



Universität für Bodenkultur

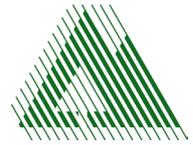
**Institut für Alpine Naturgefahren
und Forstliches Ingenieurwesen**

Peter Jordan Str. 82

Tel.: #43-1-47654-4350

A-1190 WIEN

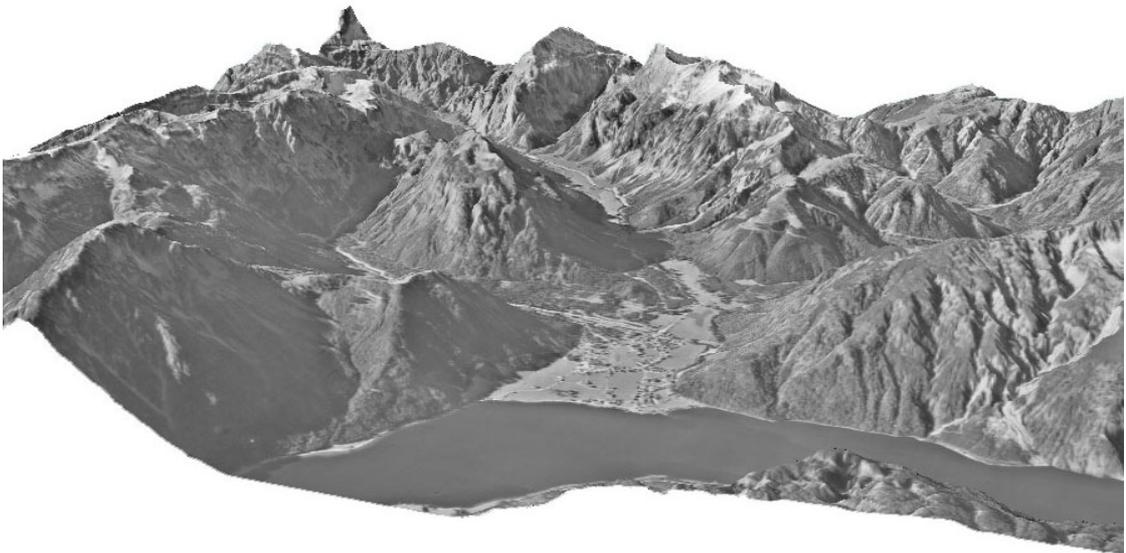
Fax: #43-1-47654-4390



WLS REPORT 76

Hochwasserschutz durch die Reaktivierung von Überflutungsräumen: Evaluierung des Systemverhaltens im Verbauungsprojekt „Pertisauer Wildbäche“

Band 1: Modellaufbau und Methodik



Im Auftrag:

**Forsttechnischer Dienst für Wildbach und Lawinenverbauung
GBL. Westliches Unterinntal**

Gesamtprojektleitung:

Leitung Teilprojekt „Bodenphysik“:

MitarbeiterInnen:

Hübl Johannes

Loiskandl Willibald

Feiersinger Regina

Gruber Harald

Holzinger Gerhard

Kraus Dagmar

Pichler Andreas

Strauss-Sieberth Alexandra

Zott Fritz

Wien, November 2002

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
1 EINLEITUNG, PROBLEMDEFINITION, ZIELSETZUNG	5
1.1 EINLEITUNG.....	5
1.2 PROBLEMSTELLUNG	6
1.3 ZIELSETZUNG	7
2 UNTERSUCHUNGSGEBIET	8
2.1 GEOGRAPHISCHE LAGE UND ABGRENZUNG DER TEILEINZUGSGEBIETE	8
2.2 GEOLOGIE.....	9
2.3 GEOMORPHOLOGIE.....	10
2.4 PEDOLOGIE	10
2.5 KLIMA	11
2.6 HYDROLOGIE.....	13
2.7 VEGETATION	14
2.8 LANDNUTZUNG UND BESITZVERHÄLTNISSE.....	15
2.9 NATURA 2000.....	16
2.10 VERBAUUNGSSITUATION.....	18
3 MODELLKONZEPTION „PERTISAUER WILDBÄCHE“	20
3.1 GRUNDLEGENDES.....	20
3.2 MODELLAUFBAU UND RÄUMLICHE ABGRENZUNG	20
3.2.1 <i>Allgemeines</i>	20
3.2.2 <i>Räumliche Abgrenzung</i>	21
3.2.3 <i>Indikatorenidentifikation</i>	22
3.2.4 <i>Zusammenstellung relevanter Parameter</i>	23
4 METHODEN UND TECHNIKEN	27
4.1 ALLGEMEINES.....	27
4.2 BEREICH GIS	27
4.2.1 <i>Zielvorstellung</i>	27
4.2.2 <i>Aufbau eines Lokalen Umweltinformationssystems (Louis)</i>	27
4.3 BEREICH BODENPHYSIK	28

4.3.1	<i>Zielvorstellung</i>	28
4.3.2	<i>Feldbodenkundliche Profilaufnahmen</i>	29
4.3.3	<i>Korngrößenanalyse</i>	29
4.3.4	<i>k_s-Wert</i>	30
4.3.5	<i>Infiltrationsversuche in situ</i>	31
4.3.6	<i>Erfassung des Bodenwasserstatus</i>	31
4.3.7	<i>Simulation der Versickerungsprozesse mit HYDRUS-2D</i>	34
4.4	BEREICH BAUTYPENOPTIMIERUNG.....	35
4.4.1	<i>Zielvorstellung</i>	35
4.4.2	<i>Modellaufbau</i>	35
4.5	BEREICH HYDRAULISCHE MODELLIERUNG DER ABFLUSSVORGÄNGE	35
4.5.1	<i>Zielvorstellung</i>	35
4.5.2	<i>Kurzbeschreibung FLO-2D</i>	36
4.6	BEREICH FLIEßGEWÄSSERMORPHOLOGIE UND GESCHIEBEHAUSHALT.....	36
4.6.1	<i>Zielvorstellung</i>	36
4.6.2	<i>Aufnahme der Fließgewässermorphologie</i>	38
4.6.3	<i>Erstellung von digitalen Geländemodellen</i>	38
4.6.4	<i>Korngrößenuntersuchungen der Deckschicht</i>	38
4.6.5	<i>Geschiebetransportmodelle</i>	41
4.7	BEREICH SYSTEMVERHALTEN UND FUNKTIONSFÄHIGKEIT	42
4.7.1	<i>Zielvorstellung</i>	42
4.7.2	<i>Messsystem zur Abflussquantifizierung</i>	42
4.7.3	<i>Szenarienbildung</i>	43
4.8	BEREICH FOLGEWIRKUNGEN.....	45
4.8.1	<i>Zielvorstellung</i>	45
4.8.2	<i>Quantifizierung der Folgewirkungen</i>	46
	LITERATURVERZEICHNIS	47
	TABELLENVERZEICHNIS	50
	GLEICHUNGSVERZEICHNIS	50

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 2.1:	LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES MIT DARSTELLUNG DER TEILEINZUGSGEBIETE DRISTENAU, FALZTHURN UND GERNTAL	8
ABBILDUNG 2.2:	DETAILS ZUR MORPHOLOGIE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES UND LOKALE BEZEICHNUNGEN MARKANTER GELÄNDEPUNKTE	9
ABBILDUNG 2.3:	LANDNUTZUNGSFORMEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET.	16
ABBILDUNG 2.4:	AUSDEHNUNG DES NATURA 2000 –GEBIETES	17
ABBILDUNG 3.1:	VISUALISIERUNG DES GESAMTSYSTEMS	21
ABBILDUNG 3.2:	DARSTELLUNG DER RELEVANTEN SYSTEMKOMPLEXE IM UNTERSUCHUNGSGEBIET	22
ABBILDUNG 4.1:	GENERELLES ABLAUFSHEMA ZUR SZENARIENBILDUNG UND BEURTEILUNG DER FUNKTIONSBEEINTRÄCHTIGUNG	45
ABBILDUNG 4.2:	GENERELLES ABLAUFSHEMA ZUR QUANTIFIZIERUNG DER FOLGEWIRKUNGEN	46

1 Einleitung, Problemdefinition, Zielsetzung

1.1 Einleitung

Seit 1959 für das Einzugsgebiet des Pletzachbaches dokumentierte Schadereignisse konzentrieren sich meist auf die Talbereiche und äußern sich in Überflutungen sowie Überschotterungen von Weideflächen. Der Versuch Uferübertritten durch diverse Vorkehrungen Einhalt zu gebieten, führte letztendlich dazu, dass die Situation für das Ortsgebiet kontinuierlich verschlechtert wurde.

Im August 1992 löste ein 3- bis 4- stündiges Starkniederschlagsereignis mit einer Niederschlagshöhe von rund 75 mm schwere Hochwasserschäden in Pertisau, Gde. Eben am Achensee aus. Ein weiteres Ereignis im Jahr 1995 war mit Schäden geringeren Ausmaßes verbunden.

Diese Vorfälle führten zu einem mehrmaligen Ansuchen der Gemeinde Eben an den FDT f. WLIV, GBL Westliches Unterinntal, um die Genehmigung zur Erstellung eines Verbauungsprojektes, welches im Mai 2000 von Seiten der Sektion bewilligt wurde.

Im Zuge des Verbauungsprojektes galt es ein integrales Konzept für das gesamte Einzugsgebiet zu entwickeln, welches zum Einen den Ortsbereich von Pertisau vor Hochwasserschäden schützt, zum Anderen Überflutungen, wenn überhaupt, so nur in gezieltem Ausmaß zulässt und somit eine Weidewirtschaft in den Talbereichen auch weiterhin ermöglicht.

Unter diesen Gesichtspunkten wurde von der GBL ein Verbauungsprojekt mit dem Grundgedanken ausgearbeitet, Überflutungsräume entlang der Fließgewässer zu reaktivieren, um dadurch die Dämpfung und Verzögerung der Hochwasserspitze zu erreichen. Dies hätte zur Folge, dass die Hochwasserspitze für jedes der drei Teileinzugsgebiete (Dristenau, Gerntal, Falzthurn) auf $6 \text{ m}^3/\text{s}$ gesenkt werden kann und somit der Kapazität des Ortsgerinnes in Pertisau von $18 \text{ m}^3/\text{s}$ (Reinwasserabfluss) entspricht. Zudem wird durch gezielte Rückleitung aus den Überflutungsflächen die beanspruchte Fläche auf das benötigte Maß beschränkt. Erosionserscheinungen und Überschotterungen an anderen Stellen sollen damit unterbunden werden.

Hiermit wird ein naturnaher Ansatz verfolgt, dass unter anderem auch dadurch notwendig wurde, da das Arbeitsfeld in einem Bereich liegt, welcher von der Landesregierung Tirol als Natura 2000 – Gebiet deklariert wurde.

1.2 Problemstellung

Das geplante Projekt sieht eine Verbauungseinheit für die Talbereiche der Teileinzugsgebiete Dristenau, Gerntal, Falzthurn vor, das im wesentlichen durch (i) natürliche, (ii) konstruktive und (iii) infrastrukturelle Elemente geprägt wird. Zu den natürlichen Elementen zählen die reaktivierten Überflutungsräume, die konstruktiven Elemente werden durch Aus- und Einleitungsbauwerke, Begrenzungsdämmen und Wildholzrechen charakterisiert; die Zufahrtswege zu den Ausleitungsbauwerken, die eine periodische Schotterentnahme aus den Rückstaubereichen ermöglichen, bilden die infrastrukturellen Elemente.

Der gewählte Verbauungsansatz greift, wenn auch vordergründig als „naturnah“ verstanden, in ein komplexes und dynamisches System ein, das geprägt wird durch die Prozesse der Selbstorganisation und Energiedissipation. Gewässer sind Transportsysteme - gleichzeitig aber auch Lebensraum - und stehen in Wechselbeziehung zum Umland sowohl in hydrologischer, klimatischer, chemischer als auch biologischer Weise. Systemare Untersuchungen zur Abschätzung der Folgewirkungen anthropogener Eingriffe in Fließgewässer sind selten und zudem auch nicht aussagekräftig in der Übertragbarkeit ihrer Ergebnisse – da die betroffenen Fließgewässer als auch die vorgenommenen Eingriffe nur selten miteinander vergleichbar sind.

Um Aussagen zum Systemverhalten bezüglich der Funktionsfähigkeit der gewählten Maßnahmen (Effektivität) aber auch zur Abschätzung von Folgewirkungen (ökosystemare Auswirkungen) hinsichtlich (i) der Dynamik im Abfluss und Geschiebehaushalt, (ii) der Nutzungsformen der beanspruchten Flächen, (iii) sowie einem möglichen Verlust der Attraktivität der Landschaft treffen zu können, sind begleitende Untersuchungen und Analysen notwendig.

1.3 Zielsetzung

Das Ziel dieser Untersuchung liegt in der Evaluierung des Systemverhaltens, im Aufzeigen von möglichen Folgewirkungen sowie in der Abschätzung der Übertragbarkeit der evaluierten Parameter auf Projekte mit ähnlicher Zielsetzung.

Das gewählte Verbauungsprojekt wird in seine Komponenten untergliedert – um Aussagen über ihre Funktionalität zu liefern, und um diese gegebenenfalls zu optimieren. Dies beinhaltet gleichzeitig eine Ableitung von Parametern, die eine Beschreibung des Systems – unabhängig vom Eintreten einer Beaufschlagung – ermöglichen.

Das Auftreten von eventuellen Folgewirkungen sollen analysiert und dargestellt werden; die Ergebnisse daraus sollen als Empfehlungen zur Gewässerbetreuung über den Projektzeitrahmen hinaus bzw. für Maßnahmensetzungen in anderen alpinen Einzugsgebieten herangezogen werden.

2 Untersuchungsgebiet

2.1 Geographische Lage und Abgrenzung der Teileinzugsgebiete

Das Untersuchungsgebiet befindet sich nordöstlich von Innsbruck innerhalb der Nordtiroler Kalkalpen im östlichen Bereich des Karwendelgebirges. Es setzt sich aus den drei Teileinzugsgebieten des Pletzachbaches (Dristenau 9,97 km², Falzthurn 24,20 km², Gerntal 18,32 km²) zusammen, welche eine Gesamtfläche von 52,49 km² umfassen (siehe Abbildung 2.1).

Der Pletzachbach entspringt im Gerntal und wird relativ knapp vor dem Ortsbeginn von Pertisau durch den Falzthurnbach (hm 19,63) und den Dristenauerbach (hm 11,58) gespeist.

Pertisau gehört dem Bezirk Schwaz in Tirol an und befindet sich am Westufer des Achensees. Innerhalb der Ortschaft mündet der Vorfluter auf einer Seehöhe von 930 mNN in den Achensee.

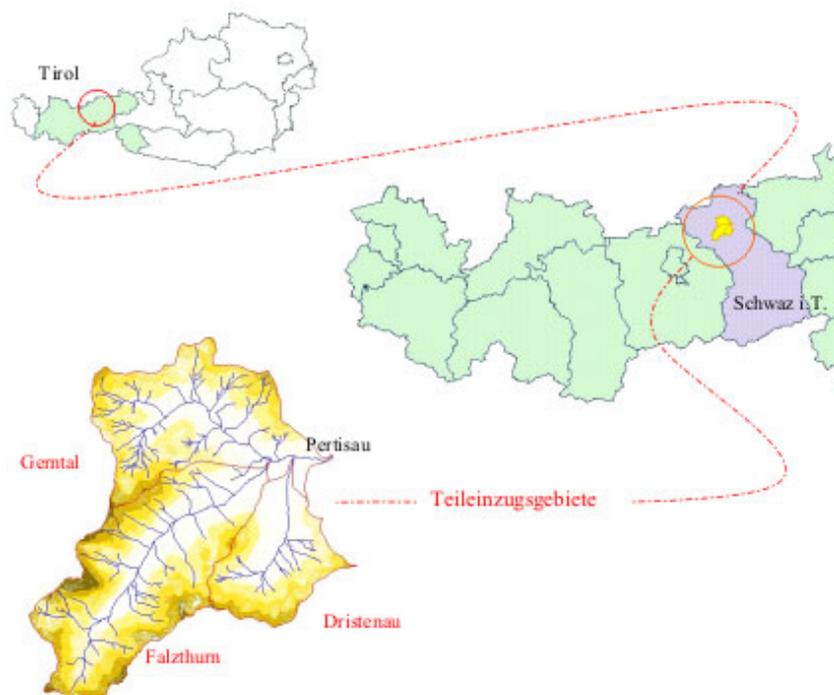


Abbildung 2.1: Lage des Untersuchungsgebietes mit Darstellung der Teileinzugsgebiete Dristenau, Falzthurn und Gerntal

Figure 2.1: Location of the investigation area with the subcatchments Dristenau, Falzthurn und Gerntal

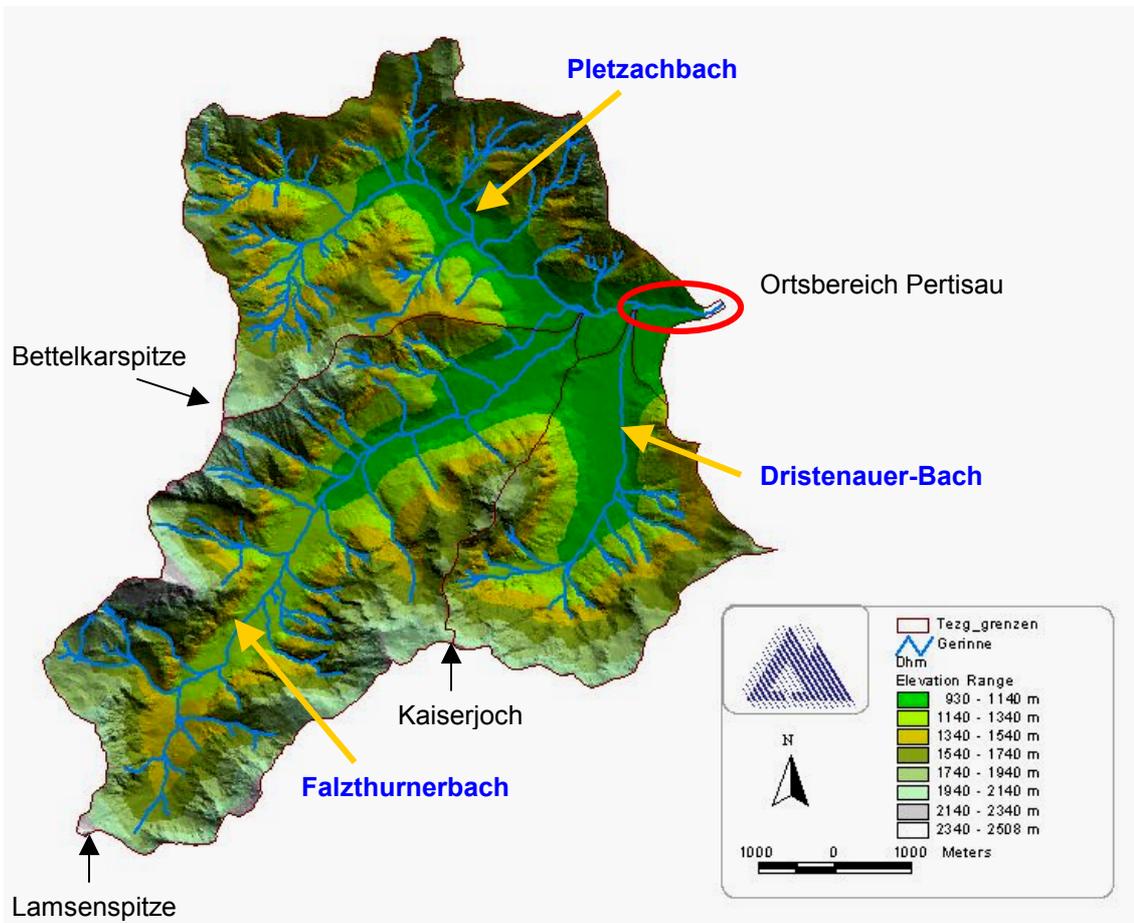


Abbildung 2.2: Details zur Morphologie des Untersuchungsgebietes und lokale Bezeichnungen markanter Geländepunkte

Figure 2.2: Details about physiography of the investigation area and terrain characteristics

2.2 Geologie

Die Geologie des Untersuchungsgebietes ist den nördlichen Kalkalpen zuzuordnen (Oberostalpin). Der geologische Aufbau basiert auf Gesteinen der Karwendelschuppenzone und oberpermischen Schichtengliedern (Haselgebirge). Die Entstehung der Schuppenzone kann auf mehrere Verschiebungen innerhalb der Lechtaldecke zurückgeführt werden.

Im Gipfelbereich der Lamsenspitze (Falzthurn) treten auch Formationen der Inntaldecke auf (Kalk- und Dolomitgesteine).

Tektonische Verschiebungen treten überwiegend in Zonen mit weicherem, leichter verformbarem Gesteinsmaterial auf. Als solches treten Mergel, Tone, Rauhwacken, Gipse, Beckensedimente (Reichenhall-, Partnach- und Raibl Formation sowie Haselgebirge) in Erscheinung.

Als Entstehungsursache für die Lockermaterialakkumulation können die (i) tektonische Zerrüttung, (ii) Verlandungsprozesse (iii) und die ständige Verlagerung der Moränenreste (vor allem aus den Einhängen) angegeben werden. Dies hat zur Folge, dass durch die unterschiedlichen Entstehungsmechanismen von keinem einheitlichen Schichtaufbau ausgegangen werden kann.

2.3 Geomorphologie

Ausgehend von der Inntalstörung zweigen Teilstörungen nach Norden in das Untersuchungsgebiet ab und prägen die Geländemorphologie; sie tragen zu Felsstürzen und Felsgleiten bei, wodurch zerrüttetes Gesteinsmaterial entsteht und die Bildung von Gräben vorangetrieben wird. Zu den betroffenen Bereichen gehören:

Gerntal: Brandklamm, Rehtal, Plechertgraben

Falzthurn: Bärenziech Graben, Aschenlahner, Bärenental, Schafrinne, Leirer Graben, Brunntal

Dristenau: Waldblaikgraben, Hörndl Graben

2.4 Pedologie

Der Bodenaufbau in den Talbereichen wird überwiegend durch Schütt- und Schwemmböden geprägt, welche durch die Erosions- und Transportdynamik der Fließgewässer entstehen. In Abhängigkeit von den jeweiligen Schleppkraftverhältnissen kommt es hierbei zu mehrschichtigen Ablagerungen mit jeweils unterschiedlicher Korngröße. Es wechseln Schichten mit groben, durchlässigem Material und Schichten mit hohem Anteil an Feinmaterial (Streifenlehme). Feinsedimente können stauend wirken und haben wesentlichen Einfluss auf das Sicker- und Abflussverhalten.

Untersuchungsgebiet

Die Böden des Einzugsgebietes leiten sich hauptsächlich aus den verwitternden Kalk- und Dolomitgesteinen ab, wobei im Bereich der Einhänge Rendsinen, Braunlehm - Rendsinen und Kalkbraunlehme dominieren. Auf Geschiebelehmen (Moränen etc.) treten auch Pseudogleye und Braunerden auf.

Die Bodenbildung durchläuft mehrere Stadien. Durch Pflanzenbewuchs und Klima beeinflusst entstehen mit der Zeit aus dem zerfallenden Kalk schluffig - tonige Bodenpartikel. Der Boden wird in der Folge tiefgründiger und humusreicher; es können sich auf den unter Versauerungstendenzen leidenden Böden Waldgesellschaften entwickeln. Die sich bildende Durchwurzelung führt zu ausgeglichenem Sickerverhalten und verhindert Erosionserscheinungen. Durch intensive Beweidung kann die natürliche Bodenentwicklung allerdings maßgeblich beeinflusst werden und Auswirkungen auf den Wasserhaushalt des Bodens hervorrufen. Mit zunehmender Steilheit des Geländes können Erosionserscheinung an Bedeutung gewinnen. Ein durch Beweidung induziertes Fehlen des Oberboden kann dazu führen, dass ein Großteil des Niederschlags unmittelbar abflusswirksam wird. Zudem können derart veränderte Böden leichter abgetragen und verlagert werden.

2.5 Klima

Die Lage des Untersuchungsgebietes an den Randalpen bedingt kühlhumides Klima, welches durch NW-Staulagen geprägt wird. Die Zugehörigkeit zum atlantisch-ozeanischen Klimabereich führt zu relativ milden Wintern und mäßig warmen bis kühlen und feuchten Sommern. Je nach örtlicher Staulage variieren die Niederschlagsmengen erheblich (zwischen 1300 und 2500 mm). In der Messstation Pertisau auf 935 m Seehöhe beträgt die mittlere jährliche Niederschlagssumme (Normalzahl) 1.526 mm.

Etwa 57 % des Jahresniederschlags fallen in der Vegetationsperiode von Mai bis September, wobei die Maxima im Juli und August zu erwarten sind. Gelegentlich auftretende Gewitter können enorme Niederschlagsmengen innerhalb kurzer Zeit bringen. Der maximale bisher beobachtete Einzelniederschlag für die Station Pertisau beträgt 74,6 mm innerhalb von 3 bis 4 Stunden am 01.08.1992 (FTD f. WL, GBL. WESTL. UNTERINNTAL 2001).

Von Dezember bis Mitte April (durchschnittlich 134 Tage/Jahr) ist mit einer Schneebedeckung zu rechnen; es können akkumulierte Neuschneehöhen zwischen 6 und 9 m erreicht werden. Je nach Windverhältnissen und Exposition können die örtlichen Schneehöhen jedoch stark variieren.

Die Jahresmitteltemperaturen liegen in den Tallagen (900 – 1000 m) bei 5,5 °C. Auf Höhe der Messstation Pertisau (935 mNN) wird das Jännermittel bei – 3,6 °C angegeben, im Juli beträgt die durchschnittliche Temperatur 12,1 °C.

Die Wahl des Bemessungsniederschlags erfolgte durch den Auftraggeber. Das Ergebnis der Extremwertanalyse (Gumbel-Verteilung) für die Station Pertisau (Messreihe von 1951 – 1990) ergab dabei für ein Wiederkehrintervall von 150 Jahren, bei der Annahme eines einstündlichen Niederschlags eine Niederschlagsmenge von ~ 54 mm und einen Tagesniederschlag von 152 mm. Als relevantes Bemessungsereignis wurde schließlich ein Niederschlag von einer Dauer mit 4 Stunden bei einem Wiederkehrintervall von 150 Jahren festgesetzt (FTD f. WL.V, GBL. WESTL. UNTERINNTAL 2001). Die Zugrundelegung einer Wiederkehrdauer von 150 Jahren wird vom Auftraggeber dahingehend argumentiert, dass damit der Schutzfunktion des Verbauungssystems der im GZP ausgewiesenen Gefährdung entsprochen wird (SKOLAUT 2002).

Festzuhalten ist an dieser Stelle die Frage, warum in die Messreihe für die Gumbel-Verteilung die Daten von 1990 bis 2000 nicht eingegangen sind (selbst im Technischen Bericht wird der max. Tagesniederschlag von 1992 erwähnt) bzw. warum die Gumbel-Analyse nur für die Station Pertisau durchgeführt wurde? Die aktuelle Diskussion um die Auswirkungen einer Klimaänderung auf die Niederschlagsverhältnisse lässt auf eine Zunahme der Starkniederschlagsereignisse bzw. eine Zunahme der Niederschlagsintensitäten schließen. Aus diesem Grund sollten die Annahmen zum getroffenen Bemessungsniederschlag nochmals zur Diskussion gestellt werden bzw. mit den aktuellen Angaben vom Hydrografischen Dienst (HD) für Tirol verglichen werden.

2.6 Hydrologie

Das Untersuchungsgebiet stellt aufgrund seiner geomorphologisch-ökophysiologicalen Ausprägung ein alpines Flussgebiet dar, wobei die drei Hauptbäche aufgrund der teilweise stark durchlässigen Alluvionen nur periodische Wasserführung aufweisen – diese können als sogenannte Wasserverlustbäche angesehen werden (FTD f. WLIV, GBL. WESTL. UNTERINNTAL 2001). Vom Auftraggeber wurden die relevanten hydrologischen Parameter (Abflussspitze, Abflussfracht, Ganglinienverlauf, etc.) – auf Basis einer NA-Modellierung mit dem IHW-Programmpaket der Univ. Karlsruhe (IHRINGER et al. 1988) – der vorliegenden Untersuchung zugrunde gelegt. Die Modellierung teilte sich in zwei Abschnitte – (i) ohne Maßnahmensetzung und (ii) mit Maßnahmensetzung – wobei die Modellvalidierung aufgrund der Rekonstruktion des Ereignisses von 1992 (PLONER & SÖNSER 1997; zit. in: FTD f. WLIV, GBL. WESTL. UNTERINNTAL 2001) erfolgte. Das NA-Modell wurde hingehend seiner Eingangsparameter und Anfangsbedingungen überprüft, wobei hier festgehalten wird, dass die Wahl mancher Parameter (z.B. UMAX, Verhältnis von L zu L_c) ungewöhnlich erscheint bzw. das validierte Modell nicht mit dem Modell zum Bemessungsereignis übereinstimmt (infolge der Verwendung eines anderen Gebietsfaktors [P1]). Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der NA-Modellierung für ausgesuchte Knotenpunkte des Flussgebietsmodelles ist Tabelle 2.1 zu entnehmen. Darin wird deutlich, welche Mengen auf die Überflutungsflächen ausgeleitet werden müssen, um von einer vollen Funktionsfähigkeit des Verbauungsgrundgedankens sprechen zu können (Die auszuleitenden Wasserfrachten ergeben sich aus der Differenz der Abflussfrachten zwischen dem Bemessungsereignis und dem evaluierten Bemessungsereignis).

Eine Abschätzung der Notwendigkeit und Realisierung einer eingehenden Überprüfung des bestehenden NA-Modelles obliegt aufgrund der Vorleistungsbestimmungen dem Auftraggeber, wird aber aus Gründen der Operationalität dringend empfohlen.

Untersuchungsgebiet

No.	Knotenpunkt	Ereignis 1992 ^{*)}		Bemessungsereignis		evaluiertes Bem.-Ereignis	
		Q _{max}	QF	Q _{max}	QF	Q _{max}	QF
		[m ³ /s]	[10 ³ m ³]	[m ³ /s]	[10 ³ m ³]	[m ³ /s]	[10 ³ m ³]
43	Gerinne Tristenau	20,0	199,1	22,8	303,0	5,0	82,0
44	Mdg Pletzach	14,6	201,0	14,6	269,3	5,0	84,6
46	Pletzach 4	32,7	674,2	34,2	808,7	18,3	334,4
47	Gerinne Pertisau	32,8	534,3	34,4	826,3	19,6	351,4
48	Mdg Achensee	18,7*	537,7	18,7*	632,1	17,1	355,9

Tabelle 2.1: Vergleich der Abflussspitzen und -frachten des Ereignisses 1992, des Bemessungsereignisses und des Bemessungsereignisses nach Wirksamwerden der Maßnahmen an den raumrelevanten Knotenpunkten. Q_{max}: Abflussspitze, QF: Abflussfracht; [*]: limitiert durch die Aufnahmefähigkeit des Gerinnes, die Differenz zu Knotenpunkt 47 führt zu Überflutungen. Quelle: FTD f. WLIV, GBL. WESTL. UNTERINNTAL (2001: 19)

Table 2.1: Comparison regarding loads and peaks of runoff of the event of 1992 and also off recurrent design of event before and after measures become efficient.

2.7 Vegetation

Das Untersuchungsgebiet ist nach der Einteilung der FBVA dem Wuchsgebiet 4.1, Areal 3 zuzuordnen. Dieses umfasst den Westteil der nördlichen Kalkalpen.

Für das Gebiet typische Waldgesellschaften sind mittel- bis hochmontane Fi-Ta-Bu-Wälder auf nährstoffreichen Böden sowie subalpine Fi-Ta-Wälder oder reine Fi-Wälder. Kleinflächig kommen auf ärmeren Standorten auch Lärchen- oder Kiefern-mischwälder vor. An der Waldgrenze treten Latschengebüsche (Krummholzbestände) auf; oberhalb der Baumgrenze wird die Vegetationsdecke von alpinen Rasen gebildet. In diesen Höhenlagen finden sich auch extensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen. Bereiche wie Felspartien und Schutthalden sind gar nicht oder nur mit magerer Felsvegetation bewachsen.

Die Alluvionsbereiche sind mit Bergahorn, wenig aktive Schuttfächen mit trockenresistenten Weiden und Latschen bestockt. Sie weisen das typische Vegetationsbild weidewirtschaftlicher Nutzung auf.

In den Talbereichen finden sich ausgedehnte Flächen mit Kamm- und Borstgrasrasen. Andere Biotope wie Groß- und Kleinseggenrieder, Hochstaudenfluren, artenreiche Nasswiesen oder Kalkquellfluren treten eher kleinflächig auf. Nähere Details sind der eingehenden Beschreibung der drei Täler ab Kapitel 5 zu entnehmen.

2.8 Landnutzung und Besitzverhältnisse

Das Gebiet wird Sommer und Winter durch den Fremdenverkehr in Form touristischer Einrichtungen (Langlaufloipen, Wanderwege, Zufahrtstraßen, Hüttenbetrieb etc.) und land- und forstwirtschaftlicher Bewirtschaftung genutzt.

Eine strikte Trennung zwischen land- und forstwirtschaftlicher Nutzung ist kaum möglich, da ein Großteil der Wälder weidewirtschaftlich genutzt wird. Als Nutzer treten Agrargemeinschaften, Besitzer von Privatalmen, die ÖBF, die Coburg'sche Familienstiftung sowie der Ritter v. Peer'sche Stiftungsfond in Erscheinung.

Je nach Höhenlage wird das Gebiet als Alm, Waldweide oder Mähwiese bewirtschaftet.

Der Anteil an bewaldeten Flächen beträgt ~ 53 %. Mit etwa 31 % haben die Fels- und mit Felsvegetation bedeckte Flächen einen verhältnismäßig hohen Anteil an der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes. Wiesen, Almen, etc. erstrecken sich auf etwas 6 % des Untersuchungsgebiets und versiegelte Flächen (Siedlung, Infrastruktur) haben einen Anteil von ca. 1 %. Über die verbleibenden Flächen können keine näheren Angaben gemacht werden. (Vgl. Abbildung 2.3).

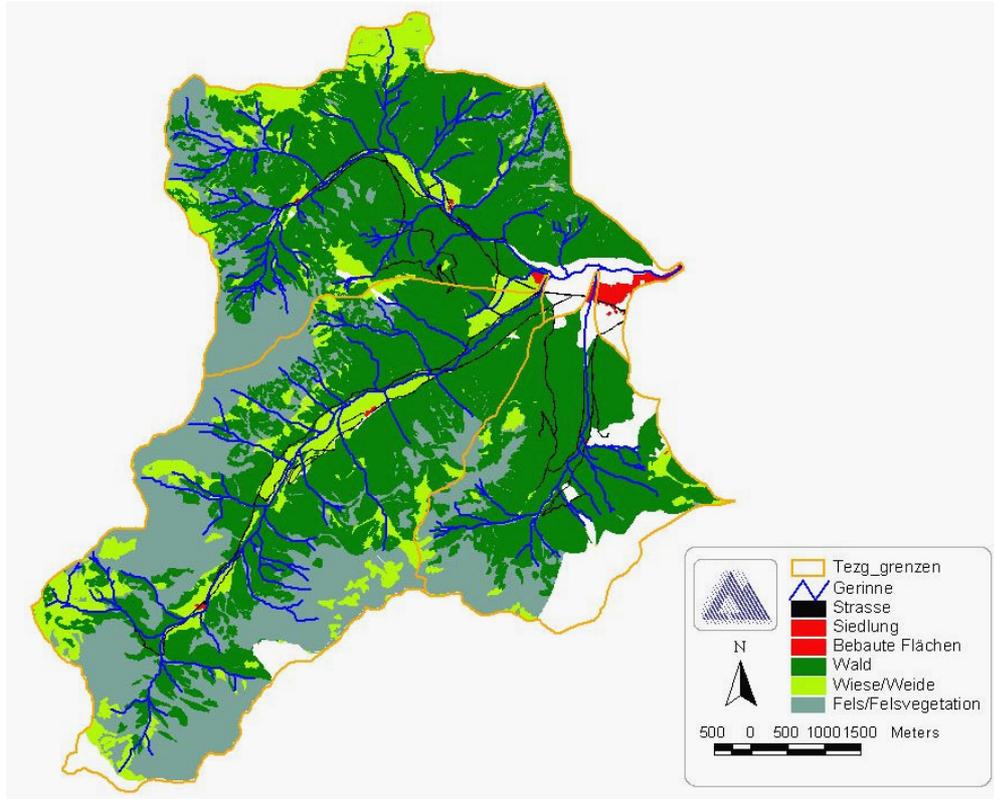


Abbildung 2.3: Landnutzungsformen im Untersuchungsgebiet. Quelle: Auszüge aus der Bodenkartierung der Landesregierung Tirol (tiris). Für die ausgesparten Bereiche (weiß) liegen keine Informationen vor.

Figure 2.3: Kinds of landuse in the investigation area.

2.9 NATURA 2000

Unter der Bezeichnung "Natura 2000" werden Schutzgebiete zusammengefasst, die in ihrer Gesamtheit die biologische Vielfalt Europas erhalten sollen. In Österreich wurden 161 Schutzgebiete ausgewiesen, wovon 9 Gebiete mit einer Gesamtfläche von rund 1.825 km² in Tirol gelegen sind. Das Untersuchungsgebiet fällt in eines dieser 9 Gebiete, welches Teile des Karwendels westlich des Achensees umfasst (siehe [Abbildung 2.4](#)).

Die rechtliche Grundlage für Natura 2000 bilden die Richtlinien über die Erhaltung der natürlichen Lebensräume und der wildlebenden Tiere und Pflanzen sowie über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten.

Für das Untersuchungsgebiet sind die Bestimmungen beider Richtlinien relevant.

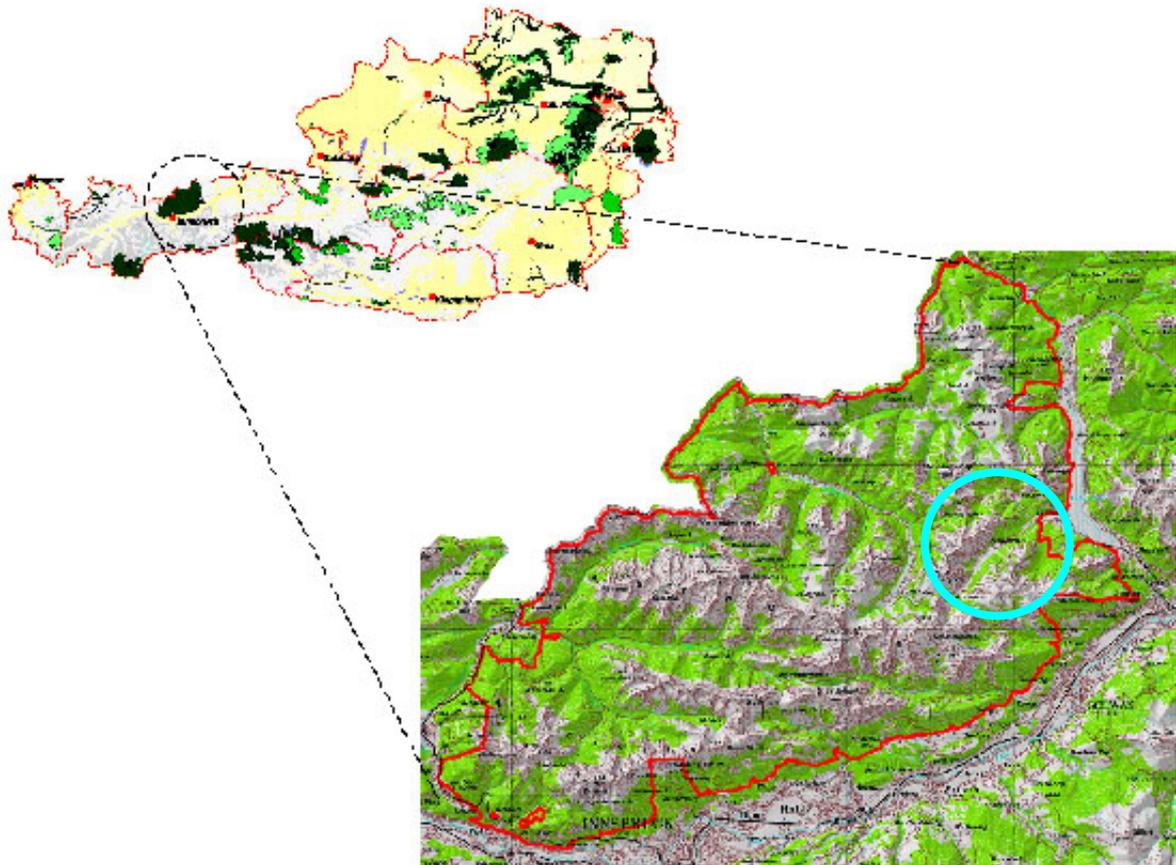


Abbildung 2.4: Ausdehnung des Natura 2000 –Gebietes mit Relevanzflächen für das Untersuchungsgebiet (hellblauer Kreis)

Figure 2.4: Enlargement of the Natura 2000 – area concerning the relevance on research area

In Österreich sind die Länder für die Umsetzung dieser EU-Richtlinien zuständig. Bedeutung können die Bestimmungen im Rahmen dieser Untersuchung insofern erlangen, als die Umsetzung mit einem Verschlechterungsverbot innerhalb der Schutzgebiete einhergeht. Aufgrund des Verschlechterungsverbots dürfen die Natura 2000-Gebiete in den für ihre Erhaltungsziele maßgeblichen Bestandteilen nicht erheblich oder nachhaltig beeinträchtigt werden. Änderungen von bestehenden Nutzungen oder neue Nutzungen sind nicht von vorne herein ausgeschlossen. Eine bisherige ordnungsgemäße forstwirtschaftliche Nutzung bleibt weiterhin möglich. Es muss aber vorbeugend alles vermieden werden, was im gemeldeten Gebiet zur Verschlechterung der Lebensräume oder Störung der Arten führen könnte, für die das Gebiet ausgewiesen ist. Ist eine Verschlechterung eingetreten, ist der Verursacher zu identifizieren und Maßnahmen zu ergreifen.

Bei Projekten, deren Verwirklichung möglicherweise Beeinträchtigungen mit sich bringen, ist eine *Verträglichkeitsprüfung* durchzuführen. Allfällige erhebliche Beeinträchtigungen sind behördlich festzustellen und eine Bewilligung von Seiten der zuständigen Behörde ist nur dann zu erteilen, wenn solche Beeinträchtigungen nicht vorliegen oder wenn *zwingende öffentliche Interessen* (z.B. Gesundheit des Menschen oder öffentliche Sicherheit) den Eingriff rechtfertigen. Maßstab für den Erhaltungszustand sind jene Lebensraumtypen und Arten, die für die Ausweisung als Natura 2000-Gebiet entscheidend waren. Bei Genehmigung trotz erheblicher Beeinträchtigungen sind Ausgleichsmaßnahmen vorzuschreiben, von denen die Europäische Kommission zu unterrichten ist.

Angesichts des Verschlechterungsverbotes gewinnt die Prognose diverser durch die Projektverwirklichung möglicherweise hervorgerufener Folgewirkungen erheblich an Bedeutung. Ob durch Realisierung des Vorhabens Beeinträchtigungen entstehen bleibt zu überprüfen. Da Eingriffe in das Abflussverhalten vorgenommen werden, kann eine Beeinflussung des natürlichen Wasserregimes nicht von vornherein ausgeschlossen werden. Als Folge könnten Auswirkungen auf das derzeitige Zusammenspiel von Fauna und Flora induziert werden.

2.10 Verbauungssituation

Die ersten Verbauungsmaßnahmen wurden bereits in den 20-er Jahren des 20. Jahrhunderts vom Forsttechnischen Dienst vorgenommen. Verwirklicht wurden in erster Linie Maßnahmen zum Geschieberückhalt (Geschiebestauanlagen) und Maßnahmen, die Sicherung und Kanalisierung der unmittelbaren Bacheinhänge bewerkstelligen sollten (Künetten, Grobsteinschlichtungen etc.). Sämtliche Anlagen unterlagen aber fortwährend diversen Sanierungsmaßnahmen und konnten Schäden an Liegenschaften und bestehenden Verbauungen nicht ausreichend Einhalt gebieten .

Da eine Sicherung des Ortsbereiches mit Maßnahmen dieser Art offensichtlich nicht zufriedenstellend gewährleistet werden konnte, wurde ein neues Verbauungskonzept entwickelt, welches nunmehr eine längerfristige

Untersuchungsgebiet

Schutzwirksamkeit vor Überschwemmungen und neuerlichen Erosionstendenzen erreichen soll.

Die untenstehende Auflistung gibt die bisherigen Verbauungsmaßnahmen getrennt nach den einzelnen Tälern an (FTD f. WLIV, GBL. WESTL. UNTERINNTAL 2001).

PLETZACHBACH:

- 1930 - 1935 wurde bei hm 6.20 ein Geschiebeablagerungsplatz inkl. 2 Sperren geschaffen.
- 1940 wurde zusätzlich bei hm 32.74 eine Betonsperre errichtet.
- zw. hm 3.55 – 6.90 und hm 10.15 – 33.42 bestehen seit 1975 Grobsteinschichtungen, die zur Ufersicherung dienen.

FALZTHURNERBACH:

- 1958/1959 wurde bei hm 50.53 – 52.36 an einem Geschiebeablagerungsplatz + Sperre gearbeitet; der Geschieberückhalt führte zu Erosionen unterhalb der Sperre, woraufhin nachträglich Grundswellen zur Sperrrensicherung errichtet wurden.
- zw. hm 15.60 – 25.27 und hm 29.00 – 40.85 dienen doppelwandige Steinkästen als Uferschutz.

DRISTENAUERBACH:

- ab dem Jahr 1928 wurde etappenweise mit der Errichtung einer Künette (hm 0.00 bis hm 4.77) begonnen, im Anschluss daran entstanden flussaufwärts Grobsteinschichtungen.
- zusätzlich wurde ab 1931 zw. hm 34.90 und hm 38.00 mit dem Bau einer Geschieberückhalteanlage, bestehend aus einer Sperre und einer Gegensperre, begonnen.

Zudem wurden in allen drei Tälern Bachräumungen durchgeführt.

3 Modellkonzeption „Pertisauer Wildbäche“

3.1 Grundlegendes

Untersuchungsgegenstand ist das Verhalten eines definierten Gesamtsystems im Hinblick auf seine Funktionstüchtigkeit als Hochwasserschutzkonzept und auch hinsichtlich eventuell resultierende Folgewirkungen. Dieses Gesamtsystem, das von Dynamik und hohem Komplexitätsgrad gekennzeichnet wird, setzt sich aus einer Vielzahl von Komponenten (biotische Faktoren, abiotische Faktoren, ökonomische Faktoren, soziale Faktoren, etc.) zusammen, die durch unterschiedliche Relationen miteinander in Verbindung stehen.

Gegenständliche Aufgabe muss es deshalb sein, unabhängig von den Äußerlichkeiten dieses Systems, die verhaltensrelevanten Elemente und die Verknüpfungsstruktur zu identifizieren um die

- (i) Ermittlung des Systemverhaltens unter gegebenen Bedingungen, die
- (ii) Ermittlung der Bedingungen (z.B. Parametereinstellungen), die zu bestimmten (z.B. „optimalem“) Systemverhalten führen und die
- (iii) Ermittlung notwendiger Strukturveränderungen, um unerwünschtes Verhalten auszuschließen

bearbeiten und evaluieren zu können. Dies wird mit dem nachfolgenden Ansatz unternommen.

3.2 Modellaufbau und räumliche Abgrenzung

3.2.1 Allgemeines

Die ökosystemare Modellkonzeption bedient sich einer hierarchischen Ebenenstruktur mit angeschlossener Szenarienbildung. Diese gewährleistet mittels Induktionsschluss, dass die unterliegende Ebene als Erklärungsmodell für die übergeordnete Ebene herangezogen werden kann. Der grundlegende Aufbau des Modells ist aus der Abbildung 3.1 ersichtlich.

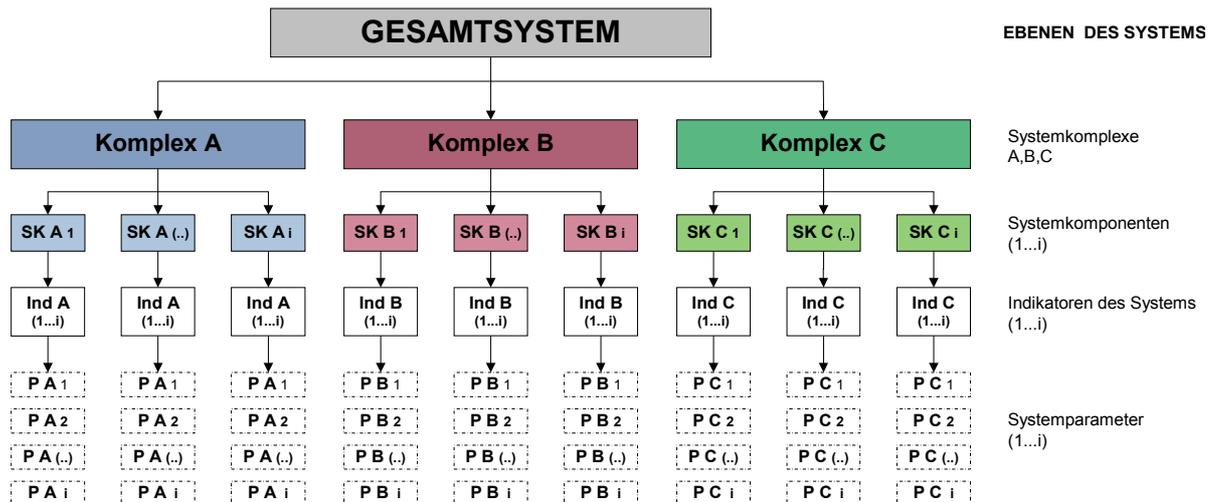


Abbildung 3.1: Visualisierung des Gesamtsystems

figure 3.1: Diagram of total schema

3.2.2 Räumliche Abgrenzung

Als Gesamtsystem wird im räumlichen Sinne dieser Untersuchung die Gesamtheit der in den Talbereichen liegenden Flächen einschließlich der Gewässerstrecken und Siedlungen verstanden. Das Gesamtsystem wird in Systemkomplexe untergliedert (vgl. Abbildung 3.2), in denen getrennte Aussagen über die Funktionsfähigkeit und die Folgewirkungen getroffen werden können. Als Systemkomplexe werden im Sinne dieser Untersuchung „**Bereiche mit technisch-konstruktiven Maßnahmen**“ (A), „**reaktivierte Überflutungsbereiche**“ (B), und „**übrige Bereiche**“ (C) definiert. Dem Systemkomplex „reaktivierte Überflutungsbereiche“ werden alle Flächen zugeordnet, die im Zuge dieses Verbauungsprojektes einer „kalkulierten“ Ausweitung für den Hochwasserabfluss ($\ddot{U}_{x(1-i)}$) dienen. Flächen, auf denen bauliche Maßnahmen (Ausleitbauwerke, Aus- und Rückleitungsrinnen, Vorsperren, Begrenzungsdämme, Brücken und Durchlässe, Regulierungsgerinne, Wildholzrechen etc.) gesetzt werden bzw. bereits bestehen, werden den „Bereichen mit technisch-konstruktiven Maßnahmen“ zugeordnet. Die „übrigen Bereiche“ umfassen sämtliche Flächen, die nicht in einen der vorhergehenden Definitionsbereiche fallen. Dazu zählen sowohl die aktuellen Siedlungsbereiche in Pertisau, infrastrukturelle Einrichtungen und etwaige Sonderflächen, als auch jene Flächen im Talbereich, die nicht unmittelbar in das Verbauungssystem miteinbezogen wurden, wie z.B. die Flächen zwischen den Ausleitungsbereichen oder das Gerinne selbst. Somit bleibt

gewährleistet, dass jede Einzelfläche im Untersuchungsgebiet einem Systemkomplex zugeordnet ist. Für die Teilbetrachtungen werden diese in Systemkomponenten unterteilt, um interne Abhängigkeiten sichtbar und einer Bewertung zugänglich zu machen.

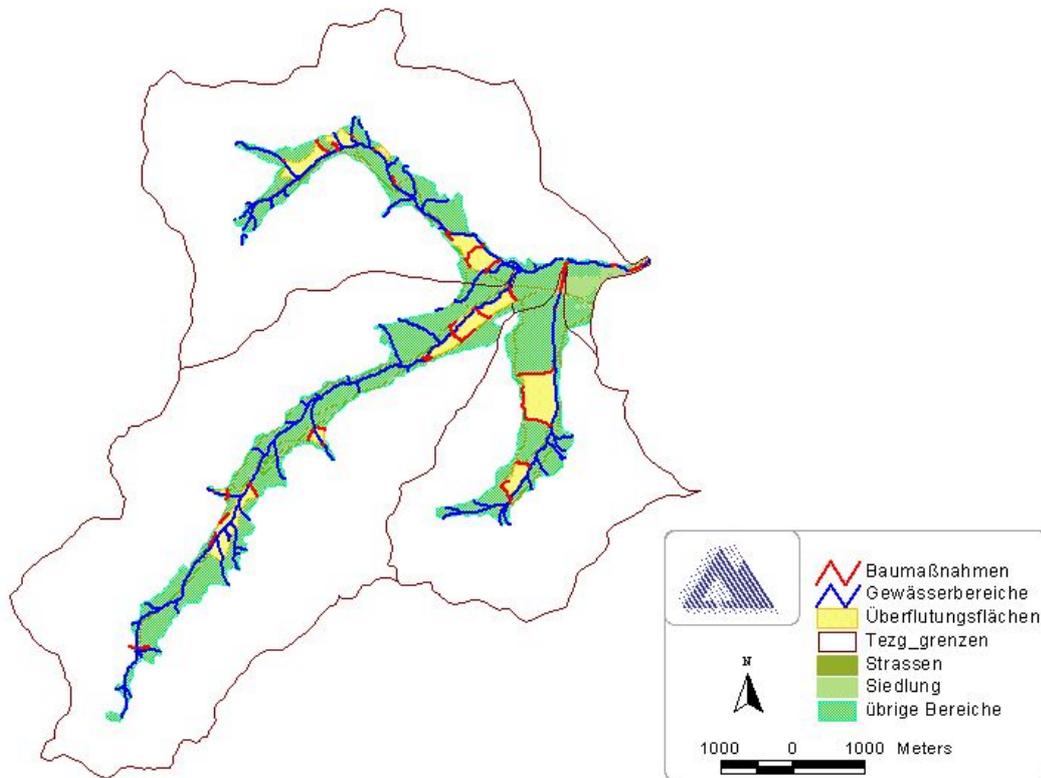


Abbildung 3.2: Darstellung der relevanten Systemkomplexe im Untersuchungsgebiet

Figure 3.2: Illustration of significant system complexes

3.2.3 Indikatorenidentifikation

Zur Beschreibung der Systemkomponenten werden Indikatoren herangezogen, die sich aus Einzelparametern zusammensetzen. Indikatoren dienen zur Reduktion der Komplexität eines Systems, wobei zugunsten der Übersichtlichkeit auf einen hohen Detaillierungsgrad der Information verzichtet wird (z.B. RENNINGS 1994). So werden in einem Indikator nur die relevanten Informationen aus den zahlreichen Einzelfakten verdichtet, die über das Gesamtsystem vorliegen, wobei Relevanz in diesem Sinne als eine zielorientierte und an Repräsentativitätskriterien ausgerichtete Auswahl verstanden werden kann (NOLL & KRAMER 1996). Die Indikatoren müssen dabei zusätzlich der Anforderung

gerecht werden, das Systemverhalten unabhängig vom Eintritt einer Beaufschlagung zu beschreiben, d.h. eine Prognose der künftigen Verhältnisse muss anhand der Indikatoren auch dann möglich sein, wenn während des Beobachtungszeitraumes kein Ereignis eintritt.

Für den Komplex A (Bereich mit technisch-konstruktiven Maßnahmen) werden in Abhängigkeit von der jeweiligen Systemkomponente unterschiedliche Indikatoren, wie die *Dosierleistung von Wasser* und *Geschiebe*, das *Ausleitverhalten*, *Dammeigenschaften* und *Durchflusskapazitäten*, sowie *Fassungsvermögen* und *Rückhalteprozente*, als wesentlich erachtet.

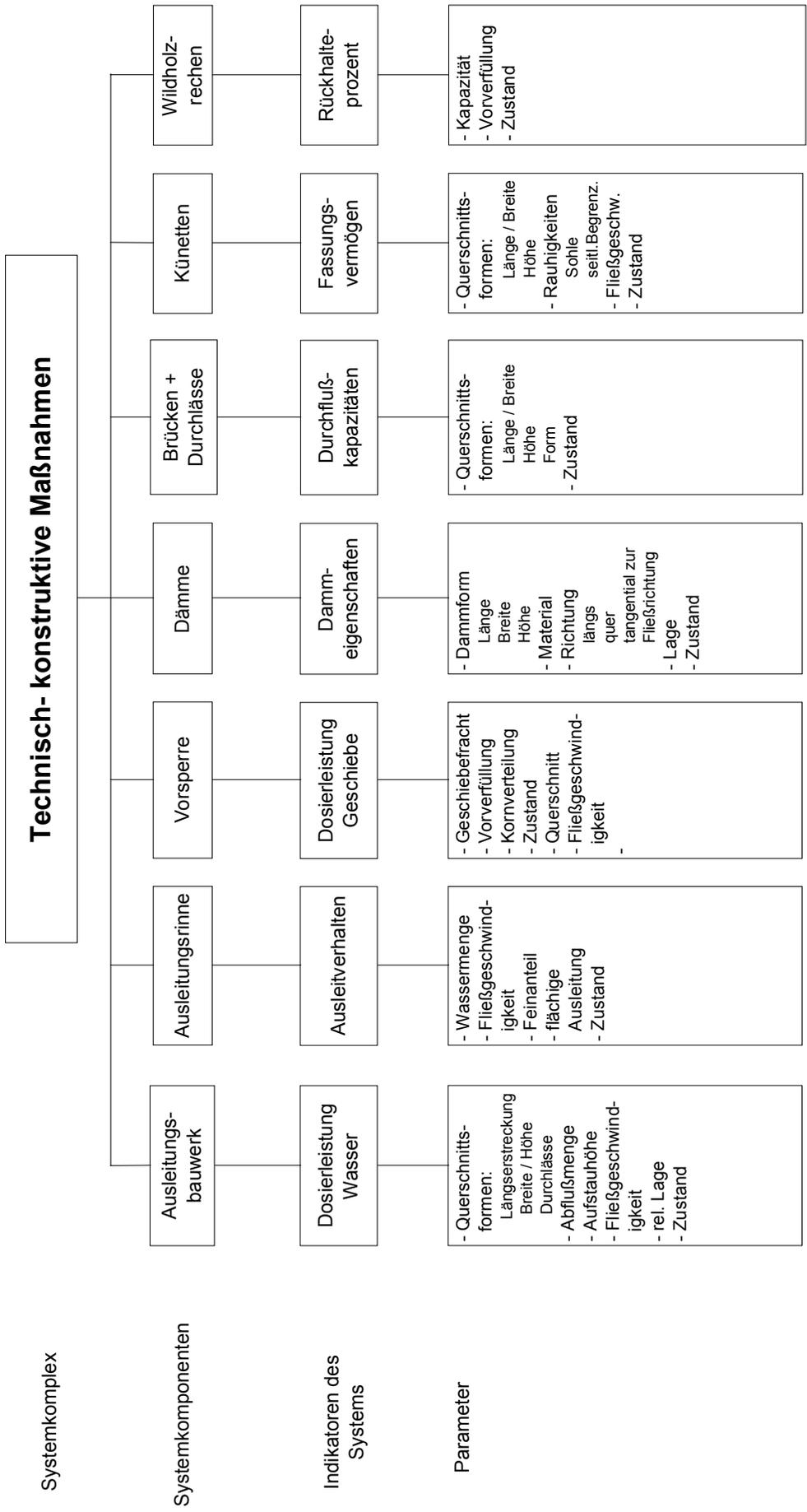
Als Indikatoren für den Systemkomplex B (reaktivierte Überflutungsbereiche) werden die (i) *Flächenausformung und Lage* der jeweiligen Überflutungsfläche, (ii) *zeitliche Kenngrößen*, sowie das Ausmaß von (iii) *Infiltration* und (iv) *Retention* eingeführt.

Der Systemkomplex C wird durch das *Reaktionsverhalten* der von den Baumaßnahmen nicht direkt beeinträchtigt oder veränderten Bereiche erklärt. Veränderung innerhalb des Systemkomplexes C können jedoch einen Einfluss auf das Verhalten der anderen Komplexe haben. Das Reaktionsverhalten wird mit Parametern beschrieben, anhand derer mögliche Abweichungen vom Ist – Zustand darstellbar sind.

3.2.4 Zusammenstellung relevanter Parameter

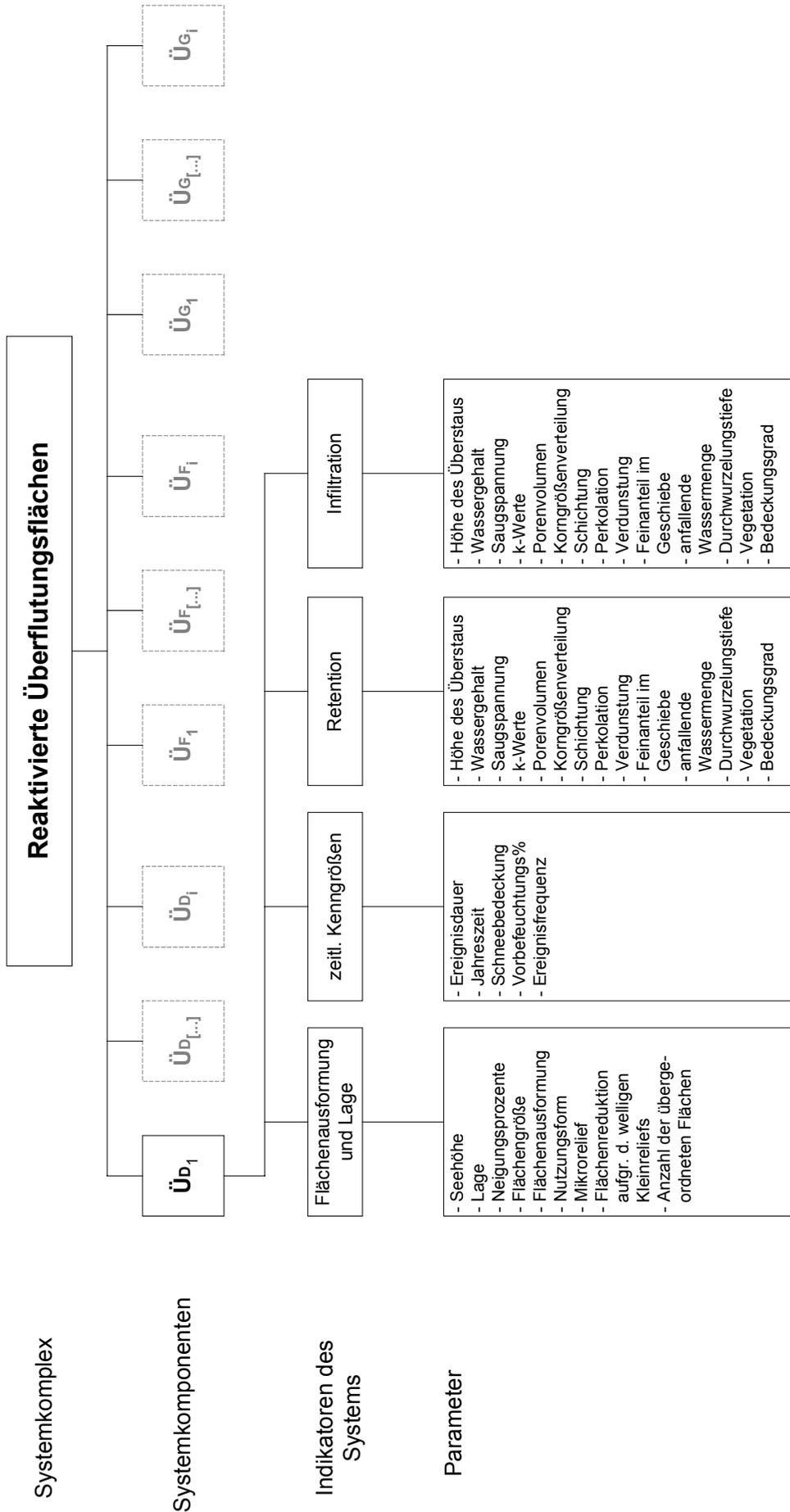
Die Anschluss folgt eine Zusammenstellung aller für die Indikatorenbildung notwendig erachteten Parameter.

EBENE



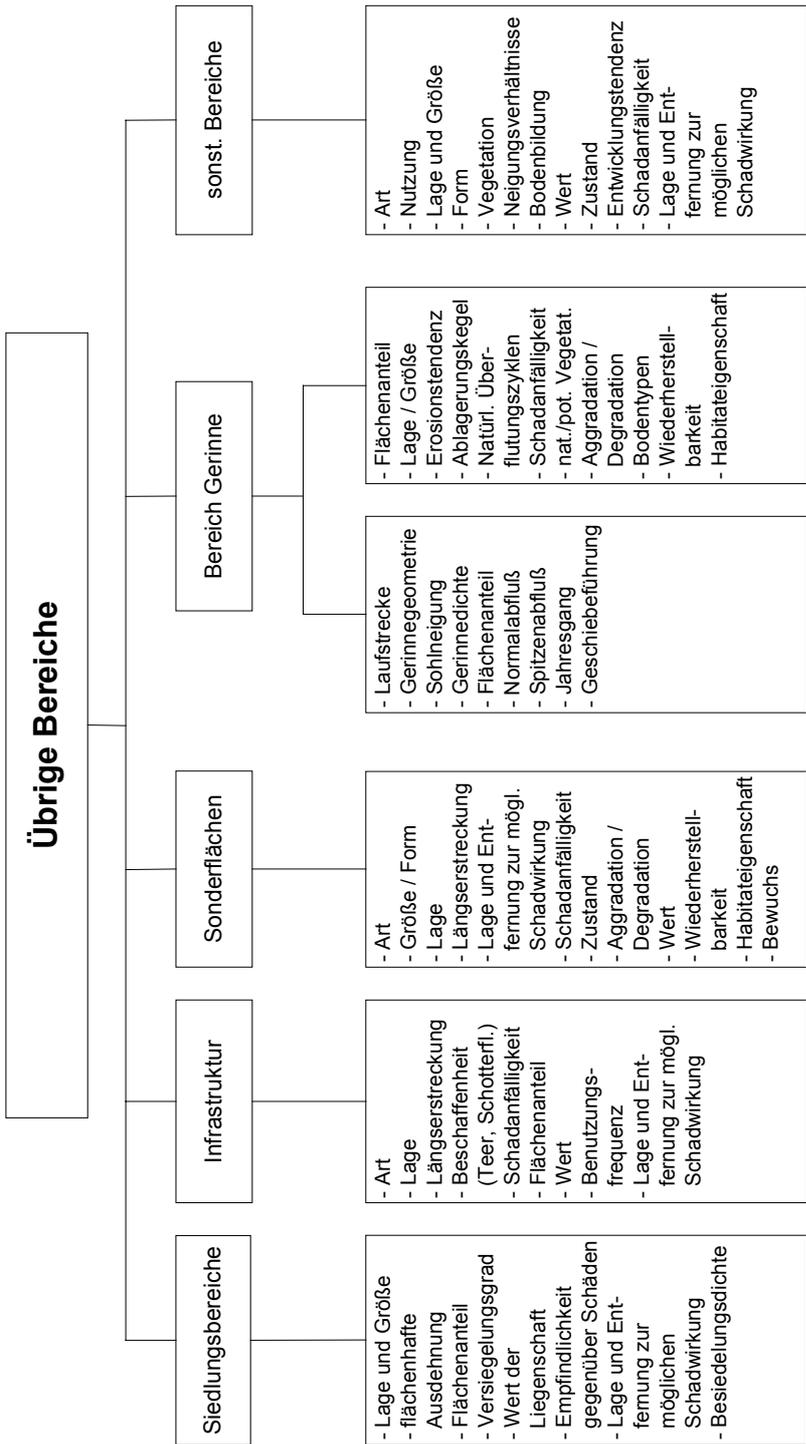
EBENE

Systemkomplex



EBENE

Systemkomplex



Systemkomponenten

Parameter

4 Methoden und Techniken

4.1 Allgemeines

Die quantitative bzw. qualitative Beschreibung der oben festgelegten Indikatoren bzw. deren Parameter erfordert aufgrund eines systemaren und hollistischen Ansatzes eine Aufgliederung der Methoden und Techniken in zielrelevante Bereiche. Diese werden definiert als (i) **GIS**, (ii) **Bodenphysik**, (iii) **Bautypenoptimierung**, (iv) **Hydraulische Modellierung der Abflussvorgänge**, (v) **Fließgewässermorphologie und Geschiebehaushalt**, (vi) **Systemverhalten und Funktionsfähigkeit** und (vii) **Folgewirkungen**.

4.2 Bereich GIS

4.2.1 Zielvorstellung

Die sich aus der Sachlage ergebende Situation, dass mitunter sehr komplexe Informationen in vereinfachter Weise aufbereitet werden müssen, eine Verknüpfung dieser Informationen aus den unterschiedlichsten Bereichen zur Problemlösung jedoch notwendig ist, damit Wechselwirkungen klar erkennbar sind und evaluiert werden können, bedingt den Aufbau eines Informationssystems. Die Verwendung eines Informationssystems sichert gleichzeitig die Effektivität und Effizienz der Informationsbereitstellung. Ein konkreter Raumbezug erlaubt zudem die Einbeziehung von standörtlichen Parametern und damit standörtlicher Heterogenität, die für das Ausmaß der Wirkungen der Systemkomponenten entscheidend sein kann. Dies wird mit Hilfe eines GIS bewerkstelligt, das aufgrund der Komplexität des Untersuchungsgegenstandes als lokales Umweltinformationssystem – kurz: LOUIS – geführt wird.

4.2.2 Aufbau eines Lokalen Umweltinformationssystems (Louis)

4.2.2.1 Abklärung der Systemschnittstellen

Als Softwarelösung für den Aufbau des LOUIS wird ArcView 3.2 TM gewählt. Darin werden sämtliche relevanten Daten aufbereitet und evident gehalten. Austauschformate bestehen u.a. mit CAD (ACAD), wobei für die Aufbereitung der

terrestrischen Vermessungsdaten als singuläre Lösung das CAD-Programmpaket CADDY (Version 17.0) herangezogen wird.

4.2.2.2 Datengrundlage und Aufbereitung

Als Datengrundlage dienen sowohl vektorielle als auch rasterbasierte Informationen, wobei Transformationen von der jeweiligen Fragestellungen abhängen. Nachdem die Daten von verschiedenen Bundesdienststellen, Behörden oder eigenen Erhebungen aquiriert werden, muss eine Metadatenbank erstellt werden, die Auskunft über die Charakteristik der Datengrundlage gibt.

Als geografische Referenz für die einzelnen Thematiken (Topografie, Vegetation, Landnutzung, Hydrologie, etc.) gilt die GK-Projektion (Bezugsmeridian M28). Die topografischen Informationen (DHM) werden grundsätzlich im 2.5D-Raum abgebildet, d.h., dass zu jeder XY-Position nur eine Z-Koordinate existiert. Die Geländemodelle (DGM) werden über eine Delaunay-Triangulation generiert, wobei die Dreiecksseiten in Bereichen von Geländekanten durch die Festlegung von Bruchkanten fixiert werden.

4.2.2.3 Generierung relevanter Themen

Das Ziel einer Datenanalyse im GIS ist die Ableitung neuer Datenbestände unterschiedlichen Informationsgehaltes. Gegenständlich werden vorerst geomorphometrische DGM – Analysen benötigt, die später um Distanzanalysen und Flächenverschnidungen erweitert werden. KALASEK & REINBERG (1999) unterscheiden zwischen (i) allgemeinen geomorphometrischen Analysen (z.B. Hangneigung, Exposition, Krümmung) und (ii) speziellen geomorphometrischen Analysen (Analyse morphologisch besonderer Geländepunkte, Oberflächentopologie, Einzugsgebietsabgrenzung, Abflussmodellierung, Geländeschummerung, etc.). Die Distanz- und Flächenanalysen werden speziell bei der Abschätzung von Folgewirkungen wirksam, um Abhängigkeiten von topologischen Eigenschaften im System eruieren zu können.

4.3 Bereich Bodenphysik

4.3.1 Zielvorstellung

Der Erfolg der geplanten Schutzmaßnahmen ist zu einem großen Teil bestimmt durch die Ausprägung der Eigenschaften der Überflutungsflächen im Hinblick auf

deren Infiltrationspotenzial bzw. deren Potenzial zur Retention des Hochwasservolumens (fließende und stehende Retention). Zur Abklärung der Flächeneigenschaften sind sowohl Erhebungen und Analysen im Feld als auch im Labor notwendig. Zusätzlich soll ein Monitoring des Bodenwasserstatus auf den Überflutungsflächen während der Monate April – Oktober durch automatische Messstationen die Abklärung der Dynamik des Bodenwasserhaushaltes sowie die Ableitung von Anfangs- und Randbedingungen für eine Modellsimulation ermöglichen. Die Modellsimulation der Überflutungsflächen dient der Unterstützung der Feldmessungen sowie einer visuellen Darstellung der Überflutungs- und Versickerungsprozesse.

Laut einer Weisung des Auftraggebers (e-mail vom 17. Oktober 2001) sind die notwendigen Probennahmen auf das Teiluntersuchungsgebiet der Dristenau zu beschränken. Die Argumentation wird im ähnlichen Aufbau der zu untersuchenden Täler hinsichtlich der Geologie, der Vegetationseinheiten und der Nutzung gesehen. Laut Auftraggeber können die Ergebnisse in der Dristenau hinsichtlich ihrer bodenphysikalischen Eigenschaften auf das Falzthurn- und Gerntal übertragen werden.

4.3.2 Feldbodenkundliche Profilaufnahmen

Die feldbodenkundliche Ansprache der freigelegten Profile erfolgte in Anlehnung an die bodenkundliche Kartieranleitung (AG BODENKUNDE 1982) mit Erfassung der effektiven Durchwurzelungszone. Zusätzlich wird die Heterogenität der Böden durch Beprobung mit dem Schlagbohrer abgeschätzt.

4.3.3 Korngrößenanalyse

Bei Einzelkorngefüge kann man die Durchlässigkeit direkt über die Korngrößenanalyse abschätzen; bei Aggregatgefüge erlaubt die Bestimmung der Bodentextur die Angabe von Richtwerten bzw. eines Schwankungsbereiches für den k_s -Wert. Die Bestimmung der Kornverteilung erfolgt nach Werbung gestörter Bodenproben aus den Überflutungsflächen im Labor in Anlehnung an die ÖNORM L 1061 und ÖNORM L 1030. Der Grobbodenanteil (Äquivalentdurchmesser $> 2,0$ mm) wird durch Nasssiebung abgetrennt, die Fraktionen des Feinbodens bis $0,063$ mm Teilchendurchmesser durch Nasssiebung und $< 0,063$ mm durch

Schlämmanalyse (Sedimentationsverfahren nach KUBIENA) bestimmt. Die Bodenart wird nach dem Texturdreieck laut ÖNORM L 1050 bestimmt.

4.3.4 k_s -Wert

Die Bestimmung der Durchlässigkeit im Labor (k_s -Wert) erfolgt an ungestörten, vertikal geworbenen Bodenproben (Stechzylinderproben) nach der Methode mit aufsteigendem Wasserspiegel. Hierzu werden die Stechzylinder mit einer Höhe von 5 cm und einem Durchmesser von rund 7 cm mit Aufsatzzylindern versehen, auf wasserdurchlässige Gitter mit Gazeauflage in eine Wanne gesetzt und durch Wasserzufuhr in die Wanne langsam von unten nach oben gesättigt, bis sich ein freier Wasserspiegel über den Bodenproben in den Stechzylindern einstellt. Schließlich wird der Außen- bzw. Wannenwasserspiegel angehoben und konstant gehalten, während die Anstiege des Wasserspiegels in den Aufsatzzylindern gemessen werden. Im allgemeinen werden die Abstichmaße von einer Referenzhöhe zu mehreren Zeitpunkten gemessen, sodass der k_s -Wert aus mehreren Messungen ermittelt werden kann. Die Versuche werden mit entlüftetem Leitungswasser bei Zimmertemperatur durchgeführt.

Bei dem Verfahren mit aufsteigendem Wasserspiegel wird kein konstanter Gradient eingehalten. Den instationären Bedingungen wird mit folgender Formel Rechnung getragen:

$$k_s = \frac{L}{t_2 - t_1} \cdot \ln \frac{h_{i,1} - h_{a,1}}{h_{i,2} - h_{a,2}} \quad (\text{Gl. 4.1})$$

$[k_s]$	= cm·s ⁻¹	Durchlässigkeitsbeiwert
$[L]$	= cm	Höhe des Stechzylinders bzw. der Bodenprobe
$[t_2]$	= s	Zeitpunkt der zweiten Ablesung (ab Beginn der Messung)
$[t_1]$	= s	Zeitpunkt der ersten Ablesung (ab Beginn der Messung)
$[h_{i,1}]$	= cm	Abstichmaß von einer Referenzhöhe bis zum Wasserspiegel über der Bodenprobe zum Zeitpunkt 1
$[h_{a,1}]$	= cm	Abstichmaß von einer Referenzhöhe bis zum Außenwasserspiegel (in der Wanne) zum Zeitpunkt 1
$[h_{i,2}]$	= cm	Abstichmaß von einer Referenzhöhe bis zum Wasserspiegel über der Bodenprobe zum Zeitpunkt 2
$[h_{a,2}]$	= cm	Abstichmaß von einer Referenzhöhe bis zum Außenwasserspiegel (in der Wanne) zum Zeitpunkt 2. Da der Außenwasserspiegel möglichst konstant gehalten werden sollte, gilt in der Regel $h_{a,1} = h_{a,2}$

4.3.5 Infiltrationsversuche in situ

Um das Versickerungsverhalten vor Ort festzustellen zu können, werden Feldversuche mit den Doppelringinfiltrometer durchgeführt. An beiden Messstationen sind jeweils 2 parallele Versuchsanordnungen vorgesehen.

In Verbindung mit den entnommen Bodenproben (Laborversuche) wird eine Abschätzung des Versickerungsverhalten vorgenommen.

4.3.6 Erfassung des Bodenwasserstatus

4.3.6.1 Allgemeines

Die Erfassung des Bodenwasseranteils und der Bodenwasserspannung über den Zeitraum von April bis Oktober erfolgt mit zwei automatischen Messstationen, die an ausgewählten Standorten auf den Ausleitungsflächen D-A1 und D-A2 installiert werden. Hierzu ist es in einem ersten Schritt notwendig, Abklärungsarbeit hinsichtlich geeigneter Messsysteme zu leisten. Unter Berücksichtigung der Verhältnisse vor Ort wird zur Bestimmung des Bodenwassergehaltes die HYDRA PROBE von VITEL eingesetzt und für die Bestimmung der Bodenwasserspannung die Produktlinie WATERMARK von CAMPBELL SCIENTIFIC. Die Steuerung der Messeinrichtung und Datenerfassung erfolgt über den Micrologger CR23X der Fa. CAMPBELL SCIENTIFIC INC., an dem ein externes Modul zur Datenspeicherung angeschlossen wird. Die Energieversorgung läuft über ein Solar-Paneel.

4.3.6.2 Konzeption und Messtechnik der VITEL HYDRA PROBE

Die VITEL - Sonde (Hydra Probe) wurde von der Firma VITEL Inc. (VA, USA) für die kapazitive Wasseranteils- und Salinitätsbestimmung entwickelt (VITEL 1994). Das Messprinzip beruht auf dem Prinzip der unterschiedlichen Dielektrizitätszahlen von Stoffen (kapazitive Methode). Da die relative Dielektrizitätskonstante vom jeweiligen Medium ($DK_{\text{Wasser}} = 80$, $DK_{\text{Luft}} = 1$) abhängt, kann sie für die zerstörungsfreie Ermittlung des Wasseranteiles verwendet werden. Die reale Dielektrizitätszahl steht mit dem Wasseranteil in einem funktionalen Zusammenhang (TOPP 1980). Die Dielektrizitätszahl bzw. relative Dielektrizitätskonstante (ϵ_R) ist als Verhältniszahl eine reine Materialkonstante und gibt an, um den wievielten Teil die elektrische Feldstärke E , die im Vakuum (Luft) vorhanden war, durch das Vorhandensein eines

Isoliermaterials (Dielektrikums) zwischen den felderzeugenden Elektroden geschwächt wird (LINDNER et al. 1998: 49), wobei gilt:

$$\varepsilon_R = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \quad (\text{Gl. 4.2})$$

ε_0 8,85149*10⁻¹² [F/m]

ε Dielektrizitätskonstante / Permittivität [F/m]

Die Sonde besteht aus einem Kunststoffgehäuse, vier 6 cm langen, rostfreien Metallstäben und einem ungefähr 6 m langen, 7-poligen elektrischen Anschlusskabel. Im Kunststoffgehäuse ist eine elektronische Schaltung für die Aussendung eines Messsignals und für die Weiterleitung des Eingangssignals integriert. Die Messung erfolgt über die gesamte Stablänge, wobei die Ausgangswerte über die gesamte Stablänge von 6 cm automatisch (sprich intern) integriert werden. Man erhält somit keine Punktdaten, sondern Daten, die sich auf die gesamte Stablänge beziehen.



Foto 4.1: Vitel Hydra Probe

Es werden vier Spannungen (V1-V4) an den Ausgängen gemessen. Diese werden mit der Auswertungssoftware „hyd_file.exe“ der Fa. VITEL in Dielektrizitätszahlen, Temperatur, Wasseranteil, etc. umgerechnet.

4.3.6.3 Konzeption und Messtechnik der WATERMARK PROBE

Der WATERMARK – Blocksensoren der Firma CAMPBELL SCIENTIFIC; INC dient der Bestimmung der Wasserspannung im Boden. Bei dem Sensor handelt es sich um einen „Granular matrix Sensor“ (=Keramikkblock) mit zwei konzentrisch angeordneten Elektroden. Zum Schutz ist das Trägermaterial in eine Kunststoffhülle gebettet. Zur Leitfähigkeitsbufferung ist im Inneren Gips enthalten.

Die Wasserspannung wird nicht direkt gemessen, sondern wird aus der, zwischen zwei im Sensor eingebetteten Elektroden gemessenen Leitfähigkeit, abgeleitet. Vom Data Logger ausgelesene Rohdaten sind Verhältniszahlen, die Messspannung V_s wird auf die Grundspannung V_x bezogen (V_s/V_x). Über eine von Campbell Scientific Inc. zur Verfügung gestellte Umrechnung kann der Sensoren Widerstand berechnet werden. Aus dem Sensorwiderstand und der Bodentemperatur wird die Wasserspannung ermittelt. Wobei der Hersteller anmerkt, dass die Genauigkeit der Bodentemperaturmessung kein zu großes Gewicht beigemessen werden sollte. Als näherungsweise Vorgehensweise gilt die Annahme, dass die Lufttemperatur zu Sonnenaufgang annähernd der Bodentemperatur während des Tages entspricht. Da die Hydro-Probes als Zusatzfunktion die Temperatur liefern ist dies jedoch nicht notwendig.

Kalibrierung:

Zur Steigerung der Genauigkeit wird eine Kalibrierung im Druckplattenapparat durchgeführt. Dadurch ist eine direkte Beziehung zwischen V_s/V_x und den anstehenden Wasserspannungen gegeben. Diese kann sehr einfach in die Datenaufbereitung integriert werden. Die gesättigten Watermark Sensoren werden in den Druckplattenapparat eingebaut, Wasserspannungen von 0; 0,1; 0,5; 1,0 und 2,0 Bar schrittweise eingestellt, und der relative Spannungswert wird aufgezeichnet. Der angelegte Druck wird solange, bis der Messwert weitgehend konstant blieb, gehalten, aus den letzten Ablesungen wird ein Mittelwert gebildet. Diese fünf Mittelwerte (je Sensor) bilden die Bezugspunkte für die Kalibrierkurve (Ausgleichsfunktion).

Techniken der Datenaufbereitung und Datenverarbeitung

Um mögliche Fehlmessungen z.B. durch technisches Gebrechen so früh als möglich zu erkennen, werden die Daten der beiden Messstationen etwa monatlich ausgelesen. Die statistische Datenaufbereitung wird durch das Programm „Agromet“ realisiert.

Agromet

Mittels dem Programm „Agromet“, das im Zuge der Diplomarbeit „ Effektive Datenverarbeitung in der Hydroinformatik“ am Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft an der Universität für Bodenkultur, Wien erstellt wurde, werden die Rohdaten, die sich hauptsächlich aus Spannungswerten zusammensetzen, unter Verwendung eines Kalibrierfiles umgewandelt.

4.3.7 Simulation der Versickerungsprozesse mit HYDRUS-1D, -2D

Das Programm HYDRUS (von: SIMUNEK, HUANG, SEJNA, & van GENUCHTEN) dient zur Simulation der Strömungs-, Wärme- und Stofftransportprozesse in 1- und 2-dimensionalen gesättigten oder ungesättigten porösen Medien. In HYDRUS ist ein Parameteridentifikationsverfahren zur Ermittlung der bodenphysikalischen- und Stofftransportparameter enthalten.

Die Beschreibung der gesättigten und ungesättigten Strömungsprozesse beruht auf der RICHARDS - Gleichung, die Beschreibung der Wärme- und Stofftransportprozesse auf der Konvektions-Dispensions-Gleichung (Grundlage: FICK'sches Gesetz), beide Differenzialgleichungen werden mit Hilfe numerischer Verfahren gelöst.

HYDRUS enthält gleichfalls einen Algorithmus zur Berücksichtigung von Skalierungsfaktoren, mit dem ermöglicht wird, einen Referenzboden zu definieren und andere Bodenarten mit ihren hydraulischen Eigenschaften über diesen Skalierungsfaktor zu beschreiben.

Die Datenaufbereitung enthält die Definition der Strömungsgebiete mit den Berandungen und den Randbedingungsarten sowie der Vorgabe von Strukturen und inneren Randbedingungen im Strömungsgebiet. Anschließend erfolgt die schrittweise Netzgeneration mit Finiten-Elementen. Das Programm MESHGEN-2D der Fa. PC-Progress verwendet zur Netzgeneration die Delaunay Triangulation.

4.4 Bereich Bautypenoptimierung

4.4.1 Zielvorstellung

Zur Klärung der Frage, mit welchem Bautyp und Design eine optimale Funktionsweise des Ausleitungsbauwerks vor Ort erreicht wird, soll ein hydraulischer Modellversuch durchgeführt werden. Das Modell soll zur Ableitung von Dimensionierungskennzahlen und somit als Entscheidungshilfe für die richtige Variantenwahl dienen.

4.4.2 Modellaufbau

Das Modellbereich wird im Maßstab 1:30 als Modell mit fester Sohle ausgeführt. Alle Versuche sind als Reinwasserversuche vorgesehen. In Abhängigkeit der Randbedingungen wird der Auslass des Ausleitungsbauwerks durch bis zu fünf Änderungen seiner Geometrie in seiner hydraulischen Wirkung optimiert. Die Topografie des Modellbereiches wird terrestrisch vermessen. Aus der Geländeinformation wird ein digitales Geländemodell generiert (Interpolation durch Delauney-Triangulation), notwendige Längs- und Querprofile daraus abgeleitet. Die Rauigkeitscharakteristik der Modellsohle wird über Linienzahlanalysen abgeschätzt. Die Detailpläne zur vorgesehenen Bautype sowie die Einlaufsganglinie werden vom Auftraggeber geliefert.

4.5 Bereich Hydraulische Modellierung der Abflussvorgänge

4.5.1 Zielvorstellung

Die numerische hydraulische Modellierung der Abflussvorgänge, sowohl im Gerinnebereich als auch in Kombination des Routings über die Fläche (Ausleitungsflächen) soll der Darstellung der Fließwege und Fließzeiten als auch der Wasserspiegellage an sich dienen. Dies bedingt automatisch die Integration aller notwendigen Informationen über den Gerinnebereich und die Ausleitungsflächen, deren Quantifizierung in den oben genannten Kapiteln beschrieben wurde. Das Ergebnis soll eine modellhafte Vorstellung des Wellenverlaufes bei verschiedenen Ereignisszenarien in Kombination mit den geplanten Einbauten liefern – und zwar einmal im Reinwasserfall und einmal unter Einbezug von geschieberelevanten Parametern.

4.5.2 Kurzbeschreibung FLO-2D

FLO-2D ist ein rasterbasiertes 2D-Modell zur physikalischen Simulation von Reinwasserabflüssen, hyperkonzentrierten Abflüssen und viskosen-, mit Einschränkungen auch granularer Murgängen. Es wurde von Jim S. O'Brien 1993 an der Colorado State University entwickelt. FLO-2D berechnet den Abfluss auf Basis einer kinematischen, diffusen oder dynamischen Welle zweidimensional über eine Oberfläche oder eindimensional durch ein Gerinne. Die Berechnung des Zu- und Abflusses von der Oberfläche ins Gerinne und umgekehrt ist ebenso möglich, wie die Simulation von Stau- oder Rückströmeffekten. Als Eingabeparameter werden ein digitales Geländemodell, die Gerinnegeometrie, ein Hydrograph und die rheologischen Eigenschaften des Feststoff-Wasser Gemisches benötigt (STEINWENDTNER 2002).

FLO-2D ermöglicht die Bestimmung von Abflusstiefen und Abflussgeschwindigkeiten zu jedem beliebigen Zeitpunkt in jedem Rasterelement, aber auch die Berechnung von Ganglinien in vordefinierten Rasterelementen oder Querschnitten (STEINWENDTNER 2002).

4.6 Bereich Fließgewässermorphologie und Geschiebehaushalt

4.6.1 Zielvorstellung

Fließgewässer im Gebirge weisen eine hohe Variabilität in hydraulischer und morphologischer Hinsicht auf, wobei die Strömungszustände von hochgradig ungleichförmigem Abfluss über einzelne große Rauheitselemente bei Niedrigwasser bis zu fast gleichförmigem Abfluss im Hochwasserfall reichen können. Eine Abschätzung über den Ausgangszustand bzw. über eine mögliche Dynamisierung der untersuchten Fließgewässer im Hinblick auf die Fließgewässermorphologie und den Geschiebehaushalt ist aus mehreren Gründen schwierig.

- (i) Die Sedimenttransportprozesse werden unmittelbar durch die geologischen und morphologischen Eigenheiten des Einzugsgebietes geprägt, wobei das transportierbare Sediment nicht nur aus der Gewässersohle stammen muss sondern auch durch Hangrutsche, Oberflächenerosion der Talflanken oder Murgänge in das Gewässersystem eingebracht werden kann. Eine detaillierte

Prognose über den Ort, das Ausmaß und den Zeitpunkt eines durch Erosion oder gravitativen Massenverlagerungsprozesse bedingten Einstoßes von Sedimenten ist nach dem derzeitigen Stand des Wissens nicht möglich.

- (ii) Das Korngrößenspektrum kann von Tonfraktionen ausgehend bis hin zu Blöcken mit Kantenlängen von einem Meter und mehr reichen. Eine volle Erfassung des Korngrößenspektrums ist aus Kostengründen nicht möglich, weshalb eine Verallgemeinerung mittels Stichprobenverfahren und daraus resultierenden charakteristischen Korngrößen erfolgen muss.
- (iii) Natürliche Fließgewässer weisen eine hohe Variabilität im Hinblick auf ihre Morphologie auf; eine Modellierung der Strömungsvorgänge wird durch die Veränderlichkeit der Tiefen- als auch Breitenvarianz erschwert.
- (iv) Anthropogene Einbauten (Quer- und Längswerke) beeinflussen die Morphologie von Fließgewässern erheblich, was auf die veränderten Rahmenbedingungen im Hinblick auf das Energiepotenzial rückzuführen ist. Dabei wird nicht nur das Korngrößenspektrum verändert sondern teilweise auch wichtige Ausgleichsvorgänge infolge des Transportpotenzials des Gewässers eingeschränkt bzw. unterbunden.

Ziel dieses Projektteils wird es sein – unter Berücksichtigung der oben angeführten Restriktionen – eine Einschätzung des Ausgangszustandes sowie möglicher Veränderungen über die Zeit im Untersuchungsgebiet zu treffen. Dies soll mit Hilfe eines periodischen Monitorings der Transportkapazität der Fließgewässer erreicht werden. Hierzu ist es notwendig, Angaben über den Ausgangszustand der Längs- und Querprofilgeometrie, der Morphologie und der aktuellen Korngrößenverteilung abzuleiten sowie allfällige Geschiebeherde entlang der Fließgewässer zu lokalisieren. Die periodische Dokumentation über den augenblicklichen Zustand soll dann Anhaltspunkte für eine mögliche Dynamisierung der Fließgewässer liefern.

4.6.2 Aufnahme der Fließgewässermorphologie

Die aktuelle Ausprägung der Fließgewässermorphologie wird mit Hilfe einer vorliegenden geodätischen Vermessung, unter Berücksichtigung von notwendigen Ergänzungen in relevanten Bereichen vorgenommen. Zusätzlich werden standardisierte Querprofile in einem Abstand von 100 m – 500 m (je nach Notwendigkeit) definiert, verflocht und terrestrisch eingemessen. Dies gewährleistet die Möglichkeit der Referenzierung der Querprofile, um die Veränderungen der Querschnittsgeometrie dokumentieren zu können.

4.6.3 Erstellung von digitalen Geländemodellen

Die terrestrisch eingemessenen Geländepunkte werden in einem CAD-Programm (CADDY) aufbereitet, editiert und archiviert. Die Programmstruktur erlaubt zudem die Generierung von digitalen Geländemodellen [Interpolationsverfahren mittels TIN unter Berücksichtigung von markanten Geländelinien (Bruchkanten)].

4.6.4 Korngrößenuntersuchungen der Deckschicht

4.6.4.1 Allgemeines und Linienzahlanalyse

Die Analyse der Deckschicht soll einerseits Aussagen über die Rauigkeit im Gerinne ermöglichen, andererseits Hinweise auf den kritischen Zustand zu Beginn des Geschiebetransportes liefern. Nachdem Deckschichten definitionsgemäß etwa eine Korngröße dick sind, kommen Volumengewichts-Methoden (volume by weight) zur Beprobung nicht in Frage. Die häufigsten Techniken zur Beprobung von Deckschichten sind flächenhafte, Gitter- und Linienproben (z.B. LEOPOLD 1970; KELLERHALS & BRAY 1971; PROFFITT 1980). In Wildbächen hat sich die Linienzahlanalyse bewährt (z.B. RUDOLF-MIKLAU 2001). Dabei wird über die zu analysierende Deckschicht eine Schnur gespannt, die systematische Fehler bei der Auswahl der zu untersuchenden Steinen vermeiden hilft. Bei allen Steinen, die sich unter der Schnur befinden und größer als 1 cm sind, wird der Durchmesser gemessen (in der b-Achse). Die gemessenen Steine werden in Fraktionen eingeteilt und hinsichtlich ihrer Anzahl ausgewertet (FEHR 1987).

4.6.4.2 Anwendung des Verfahrens nach FEHR (1987)

FEHR entwickelte ein Verfahren zur Umrechnung der Linienzahlanalyse in eine adäquate Volumenprobe, um repräsentative Korngrößen (d_{90} , d_{30} , d_m , etc.)

ableiten zu können. Dazu müssen die Resultate der Linienzahlanalyse – partielle Kornverteilungskurve der Grobkomponenten – fraktionsweise umgerechnet werden (KELLERHALS & BRAY 1971; siehe Gleichung 1).

$$\Delta p_i = \frac{\Delta q_i * d_{mi}^{0.8}}{\sum_1^n \Delta q_i * d_{mi}^{0.8}} \quad (\text{Gl. 4.3})$$

Aufgrund der Tatsache, dass die feinsten Fraktionen der Linienzahlanalyse durch dieses Potenzgesetz unterschätzt werden, muss die oben errechnete Korngrößenverteilung mit folgender Beziehung korrigiert werden:

$$p_{i;c} = 0,2 + 0,75 \sum_1^i \Delta p_i \quad (\text{Gl. 4.4})$$

Die Annahme der Verteilung der Feianteile nach FULLER (FEHR 1987) ermöglicht die Ergänzung der oben erhaltenen Korngrößenverteilung durch die Feinkomponenten (siehe Gleichung 3).

$$p(d) = \sqrt{\frac{d}{d_{\max}}} \quad (\text{Gl. 4.5})$$

Für die in eine Volumengewichtsanalyse der Unterschicht ungerechnete Linienzahlanalyse der Deckschicht wird nun ein Bereich gesucht, in welchem die Steigung der Tangente derjenigen einer Fullerkurve folgt. Als Annahme folgt, dass die Feianteile der Korngrößenverteilung bis zum Übergangsbereich der Fullerkurve folgen, während die Grobanteile nach der umgerechneten Linienanalyse verteilt sind (FEHR 1987).

4.6.4.3 Ableitung charakteristischer Korngrößen und Kennzahlen

Kornparameter

Der Fließwiderstand in Fließgewässern umfasst sämtliche abflusshemmende Einflüsse im Gerinne (JARRETT 1984), wobei das Sediment in der Gewässersohle nur einen Teil des Rauigkeitsgefüges darstellt. Wenn man von einem reinen Wasserabfluss über einer stabilen Gerinnesohle ausgeht, so sind für die Rauigkeit der Gerinnesohle in erster Linie die groben Komponenten der Deckschicht und die von ihnen geformten Sedimentstrukturen verantwortlich. Kornparameter müssen daher mit deckschichtbezogenen Geschiebeanalysemethoden erhoben werden (RUDOLF-MIKLAU 2001). Für

Rauhigkeitsuntersuchungen werden in der Regel hohe Perzentilen aus der Kornverteilung abgeleitet (d_{84} , d_{90} , etc.). Eingang finden die Kornparameter sowohl in Geschwindigkeitsformeln (als Bezugsgröße der relativen Fließtiefe, Kornrauigkeit oder auch als Rauigkeitsbeiwert) als auch zur Beschreibung der Transportprozesse in Fließgewässern.

In dieser Studie werden als *charakteristische Kornparameter* abgeleitet:

d_{16} , d_{30} , d_{50} , d_{65} , d_{70} , d_{84} , d_{90} (= Durchmesser bei 16%, 30% etc. aus Kornverteilung) sowie der maßgebliche Korndurchmesser d_m nach MEYER-PETER & MÜLLER (1949)

$$d_m = \sum d_i * \Delta p_i \quad (\text{Gl. 4.6})$$

$$\text{mit } d_i = \frac{d_1 + d_2}{2} \text{ und } \Delta p_i = p_2 - p_1.$$

Die *Streuung* der Kornverteilung ist nach SUZUKI & HANO (1992) definiert als

$$\sigma = \sqrt{\frac{d_{84}}{d_{16}}} \quad (\text{Gl. 4.7})$$

Rauhigkeitskoeffizienten

Als Methoden zur Ermittlung der Rauhigkeitskoeffizienten kommen zur Anwendung:

a) k_{st} nach STRICKLER

a1) STRICKLER (mod. nach ZELLER 1996): $k_{st} = \frac{21,2}{\sqrt[6]{d_m}}$ (Gl. 4.8)

a2) SCHÖBERL (1981): $k_{st} = \frac{23,5}{\sqrt[6]{d_{90}}}$ (Gl. 4.9)

a3) Empirische Tabellenwerte (z.B. HABERSACK 1995)

b) Äquivalente Sandrauheit k_s

b1) SCHRÖDER (1990): $k_s = 3,6 * d_{50}$ (Gl. 4.10)

b2) HEY (1979): $k_s = 3,5 * d_{84}$ (Gl. 4.11)

4.6.5 Geschiebetransportmodelle

4.6.5.1 Einkornmodell

Aufgrund der Bedingungen vor Ort wird zur Abschätzung der Transportkapazität und zur Einschätzung der Ergebnisse aus den numerischen Simulationen mit Mehrkornmodellen (MORMO, etc.) die Transportgleichung nach SMART & JÄGGI (1984) eingesetzt:

$$g_s = \frac{4}{\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1} * \left(\frac{d_{90}}{d_{30}} \right)^{0,2} * q * I^{1,6} * \left(1 - \frac{\theta_{krit} * \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right) * d_m}{t_{g+w} * I} \right) \quad (\text{Gl. 4.12})$$

Diese wurde für den voll entwickelten Geschiebetrieb abgeleitet und beinhaltet neben dem Mittelkorn zur besseren Beschreibung der Streuung des Kornspektrums den Ungleichförmigkeitsgrad

$$\left(\frac{d_{90}}{d_{30}} \right)^{0,2} \quad (\text{Gl. 4.13})$$

4.6.5.2 Mehrkornmodelle

Mehrkornmodelle - wie z.B. das Softwarepaket „MORMO“ - beinhalten einen fraktionsweisen Geschiebetransportbeginn. Das Programmpaket MORMO (MORphologisches MOdell) wurde von R. Hunziker 1995 an der ETH Zürich entwickelt. Zur Berechnung des fraktionsweisen Geschiebetriebes werden die Formeln von MEYER-PETER & MÜLLER oder SMART & JÄGGI durch eine Ausgleichsfunktion ergänzt, wobei hier zwischen der Funktion nach EGIAZAROFF (1965) oder HUNZIKER (1995) unterschieden werden kann. Der hydraulische Teil wird über die ST. VENANT – Gleichungen, der sedimentologische Teil über die EXNER – Gleichung abgearbeitet (MORMO-MANUAL 1995).

Mit den Ergebnissen aus der Simulation mit „MORMO“ sollen Aussagen hinsichtlich (i) der Quantifizierung von Erosions- und/oder Auflandungsbereichen und (ii) der Quantifizierung der Auswirkungen von Einbauten oder Änderungen im Abflussregime im betrachteten Untersuchungsgebiet getroffen werden.

4.7 Bereich Systemverhalten und Funktionsfähigkeit

4.7.1 Zielvorstellung

Die Vorgangsweise im Projekt orientiert sich am Abhängigkeitsprinzip. Als „funktionsfähig“ wird das Gesamtsystem dann bezeichnet, wenn die Gesamtwirkung der definierten Systemkomponenten eine dem Verbauungsziel entsprechende Vermeidung der Hochwassergefahr auf den zu schützenden Flächen erreicht. Die Erfüllung der Forderung nach der Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems ist gleichzeitig Voraussetzung für die Beurteilung eventueller Folgewirkungen, die in einem zweiten Schritt analysiert werden sollen (siehe Bereich Folgewirkungen).

Die Evaluierung des Systemverhaltens an sich ergibt sich aus der Zusammenführung der Ergebnisse aus den Beobachtungen, Berechnungen und Simulationen. Hierin kann zunächst überprüft werden, ob die Systemelemente den aktuellen bzw. in weiterer Folge den geänderten Randbedingungen entsprechen. Anschließend wird zur Ableitung der Funktionsfähigkeit mit Hilfe von Szenarienbildungen versucht, die einzelnen Systemelemente miteinander in Verbindung zu setzen, um die Art und den Grad des Ausmaßes der Interaktion darzustellen und quantifizieren zu können. Ein vor Ort installiertes Messsystem soll der indirekten Quantifizierung der Abflussvorgänge und somit auch der Kontrolle der Maßnahmenwirkung im Gerinne dienen.

4.7.2 Messsystem zur Abflussquantifizierung

4.7.2.1 Allgemeines

Im Untersuchungsbereich Dristenau wird zu Kontrollzwecken der Abflussvorgänge im Gerinne - speziell im Ereignisfall – ein Messsystem installiert. Das Messsystem wird an drei Standorten, verteilt über den gesamten Gerinnebereich, angeordnet. Die Abflussquantifizierung erfolgt indirekt über die Kombination eines Ultraschallpegel (Erfassung der Wasserspiegelhöhe) mit dem jeweiligen Pegelschlüssel, der über die MANNING-STRICKLER Gleichung abgeleitet wird. Die temperaturkompensierten Ultraschallpegel werden teils über ein Seilzugsystem in ihre vorgesehene Lage positioniert.

4.7.2.2 Pegelschlüssel nach GAUKLER-MANNING-STRICKLER

Mit der empirischen Fließformel nach GAUKLER-MANNING-STRICKLER (1923) wird der Zusammenhang zwischen mittlerer Fließgeschwindigkeit v bzw. Abfluss Q und den Gerinneparametern Wassertiefe h , Querschnittsfläche A , hydraulischen Radius r_{hy} , Gefälle I sowie der Gerinnewandbeschaffenheit bzw. –rauheit k_{St} hergestellt. Der Zusammenhang zwischen h und Q ist die sogenannte Schlüsselkurve (BOLLRICH 2000: 243).

Nach GAUKLER-MANNING-STRICKLER (1923) ergibt sich

$$v = k_{St} * r_{hy}^{2/3} * \sqrt{I} \quad \text{Gl. 4.14}$$

$$Q = A * k_{St} * r_{hy}^{2/3} * \sqrt{I} \quad \text{Gl. 4.15}$$

Der Stricklerbeiwert k_{St} [$m^{1/3} / s$] wird nach den modifizierten Ansätzen aus Gl. 4.8- Gl. 4.9 bzw. empirischen Tabellenwerten ermittelt; r_{hy} ist in [m], A in [m²] und das Gefälle I als Dezimalbruch in die Formel einzugeben.

Die Geometrie der Pegelprofile (Querprofil, Längsprofil) wird aus der terrestrischen Vermessung bzw. aus den Bautypenvorbildern generiert. Die Profildaten zu den einzelnen Messquerschnitten werden mit der Software ACAD bearbeitet und in digitaler Form abgelegt. Zudem wird von jedem Messquerschnitt im Abstand von 0.05 m in ACAD die Fläche sowie der hydraulische Radius (r_{hy}) ermittelt. Um den in der Abflusshöhenmessung (US-Pegel) bestimmten Werten die entsprechende Durchflussfläche und den hydraulischen Radius gegenüberstellen zu können, wird aus den Wertepaaren theoretische Abflusshöhe und Fläche/hydraulischer Radius ein Ausgleichspolynom erstellt, dessen Funktionsverlauf y (Fläche/hydraulischer Radius) mit den im CAD ermittelten Flächen korrelieren soll.

4.7.3 Szenarienbildung

Die Szenarienbildung verläuft auf der Ebene der Systemkomponenten. Nach Dokumentation des Verhaltens der einzelnen Systemkomponenten mit Hilfe der Indikatoren werden ebeneninterne Zusammenhänge unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien dargestellt. Hierbei werden mögliche Einbußen in der

Funktionsstüchtigkeit bei Versagen einer oder mehrerer Systemkomponenten interpretiert.

Da nicht alle Systemkomponenten gleichermaßen zur Beurteilung der Funktionsstüchtigkeit herangezogen werden, muss zunächst geprüft werden ob die jeweilige Systemkomponente tatsächlich eine Funktion, hinsichtlich des im Rahmen des Gesamtsystems geforderten Hochwasserschutzes, erfüllt, bzw. welche Gewichtung der Funktion zugeordnet werden kann (siehe Abbildung 4.1). Die an die Systemkomponenten geknüpfte Aufgabe der Funktionserfüllung impliziert, dass ein Nicht- oder ein nur eingeschränktes - Erfüllen der beabsichtigten Wirkung mit Systemausfällen gleichzusetzen und in der Folge mit Funktionsbeeinträchtigungen verbunden ist.

Da realistischerweise nicht nur der Totalausfall einer Systemkomponente zu Beeinträchtigungen führen kann, sondern bereits Teilausfälle, soll das Ausmaß eines möglichen Ausfalls in der Szenarienbildung bereits berücksichtigt und in seiner Art beschrieben werden.

Die Funktionsbeeinträchtigungen können je nach Beschaffenheit des Ausfalls einer oder gar mehrerer Systemkomponenten stark variieren und in Summe selbst bei geringeren Ausfallprozenten zum tragen kommen; daher können für die Beurteilung jeder systemkomponentenspezifischen Beeinträchtigung auch die in anderen Systemkomponenten aus Funktionseinbußen resultierenden Beeinträchtigungen relevant sein. Rufen Ausfälle von Systemkomponenten keine Beeinträchtigung hervor so sind sie für die Beurteilung der Auswirkungen anderer Systemkomponenten nicht relevant.

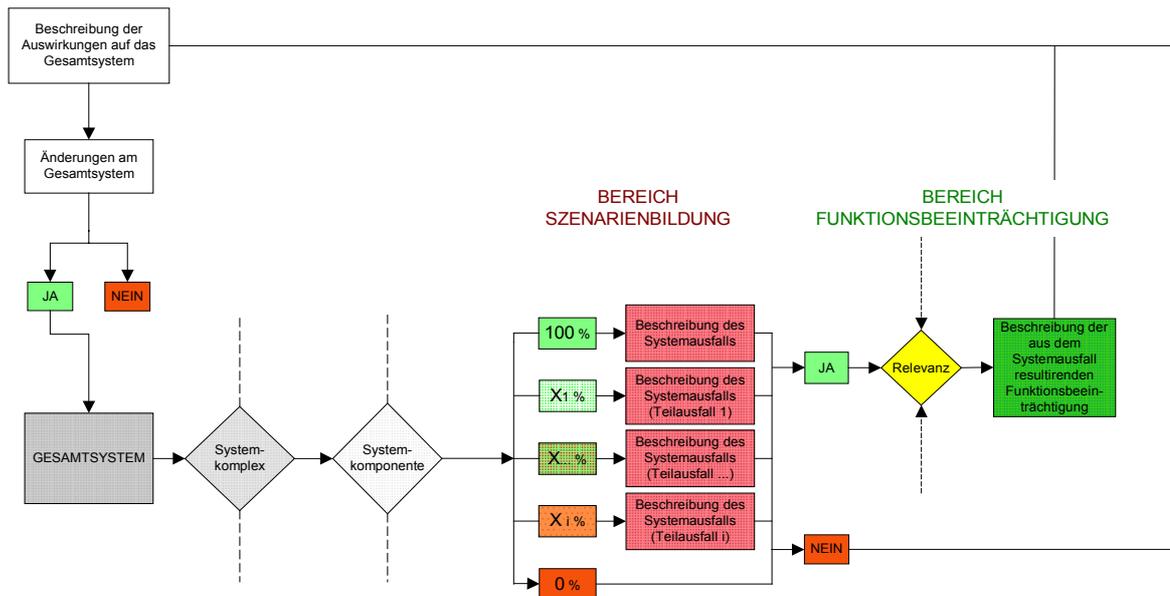


Abbildung 4.1: Generelles Ablaufschema zur Szenarienbildung und Beurteilung der Funktionsbeeinträchtigung

Figure 4.1: General schema for case scenarios and evaluation of function detractions

4.8 Bereich Folgewirkungen

4.8.1 Zielvorstellung

Die Evaluierung möglicher (Aus-)Wirkungen auf das Gesamtsystem resultiert im Festhalten von Aussagen über das Systemverhalten während des Untersuchungszeitraumes. Eingang in die Interpretation findet demnach jeweils der Status des betrachteten Gesamtsystems zum Zeitpunkt der Aussage. Da eine finale Aussage über ein nicht-lineares, dynamisches System aus Gründen der Unvorhersagbarkeit der Entwicklungsrichtung natürlicher Prozesse mit dem derzeitigen Stand des Wissens unvereinbar ist, sind Systemzustände, die sich außerhalb des Beobachtungszeitraumes einstellen nicht eindeutig ableitbar. Dies hat zur Folge, dass ein fortlaufendes „Monitoring“ des betrachteten Systems fester Bestandteil in der Umsetzung des Verbauungsgrundgedankens bleiben muss.

4.8.2 Quantifizierung der Folgewirkungen

Zur Beurteilung der Folgewirkungen wird das oben beschriebene Schaltbild um die zwei Bereiche Maßnahmen und Folgewirkung erweitert (siehe Abbildung 4.2).

Folgewirkungen können sowohl als Folge von Funktionsverlusten bzw. daraus resultierenden Beeinträchtigungen entstehen als auch unabhängig davon. Eventuell entstandene Funktionseinbußen können durch Reparatur korrigiert, oder durch alternativ gesetzte Maßnahmen behoben werden. In letzterem Fall muss die Szenarienbildung erneut durchgespielt werden.

Folgewirkungen, die innerhalb der einzelnen Systemkomponenten hervorgerufen werden, können positiver oder negativer Natur sein; insofern ist sowohl deren Auftreten als auch deren Nicht – Auftreten für die Gesamtbeurteilung der Folgewirkungen von Relevanz. Wiederum soll ein Rückschluss bezüglich eventueller Auswirkungen auf das Gesamtsystem gezogen werden können. Die Gesamtschau der Auswirkungen soll letztendlich einen wesentlichen Beitrag zur Gesamtbeurteilung des Projektes liefern. Als Resultat der Beurteilung werden gegebenenfalls Änderungen an der Projektverwirklichung vorgeschlagen.

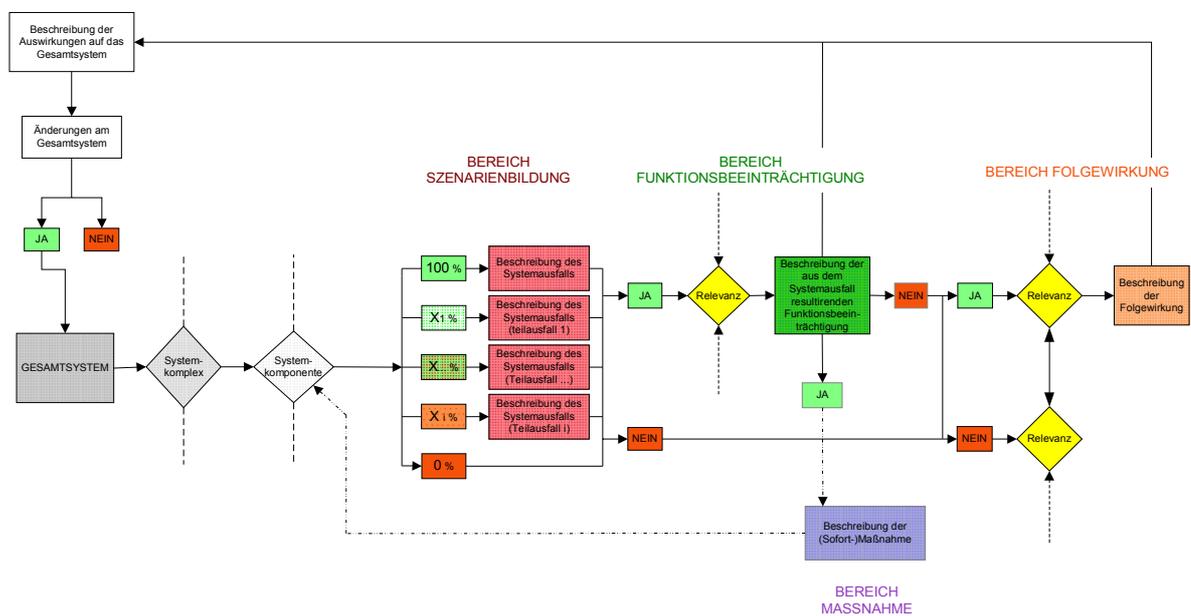


Abbildung 4.2: Generelles Ablaufschema zur Quantifizierung der Folgewirkungen

Figure 4.2: General scheme to quantify possible consequences

Literaturverzeichnis

- ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 3. Aufl., 19 Abb., 98 Tab., 1 Beil.; Hannover.
- BECHTELER, W. & HARTMANN, S. & OTTO, A. J. (1993): Coupling of 2D- and 1D-models and integration into geographic information systems. Advances in Hydro-Science and -Engineering, Volume I.
- BOLLRICH, G. (2000): Technische Hydromechanik: 1. Grundlagen. 5., veränd. Aufl., Verl. Bauwesen, Berlin.
- FEHR, R. (1987): Geschiebeanalysen in Gebirgsflüssen – Umrechnung und Vergleich von verschiedenen Analyseverfahren. Mitt. der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Nr. 92, ETH-Zürich.
- FTD f. WLW, GBL. WESTL. UNTERINNTAL (2001): Technischer Bericht zum Pletzbach: Verbauungsprojekt 2001.
- HABERSACK, H. (1995): Praktische Anwendung der HEC-Software. ÖWAV „Seminar Mathematische Modellierung offener Gerinne“. Bd. 17, Konstruktiver-Landschaftswasserbau, TU-Wien.
- HEY, R.D. (1979): Flow resistance in gravel-bed rivers. Journal of the Hydraulics Division, 105, No. HY4: 365 – 379.
- IHRINGER, J. & BEELITZ, W.-D. & GÜNTHER, Ch. & KRON, W. (1988): IHW. Softwarepaket für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Anwenderhandbuch, Bd. 1: Hochwasseranalyse. Inst. Für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Univ. Karlsruhe (TH), Karlsruhe.
- JARRETT, R.D. (1984): Hydraulics of high-gradient streams. Proc. Of the Am. Soc. Of Civil Eng., Journal of the Hydraulics Division, 110, Nr. 11: 1519 – 1539.
- KELLERHALS, R. & BRAY, D.I. (1971): Sampling procedures for coarse fluvial sediments. Proc. of the Am. Soc. of Civil Eng., Journal of the Hydraulics Division, Nr. 8: 1165 – 1180.
- LEOPOLD, L.B. (1970): An improved method for size distribution of stream bed gravel. Water Resources Research, 6, Nr. 5: 1357 – 1365.

- LINDNER, H. & BRAUER, H. & LEHMANN, C. (1998): Taschenbuch der Elektrotechnik und Elektronik. 7., völlig neu bearb. Aufl., 109 Tab.; Fachbuchverl. Leipzig im Carl-Hanser-Verlag, München, Wien.
- MEYER-PETER, E. & MÜLLER, R. (1948): Eine Formel zur Berechnung des Geschiebetriebes. Mitt. aus der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau, Nr. 16, ETH-Zürich.
- NOLL, H.-H. & KRAMER, C. (1996): Umweltberichterstattung und Umweltindikatoren. In: Diekmann, A. & C.C. Jaeger (Hrsg.): Umweltsoziologie. Kölner Zeitschrift für Soziologie und soziale Psychologie, SH 36, Westdt. Verlag, Köln: 516-547.
- ÖNORM L 1061 (1993): Physikalische Bodenuntersuchungen. Bestimmung der Korngrößenverteilung des mineralischen Feinbodens. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- PROFFITT, G.T. (1980): Selective transport and armoring of non-uniform alluvial sediments. Univ. of Canterbury, Dep. of Civil Eng. Christchurch, New Zealand; Research Report 80/22, Dissertation.
- RENNINGS, K. (1994): Indikatoren für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. Materialien zur Umweltforschung 24, Metzler-Pöschel.
- RUDOLF-MIKLAU, F. (2001): Untersuchungen an kohäsionslosen Sedimenten in kalkalpinen Wildbächen der Steiermark (Österreich): Beiträge zur Untersuchung der Fazies und des Kornspektrums von Wildbachsedimenten für ingenieurpraktische Fragestellungen am Beispiel von Einzugsgebieten der steirischen Kalkalpen. Diss. am Institut für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen, Univ. Bodenkultur, Wien.
- SCHRÖDER, R.C.M. (1990): Hydraulische Methoden zur Erfassung von Rauheiten – Bestimmung von Rauheiten. DVWK, Schriften 92; Verlag Pauley, Hamburg, Berlin.
- SKOLAUT, C. (2002): e-mail vom 22.05.2002.
- SUZUKI, K. & HANO, A. (1992): Grain Size Change of Bed Surface Layer and Sediment Discharge of an Equilibrium River Bed. Proc. of the Int. Grain Sorting Seminar, Ascona. Mitt. Nr. 117 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zürich: 151 – 156.

Literaturverzeichnis

- TOPP, G.C. (1980): Electromagnetic Determination of Soil Water Content: Measurements in Coaxial Transmission Lines. Water Resources Research. Vol 16: 574-582.
- VITEL (1994): Hydra Soil Moisture Probe User's Manual. 1-22. Vitel, Inc. 14100 Parke Long CT., Chantilly, VA 22021.
- ZELLER, J. (1996): Der k_{st} -Koeffizient in der Geschwindigkeitsgleichung von Strickler und dessen Problematik. Internationales Symposium Interpraevent 1996, Tagungspublikation, Bd. 4, Garmisch-Partenkirchen: 63 – 74.

Tabellenverzeichnis

TABELLE 2.1: VERGLEICH DER ABFLUSSSPITZEN UND -FRACHTEN DES EREIGNISSES 1992, DES BEMESSUNGSEREIGNISSES UND DES BEMESSUNGSEREIGNISSES NACH WIRKSAMWERDEN DER MAßNAHMEN AN DEN RAUMRELEVANTEN KNOTENPUNKTEN. Q_{MAX} : ABFLUSSSPITZE, QF: ABFLUSSFRACHT; [*]: LIMITIERT DURCH DIE AUFNAHMEFÄHIGKEIT DES GERINNES, DIE DIFFERENZ ZU KNOTENPUNKT 47 FÜHRT ZU ÜBERFLUTUNGEN. QUELLE: FTD F. WLIV, GBL. WESTL. UNTERINNTAL (2001: 19) 14

Gleichungsverzeichnis

$$k_s = \frac{L}{t_2 - t_1} \cdot \ln \frac{h_{i,1} - h_{a,1}}{h_{i,2} - h_{a,2}} \quad (\text{GL. 4.1}) \quad 30$$

$$\varepsilon_R = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \quad (\text{GL. 4.2}) \quad 32$$

$$\Delta p_i = \frac{\Delta q_i \cdot d_{mi}^{0.8}}{\sum_1^n \Delta q_i \cdot d_{mi}^{0.8}} \quad (\text{GL. 4.3}) \quad 39$$

$$p_{iC} = 0,2 + 0,75 \sum_1^i \Delta p_i \quad (\text{GL. 4.4}) \quad 39$$

$$p(d) = \sqrt{\frac{d}{d_{\max}}} \quad (\text{GL. 4.5}) \quad 39$$

$$d_m = \sum d_i \cdot \Delta p_i \quad (\text{GL. 4.6}) \quad 40$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{d_{84}}{d_{16}}} \quad (\text{GL. 4.7}) \quad 40$$

$$k_{st} = \frac{21,2}{\sqrt[6]{d_m}} \quad (\text{GL. 4.8}) \quad 40$$

$$k_{st} = \frac{23,5}{\sqrt[6]{d_{90}}} \quad (\text{GL. 4.9}) \quad 40$$

$$k_s = 3,6 \cdot d_{50} \quad (\text{GL. 4.10}) \quad 40$$

$$k_s = 3,5 \cdot d_{84} \quad (\text{GL. 4.11}) \quad 40$$

$$g_s = \frac{4}{\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1} * \left(\frac{d_{90}}{d_{30}} \right)^{0,2} * q * I^{1,6} * \left(1 - \frac{\theta_{krit} * \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right) * d_m}{t_{g+w} * I} \right) \quad (\text{GL. 4.12}) \quad 41$$

$$\left(\frac{d_{90}}{d_{30}} \right)^{0,2} \quad (\text{GL. 4.13}) \quad 41$$

$$v = k_{St} * r_{hy}^{2/3} * \sqrt{I} \quad \text{GL. 4.14} \quad 43$$

$$Q = A * k_{St} * r_{hy}^{2/3} * \sqrt{I} \quad \text{GL. 4.15} \quad 43$$