

WLS REPORT 99

Universität für Bodenkultur
Institut für Alpine Naturgefahren
und Forstliches Ingenieurwesen

Peter Jordan Str. 82
A-1190 WIEN

Tel.: 043-1-47654-4350
Fax: 043-1-47654-4390



ENDBERICHT

DOKUMENTATION DER UNWETTEREREIGNISSE IN DEN GEMEINDEN ST. STEFAN/VORDERBERG UND FEISTRITZ AN DER GAIL, KÄRNTEN, VOM 29. AUGUST 2003

111 Seiten, 78 Abbildungen, 31 Tabellen, 1 Karte, 1 CD-ROM



Im Auftrag:

**Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Kärnten, Gebietsbauleitung Gailtal und Mittleres Drautal**

Wien, Jänner 2004

**DOKUMENTATION DER UNWETTEREREIGNISSE
IN DEN GEMEINDEN ST. STEFAN/VORDERBERG
UND FEISTRITZ AN DER GAIL, KÄRNTEN,
VOM 29. AUGUST 2003**

Im Auftrag von: Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion
Kärnten, Gebietsbauleitung Gailtal und Mittleres Drautal

Meister Friedrich- Straße 2
A-9500 Villach

Geschäftszahl: 27/39-2003

In Zusammenarbeit mit der Firma GeoExpert Research and Planning GmbH

Projektleitung (BOKU): Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. J. **HÜBL**

Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. **JANU** Stefan
(Meteorologie, Hydrologie)

Univ.-Lektor Dipl.-Ing. Dr. **BAUNER** Michael
(Geschiebemodellierung, Maßnahmenplanung)

Dipl.-Ing. **GRUBER** Harald
(Kartierung „Stummer Zeugen“)

Univ.-Lektor Mag. **LEBER** Diethard
Technischer Geschäftsführer GeoExpert
(Geologie, Maßnahmenplanung, Reporting)

Dipl.-Ing. **HOLZINGER** Harald
(Kartierung „Stummer Zeugen“)

Univ.-Lektor Dipl.-Ing. **VOLK** Gerhard
Kaufmännischer Geschäftsführer GeoExpert
(Bearbeitung GIS-Projekt)

Universität für Bodenkultur
Institut für Alpine Naturgefahren
und forstliches Ingenieurwesen
Arbeitsbereich Wildbach –
Lawine – Steinschlag
Peter Jordan Str. 82
A-1190 Wien
Tel.: #43-1-47654-4350
Fax.:#43-1-47654-4390

GeoExpert Research and Planning GmbH
Bereich Naturgefahren – Angewandte Geologie

Döblinger Hauptstrasse 42
A-1190 Wien
Tel: #43-1-3674405
Fax.:#43-1-3674507

Referenz (Literaturzitat): HÜBL, J., LEBER, D., BRAUNER, M., JANU, S., VOLK, G., HOLZINGER, H., GRUBER, H. (2004): WLS Report 99: Dokumentation der Unwetterereignisse in den Gemeinden St. Stefan/Vorderberg und Feistritz an der Gail vom 29. August 2003.- 111 S., 78 Abb., 31 Tab., 1 Karte, 1 CD-Rom, Im Auftrag der WLV Sektion Kärnten, unveröffentlicht.



Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	3
2.1 Geologische und tektonische Situation – Feststoffquellen	10
2.2 Bachbeschreibung – Feistritzbach	11
2.2.1 Morphologie	11
2.2.2 Regionale geologische Situation – Feststoffquellen	12
2.3 Bachbeschreibung - Vorderbergerbach.....	15
2.3.1 Morphologie	15
2.3.2 Regionale geologische Situation – Feststoffquellen	15
3.1 Meteorologische Grundlagenerhebung	22
3.1.1 Meteorologische Stationen	23
3.1.2 Allgemeine Wetterlage im August 2003.....	25
3.1.3 Rekonstruktion des Ereignisverlaufs am 29.08.2003	26
3.2 Hydraulische Grundlagenerhebung.....	29
3.2.1 Querprofile	29
3.2.2 Sedimentologische Analyse des transportierten Geschiebes.....	37
3.3 Ereignischronik	41
3.3.1 Vorderberger Bach	41
3.3.2 Feistritzbach	43
4.1 Vorderberger Bach	45
4.1.1 Schwemmkegel	45
4.1.2 Schutzbauten.....	49
4.2 Feistritzbach	56
4.2.1 Schwemmkegel	56
4.2.2 Schutzbauten.....	56
5.1 Analyse meteorologischer Daten.....	63
5.1.1 Vergleich der Bemessungsniederschläge	63
5.2 Rückrechnung der aufgetretenen Spitzenabflüsse Feistritzbach	70
5.2.1 Ermittlung des Abflusses mittels Schätzung der Fließgeschwindigkeit	70

5.2.2	Ermittlung des Abflusses mittels berechneter Fließgeschwindigkeit.....	70
5.2.3	Fließgeschwindigkeiten in den Profilen vom Feistritzbach	71
5.2.4	Rückgerechnete Abflüsse.....	72
5.3	Hydraulische Abschätzung Vorderbergerbach	73
5.3.1	Analyse (MOSER et al. 2003).....	73
5.3.2	Fließgeschwindigkeiten im Profil Vorderbergerbach	75
5.3.3	Rückgerechnete Abflüsse.....	75
6.1	Rekonstruktion des Geschiebetransfers.....	77
6.2	Rekonstruktion der Prozessdynamik	78
6.2.1	Analyse Vorderbergerbach.....	79
6.2.2	Analyse Feistritzbach.....	86
7.1	Genereller Handlungsbedarf	91
7.2	Einzugsgebietspezifische Maßnahmen	91
7.2.1	Forststraßenbau	91
7.2.2	Flächenwirtschaftliche Maßnahmen – Schutzwald.....	93
7.2.3	Stabilisierung von „Lehnenanbrüchen“ und anderer Massenbewegungen	93

ZUSAMMENFASSUNG

Nach einer längeren Trockenperiode wurde das Gailtal in den letzten Augusttagen des Jahres 2003, infolge einer Tiefdruckwetterlage im Mittelmeerraum, die zur Ausbildung von Gewitterzellen in den Staulagen der Alpen führte, von heftigen Unwettern heimgesucht. Starke Regenfälle setzten in Südkärnten am späteren Vormittag des 29. August ein, die Niederschlagsspitzen wurden zwischen 14.00 Uhr und 19.00 Uhr erreicht. Die meteorologischen Stationen am Nassfeld bzw. in Arnoldstein zeichnen für den 29. August Niederschlagssummen von 250 mm bzw. 123 mm auf. Die in Vorderberg im Gailtal in den Karnischen Alpen erreichte Niederschlagsmenge wird vom Hydrographischen Dienst auf 285 mm geschätzt, eine Menge, die im stärker betroffenen Kanaltal noch bei weitem überschritten wurde. Bedingt durch die ungünstigen geologischen Verhältnisse in den Einzugsgebieten des Vorderbergerbaches (Vorderberger Wildbaches) und des Feistritzbaches führten die Starkregen und die starke Durchfeuchtung zur Mobilisierung der ausreichend verfügbaren Lockergesteinsmassen. Das Ostende der Karnischen Alpen im Bereich von Vorderberg und Feistritz ist einerseits durch eine intensive Schuppentektonik - damit auch durch ein ausgeprägtes Trennflächengefüge und einen kleinräumig schnell wechselnden Gesteinsbestand – gekennzeichnet, andererseits wurde die heute vorliegende Morphologie vor allem durch die Tätigkeit des Gailtalgletschers in den Eiszeiten geprägt. Der Gesteinsbestand in den Einzugsgebieten ist durch schwerer verwitterbare Kalke (Ederkalke – bestimmend im Vorderberger Bach; Bänderflaserkalke, Orthocerenkalke, Plattenkalke, Knollenkalke und Crinoidenschuttkalke – bestimmend im Feistritzbach) und andererseits durch tektonisch stark beanspruchte und leicht erodierbare Ordovizische Schiefer gekennzeichnet. Quartäre, glaziale Ablagerungen wie Moränenreste und Stausedimente am Eisrand sind speziell in den höher gelegenen Bereichen, aber auch in den Gräben der Einzugsgebiete weit verbreitet. Sie treten – in Verbindung mit Hangschuttmassen - in verstärktem Ausmaß in den Flanken des Kesselwaldgrabens (Vorderbergerbach), des Dolinzabaches (or. rechter Zubringer des Vorderbergerbaches), entlang des Feistritzbaches und im Jeserogaben (or. rechter Zubringer des Feistritzbaches) auf.

Der sehr stark erhöhte Abfluss im Gerinnesystem am 29. August führte einerseits zu einer starken Erosion der Sohl- und Bankbereiche und zu einer Unterschneidung der Einhangbereiche, andererseits kam es zur Ausbildung von Gleithorizonten in den

gerinnefernen Bereichen, meist an der Grenze zwischen anstehenden Festgesteinen (Ederkalke, Orovizische Schiefer) und Quartären Sedimenten (Stausedimente am Eisrand) bzw. Hangschuttmassen. Eine sehr starke Sedimentanlieferung erfolgte im Vorderberger Bereich aus den großen „Lehnenanbrüchen“ („Orencic Rise“, „Grosse Rise und „Kovcic Rise“) im Kesselwaldgraben.

Durch das Ereignis wurde in den Gemeinden Feistritz und Vorderberg und auch an den Einbauten der WLV großer Schaden hervorgerufen. So wurden in der Gemeinde Vorderberg rund 2/3 der Wohnobjekte von Feststoffablagerungen in Mitleidenschaft gezogen. Neben Schäden an Gebäuden wurde auch die Wasserversorgung der Gemeinde Vorderberg und einige Straßenverbindungen unterbrochen.

Durchgeführte Berechnung für Bemessungsniederschläge zeigen, dass die am 29. August 2003 in den Einzugsgebieten des Feistritzbaches bzw. des Vorderbergerbaches erreichten Niederschläge deutlich den Wert eines 100-jährliche Niederschlagsereignisses übersteigen.

Die Rückrechnung des aufgetretenen Spitzenabflusses im Feistritzbach aufgrund von geschätzten bzw. berechneten Spitzenabflüssen zeigt für ein Profil bei hm 11,87 rund 75 m³/s und für ein Profil oberhalb der Dosiersperre (hm 28,8) rund 95 m³/s. Im Gefahrenzonenplan der Gemeinde Feistritz an der Gail ist für den Eintritt des Bemessungsereignisses ein HQ150 von 72 m³/s angenommen.

Der aufgetretene Spitzenabfluss im Vorderbergerbach wird für das Profil bei hm 7,2 sowohl für Reinwasser aber auch mit Feststofftransport berechnet. Bei der Berechnung mit Reinwasser erhält man einen Spitzenabfluss zwischen 39 und 60 m³/s (nach RICKENMANN von 39,2 m³/s, nach STRICKLER 61,9 m³/s und nach JARRETT 35,8 m³/s).

Bei der Berechnung mit Einbeziehung des Feststofftransportes (RICKENMANN, 1999, 2001; SMART & JÄGGI, 1983) ergeben sich Spitzenabflüsse von 21 m³/s bzw. 33 m³/s. Der HD Kärnten (MOSER et al., 2003) gibt den Spitzenabfluss im Bereich unterhalb der Brücke (hm 7,2) mit 30–35 m³/s an.

Im Einzugsgebiet des Vorderberger Baches führte das Ereignis in den Bereichen des Kesselwaldgrabens sowie unterhalb der Einmündung des Dolinzabaches zu intensiver Feststoffmobilisierung. Die Ablagerungsbereiche oberhalb der Einmündung des Dolinzabaches sowie im Staubereich des Murbrechers führten zu einer maßgeblichen

Reduktion der Geschiebefracht. Bei einer gesamten Erosionsleitung von 477.500 m³ wurden 221.000 m³ im Einzugsgebiet retendiert, davon 120.000 m³ durch den Murbrecher. Die Differenz von 256.500 m³ wurde als Geschiebetrieb für den Unterlauf relevant und lagerte sich dort ab bzw. wurde durch den Vorfluter Gail abtransportiert. Das Einzugsgebiet des Feistritzbaches lieferte gleichmäßig über das gesamte Ereignis verteilt. Ein Großteil der mobilisierten Sedimente wurde oberhalb der Schluchtstrecken des Jesero- und Achomitzergrabens sowie in der neu errichteten Retentionssperre im Hauptgerinne retendiert. Bei einer Erosionsmenge von 60.100 m³ wurden 24.300 m³ oder 40 % im Gerinne und 35.800 m³ oder 60 % in der Sperre retendiert.

Es scheint unbedingt notwendig projektierte Forststrassentrassen im Vorfeld ihres Baues einer eingehenden geologischen Beurteilung zu unterziehen. Diese Situation findet sich insbesondere entlang der neuen Forstrasse von der Werbutzalm zur Dolinzaalm sowie in den Bereichen der eiszeitlichen Sedimente (Staukörper am Eisrand) des Kesselwaldgrabens und im Oberlauf des Feistritzbaches. Insgesamt sollte die Waldbehandlung durch kleinere Eingriffe erfolgen, welche die stabilisierende Wirkung der Wurzelschicht nicht nachhaltig unterbrechen. Natürlich vorkommende Baumartenmischung ist zu fördern und Kahlschläge sollten vermieden werden. Weiters sollten bereits bestehende, flachgründige Rutschkörper durch ingenieurbioologische Maßnahmen stabilisiert werden.

1 EINLEITUNG

In Folge von Starkniederschlägen kam es ab den Nachmittagsstunden des 29. August 2003 in den Bezirken Hermagor und Villach Land zu umfangreichen Vermurungen, wobei besonders die Gailtaler Gemeinden St. Stefan/Vorderberg und Feistritz stark betroffen waren.

Hielten sich die Schäden in der Gemeinde Feistritz noch in Grenzen, so wurden in der Gemeinde Vorderberg rund 2/3 der Wohnobjekte von Vermurungen in Mitleidenschaft gezogen. Neben Schäden an Gebäuden wurde auch die Wasserversorgung der Gemeinde Vorderberg und einige Straßenverbindungen unterbrochen. Ein größeres Ausmaß der Schäden konnte durch einen im Unterlauf des Vorderberger Baches gelegenen Murbrecher verhindert werden, welcher rund 120.000 m³ Wildholz und Geschiebe zurückgehalten hat.

Für die Maßnahmenplanung und weiterführende Projektierung ist die Erhebung der maßgeblichen Ereignisparameter, wie Abfluss und Geschiebefracht sowie die Ermittlung des Prozessgeschehens von entscheidender Bedeutung.

Ziel des vorliegenden Projektes war es einerseits eine umfassende Dokumentation und Analyse der Hochwassereignisse im Einzugsgebiet des Feistritzbaches und des Vorderbergerbaches vom 29. August 2003 durchzuführen, andererseits aus der Prozessdokumentation und Bewertung weiterführende Maßnahmen abzuleiten. Die Untersuchungen stützen sich auf die Auswertung von Hubschrauberphotographien, die Erhebung und Integration von externen Datenbeständen (Meteorologische Daten, Protokolle, Informationen zu Gesteinsbestand und Tektonik etc.) und Geländebegehungen. Im Rahmen der Geländekartierung wurden „stumme Zeugen“ von Feststoffumlagerungsprozessen am Schwemmkegel (Anschlaglinien), im Gerinne und von punktuellen Feststoffeintrag aus den seitlichen Einhängen erhoben.

Basierend auf den vorhandenen Informationen wurde eine Rückrechnung der aufgetretenen Abflüsse durchgeführt, die Geschiebebilanz berechnet und in Form von Geschiebefrachtdiagrammen (in Anlehnung an die Ergebnisse des Projektes ETAlp) dargestellt. Um eine integrierte Interpretation und Bewertung aller vorhandenen Informationen zu ermöglichen, wurden die Datensätze entsprechend den technischen Richtlinien in Form einer programmierten GIS-Applikation unter ESRI ArcView 3.2 aufbereitet.

2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

Der Vorderbergerbach (auch Vorderberger Wildbach) und der Feistritzbach entwässern durch eiszeitliche Aktivitäten intensiv überprägte Einzugsgebiete im zum Gailtal hin abfallenden Nordbereich der Karnischen Alpen. Die südliche Grenze der Einzugsgebiete wird im Wesentlichen durch die höchsten Erhebungen der Karnischen Alpen an der österreichisch-italienischen Grenze (Poludnig 1999 m, Oisternig 2052 m, Kapinberg 1735 m) gebildet. Beide Wildbäche entwässern, bedingt durch die generelle Orientierung der lithologischen Einheiten und der tektonischen Vorzeichnung prinzipiell in West-Ost Richtung, wenngleich der Lauf des Vorderberger Wildbaches, bei der Klamm oberhalb von Vorderberg, ebenfalls geologisch bedingt, abrupt in Nord-Süd Richtung dreht. Hier endet der Bereich der mächtigen, den Mittellauf des Vorderberger Baches prägenden Quartären Sedimente (Staukörper am Eisrand) und der Bach tritt in die mächtige Ederkalkformation ein.

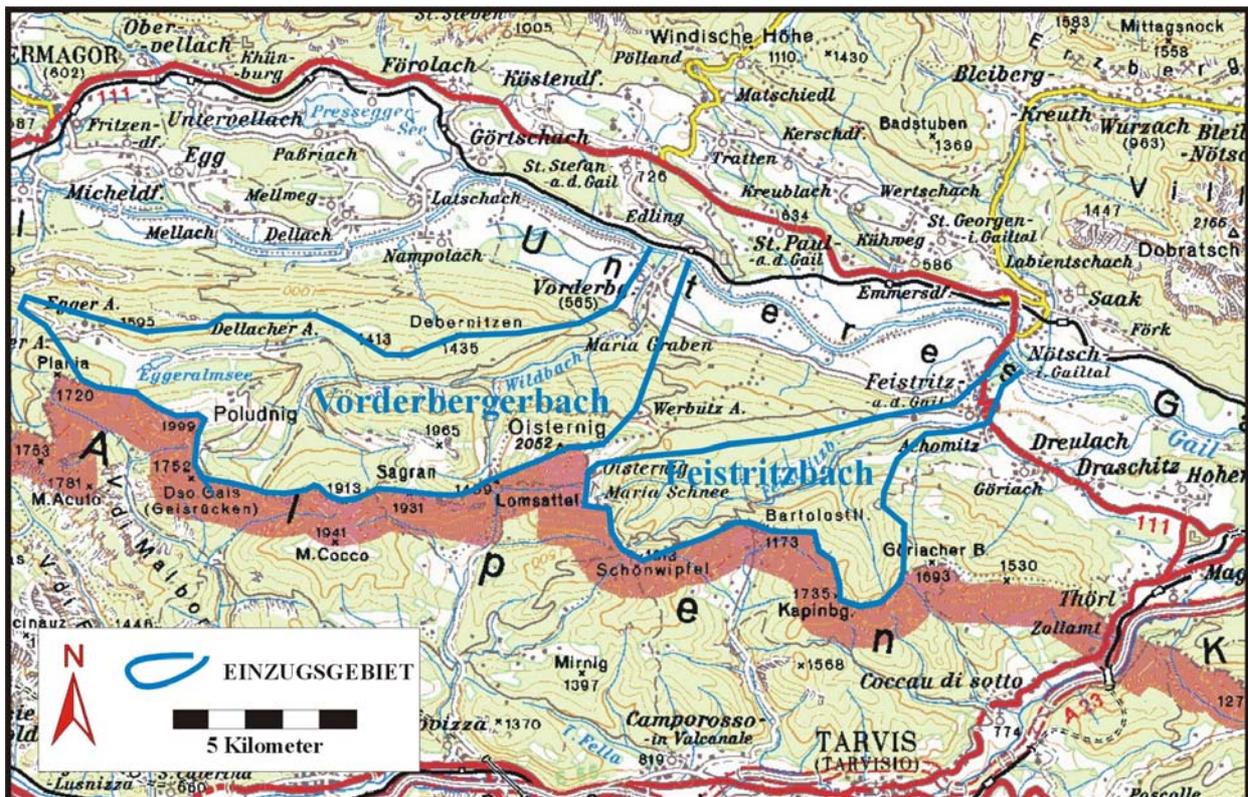


Abbildung 1: Lage der Einzugsgebiete des Vorderberger Wildbaches und des Feistritzbaches, am nördlichen Übergang der Karnischen Alpen zum Gailtal, Kärnten (Quelle: BEV; ÖK 1:200.000).

2.1 Geologische und tektonische Situation – Feststoffquellen

Die nördliche Flanke des Gailtales, im Bereich von Vorderberg und Feistitz, wird vom Gailtalkristallin aufgebaut, an welches im Norden das Karbon von Nötsch anschließt. Weiter im Osten folgen die Gesteine der Permotrias des oberostalpinen Drauzuges (Villacher Alpe, Dobratsch), welche eine große Ähnlichkeit zu Fazies (Gesteinsbestand) der nördlichen Kalkalpen aber auch der Südalpen aufweisen.

Südlich der Gailtallinie (Teil des periadriatischen Lineaments) bauen prävariszische Schichtfolgen des oberen Perms, sowie die Basis der südalpinen Trias den österreichischen Teil der Karnischen Alpen und der Westkarawanken auf. Ein etwa Nord-Süd verlaufendes Bruchsystem, die Gailitzer Furche, welche sich etwa 6,5 km südöstlich von Feistitz an der Gail befindet, trennt die Karnischen Alpen von den Westkarawanken ab.

Die Einzugsgebiete des Vorderberger Wildbaches und des Feistritzbaches werden zur Gänze durch die vorwiegend paläozoischen Schichtfolgen der Karnischen Alpen bestimmt. Bei den mehr oder weniger West-Ost streichenden (orientierten) Schichtfolgen des variszischen Deckenstockwerkes der Karnischen Alpen handelt es sich im Bereich des Vorderberger Wildbaches vor allem um graue Bänderkalke (Ederkalke) mit Einschaltungen von Lyditen, die weite Bereiche des Kesselwaldgrabens, Hirschwaldes und die Basis/Umrahmung der quartären Flächen der Egger Alm bzw. Dellacher Alm bilden. Neben den Ederkalcken kommt auch den auftretenden Ordovizischen Schiefen im Bereich des Vorderberger Wildbaches große Bedeutung zu.

Im Gegensatz zum Vorderberger Gebiet, welches fast zur Gänze durch Ederkalke und Ordovizische Schiefer eingenommen wird, weist das Einzugsgebiet des Feistritzbaches, bedingt durch eine sehr intensive Tektonik, einen stark wechselnden Gesteinsbestand auf, der von den grauen Schiefen und Sandsteinen der Hochwipfel-Formation bis zu Bänderflaserkalcken, Orthocerenkalcken, Plattenkalcken, grauen und roten Knollenkalcken und Crinoidenschuttkalcken reicht (GBA 1977, 1989). In die einzelnen Serien können immer wieder Grünschiefer und Ganggesteine eingeschaltet sein.

Generell ist das Ostende der Karnischen Alpen durch eine intensive Schuppentektonik beherrscht, wobei bis an den Grenzkamm reichend mindestens fünf steil bis mittelsteil nordvergente (nordgerichtete) Großschuppen mit wechselnder Mächtigkeit unterschieden werden können, die durch die Gesteine des Hochwipfelkarbons getrennt sind (GBA, 1982). Häufig, so auch im Bereich des Feistritzbaches, erfolgt eine Zerlegung in kleinere Kalkschuppen mit Versatz oder tektonisch bedingtem Auskeilen und auch Schichtwiederholungen sind zu beobachten.

Die heute vorliegende Morphologie im Gailtal und seinen Seitentälern wurde vor allem durch die Tätigkeit des Gailgletschers in den Eiszeiten geprägt. Sowohl der Gailtalgletscher als auch der Drautalgletscher der letzten Eiszeitperiode (Würm) haben im Bereich von Villach eine Mächtigkeit von mindestens 1000 m erreicht (GBA 1982). Die höheren Teile des Einzugsgebietes des Vorderberger Baches (zwischen Egger Alm und Dellacher Alm (Seebach) sind durch diese glazialen Ablagerungen (Grundmoräne, vereinzelt erkennbare Moränenwälle) gekennzeichnet. Die gerinnenahen Einhänge des Kesselwandgrabens bis zum Übergang auf den Vorderberger Schwemmkegel sind durch quartäre Lockersedimentablagerungen (Staukörper am Eisrand) geprägt, die bei Starkregenereignissen eine hohe Mobilität erreichen können, und als sehr wesentliche Feststoffquellen anzusehen sind. Auch größere Bereiche im Mittellauf des Feistritzbaches werden von diesen eisrandnahen Lockersedimenten eingenommen.

2.2 Bachbeschreibung – Feistritzbach

2.2.1 Morphologie

Neben dem Vorderbergerbach zählt der Feistritzbach zu den größten Wildbächen in den östlichen Ausläufern der Karnischen Alpen. Das entsprechend der tektonischen Voranlage mehr oder weniger West-Ost verlaufende Einzugsgebiet des Feistritzbaches entwässert ein Fläche von rund 15,4 km². Gegen Westen, Südwesten und Süden wird das Einzugsgebiet durch eine eindrucksvolle Gebirgskette die vom Oisternig (2065 m) über den Schönwipfel (1813 m) und den Göriacher Berg (1693 m) reicht, abgegrenzt, welche gleichzeitig die Staatsgrenze zu Italien bildet. Die Begrenzung des Einzugsgebietes gegen Norden (Gebiet des Vorderberger Baches) ist von niedrigeren Bergen wie dem Omberg (1384 m) bestimmt.

Der in den Flanken des Oisternig entspringende Feistritzbach bildet sich im oberen Einzugsgebiet durch die Vereinigung zweier maßgeblicher Gerinne (hm 84,6), die den Bauscagraben und den Bartolograben entwässern. Im Mittellauf werden noch die rechtsufrigen Gerinne des Weidengrabens (hm 71,00) und des Jeserograbens (hm 45,61) aufgenommen. Die linksufrigen Zubringer des Feistritzbaches sind bedingt durch die Morphologie nicht so stark ausgeprägt.

Am Ausgang des Feistritzgrabens biegt der Bach nach einer kurzen Klammstrecke nach Norden um und durchfließt die Ortschaft Feistritz, wobei die Vorderberger Landesstrasse und die Gailtal-Bundesstrasse unterquert werden, bevor er nach insgesamt 8 km Lauflänge rechtsufrig in die Gail mündet.

2.2.2 Regionale geologische Situation – Feststoffquellen

Im Gegensatz zum Vorderberger Gebiet, welches fast zur Gänze durch Ederkalke und Ordovizische Schiefer (siehe unten) eingenommen wird, weist das Einzugsgebiet des Feistritzbaches, bedingt durch eine sehr intensive Tektonik, einen stark wechselnden Gesteinsbestand auf, der von den grauen Schiefen und Sandsteinen der Hochwipfel-Formation bis zu Bänderflaserkalken, Orthocerenkalken, Plattenkalken, grauen und roten Knollenkalken und Crinoidenschuttkalken reicht (GBA 1977, 1989). In die einzelnen Serien können immer wieder Grünschiefer und Ganggesteine eingeschaltet sein.

Der Gesteinsbestand des Einzugsgebietes des Feistritzbaches zeigt einen schnellen, kleinräumigen Wechsel, der auf die ausgeprägte tektonische Situation (Schuppentektonik) am Nordostrand der Karnischen Alpen zurückzuführen ist.

In den Einhängen treten leicht verwitterbare Schieferschichten zutage, welche vielfach von glazialen Lockersedimenten und Hangschutt überdeckt sind. Haupt- und Seitengräben werden begleitet von zahlreichen Anrissen, welche erweiterungsfähig sind und wichtige Feststoffquellen darstellen.

Wie im Kesselwaldbereich des Vorderberger Wildbaches (siehe unten) sind auch die bachnahen Einhänge des Feistritzbaches durch quartäre Lockersedimente (Stausedimente am Eisrand) mit mächtiger Schuttauflage geprägt. Es kommt auch hier immer wieder zu Ausbildung von Anrissen und Rutschkörpern.



Abbildung 2: Seitliche Anrisse in den tonig-sandigen quartären Staukörpern am Eisrand im Oberlauf des Feistritzbaches.

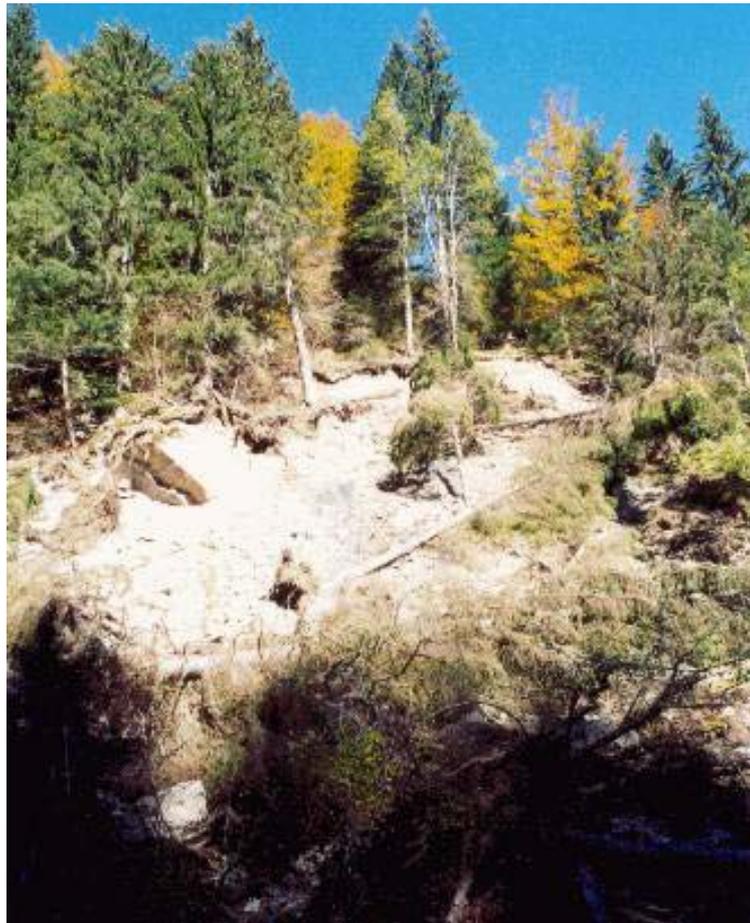


Abbildung 3: Seitliche Anrisse/Rutschkörper in den quartären Lockersedimenten am orographisch linken Einhang des Feistritzbaches bei der Straßenbrücke Richtung Bartolosattel.

Besonders der Jeserograbens ist in seinem Oberlauf durch mächtige Ablagerungen von quartären Lockersedimenten (Staukörper am Eisrand) gekennzeichnet, die immer wieder zur Ausbildung von Anrissen und Rutschungen neigen. Im Mittel- und Unterlauf des Jeserograbens finden sich wieder anstehendes Festgestein wie graue Knollenkalke und graue Schiefer (Hochwipfel-Formation).

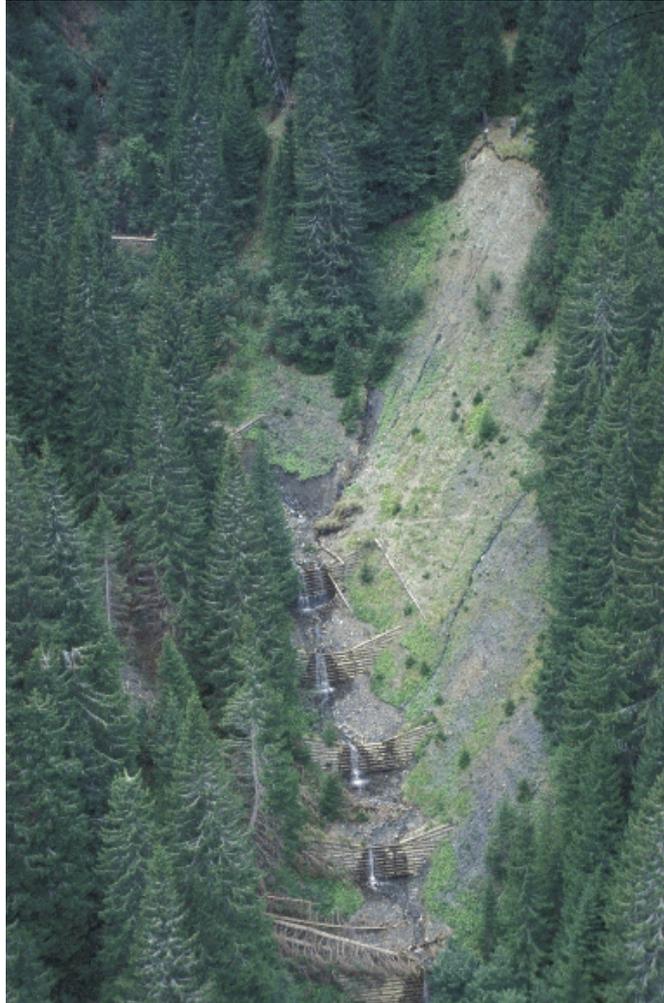


Abbildung 4: Seitliche Anrisse/Rutschkörper in den quartären Lockersedimenten im Oberlauf des Jeserograbens mit Einbauten.

2.3 Bachbeschreibung - Vorderbergerbach

2.3.1 Morphologie

Der Vorderbergerbach, dessen Quellgebiete an den Abhängen des 1999 m hohen Poludnig und im Kesselwaldgebiet liegen, weist im obersten Lauf eine Südwest-Nordost orientierte Richtung auf. Als erster rechtsufriger Seitenbach wird der von der Görtschacher Alm kommende Görtschacher Bach bei hm 95 aufgenommen. Knapp unterhalb von hm 92 tritt der Vorderbergerbach in eine von hohen Steilwänden aus Ederkalken begrenzte Klamm ein, welche er zwischen hm 89 und hm 88 wieder verlässt. Hier ändert sich seine Laufrichtung welche nun bis zur Klamm knapp vor dem Vorderberger Schwemmkegel in West-Östlicher Richtung verläuft. Bei hm 78 erfolgt seine Vereinigung mit dem am linken Ufer einmündenden Dellacher Bach (Seebach), welcher sein Ursprungsgebiet im Eggeralmsee hat. Nach dem Durchfluss durch den aus mächtigen Ederkalken aufgebauten Kesselwaldgraben mit seiner quartären Sedimentverfüllung wird als letzter größerer Zufluss bei hm 48 rechtsufrig der Dolinzabach aufgenommen. Dieser entspringt am Südhang des Starhand (Dolinza Alm). Zwischen hm 25 und 24 verlässt der Vorderbergerbach den Bereich der quartären Sedimentverfüllung und schneidet sich in der Klamm südwestlich von Vorderberg (Maria Graben) tief in die anstehenden Ederkalke ein, wobei er seinen Lauf in S-N Richtung ändert. Nach dem Durchfluss des Ortes Vorderbach mündet er in den Gailfluss ein.

2.3.2 Regionale geologische Situation – Feststoffquellen

Das Einzugsgebiet des Vorderbergerbaches ist durch eine spezielle geologische Situation gekennzeichnet, welche durch in sehr starkem Maß vorhandene Feststoffquellen ein hohes Potential für erhöhte Feststoffführung/Vermurung hervorruft.

Der Bereich Eggeralm/Dellacher Alm ist durch Ablagerungen von eiszeitlichen Sedimenten (Grundmoräne) gekennzeichnet, vereinzelt sind auch noch Moränenwälle zu erkennen. Die Verebnungsflächen werden durch Felspartien aus grauen Ederkalken und Bänderflaserkalken umrahmt, wobei in ausreichendem Maß Abtragungsschutt und feinkörnigeres Material zur Verfügung steht. Bedingt durch die hohen Niederschlagsmengen am 29./30. August 2003 kam es selbst in mittelsteilen Bereichen zur Ausbildung von „Hangmuren“, so auch östlich des Eggeralmsees.



Abbildung 5: Schwemmfächer von den orographisch rechten Einhängen im Bereich 950 m östlich des Eggeralmsees.

Der Dellacher Bach (Seebach) östlich der Dellacher Alm ist durch eine mächtige quartäre Sedimentverfüllung gekennzeichnet (Grundmoräne), in welche sich der Bach eingegraben hat. Die Lockersedimente tendieren immer wieder zu Ausbildung von oberflächlichen Rutschungen. Zahlreiche Anrisse in den Bachflanken dokumentieren dies. Rund 700 m oberhalb des Zusammenflusses des Dellacher Baches (Seebach) mit dem Görtschacher Bach tritt der Bachlauf in anstehendes Festgestein ein. An der Bankung und den Kluffflächen zerlegte Ederkalke gehen in tektonisierte leichter erodierbare dunkle Schiefer über. Diese werden weiterhin von quartären Sedimenten und mächtigem Hangschutt überlagert.



Abbildung 6: Übergang zwischen harten, schwer verwitterbaren Ederkalken mit steilstehender Bankung (C) und leicht erodierbaren tektonisierten Schiefen (B) rund 700 Meter oberhalb des Zusammenflusses von Dellacher Bach (Seebach) mit dem Görtschacher Bach. Die anstehenden Schiefer/Ederkalke werden von quartären Sedimenten (Grundmoräne) und Hangschutt überdeckt.

Im Bereich des Zusammenflusses von Görtschacher Bach mit Dellacher Bach (Seebach) ändert sich der Charakter des Bachverlaufes einschneidend. Er tritt in den steilen Kesselwandgraben ein, dessen südliche Flanken fast zur Gänze von massiven grauen Ederkalken aufgebaut sind, welche im Hangenden von Bänderflaserkalken, Knollenkalken und grauen Schiefen und Sandsteinen (Hochwipfel-Formation) überlagert werden. Der nördliche Einhang, der generell eine geringere Neigung aufweist, wird durch Ederkalke und im Bereich westlich der Koutschitzalm durch ordovizische, leichter verwitterbare und erodierbare Schiefer eingenommen.

Das Prozessgeschehen bestimmende Element sind aber die hier grosse Mächtigkeiten erreichenden quartären Lockersedimente, Tone, Schluffe und Sande, welche im Staubereich am Eisrand des würmzeitlichen Gailtalglaciers und seiner Ausläufer abgelagert wurden. Die tonig (teilweise Seetone), glimmerreichen Sedimente bilden Stauhorizonte aus, die vom mächtigem Hangschutt überlagert werden und gut an Vernässungen und Quellaustritten erkennbar sind. In diesen quartären Lockersedimenten kommt es einerseits immer wieder zu oberflächennahen Rutschungen, speziell in den vom Bachlauf unterschrittenen Bereichen, und zur Ausbildung von Anrissen. Besonders eindrucksvoll sind die Anrisse in den Lockersedimenten im Bereich des Kesselwandgrabens zwischen hm 28 und 46. Die große Bedeutung der Anrisse („Lehnenanbrüche“) ist auch dadurch angedeutet, dass

ihnen bereits lokale Ortsnamen zugewiesen wurden („Orencic Rise“ rechtsufrig bei hm 29,74; „Grosse Rise“ rechtsufrig bei hm 35; „Kovcic Rise“ bei hm 46,60; WLV 1960).



Abbildung 7: Anrisse in den Quartären Lockersedimenten und Hangschuttauflagen im Bereich des Kesselwaldgrabens als fast unerschöpfliche Feststoffquellen.

Die quartären Lockersedimente halten im weiteren Bachverlauf unter den bedeutenden Anrissen im Kesselwaldgraben bis zu seinem Eintritt in die Klamm vor Vorderberg (Ederkalk) weiter an. Wobei im Hangbereich zwischen Koutschitzalm und dem Vorderberger Bach die geologische Situation noch ungünstiger wird, da hier verwitterte Ordovizische Schiefer von Stausedimenten am Eisrand überlagert werden, auf welchen wiederum mächtiger Hangsschutt auflagert. Hier werden entlang der Gleitbahnen immer wieder oberflächennahe Rutschkörper ausgebildet. Im Zuge der Starkniederschläge am 29./30. August 2003 haben hier ausgedehnte Massenbewegungen stattgefunden, die

einerseits zur Verlegung der Landesstrasse und der Zerstörung einer Landesstrassenbrücke und andererseits zur Unterbrechung der Vorderberger Wasserversorgungsleitung geführt haben.



Abbildung 8: Durch den Bachlauf unterschrittene quartäre Lockersedimente mit Hangschuttauflage im Bereich südlich der Koutschitzalm. Die geologische Situation (Überlagerung verwitterte Schiefer/Stausedimente am Eisrand/Hangschutt) begünstigt bei Starkregenereignissen das Auftreten von Massenbewegungen.

Weitere wichtige Geschiebeherde befinden sich im Oberlauf des Dolinzabaches. Hier ist der Bach tief in quartäre Lockersedimente (Stausedimente am Eisrand eingeschnitten). Es kommt immer wieder zu seitlichen Anbrüchen und Anrissen, die beträchtliche Feststoffquellen darstellen können.



Abbildung 9: Stausedimente am Eisrand (Seetone) mit Überlagerung von Hangsschutt bei der Dolinza Alm. Entlang der stauenden Tone bilden sich bei Starkregenereignissen Gleithorizonte aus, welche Rutschungen hervorrufen.



Abbildung 10: Anrisse in den durch Hangsschutt überlagerten Stausedimenten am Eisrand (Seetone) im Bereich des Grabens bei der Dolinza Alm.

3 EREIGNISDOKUMENTATION

Um den Ereignishergang und das Prozessgeschehen nachvollziehen zu können, bedarf es einer eingehenden Dokumentation der Ereignisse. Zu diesem Zweck wurden geologisch/geomorphologische Grundlageninformationen (Lithologie, Tektonik, Lockersedimente – Geschiebedargebot), meteorologische Grundlagendaten (Datenreihen regionaler Niederschlagsmessstationen) und Chronikdaten (Hochwassermeldungen, Aufzeichnungen über vergangene Ereignisse) und hydraulische Grundlagendaten erhoben und mit anderen Informationen im Geo-Informationssystem Arc-View zusammengeführt.

Darüber hinaus erfolgte eine Aufnahme der maßgeblichen Grundlagen vor Ort im Rahmen mehrerer Geländebegehungen. Während der ersten Geländebegehung, die unmittelbar anschließend an das Ereignis Ende August/Anfang September durchgeführt wurde, stand auch ein Hubschrauber des Innenministeriums zur Verfügung, aus welchem Luftbilder der kaum zugänglichen Gebiete (unterbrochene Straßenverbindungen) aufgenommen werden konnten, welche wertvolle Informationen über das Prozessgeschehen und die verursachten Schäden lieferten.

Die im Rahmen der Geländebegehungen vor Ort erhobenen Grundlagen umfassen vor allem:

- Erhebung der „Stummen Zeugen“ in den Einzugsgebieten
- Flächige Kartierung der Ablagerungsfläche/Ablagerungshöhe auf den Schwemmkegeln im Ortsbereich von Vorderberg und Feistritz auf Basis des digitalen Katasterblattes
- Quantitative Erhebung und Verortung der gerinnenahen Massenverlagerungsprozesse beider Einzugsgebiete
- Quantitative Erhebung und Verortung der gerinnefernen Massenverlagerungsprozesse (Hangmuren) in beiden Einzugsgebieten
- Aufnahme von Auflandungsstrecken (Bachaufweitungen, Verflachungsstellen, verfüllte Ablagerungsbecken bzw. Geschieberückhaltesperren)
- Bestimmung der durch das Ereignis abgetragenen bzw. aufgelandeten Geschiebekubaturen aus Grundlage für die durchgeführte Erstellung von

Geschiebefrachtdiagrammen (in Anlehnung an die Ergebnisse des Projektes ETAIp)

- Untersuchung von Wild- und Treibholzansammlungen in den Bachläufen bzw. bei bestehenden Bauwerken
- Verortung und Überprüfung der bestehenden Verbauungen in den Einzugsgebieten und Dokumentation von aufgetretenen Schäden infolge des Ereignisses

3.1 Meteorologische Grundlagenerhebung

Das Gailtal zählt zu den niederschlagsreichsten Landschaften Kärntens. Der Hauptanteil des Niederschlages entstammt Südwestlagen. Tiefdruckentwicklungen im Mittelmeer stauen sich an den Alpen und regnen in den Staugebieten ab. Im Süd-Westen Kärntens, also im Gail und Lesachtal, aber auch im oberen Drautal treten in den Tallagen jährliche mittlere Niederschlagssummen von 1100 mm bis 1500 mm auf.

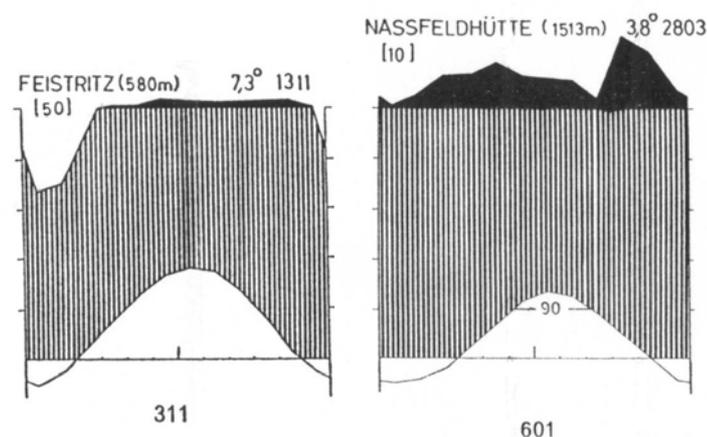


Abbildung 11: Klimadiagramme von nahe gelegenen Klimastationen (Feistritz an der Gail, Nassfeldhütte) Quelle: WALTER & LIED (1967).

Wie aus dem Klimadiagramm (WALTER & LIED 1967) hervorgeht, fällt in Feistritz an der Gail (580 m ü.A.) der überwiegende Teil des Niederschlages in den Monaten April bis Oktober. Die Jahresmittelwerte der Niederschläge liegen bei 1311 mm, die Jahresmittel der Temperaturen liegen bei +7,3 C.

Die Nassfeldhütte (1513 m ü.A.) weist den Klimatyp der Hochplateaulagen auf. Über das ganze Jahr herrscht hoher Niederschlag mit dem Maximum im Monat Oktober, fallweise auch im November. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 2803 mm, die Jahresmitteltemperaturen liegen bei +3,8 C.

3.1.1 Meteorologische Stationen

Da die hohe Niederschlagsintensität am 29.8.2003 einen Ausfall von zahlreichen Niederschlagsstationen zur Folge hatte, konnten die Niederschläge des Starkregenereignisses nur von 2 Stationen des Hydrographischen Dienstes (Nassfeld und Arnoldstein) im näheren Ereignisbereich ausgewertet werden. Für die Analyse der Bemessungsniederschläge wurde zusätzlich die Station Feistritz an der Gail (St. Nr.: 113738) herangezogen. Außerdem wurden die Niederschlagsintensitäten zum Zeitpunkt des Ereignisses, vom Kanaltal in Italien (TROPEANO, et al. 2004) mit den Stationen des Hydrographischen Dienstes Kärnten verglichen.

Es standen auch Niederschlagsdaten vom VERBUND - AUSTRIAN HYDRO POWER AG Fachgruppe Erzeugung Bau Niederdruckanlagen, Sachgebiet Hydrographie von den Stationen Nassfeld (St. Nr.: 1111130) und Feistritz an der Gail (St.Nr.: 1111118) zur Verfügung. Da diese Daten mit den Werten der HD-Stationen am 29.08.2003 nicht korrelieren, konnten diese für eine weitere Analyse nicht verwendet werden.

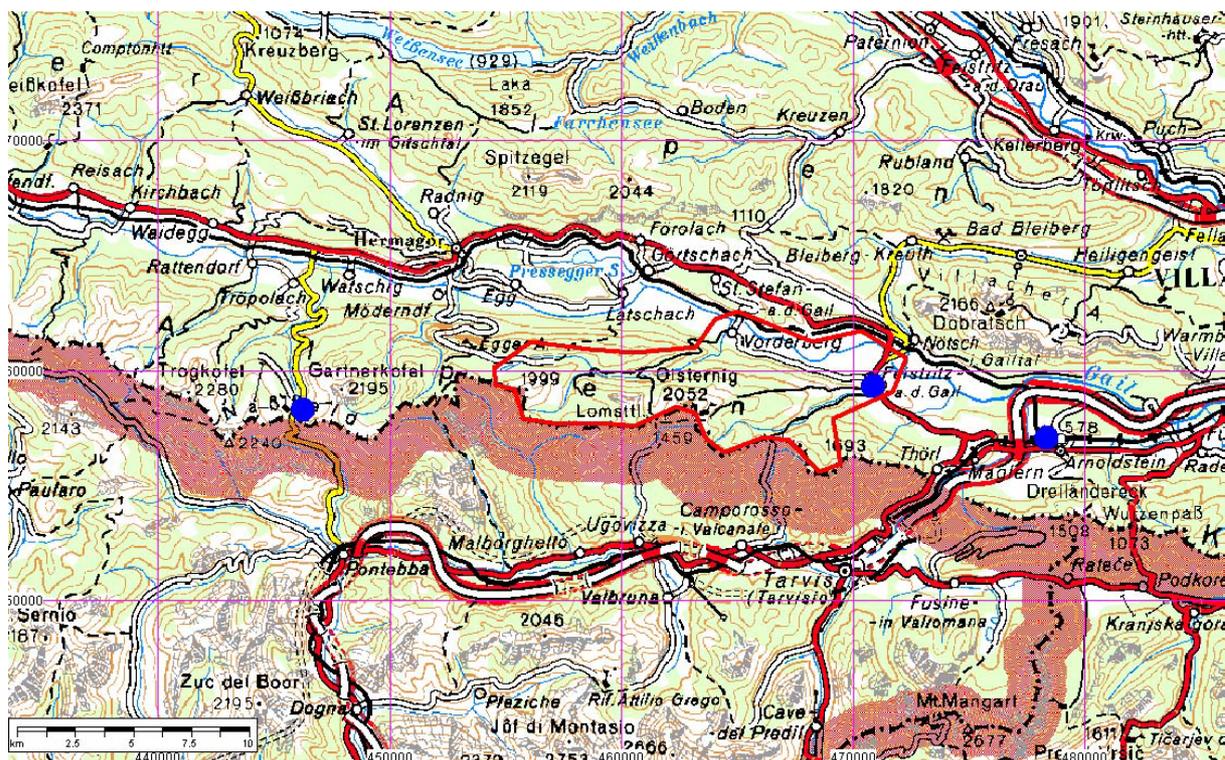


Abbildung 12: **blau:** Niederschlagsmessstationen des Hydrographischen Dienstes (Nassfeld, Arnoldstein, Feistritz an der Gail); **rot:** Untersuchungsgebiet.

Niederschlagsstation	Arnoldstein	Feistritz an der Gail	Nassfeld	Nassfeld
Meßstellenummer	113746	113738	114637	113696
Seehöhe [m ü.A.]	576	590	1530	1590
Beobachtungsbeginn/ Ende	1880	1895	1984	1930-1978
Betreiber	HD	HD	HD	ZAMG
Gerät	Ombrometer	Ombrometer	Ombrometer	Ombrometer
Maximaler Jahresniederschlag [mm]	1968	1854	2765	3536
Mittlerer Jahresniederschlag [mm]	1296	1319	2206	2404
Maximaler Monatsniederschlag [mm]	426	419	841	981
Mittlerer Monatsniederschlag [mm]	228	235	469	453
Maximaler Tagesniederschlag [mm]	164	188	286	235
Mittlerer Tagesniederschlag [mm]	67	68	137	127

Tabelle 1: Kennwerte der einzelnen Stationen.

Bei der Station Nassfeld ist darauf hinzuweisen, dass diese Station im Zeitraum von 1930 bis 1978 von der ZAMG (St.Nr.: 113696) geführt wurde. Seit 1984 wird diese Station vom Hydrographischen Dienst (St.Nr.: 114637) betreut. Weiters ist anzumerken, dass es einige Versetzungen und Beobachtungspausen bis 1984 gab (Tabelle 2). Für die Berechnung der Bemessungsereignisse wurden für die Station Nassfeld daher nur Daten seit 1984 herangezogen.

Jahr	1930-1942	1943-1949	1950-1963	1964-1968	1969-1970	1971-1977	1977-1978	1979-1984	seit 1984
Seehöhe [m]	1513	keine Messung	1513	keine Messung	1520	1620	1590	keine Messung	1530

Tabelle 2: Aufzeichnungsintervalle der Station Nassfeld.

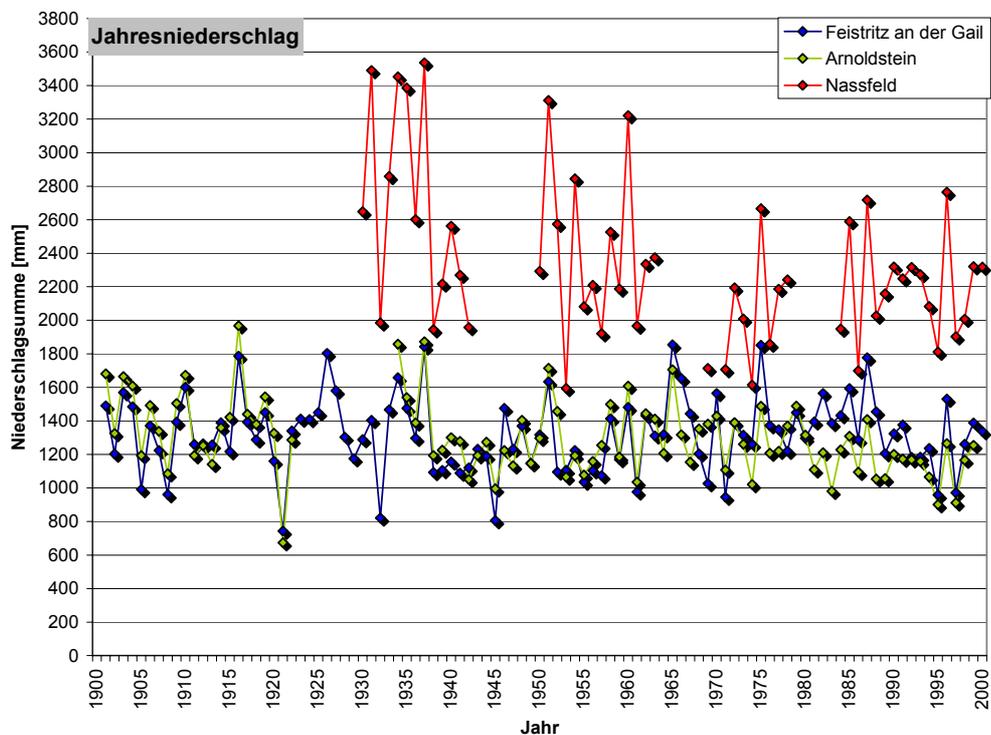


Abbildung 13: Jahresniederschläge der Stationen Feistritz an der Gail, Arnoldstein, Nassfeld.

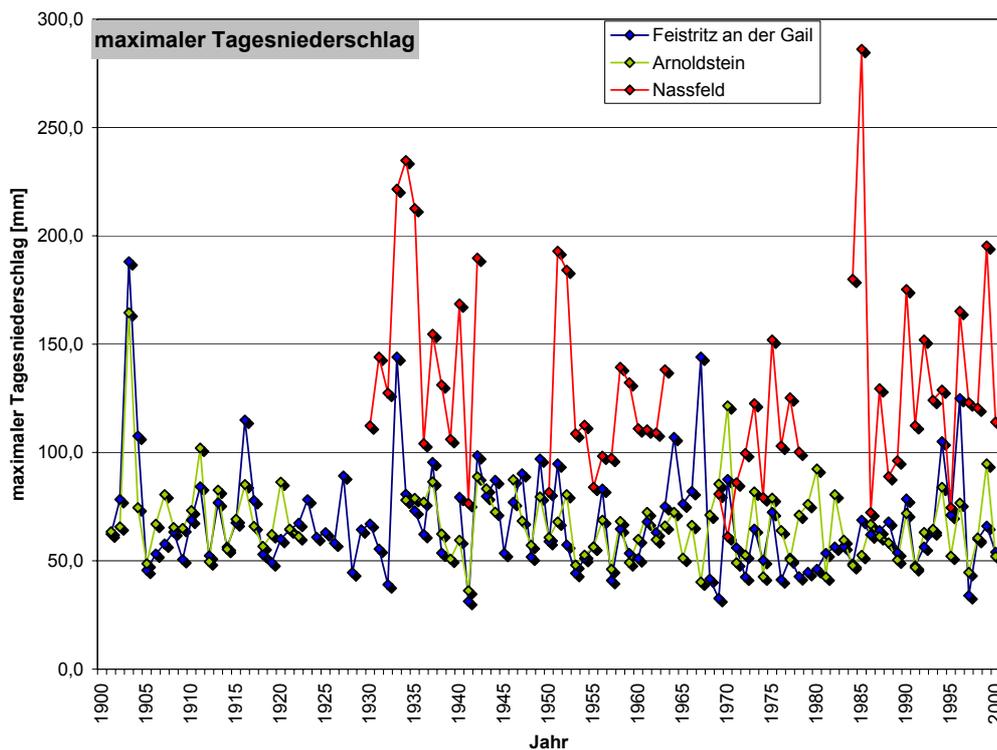


Abbildung 14: Maximale Tagesniederschläge der Stationen Feistritz an der Gail, Arnoldstein, Nassfeld

3.1.2 Allgemeine Wetterlage im August 2003

Bis kurz vor Monatsende war der August 2003 von Trockenheit geprägt, nur lokal hatte es normale Regenmengen gegeben. Die letzten drei Augusttage änderten die Situation im Süden dramatisch. Infolge einer SW-Wetterlage wurde das Kärntner Gailtal durch heftige Unwetter heimgesucht. Dies drückt sich in Kärnten im August durch übernormale Monatssummen aus, die bis 228 % der Normalniederschlagsmenge in Klagenfurt reichen (Abbildung 15) (ZAMG 2003).

Allgemein kann festgestellt werden, dass die erheblichen Niederschlagsereignisse sich überwiegend aus kurzzeitigen Schauern oder Gewittern mit höherer Intensität ergeben haben. Dauerregen mit geringer Intensität aber großer Quantität sind im August nur fallweise aufgetreten. Ende August wurde die Niederschlagsarmut des Monats binnen 3 Tagen mit Niederschlägen z.T. über den durchschnittlichen Monatsmitteln aufgeholt (Abt.18-Wasserwirtschaft/ Unterabteilung Hydrographie Kärnten 2003).

Prozent des Niederschlagsnormalwertes August 2003

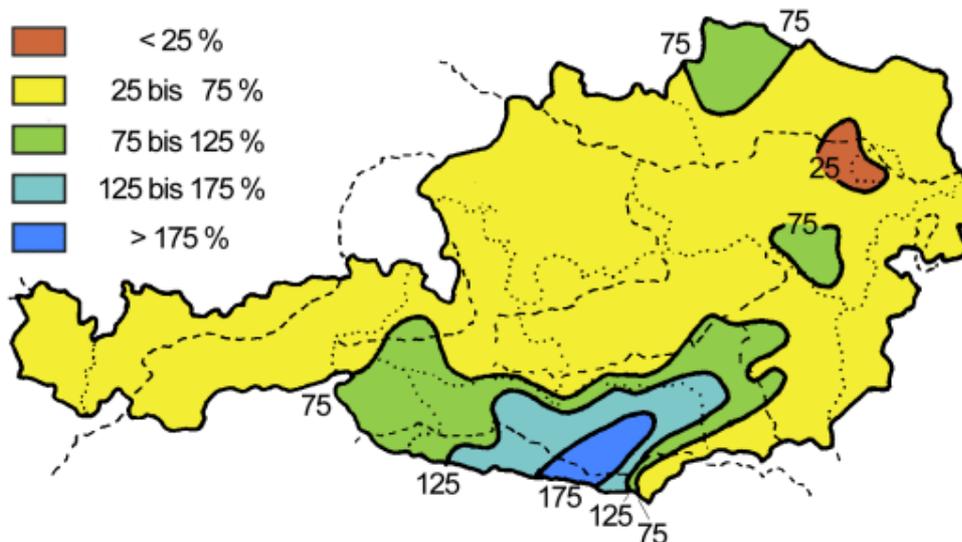


Abbildung 15: Prozent des Niederschlagsnormalwertes August 2003. (Quelle: ZAMG)

3.1.3 Rekonstruktion des Ereignisverlaufs am 29.08.2003

Die Wetterkarten vom 29. und 30.08.2003 (Abbildung 16, Abbildung 17) zeigen, dass eine Kaltfront von Süd-Westen die Hitzeperiode in Österreich beendete. Mit ihr verbundene Gewitter und Niederschläge nahmen in Südösterreich und Norditalien, speziell im Gailtal und Kanaltal, ab den frühen Nachmittagstunden des 29.08.2003 Unwettercharakter an.

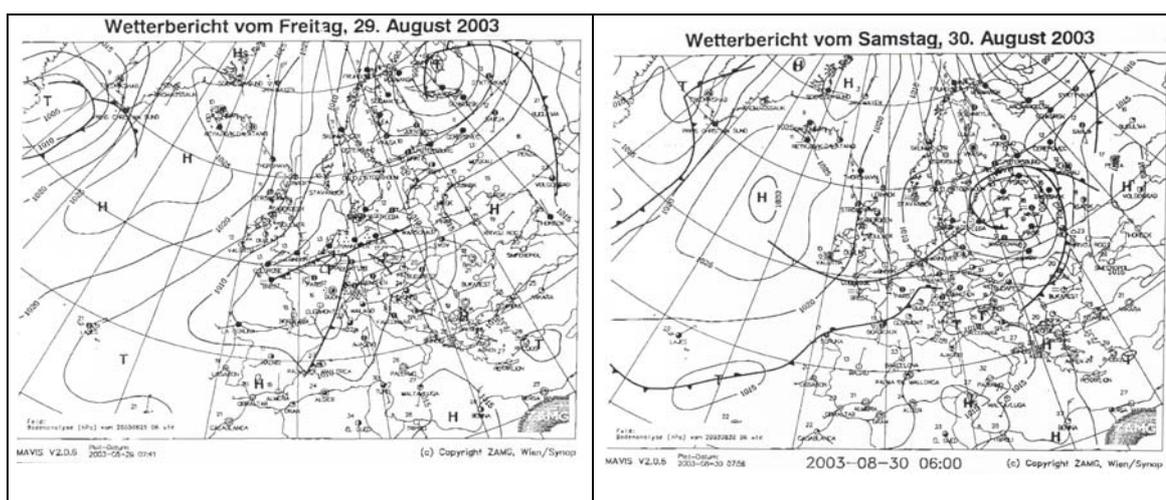


Abbildung 16: Wetterkarte vom 29.08.2003; Abbildung 17: Wetterkarte vom 30.08.2003;
Quelle: ZAMG

Der Schwerpunkt der Niederschläge lag in Kärnten im Bereich des unteren Gailtales und in Italien im Kanaltal (siehe Tabelle 3).

Niederschlagsstation	Tagesniederschlag
Heiligenblut	11mm
Irschen	26 mm
Maria Luggau	13 mm
Plöckenpass	60 mm
Nassfeld	222 mm
Arnoldstein	138 mm
Faak am See	80 mm
Villach Hundmarhof	113 mm
Bodental	30 mm
Klagenfurt	83 mm
Diex	56 mm
Falkert	93 mm
Flattnitz	52 mm
Friesach- Gaisberg	30 mm
Wolfsberg	32 mm
Vorderberg (geschätzt HD)	285 mm
Kanaltal	390 mm

Tabelle 3: Tagesniederschläge vom 29.08.2003 der einzelnen Stationen in Kärnten; (Quelle: HD Kärnten)

Die Interpolation der Tagesniederschläge für die in Tabelle 3 angeführten Stationsdaten erfolgte mit Hilfe eines Rasters mit 250x250 m Auflösung. Als Interpolationsverfahren wurde Universal Kriging mit linearer Driftinterpolation unter Einbeziehung von 16 Stationen gewählt (ArcView v3.2 Kriging Universal1 mit Standardeinstellung). Daraus ergibt sich die Isohyetenkarte (Abbildung 18) und der berechnete mittlere Tagesniederschlag für die Einzugsgebiete (Tabelle 4).

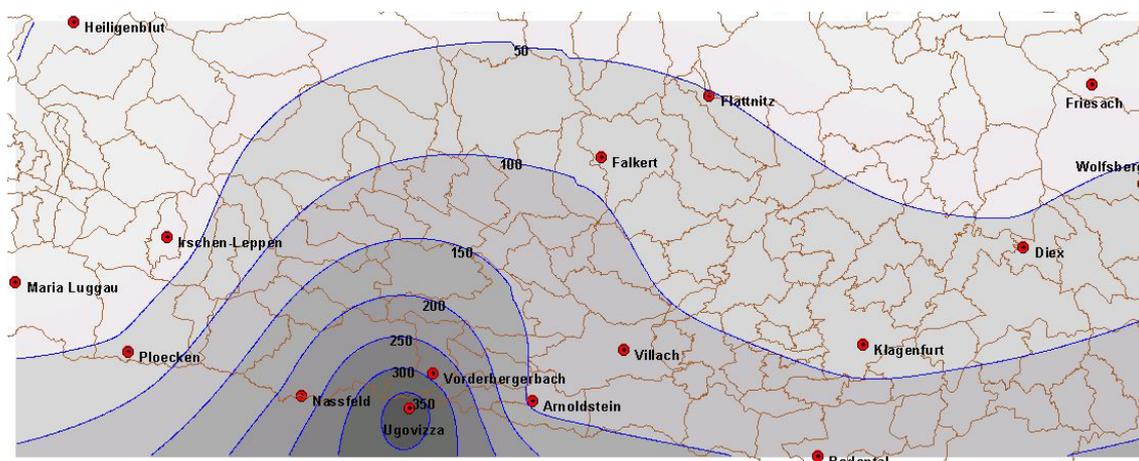


Abbildung 18: Niederschlagsanalyse für das Hochwasserereignis am 29.08.2003; (Datengrundlage: HD Kärnten)

Einzugsgebiet	Tagesniederschlag
Vorderbergerbach	322 mm
Feistritzbach	288 mm

Tabelle 4: Berechneter mittlerer Tagesniederschlag für die Einzugsgebiete; (Datengrundlage: HD Kärnten)

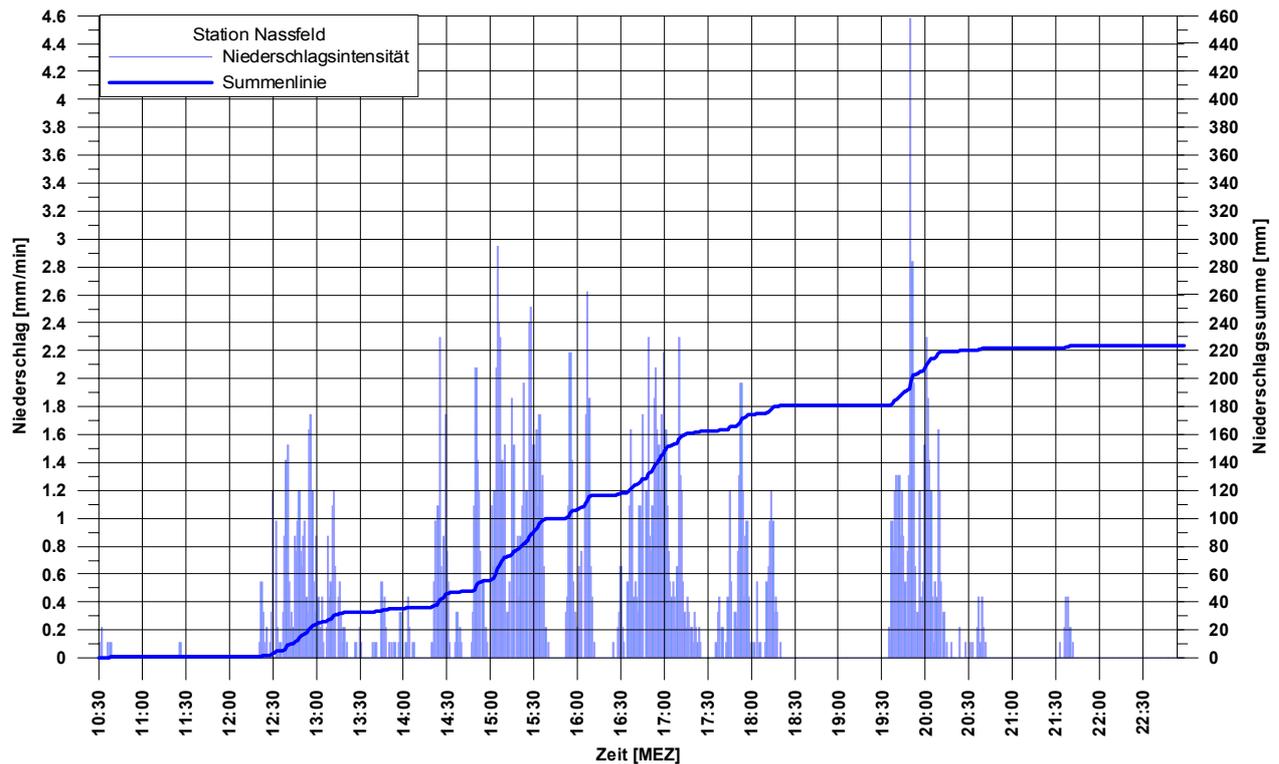


Abbildung 19: Niederschlagsintensität und Niederschlagssumme der Station Nassfeld vom 29.10.2003; (Quelle: HD)

In der Abbildung 19 ist ersichtlich, dass der Niederschlagsbeginn am Nassfeld um 12:20 MEZ einsetzt und bis 20:40 MEZ andauert. Die höchsten Niederschlagsintensitäten sind zwischen 14:25 MEZ und 18:15 MEZ aufgetreten. Die Spitzenintensitäten liegen zwischen 2,5 mm/min und 2,95 mm/min (15:05 MEZ). In der Zeit zwischen 15:00 MEZ und 16:00 MEZ betrug die Niederschlagsintensität 50 mm/h. Die zweite Niederschlagsspitze ereignete sich zwischen 19:35 MEZ und 20:10 MEZ. Hier wurde eine Niederschlagsintensität von 40 mm/h erreicht. Die Niederschlagssumme am Nassfeld zwischen 12:20 MEZ und 18:20 MEZ betrug 180 mm in 6 Stunden.

Von 12:20 MEZ bis 20:15 wurde eine Niederschlagssumme von 220 mm in etwa 8 Stunden registriert.

Der Niederschlag beginnt bei der Station Arnoldstein um 10:45 MEZ und endet um 19:50 MEZ (Abbildung 20). Die höchsten Niederschlagsintensitäten traten zwischen 14:45 MEZ und 19:30 MEZ auf. In der Zeit von 14:12 MEZ und 15:12 MEZ wurden 24 mm/h registriert.

Die Tagesniederschlagssumme der Station Arnoldstein betrug 123 mm in etwa 7 Stunden.

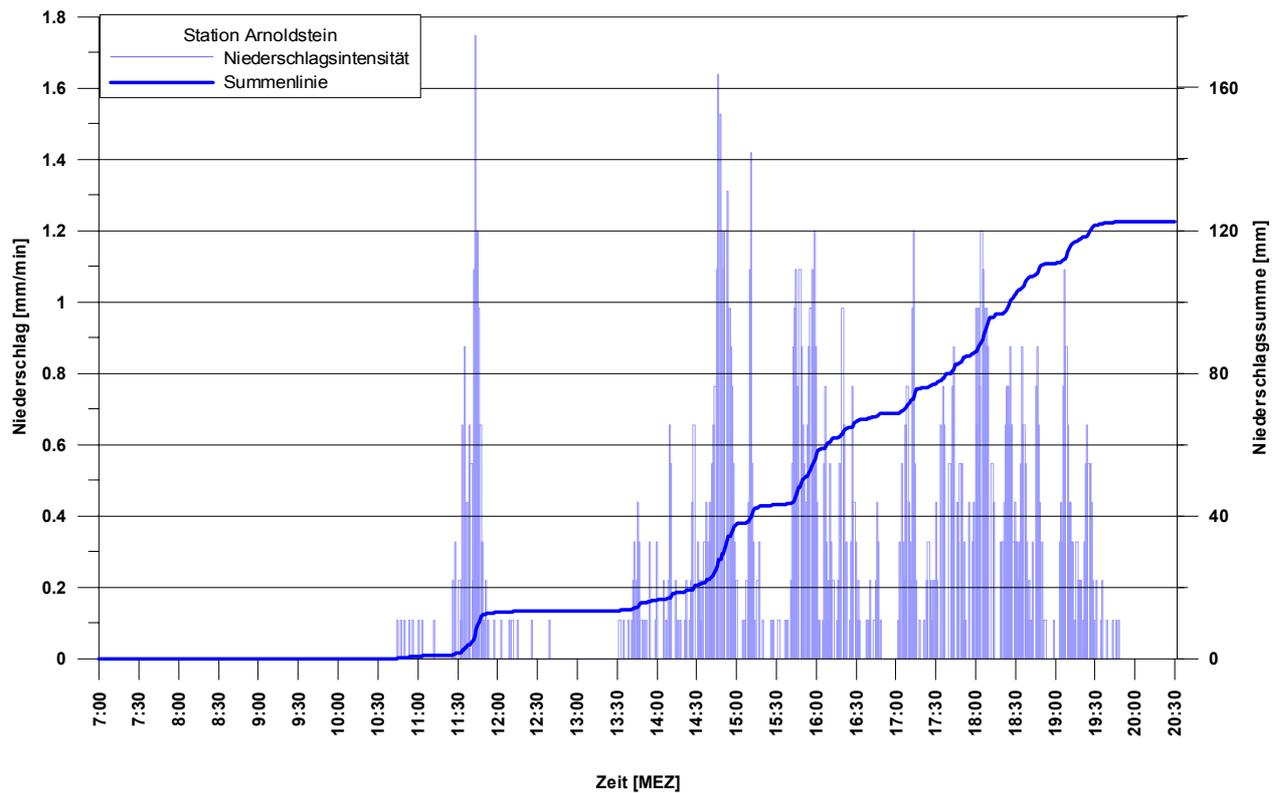


Abbildung 20: Niederschlagsintensität und Niederschlagssumme der Station Arnoldstein vom 28.10.2003; (Quelle: HD)

3.2 Hydraulische Grundlagenerhebung

3.2.1 Querprofile

Für die Durchführung von hydraulischen Berechnungen und Abschätzung der Geschiebemengen wurden an mehreren Stellen des Feistritzbaches und des Vorderbergerbaches Querprofile und folgende hydraulischen Kenngrößen aufgenommen: Querschnittsfläche, Anschlaglinie, Sohlneigung, Rauigkeitsbeiwert (Stricklerbeiwert), Korndurchmesser d_{90} , d_{50} , d_{30} . Die Lokalisierung von repräsentativen Abflussquerschnitten für die Ermittlung der hydraulischen Kenngrößen erwies sich dabei als schwierig.

3.2.1.1 Querprofile Feistritzbach

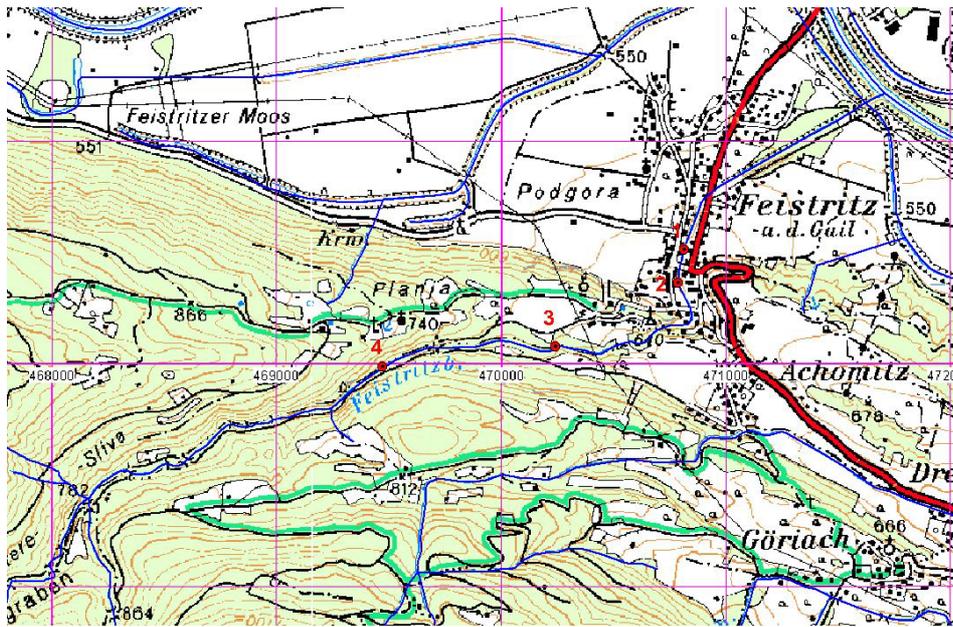


Abbildung 21: Aufgenommene Querprofile vom Feistritzbach; Bei Punkt 4 wurde zusätzlich eine Linienzahlanalyse (3.2.2.1) durchgeführt

Profil	hm	Fläche [m ²]	Umfang[m]	Kst	Neigung [%]	Abflusstiefe [m]	d30 [cm]	d50 [cm]	d90 [cm]
1	11,87	17,55	18,56	25	3	2,5			
2	13,00	10,78	8,90	25	8,5	2,2			
3	21,65	89,15	34,35			4,6			
4	29,80	18,50	12,45	18	5	2,8	0,78	2,15	7,27

Tabelle 5: Kennwerte der aufgenommenen Querprofile am Feistritzbach.

3.2.1.1.1 Querprofil 1 Feistritzbach hm 11,87

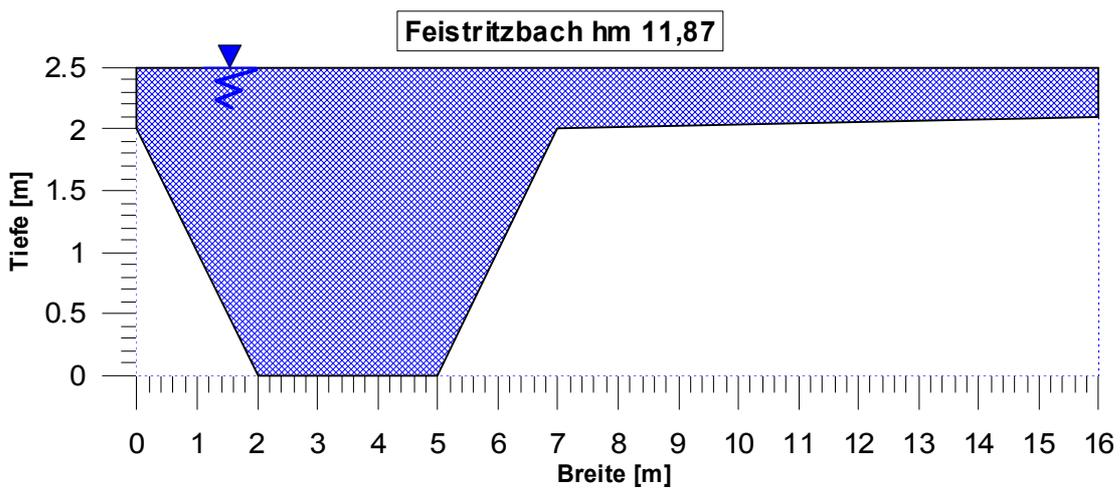


Abbildung 22: Querprofil 1 im Feistritzbach bei hm 11,87; blau: Durchflussfläche beim Ereignis

Der Durchflussquerschnitt zum Hochwasserzeitpunkt betrug an dieser Stelle 17,55 m², die Abflusstiefe 2,5 m. Die Sohlenneigung beträgt 3 ‰. Das Profil ist für einen Durchflussquerschnitt von ca. 10 m² und einer Abflusstiefe von 2 m dimensioniert.



Abbildung 23 Trapezgerinne im Ortsbereich Feistritz bei hm 12,37; (Quelle: WLV vom 01.09.2003)

3.2.1.1.2 Querprofil 2 Feistritzbach hm 13

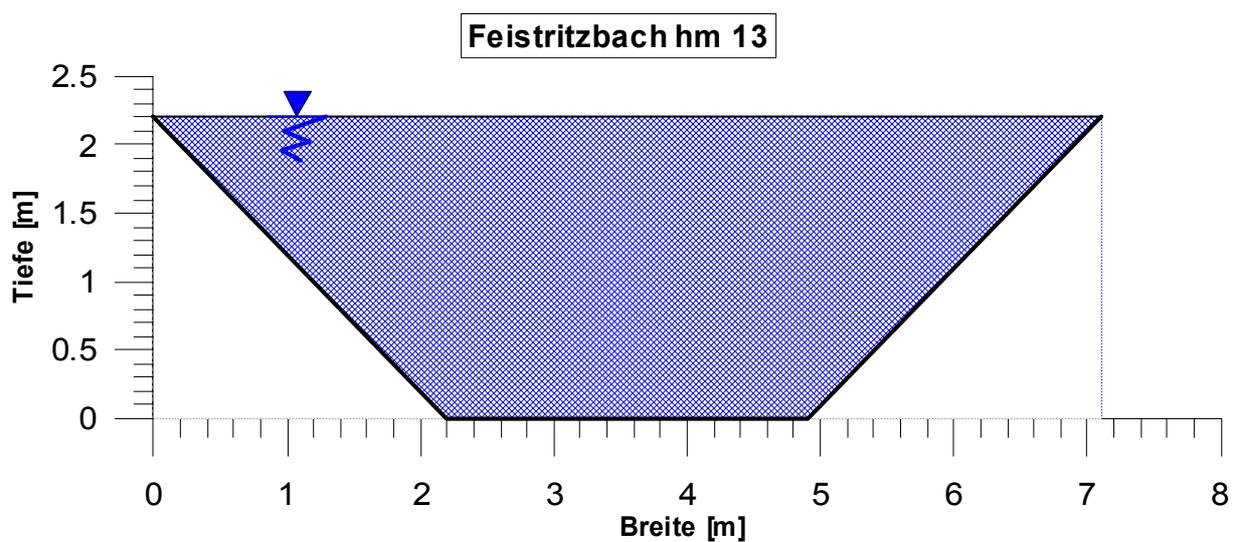


Abbildung 24: Querprofil 2 vom Trapezprofil im Feistritzbach hm 13; blau: Durchflussfläche beim Ereignis

Zum Zeitpunkt der Abflussspitze war das Profil bordvoll (Durchflussquerschnitt 10,78 m², Abflusstiefe 2,2 m). Die Sohlneigung beträgt an dieser Stelle 8,5 %.

3.2.1.1.3 Querprofil 3 Dosiersperre Feistritzbach hm 21,65

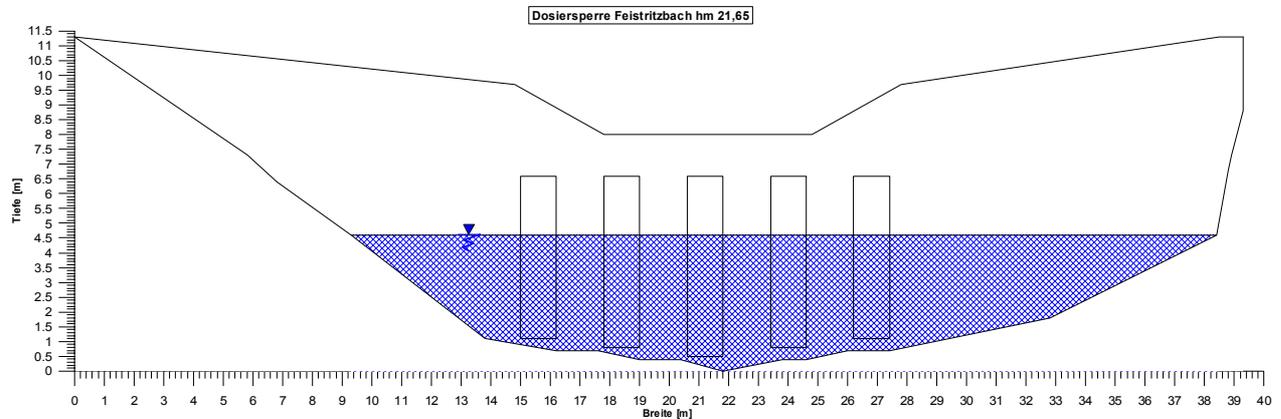


Abbildung 25: Querprofil Dosiersperre Feistritzbach hm 21,65; blau: Fläche der Geschiebeablagerung

Die im Mai 2000 fertiggestellte Geschiebedosiersperre ist 12,21 m (Krone 9 m) hoch und 39,3 m breit (Abbildung 25). Die Dosiersperre weist 5 Schlitze mit einer Höhe von 5 – 6,5 m und 1,2 m Breite auf (Durchflussfläche = 36,84 m²).

Die Sperre wurde bei dem Ereignis bis auf eine Höhe von 4,5 m völlig mit Geschiebe eingestaut. Der aufgestaute Querschnitt bei der Sperre errechnete sich mit 89 m² (Abbildung 26).

Hinter der Sperre wurde das Geschiebe auf einer Länge von 300 m und einer Breite von rund 50 m abgelagert. 100 m hinter der Sperre beträgt die Ablagerungshöhe noch 2 m, nach 300 m noch 1 m (Abbildung 27).

Es wird angenommen, dass sich rund 35.000 m³ Geschiebe hinter der Sperre abgelagert haben.



Abbildung 26: Dosierversperre Feistritzbach hm 21,65; bachaufwärts: Abgelagertes Geschiebe nach dem Ereignis (28.10.2003).



Abbildung 27: Dosierversperre Feistritzbach hm 21,65; Verlandungsraum schon fast zur Gänze wieder freigebaggert (28.10.2003).

3.2.1.1.4 Querprofil 4 Feistritzbach hm 29,8

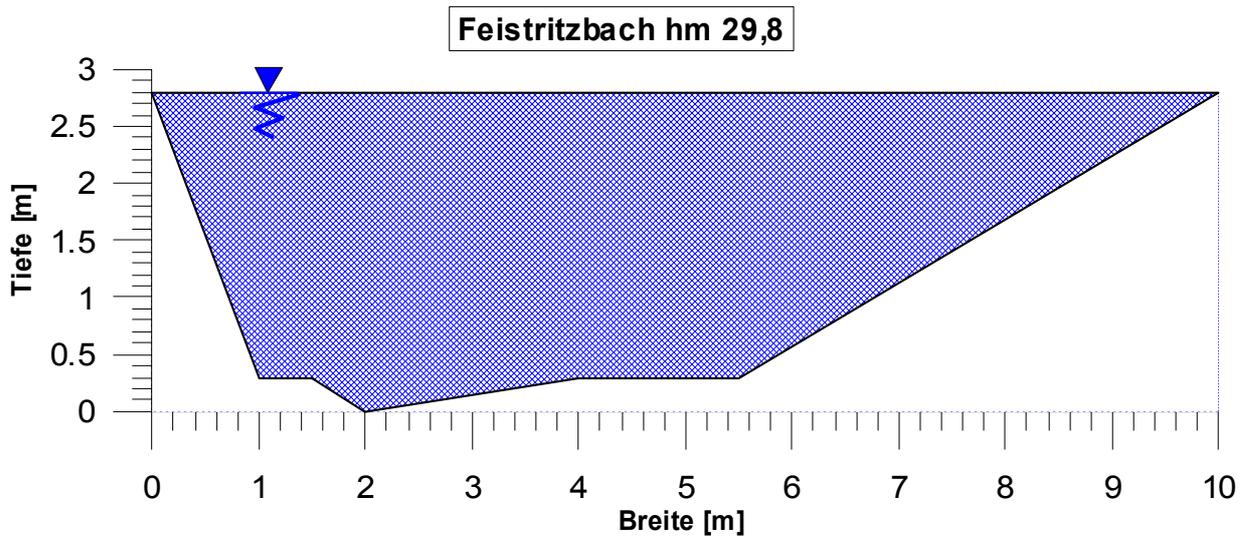


Abbildung 28: Durchflussprofil 4 Feistritzbach hm 29,8

Das Profil wurde an einer Stelle mit einer stabilen Bachsohle aufgenommen (Abbildung 28). Der Durchflussquerschnitt an dieser Stelle betrug beim Ereignis $18,5 \text{ m}^2$, die maximale Abflusstiefe ist mit 2,8 m ermittelt worden (Abbildung 29). Die Sohlenneigung beträgt 5 %.



Abbildung 29: Gerinnequerschnitt Feistritzbach hm 29,8

3.2.1.1.5 Querprofile Vorderbergerbach

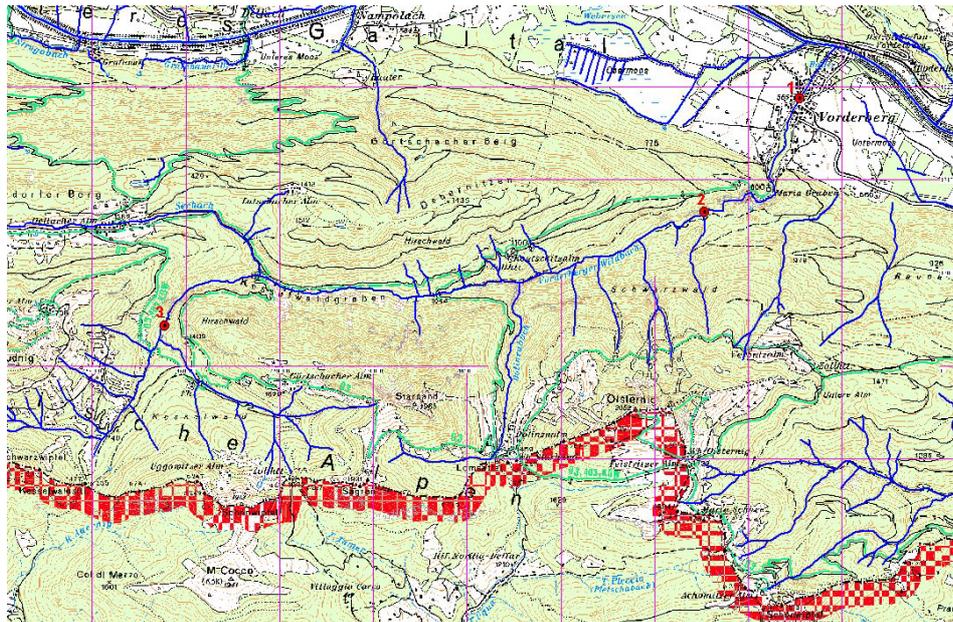


Abbildung 30: Aufgenommene Querprofile Vorderbergerbach (Punkt 1 und 2); Linienzahlanalyse Punkt 2 und 3.

Profil	hm	Fläche [m ²]	Umfang[m]	Abflusstiefe [m]	Neigung [%]	d30 [cm]	d50 [cm]	d90 [cm]
1	7,2	12,98	10,9	2,24	2			
2	27,8	188,65	31,12	4,5		0,84	2,34	8,08
3	92,5					1,38	3,4	13,35

Tabelle 6: Kennwerte der Aufgenommenen Profile am Vorderbergerbach.

3.2.1.1.6 Querprofil 1 Vorderbergerbach hm 7,2

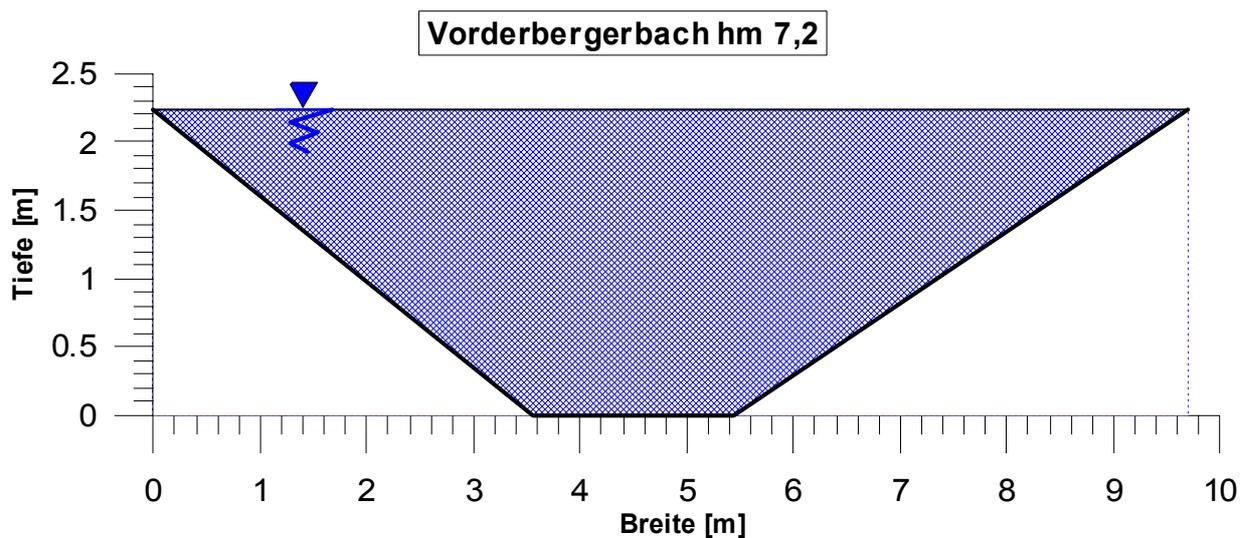


Abbildung 31: Trapezprofil (Querprofil 1) im Vorderbergerbach hm 7,2; blau: Durchflussfläche beim Ereignis.



Abbildung 33: Murbrecher Vorderbergerbach hm 27,80



Abbildung 34: Murbrecher Vorderbergerbach hm 27,80; dahinter: abgelagertes Geschiebe nach dem Ereignis

3.2.2 Sedimentologische Analyse des transportierten Geschiebes

3.2.2.1 Durchführung von Linienzahlanalysen zur Bestimmung massgeblicher Geschiebefraktionen

Die physikalische und mathematische Modellierung von Geschiebetransportvorgängen in Flüssen und Wildbächen erfordert die Kenntnis der Kornzusammensetzung des Grundmaterials. Als Grundmaterial wird dasjenige Material verstanden, aus welchem

alle anderen sich im Flussbett befindlichen Materialien durch selektive Transport- und Ablagerungsvorgänge hervorgehen. Das Grundmaterial ist das ursprüngliche Material des transportierten Geschiebes, des Unterschichtmaterials und des Deckmaterials. Bei letzterem wird noch zwischen Material aus einer Pflasterungsschicht und solchem aus einer Oberflächenschicht unterschieden.

Zu diesem Zweck eignet sich die Linienzahlanalyse mit Auswertung nach Anzahl sehr gut. Um systematische Fehler bei der Auswahl der zu untersuchenden Steine zu vermeiden, wird eine Schnur über die zu analysierende Deckschicht gespannt und dann werden die Steine, welche unter der Schnur liegen, nach Durchmesserklassen (Fraktionen) gezählt. Als Durchmesser gilt die mittlere Achse (b-Achse) der Steine. Um eine gute Repräsentanz der Analyse zu gewährleisten, sind als Minimum 150 Steine grösser 1-2 cm mit wenigstens 10 Steinen in den häufigsten Klassen zu zählen. In der mittleren Klasse sollten wenigstens 30 Steine gezählt werden, wobei die Grenzdurchmesser der einzelnen Klassen eine geometrische Progression mit dem Quotienten $\sqrt{2}$ bilden sollten. Die Linienzahlanalyse wurde nach ANASTASI (1984), bzw. FEHR (1987) ausgewertet und umgerechnet. Die Feianteile wurden über statistische Verteilungen (Fullerkurverteilung) ergänzt. Im Feistritzbach (Abbildung 21) ist eine Linienzahlanalyse bei hm 29,8 und im Vorderbergerbach (Abbildung 30) bei hm 28 und hm 92,5 durchgeführt worden.

Fraktion [cm]	di	Linienpr. 1	Linienpr.2	Tot. Lin. Verteilung	qiL**	dqiL**	dqiL*dj ^{0,8}	SDqiL*di ^{0,8}	piV**	piV**c	U	PIV*(Fu)	PIV	di
0	0													0
0,1	0,1											0,08165	0,08165	0,1
0,2	0,2											0,11547	0,11547	0,2
0,5	0,5											0,18257	0,18257	0,5
<1	0,8	24	0	24	0,136	0,176	0,147	0,147	0,076	0,307	0,9878774	0,23094	0,30698	0,8
1-2	1,5	31	0	31	0,313	0,222	0,306	0,454	0,234	0,426	1,0175728	0,31623	0,42551	1,5
2-3	2,5	39	0	39	0,534	0,142	0,296	0,749	0,386	0,540	0,9105946	0,40825	0,53984	2,5
3-4	3,5	25	0	25	0,676	0,153	0,418	1,167	0,602	0,701	1,0115134	0,48305	0,70146	3,5
4-6	5,0	27	0	27	0,830	0,091	0,329	1,497	0,772	0,829	1,1002110	0,57735	0,82886	5
6-8	7,0	16	0	16	0,920	0,034	0,162	1,659	0,855	0,891	1,0582514	0,68313	0,8914	7
8-10	9,0	6	0	6	0,955	0,028	0,165	1,823	0,940	0,955	1,0559175	0,7746	0,95511	9
10-12	11	5	0	5	0,983	0,017	0,116	1,939	1,000	1,000	1,1078234	0,85635	1	11
12-15	13,5	3	0	3	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,1385501	0,94868	1	13,5
15-20	17,5	0	0	0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,1338934	1,08012	1	17,5
20-25	22,5	0	0	0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,1055416	1,22474	1	22,5
25-30	27,5	0	0	0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,0871146	1,35401	1	27,5
30-35	32,5	0	0	0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,0741723	1,47196	1	32,5
35-40	37,5	0	0	0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	0,6324555	1,58114	1	37,5
40-50	45			0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,0000000	1	1	45
50-60	55			0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,0000000	1	1	55
60-80	70			0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,0000000	1	1	70
80-100	90			0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,0000000	1	1	90
100-120	110			0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,0000000	1	1	110
120-150	135			0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,0000000	1	1	135
150-200	175			0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,0000000	1	1	175
>200	200			0	1,000	0,000	0,000	1,939	1,000	1,000	1,0000000	1	1	200
Σ		176	0	176				1,939						

d30	0,78
d50	2,15
d90	7,27

Tabelle 7: Auswertung der Linienzahlanalyse Feistritzbach hm 29,8

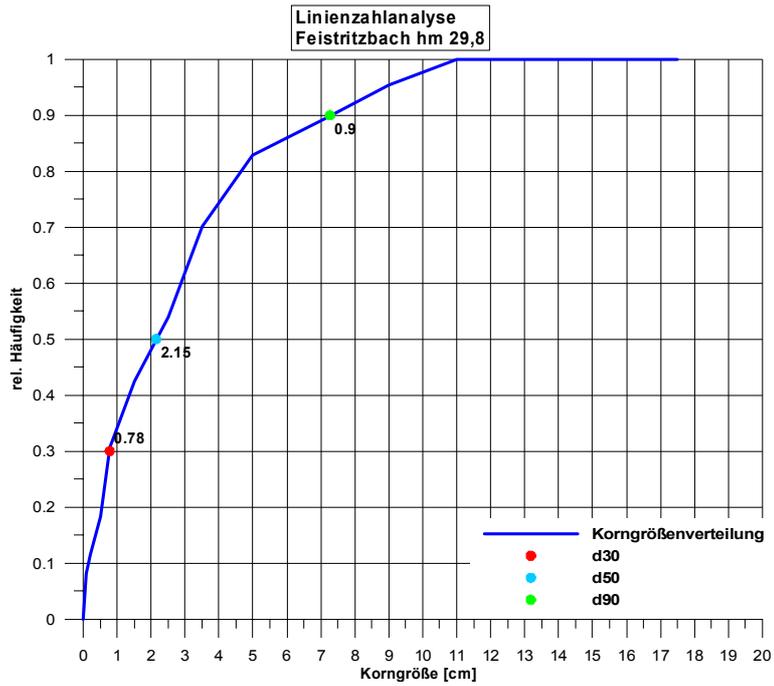


Abbildung 35: Partielle Kornverteilungskurve der Linienzahlanalyse Feistrizbach hm 29,8

Fraktion [cm]	di	Linienpr. 1	Linienpr.2	Tot. Lin. Verteilung	qiL**	dqiL**	dqiL*d ^{0.8}	SDqiL*d ^{0.8}	piV**	piV**c	U	PiV*(Fu)
0,1	0,2											0,06325
0,2	0,5											0,08944
0,5	0,8	3	0	3	0,025	0,161	0,135	0,135	0,057	0,293	0,9651609	0,17889
1-2	1,5	19	0	19	0,186	0,280	0,387	0,522	0,220	0,415	1,0392338	0,24495
2-3	2,5	33	0	33	0,466	0,153	0,317	0,839	0,354	0,516	0,9426137	0,31623
3-4	3,5	18	0	18	0,619	0,153	0,416	1,255	0,530	0,647	1,0126231	0,37417
4-6	5,0	18	0	18	0,771	0,102	0,369	1,623	0,686	0,764	1,0142067	0,44721
6-8	7,0	12	0	12	0,873	0,085	0,402	2,025	0,855	0,892	1,1144302	0,52915
8-10	9,0	10	0	10	0,958	0,008	0,049	2,074	0,876	0,907	1,0837006	0,6
10-12	11	1	0	1	0,966	0,008	0,058	2,132	0,901	0,925	1,0826276	0,66332
12-15	13,5	1	0	1	0,975	0,008	0,068	2,200	0,929	0,947	1,0781903	0,73485
15-20	17,5	1	0	1	0,9831	0,017	0,167	2,367	1,000	1,000	1,1338934	0,83666
20-25	22,5	2	0	2	1,000	0,000	0,000	2,367	1,000	1,000	1,1055416	0,94868
25-30	27,5	0	0	0	1,000	0,000	0,000	2,367	1,000	1,000	1,0871146	1,04881
30-35	32,5	0	0	0	1,000	0,000	0,000	2,367	1,000	1,000	1,0741723	1,14018
35-40	37,5	0	0	0	1,000	0,000	0,000	2,367	1,000	1,000	0,8164966	1,22474
40-50	45			0	1,000	0,000	0,000	2,367	1,000	1,000	1,0000000	1
50-60	55			0	1,000	0,000	0,000	2,367	1,000	1,000	1,0000000	1
60-80	70			0	1,000	0,000	0,000	2,367	1,000	1,000	1,0000000	1
80-100	90			0	1,000	0,000	0,000	2,367	1,000	1,000	1,0000000	1
100-120	110			0	1,000	0,000	0,000	2,367	1,000	1,000	1,0000000	1
120-150	135			0	1,000	0,000	0,000	2,367	1,000	1,000	1,0000000	1
150-200	175			0	1,000	0,000	0,000	2,367	1,000	1,000	1,0000000	1
>200	200			0	1,000	0,000	0,000	2,367	1,000	1,000	1,0000000	1
Σ		118	0	118				2,367				

d30	0,84
d50	2,34
d90	8,08

Tabelle 8: Auswertung der Linienzahlanalyse Vorderbergerbach hm 28

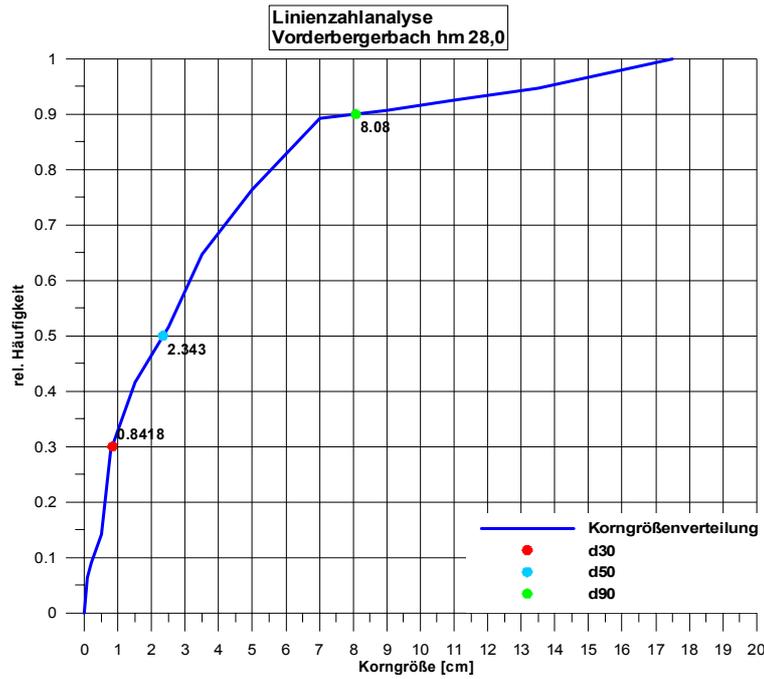


Abbildung 36: Partielle Kornverteilungskurve der Linienzahlanalyse Vorderbergerbach hm 28

Fraktion [cm]	di	Linienpr. 1	Linienpr. 2	Tot. Lin. Verteilung	qIL**	dqIL**	dqiL*d ^{0,8}	SDqiL*d ^{0,8}	piV**	piV**c	U	PIV*(Fu)	PIV	di
	0,1											0,0559	0,0559	
	0,2											0,07906	0,07906	0,2
	0,5											0,125	0,125	0,5
<1	0,8											0,15811	0,15811	0,8
1-2	1,5		0	0	0,000	0,260	0,359	0,359	0,105	0,329	1,0458295	0,21651	0,3288	1,5
2-3	2,5	40	0	40	0,260	0,169	0,351	0,711	0,208	0,406	0,9404612	0,27951	0,40588	2,5
3-4	3,5	26	0	26	0,429	0,175	0,478	1,188	0,348	0,511	0,9942356	0,33072	0,51065	3,5
4-6	5,0	27	0	27	0,604	0,130	0,471	1,659	0,485	0,614	1,0060633	0,39528	0,61388	5
6-8	7,0	20	0	20	0,734	0,104	0,493	2,152	0,629	0,722	1,0388099	0,46771	0,72198	7
8-10	9,0	16	0	16	0,838	0,052	0,301	2,453	0,717	0,788	1,0295180	0,53033	0,78806	9
10-12	11	8	0	8	0,890	0,039	0,265	2,718	0,795	0,846	1,0377675	0,5863	0,84625	11
12-15	13,5	6	0	6	0,929	0,032	0,260	2,979	0,871	0,903	1,0718159	0,64952	0,90338	13,5
15-20	17,5	5	0	5	0,961	0,026	0,256	3,235	0,946	0,960	1,1338934	0,73951	0,95963	17,5
20-25	22,5	4	0	4	0,987	0,000	0,000	3,235	0,946	0,960	1,0609063	0,83853	0,95963	22,5
25-30	27,5	0	0	0	0,987	0,013	0,184	3,419	1,000	1,000	1,0871146	0,92702	1	27,5
30-35	32,5	2	0	2	1,000	0,000	0,000	3,419	1,000	1,000	1,0741723	1,00778	1	32,5
35-40	37,5		0	0	1,000	0,000	0,000	3,419	1,000	1,000	0,9237604	1,08253	1	37,5
40-50	45		0	0	1,000	0,000	0,000	3,419	1,000	1,000	1,0000000	1	1	45
50-60	55		0	0	1,000	0,000	0,000	3,419	1,000	1,000	1,0000000	1	1	55
60-80	70		0	0	1,000	0,000	0,000	3,419	1,000	1,000	1,0000000	1	1	70
80-100	90		0	0	1,000	0,000	0,000	3,419	1,000	1,000	1,0000000	1	1	90
100-120	110		0	0	1,000	0,000	0,000	3,419	1,000	1,000	1,0000000	1	1	110
120-150	135		0	0	1,000	0,000	0,000	3,419	1,000	1,000	1,0000000	1	1	135
150-200	175		0	0	1,000	0,000	0,000	3,419	1,000	1,000	1,0000000	1	1	175
>200	200		0	0	1,000	0,000	0,000	3,419	1,000	1,000	1,0000000	1	1	200
Σ		154	0	154				3,419						

d30	1,38
d50	3,40
d90	13,35

Tabelle 9: Auswertung der Linienzahlanalyse Vorderbergerbach hm 92,5

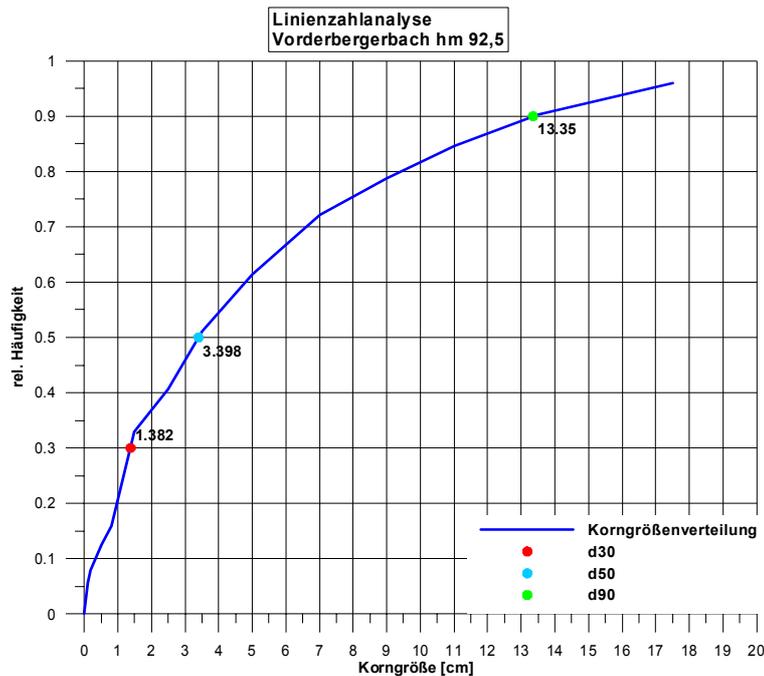


Abbildung 37: Partielle Kornverteilungskurve der Linienzahlanalyse Vorderbergerbach hm 92,5

3.3 Ereignischronik

3.3.1 Vorderberger Bach

Die Dokumentation über Hochwasserereignisse und entsprechende Verbauungsmaßnahmen reicht bis ins 19. Jahrhundert zurück.

- **1810** verschottete der Bach den Dorfplatz
- **1837** brach der Bach aus und setzte Kirche und Pfarrhof unter Wasser
- **1902** zerstörte die hochwasserführende Gail den Großteil der Schutzbauten und erstreckte sich bis zu den Häusern des Unterdorfes. Durch starke Regenfälle trat der Vorderbergerbach aus dem Ufer. Es wurde der nördliche und der westliche Teil der Ortschaft meterhoch überschüttet.
- Erste Steinsperren in Trockenmauerwerk wurden in den Jahren 1903-1905 errichtet. Außerdem wurden Leitwerke in Trockenmauerwerk, und in den einzelnen Runsen und Rutschkörpern Querwerke eingebaut.
- Im Ortsbereich wurde ein Kanalprofil in den Jahren von 1906 –1910 errichtet. Es besteht aus einer gepflasterten Sohle und Steiufermauer.

- Durch mehrere **Hochwässer** während des Krieges, vor allem im **September 1920**, wurden an den Verbauungen schwere Schäden verursacht. Zusätzlich kam es zur Bildung von neuen Rutschungen im Einzugsgebiet.
- **Hochwasserschäden aus dem Jahr 1920** werden in den Jahren 1921-1927 saniert (Projekt 1921).
- Ein umfassendes Verbauungsprojekt für den Hauptgraben sowie der Seitengräben (Dolinzabach und Görtschacherbach) wurde im Jahr 1928 erstellt und in den Folgejahren ausgeführt.
- **1965/66** waren die **größten Naturkatastrophen** im Lande. Im Bereich des Überschwemmungsgebietes in Vorderberg mussten die Bewohner sogar evakuiert werden.



Abbildung 38: Hochwasserkatastrophe 1965 in Vorderberg

- **1966 im Juni** trat der Bach aus seinem Gerinne, überschwemmte den Dorfplatz und das schlammige Wasser drang in mehrere Häuser ein.
- Bauprogramm 1972: Errichtung von 3 Quelfassungen und einer Quellsammelstube im Zuge der Erweiterung der Wasserversorgungsanlage durch die WLW.
- Bauprogramm 1986: Durchführung von Einzelmaßnahmen vor allem im Bereich der Dolonizaalmbrücke.

Es ist für den Eintritt des Bemessungsereignisses ein HQ150 von 100 m³/s und ein Geschiebepotential von 100.000 m³ ermittelt worden.

- **1993** wieder **Hochwasseralarm** im ganzen Gailtal. Auch im Bereich Vorderberg tritt die Gail über die Ufer. Die Ortschaft blieb diesmal durch einen mittlerweile erbauten Schutzdamm verschont.
- **1996 22.Juni:** Sintflutartige Regenfälle im Gail- und Gitschtal. In Vorderberg trat der Vorderbergerbach über die Ufer. Zahlreiche Keller wurden überflutet, die Wassermassen rissen die Fußgängerbrücke mit. Zahlreiche Feuerwehren der Gemeinden waren im Einsatz.
- 1998 Errichtung eines Murbrechers oberhalb der Vorderbergerschlucht.

3.3.2 Feistritzbach

Die Dokumentation über Hochwasserereignisse und entsprechende Verbauungsmaßnahmen reicht bis ins 19. Jahrhundert zurück.

- Erste Steinsperren in Trockenmauerwerk werden im Jahr 1897 im Jeserograbens und Weidengrabens errichtet.
- Nach der **Hochwasserkatastrophe des Jahres 1903**, welche schwere Schäden in Feistritz verursacht hat, werden in den Jahren 1905-1913 Sperren im Einzugsgebiet gebaut und das Tallaufgerinne errichtet.
- **Hochwasserschäden aus dem Jahr 1920** werden in den Jahren 1921-1927 saniert (Projekt 1921).
- Ein umfassendes Verbauungsprojekt für den Mittel- und Oberlauf wurde im Jahr 1928 erstellt und in den Folgejahren ausgeführt. Weiters wurden Maßnahmen zur Tallaufregulierung gesetzt.
- **Hochwasserabflüsse aus den Jahren 1965-1966** führen zu starken Schäden an den hölzernen Einbauten im Oberlauf.
- Ein umfassendes Projekt aus dem Jahr 1983, welches in der Folge umgesetzt wurde, konzentrierte sich einerseits auf die Sanierung des Verbauungs-Altbestandes andererseits auf die Errichtung zusätzlicher Neubauten wie einer

Dosiersperre mit einer wirksamen Höhe von 8 m und einem Fassungsraum von 50.000 m³ (siehe WLV, 1996), welche bei den folgenden Ereignissen wesentlich zu einer Herabminderung der Katastrophe beigetragen hat. Für das Projekt 1983 ist für den Eintritt des Bemessungsereignisses ein HQ150 von 72 m³/s und ein Geschiebepotential von 80.000 bis 100.00 m³ ermittelt worden.

- Im Mai 2000 Fertigstellung der Dosiersperre im Feistritzbach.
- 2003 Fertigstellung eines Geschieberetentionraumes unterhalb des Kanalprofiles.

4 SCHADENSANALYSE

Im Zuge der Geländekartierungen wurden alle sichtbaren Schäden an Gerinneverbauungen (Längs- und Querwerke) kartiert und Schäden in den Ortsbereichen am Schwemmkegel beider Bäche aufgenommen. Alle Gerinneverbauungen und ihre Schäden sind auch im ArcView Projekt verortet und in einer Datenbank strukturiert dargestellt. Die gemäß der Vorgaben des digitalen Wildbachkatasters – Schadensdokumentation erhobenen Parameter sind in Tabelle 9 aufgelistet. Die Datenbankeinträge sind in Tabelle 10 bis Tabelle 14 angeführt.

Parameter	Klassifizierung
ID	Identifizierungsschlüssel in der erstellten Datenbank.
Hm	Entsprechend den Unterlagen. Ansonsten entsprechend dem digitalen Gerinnesystem ÖK50. Kleineren seitlichen Zubringern wurde die Kote ihrer Mündung in das Hauptgerinne zugewiesen.
Funktionstyp	(Geschiebe)Konsolidierung, (Geschiebe)Dosierung, (Geschiebe)Retention, (Hochwasser)HWRRetention, (Strassen)Durchlass
Funktionserfüllung	Voll, teilweise, keine
Schäden	Keine, tlw. beschädigt, beschädigt, zerstört
Zuständigkeit	WLV – Land
Bautyp	Sperre, Schlitzsperre, Dolensperre, Sohlgurt
Baumaterial	Beton, Steinkasten, Drahtschotter, Holz, Stahl
Einzugsgebiet	Gemäß ÖK50
Teileinzugsgebiet	Gemäß ÖK50

Tabelle 10: Erhobene Parameter der Schadensanalyse der Gerinneverbauungen. Die Klassifizierung orientiert sich an der Klassifizierung des digitalen Wildbachkatasters.

4.1 Vorderberger Bach

4.1.1 Schwemmkegel

Unmittelbar nach dem Ereignis erfolgte eine Begehung des raumrelevanten Bereiches in der Gemeinde Vorderberg und es wurden „Stumme Zeugen“ des Hochwasserereignisses, wie z.B. die an den Gebäuden erkennbaren Anschlaglinien, Feststoffablagerungen etc. erhoben.



Abbildung 39: Gut erkennbare Anschlaglinie an der Kirche in Vorderberg direkt nach dem Hochwasserereignis.

Die punktuell gemessenen Abfluss- und Ablagerungshöhen sind einerseits im ArcView Projekt (siehe CD-ROM) dokumentiert. In weiterer Folge wurden die Messwerte interpoliert und zu einheitlichen Überflutungsklassen (Überflutungstiefen) zusammengeführt (siehe Abbildung 40).

Überflutungsbereiche Gemeinde Vorderberg

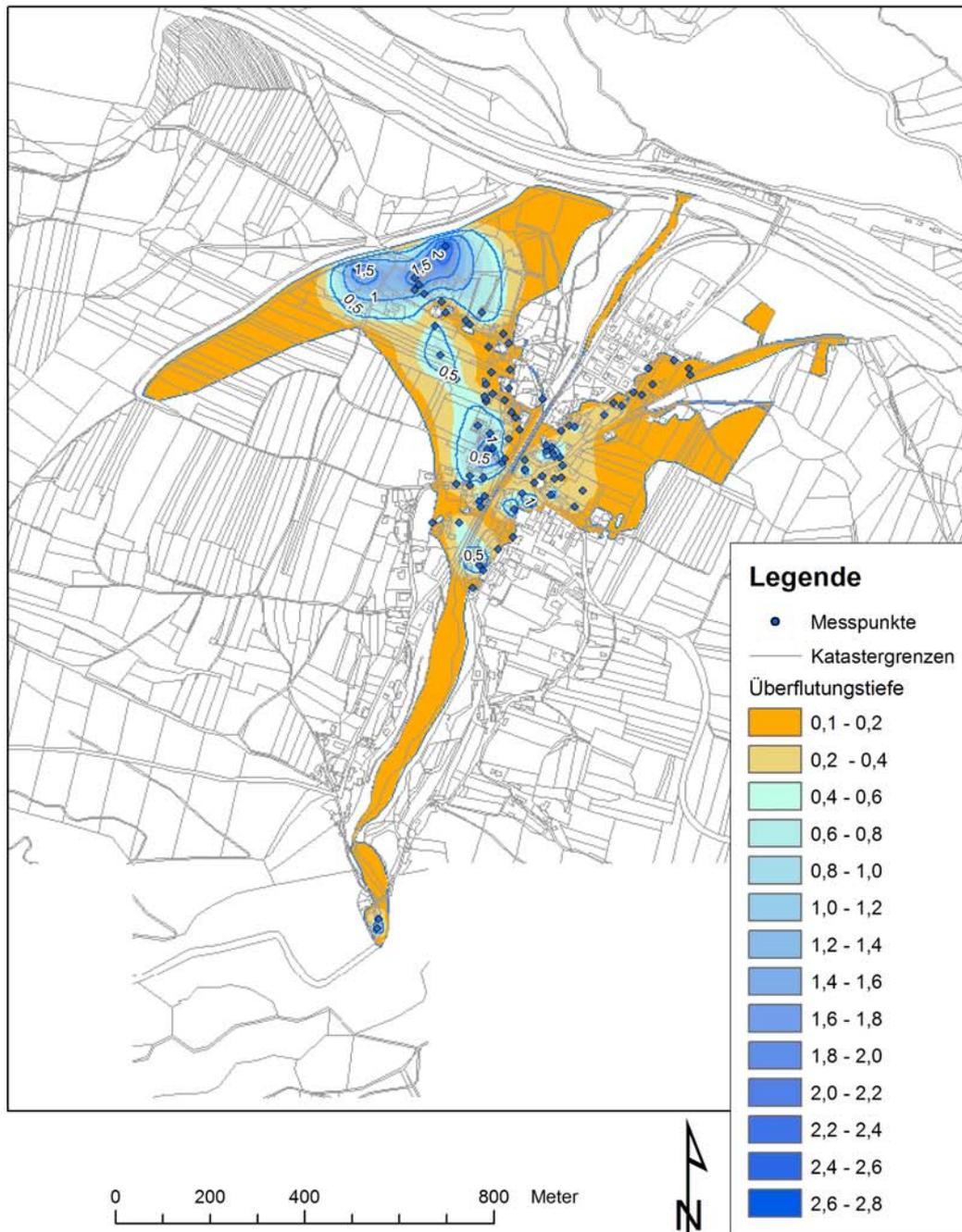


Abbildung 40: Überflutungsbereiche in der Gemeinde Vorderberg aufgrund des Hochwasserereignisses vom 29./30. August 2003. Interpolierte Überflutungstiefen basierend auf Messwerten von „Stummen Zeugen“.

Zirka 2/3 der Wohnobjekte (ca. 50 Gebäude) der Ortschaft waren von den Überschwemmungen betroffen. Neben den starken Schäden im Siedlungsbereich sind es vor allem die Schäden an der Wasserversorgungsleitung und die Schäden an den Verkehrsverbindungen, Flurschäden sowie Ausschwemmungen auf land- und forstwirtschaftlichen Wegen. Im Ortsbereich wurden 3 Brücken weggerissen. Zusätzlich rannen ca. 8000 l Heizöl aus einem beschädigten Tank aus. Der entstandene Schaden beläuft sich nach ersten Schätzungen auf 7 Mio. €.



Abbildung 41: Vorderbergerbach zum Zeitpunkt der Überschwemmungen. Bild: FF Vorderberg



Abbildung 42: Schlammablagerungen im Siedlungsbereich Bild: WLW am 30.08.2003



Abbildung 43: Schäden an geparkten Pkws. Bild: FF Vorderberg

4.1.2 Schutzbauten

Schäden an Bauwerken (Längs- und Querwerken, etc.) traten im Hauptgraben im geringeren Masse auf. In den Seitengräben wurden jedoch etliche Steinkastensperren zerstört. Die folgenden Abbildungen geben eine Übersicht über alle zerstörten bzw. beschädigten Einbauten im Hauptgerinne. Die Tabelle 11 beinhalten den gesamten Bestand an Gerinneeinbauten im Einzugsgebiet des Vorderberger Bachs



Abbildung 44: Vorderbergerbach hm 16,94: Seitliche Einbindung erodiert, anschließend Sperre gekippt.



Abbildung 45: Vorderbergerbach hm 16,94: Seitliche Einbindung erodiert, anschließend Sperre gekippt.

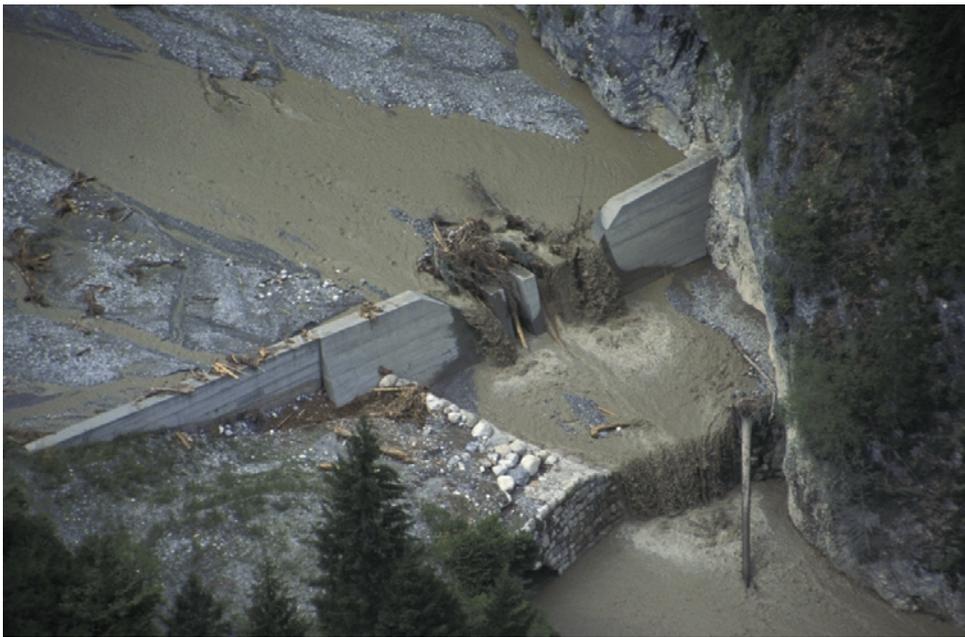


Abbildung 46: Vorderberger Bach hm 27,75: Murbrecher Vorsperre, rechter Flügel beschädigt.



Abbildung 47: Vorderberger Bach hm 75,40: Konsolidierungssperre, rechte Flügeleinbindung erodiert.



Abbildung 48: Vorderberger Bach hm 76,00: Konsolidierungssperre rechte Flügeleinbindung erodiert.



Abbildung 49: Vorderberger Bach hm :76,00 Seitlicher Drahtschotterkörper Einbindung komplett erodiert.



Abbildung 50: Vorderberger Bach hm 77,40: Konsolidierungssperre beiderseitig Flügeleinbindung zur Hälfte erodiert.



Abbildung 51: Vorderberger Bach Zubringer hm 52,00, 56,00, 59,80 und 61,00 : Straßendurchlass erodiert.



Abbildung 52: Weggerissene Brücke zur Dolinza Alm. Bild: FF Vorderberg

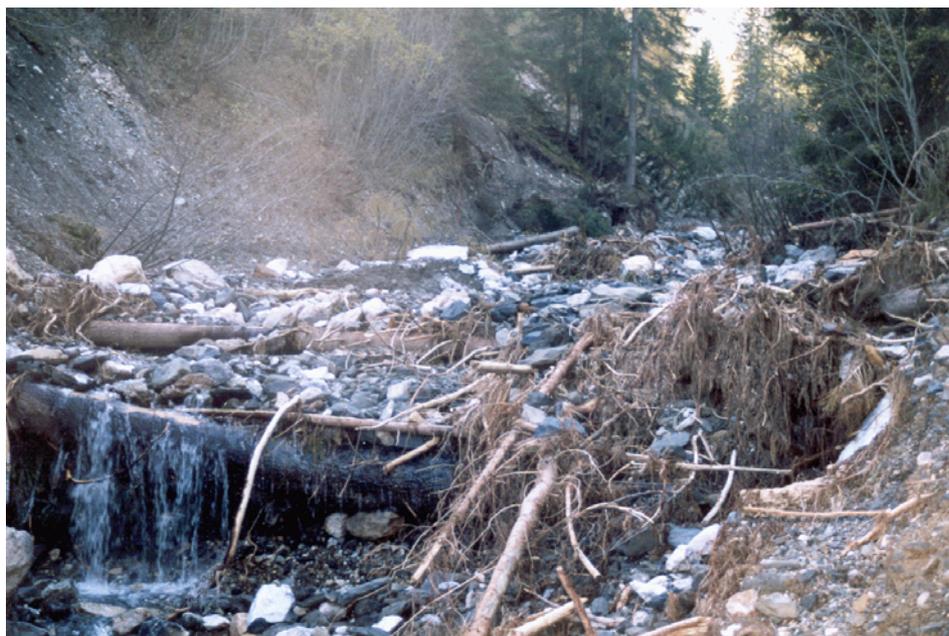


Abbildung 53: Dolonizabach hm 22,04: Zerstörte Steinkastensperre

ID	HM	Funktions- type	Funktions- erfüllung	Schäden	Zuständigkeit	Konstruktions- type	Konstruktions- material	Teilezugsgebiet
309	15,40	Konsolidierung	Voll	beschädigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Dolinzabach
321	15,45	Konsolidierung	Voll	beschädigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Dolinzabach
310	15,50	Konsolidierung	Voll	beschädigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Dolinzabach
323	22,04	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Dolinzabach
278	9,40	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	ZMM	Hauptgerinne
2	16,00	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
279	18,00	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
280	18,00	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
283	24,55	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
281	25,34	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
282	27,75	Konsolidierung	Voll	beschädigt	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
1	27,80	Dosierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Schlitzsperre	Beton	Hauptgerinne
304	30,30	Konsolidierung	Voll	zerstoert	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
305	30,40	Konsolidierung	Voll	zerstoert	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
5	53,70	Konsolidierung	Voll	zerstoert	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
6	54,80	Konsolidierung	Voll	zerstoert	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
7	55,30	Konsolidierung	Voll	zerstoert	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
3	59,60	Konsolidierung	Keine	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
4	62,20	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
8	74,50	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
9	75,40	Konsolidierung	Voll	beschädigt	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
10	76,00	Konsolidierung	Voll	brschaedigt	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
11	77,10	Konsolidierung	Voll	beschädigt	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
312	77,50	Konsolidierung	Voll	beschädigt	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
12	78,30	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
313	79,00	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
317	52,00	Durchlass	Keine	zerstoert	Land	Rohr	Beton/Stahl	Hauptgerinne-Zubringer
318	52,00	Durchlass	Keine	zerstoert	Land	Rohr	Beton/Stahl	Hauptgerinne-Zubringer
316	59,80	Durchlass	Keine	zerstoert	Land	Rohr	Beton/Stahl	Hauptgerinne-Zubringer
319	61,00	Durchlass	Keine	zerstoert	Land	Rohr	Beton/Stahl	Hauptgerinne-Zubringer
322	77,00	Konsolidierung	keine	zerstoert		Sperre	Drahtschotter	Hauptgerinne-Zubringer
306	56,00	Konsolidierung	Teilweise	beschädigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer -2
307	56,00	Konsolidierung	Teilweise	beschädigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer -2
308	56,00	Konsolidierung	Teilweise	beschädigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer -2
315	56,00	Durchlass	Keine	zerstoert	Land	Rohr	Beton/Stahl	Hauptgerinne-Zubringer -2
292	48,00	Konsolidierung	Keine	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer 3
293	48,00	Konsolidierung	Keine	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer 3
294	48,00	Konsolidierung	Keine	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer 3
295	48,00	Konsolidierung	Keine	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer 3
296	48,00	Konsolidierung	Keine	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer 3
297	48,00	Konsolidierung	Keine	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer 3
298	48,00	Konsolidierung	Keine	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer 3
299	48,00	Konsolidierung	Keine	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer 3
300	48,00	Konsolidierung	Keine	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer 3
301	48,00	Konsolidierung	Keine	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer 3
302	48,00	Konsolidierung	Keine	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer 3
303	48,00	Konsolidierung	Keine	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer 3
311	61,50	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer-1
286	36,00	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer-4
287	36,00	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer-4
288	36,00	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer-4
289	36,00	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer-4
290	36,00	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer-4
291	36,00	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer-4
284	31,00	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer-5
285	31,00	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer-5
13	0,60	Konsolidierung	Voll	beschädigt	WLV	Sperre	Beton	oberer Kesselwaldgraben
314	31,30	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	oberer Kesselwaldgraben
14	0,60	Konsolidierung	Voll	beschädigt	WLV	Sperre	Beton	Seebach
320	37,50	Durchlass	Keine	keine/verlandet		Rohr	Rohr	Seebach

Tabelle 11: Schadensanalyse aller Gerinneeinbauten des Vorderbergerbaches gemäß digitalem Wildbachkatasters.

4.2 Feistritzbach

4.2.1 Schwemmkegel

Im Ortsbereich kam es auf Grund der im Jahre 2002 errichteten Dosiersperre oberhalb der Ortschaft zu keinen Schäden. Schäden traten vor allem an der Forststrasse entlang des Feistritzbaches auf.



Abbildung 54: Forststrasse entlang des Feistritzbaches zerstört. Foto: WLV am 01.09.2003

4.2.2 Schutzbauten

Schäden an Bauwerken (Längs- und Querwerken, etc.) traten im Hauptgraben im geringeren Maße auf. In den Seitengräben wurden jedoch etliche Steinkastensperren zerstört. Die folgenden Abbildungen geben eine Übersicht über alle zerstörten bzw. beschädigten Einbauten im Hauptgerinne. Die Tabellen 12 -15 beinhalten den gesamten Bestand an Gerinneeinbauten in Einzugsgebiet des Feistritzbachs.



Abbildung 55: Feistritzbach hm 69,24: Linker Seitenflügel der ZM- Sperre gebrochen



Abbildung 56: hm 73,62: ZM- Sperre in der Mitte gebrochen



Abbildung 57: hm 79,85: Linker Seitenflügel der ZM- Sperre gebrochen



Abbildung 58: Quellbach hm 4,44: Schwer beschädigte Steinkastensperre

ID	HM	Funktionstyp	Funktions- erfüllung	Schäden	Zuständigkeit	Konstruktions- type	Konstruktions- material	Teileinzugsgebiet
112	5,2	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLS	Sohlgurt	Steinkasten	Achomitzergraben
111	5,3	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLS	Sohlgurt	Steinkasten	Achomitzergraben
113	7,3	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLS	Sperre	Trockenmauer	Achomitzergraben
114	11,3	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Steinkasten	Achomitzergraben
115	11,4	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
116	11,5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
118	11,7	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
119	11,8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
120	11,9	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
122	12,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
121	12,2	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
123	12,2	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
124	12,3	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
125	12,4	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
126	12,5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
127	12,6	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
128	12,7	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
129	12,8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
130	12,9	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
131	13	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
132	13,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
133	13,2	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
134	13,3	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
135	13,4	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
136	13,5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
137	13,6	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
138	13,7	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
139	13,8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
141	14	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
142	14,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
143	14,2	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
144	14,3	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
117	18,4	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
140	19,2	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Achomitzergraben
80	4,1	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
81	4,4	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
82	4,6	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
83	5,06	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Trockenmauer	Bartolograben
84	5,28	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Trockenmauer	Bartolograben
85	5,6	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
86	5,9	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
87	6	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
88	6,5	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Trockenmauer	Bartolograben
89	9,6	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
98	9,7	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
99	9,8	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
101	10	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
102	10,1	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
103	10,2	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
100	10,6	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben
90	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
91	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
92	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
93	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
94	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
95	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
96	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
97	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
104	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
105	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
106	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
107	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
108	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
109	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
110	11	Konsolidierung	Teilweise	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Bartolograben-Quellbaeche
64	5,9	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Beton	Blaucagraben
61	6	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
62	6,1	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
65	6,1	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Beton	Blaucagraben

Tabelle 12: Schadensanalyse aller Gerinneinbauten des Feistritzbachs gemäß digitalem Wildbachkataster (Blatt1).

ID	HM	Funktions- erfüllung	Funktions- erfüllung	Schäden	Zuständigkeit	Konstruktions- type	Konstruktions- material	Teileinzugsgebiet
63	6,2	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sohlgurt	Steinkasten	Blaucagraben
66	6,36	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Beton	Blaucagraben
70	6,9	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
67	7,36	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
68	8,14	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
69	8,3	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
160	11,5	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
161	11,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
162	12,2	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
163	12,4	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
164	12,6	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
165	12,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
166	12,85	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
167	12,9	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
168	13,2	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
169	13,4	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
170	13,7	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
171	14,1	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
172	14,4	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
173	15,1	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben
147	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
148	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
149	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
151	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
154	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
155	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
156	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
157	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
158	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
159	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
174	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
175	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
179	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Drahtschotter	Blaucagraben-Zubringer
180	10,8	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Drahtschotter	Blaucagraben-Zubringer
145	14,4	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
146	14,5	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
150	14,9	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
152	15,1	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
153	15,2	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
176	17,5	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Drahtschotter	Blaucagraben-Zubringer
177	17,6	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
178	17,7	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Drahtschotter	Blaucagraben-Zubringer
181	18	Konsolidierung	Teilweise	beschadigt	WLV	Sperre	Drahtschotter	Blaucagraben-Zubringer
182	18,1	Konsolidierung	Teilweise	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Blaucagraben-Zubringer
183	0,8	Konsolidierung	Voll	keine	WLV	Sperre	Trockenmauer	Hauptgerinne
15	5,9	Retention	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	ZMM	Hauptgerinne
16	6,9	Retention	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	ZMM	Hauptgerinne
17	15,63	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Beton	Hauptgerinne
19	16,15	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Beton	Hauptgerinne
18	16,78	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
22	17	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
20	20,67	Konsolidierung	Voll	zerstoert	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
21	21,65	HW-Geschieretention	Voll	keine Schaeden	WLV	Schlitzsperre	Beton	Hauptgerinne
23	26,05	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Beton	Hauptgerinne
24	26,85	Konsolidierung	Voll	keine	WLV	Sohlgurt	Beton	Hauptgerinne
25	27,07	Konsolidierung	Voll	keine	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
26	29,6	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
27	31,43	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
35	34,3	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Beton	Hauptgerinne
28	35,13	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Stein	Hauptgerinne
29	36,36	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Beton	Hauptgerinne
30	36,9	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
31	37,26	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
32	40,79	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Beton	Hauptgerinne
33	40,96	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Beton	Hauptgerinne
34	41,13	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Beton	Hauptgerinne
36	47,91	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Stein	Hauptgerinne
39	51,42	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Beton	Hauptgerinne
40	51,59	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Steinkasten	Hauptgerinne
41	51,7	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Stein	Hauptgerinne

Tabelle 13: Schadensanalyse aller Gerinneinbauten des Feistritzbachs gemäß digitalem Wildbachkataster (Blatt2).

ID	HM	Funktions- erfüllung	Schäden	Zuständigkeit	Konstruktions- type	Konstruktions- material	Teileinzugsgebiet	
38	52,32	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Steinkasten	Hauptgerinne
37	52,85	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Stein	Hauptgerinne
42	54,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
43	55,5	Konsolidierung	Voll	beschadigt	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
44	58,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Stein	Hauptgerinne
45	58,3	Konsolidierung	Voll	keine	WLV	Sohlgurt	Stein	Hauptgerinne
46	58,5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Stein	Hauptgerinne
47	58,7	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Stein	Hauptgerinne
48	58,9	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Stein	Hauptgerinne
49	59,9	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
51	61,3	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
50	61,95	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
52	64,7	Konsolidierung	Voll	keine	WLV	Sohlgurt	Beton	Hauptgerinne
53	66,9	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Steinkasten	Hauptgerinne
54	67,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
188	69,24	Konsolidierung	Voll	beschadigt	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
55	72,5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
56	73,62	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLS	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
57	73,65	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLS	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
58	76,3	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
272	77,1	Konsolidierung	Voll	keine	WLV	Sohlgurt	Steinkasten	Hauptgerinne
273	77,1	Konsolidierung	Voll	keine	WLV	Sohlgurt	Steinkasten	Hauptgerinne
274	77,1	Konsolidierung	Voll	keine	WLV	Sohlgurt	Steinkasten	Hauptgerinne
275	77,1	Konsolidierung	Voll	keine	WLV	Sohlgurt	Steinkasten	Hauptgerinne
276	77,1	Konsolidierung	Voll	keine	WLV	Sohlgurt	Steinkasten	Hauptgerinne
277	77,1	Konsolidierung	Voll	keine	WLV	Sohlgurt	Steinkasten	Hauptgerinne
59	79,85	Konsolidierung	Teilweise	zerstoert	WLV	Sperre	ZMM	Hauptgerinne
60	83	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Hauptgerinne
71	81,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer2
72	81,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer2
73	81,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer2
74	81,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer2
75	81,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer2
76	81,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer2
77	81,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer2
78	81,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer2
79	81,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Hauptgerinne-Zubringer2
184	1,9	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Dolensperre	Beton	Jeserograben
185	4,3	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Trockenmauer	Jeserograben
186	7	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Jeserograben
187	9,2	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	ZMM	Jeserograben
271	10,54	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sohlgurt	Stein	Jeserograben
270	15,7	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Jeserograben
255	21,8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
256	22,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
223	22,2	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
257	22,4	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
234	29,4	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
230	29,5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
231	29,5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
232	29,5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
233	29,5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
229	29,9	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
228	30	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
227	30,2	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
226	30,3	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
225	30,4	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
224	30,6	Konsolidierung	Voll	tlw. beschadigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
219	30,7	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
220	30,9	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
221	30,9	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
222	30,9	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
218	31,1	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
217	31,3	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
216	31,4	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben
189	16,8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben-Zubringer
190	16,8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben-Zubringer
191	16,8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben-Zubringer
192	16,8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben-Zubringer
193	16,8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograben-Zubringer

Tabelle 14: Schadensanalyse aller Gerinneinbauten des Feistritzbachs gemäß digitalem Wildbachkataster (Blatt3).

ID	HM	Funktions- erfüllung	Funktions- erfüllung	Schäden	Zuständigkeit	Konstruktions- type	Konstruktions- material	Teileinzugsgebiet
194	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
195	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
196	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Jeserograb-Zubringer
197	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Jeserograb-Zubringer
198	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
199	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
200	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
201	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
202	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
203	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
204	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Jeserograb-Zubringer
205	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
206	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
207	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
208	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
209	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Jeserograb-Zubringer
210	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer
211	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Jeserograb-Zubringer
212	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Jeserograb-Zubringer
213	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Jeserograb-Zubringer
214	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Jeserograb-Zubringer
215	16.8	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Beton	Jeserograb-Zubringer
235	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
236	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
237	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
238	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
239	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
240	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
241	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
242	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
243	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
244	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
245	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
246	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
247	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
248	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
249	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
250	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
251	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
252	21	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
253	21	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
254	21	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-1
258	20.5	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-2
259	20.5	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-2
260	20.5	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-2
261	20.5	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-2
262	20.5	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-2
263	20.5	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-2
264	20.5	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-2
265	20.5	Konsolidierung	Voll	tlw. beschaedigt	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-2
266	20.5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-2
267	20.5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-2
268	20.5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-2
269	20.5	Konsolidierung	Voll	keine Schaeden	WLV	Sperre	Steinkasten	Jeserograb-Zubringer-2

Tabelle 15: Schadensanalyse aller Gerinneinbauten des Feistritzbachs gemäß digitalem Wildbachkataster (Blatt4).

5 EREIGNIS- UND PROZESSANALYSE

5.1 Analyse meteorologischer Daten

5.1.1 Vergleich der Bemessungsniederschläge

Dieses Kapitel befasst sich mit der Gegenüberstellung der Bemessungsniederschläge anhand unterschiedlicher Modellansätze. Es werden extremwertstatistische Analysen, das Verfahren von ZELLER (1974) und die Ergebnisse des Modells nach LORENZ & SKODA (2000) mit den maximal aufgetretenen Niederschlagsintensitäten während des Ereignisses verglichen.

5.1.1.1 Bemessungsniederschläge nach extremwertstatistischen Verfahren

Extremwertstatistische Auswertungen von Tagesniederschlägen entsprechen dem Stand der Technik, aussagekräftige Schätzwerte für Tagesniederschläge einer bestimmten Wiederkehrdauer können aber nur bei Vorliegen langer Messreihen erzielt werden.

Von den Stationen Arnoldstein und Feistritz an der Gail werden Niederschlagsmesswerte von 1901-2000 zur Auswertung herangezogen. Von der Station Nassfeld, die mehrere Male versetzt wurde, wurden nur die Messungen seit 1984 herangezogen.

Unterstellt wird eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, die dem Extremal Typ I - besser bekannt als Gumbel-Verteilung - entspricht.

	Arnoldstein		Feistritz an der Gail		Nassfeld(114637)	
Tn [a]:	xT [mm]:	KIV 5% [mm]:	xT [mm]:	KIV 5% [mm]:	xT [mm]:	KIV 5% [mm]:
5	81,84	6,16	87,09	7,79	186,96	43,53
10	93,35	8,42	102,48	10,63	224,73	60,72
25	107,89	11,42	121,93	14,42	272,45	83,46
30	110,74	12,02	124,74	15,18	281,80	87,89
50	118,67	13,71	136,36	17,30	307,86	100,64
100	129,38	16,00	150,68	20,19		
150	135,62	17,34	159,04	21,88		

Tabelle 16: Tagesniederschläge (Gumbel-Verteilung)

Betrachtet man die Schätzung der 100-jährlichen Tagesniederschläge der Stationen mit ausreichend langem Beobachtungszeitraum, liegt der Schätzwert für den Tagesniederschlag zwischen 130 und 150 mm (Tabelle 16). Die Station Nassfeld kann

nur bis zu einem 50-jährlichen Niederschlag angegeben werden, da die Messreihe nur 16 Jahre beträgt.

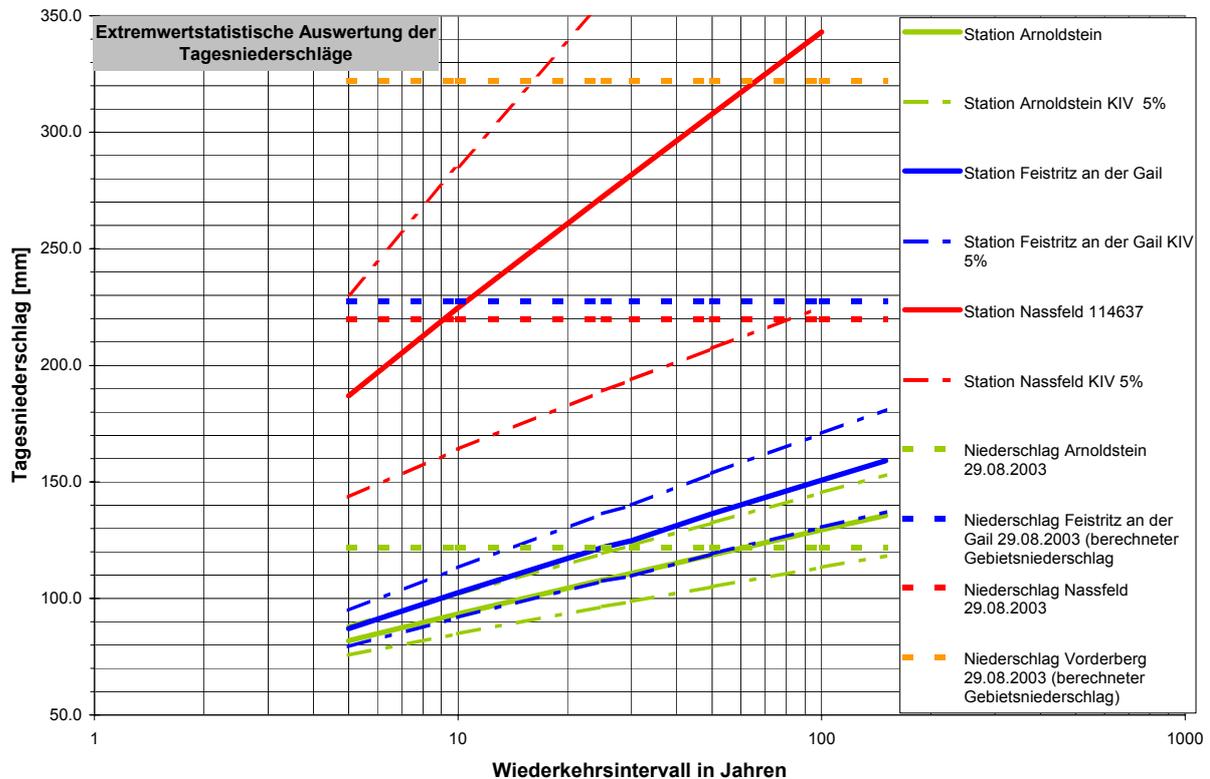


Abbildung 59: Extremwertstatistische Auswertung (Gumbelverteilung) der Stationen in der Umgebung des Projektgebietes.

5.1.1.2 Bemessungsniederschläge nach Verfahren von ZELLER (1974)

Zur Extrapolation einer kürzeren Niederschlagsdauer werden nach ZELLER (1974) die logarithmierten Werte für Niederschlagsintensität [mm/h] und Niederschlagsdauer [h] der Tages- und Monatsmaxima verwendet.

T	d _N [h]	Arnoldstein		Feistritz		Nassfeld(114637)	
		n [mm]	i [mm/h]	n [mm]	i [mm/h]	n [mm]	i [mm/h]
100	0,5	34,6	69,25	44,8	89,62	90,0	179,95
	1	43,8	43,84	55,7	55,68	114,3	114,34
	3	63,7	21,24	78,5	26,18	167,2	55,72
	6	80,7	13,45	97,6	16,27	212,4	35,40
	12	102,2	8,51	121,3	10,11	269,9	22,49
	24	129,4	5,39	150,7	6,28	343,0	14,29
	36	148,5	4,13	171,1	4,75	394,6	10,96
	48	163,8	3,41	187,2	3,90	435,9	9,08
	96	207,4	2,16	232,6	2,42	553,9	5,77
	720	412,0	0,57	437	0,61	1111	1,54
	8544	1997	0,23	2030	0,24	3147	0,37

Tabelle 17: 100-jährliche Niederschläge nach Zeller für kürzere Niederschlagsdauer.

Im Niederschlagsintensitäts-Dauer Diagramm sind die 100-jährlichen Niederschlagsintensitäten nach diesem Verfahren dargestellt.

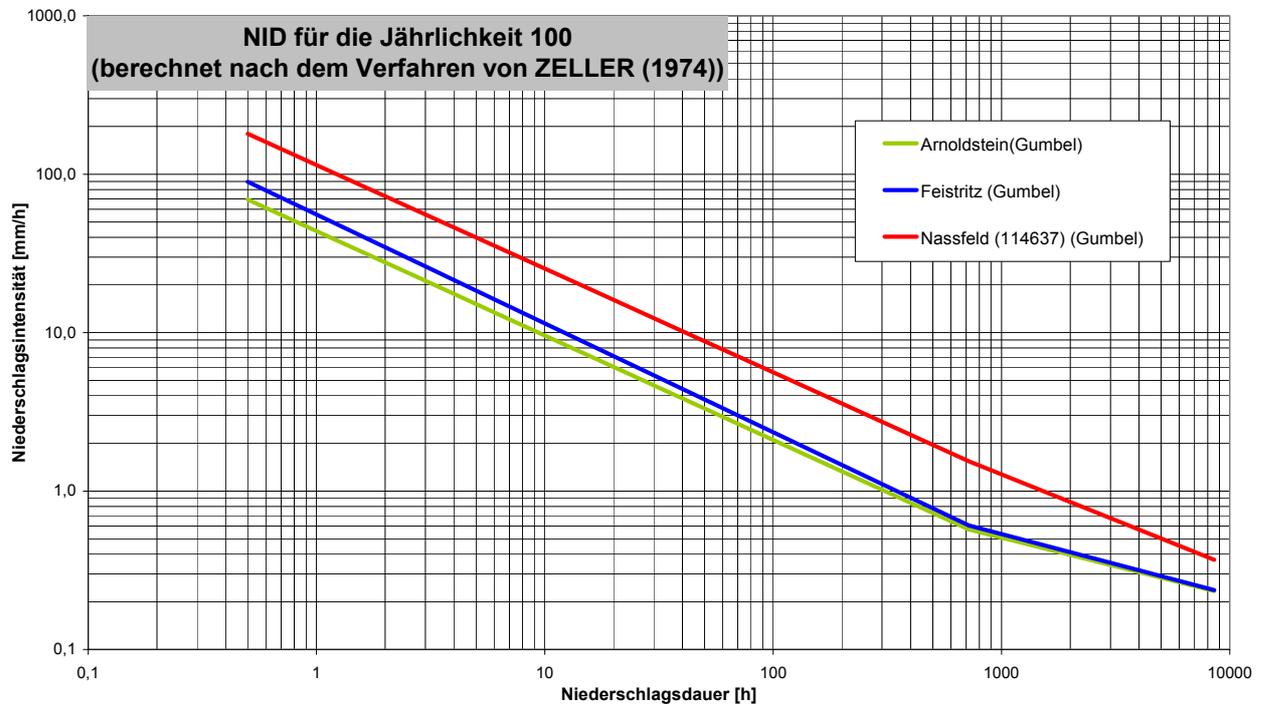


Abbildung 60: Niederschlagsintensitätsdiagramm für die Jährlichkeit 100; Ergebnisse nach ZELLER (1974).

5.1.1.3 Bemessungsniederschläge nach LORENZ/SKODA

Die Höhen punktueller Extremniederschläge werden vom HZB österreichweit für unterschiedliche Niederschlagsdauer zur Verfügung gestellt. Die verwendete Methodik ist in der Publikation "Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen mit inadäquaten Daten" (LORENZ & SKODA, 2000) nachzulesen. Der Extremwert repräsentiert dabei den Maximalwert, der innerhalb eines Flächendoms von ca. 5 km mal 5 km "punktuell" auftreten kann.

Zur Bildung des Gebietsniederschlages wurden diese Extremwerte nach (COURT 1961; FOUFOULA - GEORGIU et al. 1990) abgemindert.

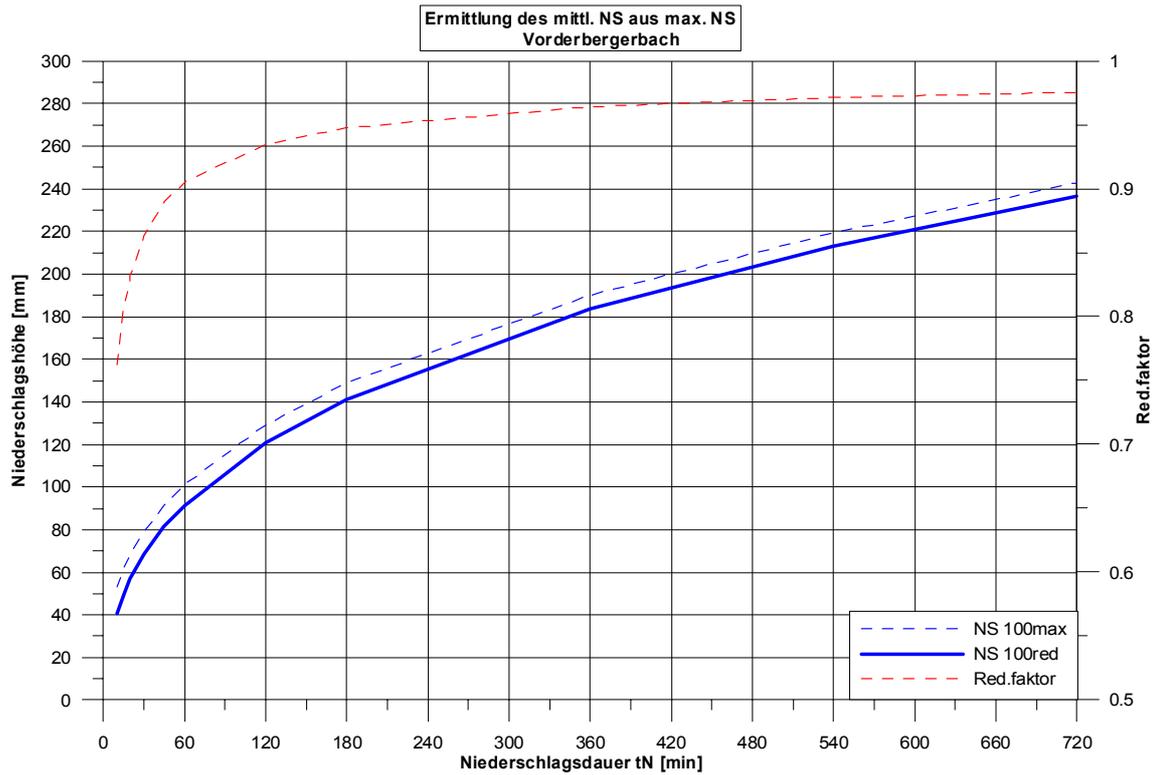


Abbildung 61: 100-jährlicher Gebietsniederschlag vom Einzugsgebiet des Vorderbergerbaches nach LORENZ & SKODA durch Reduktion von Punktniederschlägen.

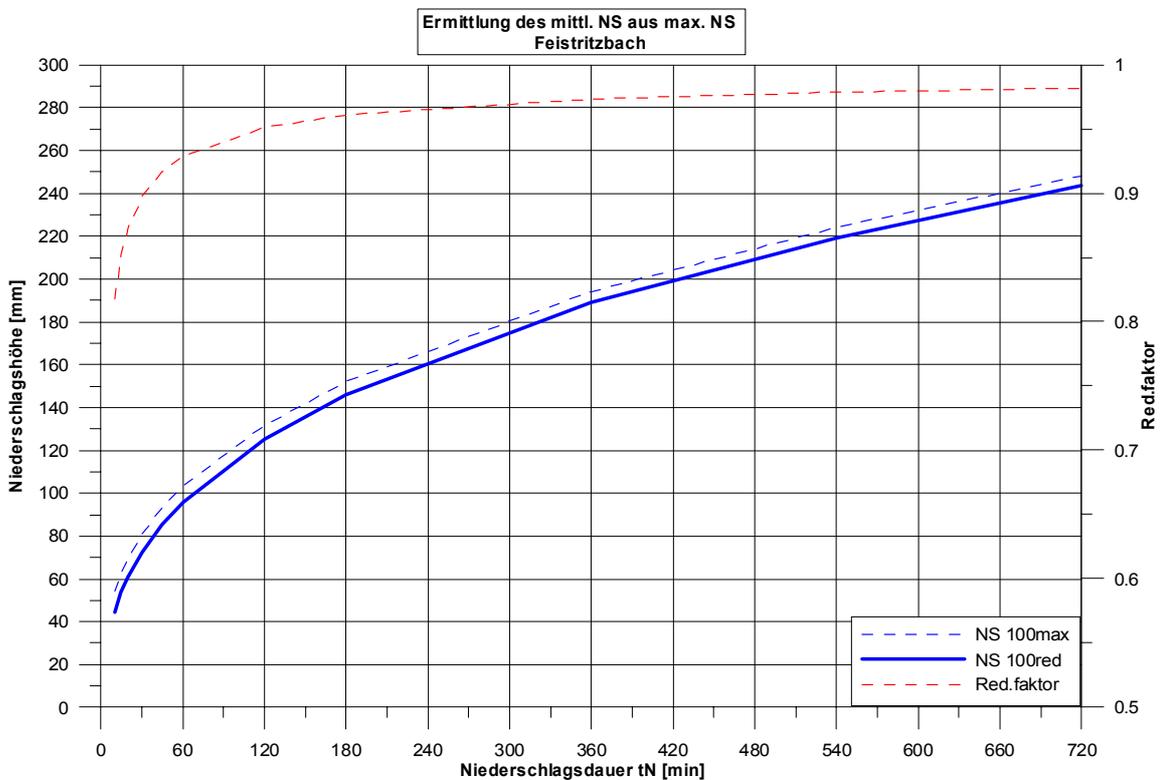


Abbildung 62: 100-jährlicher Gebietsniederschlag vom Einzugsgebiet des Feistritzbaches nach LORENZ & SKODA durch Reduktion von Punktniederschlägen.

5.1.1.4 Gemessene Niederschlagskennwerte für das Ereignis von den Stationen Arnoldstein, Nassfeld und Kanaltal (Italien)

Die Niederschlagskennwerte wurden aus den Rohdaten des Hydrografischen Dienstes Kärnten für die Stationen Arnoldstein und Nassfeld ermittelt. Die Niederschlagskennwerte für die Station Val Canale-Canal del Ferro sind Angaben von TROPEANO et al., 2004.

t [min]	t [h]	hn (dt) [mm]	i _N [mm/min]
1	0.02	4.58	4.58
30	0.5	37.64	1.25
60	1	52.36	0.87
120	2	80.06	0.67
180	3	122.94	0.68
360	6	183.15	0.51
480	8	218.91	0.46
540	9	222	0.41

Tabelle 18: Maximale Niederschlagshöhen und Intensitäten beim Ereignis der Station Nassfeld

t [min]	t [h]	hn (dt) [mm]	i _N [mm/min]
1	0.02	1.75	1.75
30	0.5	17.56	0.59
60	1	23.99	0.40
120	2	45.91	0.38
180	3	63.69	0.35
360	6	108.28	0.30
480	8	120.60	0.25
540	9	123	0.24

Tabelle 19: Maximale Niederschlagshöhen und Intensitäten beim Ereignis der Station Arnoldstein

t [min]	t [h]	hn (dt) [mm]	i _N [mm/min]
60	1	90	1.50
240	4	285	1.88
600	10	390	0.65

Tabelle 20: Maximale Niederschlagshöhen und Intensitäten beim Ereignis der Station Val Canale-Canal del Ferro, Italien (TROPEANO, et al.; 2004).

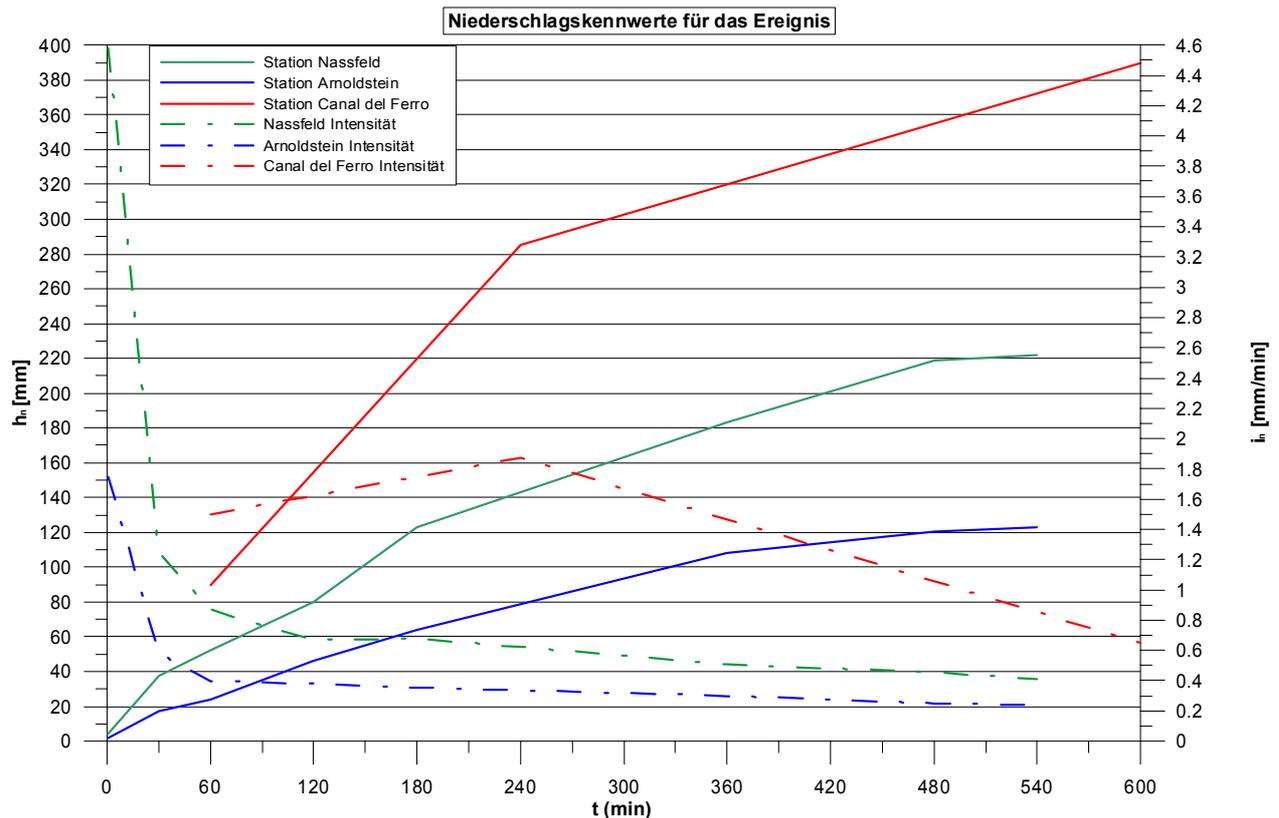


Abbildung 63: Maximale Niederschlagshöhen und Intensitäten beim Ereignis.

5.1.1.5 Vergleich und Interpretation der Ergebnisse

Aus Abbildung 64 ist ersichtlich, dass bei der Station Nassfeld die Werte unter den errechneten 100-jährlichen Niederschlagsintensitäten nach LORENZ & SKODA und ZELLER liegen. Die Niederschlagswerte der Station Arnoldstein übersteigen ab einer Dauer von 3 Stunden die 100-jährliche Niederschlagsintensität nach Zeller, liegen aber deutlich unter der 100-jährlichen Niederschlagsintensität nach LORENZ & SKODA.

Im Kanaltal in Italien übersteigt das Niederschlagsereignis deutlich die 100-jährlichen Intensitäten nach LORENZ & SKODA.

Vergleicht man die berechneten Gebietsniederschläge (8 Stunden) vom Vorderbergerbach und Feistritzbach, mit den berechneten Niederschlagsintensitäten (LORENZ & SKODA UND ZELLER) mit der Station Feistritz, übersteigen die Werte deutlich ein 100-jährliches Niederschlagsereignis.

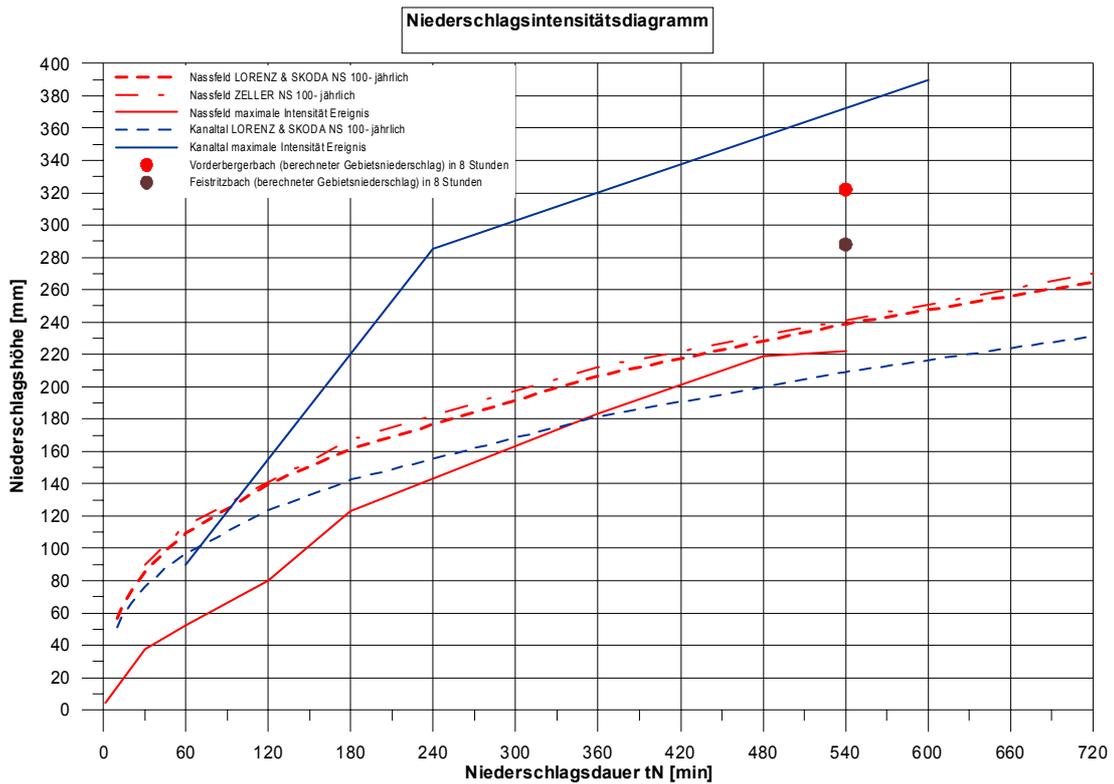


Abbildung 64: Vergleich der Niederschlagsintensitäten mit verschiedenen Berechnungsmethoden. Station: Nassfeld, Kanaltal, Vorderbergerbach (berechneter Gebietsniederschlag) und Feistritzbach (berechneter Gebietsniederschlag).

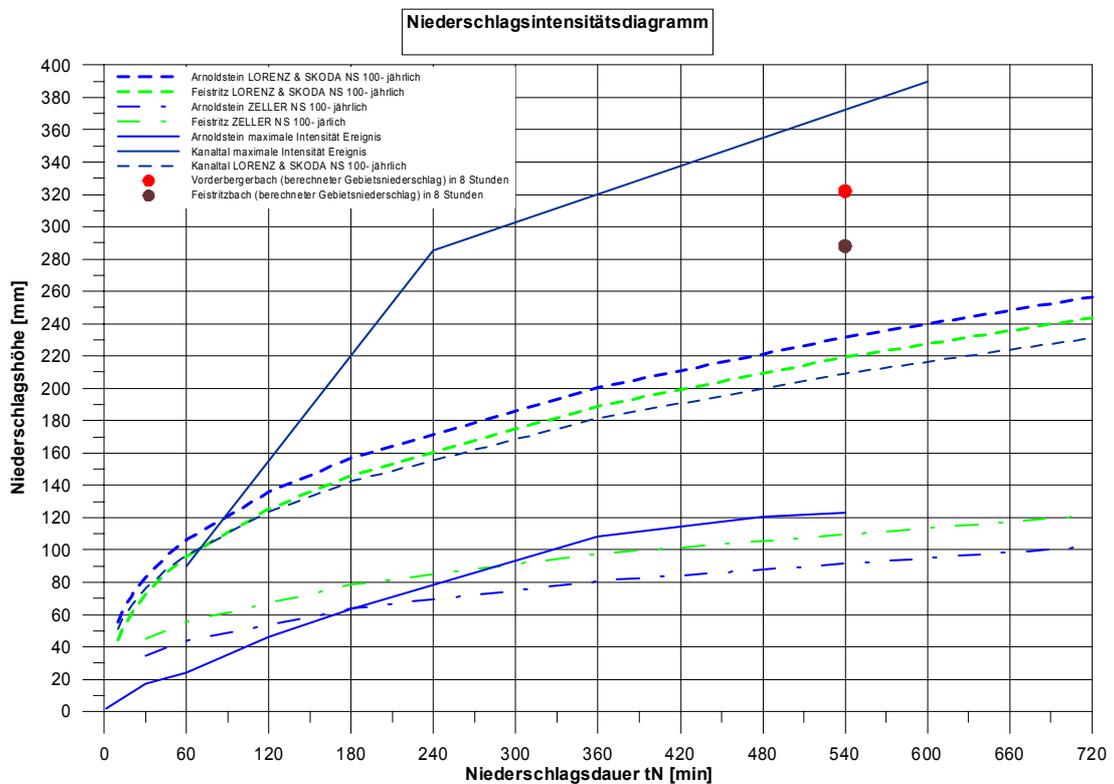


Abbildung 65: Vergleich der Niederschlagsintensitäten mit verschiedenen Berechnungsmethoden. Station: Feistritz an der Gail, Arnoldstein, Kanaltal, Vorderbergerbach (berechneter Gebietsniederschlag) und Feistritzbach (berechneter Gebietsniederschlag).

5.2 Rückrechnung der aufgetretenen Spitzenabflüsse Feistritzbach

5.2.1 Ermittlung des Abflusses mittels Schätzung der Fließgeschwindigkeit

Nach dem Ansatz von RUF (1988) und HODEL et al. (2000) werden die Fließgeschwindigkeiten, je nach Gerinnemorphologie, Gefälle und Durchflussfläche sowie vermutetem Geschiebetransport zwischen 1,5 m/s und 5 m/s geschätzt.

5.2.2 Ermittlung des Abflusses mittels berechneter Fließgeschwindigkeit

Die üblicherweise verwendeten Geschwindigkeitsformeln sind ursprünglich nur für flache Fließverhältnisse entwickelt worden. Zur Berechnung des Abflusses in steileren Gerinnen finden sich neue Berechnungsansätze in der Fachliteratur. Nach RICKENMANN (1996) sollen die verschiedenen Formeln nur innerhalb des Bereichs angewendet werden, welcher die Grundlage für deren Herleitung bildete.

Die Eingangsgrößen der Formeln lassen sich in der Natur meist nur schwer ermitteln, sodass auch die Ergebnisse stets mit Unsicherheiten behaftet sind.

JARRETT (1984)

JARRETT entwickelte auf Grund von 75 Messungen in Gebirgsflüssen eine empirische Beziehung für den Strickler'schen Reibungsbeiwert, die für das metrische System umgeformt werden kann (RICKENMANN, 1996). Die Formel ist im Gefällsbereich von 0,2 – 3,9 % gültig.

$$k_{st} = 3,14R^{0,16} / J^{0,38}$$
$$v = 3,81R^{0,83} J^{0,12}$$

STRICKLER (1923)

Der zur Fließgeschwindigkeit proportionale Fließwiderstand (Strickler-Beiwert) kann diversen Tabellenwerken entnommen werden.

$$v = k_{st} R^{2/3} J^{1/2}$$

RICKENMANN (1996)

RICKENMANN (1996) hat einen Ansatz zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeit entwickelt, wonach diese in natürlichen Gerinnen als Potenzfunktion der Parameter g , Q , J und d_{90} bestimmt werden kann. Die Formel ist im Gefällsbereich von 0,8 bis 63 % gültig.

$$k_{st} = 0,97g^{0,41}Q^{0,19} / (J^{0,19}d_{90}^{0,64})$$

$$v = 0,37g^{0,33}Q^{0,34}J^{0,20} / d_{90}^{0,35}$$

Der für die Berechnung der Rauigkeit und der Fließgeschwindigkeit nötige Abfluss (Q) wird mit Hilfe der Gerinnegeometrie und der berechneten Fließgeschwindigkeit nach RICKENMANN & WEBER (2000) bestimmt. Die Formel ist im Bereich $0,4 < h/d_{90} < 10$ gültig.

5.2.3 Fließgeschwindigkeiten in den Profilen vom Feistritzbach

Die Fließgeschwindigkeiten wurden im Feistritzbach anhand von 3 Profilen (hm 11,87, hm 13 und hm 29,8) berechnet. Das Trapezprofil bei hm 11,87 wurde für den Abfluss zum Zeitpunkt des Ereignisses und für den Maximalabfluss des dimensionierten Trapezprofils berechnet.

Datengrundlagen											K-Werte			
Aufnahme Nr.	Profil Pkt. Nr.	A _E [km ²]	A _Q [m ²]	J [-]	[%]	D ₉₀ [m]	max. Abflusstiefe	h [m]	h/d ₉₀	U [m]	R=A/U [m]	Jarrett	Rickenmann	Strickler
												$k=1/(0,39J^{0,39}R^{0,15})$	$k=0,97g^{0,41}Q^{0,19}/(J^{0,19}d_{90}^{0,64})$	Kst geschätzt
hm 11,87	1	14,57	17,6	0,03	3,0	0,07	2,5	35,7	18,6	0,9	11,80	59,24	25	
hm 11,87 dimensioniert	2	14,57	10,0	0,03	3,0	0,07	2,0	28,6	8,7	1,2	12,18	53,24	25	
hm 13	3	14,57	10,8	0,09	8,5	0,07	2,2	31,4	8,9	1,2	8,26	44,31	25	
hm 29,8	4	13,95	18,5	0,05	5,0	0,07	2,8	38,5	12,5	1,5	10,44	52,96	18	

Tabelle 21: Datengrundlage von den einzelnen Profilen.

Fließgeschwindigkeit					
Profil Pkt. Nr.	v geschätzt	Strickler mit K-Jarrett	Jarrett	Rickenmann	Strickler
		$v=K_{st}R^{2/3}J^{1/2}$ [m/s]	$v=3,81R^{0,83}S^{0,12}$ [m/s]	$v=0,37g^{0,33}Q^{0,34}J^{0,20}/d_{90}^{0,35}$ [m/s]	$v=K_{st}R^{2/3}J^{1/2}$ [m/s]
1	4,00	1,97	2,39	4,30	4,21
2	4,00	2,32	2,82	3,22	4,77
3	4,00	2,73	3,32	4,59	8,27
4	4,00	3,04	3,69	5,05	5,24

Tabelle 22: Berechnung der Fließgeschwindigkeiten nach JARRETT, RICKENMANN und STRICKLER.

Die Tabelle 22 zeigt, dass die Fließgeschwindigkeiten nach RICKENMANN und STRICKLER in den Profilen 1 und 4 gut übereinstimmen.

Da im Profil 3 die Sohlenneigung 8,5 % beträgt ist die Formel nach STRICKLER (bis 5 %) nicht zulässig. Da die Formel nach RICKENMANN die Korngröße d_{90} gegenüber der Sohlenneigung mehr gewichtet, ist die Fließgeschwindigkeit im Profil 3 verhältnismäßig niedrig.

Die Fließgeschwindigkeiten nach JARRETT liegen deutlich darunter.

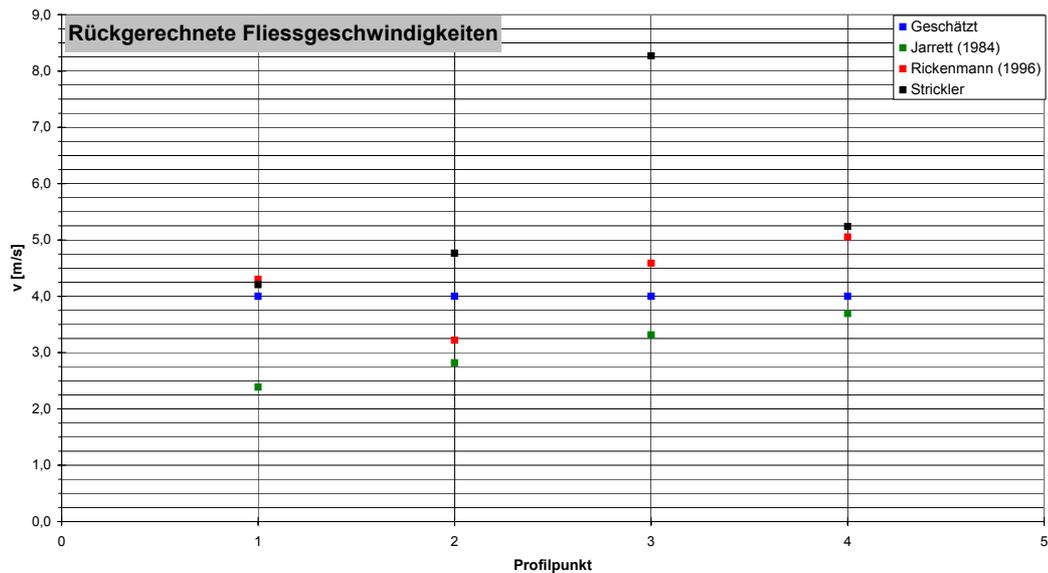


Abbildung 66: Rückgerechnete Fließgeschwindigkeiten in den Profilen.

5.2.4 Rückgerechnete Abflüsse

Beim Ereignis betrug der Abfluss (Profil 1) im Siedlungsbereich nach RICKENMANN und STRICKLER vermutlich rund 70 - 75 m³/s, das entspricht in etwa der doppelten Gerinnekapazität. Im Profil 4 oberhalb der Dosiersperre rund 95 m³/s (Tabelle 23).

Im Gefahrenzonenplan der Gemeinde Feistritz an der Gail sind für den Feistritzbach beim Eintritt des Bemessungsereignisses HQ₁₅₀ 72 m³/s ausgewiesen.

Profil Pkt. Nr.	Abfluss						spezifischer Abfluss	
	v geschätzt	v nach Rickenmann	v nach Strickler	v nach Jarrett	Wundt	Q gewählt	q Ereignis	q (Wundt)
	Q [m ³ /s]	q [m ³ /skm ²]	q [m ³ /skm ²]					
1	70,20	75,48	73,86	41,91	68,86	73,86	5,07	4,73
2	40,00	32,19	47,66	28,19	68,86	47,66	3,27	4,73
3	43,12	49,46	89,15	35,76	68,86	49,46	3,39	4,73
4	74,00	93,48	96,96	68,35	67,08	96,96	6,95	4,81

Tabelle 23: Berechnung der Abflüsse nach RICKENMANN, STRICKLER, JARRETT und WUNDT.

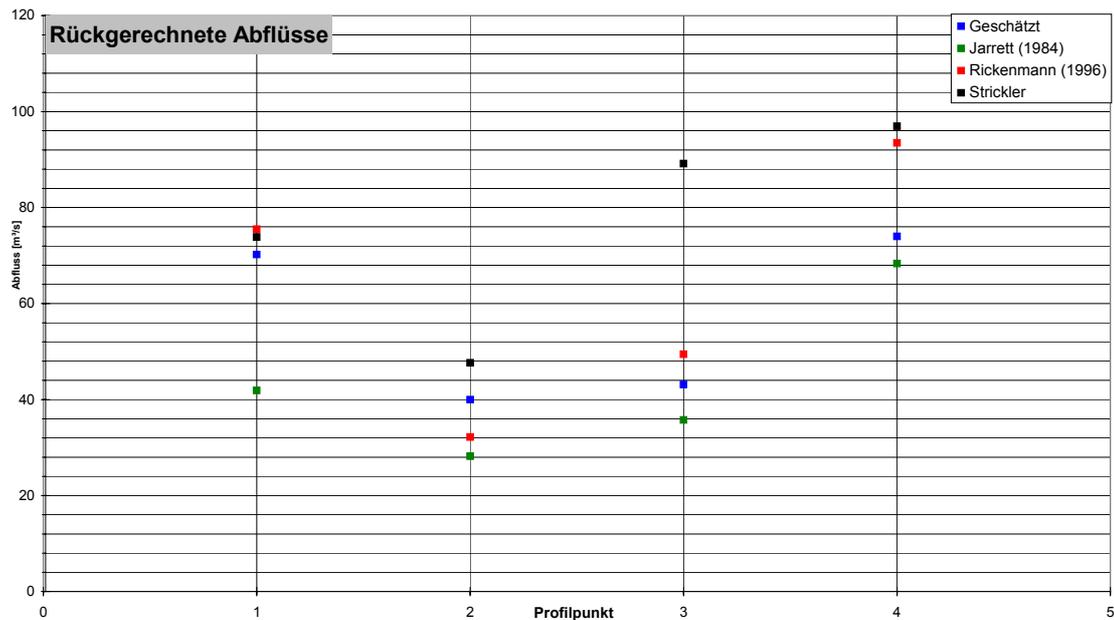


Abbildung 67: Rückgerechnete Abflüsse in den Profilen.

5.3 Hydraulische Abschätzung Vorderbergerbach

5.3.1 Analyse (MOSER et al. 2003)

Niederschlagsbeginn: ca. 12.00 MEZ

Um 18:00 MEZ war der Bach bereits bordvoll gefüllt. Es kam zu einer Verklauung beim oberen Steg. Der Steg wurde weggerissen und verklauste wiederum die Brücke darunter.

Ab ca. 18:00 MEZ gab es starke seitliche Überströmungen (beidseitig) unterhalb der Sohlstufe (Eintritt in den hart verbauten Regulierungsbereich) und oberhalb der Sohlstufe rechtsufrig auf einer Länge von ca. 35 m.

Die linksufrigen Überströmungen der Dammkrone unterhalb der Sohlstufe vollzogen sich auf einer Länge von fast 150 m (Beginn ca. 70 m oberhalb der Brücke und Ende im Bereich der Sohlstufe).

Es gab auch bei der Brücke beiderseitige Ausuferungen infolge der Verklauung, doch waren diese Mengen nicht so groß.

Laut Aussagen von Augenzeugen wurde die Verklauung bei der Brücke um ca. 21:00 MEZ abends entfernt. Die seitlichen Überströmungen im Bereich der Sohlstufen gingen ebenfalls in etwa um diese Zeit zurück.

Dies passt auch zum Ende des Niederschlags um 20:00 MEZ.

Die linksufrigen seitlichen Abflüsse durch die Ortschaft bildeten im Bereich des Ringdammes in der Zeit von 18:00 MEZ bis 20:00 MEZ einen Teich mit einem Wasservolumen von ca. 220.000 m³ (davon 28.000 m³ Schlamm). Das Volumen wurde vom Amt der Kärntner Landesregierung/Abteilung 18 Wasserwirtschaft/Unterabteilung Hermagor durch Vermessung ermittelt.

Das entspricht einer mittleren Abflussspitze von 30,5 m³/s. Nach 20:00 MEZ ging der Teich über, das Wasser floss zur Gail.

Berücksichtigt man den Wellenablauf, so ergibt dies in etwa eine max. Abflussspitze von ca. 40-45 m³/s innerhalb ersten 2 Stunden.

Der max. Wasserstand unterhalb der Brücke erreicht in etwa die Verbauungsoberkante, blieb also 50-70 cm unterhalb der Dammkrone.

Nach dem Rückgang des Hochwassers verblieb im Abflussgerinne eine Schlamm- und Geschiebeablagerung von über 1 m Höhe.

Das Ergebnis der Berechnungen / Abschätzungen

Der Gesamtabfluss betrug 115–135 m³/s.

Oberhalb der Sohlstufe floss rechtsufrig auf einer Länge von 35 m eine Menge von ca. 15–20 m³/s über die Böschungskrone.

Unterhalb der Sohlstufe (im Bereich der Deckwalze abwärts) wurde der Damm auf einer Länge von ca. 150 m mit 25–30 m³/s rechtsufrig überströmt.

Linksufrig flossen ca. 40–45 m³/s auf einer Länge von 150 m ab, wobei der Grossteil im Bereich der Deckwalze abwärts abgeworfen wurde.

Im Bereich der Brücke flossen 4–7 m³/s seitlich weg. Unterhalb der Brücke verblieben 30–35 m³/s.

Die Streuung des Gesamtergebnisses wird mit 125 m³/s +/-20 m³/s geschätzt.

Jährlichkeit: ca. 105 HQ100 = 120 m³/s.

5.3.2 Fließgeschwindigkeiten im Profil Vorderbergerbach

Die Fließgeschwindigkeiten wurden für das Profil 22 m unterhalb der Straßenbrücke berechnet.

Datengrundlagen											K-Werte		
Aufnahme Nr.	Profil Pkt. Nr.	A _E [km ²]	A _O [m ²]	J[-]	[%]	D ₉₀ [m]	h [m]	h/d ₉₀	U [m]	R=A/U [m]	Jarrett	Rickenmann	Strickler
hm 7.2	1	17,50	13,0	0,02	2,0	0,08	2,2	27,7	10,9	1,2	14,28	55,12	30

Tabelle 24. Datengrundlage vom Profil im Vorderbergerbach.

Fließgeschwindigkeit					
Profil Pkt. Nr.	v geschätzt	Strickler mit K-Jarrett	Jarrett	Rickenmann	Strickler
1	4,00	2,27	2,75	6,03	4,77

Tabelle 25: Berechnung der Fließgeschwindigkeiten nach JARRETT, RICKENMANN und STRICKLER.

5.3.3 Rückgerechnete Abflüsse

5.3.3.1 Rückgerechnete Abflüsse für Reinwasser

Abfluss							spezifischer Abfluss	
Profil Pkt. Nr.	v geschätzt	v nach Rickenmann	v nach Strickler	v nach Jarrett	Wundt	Q gewählt	q Ereignis	q (Wundt)
1	51.92	39.17	61.87	35.75	76.86	61.87	3.54	4.39

Tabelle 26: Berechnung der Abflüsse nach RICKENMANN, STRICKLER, JARRETT und WUNDT.

Vergleicht man den rückgerechneten Abfluss mit den Angaben von MOSER et al., 2003 im Bereich unterhalb der Brücke, würde die Formel nach JARRETT am besten passen

($Q_{\text{MOSER}} = 30\text{-}35 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{\text{JARRETT}} = 35,75 \text{ m}^3/\text{s}$).

5.3.3.2 Rückgerechnete Abflüsse mit Feststofftransport

Die Vorgangsweise besteht darin, dass zuerst der Abfluss Q bzw. der spezifischer Abfluss q nach den Formeln für Reinwasser geschätzt werden. Im zweiten Schritt wird die transportierbare Feststoffmenge q_b mit diesen geschätzten Werten ermittelt. Als nächstes wird der Abfluss bei Feststofftransport berechnet und mit den geschätzten Eingangswerten iteriert.

Transportierbare Feststoffmenge:

$$q_b = \left(\frac{1,39}{1,05} \right) * 1,5 * J^{1,5} * (q - q_c) \quad (\text{RICKENMANN 1999, 2001})$$

$$q_c = 0,15 * J^{-1,12} * \sqrt{g * d_{50}^3} \quad (\text{BATHURST 1987})$$

$$q_b = 4 * \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{-1} * \left(\frac{d_{90}}{d_{30}} \right)^{0,2} * q * J^{1,6} * \left[1 - \frac{\theta_c \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) * d_m}{h_m * J} \right] \quad (\text{SMART \& JÄGGI 1983})$$

- q_b: [m³/sm] Transportierbare Feststoffmenge (für 1 m Gerinnebreite)
- q_c: [m³/sm] Mobilisierung Ausgangsmaterial
- q: [m³/sm] spezifischer Reinwasserabfluss (für 1 m Gerinnebreite)
- d₅₀: [m] 50.Perzentile
- J: [tan] Sohlneigung des Gerinnes
- ρ: [kg/m³] Dichte Reinwasser
- ρ_s: [kg/m³] Dichte Feststoff/Geschiebe
- d_{90/30}: [m] 90./30.Perzentile
- θ_c: [-] Shields-Faktor – 0,05
- d_m: [m] geometrisches Mittel der Sieblinie ~ 64.Perzentile
- h_m: [m] Abflusstiefe Mischung Wasser/Feststoffe

mittlere Abflusstiefe h_f; spezifischer Abfluss q und Abfluss Q des Reinwassers bei Feststofftransport:

$$h_f = h_m * (1 - 1,64 * I^{0,42} * (q_b / q)^{0,63}) \quad (\text{RICKENMANN 1999, 2001})$$

$$q = h_f * v$$

$$Q = q * b$$

- h_f: [m] Abflusstiefe des Reinwassers bei Feststofftransport
- q: [m³/sm] spezifischer Abfluss bei Feststofftransport
- Q: [m³] Abfluss bei Feststofftransport

mittlere Abflusstiefe bei Feststofftransport		Abfluss bei Feststofftransport		Spezifische Feststofftransportrate	
RICKENMANN	SMART & JÄGGI mit v von STRICKLER	RICKENMANN	SMART & JÄGGI mit v von STRICKLER	qb Geschiebe nach RICKENMANN	qb Geschiebe nach SMART & JÄGGI
hf [m]	hf [m]	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]	qb [m ³ /sm]	qb [m ³ /sm]
1.172	1.174	20.86	33.00	0.031	0.030

Tabelle 27: Berechnung der Abflüsse und spezifischen Feststofftransportrate mit Feststofftransport nach RICKENMANN und SMART & JÄGGI.

Die Tabelle 26 zeigt die Abflüsse nach RICKENMANN und SMART & JÄGGI bei Berücksichtigung des Feststofftransportes. Der Abfluss beträgt nach RICKENMANN 20,86 m³/s und nach SMART & JÄGGI 33 m³/s. Die spezifische Feststofftransportrate (für 1 m Gerinnebreite) beträgt rund 0,03 m³/s.

6 REKONSTRUKTION DES EREIGNISABLAUFS

6.1 Rekonstruktion des Geschiebetransfers

Die Erstellung von Geschiebefrachtdiagrammen erfolgt in Anlehnung an die Ergebnisse des Projektes ETAlp. Aus den Geländeerhebungen, der Bestimmung der vorliegenden Geschiebefraktionen, den „Stummen Zeugen“ (inkl. Fotomaterial etc.) und der Rekonstruktion des Ereignisverlaufs werden für die beiden Einzugsgebiete Geschiebefrachtdiagramme abgeleitet.

Im Rahmen der Begehung und Kartierung des Einzugsgebietes des Vorderbergerbaches und des Feistritzbaches wurden für Gerinnehomogenabschnitte bzw. Gerinneknotten die Geschiebekubaturen abgeschätzt. Diese Abschätzung wurde getrennt nach Gerinne, Bank und Einhang durchgeführt und dabei die erodierte bzw. abgelagerte Feststoffkubatur aufgenommen (siehe Tabelle 27).

Gerinne	Bank	Einhang	Bauwerk
Breite	Höhe	Höhe	Ablagerungsbreite
Mächtigkeit der Erosion/Ablagerung	Mächtigkeit der Erosion/Ablagerung	Erosionstiefe	Ablagerungshöhe
Längenanteil am Homogenabschnitt	Längenanteil am Homogenabschnitt	Längenanteil am Homogenabschnitt	Ablagerungslänge

Tabelle 28: Im Gelände kartierte Parameter zur Ermittlung der Feststoffkubaturen.

Aus der Gegenüberstellung von erodierten und abgelagerten Feststoffen wird die im jeweiligen Bachabschnitt transportierte Geschiebefracht bestimmt.

Trägt man die abschnitts-/knotenweise ermittelte Geschiebefracht über die Lauflänge des Baches auf, so erhält man die Summenkurve der Feststofferosion bzw. Feststoffablagerung. Die Differenz ergibt die Geschiebefrachtlinie. Eine ansteigende Geschiebefrachtlinie kennzeichnet Bereiche mit überwiegender Erosion, eine abfallende Geschiebefrachtlinie verweist auf Geschiebeablagerung. Ein waagrechter Verlauf dieser Linie kennzeichnet Strecken mit Umlagerungstendenz. Zusätzlich wurde für den Feistritzbach auch eine Summenlinie nicht genutzten Retentionspotentials (aufgrund nicht vollständig verlandeter Retentionsbauwerke) ausgewiesen.

6.2 Rekonstruktion der Prozessdynamik

Für die Abbildung der rekonstruierten Prozessdynamik im Gerinnesystem des Vorderbergerbaches und des Feistritzbaches wird in Anlehnung an das Projekt ETAlp versucht, die einzelnen Bachverläufe mit Hilfe eines „**Abstrahierten Gerinnesystems**“ abzubilden. Dabei werden die Feststoffprozesse sowie die Transportprozesse anhand eines nicht maßstäblichen Systemdiagramms dargestellt.

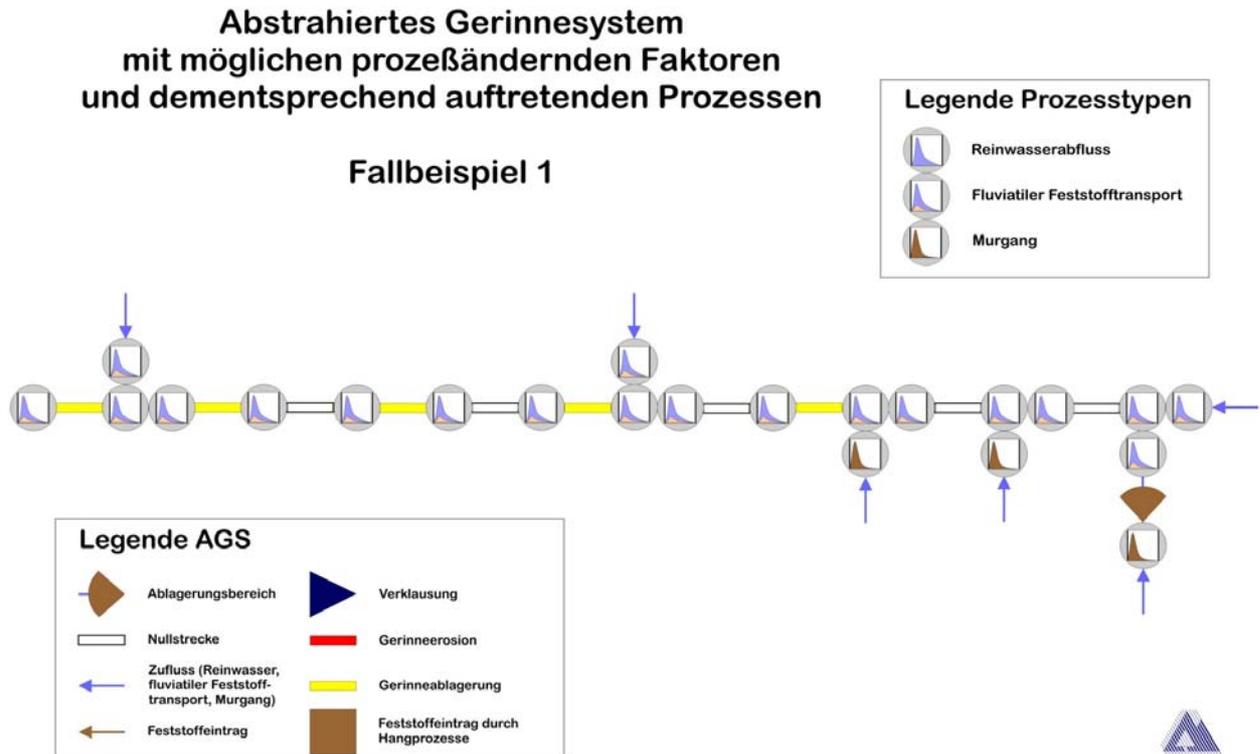


Abbildung 68: Beispiel eines abstrahierten Gerinnesystems mit möglichen prozessändernden Faktoren (Institut für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen, BOKU Wien, 2002).

Abbildung 68 zeigt ein Beispiel für die Darstellung eines Bachlaufes mit Hilfe eines „abstrahierten Gerinnesystems“. Den drei Prozesstypen „Reinwasserabfluss“, „Fluvialer Feststofftransport“ und „Murgang“ werden zusätzlich Symbole zugeordnet (siehe Abbildung 69) und diese in das „abstrahierte Gerinnesystem“ übernommen.

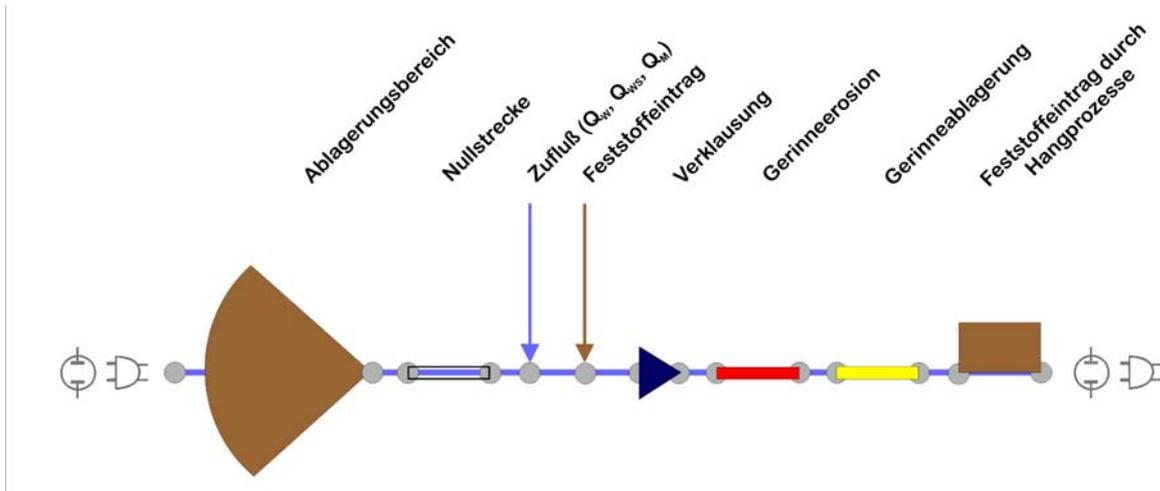


Abbildung 69: Legende der Prozessstypen im „abstrahierten Gerinnesystem“.

6.2.1 Analyse Vorderbergerbach

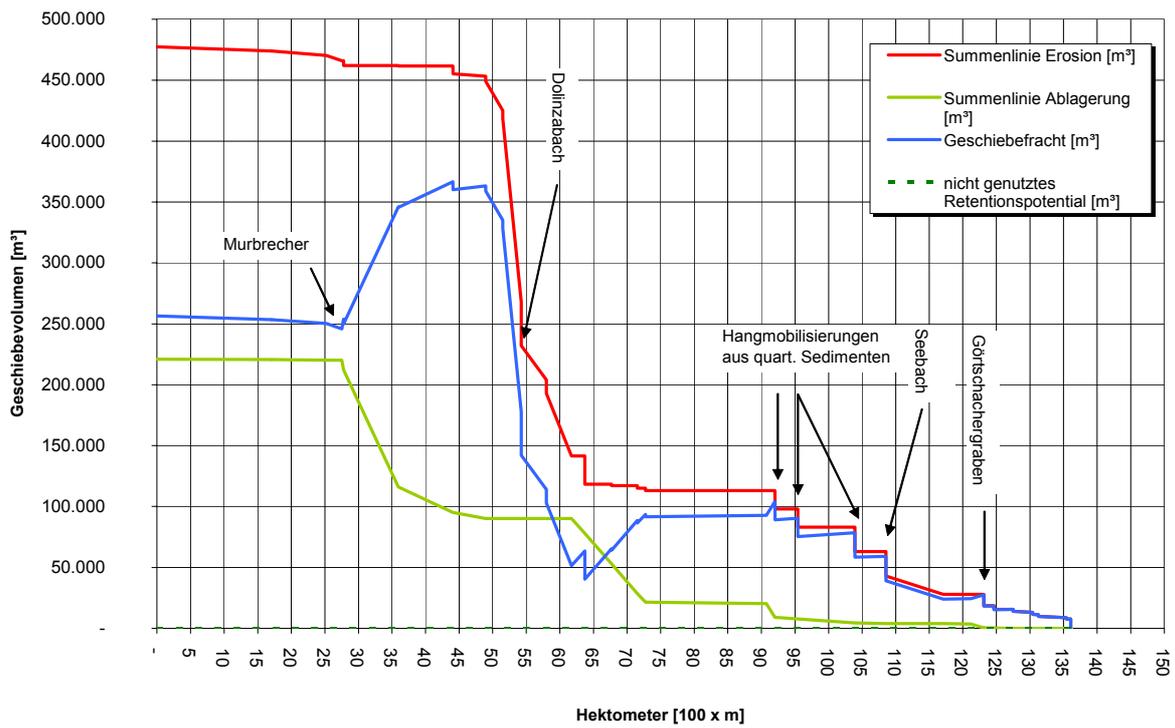


Abbildung 70: Geschiebefrachtogramm Vorderbergerbach.

Abstrahiertes Gerinnesystem Vorderberger Bach/St. Stefan an der Gail

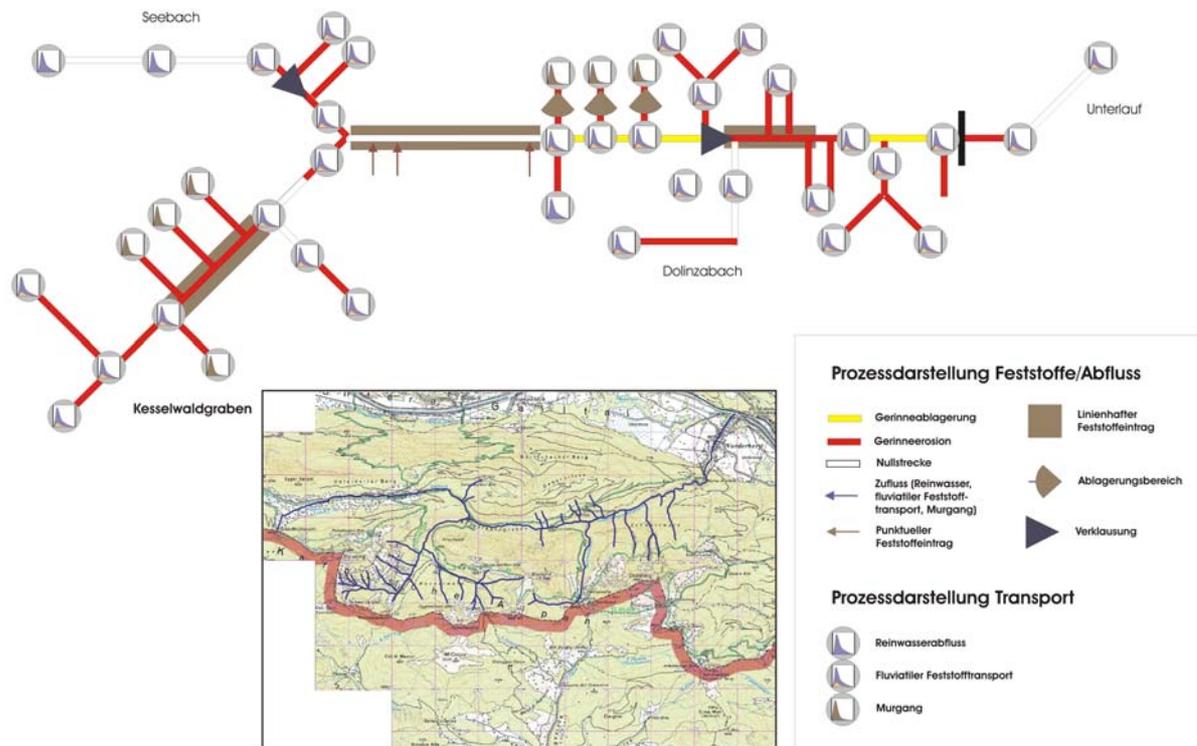


Abbildung 71: Darstellung des abstrahierten Gerinnesystems des Vorderbergerbaches/St. Stefan an der Gail (Systemdarstellung - nicht maßstäblich).

In Einzugsgebiet des Vorderbergerbaches führte das Ereignis insbesondere in den Bereichen des Kesselwaldgrabens sowie dem Gerinneabschnitt unterhalb der Einmündung des Dolinzabaches zu besonders intensiver Feststoffmobilisierung. Die beiden Ablagerungsbereiche im Staubereich des Murbrechers sowie oberhalb der Einmündung des Dolinzabaches führten hingegen zu einer maßgeblichen Reduktion der Geschiebefracht. Bei einer gesamten Erosionsleitung von 477.500 m³ wurden 221.000 m³ im Einzugsgebiet retendiert, davon 120.000 m³ im Murbrecher. Die Differenz von 256.500 m³ wurde als Geschiebetrieb für den Unterlauf relevant und lagerte sich dort ab bzw. wurde durch den Vorfluter Gail abtransportiert. Berücksichtigt man dabei zusätzlich eine Volumenzunahme durch die Verlagerung der Feststoffe von 15 % so erhöht sich die Transferleistung auf 295.000 m³. Das ergibt für die betroffenen Flächen am Ablagerungskegel (ca. 424.000 m²) eine mittlere Ablagerungshöhe von 0,3 m (50 % wird durch den Vorfluter abgeführt) bis 0,7 m (100 % Ablagerung am Schwemmkegel). Realistischer Weise kann mit einer Ablagerung von 60-70 % am Schwemmkegel gerechnet werden, was eine mittlere Ablagerungshöhe von 0,3-0,5 m ergibt. Die Erosion teilt sich zu 115.000 m³ oder 24 % auf die Zubringergerinne und zu

360.000 m³ oder 76 % auf das Hauptgerinne auf. Dazu soll angemerkt werden, dass die Geländeaufnahmen den Zustand unmittelbar nach dem Ereignis darstellen und daher nachfolgende Gerinneerosion nicht berücksichtigen.

Kesselwaldgraben (hm 78,5): Das Gerinnesystem ist hier durch intensive Tiefen- und in der Folge auch Einhangerosion gekennzeichnet. Zusätzlich haben die zahlreichen „Hangmuren“ das Gerinne in einigen Bereichen direkt dotiert. Der untere, breitere Grabenabschnitt weist bis zu 1,5 m hohe Feststoffablagerungen auf und hat damit Umlagerungstendenz. Auf Grund der Art der Feststoffablagerungen kann mit Ausnahme der steilen, seitlichen Zubringer mit murgangartigem Transportcharakter, ein fluviatil geprägtes Transportverhalten angenommen werden.

Die zahlreichen Steinkastensperren sind größtenteils zerstört. Speziell im Bereich der Oberlaufabschnitte erfüllten diese Konsolidierungssperren ihre Funktion, im Mittellauf waren infolge des hohen Wasser- und Feststoffanfalls ihre Fundamente schnell erodiert. Daher konnten sie hier ihr eigentliches Verbauungsziel nur teilweise erfüllen. Insgesamt trugen sie zu einer Reduktion der Feststoffmobilisierung, speziell am Anfang des Ereignisverlaufs bei. Für zukünftige Ereignisse muss daher mit einer vergleichbaren oder höheren Erosionskubatur gerechnet werden.

Seebach (hm 78,5): Über einen Großteil seiner Länge weist der Seebach nur geringfügige, lokale Erosionstendenz auf, welche sofort wieder gepuffert wurde. Entsprechend den kartierten HW-Anschlaglinien dürfte dieser Umstand wohl auch durch die relative geringen Niederschlagsintensitäten bedingt sein, welche nach Westen hin zugenommen haben. Unterhalb der Querung der Forststraße (hm 5,8 ab Mündung Seebach) verursachten einrutschende Bäume die Verklauung des Hauptgerinnes. Es schließt ein Gerinneabschnitt mit verstärkter Erosion an, welcher durch die Verklauung und das sich aufsteilende Längsgefälle bedingt ist. Durch anstehenden Felsuntergrund (Ordovizische Schiefer, Ederkalke) ist die Erosion begrenzt. Insgesamt herrschten fluviatile Abflussvorgänge vor.

Hauptbach zwischen der Einmündung Seebach und Dolinzagraben (hm 49,6-78,5): Dieser Gerinneabschnitt ist durch intensive Feststofftransfervorgänge und in der Folge auch durch seitliche Erosion der wenig stabilen Einhänge gekennzeichnet. Im Hauptgerinne herrschte fluviatiler Feststofftransport vor; die Seitengräben lieferten in Form von phasenweisen, murgangartigen Transportspitzen. Auf Grund des intensiven Feststoffanfalls herrschten nach anfänglicher Gerinneerosion, in diesem Abschnitt trotz

einer Längsneigung von 5-7 % umlagernde bis ablagernde Verhältnisse vor. Das lässt sich anhand des gleichmäßigen Ablagerungsniveaus und zahlreicher bis zu 1,5 m eingeschotterter Bäume entlang des Gerinneverlaufs rückschließen.

Durch diese früh einsetzende Feststoffumlagerung kam es in der Folge zur „Verwilderung“ des gesamten Gerinneverlaufs, mit nachfolgender linienhafter Seitenerosion des Hangfußes. An drei Gerinneabschnitten (hm 78, 69,5 und 66,2) kam es rechtsufrig auf einer Streck von rund 150 Metern zu einer intensivierten Mobilisierung der instabilen quartären Sedimente (Staukörper am Eisrand). Diese punktuellen Einrutsche führten zu einer rechtsufrigen Verbreiterung bzw. Verlegung des Talquerschnitts um bis zu 30 m, was die seitliche Umgehung zweier Sperren (hm 74,5-75,5) zur Folge hatte. Oberhalb der Einmündung Dolinzabach entwickelte sich ein 1,2 km langer Abschnitt (hm 49,6-59,8) mit durchwegs feinkörnigen, bis zu 6 m hohen Ablagerungen. Dadurch wurde die bei hm 58,6 querende Landesstraße komplett verlandet. Dieser Abschnitt dürfte den Einstaubereich einer temporären Verkläusung darstellen, welche sich an der Engstelle oberhalb der Dolinzabach-Einmündung entwickelt hat. Diese Annahme wurde auch durch die Baggerfahrer bestätigt, welche leicht zu räumende, feinkörnige Ablagerungen mit hoher Selbsträumungstendenz vorfanden.

Insgesamt kann gesagt werden, dass die in diesem Abschnitt situierten Konsolidierungssperren das Verbauungsziel (Verhinderung von Tiefenerosion, Festlegung des Bachlaufes) erfüllt haben, und erst der große Feststoffanfall aus den oberliegenden Einzugsgebietsteilen zu Umlagerung mit nachfolgender Seiten- und Einhangerosion führte, was zur Auswaschung der Sperrenflügel und zur Umgehung der Sperren geführt hat.

Dolinzagraben (hm 49,6): Analog zum Kesselwaldgraben ist auch hier das Gerinnesystem durch intensive Tiefen- und nachfolgende Hangfußerosion gekennzeichnet. Zahlreiche „Hangmuren“ haben in einigen Bereichen das Gerinne direkt dotiert. Der untere, breitere Talquerschnitt weist Umlagerung mit Feststoffablagerungen von bis zu 1,5 m auf. Mit Ausnahme der steilen, seitlichen Zubringer, welche durchwegs murgangartigen Feststofftransfer aufgewiesen haben, hat hier fluviales Transportverhalten vorgeherrscht.

Analog zum Kesselwandgraben sind auch hier die zahlreichen Steinkastensperren größtenteils zerstört. Speziell in den Oberlaufabschnitten konnten diese Konsolidierungssperren ihre Funktion erfüllen. Im Mittellauf wurden ihre Einbindungen infolge des hohen Wasseranfalls schnell erodiert und sie konnten ihr Verbauungsziel nur teilweise erfüllen.

Hauptgerinne von der Einmündung Dolinzabach bis Murbrecher (hm 27,8-49,6): Über eine Länge von etwa 500 m weist das Gerinne flußab der Einmündung des Dolinzabaches eine stark erosive Tendenz mit intensiver Tiefen- und Einhangerosion auf. Die linksufrige Erosion des Einhangs bis zu 30 m und 50 m Höhe führte zu einer kompletten Verlegung des Gerinneverlaufs und der Zerstörung der Wasserversorgung des Ortes. Diese plötzliche Veränderung des Prozessverhaltens könnte durch eine temporäre Verklausung des engen Gerinneabschnitts oberhalb der Einmündung des Dolinzabaches verursacht worden sein. Ein Umstand welcher auch die intensive Ablagerung bachaufwärts dieser Engstelle schlüssig erklären kann. Unterhalb dieses Abschnitts geht das Transportverhalten schnell wieder zu umlagerndem Verhalten über. Dabei wird die gesamte Talbreite ausgenützt, Der Hangfuß ist einer linienhaften Erosion ausgesetzt. Es sind hier vereinzelt und unergiebig punktuelle Einhangmobilisierungen im Bereich der Eisrandablagerungen - vornehmlich an Prallufeln - vorhanden. Dieses Prozessverhalten ändert sich an der etwa 0,8 km oberhalb des Murbrechers gelegenen Einstauwurzel zu genereller Ablagerung über die gesamte Talbreite von 40 bis 50 m. Daraus kann ein Verlandungsgefälle des Murbrechers von 4-5 % rückgerechnet werden. Auf Grund der Interpretation der abgelagerten Sedimente kann für den gesamten Abschnitt vorwiegend fluviatiles Transportverhalten angenommen werden. Für die Zeitdauer des Verklausungsbruchs ist fluviatil bis murgangartiges Verhalten mit erosiver Tendenz anzunehmen. Ob der Verklausungsbruch zu einer Schwallwelle am Murbrecher geführt hat, kann nicht mehr eindeutig nachgewiesen werden. Ein durch den Verklausungsbruch verursachter Schwall wurde im Unterlauf nicht bemerkt. Wie bereits angeführt, wurde die Abflussektion des Murbrechers über nahezu die gesamte Breite mit einer Überfallhöhe von 1,3 m beansprucht.

Der Murbrecher selbst hat sein Verbauungsziel erfüllt, da er über die veranschlagte Kubatur hinaus Feststoffe retendiert hat. Obwohl die gesamte Abflussektion bis zu einer Höhe von 1,3 m zeitweise überflutet war, hat das Bauwerk bis auf Schäden in der Vorfeldsicherung das Ereignis ohne Funktionsminderung überstanden.

Hektometer	Bezeichnung	Geschiebe zugabe [m³]	Geschiebe ablagerung [m³]	Summenlinie Erosion [m³]	Summenlinie Ablagerung [m³]	Geschiebe-fracht [m³]	nicht genutztes Retentions-potential [m³]	Liefer-leistung [m³/ffm]	Ablagerungs-leistung [m³/ffm]
136,08	Gerinne	205,4	-	205,4	-	205,4	-	1,9	-
136,07	Zubringer	7.289,0	-	7.494,4	-	7.494,4	-	7.289,0	-
135,39	Gerinne	182,6	-	7.677,0	-	7.677,0	-	2,7	-
135,38	Zubringer	935,8	-	8.612,8	-	8.612,8	-	935,8	-
131,28	Gerinne	1.208,3	-	9.821,2	-	9.821,2	-	2,9	-
131,27	Zubringer	1.341,9	-	11.163,0	-	11.163,0	-	1.341,9	-
130,40	Gerinne	252,7	-	11.415,7	-	11.415,7	-	2,9	-
130,39	Zubringer	1.736,5	-	13.152,2	-	13.152,2	-	1.736,5	-
127,49	Gerinne	782,6	-	13.934,8	-	13.934,8	-	2,7	-
127,48	Zubringer	1.579,2	-	15.514,0	-	15.514,0	-	1.579,2	-
124,63	Gerinne	-	- 216,7	15.514,0	216,7	15.297,3	-	-	0,8
124,62	Zubringer	2.989,9	-	18.503,9	216,7	18.287,2	-	2.989,9	-
123,15	Gerinne	-	- 117,8	18.503,9	334,4	18.169,4	-	-	0,8
123,14	Zubringer	9.304,6	-	27.808,5	334,4	27.474,0	-	9.304,6	-
121,23	Gerinne	-	- 3.142,5	27.808,5	3.476,9	24.331,5	-	-	16,5
117,10	Gerinne	-	- 413,4	27.808,5	3.890,3	23.918,1	-	-	1,0
108,56	Gerinne	15.024,2	-	42.832,7	3.890,3	38.942,3	-	17,6	-
108,55	Zubringer	20.152,1	-	62.984,8	3.890,3	59.094,4	-	20.152,1	-
103,94	Gerinne	-	- 577,0	62.984,8	4.467,3	58.517,5	-	-	1,3
103,93	Einstoß	20.000,0	-	82.984,8	4.467,3	78.517,5	-	20.000,0	-
95,43	Gerinne	-	- 3.193,3	82.984,8	7.660,6	75.324,2	-	-	3,8
95,42	Einstoß	15.000,0	-	97.984,8	7.660,6	90.324,2	-	15.000,0	-
92,03	Gerinne	-	- 1.274,2	97.984,8	8.934,8	89.049,9	-	-	3,8
92,02	Einstoß	15.000,0	-	112.984,8	8.934,8	104.049,9	-	15.000,0	-
90,76	Gerinne	-	- 11.405,4	112.984,8	20.340,2	92.644,5	-	-	90,2
72,76	Gerinne	-	- 1.095,9	112.984,8	21.436,2	91.548,6	-	-	0,6
72,75	Zubringer	2.040,9	-	115.025,7	21.436,2	93.589,5	-	2.040,9	-
71,52	Gerinne	-	- 7.098,2	115.025,7	28.534,3	86.491,4	-	-	57,6
71,51	Zubringer	2.060,9	-	117.086,6	28.534,3	88.552,3	-	2.060,9	-
67,70	Gerinne	-	- 24.445,1	117.086,6	52.979,4	64.107,2	-	-	64,1
67,69	Zubringer	1.211,9	-	118.298,5	52.979,4	65.319,1	-	1.211,9	-
63,71	Gerinne	-	- 24.991,5	118.298,5	77.970,9	40.327,6	-	-	62,8
63,70	Zubringer	23.234,1	-	141.532,6	77.970,9	63.561,7	-	23.234,1	-
61,73	Gerinne	-	- 12.132,5	141.532,6	90.103,4	51.429,2	-	-	61,6
57,99	Gerinne	51.471,8	-	193.004,4	90.103,4	102.901,0	-	137,8	-
57,98	Zubringer	11.056,3	-	204.060,7	90.103,4	113.957,3	-	11.056,3	-
54,25	Gerinne	28.034,8	-	232.095,5	90.103,4	141.992,1	-	75,2	-
54,24	Zubringer	35.775,7	-	267.871,2	90.103,4	177.767,8	-	35.775,7	-
51,48	Gerinne	150.623,0	-	418.494,2	90.103,4	328.390,8	-	545,8	-
51,47	Zubringer	6.697,4	-	425.191,6	90.103,4	335.088,2	-	6.697,4	-
48,94	Gerinne	23.907,2	-	449.098,8	90.103,4	358.995,4	-	94,4	-
48,93	Zubringer	4.246,1	-	453.344,9	90.103,4	363.241,5	-	4.246,1	-
44,08	Gerinne	1.882,7	- 5.000,0	455.227,6	95.103,4	360.124,2	-	3,9	10,3
44,07	Zubringer	6.495,7	-	461.723,3	95.103,4	366.619,9	-	6.495,7	-
35,94	Gerinne	-	- 21.000,0	461.723,3	116.103,4	345.619,9	-	-	25,8
35,93	Zubringer	270,1	-	461.993,4	116.103,4	345.890,0	-	270,1	-
27,81	Gerinne	-	- 96.000,0	461.993,4	212.103,4	249.890,0	-	-	118,2
27,80	Zubringer	3.885,8	-	465.879,2	212.103,4	253.775,8	-	3.885,8	-
27,54	Sperre	-	- 8.000,0	465.879,2	220.103,4	245.775,8	-	-	311,3
25,22	Gerinne	4.445,7	-	470.324,9	220.103,4	250.221,5	-	19,2	-
17,09	Gerinne	3.662,6	- 500,0	473.987,6	220.603,4	253.384,1	-	4,5	0,6
0,10	Gerinne	3.453,7	- 400,0	477.441,2	221.003,4	256.437,8	-	4,5	0,5
-	0	-	- 0,5	477.441,2	221.003,9	256.437,3	-	-	0,5

Tabelle 29: Tabellarische Aufbereitung des Geschiebefrachtdiagrammes Vorderbergerbach (positives Vorzeichen: Erosion, negatives Vorzeichen: Ablagerung).

Schlucht (hm 17,0-27,4) und Unterlaufgerinne (hm 0-17,0): In der Schlucht herrschten auf Grund des tlw. anstehenden Festgesteins vorwiegend umlagernde bis latent erosive Verhältnisse vor. Am Schwemmkegelhals traten erosive Bedingungen auf, was zur Erosion und in der Folge zum Versagen der beiden dort situierten Sperrern (hm 16,0 und 17,0) führte. Die anschließende Gerinneaufweitung (hm 9,4-15,0) konnte das mobilisierte Material jedoch nur teilweise auffangen. In der Folge konnte die anschließende Ortsverbauung (Künette in ZMM mit beiderseitiger Aufdämmung) den geschiebebelasteten Abfluss nicht ausreichend abführen, was zum beiderseitigen Überborden flußab der Sohlschwelle (hm 8,4-15,0) und flächigem Abfluss durch das Ortsgebiet führte. Auf Grund des aufgedämmten Unterlaufgerinnes wurde der Abfluss nicht mehr in das Gerinne zurückgeleitet und staute sich speziell im unteren linksufrigen Bereich des Schwemmkegels am Ringdamm des Vorfluters Gail zurück. Die temporäre Verklausung des Gerinnes durch einen mitgerissenen Steg ereignete sich an der Brücke bei hm 7,2, was zu seitlichem Überborden führte das in weiterer Folge die Kirche und das Feuerwehrgebäude in Mitleidenschaft zog.

Die am Schwemmkegelhals gelegenen Sperrern konnten bis zur Erosion ihrer Einbindung ihre Funktion erfüllen. Das Überborden der Ortsverbauung ist auf den unterdimensionierten Übergang zwischen Gerinneaufweitung und Ortsverbauung zurückzuführen, wie Abschlaglinie und Zeugenaussagen bestätigen.

6.2.2 Analyse Feistritzbach

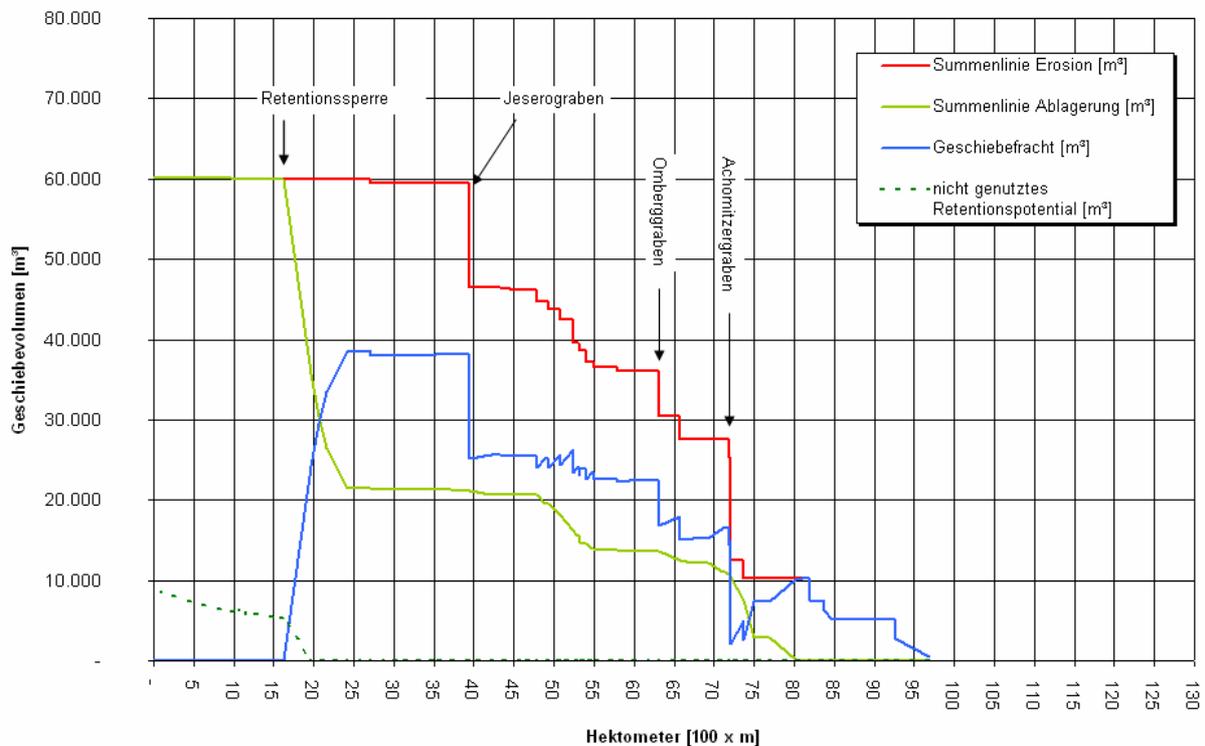


Abbildung 72: Geschiebefrachtdiagramm Feistritzbach.

Das Einzugsgebiet des Feistritzbaches lieferte gleichmäßig verteilt über das gesamte Ereignis. Ein Großteil der mobilisierten Sedimente wurde oberhalb der Schluchtstrecken des Jesero- und Achomitzergrabens sowie in der neu errichteten Retentionssperre im Hauptgerinne retendiert. Das ist auf die stärker ausgeräumten quartären Sedimente und die stärkere Strukturierung des Längsprofils der Seitengräben und des Hauptbaches zurückzuführen, woraus geringere Erosionsleitungen bei gleichzeitiger besserer Gerinneretention resultierte. Bei einer Erosionsmenge von 60.100 m³ wurden 24.300 m³ oder 40 % im Gerinne und 35.800 m³ oder 60 % in der Sperre retendiert. Die Erosionsmenge teilt sich zu 90 % auf die Zurbringergerinne und zu 10 % auf den Hauptbach auf.

Busco- und Bartolograben (hm 84,6): Beide Quellbäche weisen durchgehend Tiefen- und Einhangerosion auf. Das Transportverhalten dabei war fluvuatil mit murgangartigen Phasen. Die zahlreich vorhandenen Steinkastensperren sind zum Teil durch Erosion der Einbindung zerstört.

Hauptgerinne zwischen den Quellbächen und dem Achomitzergraben (hm 84,6-70,4):

Hier herrschte bedingt durch den hohen Feststoffanfall bereits Umlagerung mit Ablagerungsmächtigkeiten von bis zu 1 m vor. Infolge der Ablagerungen kam es zur Verlagerung des Gerinnelaufes mit nachfolgender Seitenerosion. Bedingt durch den hohen Feststoffeinstoß des Achomitzerbaches kam es ab 300 m oberhalb der Einmündung des Achomitzerbaches zu intensiver Feststoffablagerung, weshalb hier ablagerndes Verhalten ausgeschieden wurde. Während die rechtsufrigen Zubringer durchwegs fluviatiles Transportverhalten zeigten, herrschte in den linksufrigen Zubringerinnen, auf Grund der Morphologie und dem Feinstoffangebot, murgangartiger Feststofftransport vor.

In diesem Abschnitt sind zahlreiche Konsolidierungssperren in ZMM-Bauweise vorhanden, welche ihre Funktion größtenteils erfüllen konnten. Infolge des Wasseranfalls sind ihre Einbindungen allerdings zum Teil freigelegt.

Achomitzergraben (hm 70,43) und Jeserograben (hm 45,6): Beide Gräben weisen

ähnliches Prozessverhalten auf und werden daher gemeinsam beschrieben. Bedingt durch die anstehenden Kalke hat sich bei diesen Bächen der etwa 600 m lange, unterste Gerinneabschnitt als Schluchtstrecke ausgebildet, in welcher umlagernde bis latent erosive Verhältnisse mit fluviatilem Transportverhalten vorherrschten. Die Oberlaufgerinne weisen wieder auf Grund ihrer Steilheit durchgehend Tiefen- und Einhangerosion auf. Hier herrscht fluviatiles bis murgangartiges Transportverhalten vor. Zwischen den Oberlaufgerinnen und der Schluchtstrecke entwickelten sich in einem flachen Talabschnitt flächige Feststoffablagerungen mit maßgeblichem Retentionspotential. Es wurde daher hier Umlagerung mit fluviatilem Feststofftransfer ausgeschieden.

Die zahlreichen Steinkastensperren in den steilen Oberlaufabschnitten sind zum Teil zerstört. Speziell in den obersten Abschnitten der Quellbäche (Almbereich) konnten sie die Tiefenerosion hintanhaltend.

Hauptgerinne zwischen Jeserograben und Retentionssperre (hm 45,6 - 16,2): In diesem

Abschnitt herrschte Feststoffumlagerung vor. Die durch die abgelagerten Feststoffe verursachte Gerinneverlagerung führte zu beidseitiger Erosion des Einhangfußes sowie zur Verlandung der zahlreichen Konsolidierungssperren. Im Retentionsbereich der Sperre zwischen hm 16,2 und 16,5 wurden 30.000 m³ Feststoffe retendiert.

In diesem Abschnitt haben alle Einbauten ihre Zielsetzung vollkommen erfüllt. Zum Zeitpunkt der Aufnahmen hätte die Retentionssperre noch weitere 20.000 - 30.000 m³ Sediment aufnehmen können.

Hauptgerinne (hm 16,2 – 15,6) und Unterlaufgerinne (hm 15,6 - 0): Auf Grund der Retentionswirkung der Sperre konnte das bachab gelegene Gerinne den anfallenden, nur mehr mit fein- bis mittelkörnigen Feststoffen belasteten Hochwasserabfluss problemlos und ohne Beschädigung der technischen Verbauung abführen.

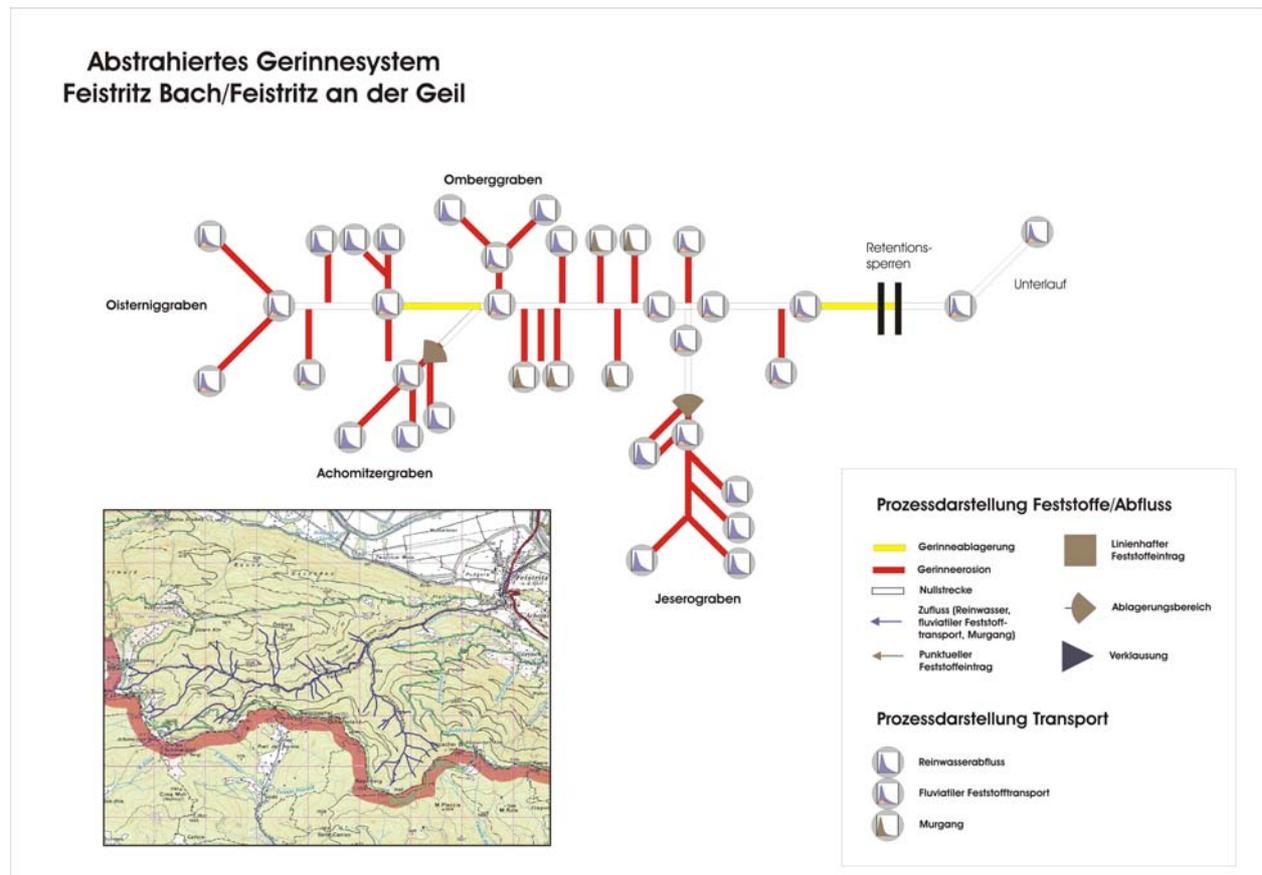


Abbildung 73: Darstellung des abstrahierten Gerinnesystems des Feistritzbaches (Systemdarstellung - nicht maßstäblich).

Hektometer	Bezeichnung	Geschiebe zugabe [m³]	Geschiebe ablagerung [m³]	Summenlinie Erosion [m³]	Summenlinie Ablagerung [m³]	Geschiebefracht [m³]	nicht genutztes Retentionspotential [m³]	Lieferleistung [m³/lfm]	Ablagerungsleistung [m³/lfm]
96,84	Gerinne	511,2	-	511,2	-	511,2	-	1,5	-
89,73	Gerinne	2.279,6	-	2.790,8	-	2.790,8	-	2.279,6	-
89,72	Zubringer	2.345,1	-	5.135,9	-	5.135,9	-	3,8	-
83,47	Sperre	6,0	-	5.141,9	-	5.141,9	-	0,1	-
82,76	Sperre	13,8	-	5.155,7	-	5.155,7	-	0,2	-
81,86	Sperre	-	- 3,0	5.155,7	3,0	5.152,7	-	-	0,0
80,83	Gerinne	1.072,7	-	6.228,4	3,0	6.225,4	-	1.072,7	-
80,82	Zubringer	1.094,6	-	7.323,0	3,0	7.320,0	-	6,1	-
79,04	Gerinne	224,2	-	7.547,3	3,0	7.544,3	-	224,2	-
79,03	Zubringer	2.654,9	-	10.202,1	3,0	10.199,1	-	27,0	-
78,04	Sperre	-	- 3,0	10.202,1	6,0	10.196,1	-	-	0,0
77,26	Gerinne	-	- 106,8	10.202,1	112,8	10.089,4	-	-	1,4
74,04	Gerinne	-	- 2.738,8	10.202,1	2.851,6	7.350,6	-	-	8,5
74,03	Zubringer	0,8	-	10.202,9	2.851,6	7.351,4	-	0,0	-
72,04	Sperre	-	- 53,5	10.202,9	2.905,1	7.297,9	-	-	0,3
70,83	Gerinne	-	- 4.655,8	10.202,9	7.560,8	2.642,1	-	-	38,6
70,82	Zubringer	2.266,3	-	12.469,2	7.560,8	4.908,4	-	14,4	-
69,25	Gerinne	-	- 2.806,6	12.469,2	10.367,4	2.101,8	-	-	17,8
69,24	Zubringer	12.830,8	-	25.300,0	10.367,4	14.932,6	-	708,9	-
69,05	Gerinne	-	- 443,3	25.300,0	10.810,7	14.489,3	-	-	24,5
69,04	Zubringer	2.215,5	-	27.515,5	10.810,7	16.704,8	-	39,1	-
68,48	Gerinne	-	- 248,0	27.515,5	11.058,7	16.456,8	-	-	4,4
68,25	Sperre	-	- 3,2	27.515,5	11.061,9	16.453,6	-	-	0,1
66,37	Gerinne	-	- 1.179,5	27.515,5	12.241,4	15.274,1	-	-	6,3
65,63	Sperre	-	- 3,2	27.515,5	12.244,6	15.270,9	-	-	0,0
65,39	Sperre	-	- 3,2	27.515,5	12.247,8	15.267,7	-	-	0,1
64,45	Sperre	-	- 3,2	27.515,5	12.251,0	15.264,5	-	-	0,0
62,80	Gerinne	-	- 249,8	27.515,5	12.500,8	15.014,7	-	-	1,5
62,79	Zubringer	2.972,7	-	30.488,2	12.500,8	17.987,4	-	12,0	-
60,31	Gerinne	-	- 1.162,2	30.488,2	13.663,0	16.825,2	-	-	4,7
60,30	Zubringer	5.608,4	-	36.096,5	13.663,0	22.433,6	-	40,6	-
58,92	Sperre	-	- 3,0	36.096,5	13.666,0	22.430,6	-	-	0,0
56,57	Sperre	-	- 3,0	36.096,5	13.669,0	22.427,6	-	-	0,0
55,02	Gerinne	-	- 152,7	36.096,5	13.821,7	22.274,9	-	-	1,0
55,01	Zubringer	384,4	-	36.481,0	13.821,7	22.659,3	-	1,6	-
52,66	Sperre	-	- 3,0	36.481,0	13.824,7	22.656,3	-	-	0,0
52,08	Gerinne	-	- 90,2	36.481,0	13.914,9	22.566,1	-	-	1,5
52,07	Zubringer	791,6	-	37.272,6	13.914,9	23.357,6	-	28,6	-
51,79	Sperre	-	- 10,0	37.272,6	13.924,9	23.347,6	-	-	0,4
51,10	Gerinne	-	- 720,3	37.272,6	14.645,2	22.627,4	-	-	10,4
51,09	Zubringer	1.285,9	-	38.558,5	14.645,2	23.913,3	-	40,4	-
50,77	Sperre	-	- 15,0	38.558,5	14.660,2	23.898,3	-	-	0,5
50,42	Sperre	-	- 15,0	38.558,5	14.675,2	23.883,3	-	-	0,4
50,27	Gerinne	-	- 859,4	38.558,5	15.534,6	23.023,9	-	-	56,5
50,26	Zubringer	1.114,2	-	39.672,7	15.534,6	24.138,1	-	36,9	-
49,96	Sperre	-	- 15,0	39.672,7	15.549,6	24.123,1	-	-	0,5
49,55	Gerinne	-	- 710,9	39.672,7	16.260,4	23.412,2	-	-	17,6
49,54	Zubringer	2.840,8	-	42.513,5	16.260,4	26.253,0	-	17,7	-
47,93	Gerinne	-	- 1.807,9	42.513,5	18.068,3	24.445,2	-	-	11,2
47,92	Zubringer	1.188,9	-	43.702,3	18.068,3	25.634,1	-	131,7	-

Tabelle 30: Tabellarische Aufbereitung (Teil 1) des Geschiebefrachtogrammes Feistritzbach (positives Vorzeichen: Erosion, negatives Vorzeichen: Ablagerung).

Hektometer	Bezeichnung	Geschiebe zugabe [m³]	Geschiebe ablagerung [m³]	Summenlinie Erosion [m³]	Summenlinie Ablagerung [m³]	Geschiebefracht [m³]	nicht genutztes Retentionspotential [m³]	Lieferleistung [m³/lfm]	Ablagerungsleistung [m³/lfm]
47,83	Sperre	-	- 15,0	43.702,3	18.083,3	25.619,1	-	-	- 1,7
46,45	Gerinne	-	- 1.532,3	43.702,3	19.615,6	24.086,8	-	-	- 11,1
46,44	Zubringer	1.083,3	-	44.785,6	19.615,6	25.170,1	-	- 26,0	-
46,02	Sperre	-	- 1,8	44.785,6	19.617,4	25.168,3	-	-	- 0,0
45,04	Gerinne	-	- 1.101,5	44.785,6	20.718,9	24.066,7	-	-	- 11,2
45,03	Zubringer	1.447,7	-	46.233,3	20.718,9	25.514,4	-	- 18,5	-
44,25	Sperre	-	- 1,2	46.233,3	20.720,1	25.513,2	-	-	- 0,0
43,10	Sperre	-	- 1,8	46.233,3	20.721,9	25.511,4	-	-	- 0,0
42,99	Sperre	-	- 1,8	46.233,3	20.723,7	25.509,6	-	-	- 0,2
42,82	Sperre	-	- 1,8	46.233,3	20.725,5	25.507,8	-	-	- 0,1
40,41	Gerinne	185,2	-	46.418,5	20.725,5	25.693,1	-	- 1,7	-
39,32	Sperre	-	- 1,8	46.418,5	20.727,3	25.691,3	-	-	- 0,0
36,53	Gerinne	-	- 504,2	46.418,5	21.231,5	25.187,1	-	-	- 1,8
36,52	Zubringer	12.981,0	-	59.399,5	21.231,5	38.168,1	-	- 56,6	-
34,22	Gerinne	-	- 46,2	59.399,5	21.277,6	38.121,9	-	-	- 0,2
32,58	Sperre	-	- 2,1	59.399,5	21.279,7	38.119,8	-	-	- 0,0
32,39	Sperre	-	- 1,8	59.399,5	21.281,5	38.118,0	-	-	- 0,1
32,25	Sperre	-	- 1,8	59.399,5	21.283,3	38.116,2	-	-	- 0,1
31,47	Gerinne	-	- 55,1	59.399,5	21.338,5	38.061,1	-	-	- 0,7
28,71	Sperre	-	- 1,8	59.399,5	21.340,3	38.059,3	-	-	- 0,0
28,37	Sperre	-	- 1,8	59.399,5	21.342,1	38.057,5	-	-	- 0,1
27,76	Sperre	-	- 1,8	59.399,5	21.343,9	38.055,7	-	-	- 0,0
26,58	Sperre	-	- 1,8	59.399,5	21.345,7	38.053,9	-	-	- 0,0
25,77	Sperre	-	- 2,4	59.399,5	21.348,1	38.051,5	-	-	- 0,0
24,17	Gerinne	-	- 73,0	59.399,5	21.421,1	37.978,5	-	-	- 0,5
24,16	Zubringer	579,3	-	59.978,9	21.421,1	38.557,8	-	- 4,8	-
22,96	Sperre	-	- 1,5	59.978,9	21.422,6	38.556,3	-	-	- 0,0
21,27	Gerinne	-	- 30,9	59.978,9	21.453,5	38.525,4	-	-	- 0,2
21,26	Sperre	-	- 1,8	59.978,9	21.455,3	38.523,6	-	-	- 1,8
18,75	Gerinne	25,6	- 5.000,0	60.004,4	26.455,3	33.549,2	-	- 0,3	- 19,9
17,73	Sperre	-	- 4.000,0	60.004,4	30.455,3	29.549,2	-	-	- 39,4
16,78	Gerinne	-	- 5.295,4	60.004,4	35.750,7	24.253,8	-	-	- 55,5
16,77	Sperre	-	- 60,0	60.004,4	35.810,7	24.193,8	-	-	- 60,0
13,37	Gerinne	-	- 29.411,1	60.004,4	60.004,4	-	5.217,3	-	- 86,5
13,36	Sperre	-	- 96,0	60.004,4	60.004,4	-	5.313,3	-	- 96,0
12,37	Gerinne	-	- 117,6	60.004,4	60.004,4	-	5.430,9	-	- 1,2
12,36	Sperre	-	- 10,0	60.004,4	60.004,4	-	5.420,9	-	- 10,0
8,68	Gerinne	-	- 443,4	60.004,4	60.004,4	-	5.864,3	-	- 1,2
8,67	Sperre	-	- 10,0	60.004,4	60.004,4	-	5.854,3	-	- 10,0
8,44	Gerinne	-	- 300,1	60.004,4	60.004,4	-	6.154,4	-	- 13,3
8,43	Sperre	-	- 10,0	60.004,4	60.004,4	-	6.144,4	-	- 10,0
7,83	Gerinne	-	- 63,0	60.004,4	60.004,4	-	6.207,4	-	- 1,0
7,82	Sperre	-	- 10,0	60.004,4	60.004,4	-	6.197,4	-	- 10,0
7,32	Gerinne	-	- 52,2	60.004,4	60.004,4	-	6.249,6	-	- 1,0
7,31	Sperre	-	- 10,0	60.004,4	60.004,4	-	6.239,6	-	- 10,0
6,92	Gerinne	130,2	-	60.134,6	60.134,6	-	6.109,4	- 0,1	-
5,00	Gerinne	-	- 2.322,0	60.134,6	60.134,6	-	8.431,4	-	- 2,6
1,50	Sperre	-	- 10,0	60.134,6	60.134,6	-	8.421,4	-	- 10,0
0,20	Gerinne	-	- 135,8	60.134,6	60.134,6	-	8.557,1	-	- 0,4
-	Sperre	-	-	60.134,6	60.134,6	-	8.557,1	-	-

Tabelle 31: Tabellarische Aufbereitung (Teil 2) des Geschiebefrachtdiagrammes Feistritzbach (positives Vorzeichen: Erosion, negatives Vorzeichen: Ablagerung).

7 ZUKÜNFTIGER HANDLUNGSBEDARF UND MAßNAHMEN-PLANUNG

7.1 Genereller Handlungsbedarf

Basierend auf den im Rahmen des Projektes erhobenen Grundlegendaten, der Geländekartierung und den durchgeführten Modellierungen (Geschiebebilanz) ist ein **genereller Handlungsbedarf** gegeben, der sich auf die folgenden teilweise bereits durchgeführten oder noch durchzuführenden **Sofortmaßnahmen** bezieht:

- Wiederinstandsetzung der beschädigten Schutzbauten der WLW im Bereich des Vorderbergerbaches und des Feistritzbaches und seiner Zubringer
- Ufer- und Ufermauernsanierung
- Grobsteinschlichtungen zur Ufersicherung
- Räumung der Verlandungsräume der Sperren und Bachräumungen
- Wiederherstellung geordneter Abflussverhältnisse
- Wildholzräumung
- Instandsetzung der Infrastruktur (Forststraßen, Wasserleitung Vorderberg)

7.2 Einzugsgebietsspezifische Maßnahmen

Darüber hinaus erscheinen folgende einzugsgebietsspezifischen Maßnahmen notwendig:

7.2.1 Forststraßenbau

Wie die Geländebegehung gezeigt hat, ist es unbedingt notwendig die einzelnen geplanten Forststraßenrassen in den Einzugsgebieten des Feistritzbaches und des Vorderbergerbaches im Vorfeld ihres Baues einer eingehenden geologischen Beurteilung zu unterziehen. Dies ist speziell deshalb notwendig, da in beiden Gebieten, bedingt durch die starke tektonische Beeinflussung, schnelle Übergänge zwischen kompakteren kaum rutschgefährdeten Bereichen aus Ederkalk (und anderen Karbonatgesteinen) mit leicht verwitterbaren, rutschungsfördernden Schiefen gegeben sind. Diese Situation findet sich insbesondere entlang der neuen Forstraße von der Werbutzalm zur Dolinzaalm. Hier lagern in Höhen um 1300-1400 Metern graue Schiefer

und Sandsteine der Hochwipfel-Formation den massiven, die Kesselwand bildenden Ederkalken auf. Material aus den Rutschungen und anderes Erosionsmaterial kann über steile Runsen in den Ederkalken bis in den Vorderbergerbach transportiert werden. Weiters stellen die ausgedehnten Bereiche, die von den eiszeitlichen Sedimenten (Staukörper am Eisrand) sowohl im Bereich des Kesselwaldgrabens am Vorderbergerbach als auch im Oberlauf des Feistritzbaches eingenommen werden für den Forststraßenbau ein gewisses Hindernis dar. Die angeschnittenen rutsch- und erosionsanfälligen Sedimente können maßgeblich zum Feststoffangebot bei Starkregenereignissen beitragen.



Abbildung 74: Durch ungünstige Trassenführung im Forststrassenbau verursachte oberflächliche Hangbewegungen und Erosion am Dolinzabach (Seebach) 950 m SSE der Dolinzaalm. Es werden feinkörnige quartäre Sedimente der Grundmoräne angeschnitten.

7.2.2 Flächenwirtschaftliche Maßnahmen – Schutzwald

In Bereichen mit einer besonders ungünstigen geologischen Situation, wie an der Landesstrasse südlich und westlich der Koutschitzalm im Einzugsgebiet des Vorderberger Baches, wo verwitterte ordovizische Schiefer durch quartäre Lockersedimente (Staukörper am Eisrand) überlagert werden, welche ihrerseits wieder durch mächtigen Hangschutt bedeckt sind, ist die Waldbewirtschaftung mit besonderer Sorgfalt durchzuführen. Die Waldbehandlung sollte durch kleinere Eingriffe erfolgen, um die stabilisierende Wirkung der Wurzelschicht nicht nachhaltig zu unterbrechen und oberflächlichen Abfluss durch Vergrasung zu fördern. Die natürlich vorkommenden Baumarten sind dabei zu fördern, insbesondere die stabilisierenden Mischbaumarten. Kahlschläge sind abzulehnen. Weiters sollte versucht werden, bereits bestehende flachgründige Rutschkörper durch ingenieurbioologische Maßnahmen zu stabilisieren.

7.2.3 Stabilisierung von „Lehnenanbrüchen“ und anderer Massenbewegungen

Wie die Geländebegehungen und die Geschiebebilanzierung gezeigt haben, tragen speziell die aus den großen „Lehnenanbrüchen“ im Kesselwaldgraben (Vorderbergerbach) und unterhalb der Mündung des Dolinzbaches zugeführten Sedimente entscheidend zum Geschiebeaufkommen bei. So auch entlang des Feistritzbaches und im Jeserogaben (or. rechter Zubringer des Feistritzbaches) wo „eiszeitlichen Stausedimenten am Eisrand“ mit ihrer meist mächtigen Hangschuttbedeckung auftreten.

Speziell die im Kesselwaldgraben zur Sicherung des Lehnenfußes errichteten Leitwerke in Trockenmauerwerk und die in den einzelnen Rutschbahnen eingebauten Steinkästen wurden stark beschädigt und ihre Schutzerfüllung ist nicht mehr gewährleistet. Diese Einbauten sollten schnellstens wieder Instandgesetzt werden.

In einer Detailuntersuchung dieser Bereiche sollte geklärt werden, auf welche Weise eine Stabilisierung der „Lehnenanbrüche“ erreicht werden könnte. Dabei ist einerseits an ingenieurbioologische Maßnahmen zu denken, andererseits an technische Maßnahmen. Der Stabilisierung der „Lehnenanbrüche“ und anderer größerer Rutschkörper kommt entscheidende Bedeutung dar, da bedingt durch die rückschreitende Erosion in den Lockersedimenten nahezu unerschöpfliche „Sedimentlieferanten“ zur Verfügung stehen, welche bei neuerlichen Starkregenereignissen mobilisiert werden können.

8 PROJEKTDOKUMENTATION IM GEO-INFORMATIONSSYSTEM ARCVIEW

Alle im Rahmen des Projektes von der Gebietsbauleitung der WLVB, der Kärntner Landesregierung und von den Feuerwehren zur Verfügung gestellten Basisinformationen, wie digitale topographische Karten, digitales Kataster, digitale Höheninformationen, Datenbank mit WLVB Einbauten, Hubschrauberphotos, Geländephotos etc. wurden in das Geo-Informationssystem ArcView integriert. Ebenso wie die Ergebnisse der unmittelbar nach dem Hochwasser/Murenereignis durchgeführten Geländebegehung und der zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführten Kartierungsarbeiten. Das erzeugte Bildmaterial wurde als interaktive Applikation im Geo-Informationssystem ArcView integriert. Die Beschreibung des Bildmaterials erfolgte in einer eigens gestalteten Access-Datenbank. Die im Projekt enthaltene Datenbank der WLVB Einbauten im Einzugsgebiet des Feistritzbaches und des Vorderbergerbaches enthalten in den Attributtabelle auch Informationen über die an den Bauwerken im Zuge des Ereignisses aufgetretenen Schäden.

Dadurch ist es nun für die Entscheidungsträger möglich sich in rascher Form einen Überblick über den Ereignishergang und die aufgetretenen Schäden in den Einzugsgebieten des Vorderbergerbaches und des Feistritzbaches zu verschaffen und so wichtige Anhaltspunkte für die Handlungsbedarfsermittlung und die Maßnahmenplanung zu erhalten.

Das auf der beiliegenden CD enthaltene ArcView Projekt enthält im wesentlichen folgende Layers bzw. Datenbanken:

- Topographische Daten (ÖK50, Kataster, DHM, Einzugsgebietsgrenzen)
- Digitale geologische Karte (referenzierte Karte der Geologischen Bundesanstalt)
- Verortete Bilddokumentation
- Gerinnenetzwerk mit Hektometrierung
- WLVB Einbauten mit Schadensanalyse
- Abgrenzung/Tiefe der Überflutungsbereiche Vorderberg („Stumme Zeugen“)
- Interaktive Zusatzfunktionen (siehe unten)

Das auf der beiliegende CD enthaltene ArcView GIS 3.2 Projekt enthält die Ereignisdokumentation. In diesem Projekt befinden sich die oben angeführten Informationen in folgender Datenstruktur (siehe Tabelle 31).

Um das Gesamtprojekt unter ArcView 3.2 zu öffnen muss das folgende .apr File ausgewählt werden: **ereignisdokumentation_gailtal.apr**

Beschreibung	Dateiname	Felder
ArcView 3.2 Projekt	<u>ereignisdokumentation_gailtal.apr</u>	
verortete Bilddokumentation	shape/bilddokumentation.shp	[image] Dateiname des Bildes [route_id] Gewässername (Flurname) [hm] Hektometer [distanz] Distanz zu Gewässer [AufnDatum] Aufnahmedatum
dazugehörige Bilder (angepasst an Bildschirmdarstellung)	bilder/small/*.tif	
Datenbankbericht mit Bildern im PDF-Format	text/photodoku.pdf	
Katastergrenzen	shape/Katastergrenzen.shp	
Abgrenzung der Überflutungen in Vorderberg	shape/ueberflutung_vorderberg.shp	
Punkte mit Angabe über Tiefe der Überflutungen in Vorderberg	shape/ueberflutung_vorderberg_tiefe.shp	[tiefe] Ermittelte Überflutungstiefe in m
Bemasste Polylinien des Gerinnenetzwerkes	shape/wildbaeche_meas.shp	[name] Gewässername [ezg] Name des Einzugsgebiets [route_id] Gewässername
Einbauten lt. Operat der WLV	shape/wlveinbauten.shp	
Einbauten lt. Operat der WLV, Angabe von Gewässer und Hektometrierung (Tabelle)	data/wlv_einbauten_hm.dbf	[route_ID] Gewässername [measure] Lage im Gewässer in m [einbauten] Bautyp laut Operat [Hm] Hektometrierung laut Operat
Einzugsgebietsgrenzen	shape/einzugsgebiete.shp	
digitales Geländemodell (10x10m)	grid/dhm_beve	
Schattierung des DHM	grid/hillshade	
20m Schichtenlinien	shape/schichtenlinien_20m.shp	
OEK50	image/oeK50_mosaic.tif	
Geologie	Image/geologie.img	

Tabelle 32: Datenstruktur des ArcView Projektes.

Das Projekt wurde mit 3 zusätzlichen Funktionen ausgestattet (siehe 2 magentafarbene Ringe in Abbildung unten):

- ❑ Interaktive Photodokumentation
- ❑ Interaktive Abfrage von Gewässer und Hektometrierung
- ❑ Navigation durch Angabe von Gewässernamen und Hektometrierung

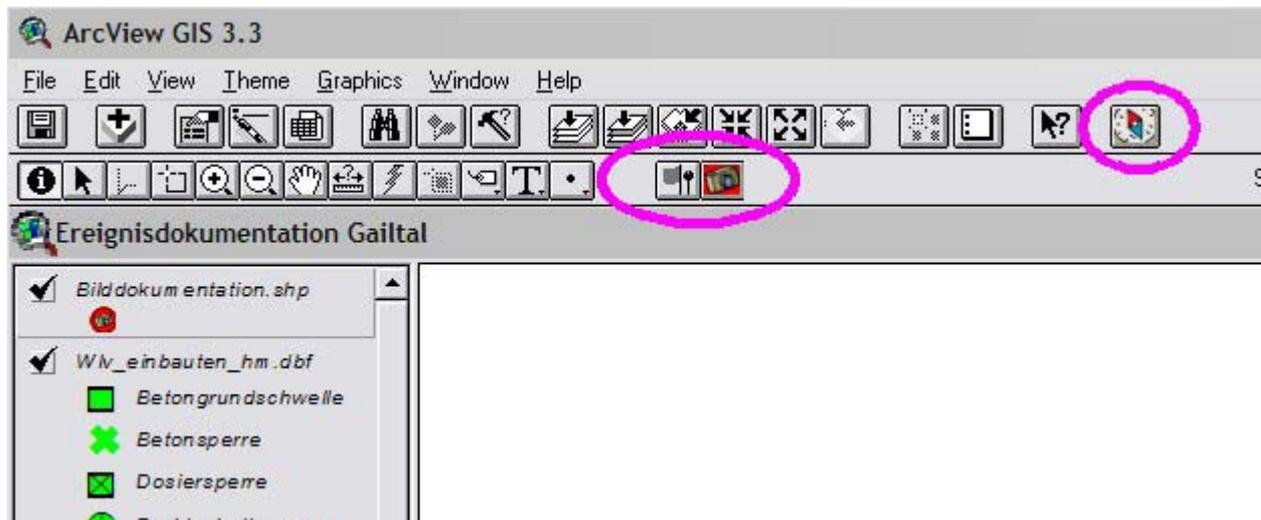


Abbildung 75: Zusätzliche im ArcView Projekt integrierte interaktive Funktionen.

Interaktive Photodokumentation:

Mittels des Tool-Buttons mit dem Photoapparat-Symbol können die geographisch verorteten Bilder interaktiv betrachtet werden. Wenn das Tool aktiviert und auf einen der roten Punkte im View geklickt wird, öffnet sich ein Fenster mit dem entsprechenden Photo. Dieses Fenster kann in seinem Seitenverhältnis und seiner Größe beliebig verändert werden.

Standardmäßig werden die Bilder an das Fenster angepasst. Je nach Seitenverhältnis erscheinen dadurch die Bilder im Hoch- oder Querformat ein wenig verzerrt. Wird die Checkbox "Scale Image" ausgeschaltet erfolgt keine Größenanpassung des Fensters an das Photo. In diesem Fall muss das Fenster an die Bildgröße angepasst werden.

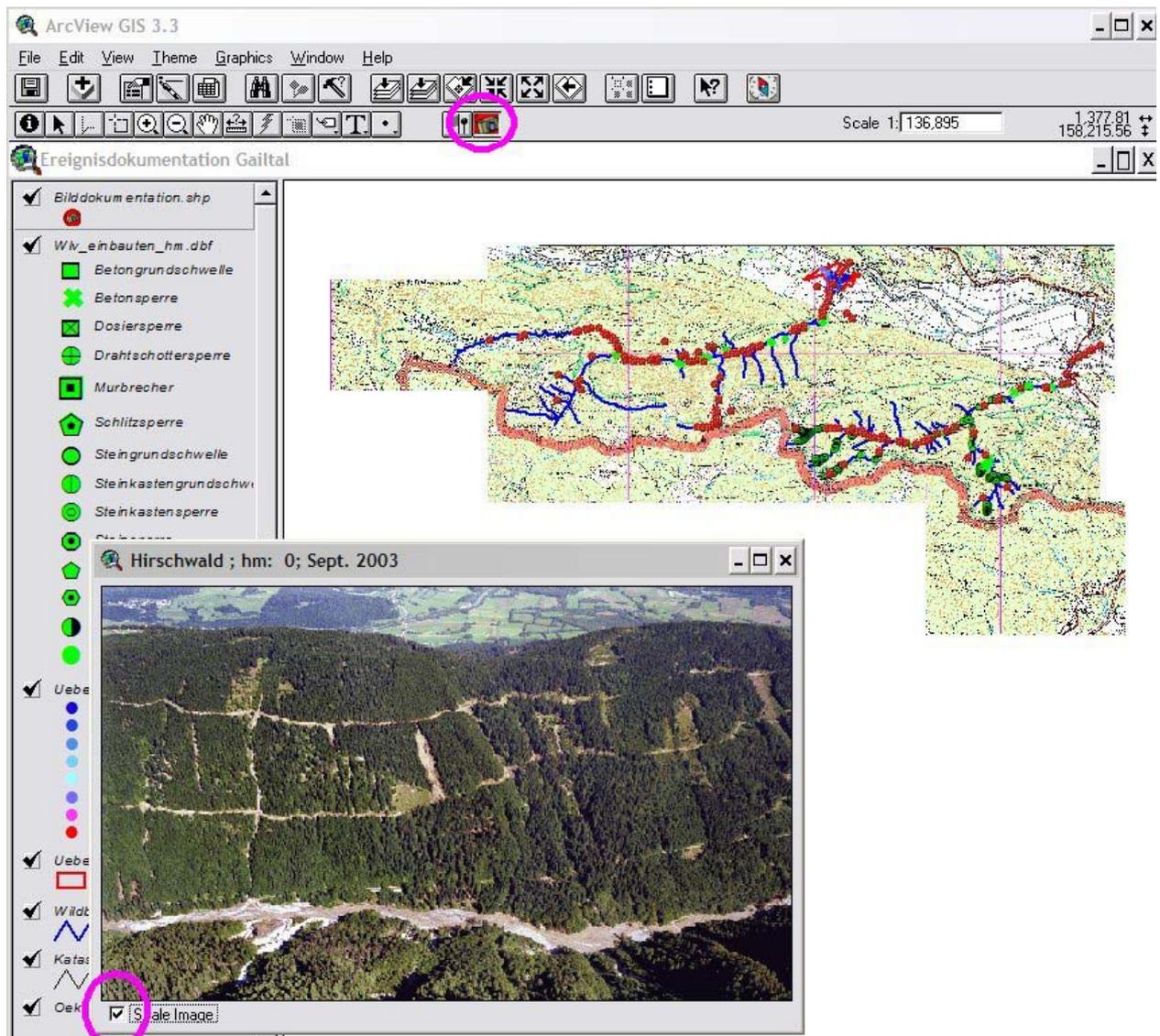


Abbildung 76: Im ArcView Projekt integrierte interaktive Photodokumentation und Dokumentation der WLV Einbauten.

Interaktive Abfrage von Gewässer und Hektometrierung:

Die ÖK50-Gewässer der beiden Einzugsgebiete wurden in bemaßte Polylinien übergeführt. Diese beinhalten für jeden Stützpunkt neben X und Y Koordinate auch noch eine flussaufwärts gerichtete Bemaßung. Wird das Tool mit dem Nadel- und Fahnsymbol aktiviert und auf ein Gewässer geklickt erscheint ein Fenster mit dem Gewässernamen und der Hektometrierung. An jener Stelle, an der auf das Gewässer geklickt wurde, erscheint ein magentafarbenes Symbol.

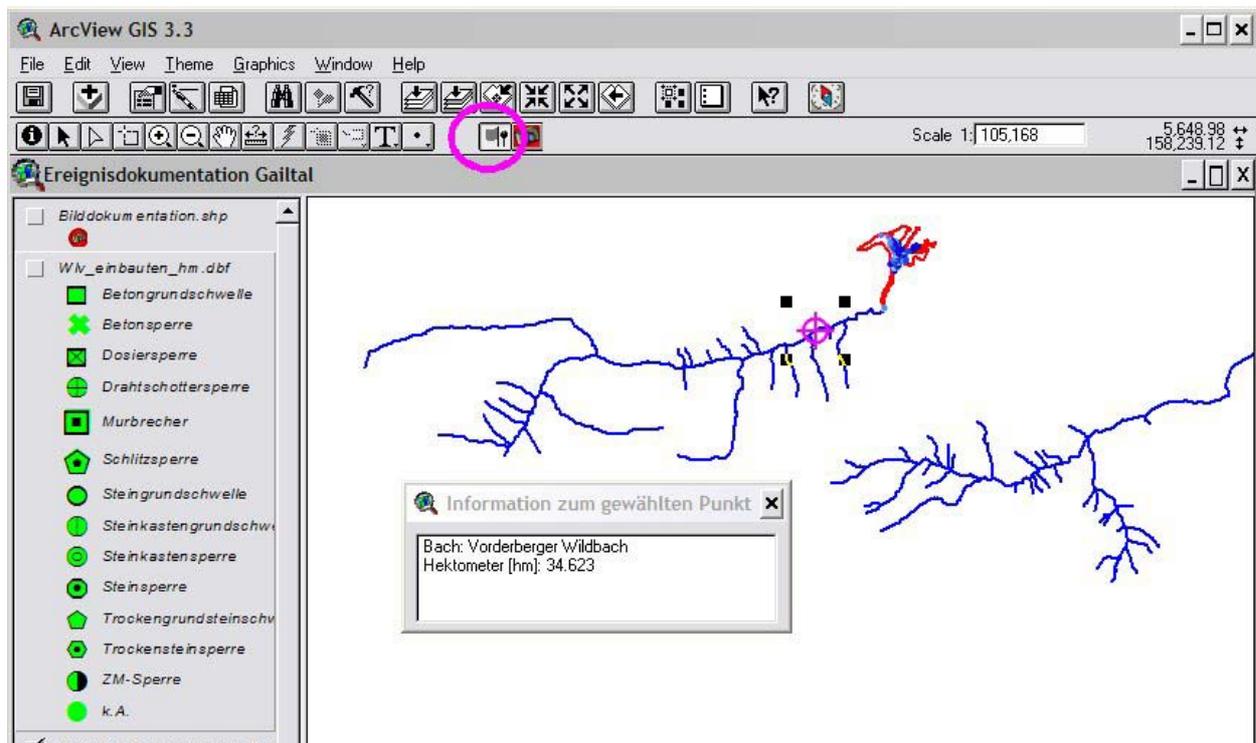


Abbildung 77: Im ArcView Projekt integrierte interaktive Abfrage von Gewässer und Hektometrierung.

Navigation durch Angabe von Gewässernamen und Hektometrierung

Durch Klicken auf die Schaltfläche mit dem Kompasssymbol erscheint ein Dialogmenü, in dem ein Gewässer ausgewählt werden kann. Durch Eintragung eines Hektometerwertes in das Eingabefeld und Betätigen der "Zoom" Schaltfläche wird der Kartenausschnitt an den gewählten Ort angepasst.

Soweit die ÖK50 Gewässernamen ausweist wurden diese übernommen. Namenlose Gewässer wurden mit dem Namen des Vorfluters und einem Suffix bezeichnet. Das Suffix besteht aus "L" oder "R" (für orographisch Links und Rechts) und einer flussaufwärts fortlaufenden Nummer.

z.B. "Feistritzbach_L3" ist von der Mündung in die Gail weg der dritte orographisch linke Zubringer.

Bei der Hektometrierung können nur gültige Werte eingegeben werden. Die Werte "Minimum" und "Maximum" geben den gültigen Wertebereich für das gewählte Gewässer an.

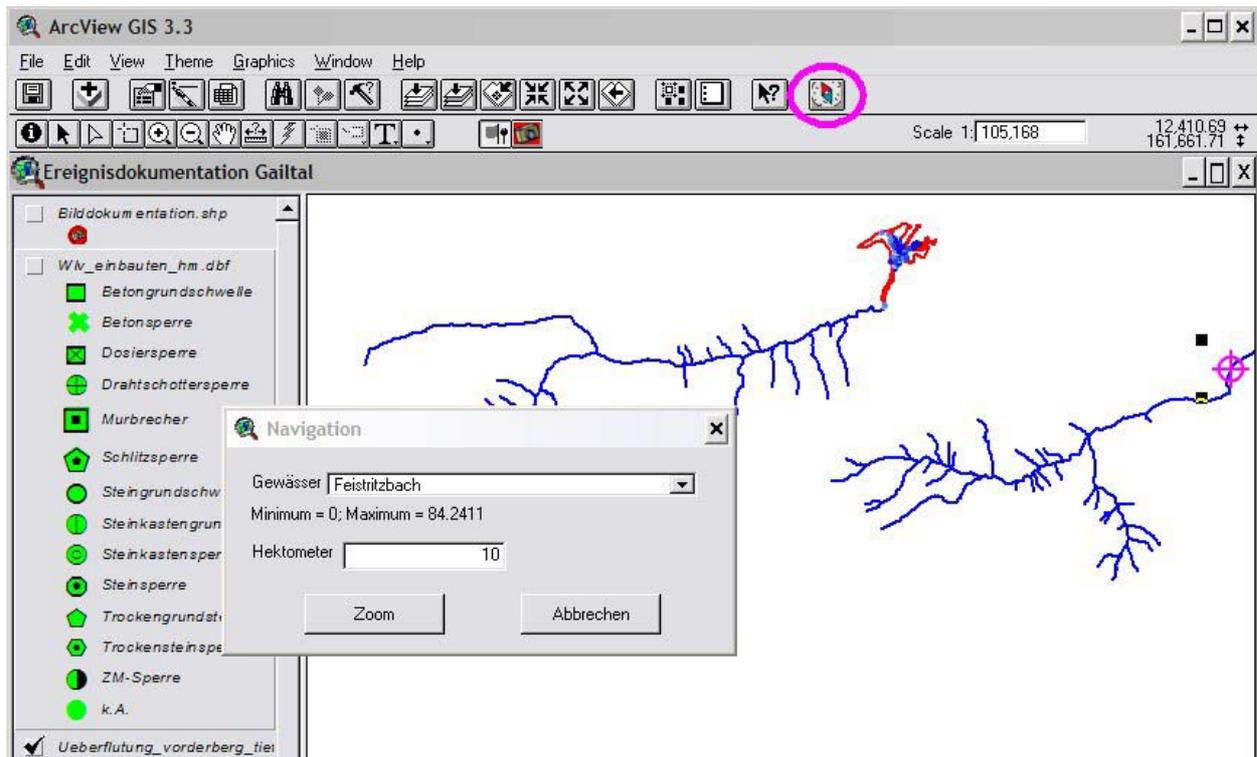


Abbildung 78: Navigation durch Angabe von Gewässernamen und Hektometrierung.

9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abbildung 1: Lage der Einzugsgebiete des Vorderberger Wildbaches und des Feistritzbaches, am nördlichen Übergang der Karnischen Alpen zum Gailtal, Kärnten (Quelle: BEV; ÖK 1:200.000).9
- Abbildung 2: Seitliche Anrisse in den tonig-sandigen quartären Staukörpern am Eisrand im Oberlauf des Feistritzbaches. 13
- Abbildung 3: Seitliche Anrisse/Rutschkörper in den quartären Lockersedimenten am orographisch linken Einhang des Feistritzbaches bei der Straßenbrücke Richtung Bartolosattel. 13
- Abbildung 4: Seitliche Anrisse/Rutschkörper in den quartären Lockersedimenten im Oberlauf des Jeserograbens mit Einbauten. 14
- Abbildung 5: Schwemmfächer von den orographisch rechten Einhängen im Bereich 950 m östlich des Eggeralmsees. 16
- Abbildung 6: Übergang zwischen harten, schwer verwitterbaren Ederkalken mit steilstehender Bankung (C) und leicht erodierbaren tektonisierten Schiefern (B) rund 700 Meter oberhalb des Zusammenflusses von Dellacher Bach (Seebach) mit dem Görttschacher Bach. Die anstehenden Schiefer/Ederkalken werden von quartären Sedimenten (Grundmoräne) und Hangschutt überdeckt. 17
- Abbildung 7: Anrisse in den Quartären Lockersedimenten und Hangschuttauflagen im Bereich des Kesselwaldgrabens als fast unerschöpfliche Feststoffquellen. 18
- Abbildung 8: Durch den Bachlauf unterschrittene quartäre Lockersedimente mit Hangschuttauflage im Bereich südlich der Koutschitzalm. Die geologische Situation (Überlagerung verwitterte Schiefer/Stausedimente am Eisrand/Hangschutt) begünstigt bei Starkregenereignissen das Auftreten von Massenbewegungen. 19
- Abbildung 9: Stausedimente am Eisrand (Seetone) mit Überlagerung von Hangschutt bei der Dolinza Alm. Entlang der stauenden Tone bilden sich bei Starkregenereignissen Gleithorizonte aus, welche Rutschungen hervorrufen. 20
- Abbildung 10: Anrisse in den durch Hangschutt überlagerten Stausedimenten am Eisrand (Seetone) im Bereich des Grabens bei der Dolinza Alm. 20

Abbildung 11:	Klimadiagramme von nahe gelegenen Klimastationen (Feistritz an der Gail, Nassfeldhütte) Quelle: WALTER & LIED (1967).....	22
Abbildung 12:	blau: Niederschlagsmessstationen des Hydrographischen Dienstes (Nassfeld, Arnoldstein, Feistritz an der Gail); rot: Untersuchungsgebiet.	23
Abbildung 13:	Jahresniederschläge der Stationen Feistritz an der Gail, Arnoldstein, Nassfeld.	24
Abbildung 14:	Maximale Tagesniederschläge der Stationen Feistritz an der Gail, Arnoldstein, Nassfeld	25
Abbildung 15:	Prozent des Niederschlagsnormalwertes August 2003. (Quelle: ZAMG).....	26
Abbildung 16:	Wetterkarte vom 29.08.2003; Quelle: ZAMG	26
Abbildung 17:	Wetterkarte vom 30.08.2003; Quelle: ZAMG	26
Abbildung 18:	Niederschlagsanalyse für das Hochwasserereignis am 29.08.2003; (Datengrundlage: HD Kärnten).....	27
Abbildung 19:	Niederschlagsintensität und Niederschlagssumme der Station Nassfeld vom 29.10.2003; (Quelle: HD).....	28
Abbildung 20:	Niederschlagsintensität und Niederschlagssumme der Station Arnoldstein vom 28.10.2003; (Quelle: HD).....	29
Abbildung 21:	Aufgenommene Querprofile vom Feistritzbach; Bei Punkt 4 wurde zusätzlich eine Linienzahlanalyse (3.2.2.1) durchgeführt.....	30
Abbildung 22:	Querprofil 1 im Feistritzbach bei hm 11,87; blau: Durchflussfläche beim Ereignis	30
Abbildung 23:	Trapezgerinne im Ortsbereich Feistritz bei hm 12,37; (Quelle: WLW vom 01.09.2003)	31
Abbildung 24:	Querprofil 2 vom Trapezprofil im Feistritzbach hm 13; blau: Durchflussfläche beim Ereignis	31
Abbildung 25:	Querprofil Dosiersperre Feistritzbach hm 21,65; blau: Fläche der Geschiebeablagerung	32
Abbildung 26:	Dosiersperre Feistritzbach hm 21,65; bachaufwärts: Abgelagertes Geschiebe nach dem Ereignis (28.10.2003).	33
Abbildung 27:	Dosiersperre Feistritzbach hm 21,65; Verlandungsraum schon fast zur Gänze wieder freigebaggert (28.10.2003).....	33
Abbildung 28:	Durchflussprofil 4 Feistritzbach hm 29,8	34

Abbildung 29:	Gerinnequerschnitt Feistritzbach hm 29,8.....	34
Abbildung 30:	Aufgenommene Querprofile Vorderbergerbach (Punkt 1 und 2); Linienzahlanalyse Punkt 2 und 3.....	35
Abbildung 31:	Trapezprofil (Querprofil 1) im Vorderbergerbach hm 7,2; blau: Durchflussfläche beim Ereignis.....	35
Abbildung 32:	Querprofil Murbrecher Vorderbergerbach hm 27,80; blau: Querschnittsfläche der Geschiebeablagerung.....	36
Abbildung 33:	Murbrecher Vorderbergerbach hm 27,80	37
Abbildung 34:	Murbrecher Vorderbergerbach hm 27,80; dahinter: abgelagertes Geschiebe nach dem Ereignis	37
Abbildung 35:	Partielle Kornverteilungskurve der Linienzahlanalyse Feistritzbach hm 29,8	39
Abbildung 36:	Partielle Kornverteilungskurve der Linienzahlanalyse Vorderbergerbach hm 28	40
Abbildung 37:	Partielle Kornverteilungskurve der Linienzahlanalyse Vorderbergerbach hm 92,5	41
Abbildung 38:	Hochwasserkatastrophe 1965 in Vorderberg	42
Abbildung 39:	Gut erkennbare Anschlaglinie an der Kirche in Vorderberg direkt nach dem Hochwasserereignis.....	46
Abbildung 40:	Überflutungsbereiche in der Gemeinde Vorderberg aufgrund des Hochwasserereignisses vom 29./30. August 2003. Interpolierte Überflutungstiefen basierend auf Messwerten von „Stummen Zeugen“.....	47
Abbildung 41:	Vorderbergerbach zum Zeitpunkt der Überschwemmungen. Bild: FF Vorderberg.....	48
Abbildung 42:	Schlammablagerungen im Siedlungsbereich Bild: WLV am 30.08.2003	48
Abbildung 43:	Schäden an geparkten Pkws. Bild: FF Vorderberg	49
Abbildung 44:	Vorderbergerbach hm 16,94: Seitliche Einbindung erodiert, anschließend Sperre gekippt.....	49
Abbildung 45:	Vorderbergerbach hm 16,94: Seitliche Einbindung erodiert, anschließend Sperre gekippt.....	50
Abbildung 46:	Vorderberger Bach hm 27,75: Murbrecher Vorsperre, rechter Flügel beschädigt.....	50

Abbildung 47:	Vorderberger Bach hm 75,40: Konsolidierungssperre, rechte Flügeleinbindung erodiert.....	51
Abbildung 48:	Vorderberger Bach hm 76,00: Konsolidierungssperre rechte Flügeleinbindung erodiert.....	51
Abbildung 49:	Vorderberger Bach hm :76,00 Seitlicher Drahtschotterkörper Einbindung komplett erodiert.....	52
Abbildung 50:	Vorderberger Bach hm 77,40: Konsolidierungssperre beiderseitig Flügeleinbindung zur Hälfte erodiert.....	52
Abbildung 51:	Vorderberger Bach Zubringer hm 52,00, 56,00, 59,80 und 61,00 : Straßendurchlass erodiert.	53
Abbildung 52:	Weggerissene Brücke zur Dolinza Alm. Bild: FF Vorderberg	53
Abbildung 53:	Dolonizabach hm 22,04: Zerstörte Steinkastensperre.....	54
Abbildung 54:	Forststrasse entlang des Feistritzbaches zerstört. Foto: WLV am 01.09.2003	56
Abbildung 55:	Feistritzbach hm 69,24: Linker Seitenflügel der ZM- Sperre gebrochen	57
Abbildung 56:	hm 73,62: ZM- Sperre in der Mitte gebrochen.....	57
Abbildung 57:	hm 79,85: Linker Seitenflügel der ZM- Sperre gebrochen.....	58
Abbildung 58:	Quellbach hm 4,44: Schwer beschädigte Steinkastensperre	58
Abbildung 59:	Extremwertstatistische Auswertung (Gumbelverteilung) der Stationen in der Umgebung des Projektgebietes.	64
Abbildung 60:	Niederschlagsintensitätsdiagramm für die Jährlichkeit 100; Ergebnisse nach ZELLER (1974).....	65
Abbildung 61:	100-jährlicher Gebietsniederschlag vom Einzugsgebiet des Vorderbergerbaches nach LORENZ & SKODA durch Reduktion von Punktniederschlägen.	66
Abbildung 62:	100-jährlicher Gebietsniederschlag vom Einzugsgebiet des Feistritzbaches nach LORENZ & SKODA durch Reduktion von Punktniederschlägen.....	66
Abbildung 63:	Maximale Niederschlagshöhen und Intensitäten beim Ereignis.	68
Abbildung 64:	Vergleich der Niederschlagsintensitäten mit verschiedenen Berechnungsmethoden. Station: Nassfeld, Kanaltal, Vorderbergerbach (berechneter Gebietsniederschlag) und Feistritzbach (berechneter Gebietsniederschlag).....	69

Abbildung 65: Vergleich der Niederschlagsintensitäten mit verschiedenen Berechnungsmethoden. Station: Feistritz an der Gail, Arnoldstein, Kanaltal, Vorderbergerbach (berechneter Gebietsniederschlag) und Feistritzbach (berechneter Gebietsniederschlag).....	69
Abbildung 66: Rückgerechnete Fliessgeschwindigkeiten in den Profilen.....	72
Abbildung 67: Rückgerechnete Abflüsse in den Profilen.....	73
Abbildung 68: Beispiel eines abstrahierten Gerinnesystems mit möglichen prozessändernden Faktoren (Institut für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen, BOKU Wien, 2002).	78
Abbildung 69: Legende der Prozesstypen im „abstrahierten Gerinnesystem“.	79
Abbildung 70: Geschiebefrachtdiagramm Vorderbergerbach.	79
Abbildung 71: Darstellung des abstrahierten Gerinnesystems des Vorderbergerbaches/St. Stefan an der Gail (Systemdarstellung - nicht maßstäblich).	80
Abbildung 72: Geschiebefrachtdiagramm Feistritzbach.....	86
Abbildung 73: Darstellung des abstrahierten Gerinnesystems des Feistritzbaches (Systemdarstellung - nicht maßstäblich).	88
Abbildung 74: Durch ungünstige Trassenführung im Forststrassenbau verursachte oberflächliche Hangbewegungen und Erosion am Dolinzabach (Seebach) 950 m SSE der Dolinzaalm. Es werden feinkörnige quartäre Sedimente der Grundmoräne angeschnitten.	92
Abbildung 75: Zusätzliche im ArcView Projekt integrierte interaktive Funktionen. ..	96
Abbildung 76: Im ArcView Projekt integrierte interaktive Photodokumentation und Dokumentation der WLW Einbauten.	97
Abbildung 77: Im ArcView Projekt integrierte interaktive Abfrage von Gewässer und Hektometrierung.....	98
Abbildung 78: Navigation durch Angabe von Gewässernamen und Hektometrierung.....	99

10 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Kennwerte der einzelnen Stationen.	24
Tabelle 2:	Aufzeichnungsintervalle der Station Nassfeld.	24
Tabelle 3:	Tagesniederschläge vom 29.08.2003 der einzelnen Stationen in Kärnten; (Quelle: HD Kärnten)	27
Tabelle 4:	Berechneter mittlerer Tagesniederschlag für die Einzugsgebiete; (Datengrundlage: HD Kärnten).....	27
Tabelle 5:	Kennwerte der aufgenommenen Querprofile am Feistritzbach.	30
Tabelle 6:	Kennwerte der Aufgenommenen Profile am Vorderbergerbach.	35
Tabelle 7:	Auswertung der Linienzahlanalyse Feistritzbach hm 29,8.....	38
Tabelle 8:	Auswertung der Linienzahlanalyse Vorderbergerbach hm 28.....	39
Tabelle 9:	Auswertung der Linienzahlanalyse Vorderbergerbach hm 92,5.....	40
Tabelle 10:	Erhobene Parameter der Schadensanalyse der Gerinneverbauungen. Die Klassifizierung orientiert sich an der Klassifizierung des digitalen Wildbachkatasters.....	45
Tabelle 11:	Schadensanalyse aller Gerinneinbauten des Vorderbergerbaches gemäß digitalem Wildbachkatasters.....	55
Tabelle 12:	Schadensanalyse aller Gerinneinbauten des Feistritzbachs gemäß digitalem Wildbachkataster (Blatt1).....	59
Tabelle 13:	Schadensanalyse aller Gerinneinbauten des Feistritzbachs gemäß digitalem Wildbachkataster (Blatt2).....	60
Tabelle 14:	Schadensanalyse aller Gerinneinbauten des Feistritzbachs gemäß digitalem Wildbachkataster (Blatt3).....	61
Tabelle 15:	Schadensanalyse aller Gerinneinbauten des Feistritzbachs gemäß digitalem Wildbachkataster (Blatt4).....	62
Tabelle 16:	Tagesniederschläge (Gumbel-Verteilung).....	63
Tabelle 17:	100-jährliche Niederschläge nach Zeller für kürzere Niederschlagsdauer.	64
Tabelle 18:	Maximale Niederschlagshöhen und Intensitäten beim Ereignis der Station Nassfeld	67
Tabelle 19:	Maximale Niederschlagshöhen und Intensitäten beim Ereignis der Station Arnoldstein	67

Tabelle 20:	Maximale Niederschlagshöhen und Intensitäten beim Ereignis der Station Val Canale-Canal del Ferro, Italien (TROPEANO, et al.; 2004).....	67
Tabelle 21:	Datengrundlage von den einzelnen Profilen.	71
Tabelle 22:	Berechnung der Fließgeschwindigkeiten nach JARRETT, RICKENMANN und STRICKLER.	71
Tabelle 23:	Berechnung der Abflüsse nach RICKENMANN, STRICKLER, JARRETT und WUNDT.....	72
Tabelle 24:	Datengrundlage vom Profil im Vorderbergerbach.	75
Tabelle 25:	Berechnung der Fließgeschwindigkeiten nach JARRETT, RICKENMANN und STRICKLER.	75
Tabelle 26:	Berechnung der Abflüsse nach RICKENMANN, STRICKLER, JARRETT und WUNDT.....	75
Tabelle 27:	Berechnung der Abflüsse und spezifischen Feststofftransportrate mit Feststofftransport nach RICKENMANN und SMART & JÄGGI.	76
Tabelle 28:	Im Gelände kartierte Parameter zur Ermittlung der Feststoffkubaturen.....	77
Tabelle 29:	Tabellarische Aufbereitung des Geschiebefrachtdiagrammes Vorderbergerbach (positives Vorzeichen: Erosion, negatives Vorzeichen: Ablagerung).....	84
Tabelle 30:	Tabellarische Aufbereitung (Teil 1) des Geschiebefrachtdiagrammes Feistritzbach (positives Vorzeichen: Erosion, negatives Vorzeichen: Ablagerung).	89
Tabelle 31:	Tabellarische Aufbereitung (Teil 2) des Geschiebefrachtdiagrammes Feistritzbach (positives Vorzeichen: Erosion, negatives Vorzeichen: Ablagerung).	90
Tabelle 32:	Datenstruktur des ArcView Projektes.....	95

11 LITERATURVERZEICHNIS

- BATHURST, J.C., GRAF, W.H., CAO, H.H. 1987: Bed load discharge equations for steep mountain rivers. In: Sediment transport in gravel bed rivers, Hrsg: Thorne, C.R., Bathurst, J.C., & Hey, R.D., pp. 453-477. Wiley, Chichester
- COURT (1961); FOUFOULA – GEORGIU ET AL. (1990): zitiert bei LORENZ, SKODA.
- FORSTTECHNISCHE ABTEILUNG FÜR WILDBACHVERBAUUNG; SEKTION KÄRNTEN (WLV - 1960): Vorderberger Bach – Technischer Bericht.- 9 S
- FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG – GEBIETSBAULEITUNG GAILTAL UND MITTLERES DRAUTAL (WLV 1996): Feistrizbach im Gailtal, Fortsetzungsprojekt 1996, Technischer Bericht.- 20 S.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT WIEN (1977): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000 – Blatt 200 Arnoldstein.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT WIEN (1982): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000 – Erläuterungen zu Blatt 200 Arnoldstein, 59 S.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT WIEN (1989): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50000 – Blatt 199 Hermagor.
- GOTTSCHLING, H. (1998): Die Murenkatastrophen vom Juni 1996 im Raume Ferlach – Zell Pfarre (Karawanken) und am Vorderberger Wildbach (Karnische Alpen).- Jb.Geol.B.-A., Band 141, Heft 2, S. 167-178, Wien.
- HD- KÄRNTEN (2003): Amt der Kärnter Landesregierung/ Abteilung 18 Wasserwirtschaft; Kurzbericht Starkniederschläge/ Hochwasser im unteren Gailtal
- HODEL, H., LEHMANN, CH. (2000): Mittlere Fliessgeschwindigkeit in Wildbächen und Gebirgsflüssen – Welche Maximalwerte sind realistisch; Interpraevent Villach / Österreich, Band 3, Seite 155 – 165
- JARRETT, R. (1984): Hydraulics of high-gradient streams; J: Hyd. Eng., 110,11

- LORENZ,P., SKODA.,G. (2000): Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen ($D \leq 12$) mit inadäquaten Daten. Mitteilungsblatt Nr. 80 des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Wien
- MOSER, POGLITSCH, PIPP, NEFF, WALTL (2003): Hochwasser am Vorderberger Wildbach 29.08.2003; Dokumentation – Hydrologische/ Hydraulische Analyse; Mitteilung vom 20.10.2003 vom Amt der Kärntner Landesregierung/ Abteilung 18 Wasserwirtschaft; <http://wasser.ktn.gv.at>
- RICKENMANN, D. (1996): Fliessgeschwindigkeiten in Wildbächen und Gebirgsflüssen, wasser, energie, luft, 88. Jahrgang, Heft 11/12, CH-5401 Baden
- RICKENMANN, D. 1999: Empirical Relationships for debris flows. Natural Hazards, 19: 47-77
- RICKENMANN, D., WEBER, D. (2000): Flow resistance of natural and experimental debris flows in torrent channels; 2nd Int. Conf. Debris-flow hazards mitigation
- RICKENMANN, D., 2001: Comparison of bed load transport in torrents and gravel bed streams. Water Resources Research, 37(12), pp. 3295-3305.
- RUF, G. (1988): Neue Ergebnisse über die Fliessgeschwindigkeit in sehr rauhen Gerinnen (Wildbächen); Interpraevent, Graz / Österreich, Band 4, Seite 165 – 176
- SMART, G. M. & JÄGGI, M. N. R., (1983): Sedimenttransport in steilen Gerinnen. Mitteilungen der Versuchsanstalt fuer Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenoessischen Technischen Hochschule Zuerich, 64, pp. 9-188.
- STRICKLER, A. (1923): Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauheitszahlen für Ströme, Kanäle und geschlossene Leitungen; Mitteilungen Nr. 16 des Amtes für Wasserwirtschaft, Bern
- TROPEANO, D.; TURCONI, L.; SANNA, S. (2004): Debris flows triggered by the cloudburst on 29TH August 2003 in Val Canale, Eastern Italian Alps; Beitrag für Interpraevent 2004 in Druck.
- WALTHER, H.; LIETH, H. (1967): Klimadiagramm – Weltatlas, 33 Hauptkarten, 22 Nebenkarten, Kap. 1.7, Alpenraum, 3. Lieferung, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1967.
- WUNDT, W. (1950): Die grössten Abflussspenden in Abhängigkeit von der Fläche; Wasserwirtschaft, S. 59 – 64, Stuttgart

ZELLER, J. (1974): Starkniederschläge und ihr Einfluss auf Hochwasserereignisse;
Eidg. Anstalt für forstliches Versuchswesen, Bericht Nr. 126

ZELLER, J. (1974): Starkniederschläge und ihr Einfluss auf Hochwasserereignisse;
Eidg. Anstalt für forstliches Versuchswesen, Bericht Nr. 126

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2003): Prozent des
Niederschlagsnormalwertes August 2003, Hohe Warte, 1190 Wien

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2003): Wetterbericht vom 29. und 30.
August 2003, Hohe Warte, 1190 Wien.

12 VERWENDETE DATENGRUNDLAGEN

HD- KÄRNTEN: Amt der Kärntner Landesregierung/ Abteilung 18 Wasserwirtschaft;

Daten der Niederschlagsstationen Arnoldstein, Feistritz an der Gail, Nassfeld

VERBUND - AUSTRIAN HYDRO POWER AG: Fachgruppe Erzeugung Bau
Niederdruckanlagen Sachgebiet Hydrographie; Daten der
Niederschlagsstationen Nassfeld (St.Nr: 1111130) und Feistritz an der Gail
(St.Nr: 1111118)

13 ANHANG I

I.1: Karte der Überflutungsbereiche Gemeinde Vorderberg

I.2: CD-ROM mit ArcView Projekt