures, chapter 9, Project description of the technical - biological measures, and the discussion as chapter 10.

A theoretical basis is not explained in this chapter.

15.1 Project Area Description

The catchment area of the Ramsauriver is approximately 60 km² big and is located in the district of Lilienfeld in Lower Austria. A one hundred year high water event would result in a discharge of approximately 76,4 m³/s within the 3 km long project area. In order to reach a discharge that would not result in damage to the surrounding areas, the following work deals with technical - conventional and technical - biological alternatives, the best of which will be presented.

16 Technical - Conventional Measures

The planned measures can be divided into two focuses. The first is the protection of the areas submerged by floods over the length of the Ramsauriver by means of linear measures. This will be accomplished by an increase of height of the bank boards and an increase of the freeboard.

The second focus is compensation, given the loss of overflow area due to the linear measures above. This will be accomplished with the establishment of a retention basin. The linear measures create a loss of overflow area of approximately 80.000 m². A 39.000 m³ big retention basin is planned as compensation for this loss.

16.1 Linear Measures

The linear measures, which are ordered from flow kilometer 0,000 to approximately 1,750, serve as direct object protection. As this section has relatively low bank edges, the measures here will include an increase in height in the bank boards and will thereby hinder a flow that would have previously surpassed the low banks. In the following plans, there will be a distinction between four measure types, all of which have the goal of a height increase of the bank boards or a size increase of the river cross - section.

16.1.1 Widening

Flow kilometers 0,576-0,788; 1,242-1,410;

Widening will be implemented in the above defined areas. The shore line in this area will then be misplaced into the previous area of secure land. The created erodible edges will have to be replanted with a smooth merging with the existing canopy. A replanting with wood would be possible without decreasing the discharge, as the flow profile after wood installations in a high water event would not be narrowed nor have an increased roughness. In order to ensure the stability of the banks the slope must be approximately 1:1.5.

16.1.2 Deepening of the River Bed

Flow kilometers 0,022-0,576; 0,832-0,857; 1,297-1,319;

For deepening of the river bed, the bed substrate as well as the deposited material will

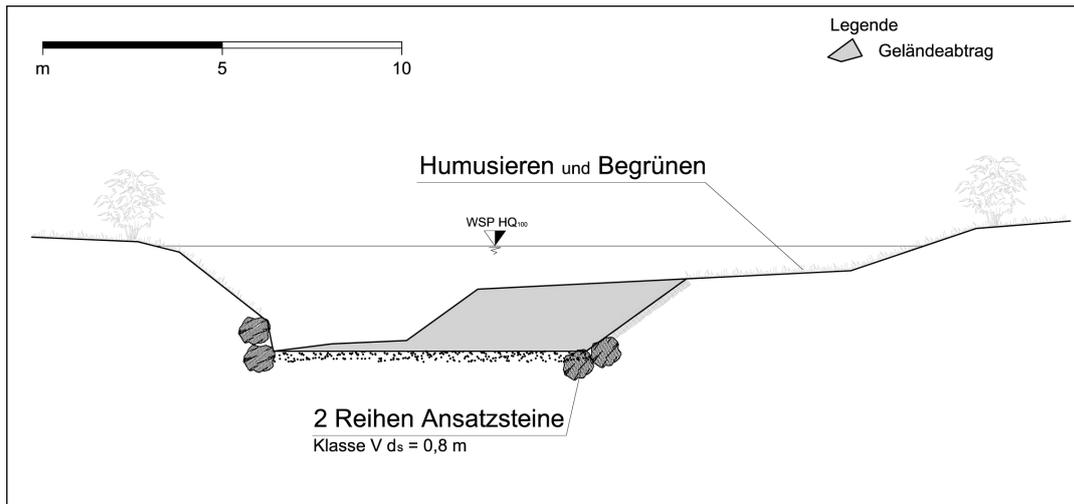


Figure 16.1: Scheme of the river widening as part of the technical - conventional measures, Ramsaubach/Hainfeld

be taken out. This must be done according to the necessary bed inclination and the ecological circumstances.

16.1.3 Flood Protection Wall

Flow kilometers 0,013-0,119; 0,199-0,471; 0,477-0,524; 1,598-1,668; 1,842-1,996;
 The high water protection wall will be built of reinforced concrete (C25/30/XC3). The dimensions and foundations of the concrete are dependent on the static and geotechnical requirements. An expansion joint has to be built out every 20 m in order to compensate for the temperature change in length of the wall.

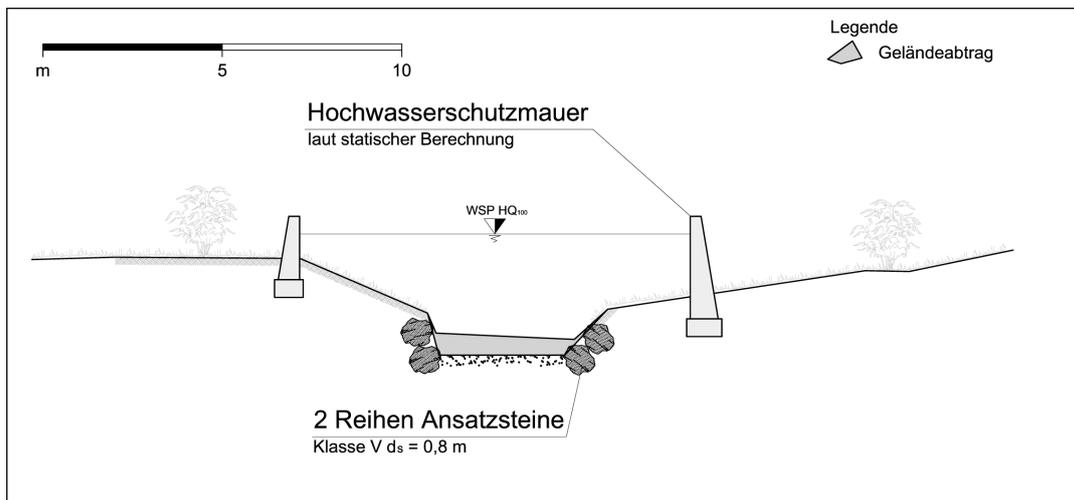


Figure 16.2: Scheme of the high water protection walls including river bed deepening as part of the technical - conventional measures, Ramsaubach/Hainfeld

16.1.4 Flood Protection Dam

Flow kilometer 1,024-1,242; 1,410-1,598; 1,668-1,741; 1,756-1,842;

The high water protection dams are homogeneous earth - poured constructions built in accordance to the geotechnical requirement of the ground. The crown width will be 1.0 m and the dam front slope will be 1:2. As overflow protection, geo - textiles are placed on the inner sided (viewed from the stream) banks and hidden stone layers are brought in the crown areas. Additionally, rows of stones are placed at the inner foot of the dam as prevention against erosion. The dam then is covered by humus and re - greened after the completion of the construction.

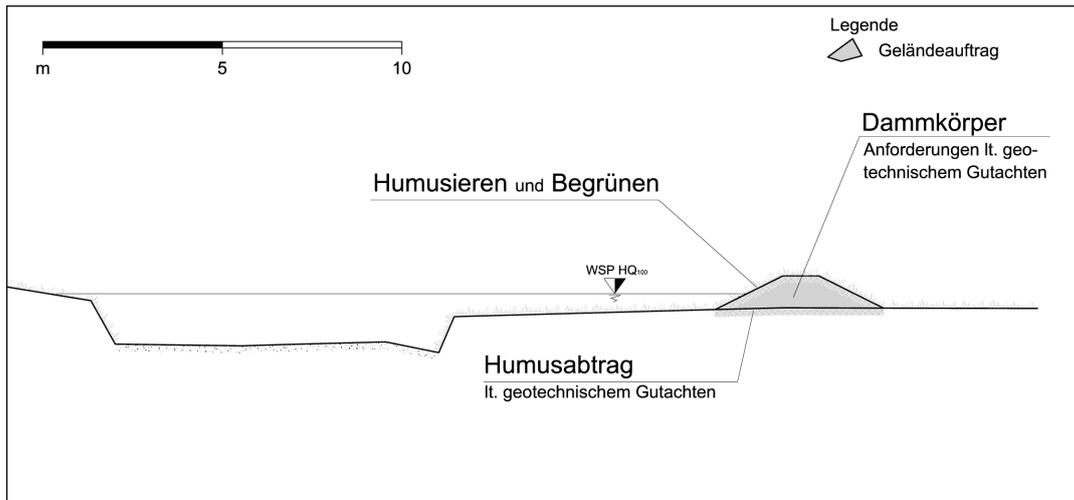


Figure 16.3: Scheme of the high water protection dams as part of the technical - conventional measures, Ramsaubach/Hainfeld

16.2 Retention Measures

The planned retention area fills the function of compensation of the lost area due to the linear measures, as explained above.

16.2.1 Dam and Retention Basin

The planned dam is located south of the city of Hainfeld at flow kilometer 2,55 of the Ramsauriver. With a calculated filling height of 449,50 m above sea level the topography leads to a possible retention volume of approximately 39.900 m³ (refer to the calculations depicted in the figures 14.20 and 14.21 in the appendix). The retention outlet runs out of the dam directly into the Ramsauriver without any changes compared to the actual state. This outlet has a maximal discharge, Q_{AB} , of 72,52 m³/s at full flow height (refer to figures 14.16 and 14.17 in the appendix for calculations). To avoid the occurrence of damage to the dam due to an event, which is larger than HQ_{100} , a high water release over

the full length of the dam is entrained. Thereby, the so defined catastrophic high water discharge (1.6 times the value of HQ_{100}) is used for further calculations. Additionally, the downstream foot of the dam is be protected with large blocks and the area in front of the dam is reinforced over a length of 10,6 m.

The retention dam has a maximal height of 4,3 m, a crown width of 4,0 m and a maximal bottom width of 25,5 m. It is fixed on the southwest side in the corresponding bank and is bordered on the northeast side by the main provincial street (Landstraße 132). Both the up- and downstream sides of the dam have a slope ratio of 1:3. The current bicycle route will be intercepted by the planned constructions and will therefore be rerouted over the dam.

Some of the needed materials for dam construction may be taken from the dam site, specifically, southeast of the dam in the retention area. The suitability of the material must be tested and proved and must fulfill the geotechnical requirements. If this is not the case, suitable material must be transported to the site.

16.2.2 Basin Outlet

The basin outlet has a ground width of 2,5 m and side banks with a slope of 2:1, which results in a cross - sectional area of 20 m² at high water. The maximal flow velocity, calculated after MANNING - STRICKLER for the HQ_{100} , is 3,63 m/s. The basin outlet breaks through the dam and leads the water from the basin into the Ramsauriver. The side banks of the stream outlets will consist of block reinforcements in a concrete bed, which gives a roughness value of approx. 35 after RÖSSERT (1976).

16.2.3 High Water Discharge

The discharge or relief of high water is designed over the entire length of the dam. There is an average slope of 2 ‰ in the flow direction of the Ramsauriver and both the streambed and banks will be able to withstand the expected shear stresses in the case of over flowing. For instance stone layers (class IV) in a concrete bed may be used as reinforcement because these provide sufficient resistance to shear forces. In order to achieve a better integration of the dam into the surroundings, a stone layer finished with a covering of humus and re - greening would be necessary.

16.2.4 Protection Wall

A high water protection wall is planned in the area between the dam retention area and the main provincial street (Landstraße 132) in order to decrease the chance of over flowing of this area. The construction will be such that the overflowing at a high water level of HQ_{100} will not reach the street. The maximal height of the protection wall would be 0.75 m located southeast from the dam. Both the foundations and the wall thickness depend on the static forces and geotechnical conditions. The use of reinforced concrete (C25/30/XC3) would be suitable.

16.2.5 Downstream Foot Reinforcement

The protection of the ground located in front of the dam must be considered with a potential overflow event of RHHQ. This reinforcement consists of a buttress (stone class VI) at the foot of the dam including an additional untreated quarry blocks (class III) in a concrete base.

16.2.6 Terrain Overburden

Within the retention basin a terrain abstraction of approx 1.800 m³ is planned (refer to the calculations depicted in figure 14.24 in the appendix for details). This results in both the increase in retention volume and the possibility to use the materials for building the dam, if they to conform to the appropriate geotechnical characteristics. This abstraction may take place between the Ramsauriver and the bicycle route; however, the route will not be endangered due to protection ditches.



Figure 16.4: Overview of the retention measures at flow kilometer 2,550 including the planned water storage area, based on IBL (2009)

16.3 Corollary Biological Measures

16.3.1 General

The biological measures are based on the following goals:

- Maximal conservation of the wood and tree stocks in the retention area

- Guarantee of a near - natural stream bed composition
- Integration of the dam into the landscape by means of re - greening and considerable planning and management of the area

16.3.2 Dam Configuration

Clear cuts which are needed for the dam construction must be done in such a way as to minimize the damage to surrounding vegetation. The humus of the soil must be removed and stored for use in the final stages of humus and vegetation laying on the completed dam. The dam requires a 3 m wide strip on each side, according to technical - conventional guidelines, which is kept free from trees and shrubs that would otherwise affect the construction safety. The direct surroundings of the stream outlets must be also kept free from woody vegetation, which could potentially cause jamming further downstream in the case of a large event. Finally, maintenance operations of the vegetation must be set at appropriate time intervals.

16.4 Maintenance and Servicing

16.4.1 General

The community of Hainfeld has the responsibility of the technical maintenance, repairs, and care of the vegetation for this area. Corresponding controls have to be performed at least yearly, with additional checks after high water events. All controls, repairs and maintenance operations are kept for the records in a control book.

All high water protection measures must not be used for any other purposes, any of which may decrease the functionality of the dam or any part thereof.

16.4.2 Technical servicing

The purposes of the linear corollary measures are the control of:

- Damage, such as crack formation on the high water protection wall
- Re - initiation of sedimentation in the widened river sections

The retention basin, including the stream outlet, must be checked for:

- Deposition of coarse- and fine- particles and woody debris and potential blockages
- Damage (cracks, fractures, water leaks, shore and bank problems)

Agricultural products and woody materials must not be stored within the retention basin because they could become transportable woody debris.

16.4.3 Care of Vegetation Cover

Dam surfaces as well as other vegetated areas must be mowed twice yearly and the cuttings may be discarded after drying.

Risk Considerations at Increased Flow Height

An increase in discharge to a value over the HQ_{100} (the catastrophic high water RHHQ) would result in an expected overflow of the dam.

The planned design of the dam, along with the immediate upstream protection measures, should impede the occurrence of any damage to the dam. For an event of value RHHQ, water surface level of 450,18 m above sea level is expected, which corresponds to an overflow height of 0,68 m.

17 Description of Technical - Biological Measures

The biological engineering measures were chosen for four particular locations along the Ramsauriver. These measures are suited to the various needs, considering the prevalent flow regime and the morphological forms.

17.1 Site 1

17.1.1 Location

The first site chosen spans from the mouth of the Gölsen to flow kilometer 0,050 of the Ramsauriver. This site has a particular constriction and due to a shortage of space, a widening of the channel is not possible. Hence, as described in the technical - conventional measures, a high water protection wall will be placed on the left bank such that an overflowing onto the neighbouring parking space will be avoided. Plan ST-01 shows the described location at the Ramsauriver, in which the parking space and the constriction of the river Gölsen are notable. The river is bordered on the orographic right side by development.

One additional problem beside the constriction is the dumping of waste into the river (compare figure 17.2, Page 121).

	Location km	existing incl.	planned incl.	left bank	right bank	comments
1	0,000-0,050	≈ 20 ‰	≈ 10 ‰	p*	p*	very steep banks

* perpendicular or almost perpendicular bank inclination

17.1.2 Vegetation

The woody vegetation listed in table 17.1 can be reported after an inspection on June 3rd, 2009.



Figure 17.1: Site 1 at km 0.055 of the Ramsaubach. Left is downstream and right is upstream. Date: June 3rd, 2009



Figure 17.2: Deposited waste in the river cross - section at site 1. Date: June 3rd, 2009

17.1.3 Formulation of alternatives

Choice of the possible construction

The above mentioned extreme constriction is the limiting factor at site 1 and a widening is not possible. The necessary discharge of m^3/s is only accomplished by way of an increase in the flow height. This change would endanger the bordering properties. As such, one alternative would be a live crib wall, which displays a high maximal slope and good durability (FLORINETH, 2008). To raise the maximum water level a guide wall constructed of wood is superimposed onto the crib wall. A flow height, which would overtop the existing banks and spread to the neighbouring properties, will be avoided with this construction. A drawing of the construction can be found in the attached plan DP-01.

<i>Acer pseudoplatanus</i>	Sycamore Maple
<i>Tilia platyphyllos</i>	Large - Leaved Linden
<i>Forsythia intermedia</i>	Border Forsythia
<i>Salix purpurea</i>	Purple Willow
<i>Picea abies</i>	Norway Spruce
<i>Larix decidua</i>	European Larch
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Horse - Chestnut
<i>Rubus fruticosus</i>	Blackberry
<i>Sambucus nigra</i>	Elder
<i>Reynoutria japonica</i> *	Japanese Knotweed

* no wood, but massively represented

Table 17.1: The observed woody vegetation at site 1, taken on June 3rd, 2009.

Hydraulics of Site 1

Due to the lack of suitable input data regarding the roughness of a live crib wall, the value is approximated after ALDRIDGE & GARRET (ALDRIDGE & GARRETT (1973); chapter 6.1.1, page 17) as $7,29 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. The corresponding calculations can be found in the appendix from page 102. The roughness for the guide wall is chosen from Table 14.2 as $65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. The roughness for the bed was determined by proceeding a Transect by number analysis which led to the result of $44,84 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

The cross - section depicted in figure 17.3, page 122, would allow a maximal discharge of $77,3 \text{ m}^3/\text{s}$. The calculation can be found in the appendix from page 105.

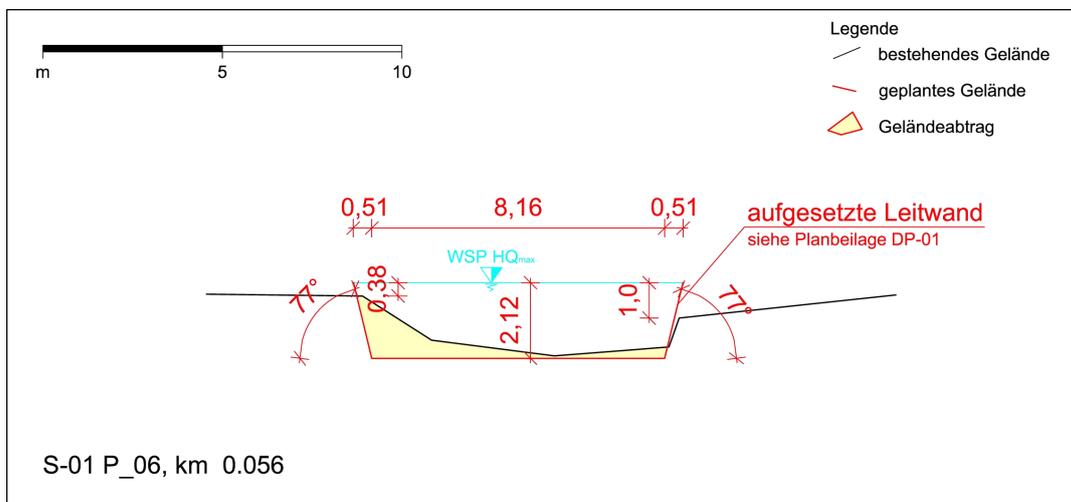


Figure 17.3: Calculation profile S-01 P_06, Ramsaubach km 0,056

17.2 Site 2

17.2.1 Location

The second site reaches from km 0,580 to km 0,750. As can be seen in plan ST-02, the Ramsauriver is bordered on the left bank partly by developments and partly by the provincial road, Landstraße 132. As such, an increase in the cross - section on the left side is not possible; however, as mentioned in the technical - conventional methods above, this may be done on the right bank. For protection of the buildings near the left bank, a high water protection wall is considered.

The right bank transforms itself along the course of the river from an outer bank to an inner bank and again into an outer bank. Due to this, one must be careful in choosing the correct measures and to avoid an overburdening of the banks from excess water.

	Location km	existing incl.	planned incl.	left bank	right bank	comments
2	0,580-0,750	≈ 10 ‰	≈ 10 ‰	1:1,3	1:4	right bank partly outer bank



Figure 17.4: Site 2 at km 0.690 of the Ramsaubach. Left is downstream and right is upstream. Date: June 3rd, 2009

17.2.2 Vegetation

The woody vegetation listed in table 17.2 can be reported after an inspection on June 3rd, 2009.

<i>Carpinus betulus</i>	European Hornbeam
<i>Tilia platyphyllos</i>	Large - Leaved Linden
<i>Euonymus europaeus</i>	European Spindle
<i>Cornus sanguinea</i>	Common Dogwood
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Sycamore Maple
<i>Sambucus nigra</i>	Elder
<i>Caragana arborescens</i>	Siberian Peashrub
<i>Crataegus monogyna</i>	Common Hawthorn
<i>Reynoutria japonica</i> *	Japanese Knotweed

* no wood, but massively represented

Table 17.2: The observed woody vegetation at site 2, taken on June 3rd, 2009

17.2.3 Formulation of Alternatives

Choice of the Possible Constructions

A possible alternative for the right bank re - greened widening would be, for example, a live brush mattress. A scheme of this can be found in the plan DP-02. For this construction, the changes in the bank types (see above) would not cause any problems, as, according to FLORINETH (2008), the live brush mattress is also suitable for outer banks. Alternatively, the use of rows of faggot (fascine) would be suitable for the left bank, however, as the slope exceeds the maximal slope for such crops (1:3, after FLORINETH, 2008; actual slope is 38 °), there would be inadequate water supply to the upper crops. For this reason, the live brush mattress will be here forth considered the best alternative.

Hydraulics of Site 2

The hydraulic calculations of site 2 were carried out according to MERTENS and MERTENS - RAUCH. These methods are described under section 6.1.1, from page 18. Input data are based on measurements carried out through RAUCH (2006), who documented the development over several years of a live brush mattress construction, which has become a willow canopy in the mean time. These measurements provided the means to construct a trend function of the increments of thickness and length. The stand density was determined with the same method. The results of this analysis can be found in diagrams 14.30 to 14.32 in the appendix. The derived values allowed for the simulation of the development of the stand over four years.

The profile configurations used were the same as found in the technical - conventional measures (figure 17.5). The discharge capacity was determined after the procedure of MERTENS and MERTENS - RAUCH. In order to reach the maximal functioning capacity of the high water protection constructions, a cross - sectional discharge of $HQ_{100} = 74,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (see Table 14.1 in the appendix) must be seen. The simulations showed that in each plant stage, the lowest discharge used in either calculation method was reached. A maximal discharge of $89,18 \text{ m}^3/\text{s}$ in the sixth stand year was given by the calculations after MERTENS - RAUCH. The water level stayed more than 50 cm under the upper

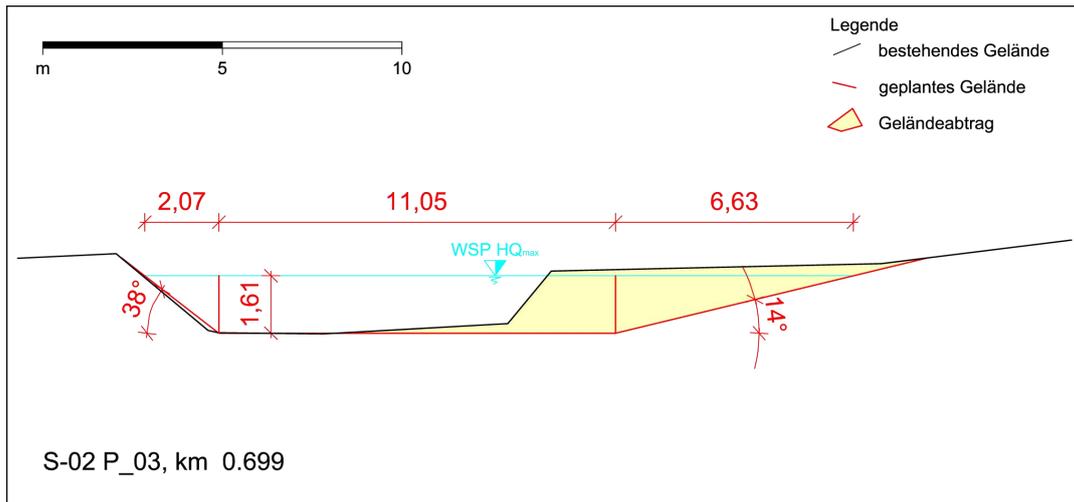


Figure 17.5: Calculation profile S-02 P_03, Ramsaubach km 0.699

edge of the dam or wall for all results. All input data is included in the appendix as the input data sheet (figure 14.33). The differing results between the methods of MERTENS and MERTENS - RAUCH are particularly noticeable. The reasons for such differences are explained in section 6.1.1, from page 18. Figure 17.6 page 125 illustrates the two derived curves for maximal discharge.

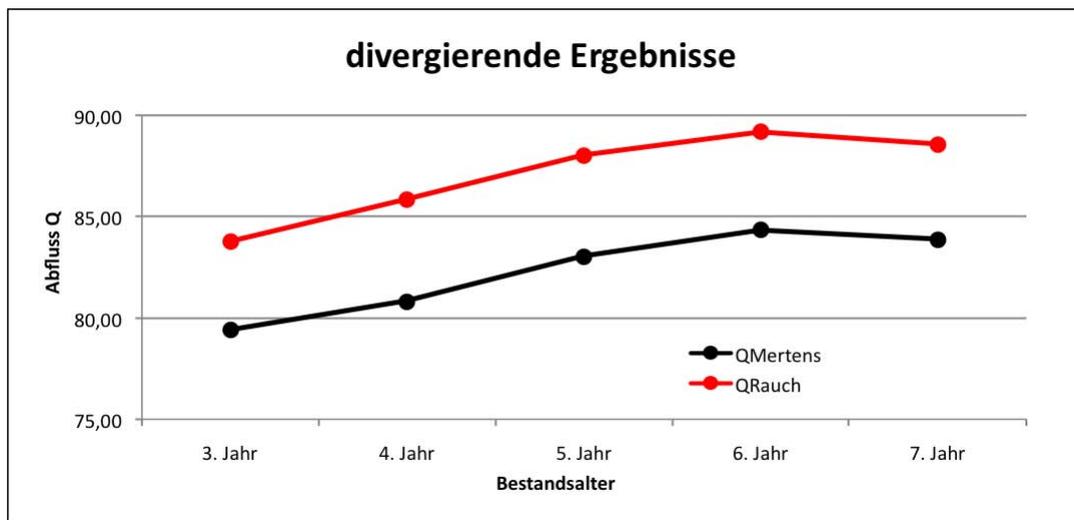


Figure 17.6: Maximal discharge in dependence of stand age and after two calculation methodologies. Data correspond to profile S-02 P_03 at km 0,699

	$Q_{Mertens}$ [m ³ /s]	$Q_{Mertens-Rauch}$ [m ³ /s]
3th year	79,42	83,78
4th year	80,82	85,86
5th year	83,04	88,03
6th year	84,34	89,18
7th year	83,86	88,54

Table 17.3: Discharge calculated after MERTENS and MERTENS - RAUCH in dependence of stand age for profile S-02 P_03 at km 0,699

17.3 Site 3

17.3.1 Location

The chosen site 3, which lies between kilometer 1,400 and 1,730, is bordered on the left bank by the provincial street, Landstraße 132. A metal manufacturing company has a building on the right bank and the production hall lies very close to the river in certain spots. This necessitates the use of multiple methods. Dams as well as protection walls are planned as the technical - conventional methods along these sections with industry. On the opposite outer bank a widening is planned (see plan ST-03). Due to the length of site 3, special considerations regarding the vegetation and bed roughness are to be taken on both the north and south ends of the site. Differences in the profiles are visualized in plan QP-01. In the northern end of site 3, an overflowing of the retention space will be performed after completion of the constructions such that the retention area becomes immediately functional. Therefore the planning of the alternative measures takes place at the southern end of site 3.

	Location km	existing incl.	planned incl.	left bank	right bank	comments
3	1,400-1,730	≈ 12 ‰	≈ 12 ‰	1:4,5	1:2,5	left bank partly outer bank



Figure 17.7: North end of site 3 at km 1.400 of the Ramsaubach. Left is downstream and right is upstream. Date: June 3rd, 2009

17.3.2 Vegetation

The woody vegetation listed in tables 17.6 and 17.5 can be reported after an inspection on June 3rd, 2009.



Figure 17.8: South end of site 3 at km 1.700 of the Ramsaubach. Left is downstream and right is upstream. Date: June 3rd, 2009

<i>Salix purpurea</i>	Purple Willow
<i>Sambucus nigra</i>	Elder
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Sycamore Maple
<i>Picea abies</i>	Norway Spruce
<i>Syringa vulgaris</i>	Common Lilac
<i>Fraxinus excelsior</i>	European Ash
<i>Reynoutria japonica</i> *	Japanese Knotweed

* no wood, but massively represented

Table 17.4: The observed woody vegetation at site 3, north end, taken on June 3rd, 2009

17.3.3 Formulation of Alternatives

Choice of the Possible Constructions

A possible alternative to the technical - conventional plans (re - greened dam and wall variations, refer to plan ST-03 and section 16.1, page 113) would be the use of a brush mattress. An increase of the free boards by means of walls or dams is not actually crucial in reaching the necessary flow cross - section. A re - planting of the banks to a sufficient reach would be adequate. A scheme of the chosen measurement can be seen in plan DP-03. The following section explains the hydraulics of the corresponding cross - section.

Hydraulics of Site 3

The hydraulic calculations of site 2 were carried out according to MERTENS and MERTENS - RAUCH. Input data were taken from measurements from RAUCH (2006), who documented the development over several years of a live brush mattress construction, which has become a willow canopy in the mean time. These measurements provided the means to construct a trend function of the increments of thickness and length. The stand density was determined with the same method. The results of this analysis can

<i>Clematis vitalba</i>	Old man's beard
<i>Sambucus nigra</i>	Elder
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Sycamore Maple
<i>Salix caprea</i>	Goat Willow
<i>Reynoutria japonica</i> *	Japanese Knotweed

* no wood, but massively represented

Table 17.5: The observed woody vegetation at site 3, south end, taken on June 3rd, 2009

be found in diagrams 14.30 to 14.32 in the appendix. The derived values allowed for the simulation of the development of the stand over four years.

The profile configurations used were the same as found in the technical - conventional measures (figure 17.9). The discharge capacity was determined after the procedure of MERTENS and MERTENS - RAUCH. In order to reach the maximal functioning capacity of the high water protection constructions, a cross - sectional discharge of $HQ_{100} = 74,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (see Table 14.1 in the Appendix) must be seen. The simulations showed that

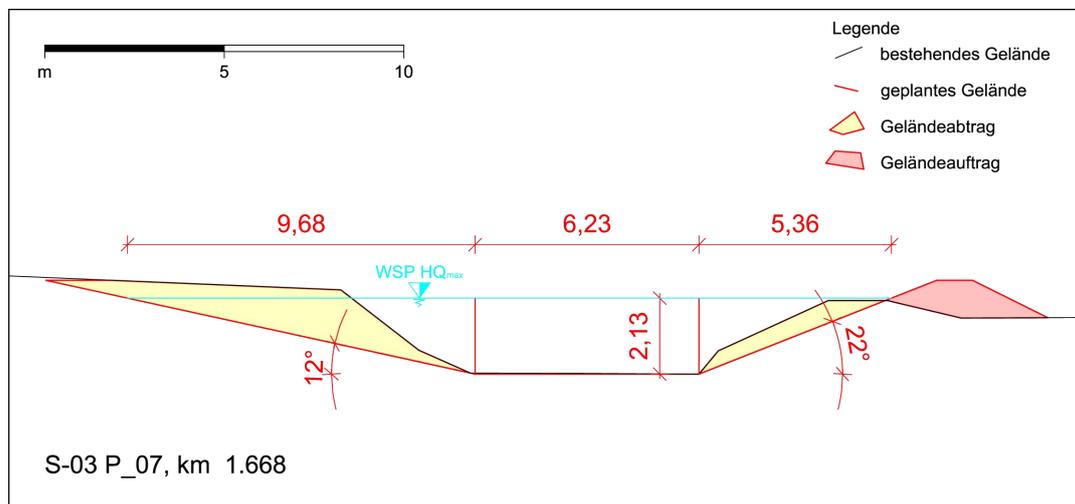


Figure 17.9: Calculation profile S-03 P_07, Ramsaubach km 1,668

in each plant stage, the lowest discharge used in either calculation method was reached. A maximal discharge of $96,02 \text{ m}^3/\text{s}$ in the sixth stand year was given by the calculations after MERTENS - RAUCH. The water level stayed more than 50 cm under the upper edge of the dam or wall for all results. All input data is included in the Appendix as the input data sheet (figure 14.34).

The differing results between the methods of MERTENS and MERTENS - RAUCH are particularly noticeable. The reasons for such differences are explained in section 6.1.1. Figure 17.10, page 130 illustrates the two derived curves for maximal discharge.

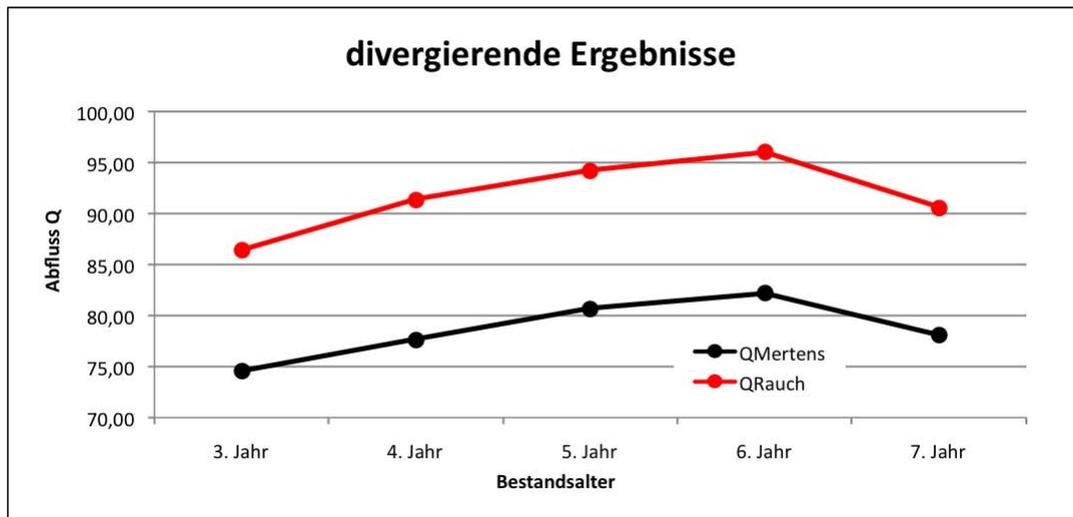


Figure 17.10: Maximal discharge in dependence of stand age and after two calculation methodologies. Data correspond to profile S-03 P_07 at km 1,669

	$Q_{Mertens}$ [m ³ /s]	$Q_{Mertens-Rauch}$ [m ³ /s]
3rd year	74,59	86,44
4th year	77,63	91,36
5th year	80,64	94,17
6th year	82,19	96,02
7th year	78,06	90,58

Table 17.6: Discharge calculated after MERTENS and MERTENS - RAUCH in dependence of stand age for profile S-03 P_07 at km 1,668

17.4 Site 4

17.4.1 Location

Site 4 includes a planned retention dam at flow kilometer 2,550, which is also visualized in plan ST-04. The dam will involve not only technical - conventional methods, but also biological consideration of the woody material on and surrounding the dam area. A re-greening with grass and weeds is planned. Regular mowing and removal of the cuttings will be necessary. The presence of all woody materials must be strictly avoided.

	Location km	existing incl.	planned incl.	left bank	right bank	comments
4	2,550	-	≈ 33 %	-	-	high bed shear stress

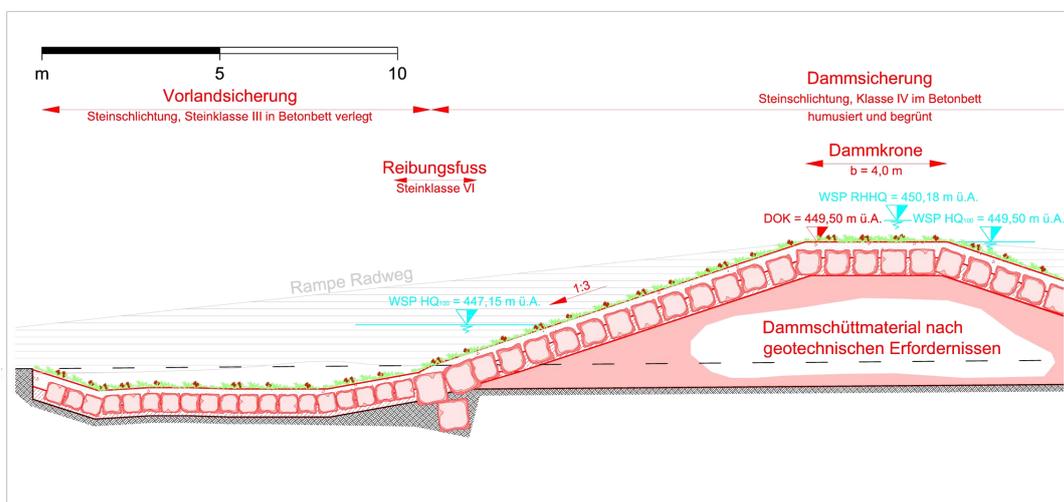


Figure 17.11: Cross - section of the retention dam at flow kilometer 2,550 used for the calculation of parameters (after IBL, 2009)

17.4.2 Formulation of alternatives

In order to provide suggestions for alternatives to the dam configuration, the maximal shear stresses in the event of overflowing of the dam must be determined. The formulae provided in chapter 6.2 will be applied. As a simplification, the inclination of the riverbed will be based on a dam slope of 1:3 or 33 % with a value for I_{S_0} of 0,33. The specific weight of water is taken as $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ (clear water discharge is assumed). The flow height is taken as the overflow height of 0,68 m, as seen in figure 14.18, page 93.

Given these values, the bed shear stress is approximately 2200 N/m^2 . This high value is explained by the extreme inclination of the bed. None of the existing biological engineering constructions listed in table 14.10, page 72 is suited to such forces and thus, no technical - biological alternative is suggested. For example, the maximal value

tolerated by any river structure (stone baskets in this case) is 1500 N/m^2 (RÖSSERT, 1976). This suggests that there are no possible alternatives other than the application of massive river blocks made of stone class IV embedded in a concrete base. However, it may be possible to increase the density of the substrate material on the existing dam and to make plantings out of shrubbery with high elasticity. In the case of overflowing, the speed would be influenced positively. The danger lies then in the increased chance for the uprooting and transport of the plants, which leads to more dead wood transport and jamming in lower bridged areas.

18 Discussion – Comparison of Alternatives

18.1 Hydraulics

As detailed in chapter 17, it was decided via the application of various calculation models that it is possible from a hydraulic point of view to establish technical - biological measures in three of the four chosen sites on the Ramsauriver. This can be done without diminishing the functionality of the other high water protection constructions. At site 1, the solution is a crib wall with support of guide wall due to the spatial constriction within this section of the river. Despite the narrowing, the steep banks afford a maximal cross - section. The constructions near the parking space make the crib wall accessible. According to ZEH (2004), crib walls are also suitable for constructions on roads for the support of banks and back filling.

The additional guide wall is not higher than 1 m at any point. It would be possible here to have a movable solution or else a permanent wood construction.

At site 2, due to the neighbouring developments on the left bank, a widening is only possible on the right side. The hydraulic calculations show that a necessary discharge is reached due to the higher roughness of the live brush mattress.

The same picture exists at site 3. However, here various measures are planned to make a widening on both sides and an increase in the height of the bank boards. The hydraulic functionality of the technical - biological measures is acceptable given that the live brush mattresses on both banks do not lead to a decrease in discharge.

Due to the different applied calculation methods, which served as the basis for the planning of the measures, the results also show some differences in the outcomes. As such, the technical - conventional measures are based on a calculation after WASPI. The cross - sections and bank boards will be changed in such a way that no future overflowing of the river will be possible. The technical - biological measures, on the other hand, are based on calculations after STRICKLER, MERTENS and MERTENS - RAUCH. Furthermore, the various input parameters may have led to the differences between results. In the technical - conventional planning, for example, the bed roughness of the Ramsauriver was calculated as $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, whereas in the technical - biological planning, a transect by number analysis produced an average bed roughness of $44 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (see table 5.1, page 15).

At site 4, no alternative technical - biological constructions can be suggested. There are no such possibilities discussed in the literature which could withstand the existing forces.

18.2 Construction and Maintenance

While the technical - conventional measures would be sufficient with simple widening methods followed by re - greening with grass and weeds, it is expected that technical - biological alternatives for many of the locations along the banks would be a live brush mattress. In some locations, the use of bank re - greening with stone - based bank foot securing will be sufficient. As such, assuming approximately 3 m wide banks, the prices for the two measure - types are as follows:

- technical - conventional variations:

	unit price	total price
Quarrystone approx. 2,0 m ³ = approx. 4 t per m	€ 20,00	€ 80,00
Assembling of quarrystones per t	€ 16,00	€ 64,00
Re - greening of the banks per m ²	€ 1,00	€ 1,00
	per m	€ 145,00*

*the used values partly found on personal experience

- Technical - biological variations:

From a price list of the WLV Südtirol for biological engineering constructions, the price of live brush mattresses with a height of 3-4 m is approximately 80 € per running meter. The listed prices are for work that is performed within the company and not secondarily contracted.

As the applied example shows, it is difficult to make a comparison between the technical - conventional and technical - biological constructions due to fundamental differences in the pricing itself. As the above listed prices for the technical - biological variations do not include work contracted out, one must consider that there may be additional costs.

In the described case, the costs of the technical - conventional methods compared to the biological methods are higher by some 65 € per running meter. The difference in the general costs would be of a similar scale. The twice yearly mowing would add an additional cost of approximately 0,60 € per square meter, hence, 6,00 € per square meter over five years. Five years is a reasonable time between maintenance interventions for technical - biological constructions. These interventions have an average cost of 4,50 € per square meter.

18.3 Supplementary comments

As described in the introduction, NACHTNEBEL (2008) requests the WRRL to be followed under the point of the improvement of the aquatic ecosystems. FLORINETH (2008) describes that biological engineering constructions are able to achieve this. For example, he refers to the positive functioning of such construction for watercourses for:

- Support of the diversity of water flora and fauna via nutritional additions (leaves, branches ...)
- Improvement of the micro climate via shading, changes in light exposure, calming of the air flows and decrease in water temperature

These are some of the various advantages of biologically based methods. Besides these functions, FLORINETH (2008) also notes the importance and meaning for the surroundings and for people and the immediate functionality of such constructions. Soil bioengineering techniques are based on the principle that constructions are made with, for example, dead wood and stones in order to guarantee a temporary functionality, and although this functioning decreases over time, the growing plants assume this role.

Constructions influence various river characteristics (e.g. slowed flow velocity) and these are often considered a positive change; however, there are also noteworthy negative effects, such as the increased sedimentation that comes with decreased flow velocity. Although soil bioengineering measures often have more advantages over technical - conventional ones, in this case, it is difficult to make a clear statement.

In the case of a high water event in the Ramsauriver, according to FLORINETH (2008), the outcome for the surroundings must be the reinforcement of the banks and dams, such that protection of the bordering areas is certain. This function may also be filled by the technical - conventional methods. Finally, it can be concluded that for high water protection in the Ramsauriver/Hainfeld, technical - biological measures are adequate alternatives based on the hydraulic effectiveness, economy, and functionality. The alternatives presented in this work can be recommended for protection against high water in the Ramsauriver.