



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeine Daten .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>Projektdokumentation.....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>21</b>
3.1	Das Projekt „Flussgebietsplan Oberer Vinschgau“ .....	21
3.2	Die Planungsziele.....	22
3.3	Der Modul “Wassergefahren” .....	23
3.4	Hochwassergefahren.....	23
3.4.1	Allgemeines .....	23
3.4.2	Überschwemmung .....	23
3.4.3	Seitenerosion.....	24
3.4.4	Debris flow (Vermurungen).....	24
3.5	Das Untersuchungsgebiet .....	25
3.6	Aufbau des Berichts.....	25
<b>4</b>	<b>Vorgehensweise bei der Gefahrenbeurteilung .....</b>	<b>25</b>
4.1	Gesetzliche Grundlagen.....	25
4.2	Arbeitsmethodik.....	26
4.2.1	Allgemeines .....	26
4.2.2	Erkennung der Gefahren und deren Dokumentation .....	26
4.2.3	Gefahrenbeurteilung und Erstellung einer Karte der Gefahren und des Risikos.....	27
4.2.4	Maßnahmenplanung.....	27
<b>5</b>	<b>Grundlegendaten.....</b>	<b>28</b>
5.1	Quellen und thematische Charakter .....	28
5.2	Anwendersoftware.....	29
5.3	Spezifische Erläuterungen .....	30
<b>6</b>	<b>Ereignisdokumentation.....</b>	<b>30</b>
6.1	Allgemeines .....	30
6.2	Talflüsse.....	30
6.3	Primäre Zubringer .....	40
6.4	Sekundäre Zubringer .....	49
<b>7</b>	<b>Grundlagen zur Gefahrenerkennung.....</b>	<b>50</b>
7.1	Beschreibung der Wasserläufe.....	50
7.1.1	Talflüsse.....	50
7.1.2	Primäre Zubringer .....	53
7.1.3	Sekundäre Zubringer .....	65
7.2	Hydrologie .....	72
7.2.1	Allgemeines .....	72

2

7.2.2	Talflüsse.....	72
7.2.3	Primäre Zubringer .....	85
7.2.4	Sekundäre Zubringer .....	100
7.3	Topographie .....	113
<b>8</b>	<b>Wasserbauliche Bewertung.....</b>	<b>114</b>
8.1	Allgemeines .....	114
8.2	Talflüsse.....	117
8.2.1	Etsch .....	117
8.2.2	Saldurbach.....	119
8.2.3	Suldenbach .....	122
8.2.4	Punibach.....	122
8.2.5	Rambach.....	125
8.2.6	Modellierungen .....	126
8.3	Primäre Zubringer .....	127
8.3.1	Methodik zur Entwicklung der Murhydrographen.....	127
8.3.2	Modellierungen .....	130
8.3.3	Allitzerbach (A.340).....	131
8.3.4	Tanaserbach (A. 365).....	134
8.3.5	Muntaschingbach (A.410.20) .....	135
8.3.6	Tartscherbach (A.410.20.5) .....	135
8.3.7	Lichtenbergbach (A.405.5) .....	136
8.3.8	Rennergraben.....	137
8.3.9	Tschavallatschbach (A.405) .....	138
8.3.10	Schmelzergraben (A.400.5) .....	144
8.3.11	Zirnbach (A.390) .....	145
8.3.12	Tschenglserbach (A.375).....	146
8.3.13	Laaserbach.....	149
8.3.14	Zusammenfassung.....	152
8.4	Sekundäre Zubringer .....	154
8.4.1	Allgemeines .....	154
8.4.2	Graben Spondinig .....	154
8.4.3	Platzuterbach (A.415).....	154
8.4.4	Pafilerbach (A.405.5.5) .....	155
8.4.5	A.395.5 .....	155
8.4.6	A.390.5.5 .....	156
8.4.7	Nickbach (A.390.5) .....	156
8.4.8	Psegbach (A.385).....	157
8.4.9	Hinterburgbach (A.380).....	157

3

8.4.10 Köpflbach (A.380.5) .....	158
8.4.11 Stellaubach (A.380.5.5).....	158
8.4.12 Eckbach (A.360) .....	159
8.4.13 A.360.5.....	159
8.4.14 Gafoartal.....	160
8.4.15 Zusammenfassung.....	160
<b>9 Ergebnisse mit Beschreibung der Gefahrenzonen .....</b>	<b>162</b>
9.1 Allgemeines .....	162
9.1.1 Bestimmung der Gefahrenstufe.....	162
9.1.2 Zonierung der hydraulischen Gefahren.....	163
9.1.3 Klassifizierung der spezifischen Risiken.....	163
9.2 Endprodukte.....	165
9.3 Talflüsse.....	166
9.3.1 Etsch (A).....	166
9.3.2 Saldurbach (A.410.5) .....	168
9.3.3 Punibach (A.410) .....	169
9.3.4 Rambach (A.420) .....	171
9.3.5 Suldenbach (A.400) .....	173
9.4 Primäre Zubringer .....	174
9.4.1 Allitzerbach (A.340).....	174
9.4.2 Tanaserbach (A.365).....	175
9.4.3 Muntaschinigbach (A.410.20) .....	176
9.4.4 Tartscherbach (A.410.20.5) .....	177
9.4.5 Lichtenbergerbach (A.405.5).....	177
9.4.6 Rennergraben.....	178
9.4.7 Tschavallatschbach (A.405) .....	179
9.4.8 Schmelzergraben (A.400.5) .....	180
9.4.9 Zirnbach (A.390) .....	181
9.4.10 Tschenglserbach (A.375).....	181
9.4.11 Laaserbach (A.355) .....	183
9.5 Sekundäre Zubringer .....	184
9.5.1 Graben Spondinig .....	184
9.5.2 Platzuterbach (A.415).....	184
9.5.3 Pafilerbach (A.405.5.5) .....	184
9.5.4 A.395.5 .....	184
9.5.5 A.390.5.5 .....	185
9.5.6 Nickbach (A.390.5) .....	185
9.5.7 Psegbach (A.385).....	185

4

9.5.8	Hinterburgbach (A.380).....	186
9.5.9	Köpflbach (A.380.5).....	186
9.5.10	Stellaubach (A.380.5.5).....	187
9.5.11	Eckbach (A.360).....	187
9.5.12	A.360.5.....	187
9.5.13	Gafoartal.....	188
9.6	Karte des spezifischen Risikos .....	188
<b>10</b>	<b>Maßnahmenplanung .....</b>	<b>189</b>
<b>11</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>189</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>191</b>
	<b>Internetquellen .....</b>	<b>194</b>
	<b>Interviews.....</b>	<b>195</b>

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1. Projektunterlagen in Papierausfertigung. ....	20
Tabelle 2. Projektunterlagen in digitalem Format. ....	20
Tabelle 3. Digitale Daten für Auftraggeber zur Aktualisierung der internen Datenbanken.....	20
Tabelle 4. Statistische Ausarbeitung der in Spondinig aufgezeichneten jährlichen Abflusswerte .....	75
Tabelle 5. Hochwasserspitzen der Etsch für verschiedene Wiederkehrzeiten an den wichtigsten Einmündungen der Zubringer. ....	76
Tabelle 6. Unterregionen festgelegt im Verfahren von Rosso und De Michele (2000) und Werte der Koeffizienten. ....	80
Tabelle 7. Vertrauensintervall des Anstiegsfaktors für einige Wiederkehrzeitdauern T. ....	80
Tabelle 8. Zusammenfassung der Hochwasserspitzen für die Flussläufe der Talsohle.....	84
Tabelle 9. Beobachtungsjahre für die für langanhaltende Regenfälle verwendeten Stationen.....	85
Tabelle 10. Beobachtungsjahre für die für intensive Regenfälle verwendeten Stationen. ....	86
Tabelle 11. Ergebnisse der statistischen Analyse nach Gumbel, mit Wachstumsfaktor 1.25.....	87
Tabelle 12. Niederschläge errechnet mit der Methode der alternierenden Blöcke – Dauer 1 h und $T_R = 100a$ . ....	89
Tabelle 13. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Allitzerbach. ....	89
Tabelle 14. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Tanaserbach.....	90
Tabelle 15. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Muntaschinigbach. ....	91
Tabelle 16. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Tartscherbach. ....	92
Tabelle 17. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Lichtenbergerbach.....	93
Tabelle 18. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Tschavallatschbach. ....	95
Tabelle 19. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Zirmbach. ....	97
Tabelle 20. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Laaserbach. ....	99
Tabelle 21. Hochwasserspitzen (Reinwasser) und Hochwasserfrachten der untersuchten primären Zubringer. ....	100
Tabelle 22. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Spondiniger Graben...	101
Tabelle 23. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Platzuterbach.....	102
Tabelle 24. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Pafilerbach. ....	103
Tabelle 25. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Bach A.395.5. ....	104
Tabelle 26. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Bach A.390.5.5. ....	105
Tabelle 27. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Nickbach. ....	105
Tabelle 28. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Psegbach. ....	106
Tabelle 29. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Hinterburgbach.....	107

6

Tabelle 30. Berechnung des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Köpflbach.....108

Tabelle 31. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Stellaubach. ....109

Tabelle 32. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Eckbach. ....110

Tabelle 33. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Bach A.360.5. ....111

Tabelle 34. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für das Gafortal.....112

Tabelle 35. Spitzenführungen und Hochwassermengen der untersuchten sekundären Zubringer. ....113

Tabelle 36. Reduzierung der Hochwasserabflussspitzen zwischen Ulten und Glurns aufgrund von Ausuferungen in Mals.....125

Tabelle 37. Werte des Manning-Koeffizienten im Verhältnis zur Bodennutzung (O'Brien, 2007). ....127

Tabelle 38. Ereignisbaum für die Verklausung der Brücke über den Allitzerbach bei Allitz. ....133

Tabelle 39. Für den Rennergraben angenommene maßgebende Werte. ....138

Tabelle 40. Geschätzte Frachten für Ereignisse mit mehr als hundertjähriger Wiederkehrzeit am Tschavallatschbach.....142

Tabelle 41. Spitzenwerte der Murgänge infolge einer temporären Verklausung mit Dambruch am Tschavallatschbach.....143

Tabelle 42. Für den Schmelzergraben angenommene Werte. ....145

Tabelle 43. Maximale Feststoffabflüsse beim Eintritt in die Rückhaltesperre in Funktion der Wiederkehrzeit am Tschenglserbach. ....146

Tabelle 44. Maßgebenden Abflussspitzen und Murfrachten im Verlauf durch das Dorf Tschengls.....147

Tabelle 45. Angenommene Werte für das Szenario dam-break am Laaserbach.....151

Tabelle 46. Gesamtabflüsse und -frachten für die untersuchten primären Zubringer.....153

Tabelle 47. Gesamtabflüsse und -frachten für die untersuchten sekundären Zubringer.....161

Tabelle 48. Tabelle der Schwellenwerte und der Intensität für Hochwassergefahren (Landesrichtlinien, 2008).....162

7

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1. Vorgehensweise zur Erkennung der Gefahren, ihrer Beurteilung und der Maßnahmenplanung (BWW, 1997). .....	26
Abbildung 2. Landkarte des Oberen Vinschgau zwischen Laas und Glurns mit Angabe der vorgenommenen Begradigungen (1825). .....	31
Abbildung 3. Eindrücke vom Bau des Reschenstausees, rechts der Reschensee heute.....	31
Abbildung 4. Zeugnis der Überschwemmung 1885 beim "Malsertor" in Glurns.....	32
Abbildung 5. Überschwemmungen des Jahres 1983 in Laas. ....	32
Abbildung 6. Bild der Überschwemmung vom 6. August 1985.....	33
Abbildung 7. Zwei Bilder der Überschwemmungen im Jahr 1987: links vom 18./20. Juli, rechts vom 24./28. August. ....	33
Abbildung 8. Lokalisierung der Vermurungen und Rutschungen im Planeital 1983 (Brugger und Marseiler, 1987). ....	34
Abbildung 9. Häufigkeit der Überschwemmungen durch den Punibach in den Ortschaften Glurns und Mals. ....	34
Abbildung 10. Die Überschwemmung, die 1983 den Rambach verkleust hat und die Überschwemmung von Rifair auslöste. ....	35
Abbildung 11. Luftbildaufnahme vom 28./29. September 1983. ....	36
Abbildung 12. Einige Bilder der Verbauungsarbeiten am Rambach auf Schweizer Gebiet. ....	36
Abbildung 13. Einige Bilder des Hochwassers 1987.....	37
Abbildung 14. Vergleich zwischen alter und neuer Künette im Endabschnitt des Suldnbaches. ....	38
Abbildung 15. Die große Rückhaltesperre am Saldurbach nach den Ereignissen des Jahres 1983.....	39
Abbildung 16. Spuren hydrogeologischer Aktivität im Einzugsgebiet des Saldurbaches. ....	39
Abbildung 17. Auszug aus der Luftaufnahme vom 23. September 1983.....	40
Abbildung 18. Registrierte Ereignisse im Einzugsgebiet des Allitzerbaches. ....	41
Abbildung 19. Arbeiten zur Entleerung des Rückhaltebeckens am Gadriabach im Oktober 1997.....	42
Abbildung 20. Die Schwemmkegel des Allitzer- und Tanaserbaches zwischen Laas und Eysr. ....	43
Abbildung 21. Der Muntaschinigbach bergseitig des Campingplatzes und das kleine Rückhaltebecken. ..	44
Abbildung 22. Einige Bilder der Mure des Jahres 1983 in Lichtenberg.....	45
Abbildung 23. Hangrutschungen im November 2000.....	46
Abbildung 24. Einige Aufnahmen der Mure vom Mai 1983 am Zirnbach.....	47
Abbildung 25. Geschichtliche Reihe der erhobenen Ereignisse am Tschenglserbach bis zum Jahr 2000. ..	48
Abbildung 26. Murgangablagerungen des Jahres 1999 in der Tschenglser Au und das von den Murgängen geformte Bachbett. ....	49
Abbildung 27. Der Schwemmkegel des Gafuortals und ein bewachsener Abschnitt des Köpflbachs. ....	50

Abbildung 28. Einige Aufnahmen der Etsch im Untersuchungsgebiet: (a) vor dem Zusammenfluss mit dem Rambach, (b) von der Brücke zwischen Eyrs und Tschengls, (c) in Laas. ....51

Abbildung 29. Einige Eindrücke (a) des Suldentals, (b) des Trafoitals (c) und des Schwemmkegels des Suldenbachs in Prad a. St. ....52

Abbildung 30. Einige Aufnahmen des Rambaches im Untersuchungsabschnitt.....52

Abbildung 31. Der Punibach (a) in Mals, (b) in Glurns und (c) vor dem Zusammenfluss mit der Etsch. ....52

Abbildung 32. Zwei Aufnahmen des Ober- und Mittellaufs des Saldurbachs und dem kanalisierten Abschnitt in Schluderns .....53

Abbildung 33. Einige Aufnahmen des Unterlaufs des Allitzerbachs. ....54

Abbildung 34. Bauten am Oberlauf und im Einzugsgebiet des Gadriabaches. ....54

Abbildung 35. Bauten am Unterlauf, Rückhaltebecken und Filtersperre. ....55

Abbildung 36. Aufnahmen der oberen Zubringer des Tanaserbaches. ....56

Abbildung 37. Einige Aufnahmen der vorhandenen Wasserschutzbauten am Muntaschinigbach.....56

Abbildung 38. Einige Aufnahmen des Tartscherbachs.....57

Abbildung 39. Bauten am Lichtenbergerbach.....58

Abbildung 40. Einige Aufnahmen des Betts des Rennergrabens vor Lichtenberg.....58

Abbildung 41. Die Rückhaltesperre und der Abschnitt des Rennergrabens im Ort.....59

Abbildung 42. Schutzbauten am Unterlauf des Tschavallatschbaches. ....59

Abbildung 43. Die brüchigen Hänge am Zusammenfluss des Tschavallatschbaches mit dem Alpbach. ....60

Abbildung 44. Der Unterlauf des Schmelzergrabens. ....60

Abbildung 45. Einige Aufnahmen der Künette des Zirmbachs.....61

Abbildung 46. Die große Rückhaltesperre und die Konsolidierungssperren am Mittellauf des Zirmbaches.62

Abbildung 47. Geschiebeherde in den Höhenlagen des Tschenglser Einzugsgebietes.....62

Abbildung 48. Einige Aufnahmen des Mittellaufs des Tschenglserbachs. ....62

Abbildung 49. Schlussabschnitt und Schichtung der Ablagerungen entlang des Schwemmkegels.....63

Abbildung 50. Einige Aufnahmen des Laaserbachs.....63

Abbildung 51. Wasserschutzbauten am Unterlauf und Panoramaansicht von Laas. ....64

Abbildung 52. Einige Aufnahmen des Betts des Platzuterbachs.....65

Abbildung 53. Der große Schwemmkegel des Platzuterbachs.....66

Abbildung 54. Der Unterlauf des Pafilserbachs. ....66

Abbildung 55. Einige Aufnahmen des unteren Einzugsgebietes des Nickbachs. ....67

Abbildung 56. Aufnahme von Psegbach, Nickbach und A.390.5.5. ....68

Abbildung 57. Aufnahme des Tschenglser Rückens.....69

Abbildung 58. Einige Aufnahmen des Unterlaufes des Eckbachs. ....70

9

Abbildung 59. Aufnahme des Bachs A.360.5 und des Eckbaches. ....70

Abbildung 60. Bild des Gafoartals. ....71

Abbildung 61. Schema des hydrographischen Hauptsystems des Oberen Vinschgau. ....74

Abbildung 62. An der Messstation Spondinig von 1985 – 2008 aufgezeichnete jährliche Abflussmaximalwerte.....74

Abbildung 63. Hochwasserspitzen der Etsch in Spondinig: Vergleich zwischen VAPI (Villi) und registrierten statistischen Daten.....75

Abbildung 64. An der Messstation Spondinig aufgezeichnete Abflussganglinien während der Ereignisse 1985, 1987 und 1988.....76

Abbildung 65. Synthetischen Abflussganglinien für die hydrographische Station Spondinig.....77

Abbildung 66. Vergleich zwischen den Kurven der Niederschlagsintensität für das Jahrhundertereignis für den Saldurbach.....78

Abbildung 67. Hyetogramm eines Jahrhundertregens mit einer Dauer von 16 Stunden, mit teilweise gesättigtem EZG (4 Stunden Regen vorher) für die zur Regenmessstation Matsch gehörenden Untereinzugsgebiete. ....78

Abbildung 68. Reinwasserhydrographen beim Abflussquerschnitt talseitig der Rückhaltesperre am Saldurbach.....79

Abbildung 69. Werte des Koeffizienten  $m$  nach VAPI (Rosso) für die Hauptzubringer der Etsch.....81

Abbildung 70. Berechnete Dreieckabflussganglinien für den Suldenbach. ....82

Abbildung 71. Maßgebende Abflusshydrogramme in der Örtlichkeit Ulten. ....83

Abbildung 72. Maßgebende Abflusshydrogramme für den Rambach.....84

Abbildung 73. IDF-Diagramme für die maßgebenden Niederschläge.....87

Abbildung 74. ADF-Diagramme für die maßgebenden Niederschläge. ....88

Abbildung 75. Diagramm VAPI für Triveneto (Subregion Südtirol).....88

Abbildung 76. Hyetogramm (Alternating Block Method) für die Dauer von 1h und  $T_R = 100$  Jahre. ....88

Abbildung 77. Hochwasserabflussganglinien für den Allitzerbach für die Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre. ....89

Abbildung 78. Hochwasserabflussganglinien für den Tanaserbach für Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre. ....90

Abbildung 79. Hochwasserabflussganglinien für den Muntaschinigbach für Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre. ....91

Abbildung 80. Hochwasserabflussganglinien für den Tartscherbach für Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre. ....92

Abbildung 81. Hochwasserabflussganglinien für den Lichtenbergerbach für die Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre. ....93

Abbildung 82. Hochwasserabflussganglinien für den Rennergraben für Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre. ....94

Abbildung 83. Hochwasserabflussganglinien für den Tschavallatschbach für Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre. ....94

Abbildung 84. Hochwasserabflussganglinien für den Schmelzergraben für die Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre. ....96

Abbildung 85. Hochwasserabflussganglinien für den Zirmbach für die Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre. ....96

Abbildung 86. Hochwasserabflussganglinien für den Tschenglserbach für die Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre. ....98

Abbildung 87. Hochwasserabflussganglinien für den Laaserbach für die Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre. ....98

Abbildung 88. Hochwasserabflussganglinien für den Spondiniger Graben. ....101

Abbildung 89. Hochwasserabflussganglinien für den Platzuterbach. ....102

Abbildung 90. Hochwasserabflussganglinien für den Pafilerbach. ....102

Abbildung 91. Hochwasserabflussganglinien für den Bach A.395.5. ....103

Abbildung 92. Hochwasserabflussganglinien für den Bach A.390.5.5. ....104

Abbildung 93. Hochwasserabflussganglinien für den Nickbach. ....106

Abbildung 94. Hochwasserabflussganglinien für den Psegbach. ....106

Abbildung 95. Hochwasserabflussganglinien für den Hinterburgbach. ....107

Abbildung 96. Hochwasserganglinien für den Köpflbach. ....108

Abbildung 97. Hochwasserabflussganglinien für den Stellaubach. ....109

Abbildung 98. Hochwasserabflussganglinien für den Eckbach. ....110

Abbildung 99. Hochwasserabflussganglinien für den Bach A.360.5. ....111

Abbildung 100. Hochwasserabflussganglinien für das Gafaoartal. ....112

Abbildung 101. Brücken und Rohrdurchlässe stellen an Bergbächen häufig die kritischen Punkte dar. ...115

Abbildung 102. Einige Phasen der durchgeführten Korngrößenanalysen. ....115

Abbildung 103. Wasserschutzbauten und Rückhaltebauten der Feststoffe. ....116

Abbildung 104. Aufnahmen von den vorgenommenen Vermessungsarbeiten. ....116

Abbildung 105. Beispiele von manuellen oder automatisierten Schiebetoren zum Schutz der Wohnungen vor Murgängen. ....116

Abbildung 106. Von links: der große Schwemmkegel des Gadriabachs, Ablagerungen am Schwemmkegel des Tschenglserbachs, der Schwemmkegel des Tschavallatschbachs. ....116

Abbildung 107. Vergleich der in Spondinig gemessenen Pegelwerte und der für das Hochwasser im Juli 2006 errechneten Pegelwerte. ....117

Abbildung 108. Sieblinien des Sohlmaterials beim Zusammenfluss von Etsch und Rambach.....118

Abbildung 109. Sieblinien des Sohlmaterials für drei Kontrollabschnitte, die große Rückhaltesperre und die Arbeiten der Korngrößenanalysen. ....119

Abbildung 110. Feststoffhydrogramme und Feststofffrachten am Zusammenfluss mit dem Upitalbach.120

Abbildung 111. Schematische Darstellung des entlang des Saldurbachs angenommenen Szenarios. ....121

Abbildung 112. Flussaufweitung als Ablagerungsfläche bergseitig des Trapezprofils im Dorf mit Detail des abgelagerten Materials, rechts eine Aufnahme des Suldenbachdeltas in der „Prader Sand“ . ...122

Abbildung 113. Kritische Abflussquerschnitte in der Ortschaft Mals. An der Brücke an der Landesstraße nach Burgeis (links) ereignete sich der Austritt im Jahr 1983. ....123

Abbildung 114. Schematische Darstellung der Annahmen, die für die hydraulische Untersuchung des Punibachs zu Grunde gelegt wurden. ....124

Abbildung 115. Hochwasserabflussganglinien bergseits von Glurns für den Punibach. ....124

Abbildung 116. Die Kalvenbrücke und die Brücke nach Laatsch über den Rambach und die Aufweitung vor dem Untersuchungsabschnitt. ....125

Abbildung 117. Schema der Hochwasserausbreitung im Falle des Dammbbruchs oder bei Überbordung im zweidimensionalen Modell Flo-2D. ....127

Abbildung 118. Geschiebeganglinie für das Rückhaltebecken am Allitzerbach während der letzten rund 15 Jahre. ....132

Abbildung 119. Angenäherte Querschnittsfläche des Geschieberückhaltebeckens. ....132

Abbildung 120. Überschreitungswahrscheinlichkeit der Geschiebevorverfüllung im Rückhaltebecken am Allitzerbach.....132

Abbildung 121. Murganghydrographen für Ereignisse mit Wiederkehrzeit von 30, 100 und 300 Jahren am Allitzerbach.....134

Abbildung 122. Murganghydrographen für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren am Tanaserbach. ....134

Abbildung 123. Hochwasserabflusshydrogramme für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren am Muntaschinigbach. ....135

Abbildung 124. Hochwasserabflusshydrographen für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren am Tartscherbach.....136

Abbildung 125. Murganghydrographen für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren am Lichtenbergbach.....137

Abbildung 126. Aktives Bett des Rennergrabens und die Rückhaltesperre.....138

Abbildung 127. Hydrographen für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren am Rennergraben. ...138

Abbildung 128. Murganghydrographen für Ereignisse mit Wiederkehrzeit von 30, 100 und 300 Jahren am Tschavallatschbach.....139

Abbildung 129. Nachbildung des Ereignisses vom Mai 1983 am Tschavallatschbach und geschätzter Ursprung des Geschiebes. ....139

Abbildung 130. Hanganbrüche entlang des gesamten Mittellaufs des Tschavallatschbachs auf der Höhe des Zusammenfluss mit dem Alpenbach.....140

Abbildung 131. Wahrscheinlichkeitskurve zur Auslösung von Hangrutschungen im Tschavallatschtal....140

Abbildung 132. Hypothese für ein Ereignis HQ150 am Tschavallatschbach und Schätzung Murfracht. ...141

Abbildung 133. Szenario „dam-break“ am Tschavallatschbach. ....142

Abbildung 134. Murgangabflussganglinien für den Tschavallatschbach (angenommenes Szenario: temporäre Verklausung mit nachfolgendem Dambruch. ....143

Abbildung 135. Murganghydrographen für Ereignisse mit einer Wiederkehrzeit von 30, 100 und 300 Jahren am Schmelzgraben.....144

Abbildung 136. Murganghydrographen für Ereignisse mit Wiederkehrzeit von 30, 100 und 300 Jahren am Zirmbach.....146

Abbildung 137. Lamination der Murgangwelle für Ereignisse mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren am Tschenglslerbach aufgrund der Geschiebrückhaltebecken. ....147

Abbildung 138. Murganghydrographen beim Eintritt in den kanalisierten Abschnitt in Tschengls. ....147

Abbildung 139. Risikobaum für ein Murgangereignis mit  $T_R = 30$  Jahre am Tschenglslerbach. ....148

Abbildung 140. Abflussganglinien für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren am Laaserbach. ....150

Abbildung 141. Die große Abraumhalde am rechten Ufer und der Rutschhang am linken Ufer des Laaserbachs, wo sich im August 2006 eine kleine Rutschung gelöst hat.....150

Abbildung 142. Szenario der Stauung des Laaserbachs auf der Höhe des Marmorbruchs. ....150

Abbildung 143. Maßgebende Abflusshydrogramme für Szenario dam-break am Laaserbach. ....151

Abbildung 144. Abgedämpfte Abflussganglinien bergseitig der Rückhaltesperre am Laaserbach.....151

Abbildung 145. Melton-Diagramm für die primären Zubringer.....153

Abbildung 146. Projektabflussganglinien für den Spondiniger Graben für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....154

Abbildung 147. Projektabflussganglinien für den Platzuterbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....154

Abbildung 148. Projektabflussganglinien für den Pafilerbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....155

Abbildung 149. Projektabflussganglinien für den Bach A.395.5 für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....156

Abbildung 150. Projektabflussganglinien für den Bach A.395.5.5 für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....156

Abbildung 151. Projektabflussganglinien für den Nickbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....157

Abbildung 152. Projektabflussganglinien für den Nickbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....157

Abbildung 153. Projektabflussganglinien für den Hinterburgbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....158

Abbildung 154. Projektabflussganglinien für den Köpflbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....158

Abbildung 155. Projektabflussganglinien für den Stellaubach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....159

Abbildung 156. Projektabflussganglinien für den Eckbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....159

Abbildung 157. Projektabflussganglinien für den Bach A.360.5 für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....160

Abbildung 158. Projektabflussganglinien für das Gafortal für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren. ....160

Abbildung 159. Melton-Diagramm für die Sekundärwasserläufe.....161

Abbildung 160. Matrix zur Bestimmung der Gefahrenstufen (Landesrichtlinien, 2008).....162

Abbildung 161. Matrix der Gefahrenfaktoren (H) und Schadensanfälligkeitsfaktoren (V) für die Ausarbeitung der Karte der Zonen mit spezifischer Gefährdung (Landesrichtlinien, 2008).....164

Abbildung 162. Klassifizierung der geomorphologischen und in dieser Untersuchung berücksichtigten Phänomene (BUWAL, 1995).....165

Abbildung 163. Längsprofil im Untersuchungsabschnitt der Etsch für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren. ....166

Abbildung 164. Zwei Aufnahmen der Mündung des Suldenbachs in die Etsch.....166

Abbildung 165. Längsprofil für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren im untersuchten Abschnitt des Saldurbachs. ....168

Abbildung 166. Einige der kritischen Abschnitte, wo die Austritte aus dem Bachbett stattfinden.....169

Abbildung 167. Längsprofil für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren im untersuchten Abschnitt des Punibachs.....170

Abbildung 168. Die Schutzmauer am rechten Ufer im Verlauf des Punibachs durch Glurns. ....171

Abbildung 169. Längsprofil für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren im untersuchten Abschnitt des Rambachs. ....172

Abbildung 170. Die möglichen Überflutungsflächen am rechten und linken Ufer des Rambachs bei "Grüeb". ....173

Abbildung 171. Die Flächen am linken Ufer des Suldenbachs in der Örtlichkeit "Ragitz", die von den Austritten der Jahrtausendhochwassers betroffen werden. ....173

Abbildung 172. Hydraulikmodell für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren – Suldenbach in Prad. ....174

Abbildung 173. Der Uferdamm am rechten Ufer des Allitzerbachs am Mittellauf, einer der vorhandenen Stege und die Straße, entlang welcher die Murgänge orographisch links abfließen.....174

Abbildung 174. Die Künette talseitig der Sperre am Tanaserbach, die Querung der Staatsstraße und die durch die Übersarung betroffenen Flächen .....175

Abbildung 175. Die Bahnunterführung neben dem Muntaschinigbach und zwei Aufnahmen des Bachbetts.....176

Abbildung 176. Das derzeitige Bett des Muntaschinigbachs und das Gebiet, wo die oben beschriebene Gabelung erfolgt.....176

Abbildung 177. Bahnübergang und Eindolung des Tartscherbachs an der Kegelspitze und Detail eines der Durchlässe im Unterlauf des Bachs. ....177

Abbildung 178. Die überschwemmten Flächen berg- und talseits der Straße zwischen Schluderns und Glurns. ....177

Abbildung 179. Einige der von den Austritten des Lichtenbergbachs betroffenen Flächen.....178

Abbildung 180. Die vom Rennergraben betroffene Ortschaft Lichtenberg.....178

Abbildung 181. Die von den Murgängen betroffenen Areale am Unterlauf des Tschavallatschbachs. ....179

Abbildung 182. Überschwemmte Flächen durch Projekt ereignis mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren für den Schmelzergraben.....180

Abbildung 183. Längsprofil des Untersuchungsabschnittes des Tschenglerbachs für Ereignis mit Wiederkehrzeit 100 Jahre. ....182

Abbildung 184. Talabschnitt des Laaserbachs, in die Projekthochwasser abfließen. ....183

Abbildung 185. Die Apfelgüter am linken Ufer und das Speicherbecken des E-Werks in Laas am rechten Ufer.....183

Abbildung 186. Die Areale, an denen sich die Überschwemmung des Bachs A.395.5 ausbreitet. ....185

Abbildung 187. Die Ausbreitungsflächen der Flutwelle am Nickbach. ....185

Abbildung 188. Die Auslaufflächen der Flutwelle des Psegbachs in der Nähe der Straße zwischen Prad und Tschengls. ....186

Abbildung 189. Areal, in dem sich die Projektströme ausbreiten und Detail der Künette des Hinterburgbachs. ....186

Abbildung 190. Schwemmareale des Köpfel- (A.380.5) und Stellaubachs (A.380.5.5).....187

Abbildung 191. Das Einzugsgebiet des Eckbachs und des Bachs A.360.5 und Spuren alter Ablagerungen am Kegelfuß.....188

## 1 Allgemeine Daten

Projekttitel: Flussgebietsplan Oberer Vinschgau  
 Modul: Studie über die Wassergefahren  
 Auftraggeber: Autonome Provinz Bozen  
 Abteilung 30 – Wasserschutzbauten  
 Cesare – Battisti – Straße 23  
 39100 Bozen  
 Auftragnehmer: Ingenieure Patscheider & Partner GmbH  
 Glurnserstraße 5/k  
 39024 Mals  
 Projektkoordinator: Ing. Walter Gostner  
 Projektleiter: Ing. Corrado Lucarelli  
 Sachbearbeiter: Dipl. Ing. Ronny Lange  
 Ing. Matteo Paternolli  
 Vermessung: Edwin Heinisch  
 Externe Mitarbeiter: Ing. Martin Eschgfäller (Ambio-Alp, Klausen)  
 Ing. Mirko Pfattner (Ambio-Alp, Klausen)

16

## 2 Projektdokumentation

Der Teilmodul „Studie über Wassergefahren“ enthält folgende Dokumente:

Dok. Nr.	Inhalt	Maßstab
1.A	Technischer Bericht	---
1.1	Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes	1 : 25.000
1.2	Übersichtskarte der Einzugsgebiete	1 : 50.000
1.3	Übersichtskarte – vermessene Querschnitte	1 : 25.000
1.4	Karte der maximalen Abflusskapazität	1 : 25.000
1.5	Übersichtskarte – Gefahrenstufen	1 : 25.000
1.6	Übersichtskarte – Gefahrenzonen	1 : 25.000
1.7a	Übersichtskarte – Schadensanfälligkeit	1 : 25.000
1.8a	Übersichtskarte – Spezifische Risikozonen	1 : 25.000
2.1.1a	Etsch – Karte der Phänomene	1 : 5.000
2.1.1b	Etsch – Karte der Phänomene	1 : 5.000
2.1.1c	Etsch – Karte der Phänomene	1 : 5.000

10.03.2009

Ingenieure Patscheider & Partner GmbH

- 16 -

2.1.1d	Etsch – Karte der Phänomene	1 : 5.000
2.1.2.a	Etsch – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
2.1.2.b	Etsch – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
2.1.3 a	Etsch – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
2.1.3 b	Etsch – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
2.2.1	Saldurbach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
2.2.2	Saldurbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
2.2.3	Saldurbach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
2.3.1	Punibach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
2.3.2	Punibach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
2.3.3	Punibach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
2.4.1	Rambach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
2.4.2	Rambach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
2.4.3	Rambach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
2.5.1	Suldenbach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
2.5.2	Suldenbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
2.5.3	Suldenbach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
3.1.1	Allitzerbach – Geomorphologische Kartierung	1 : 10.000
3.1.2	Allitzerbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
3.1.3	Allitzerbach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
3.1.4	Allitzerbach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
3.2.1	Tanaserbach – Geomorphologische Kartierung	1 : 10.000
3.2.2	Tanaserbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
3.2.3	Tanaserbach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
3.2.4	Tanaserbach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
3.3.1	Muntaschinigbach – Geomorphologische Kartierung	1 : 5.000
3.3.2	Muntaschinigbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
3.3.3	Muntaschinigbach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
3.3.4	Muntaschinigbach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
3.4.1	Tartscherbach – Geomorphologische Kartierung	1 : 5.000
3.4.2	Tartscherbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000

3.4.3	Tartscherbach – Karte der Phänomene	1: 5.000
3.4.4	Tartscherbach – Karte der Gefahrenzonen	1: 5.000
3.5.1	Lichtenbergerbach – Geomorphologische Kartierung	1: 5.000
3.5.2	Lichtenbergerbach – Karte der Gefahrenstufen	1: 5.000
3.5.3	Lichtenbergerbach – Karte der Phänomene	1: 5.000
3.5.4	Lichtenbergerbach – Karte der Gefahrenzonen	1: 5.000
3.6.1	Tschavallatschbach – Geomorphologische Kartierung	1: 10.000
3.6.2	Tschavallatschbach – Karte der Gefahrenstufen	1: 5.000
3.6.3	Tschavallatschbach – Karte der Phänomene	1: 5.000
3.6.4	Tschavallatschbach – Karte der Gefahrenzonen	1: 5.000
3.7.1	Schmelzergraben – Geomorphologische Kartierung	1: 5.000
3.7.2	Schmelzergraben – Karte der Gefahrenstufen	1: 5.000
3.7.3	Schmelzergraben – Karte der Phänomene	1: 5.000
3.7.4	Schmelzergraben – Karte der Gefahrenzonen	1: 5.000
3.8.1	Zirnbach – Geomorphologische Kartierung	1: 10.000
3.8.2	Zirnbach – Karte der Gefahrenstufen	1: 5.000
3.8.3	Zirnbach – Karte der Phänomene	1: 5.000
3.8.4	Zirnbach – Karte der Gefahrenzonen	1: 5.000
3.9.1	Tschenglserbach – Geomorphologische Kartierung	1: 10.000
3.9.2	Tschenglserbach – Karte der Gefahrenstufen	1: 5.000
3.9.3	Tschenglserbach – Karte der Phänomene	1: 5.000
3.9.4	Tschenglserbach – Karte der Gefahrenzonen	1: 5.000
3.10.1	Laaserbach – Geomorphologische Kartierung	1: 10.000
3.10.2	Laaserbach – Karte der Gefahrenstufen	1: 5.000
3.10.3	Laaserbach – Karte der Phänomene	1: 5.000
3.10.4	Laaserbach – Karte der Gefahrenzonen	1: 5.000
3.11.1	Rennergraben – Geomorphologische Kartierung	1: 5.000
3.11.2	Rennergraben – Karte der Gefahrenstufen	1: 5.000
3.11.3	Rennergraben – Karte der Phänomene	1: 5.000
3.11.4	Rennergraben – Karte der Gefahrenzonen	1: 5.000
4.1.1	Graben Spondinig – Karte der Phänomene	1: 5.000

4.1.2	Graben Spondinig – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.1.3	Graben Spondinig – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
4.2.1	Platzuterbach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
4.2.2	Platzuterbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.2.3	Platzuterbach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
4.3.1	Pafilerbach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
4.3.2	Pafilerbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.3.3	Pafilerbach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
4.4.1	A.395.5 – Karte der Phänomene	1 : 5.000
4.4.2	A.395.5 – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.4.3	A.395.5 – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
4.5.1	A.390.5.5 – Karte der Phänomene	1 : 5.000
4.5.2	A.390.5.5 – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.5.3	A.390.5.5 – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
4.6.1	Nickbach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
4.6.2	Nickbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.6.3	Nickbach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
4.7.1	Psegbach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
4.7.2	Psegbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.7.3	Psegbach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
4.8.1	Hinterburgbach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
4.8.2	Hinterburgbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.8.3	Hinterburgbach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
4.9.1	Köpflbach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
4.9.2	Köpflbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.9.3	Köpflbach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
4.10.1	Stellaubach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
4.10.2	Stellaubach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.11.1	Eckbach – Karte der Phänomene	1 : 5.000
4.11.2	Eckbach – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.11.3	Eckbach – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000

4.12.1	A.360.5– Karte der Phänomene	1 : 5.000
4.12.2	A.360.5 – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.12.3	A.360.5 – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000
4.13.1	Gafoartal – Karte der Phänomene	1 : 5.000
4.13.2	Gafoartal – Karte der Gefahrenstufen	1 : 5.000
4.13.3	Gafoartal – Karte der Gefahrenzonen	1 : 5.000

**Tabelle 1. Projektunterlagen in Papiaerausfertigung.**

Dok. Nr.	Inhalt	Maßstab
DVD	Grunddaten und Ergebnisse (pdf, shp) – Talflüsse	---
	Grunddaten und Ergebnisse (pdf, shp) – Primäre Fließgewässer	---
	Grunddaten und Ergebnisse (pdf, shp) – Sekundäre Fließgewässer	---

**Tabelle 2. Projektunterlagen in digitalem Format.**

Dok. Nr.	Inhalt	Maßstab
DVD	ED30 Formulare mit Beschreibung der Ereignisse	---
DVD	ESRI-Shape File mit aktualisiertem Bautenkataster	---
DVD	EF30 Formulare mit Schlüsselbauwerke	---
DVD	Vermessungen, Meteo u. HydroDaten, 1D2D Modellierungsergebnisse	---

**Tabelle 3. Digitale Daten für Auftraggeber zur Aktualisierung der internen Datenbanken.**

20

### 3 Einführung

#### 3.1 Das Projekt „Flussgebietsplan Oberer Vinschgau“

Das Projekt Flussgebietsplan Oberer Vinschgau ist in das Programm Ziel Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung 2007-2013 eingebunden. Das Programm hat die Stärkung des besonderen Modells für die Entwicklung der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol zum Ziel, welches auf dem Zusammenwirken der verschiedenen Sektoren, auf der Innovationsfähigkeit und auf der Priorität der Umweltbelange gegenüber rein wirtschaftlichen Interessen basiert. In der Achse 3 geht es um die Prävention vor Naturgefahren.

Das Projekt Flussgebietsplan Oberer Vinschgau wird getragen von der Landesabteilung Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen, den Gemeinden des Obervinschgaus (Laas, Prad, Schluderns, Glurns, Mals, Graun), dem Bonifizierungskonsortium Vinschgau, dem Bezirksamt für Landwirtschaft Schlanders, der Landesabteilung Natur und Landschaft, dem Amt für Gewässerschutz und der Seledison AG.

Alpine Flussräume erfüllen vielfältige ökonomische, ökologische und soziale Funktionen. Sie dienen dem Hochwasserabfluss und -rückhalt, der Grundwassersicherung, dem Naturschutz, der Naherholung, aber auch der Bereitstellung von Siedlungsraum und Produktionsflächen. Mit der Urbarmachung und Besiedelung vom Talraum und in der Folge mit den unterschiedlichen Nutzungen wie Landwirtschaft, Tourismus, Industrie, Handwerk, Energiewirtschaft bestehen im knappen Talraum verschiedenste Nutzungsansprüche.

Auch die Gewässer im Talraum sind von dieser Entwicklung nicht unverschont geblieben. So sind viele Lebensräume für Pflanzen und Tiere zurückgedrängt worden. Immer wieder ist der Alpenraum von Naturkatastrophen wie Hochwasserereignissen oder Muren betroffen. Neben oder in dieser Gefahrensituation entwickeln sich Siedlungen, Landwirtschaft, Industrie, Tourismus, Handel, Infrastrukturen, immer weiter. Mit der Veränderung des wirtschaftlichen Umfeldes verändert sich auch das Schadenspotential und zwar steigt dieses stetig an. Auf der anderen Seite steigt aber auch das Schutzbedürfnis der Bevölkerung. Die so entstehenden Schutzdefizite können mit einer interdisziplinären Zusammenarbeit verschiedener Fachdisziplinen aufgezeigt, analysiert und dann gezielt durch Lösungen / Maßnahmen beseitigt werden, die von den Akteuren im Flussraum akzeptiert und mitgetragen werden.

Ein inzwischen bewährtes Instrument ist das Flussraummanagement, das dazu beiträgt, die unterschiedlichen und oft gegensätzlichen Nutzungsansprüche an den Flussraum unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit – und zwar für alle Betroffenen- zu harmonisieren, und so das Schadenspotential nicht weiter ansteigen zu lassen. Dies alles ist auch im Interesse von mehr Hochwassersicherheit, mehr Natur und mehr Erholung.

Das Untersuchungsgebiet im Obervinschgau ist von den Prozessen Murgang, Übersarung und Überschwemmung betroffen. Die Gefahrenhinweiskarten der Landesabteilung Wasserschutzbauten sowie die Daten der Einzugsgebietsbehörde der Etsch geben einen Überblick.

Durch die Überlagerung der oben genannten Karten mit der Karte der Schadenspotenzial-Kategorien der Abteilung Wasserschutzbauten und durch Hinzuziehen von einer durchschnittliche Personenanzahl je Gebäude wurde die Gesamtzahl der von den genannten Phänomenen betroffenen Bevölkerung ermittelt.

Die Gesamtzahl der durch die Naturgefahren Murgang, Übersarung, und Überschwemmung betroffenen Bevölkerung wird durch die bestehenden Schutzbauwerke reduziert. Nach Schätzung von Experten vermindern die bestehenden Schutzbauwerke die Schäden um durchschnittlich 65 %. Somit sind nur 35 % der Personen in den Zonen mit hohem Schadenspotenzial dem Risiko durch diese Naturgefahren ausgesetzt. Im Falle des Projektgebietes Obervinschgau liegt diese Zahl aber immerhin noch bei 820 Personen.

Daher hat die Landsabteilung Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen (unter Miteinbeziehung der Abteilung Natur und Landschaft, der Gemeinden Laas, Schluderns, Glurns, Prad, Mals und Graun, dem Bonifizierungskonsortium Vinschgau, dem Bezirksamt für Landwirtschaft Schlanders, der Energiegesellschaft Seledison, dem Landesamt für Gewässerschutz) das gemeinsame Projekt Flussgebietsplan Oberer Vinschgau initiiert, und die Autorità di Bacino dell'Adige (Etscheinzugsgebietsbehörde) finanziert das Vorhaben mit. Mit dem Programm Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung soll ein wesentlicher Teil des Projektes finanziert werden und zwar über die Landesabteilung Wasserschutzbauten.

### 3.2 Die Planungsziele

Zentrales Ziel des Projektes Flussgebietsplan Oberer Vinschgau ist die planerische Festlegung von Maßnahmen zur Prävention hydrogeologischer Risiken, zur Verbesserung der Hochwassersicherheit und zur Erreichung eines guten Gewässerzustandes im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Dazu wird die Ist-Situation auf verschiedenen Gebieten (Raum, Gefahren, Wasserwirtschaft, Ökologie) analysiert, dann miteinander fächerübergreifend vernetzt. Daraus werden dann Risikozonen und Konfliktzonen ersichtlich.

Entwicklungsplan und Maßnahmenprogramm für einen nachhaltigen Hochwasserschutz im Flussraum unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Nutzungsansprüche bilden die Grundlage für die Projektierung und Realisierung von konkreten Maßnahmen.

Mit dem Instrumentarium des Flussgebietsplanes werden nachhaltige Lösungen im Spannungsfeld zwischen Hochwasserschutz, Gewässerökologie, Raumnutzung und Wasserwirtschaft für den untersuchten Flussraum erarbeitet. Künftige Maßnahmen sind so zu konzipieren und zu projektieren, dass diese technisch machbar, ökonomisch sinnvoll, ökologisch tragfähig und sozial akzeptabel sind.

Die nachhaltige Entwicklung des Flussraumes muss folglich unter Berücksichtigung der Anliegen von Hochwasserschutz, Siedlungsentwicklung, Industrie, Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Ökologie und Tourismus erfolgen. Mögliche Überflutungsflächen lassen sich durch umfassende Erhebungen im Voraus erkennen. Notwendige Maßnahmen werden mit Entscheidungsträgern und der Bevölkerung abgestimmt, woraus sich eine optimale Sicherheit für Wohn- und Produktionsgebiete sowie für

Infrastrukturen ergibt und zudem der ökologische Zustand des Flussraumes erhalten und falls notwendig und wo es möglich ist, verbessert wird.

### 3.3 Der Modul “Wassergefahren”

Im Teilmodul Wassergefahren werden die derzeitigen Gefahren und Risiken aufgrund von Hochwasser untersucht. Aufgrund der vorhandenen Gefahr können durch die Überlagerung mit der Schadensanfälligkeit der betroffenen Flächen Risikozonen ausgewiesen werden. Auf diese Weise lassen sich Schwachstellen und Konfliktzonen eruieren, weiters wird ein Instrument für die zukünftige Raumplanung und für eventuell durchzuführende Hochwasserschutzmaßnahmen geschaffen. In Absprache mit den anderen Teilmodulen des gegenständlichen Projekts und mittels eines Entscheidungsprozesses, der alle am Flussgebietsplan Oberer Vinschgau betroffenen Akteure mit einbezieht, soll in weiterer Folge ein Projektleitbild erstellt werden, in dem die Projektziele formuliert und die dafür notwendigen Maßnahmen definiert werden.

### 3.4 Hochwassergefahren

#### 3.4.1 Allgemeines

Hochwässer können in mehrfacher Hinsicht gefährdend wirken: sie können erodieren und dadurch die Fundamente bestehender Bauwerke untergraben, sie können durch ihre dynamische Wirkung Menschen oder Fahrzeuge mitreißen oder sogar Gebäude zerstören, oder sie können ausufern und durch mitgeführtes Geschiebe Kulturland und Bauten schädigen. Auch durch stehendes Wasser können schwere Schäden auftreten. Je nachdem, wie sich Hochwässer auf genutzte Flächen auswirken, wird zwischen den drei Gefahrenarten Überschwemmung, Ufererosion und Übermuring unterschieden.

#### 3.4.2 Überschwemmung

Als Überschwemmung gilt der Austritt von Wasser aus einem natürlichen oder künstlichen Gerinne bzw. eine Ausuferung von stehenden Gewässern. Unterschieden wird zwischen statischen und dynamischen Überschwemmungen. Zwischen diesen beiden Ausprägungen sind fließende Übergänge möglich, und beide Formen können beim gleichen Ereignis kleinräumig wechselnd auftreten.

Die statische Überschwemmung tritt in flachem Gelände und entlang von Seen auf; das Wasser fließt dabei, wenn überhaupt, sehr langsam. Der maßgebende Schadensparameter ist die maximale Überschwemmungstiefe, teilweise (z.B. in Frankreich) wird zur Beurteilung der Schadensintensität auch die Dauer der Überschwemmung miteinbezogen.

Die dynamische Überschwemmung ist durch hohe Fließgeschwindigkeiten gekennzeichnet und tritt in geneigtem Gelände entlang von Wildbächen und Gebirgsflüssen auf. In flachem Gelände sind hohe dynamische Beanspruchungen im Bereich von Engstellen und Dammbreschen zu erwarten. Die Gefährdung erfolgt primär durch den Strömungsdruck. Der maßgebende Schadenparameter wird als Produkt aus mittlerer Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe festgelegt. Die Überschwemmungsdauer beträgt in der Regel nur wenige Stunden, weil das Wasser in geneigtem Gelände rasch abfließt.

Bedeutende, grobkörnige Ablagerungen wie Steine und Blöcke bleiben häufig auf der betroffenen Fläche liegen. Diese Ablagerung von Schutt und Geröll wird oft als Übersarung bezeichnet.

Besonderheiten bei Überschwemmungen sind Verklausungen durch Schwemmholz oder Geschiebe an Bauwerken, beispielsweise bei Durchlässen und Brücken, oder Brüche von Hochwasserschutzdämmen, die sich als besonders verhängnisvoll erweisen.

### 3.4.3 Seitenerosion

Unter der Ufererosion wird das Nachbrechen der Uferböschungen infolge Tiefen- oder Seitenerosion verstanden. Diese Gefahrenart ist nur dann raumplanerisch relevant, wenn ihre Auswirkung über den Gerinnebereich hinausreicht.

Der maßgebende Schadensparameter bei der Ufererosion ist die Mächtigkeit der Abtragung. In vielen Fällen ist die Ufererosion die schadenreichste Gefahrenart. Sie kann parallel zu den Gewässern verlaufende Verkehrswege unterbrechen und Häuser und Brücken zum Einsturz bringen.

Das entscheidende Sicherheitskriterium für Bauten und Anlagen ist somit ihre Foundationstiefe. Ein Einsturz ist unvermeidlich, wenn diese geringer ist als die Erosionstiefe.

Uferrutschungen kommen dann vor, wenn durch eine Tiefenerosion des Flusses der Böschungsfuß unterspült wird. Je nach topographischen und geologischen Bedingungen können diese oberflächlich bis tiefgründig sein.

Verlagerungen des Flussbettes treten bei stark mäandrierenden oder verzweigten Flüssen auf. Damit verbunden sind Ablagerungen im Nahbereich, entweder am gegenüberliegenden Ufer oder kurz unterhalb der Erosionsstrecke.

### 3.4.4 Debris flow (Vermurungen)

Ein Spezialfall im Zusammenhang mit Hochwässern sind Murgänge, die nur in sehr steilen Wildbachgebieten mit meist über 15 % Bachgefälle auftreten, wobei sie sich schubweise lösen können. Typisch für Murgänge ist einerseits ihre hohe Dichte (Volumenanteil der Feststoffe 30 bis 70 %), andererseits ihre zum Teil hohe Fließgeschwindigkeit.

Dazu kommt eine gewaltige Transportkapazität. Neben ganzen Bäumen können von Murgängen Blöcke von mehreren Kubikmetern Volumen mitgeführt werden.

Ein weiteres Charakteristikum der Murgänge ist das Ausmaß der umgesetzten Feststoffvolumina. Der Abfluss von Feststoffen und Wasser kann ein Vielfaches der normalen Hochwasserabflüsse erreichen, weshalb Murgänge oft eine steile Front von mehreren Metern Höhe bilden. Zudem verlässt ein Murgang häufig das übliche Gerinne und breitet sich seitlich aus.

Die Hauptschadenswirkung von Murgängen liegt erstens in der Erosionskraft, die Uferböschungen destabilisieren kann, zweitens in der Stoßwirkung der Murfront, welche durch mitgeführte Einzelblöcke noch verstärkt wird, und drittens in den mächtigen Ablagerungen von Blöcken, Geröll und Schutt. Erreicht ein Murgang einen Vorfluter, können die eingetragenen Feststoffe eine Verklausung und dadurch verursachte Überschwemmungen verursachen.

### 3.5 Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet für die Beurteilung der Wassergefahren betrifft den Talabschnitt zwischen Glurns (Kalvenbrücke bei Laatsch) und Laas (inkl. Wasserfassung der Sel-Edison AG). Der genaue Projektperimeter ist aus Karte Nr. 1.1 ersichtlich.

Dabei liegen die Einzugsgebiete der Gewässer, von welchen innerhalb des Projektperimeters die Hochwassergefahren ausgehen, teilweise außerhalb des Projektperimeters. Die Einzugsgebiete werden insoweit untersucht, als es für die schlüssige Prozessbeurteilung im eigentlichen Untersuchungsgebiet notwendig ist. Aus diesem Grund ist die geomorphologische Kartierung immer für das gesamte Einzugsgebiet durchgeführt worden, während Gefahren- und Risikozonen lediglich innerhalb des Projektperimeters ausgewiesen werden.

Aufgrund ihrer Charakteristika und ihrer Interferenz mit vorhandenen Siedlungen und Infrastrukturen sind die zu untersuchenden Gewässer in 3 Kategorien eingeteilt worden, und zwar in:

- Talflüsse
- Primäre Zubringer
- Sekundäre Zubringer

Die drei Kategorien unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Bearbeitungstiefe bzw. Detailliertheitsgrade sowie ihrer Vorgehensweisen zur Gefahrenbeurteilung.

### 3.6 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht beschreibt zu Beginn (Kapitel 5) die verwendeten Datengrundlagen und die in der Vergangenheit aufgetretenen und dokumentierten Ereignisse an den zu untersuchenden Fließgewässern (Kapitel 6). In Kapitel 7 folgt die Beschreibung der wesentlichen Merkmale der untersuchten Gewässer sowie Erarbeitung der Grundlagen hinsichtlich der Hydrologie und topographischen Daten. In Kapitel 8 erfolgt die eigentliche Gefahrenbeurteilung mit Hilfe der durchgeführten Definition der Szenarien und der hydraulischen Modellierungen der Phänomene. Aufbauend auf die Gefahrenbeurteilung werden die Gefahren- und Risikozonen erarbeitet, sie sind in Kapitel 9 beschrieben.

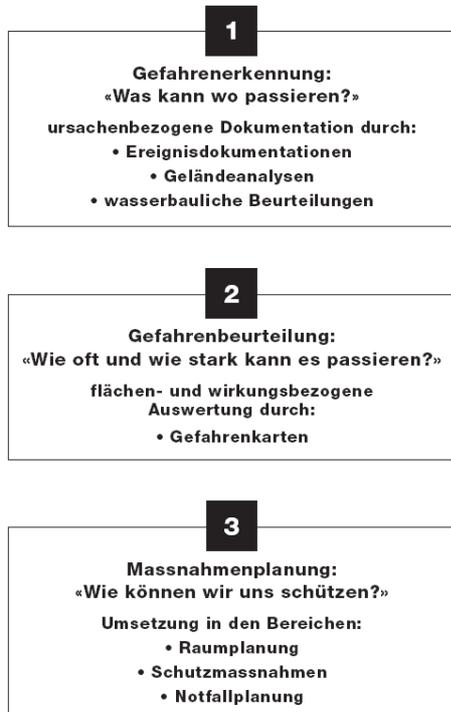
## 4 Vorgehensweise bei der Gefahrenbeurteilung

### 4.1 Gesetzliche Grundlagen

Die im vorliegenden Projekt durchgeführten Untersuchungen wurden in Anlehnung an die neuen Landesrichtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne durchgeführt, genehmigt mit Beschluss der Landesregierung vom 28. Juli 2008, Nr. 2741. In den Landesrichtlinien sind alle übrigen staats- und landesweit gültigen einschlägigen Gesetze integriert; sie gelten dabei vor allem im Sinne des Artikels 22bis des Landesgesetzes vom 11. August 1997, Nr. 13 (Landesraumordnungsgesetz) und der entsprechenden Durchführungsverordnung.

## 4.2 Arbeitsmethodik

### 4.2.1 Allgemeines



**Abbildung 1. Vorgehensweise zur Erkennung der Gefahren, ihrer Beurteilung und der Massnahmenplanung (BWW, 1997).**

Die Gefahrenbeurteilung wird im vorliegenden Projekt wie in Abbildung 1 dargestellt durchgeführt. Kernpunkt dieser Methodik ist das harmonisierte Gefahrenstufendiagramm (s. auch Abbildung 160). Dort werden Wahrscheinlichkeiten und Intensitäten der einzelnen Naturgefahren zu vereinheitlichten Gefahrenstufen zusammengefasst (s. auch Tabelle 48).

Die Gefahrenbeurteilung erfordert ein schrittweises Vorgehen. Dieses geht von der Frage aus, was wo passieren kann, beurteilt danach die Wahrscheinlichkeit und Stärke möglicher Ereignisse und klärt schließlich die nötigen Massnahmen.

Die einzelnen zu berücksichtigenden Schritte sind folgende:

### 4.2.2 Erkennung der Gefahren und deren Dokumentation

#### 4.2.2.1 Ereignisdokumentation

Dies ist ein Verzeichnis beobachteter Ereignisse und umfasst die Aufzeichnung der maßgebenden Prozesse, der festgestellten Schäden, der Wirkungsbereiche, des meteorologischen Umfeldes, der hydrologischen Daten sowie weiterer Angaben zum Ablauf. Die Ereignisdokumentation gibt in jedem Fall eine Antwort auf die Frage, was sich wann, wo und in welchem Ausmaß ereignet hat.

#### 4.2.2.2 Geländeanalyse

Es werden beobachtete Merkmale und Indikatoren und deren wertfreie Interpretation kartographisch und textlich festgehalten. Unter die Bezeichnung Phänomene fallen für die Erhebung des Schadenspotentials von Hochwässern alle Erosionserscheinungen eines Flusses (Seiten- und Tiefenerosion), Transitbereiche mit Mobilisierung und Remobilisierung von Material, potentielle und erwiesene Ablagerungs- und Überschwemmungs- bzw. Übersarungsgebiete sowie am Fluss vorhandene Verbauungen und Geländemerkmale.

Mit der Geländeanalyse werden im wesentlichen folgende Ziele verfolgt:

- Erkennen und Interpretieren der „stummen Zeugen“ von früher abgelaufenen oder gegenwärtig ablaufenden gefährlichen Prozessen,
- Erkennen und Beurteilen von kritischen Stellen im Gelände und speziellen Konstellationen im Zusammenspiel geomorphologischer, geologischer und hydrologischer Erscheinungen und Prozesse.

Die wesentlichen geomorphologischen Prozesse werden in entsprechenden Karten dargestellt.

#### 4.2.2.3 Hydraulische Bewertung

In der wasserbaulichen Beurteilung sollen alle für die Hochwasserentwicklung eines Flusses ausschlaggebenden Faktoren festgehalten werden.

Besonderere Aufmerksamkeit gilt dabei der Hydrologie, der Hydraulik sowie dem Feststoffhaushalt des Flusses. Aus dieser Beurteilung kann sowohl auf die kurzfristigen Abläufe während eines Schadenereignisses als auch auf die langfristigen Entwicklungen geschlossen werden.

27

### 4.2.3 Gefahrenbeurteilung und Erstellung einer Karte der Gefahren und des Risikos

Aufgrund aller verfügbaren Unterlagen sollen Aussagen über die Wahrscheinlichkeit und über die zu erwartende Intensität der möglichen Schadensereignisse getroffen werden. Dieser Schritt überschneidet sich mit der wasserbaulichen Beurteilung, teilweise ist keine klare Trennung möglich und auch nicht sinnvoll. Die Beobachtungen werden gewichtet und gewertet und wenn nötig durch Modellrechnungen oder erweiterte Untersuchungen ergänzt.

### 4.2.4 Maßnahmenplanung

#### 4.2.4.1 Passive Maßnahmen (Schadensbeschränkung)

Durch raumplanerische Eingriffe soll eine der Gefährdung angepasste Nutzung sichergestellt und Objekte durch dem Gefahrenpotential entsprechende Bauweisen geschützt werden.

#### 4.2.4.2 Aktive Maßnahmen (Gefahrenbeschränkung)

Dadurch wird der Ablauf des Ereignisses beeinflusst. Dies geschieht durch wasserbauliche Schutzmaßnahmen wie Gewässerunterhalt und Schutzbauten, aber auch durch eine angepasste Schutzwaldpflege.

#### 4.2.4.3 Notfallplanung

Diese dient der Begrenzung des Restrisikos, denn keine Schutzmaßnahme garantiert die absolute Sicherheit gegenüber Naturereignissen. Frühwarndienste, Evakuationspläne, Rettungswarndienste, Katastrophenhilfe und temporäre Schutzmaßnahmen können das Schlimmste verhüten.

Die Maßnahmenplanung hat auf jeden Fall unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Folgenanalyse zu erfolgen, wünschenswert wäre für jede geplante Maßnahme eine Kosten-Nutzen-Analyse. Das gegenständliche Projekt betrifft die ersten zwei Punkte, d.h. die Gefahrenerkennung und ihre Beurteilung. Die Planung der Maßnahmen muss unter Einbeziehung der anderen Module und aller übrigen Akteure erfolgen.

## 5 Grundlegendaten

### 5.1 Quellen und thematische Charakter

Als Ergänzung und Bestätigung der Vermessungen und vorgenommenen Lokalaugenscheine hat man, für die Ausarbeitung der Gefahrenzonenkarte und der Karte des spezifischen Risikos für das untersuchte Areal, alle von den zuständigen öffentlichen Ämtern zur Verfügung gestellten nützlichen Daten gesammelt und verwendet. Darunter waren:

- Hydrographisches Amt der Autonomen Provinz Bozen Südtirol, das die Daten der Niederschlagsmessstationen des Oberen Vinschgaus und die Daten der Pegel von Spondinig, Laas und Töll zur Verfügung gestellt hat
- Amt für Stauanlagen der Autonomen Provinz Bozen Südtirol, das die Daten hinsichtlich der Studie zur Abflussganglinie der Flutwelle infolge eines angenommenen Bruchs des Staudamms St. Valentin am Reschensee geliefert hat, die für die Bestimmung des Ausmaßes der im gesamten Untersuchungsareal herrschenden Restgefahr von Nutzen ist
- Amt für Wasserschutzbauten – Abt. 30, mit dem man in ständigem Kontakt war, das die Originalprojekte aller im Untersuchungsgebiet realisierten Wasserschutzbauten, die im Jahr 2005 durchgeführten Vermessungen entlang der Etsch und entlang der anderen Fließgewässer im Talgrund (Saldurbach, Punibach, Rambach, Suldenbach), Fotografien und historische Unterlagen von Interesse für die durchgeführte Arbeit, sowie die Daten bezüglich der Regionalisierung A.I.D.I. für eine korrekte Quantifizierung der Niederschlags- und Abflussdaten der untersuchten Einzugsgebiete zur Verfügung gestellt hat. Außerdem hat man sich für die Feststellung der Schwachstellen im untersuchten Gebiet auf Daten, wie die Gefahrenhinweiskarte, die Schadensanfälligkeitskarte und das Wasserbautenkataster gestützt.
- Dienst GIS – ED30 der Abteilung 30 – Wasserschutzbauten, der die Unterlagen bezüglich der belegten historischen und aus dem wassertechnischen Gesichtspunkt interessanten Ereignisse (ergänzt mit einer detaillierten geschichtlich-bibliographischen Dokumentation) und die verfügbaren technischen Daten geliefert hat

- Abt. 27 Raumordnung, Amt für überörtliche Raumordnung, das die Daten für das digitale Geländemodell (D.T.M. 2006) ausgearbeitet mit dem System LiDAR – Laserscan (Auflösung 2.5 · 2.5 m) und die digitalen Luftaufnahmen 2006 (Auflösung am Boden 0.5 m) geliefert hat. Außerdem wurden ältere Luftaufnahmen und die Basiskartographie (IGM 1:25.000, CTP 1:10.000 e 1:5.000) zur Verfügung gestellt. Es wird unterstrichen, dass die neue Kartographie CTP 1:10.000 (2008) verwendet wurde, während derzeit die neue Kartographie CTP 1:5.000 noch nicht zur Verfügung steht. Was die Bewertungen hydrologischer und geomorphologischer Natur angeht, stützte man sich auf die offiziellen Daten der derzeit gültigen thematischen Kartographie (Corine, Bodennutzung, usw.).

Zur Bestätigung der durchgeführten hydrologischen und hydraulischen Analysen hat man auch alle geologischen, geomorphologischen und lithologischen Informationen gesammelt und ausgearbeitet, die von den thematischen Browsern der Autonomen Provinz Bozen Südtirol zur Verfügung gestellt und vom Amt für Raumordnung verwaltet werden, sowie die Datenblätter der im Rahmen der Datenbank I.F.F.I. gezählten Rutschungen konsultiert, die vom geologischen Landesdienst zur Verfügung gestellt wurden. Parallel dazu hat man auch eine eingehende historische und bibliographische Untersuchung durchgeführt, in deren Rahmen Interviews gemacht und Zeugenaussagen der ansässigen Bevölkerung zu den in nächster Vergangenheit aufgetretenen Ereignissen eingeholt wurden.

## 5.2 Anwendersoftware

Für die Untersuchung und die Bestimmung des Ausmaßes der von Hochwasser bedrohten Gebiete für den Bezirk Oberer Vinschgau, die Gegenstand dieser Studie sind, wurde, im Wesentlichen, folgende Software verwendet:

- Global Mapper 10.01, für die Überprüfung der Höhen und die Visualisierung und Kontrolle der auf den Hauptästen der Zubringer und den Fließgewässern des Talbodens erhobenen Querschnitte
- HEC-HMS 3.2 (Hydrologic Modeling System), ermöglicht die Simulation von Niederschlags-Abflussprozessen von verästelten Gewässern für die Untersuchung von Hochwasserereignissen in großen Einzugsgebieten oder die Bewertung des Abflusses in kleineren Einzugsgebieten
- HEC-RAS 4.0 (River Analysis System), erlaubt die eindimensionale hydraulische Abflussmodellierung von natürlichen und künstlichen Kanälen, sowohl bei stationärem als auch instationärem Abfluss, unter Berücksichtigung der Bauwerke (z. B. Brücken), die eventuell im untersuchten hydrographischen System vorhanden sind. Außerdem ist eine qualitative Bewertung des Geschiebetransportes bei stationären Abflussbedingungen möglich.
- Flo 2D v2007, kommerzieller Code 1D-2D für die Ausbreitung von Überschwemmungen in den Vorländern und Vermurungen auf den Ablagerungskegeln.

Für die Realisierung und Ausarbeitung der Endfassung der Gefahrenzonenkarte (G.Z.K.) und der spezifischen Risikokarte (Rs.Z.K) hat man schließlich auf eine handelsübliche Anwendung für Benutzeroberfläche GIS (ArcGIS 9.3) zurückgegriffen, die über die Erweiterung Spatial Analyst verfügt.

### 5.3 Spezifische Erläuterungen

Im Rahmen dieser Arbeit hat man, wo es erforderlich war, auch die originalen Planungsunterlagen aufgrund der während der Vorarbeiten aufgetretenen Bedürfnisse ergänzt und vertieft. So wurde z. B. der in der offiziellen Karte der öffentlichen Gewässer der Autonomen Provinz Bozen Südtirol mit dem Kodex A.400.5 klassifizierte Graben in dieser Arbeit als "Schmelzergraben" bezeichnet, da er vor der Ortschaft Prad a. St. in der Örtlichkeit Schmelz verläuft. Die Lokalaugenscheine haben die Notwendigkeit gezeigt, auch den Rennergraben, der nicht in der Klassifizierung der öffentlichen Gewässer von Landesinteresse enthalten ist, in die primären Zubringer einzuschließen. Er liegt über der Ortschaft Lichtenberg und verursachte im Jahr 1983 eine Mure. Man muss hier auch unterstreichen, dass am gesamten Hang des Schludernser Berges, auf dem auch die Ortschaft Gschneir über dem Etschtal liegt, wo die Gefahrenhinweiskarte des Amtes für Wildbachverbauung der Abt. 30 den Murgang Spondinig anführt, Murgänge abgehen können. Im Rahmen dieser Arbeit wurde nur der besagte Graben untersucht, auch wenn eine genauere Untersuchung des gesamten Hanges ohne Zweifel sinnvoll wäre.

## 6 Ereignisdokumentation

### 6.1 Allgemeines

In den letzten Jahren hat die Dokumentation der in der Vergangenheit aufgetretenen Hochwasserereignisse eine starke Aufwertung erfahren, sodass sie heute ein fester Bestandteil beim Management der Hochwassergefahren ist. Es wird heute allgemein anerkannt, dass die Kenntnisse des Ablaufs der Hochwasserereignisse eines jeden Flusslaufs von wesentlicher Bedeutung für eine korrekte methodische Ausrichtung der Untersuchungen von hydraulischen Gefahren durch den Wasserlauf sind. Es ist auch zu unterstreichen, wie durch die Wasserschutzbauten und die Wildbachverbauung die Auswirkungen dieser Naturereignisse zwar abgeschwächt, aber nie ganz verhindert werden können. Je besser folglich die Kenntnisse der bei diesen Ereignissen ablaufenden Prozesse sind, desto besser ist die Gefahrenbewertung und damit die Berücksichtigung aller Faktoren bei der Planung der Schutzbauten. Eine korrekte Dokumentierung der Ereignisse stellt damit die unverzichtbare Voraussetzung für eine ebenso korrekte Untersuchung dieser Hochwasserereignisse dar.

### 6.2 Talflüsse

Die Etsch (Kodex öffentliche Gewässer A) ist seit jeher eine große Gefahrenquelle für Hochwasser im Oberen Vinschgau, sodass ein, wenn auch kurzer, geschichtlicher Abriss der letzten zwei Jahrhunderte des größten Südtiroler Flusses angebracht erscheint. In der ersten Hälfte des 19. Jh. wurden nämlich systematisch Baumaßnahmen geschaffen, die zur Begradigung und Dammverbauung eines großen Teils des Abschnitts geführt haben, der Gegenstand dieser Untersuchung ist. Abbildung 2 zeigt eine Landkarte aus dem Jahr 1825, in der die begradigten Abschnitte zu sehen sind (Fischer, 2003).

Was das Untersuchungsgebiet ganz allgemein betrifft, ist zu unterstreichen, wie die Arbeiten am Einzugsgebiet der Etsch einen großen Schub nach der Überschwemmung des Jahres 1882 erhielten. Es wurden weitere Flussabschnitte eingedeicht mit Begradigungen des Hauptastes der Etsch, auch



der Jahre 1744, 1774, 1789, 1821, 1835, 1845. Besonders arg war die Überschwemmung vom 16./17. Juni 1855 nach einem besonders schneereichen Winter: das ganze Tal wurde in Mitleidenschaft gezogen, der Haider See brach aus, die großen Zuflussmengen der Seitenflüsse in den Mittersee verursachten den Bruch der vorhandenen Sperren und eine riesige Wassermenge floss zu Tal. Beim „Malsertor“ in Glurns stieg der Wasserpegel auf 2,5 m (Abbildung 4), das Wasser drang durch die Stadtmauern in die Ortschaft ein und überflutete auch die ersten Obergeschosse der Wohnhäuser. Vollständig überflutet wurden die Orte Schluderns und Prad a. St., wo auch der Suldenbach über die Ufer trat und die Situation noch verschlimmerte.



**Abbildung 4. Zeugnis der Überschwemmung 1855 beim „Malsertor“ in Glurns**

Es folgten dann weitere Überschwemmungen (1858, 1868, 1871, 1872, 1876). Die Überschwemmung des Jahres 1882 richtete hingegen am Hauptlauf des Flusses keine besonders großen Schäden an, Glurns wurde dann häufig im Laufe weniger Jahre (1888, 1889) überflutet, Laas und der gesamte Vinschgau waren auch gegen Ende des Jahrhunderts (1890, 1896) von Überflutungen betroffen.

Aus dem 20. Jh. ist hingegen die Überschwemmung des Jahres 1926 in Erinnerung geblieben, am 4. September 1948 trat die Etsch wegen des starken Zuflusses durch den Punibach bei Glurns über die Ufer, wobei die Wassermengen die Staatsstraße überfluteten und an mehreren Punkten unterbrachen. Im August 1951 trat die Etsch bei Laas über die Ufer, und zwar wegen eines Rückstaus durch die nicht erfolgte Öffnung der Schleuse des Stauwehres der Edison. Überschwemmungen wurden auch in der Örtlichkeit Mösern zwischen Lichtenberg und Prad a. St. verzeichnet. Insgesamt wurden ungefähr 25 ha Fläche überflutet. Am 17. September 1960 wurde die Vinschgauer Straße an drei Stellen unterbrochen (Reschen, Vezzan, Laas).



**Abbildung 5. Überschwemmungen des Jahres 1983 in Laas.**

Im Mai 1983 wurde der gesamte Vinschgau von Vermurungen und Überschwemmungen betroffen, die allerdings hauptsächlich die seitlichen Zubringer betrafen, wie weiter unten angeführt. Die Etsch trat in der Nähe von Laas über die Ufer (Abbildung 5). Am 6. August 1985 trat die Etsch neuerlich bergseitig von Laas über die Ufer und nur dem Einsatz der Feuerwehr, die mit Sandsäcken den linken Uferdamm in der Örtlichkeit Möser erhöhte, war es zu verdanken, dass die Schäden in Grenzen blieben.

Im Jahr 1987 folgten zwei Extremereignisse kurz hintereinander. Infolge besonders starker Niederschläge führte die Etsch zwischen dem 18. und 20. Juli Hochwasser und trat an einigen Stellen über die Ufer und überflutete ungefähr 140 ha Grund, wobei an einigen Punkten auch eine Wassertiefe von mehr als 0,8 m gemessen wurde. Der Pegel in Spondinig verzeichnete eine Abflussspitze von ungefähr 83 m<sup>3</sup>/s. In Abbildung 7 ist die überschwemmte Fläche am rechten Etschufer im Ortsteil Rossänger (Laas) zu sehen.



**Abbildung 6. Bild der Überschwemmung vom 6. August 1985.**

Zwischen dem 24. und 28. August war Laas von einer zweiten Überschwemmung betroffen, die allerdings nicht durch die Wetterereignisse, sondern durch eine falsche Bedienung bei der Schleusenöffnung des Laaser Wehrs verursacht wurde. Dabei wurde ein starker Rückstau verursacht, der die Etsch links und recht über die Ufer treten ließ (Abbildung 7). In diesem Fall lag die in der Messstation Spondinig verzeichnete Abflussspitze bei ungefähr 53 m<sup>3</sup>/s.

Es folgten Jahre der Ruhe. Im neuen Jahrtausend gab es kleinere Probleme in den Jahren 2000 und 2001. Bei zwei Hochwasserereignissen erreichte der Fluss die Dammkrone in den Schgumser Mösern und auch hier konnte mit einer Dammerhöhung mittels Sandsäcken seitens der Feuerwehr verhindert werden, dass die Etsch über die Ufer trat.



**Abbildung 7. Zwei Bilder der Überschwemmungen im Jahr 1987: links vom 18./20. Juli, rechts vom 24./28. August.**

Unter den wichtigsten Zubringern der Etsch hat der Punibach (A.410) einige Extremereignisse verzeichnet (1567, 1719, 1723, 1785, 1787, 1855, 1861). Eines der schlimmsten Hochwasser war jenes vom 15. Juli 1883, bei dem der Austritt des Wasserlaufs aus dem Bachbett große Überschwemmungen im gesamten Gebiet von Mals, Glurns und Schluderns verursacht hat. Auch das Ereignis des Jahres 1928 hatte schwere Auswirkungen, es gab nämlich ungeheure Schäden in der Ortschaft Planeil und in der Landwirtschaft. Als der Punibach am 19. September 1960 wieder über die Ufer trat, verursachte er auch große Probleme für den normalen Abfluss der Etsch, weitere Hochwasserereignisse traten 1965 und 1966 auf. Am 21. Mai 1983 trat der Punibach vor Mals über die Ufer und überschwemmte die ins Dorf führende Straße und einen Teil des Dorfes. Große Schäden entstanden vor allem im Planeital, wo die Hangrutschungen im gesamten Gebiet Schäden verursachten (Brugger, 1987).

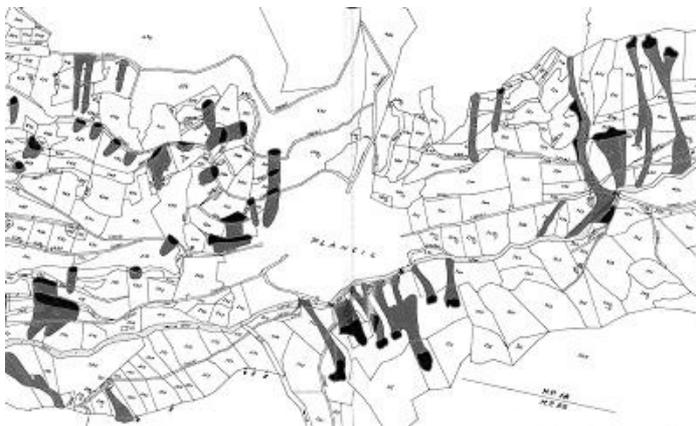


Abbildung 8. Lokalisierung der Vermurungen und Rutschungen im Planeital 1983 (Brugger und Marseiler, 1987).

Die Analyse der gefundenen Dokumentationen zeigt, dass die Hochwassergefahr durch den Punibach in Mals offensichtlich ist, weil die Abflussfähigkeit der bestehenden Künette begrenzt ist. Hingegen haben von zehn aufgezählten Ereignissen nur zwei (1960, 1983) Schäden talseitig der Ortschaft Mals angerichtet. Man ist daher der Meinung, dass das Hochwasser unterhalb von Mals bereits abgedämpft ist.

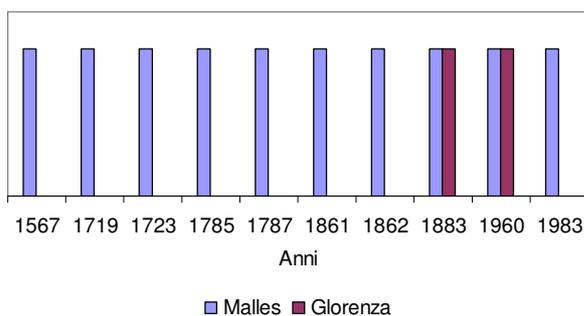


Abbildung 9. Häufigkeit der Überschwemmungen durch den Punibach in den Ortschaften Glurns und Mals.

Am Einzugsgebiet des Punibaches wurden, abgesehen von einigen kleinen Arbeiten zwischen 1914 und 1974, keine Hochwasserschutzbauten ausgeführt. Die wichtigste Maßnahme stellte eine Aufforstung von ungefähr 250 ha dar. Andere kleinere Arbeiten bestanden in der Instandhaltung des Abflussprofils durch Mals und einigen Säuberungen des Bachbetts. Ab dem Jahr 1977 wurden einige größere Arbeiten durchgeführt. Es wurde praktisch der Abschnitt durch Mals bis talseits der Staatsstraße auf den Reschenpass und der darunter liegenden Handwerkerzone erneuert, wobei aber auch heute noch viele Probleme beim Abfluss bei Extremereignissen bestehen. Weiters wurde ein Rückhaltebecken in der Örtlichkeit Ulten gebaut. Nach den katastrophalen Ereignissen der Achtziger-Jahre wurde auch ein kurzer Abschnitt des Bachbetts am Ortsrand von Glurns neu gestaltet und ein Abflussprofil aus Mauerwerk und Stein gebaut. Außerdem wurde die Instandhaltung des Abflussprofils in Mals fortgesetzt und der unterste Abschnitt in Glurns in Form einer gepflasterten Künette erneuert (1989).

Die Gefährlichkeit des Rambaches (A.420), der das gesamte Münstertal durchfließt, liegt in den prekären hydrogeologischen Bedingungen der Seitentäler, die schon immer große Feststoffmengen in das Bett des Hauptbaches geschwemmt haben. Von den Ereignissen, die den italienischen Abschnitt des Tauferer Tales betroffen haben, erinnert man an die Hochwasserereignisse der Jahre 1787, 1792 und 1855. Besonders erwähnenswert ist das Hochwasser vom 4. Oktober 1865, das die Gebiete um Glurns betroffen hat und zur Überschwemmung von Laatsch geführt hat. Wegen der großen zu Tal geführten Feststoffmenge bildete sich auf Höhe von Glurns ein Damm, der dazu führte, dass die Etsch über die Ufer trat. Es bildete sich ein See, dessen Ausläufer bis zur Ebene von Lichtenberg erstreckten. Im 19. Jh. gab es auch noch Überschwemmungen in den Jahren 1871, 1882 und im Juni 1885 in der Nähe der Staatsgrenze beim Grenzübergang Puntweil. Im 20. Jh. gab es zwei große Ereignisse: die Überschwemmung des ganzen Tales am 30. September 1960 und die außergewöhnliche Überschwemmung des Jahres 1983, die auf den folgenden Bildern zu sehen ist.

Infolge sehr starker Niederschläge (Fliri, 1984) lösten sich von den Seitenhängen des Münstertales einige Rutschungen, von denen eine das Bett des Rambaches unmittelbar nach Rifair vollständig abspernte. Der Rückstau ließ den Rambach über die Ufer treten, was die Überschwemmung des gesamten Gebietes zur Folge hatte. Die Luftbildaufnahme vom 28./29. September 1983 in Abbildung 10 zeigt das Ausmaß der entstandenen Situation. Kleinere Austritte aus dem Flusslauf gab es auch am Zusammenfluss mit der Etsch in Glurns, allerdings ohne größere Probleme.

35



**Abbildung 10. Die Überschwemmung, die 1983 den Rambach verkleust hat und die Überschwemmung von Rifair auslöste.**



Abbildung 11. Luftbildaufnahme vom 28./29. September 1983.



Abbildung 12. Einige Bilder der Verbauungsarbeiten am Rambach auf Schweizer Gebiet.

Aus dem hydrogeologischen Gesichtspunkt betrafen die Arbeiten für Wasserschutzbauten und Aufforstungen der letzten Jahre die Seitentäler auf italienischem Staatsgebiet. Auf Schweizer Gebiet wurde der Rambach in den letzten 30 Jahren stark verbaut. Große Vorhaben haben den Feststofftransport ins Tal beträchtlich eingeschränkt. Nach den zahlreichen Seitenmuren in den Jahren 1977 und 1983, die, wie gesagt, ungeheure Schäden auch im Ortszentrum von Müstair verursachten, wurden die Ufer des Baches an mehreren Stellen neu gestaltet und ein Abschnitt des Bachbettes wurde begradigt. Darauf folgten zahlreiche Renaturierungsarbeiten mit der Schaffung von zahlreichen verzweigten Strecken, die auch als Ablagerungsraum für die zu Tal transportierten Feststoffe wirken.

Der Suldenbach, mit dem Rambach der größte Zubringer der Etsch im Untersuchungsgebiet, war schon in der frühen Vergangenheit sehr aktiv, wie die derzeitige Ausformung seines Einzugsgebietes zeigt, das der Länge nach tief eingegraben und etliche seitliche Gräben einschneidet. Auch der Bereich an der

Mündung ("Prader Sand") bestätigt seine Aktivität. Entlang des Hauptlaufs sind Rutschungen infolge der Auskolkung der steilen Hangfüße, die starker Erosion ausgesetzt sind, vorhanden.

Die Gefährlichkeit des Suldenbaches ist belegt, man erinnert an die Hochwasser 1696, 1787 und 1818. Besonders kritisch war das Jahr 1855, in dem der Suldenbach innerhalb eines Monats (vom 3. bis 16. Juni) drei Mal die Dämme überspülte und das angrenzenden Gelände überschwemmte. Nach den Ereignissen der Jahre 1866 und 1867 wurden Prad und die Fraktion Agums in den Monaten September und Oktober 1868 mehrere Male überschwemmt. Ähnliche Ereignisse erfolgten auch im Juli und August des Jahres 1872. Im 19. Jh. waren die Überschwemmungen von 1882 und 1889 sehr folgenreich, weil große Schäden in allen Nachbargebieten von Prad verursacht wurden. Im 20. Jahrhundert gab es kleine isolierte Ereignisse (Überschwemmung 1902 und sowie 1952 und 1956). Im Jahr 1983 wurden hingegen keine großen Schäden verzeichnet (der Suldenbach trat nicht über die Ufer). Nach dem Hochwasser 1985 (bordvoller Abfluss) wurden am 7. Juli 1987 wegen der starken Feststoffzufuhr aus den seitlichen Zubringern an der Spitze des Schwemmkegels des Flusses große Feststoffmengen abgelagert: das Hochwasser im Bachbett hat nicht nur die bestehenden Freiflächen aufgefüllt, sondern die Flügelmauern der Sperren im Mittellauf um 1 bis 2 Meter überstiegen.



**Abbildung 13. Einige Bilder des Hochwassers 1987.**

Weitere übermäßige Feststofftransporte traten dann beim Hochwasser der Jahre 1992, Juli 1994 und August 1998 auf, wobei auf diese Ereignisse immer Räumungsarbeiten erfolgten, um eine ausreichenden Abflussquerschnitt zu gewährleisten.

In seinem Unter- und Mittellauf wurde der Suldenbach bereits in der Vergangenheit mit dem Bau zahlreicher Sperren und Ufermauern gesichert. Im Jahr 1980 wurde die Stabilisierung der Flusssohle mittels einer Auskleidung der Sohle mit Grobblöcken in Prad vorgenommen, um die offensichtliche Tiefenerosion im Ortsverlauf des Flusses einzuschränken. Auch der Abschnitt in der Nähe von Gomagoi, Örtlichkeit „Feichterbrücke“, wurde in den Jahren 1977 – 1983 verbaut, wo in den letzten Jahrzehnten

zahlreiche Rutschungen kleineren und größeren Maßstabs abgegangen sind, wobei große Feststoffmengen ins Bachbett gelangten. Bei starken Gewittern, starker Schneeschmelze oder andauernden Niederschlägen war die Gefährlichkeit des Gebietes offensichtlich. Auch im Abschnitt unter den Außerortler-Höfen hat sich die Situation infolge der zahlreichen Arbeiten spürbar verbessert. In den Jahren 1981 – 1982 wurden die Arbeiten mit Konsolidierungsbauten begonnen, in den zwei darauf folgenden Jahren wurden in Sulden mit Piloten befestigte Blockrampen und ein flexibler Uferschutz mit Begrünung der Böschungen ausgeführt.

Anlässlich des Hochwassers im August 1985 traten auch die großen Mängel der Künette im Ort Prad a. St. zu Tage: der Fließquerschnitt war unzureichend, um bei extremen Hochwasserereignissen absolute Sicherheit zu gewährleisten. Außerdem waren die Dämme an der linken und rechten Seite undicht, wodurch die Keller und die Wiesen neben Prad überschwemmt wurden. Deswegen wurde das Bachbett um ungefähr 2 m vertieft und gleichzeitig der Verlauf um ungefähr 2 bis 4 Meter zum linken Ufer hin verschoben, wobei soweit als möglich die Ufervegetation am rechten Ufer nicht geändert wurde. Es wurde eine Reihe von Sohlschwelen gebaut, um das lokale Gefälle zu verringern und man hat auch eine Brücke erneuert und eine Konsolidierungssperre aus Stahlbeton errichtet.



**Abbildung 14. Vergleich zwischen alter und neuer Künette im Endabschnitt des Suldenbaches.**

Probleme hydrogeologischer Natur erscheinen im Einzugsgebiet des Saldurbaches, einem linksseitigen Zubringer des Punibaches, noch offensichtlicher. Die geomorphologische Ausformung des großen Ablagerungskegels, auf dem die Ortschaft Schluderns liegt, lässt die Gefährlichkeit des Wildbaches leicht erahnen. Die im Rahmen der Ausarbeitung des Gefahrenzonenplans der Gemeinde Schluderns vom Ingenieurbüro Patscheider & Partner GmbH in den Jahren 2006/2007 durchgeführten Analysen zeigen, wie die riesigen vom Bach mitgeführten Mengen an Geschiebe schrittweise die Aufschüttungen an den kritischen Punkten des Schwemmkegels verursachten.

Am 28. Juli 1737 ereignete sich eine außergewöhnliche Überschwemmung des gesamten Schwemmkegels, Schluderns wurde von Schutt verdeckt, der eine Stärke von bis zu 2 Metern erreichte. Das Ereignis wurde durch einen plötzlichen Felsrutsch von den Spitzen der Gletscher verursacht, der auf seinem Weg ins Tal Sägewerke, Mühlen und einen Hof zerstörte. Weitere Ereignisse folgten in den Jahren 1775, 1785, 1787, 1788, die alle Schäden und Vermurungen verursachten. In der ersten Hälfte des 19. Jh. gibt es Zeugnisse von verschiedenen Ereignissen (1823, 1825, 1834, 1835, 1836), bei denen der über die Ufer getretene Saldurbach schwere Schäden anrichtete. Das Jahr 1855 brachte auch im Einzugsgebiet des Saldurbaches große Schäden, denn nach drei Wochen Regen ohne Unterbrechung

waren im gesamten Tal Vermurungen und Rutschungen zu verzeichnen. 1866 wurde Schluderns neuerlich überschwemmt, am 16. September 1882 haben zahlreiche Vermurungen den Bach an mehreren Punkten gestaut, in Schluderns und im gesamten Matscher Tal trat der Bach über die Ufer. Im 20. Jahrhundert ist die Überschwemmung des Jahres 1901 und das Austreten aus dem Bachbett des Jahres 1960 zu verzeichnen.

Das Ereignis vom Mai 1983 war, wie im gesamten Oberen Vinschgau, die Folge starker und anhaltender Regenfälle. Im ganzen Tal gab es Muren, Rutschungen und Übersarungen. Die Straße ins Matscher Tal wurde an mehreren Stellen unterbrochen, ein Teil des Matscher Friedhofs rutschte in den Saldurbach ab. In Schluderns gab es keine Schäden, dank der Wirksamkeit der Rückhaltesperre am Ende des Mittellaufes des Baches (Abbildung 15).



**Abbildung 15. Die große Rückhaltesperre am Saldurbach nach den Ereignissen des Jahres 1983.**



**Abbildung 16. Spuren hydrogeologischer Aktivität im Einzugsgebiet des Saldurbaches.**

Aus der neueren Zeit erinnert man sich an das Hochwasserereignis des Jahres 1988, auf das eine Räumung des Bachbettes von 12.000 m<sup>3</sup> Geschiebe erfolgte, die Überschwemmung des Biotops Saldur im Jahr 1989 und die Hochwasser 1992 und 1998, die einen außergewöhnlich großen Feststofftransport brachten, allerdings folgte darauf kein Austreten aus dem Bachbett. Am 3. Juli 2002 ereignete sich eine heftige Flutwelle, die den Bach an mehreren Stellen des Matscher Tales, das auf einem Abschnitt durch die Ablagerung von ungefähr 60 m<sup>3</sup> Material unterbrochen wurde, über die Ufer treten ließ. Im April des Jahres 2006 verursachte eine Mure beträchtlichen Ausmaßes, die am linken Ufer auf einer Seehöhe von 1670 m wahrscheinlich durch den durchtränkten Boden infolge der Schneeschmelze ausgelöst wurde, die Stauung des Flussbettes, die ihrerseits einen Rückstau bewirkte. Das Ereignis erstreckte sich auf einer Länge von ungefähr 25 m, wobei schätzungsweise 10 Kubikmeter Holz und 100 bis 200 m<sup>3</sup>

Feststoffmaterial mobilisiert wurden. Am 27. Juli 2006 verursachte ein besonders starker Hagelschlag Rutschungen in vier seitlichen Zubringern des Saldurbaches am linken Ufer, was die Zerstörung einiger Holzsperrren und die Ablagerung von ungefähr 3.000 bis 4.000 m<sup>3</sup> Material zur Folge hatte und die Stauung und Seitenerosionsphänomene verursachte.

Heute noch sind an mehreren Abschnitten des Einzugsgebietes die Zeichen der starken laufenden hydrogeologischen Tätigkeit sichtbar (Abbildung 16), trotz der zahlreichen Arbeiten zur naturnahen Hangstabilisierung der letzten Jahre. Die offensichtliche Tätigkeit des Baches hat mehrere Male zu intensiven Wasserbauarbeiten und zur Aufforstung im Einzugsgebiet geführt. Zur detaillierten kartographischen Darstellung der durchgeführten Maßnahmen kann man auf die Unterlagen des Gefahrenzonenplans der Gemeinde Schluderns verweisen. Es wurde auch mitgeteilt, dass die Mitarbeiter des Amtes für Wildbachverbauung ca. 3.000 – 4.000 m<sup>3</sup> Geschiebe pro Jahr aus dem letzten Teil der Künette entfernen, um einen angemessenen Abflussquerschnitt zu garantieren.

### 6.3 Primäre Zubringer



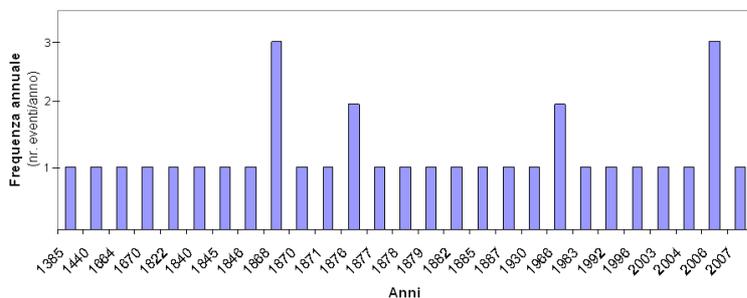
**Abbildung 17. Auszug aus der Luftaufnahme vom 23. September 1983.**

Um die Eigenheiten der geomorphologischen Charakteristiken der Einzugsgebiete im Detail zu verstehen, hat man die Ereignisse von Pfingsten im Mai 1983 einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Wie aus dem Auszug einer Luftaufnahme in Abbildung 17 zu erahnen ist, waren die Schäden riesig und verbreitet. Im Einzelnen sind die Überflutung des Deltas des Suldenbaches ("Prader Sand") und die Murspuren zu sehen, die die Einzugsgebiete des Tschavallatsch- und Tanaserbaches betroffen haben, die in der Folge ausführlich beschrieben werden.

Unter den primären Zubringern ist der Laaserbach (A.355) vielleicht jenes Fließgewässer mit der geringsten zur Verfügung stehenden Dokumentation der Ereignisse, ein Anzeichen für eine Tätigkeit mit schwieriger Einschätzung. Der Feststofftransport im Ober- und Mittellauf ist wegen der Witterungsverhältnisse und der geologischen und morphologischen Zusammensetzung des Tals enorm.

Der Mittellauf ist wegen der starken seitlichen Erosion und den folglich Abbrüchen entlang beider Hänge sehr zerfallen.

Die Chronik der Ereignisse am Laaser Bach berichtet von Austritten aus dem Bachbett in den Jahren 1676, 1811, 1855. Im Mai 1983 gab es in der Örtlichkeit Tarnell eine Schuttmure, die den Feststofftransport im Bachbett ansteigen ließ. Der Bach stieg beträchtlich an, bis er die Uferkanten erreichte, aber er trat nicht über. Am 24. August 1987 wurde Laas betroffen, am 6. August 1999 verursachte eine Mure (ungefähr 8.000 m<sup>3</sup>) Schäden am E-Werk am rechten Bachufer, wobei das Ereignis schätzungsweise einen maximalen Abfluss von 10 m<sup>3</sup>/s aufgewiesen hat. Nach intensiven Niederschlägen (30 mm/12 h) verursachten die seitlichen Zubringer des Laaserbaches am 20. August 1999 riesige Ablagerungen im Bachbett, die den Bach aufstauten und eine Mure des Typs „dam break“ mit einem Volumen von ungefähr 2.000 m<sup>3</sup> bewirkten. Am 20. September 1999 löste sich eine Hangmure (ungefähr 4.000 m<sup>3</sup>), die zwar nicht direkt in das Bett des Laaserbaches gelangte, sondern einer Forststraße folgte und schwere Schäden am E-Werk in der Laaser Ebene verursachte. In neuerer Zeit, im Oktober und November 2000, wurden riesige Feststofftransporte beobachtet. Am 29. August 2003 ereignete sich eine Mure in der Größe von ungefähr 20.000 m<sup>3</sup>. In der Vergangenheit wurde der Abschnitt des Unterlaufs mit dem Einbau von Konsolidierungssperren und Ufermauern gesichert. 1986 wurden im Mittellauf vier Sperren in einer geologisch besonders instabilen Zone gebaut, 1987 wurden acht weitere Sperren geplant und gebaut, im Jahr 1988 kamen sieben weitere dazu. Zwischen 1999 und 2000 wurde zudem eine große Rückhaltesperre (V = 20.000 m<sup>3</sup>) mit Gegensperre am Ende des Mittellaufs bergseitig des Dorfs verwirklicht, um den Transport von Gestein und Schwebstoffen ins Tal zu beschränken.



**Abbildung 18. Registrierte Ereignisse im Einzugsgebiet des Allitzerbaches.**

Die Gefährlichkeit des Allitzerbaches oder auch Gadriabaches (A.340) liegt in der besonderen geologischen und hydrographischen Ausformung des Obereinzugsgebietes des Gadriabaches, der sich schon immer als ausgeprägter Wildbach gezeigt hat. Die dauernden Feststofftransporte ins Tal haben im Lauf der Jahrhunderte zur Bildung eines großen Schwemmkegels (Umfang 8 km) geführt, der in Abbildung 20 zu sehen ist. Die ersten dokumentierten Ereignisse im EZG des Gadriabaches gehen auf das Jahr 1385 zurück, auch wenn Untersuchungen in anderen Studien dem Schwemmkegel des Gatria ein Alter von ungefähr 7000 Jahren geben (Mahlknecht, in: Fischer, 1986). In Abbildung 18 sind die registrierten Ereignisse am Gadriabach dargestellt, die Jahresfrequenz ist aufgrund der Anzahl der Ereignisse im Beobachtungsjahr berechnet.

Im 20. Jh. ereigneten sich zwei Murenabgänge im Jahr 1966, während im Jahr 1983 das EZG des Gadriabaches Ursprung für eine Mure im Bachbett ohne große Folgen war. Im Jahr 1992 wurden ungefähr 31.000 m<sup>3</sup> Material ins Tal geführt. Das Material überwand die Rückhaltesperre (noch ohne Querstreben aus Metall) ohne Schwierigkeiten und gelangte ins Tal. Es gab keine Überschwemmungen, aber Schäden an der Allitzer Brücke. Andere Muren ereigneten sich im August 1996 (9.000 m<sup>3</sup>), im August 2003 (7.500 m<sup>3</sup>), im August 2004 (6.200 m<sup>3</sup>). 2006 gab es schließlich drei weitere Ereignisse mit einem Gesamtvolumen von 46.000 m<sup>3</sup>. Das letzte registrierte Ereignis ist mit 10. August 2007 datiert, die Größe der Mure betrug ungefähr 7.000 m<sup>3</sup>.



**Abbildung 19. Arbeiten zur Entleerung des Rückhaltebeckens am Gadriabach im Oktober 1997.**

Im Einzugsgebiet des Gadriabaches wurden erst ab der schrecklichen Überschwemmung des Jahres 1882 zahlreiche Verbauungs- und Aufforstungsarbeiten durchgeführt, wobei sich die Arbeiten, mit einigen kurzen Unterbrechungen, bis 1940 fortsetzten. In diese Zeit fällt auch der Bau der Künette im Unterlauf mit einer Länge von ungefähr 2860 Metern. Weitere große Arbeiten wurden im Zeitraum 1951 – 1975 durchgeführt. Im Jahr 1975 wurde eine große Rückhaltesperre mit Ablagerungsbecken talseitig des Zusammenflusses mit dem Strimmbach gebaut. Als Rückhaltevolumen waren laut Projekt ungefähr 80.000 m<sup>3</sup> vorgesehen, wahrscheinlich wurden davon ungefähr 70.000 m<sup>3</sup> geschaffen. In der Folge wurde auch der untere Abschnitt bergseitig der Künette eingehend verbaut, wo immer noch starke seitliche Erosionserscheinungen auftreten. Im Jahr 1977 wurden 7 Konsolidierungssperren gebaut, im folgenden Jahr kamen weitere 14 dazu und 1980 wurden noch einmal 12 weitere gebaut, wobei auch eine Brücke instand gesetzt wurde. Ab 1982 begann die Verbauung des Mittellaufs unmittelbar bergseitig des Ablagerungsbeckens: es wurden 13 Sperren und eine Zufahrtsstraße für die Durchführung der Instandhaltungsarbeiten und die Entleerung des Beckens und des Mittellaufs gebaut. Nach dem Hochwasser im Mai 1983 wurden die Ufermauern im Unter- und Mittelabschnitt des Beckens verstärkt und es folgten einige Aufforstungsarbeiten zur Stabilisierung großer Bereiche der oberen Becken. Nach der Überschwemmung des Jahres 1992 wurden aus dem Becken ungefähr 31.000 m<sup>3</sup> Material entfernt und die Filtersperre wurde mit Stahltraversen versehen, um das größte Material aufzuhalten. Im Jahr 1997 wurden weitere 10 Sperren im Abschnitt bergseitig des Beckens gebaut, das fast vollständig entleert wurde, wobei ungefähr 24.000 m<sup>3</sup> Material abtransportiert wurden.

Im Jahr 2006 musste das Rückhaltebecken wegen der starken Aktivität des Gadriabachs erneut gesäubert werden. Es wurden ungefähr 17.000 m<sup>3</sup> Material abtransportiert. Die gleiche Arbeit folgte 2007 (Säuberung von ungefähr 12.000 m<sup>3</sup>). Die Beschäftigten der Wildbachverbauung berichten von

Säuberungen mit durchschnittlich ungefähr 30.000 m<sup>3</sup>/24 Monate, die immer zwischen April und Mai durchzuführen sind. Das lässt eine bestimmte Kontinuität der Instandhaltungsarbeiten im Rückhaltebecken erwarten.

In Berücksichtigung der Gesteinsarten und ihrer Neigung zur Verwitterung liegt die Gefährlichkeit des Tanaserbaches (A.365) in der sehr großen Menge an Ablagerungen, die in den oberen Nebeneinzugsgebieten vorhanden sind. Die Wildbachtätigkeit dauert schon seit vielen Jahrhunderten an, wie der große Schwemmkegel beweist.



**Abbildung 20. Die Schwemmkegel des Allitzer- und Tanaserbaches zwischen Laas und Eysrs.**

Die ersten dokumentierten Ereignisse gehen auf 1665 zurück. Im Juni 1723 traf eine Mure beträchtlichen Ausmaßes das Dorf Eysrs. Ähnliche Vorfälle folgten in den Jahren 1740, 1765, 1831 und 1867. In dieser Zeit wurde eine große Schutzmauer am rechten Ufer zur Sicherung von Eysrs errichtet, die in jüngerer Zeit mit modernen Verschlusschleusen für die bestehenden Durchgänge im Falle von Muren oder Überschwemmungen ausgestattet wurde. Schaut man auf das 20. Jh., so stürzten am 1. Juni 1946 große Felsmassen zu Tal, der Bach zerstörte den rechten Uferdamm und überschwemmte einen Großteil des Schwemmkegels bis zur Unterbrechung der Staatsstraße auf einer Länge von 85 Metern. Am 10. August 1948 führte ein ähnliches Ereignis dazu, dass der Bach über die Ufer trat und die Staatsstraße auf einer Länge von ungefähr 100 Metern unterbrach. In der Nacht vom 23. auf den 24. August 1951 gab es ein besonders heftiges Gewitter, der Tanaserbach trat am 26. Juli in der Nähe von Eysrs über die Ufer und bedeckte die Staatsstraße mit Geröll, sodass sie für einige Tage nicht befahrbar war. In den Jahren 1965 und 1966 erfolgten zahlreiche Steinschläge mit einem großen Anstieg des Feststofftransports im Bachbett. Die hydrogeologische Situation verschlechterte sich weiter mit der Überschwemmung zu Pfingsten 1983, die im gesamten Tal verheerende Schäden anrichtete. Der Tanaserbach schwoll an und schwemmte am gesamten Unterlauf ungeheure Materialmengen an, welche die Staatsstraße sperrten, Äcker und Wiesen bedeckten und das Bachbett verbreiterte und vertiefte. Das Ereignis ist in Abbildung 17 ersichtlich.

Die Mureereignisse der Vergangenheit gaben den Anstoß für die Sicherung und Verbauung eines guten Teils des Unterlaufs und der leicht zugänglichen Zonen des oberen Beckens mittels Wasserschutzbauten und ausgedehnten Aufforstungen. In den letzten Jahrzehnten wurden einige hydraulische Arbeiten und Aufforstungen entlang der Zubringer Ziederbach und Frinigerbach mit der Errichtung von Sperren durchgeführt. Besonders am Mittellauf wurden ausgedehnte Aufforstungen vorgenommen, um den im Gang befindlichen geologischen Zerfall zu bremsen, der anlässlich der Hochwasser vom Herbst 1965 und

1966 infolge der außergewöhnlich starken Niederschläge und der Übersättigung der Moränenschichten ganz klar zu Tage getreten ist. Im Jahr 1976 folgten weitere Verstärkungsbauten und im Jahr 1977 wurden entlang der Hauptgräben der unteren Becken 14 Sperren gebaut mit Instandsetzung einer alten Wasserfassung. Der Unterlauf des Tanaserbaches wurde nach der Überschwemmung von Pfingsten 1983, auch in Abstimmung mit dem Bau der Umfahrung der SS 38 zwischen Laas und Eysr, gesichert. Gebaut wurde auch ein großes Rückhaltebecken für die Aufnahme der Feststoffe ( $V = 70.000 \text{ m}^3$ ) und neben der alten Künette wurde eine große Filtersperre mit Durchlass unter Staatsstraße und von dort durch die Felder bis zur Etsch gebaut. Im Jahr 1989 wurden 10 Verstärkungssperren aus Stahlbeton auf der Höhe der alten Mühlen in der Nähe der St.-Peter-Kirche am Mittellauf errichtet, um die Erosion am Hangfuß zu beschränken, die eine große Mure verursachte. Die errichteten Sperren haben die Überfälle als „Murprofil“ um den häufigen Muren besser zu widerstehen, die große Materialmengen zu Tal bringen. Dann wurden aufgrund des Höhenprofils des Arbeitsabschnitts Arbeiten im Abschnitt vor und nach der Straße notwendig, um die Sicherheit der neuen Straße zu gewährleisten, die Räumung des Bachbetts zu erleichtern und die Begrünung der Seiten des Tanaserbaches zu erleichtern.



**Abbildung 21. Der Muntaschinigbach bergseitig des Campingplatzes und das kleine Rückhaltebecken.**

Vom Jochberg und vom Tartscher Wald führen zwei Wildbäche ins Tal: der Tartscherbach (A.410.20.5) und der Muntaschinigbach (A.410.20). Der Muntaschinigbach wurde bereits 1880 das erste Mal verbaut, indem sieben einfache Mauerwerksperren zum Schutz der Felder auf dem Ablagerungskegel des Baches vor den häufigen Übermurungen gebaut wurden. Allerdings waren diese Bauten für die Kraft der Überschwemmung des Jahres 1921 zu schwach, bei der schwere Schäden an den Bauten entstanden, das Bachbett und die Staatsstraße mit Geschiebe bedeckt wurden. Im Jahr 1922 wurde ein Projekt für die Bachverbauung ausgearbeitet und die geplanten Sperrbauten sowie Stützmauern zur Sicherung der einzigen Straße von Mals nach Matsch errichtet. In den folgenden Jahren übte das Wasser im steilen Bachbett eine starke Erosionstätigkeit aus und es bildeten sich ausgedehnte Materialablagerungen entlang des Wasserlaufs. Nachdem das Bachbett ausgewaschen war, wurden andauernd große Felsen ins Tal geführt, die mit Wucht auf die bestehenden Schutzbauten prallten und diese dauernd beschädigten. Demzufolge bildeten sich neue Muren an den Hängen, die an den beschädigten Sperren lagen, und sie dehnten sich auf die bestehenden aus. Die Bauten wurden also in den 50er-Jahren saniert und mit Steinen und Zementmörtel verkleidet. Derzeit liegen die größten Gefahren in den erschlossenen Gebieten talseits der Staatsstraße. Vor dem Campingplatz „Gloria Vallis“, der an der Landesstraße zwischen Glurns und Schluderns liegt, wurde vor kurzem ein kleines Rückhaltebecken für große

Wassermengen geschaffen, das später beschrieben wird, dessen Wirkung bei einem Hochwasser aber eher bescheiden scheint.

Für den Tartscherbach gibt es keine Nachrichten über besonders katastrophale Ereignisse. Wegen der geringen Größe des Bachbetts im Untersuchungsgebiet im Vergleich zu seinem Einzugsgebiet, sind Austritte aus dem Bachbett mit begrenzten Wirkungen vorherzusehen. Der vorhandene Schwemmkegel lässt allerdings eine gewisse Restgefährlichkeit des Gewässers erahnen.



**Abbildung 22. Einige Bilder der Mure des Jahres 1983 in Lichtenberg.**

Die prekären hydrogeologischen Bedingungen des Einzugsgebiets des Tschavallatschbaches (A.405) haben ihren Ursprung in den vorhandenen Rutschhängen, die sich infolge starker Gewitterregen in Bewegung setzen können.

Dieses Problem hat sich ausreichend bei den Unwettern vom 21., 22. und 23. Mai 1983 gezeigt. Bei einem Jahrhundertunwetter mit einer Regenmenge von 200 mm in weniger als 72 Stunden, haben sich auch die seit Menschengedenken stabilen Hänge durch Rutschung und Auskolkung in Bewegung gesetzt, und über 200.000 m<sup>3</sup> Material zu Tal geführt, das die jahrhundertealten Schutzbauten zur Sicherung von Lichtenberg teilweise überwunden und die Verkehrsverbindungen unterbrochen hat.

Geschichtlich gesehen weisen die Katastrophen am Tschavallatschbach eine Wiederkehrdauer von mehr als hundert Jahren auf. Die aufgefundenen Unterlagen berichten von Ereignissen in den Jahren 1539, 1744 und 1748. Schwere Schäden entstanden am 18. Mai 1847, als der Tschavallatschbach infolge einer Mure über die Ufer trat und verschiedene Tote, die Zerstörung von 26 Häusern und verschiedenen Mühlen in Lichtenberg und der Prader Ebene verursachte. Offizielle Schätzungen dieser Zeit sprechen

von einer Größe der Mure mit 300.000 und 340.000 m<sup>3</sup> Feststofffracht. Kleine Ereignisse sind, vor dem Ereignis des Jahres 1983, von dem vorher die Sprache war, noch in den Jahren 1851 und 1857 aufgetreten. Bei diesen Vorfällen berichtet die Chronik von verschiedenen Murenstößen, die zeitlich aufeinander folgten (von 11:30 Uhr am 23.5 bis 06:00 Uhr am 24.05).

Im November 2000 lösten sich von den Talhängen in der Nähe der Lichtenberg-Höfe infolge starker Regenfälle einige Rutschungen, wobei große Materialmengen ins Bachbett gelangten und eine Mure kleinen Ausmaßes erzeugten. Besonders kritisch war die Lage beim „Larchhof“, weil der darunter liegende Abschnitt des Tschavallatschbaches teilweise verstopft wurde.



**Abbildung 23. Hangrutschungen im November 2000.**

Da die Gefährlichkeit des Wildbachs bekannt war, wurde schon in der Vergangenheit eine gewaltige Trockenmauer am linken Ufer zum Schutz des Dorfes Lichtenberg errichtet, die sogar extreme Hochwasserereignisse unbeschadet überstanden hat. Im Jahr 1970 erfolgte eine radikale Vervollständigung der bestehenden Schutzbauten mit der Verwirklichung von neuen Sperren. 1976 wurde das Ablagerungsbecken neben der Landesstraße zwischen Prad und Glurns fertig gestellt. Nach den Ereignissen des Jahres 1983 wurde 38 Konsolidierungssperren im Unterlauf des Baches gebaut und 1992 wurden die Sicherungen mit der Verwirklichung weiterer vier Sperren, dem Neubau der Rückhaltesperre, dem Bau einer Steinschüttung und elf Bühnen verstärkt. In den zwei Jahren 1993 – 1994 wurden weitere 14 Konsolidierungssperren aus Stahlbeton eingebaut und die Schutzmauer am linken Ufer weiter verstärkt.

Neben dem Tschavallatschbach hat das Dorf Lichtenberg in seiner Geschichte auch unter den Austritten zwei weiterer kleiner Bäche zu leiden, dem Lichtenbergerbach (A.405.5) und dem Rennergraben. Muren ereigneten sich am Lichtenbergerbach in den Jahren 1538 und 1787, am 6. Juni 1849 beschädigte eine große Mure viele Häuser des Dorfes. Im Jahr 1855 trat der Bach über die Ufer und überschwemmte eine Fläche von 115 ha und im September 1882 ereignete sich eine Übersarung hoher Intensität. Am 21. Mai 1983 gab es neuerlich eine Übersarung, die allerdings nur geringe Schäden verursachte. Nach der Überschwemmung von Pfingsten 1983 wurde die von den Fluten beschädigte Ufermauer verstärkt und die Künette, die durch das Dorf verläuft, instand gesetzt. Außerdem wurde bergseitig der Häuser eine Rückhaltesperre für das Material mit einem Fassungsvermögen von 1.800 m<sup>3</sup> gebaut. Auch am Rennergraben wurde nach dem Murenabgang des Jahres 1983 eine kleine Sperre verwirklicht, die ein Fassungsvermögen von ungefähr 300 m<sup>3</sup> hat. Im Jahr 1998 hat das Amt für Wildbachverbauung auch den Abflussquerschnitt im Talabschnitt des Lichtenbergerbaches mit Instandsetzung des Uferverbauung

wiederhergestellt, da das Bachbett auf einem Abschnitt von ungefähr 500 Metern von Ablagerungsschutt verstopft war, was Anzeichen für eine eher eingeschränkte Aktivität des Baches ist.

Der Zirnbach (A.390) ist von einer hohen Feststofftransportkapazität gekennzeichnet, was schon in der Vergangenheit Probleme für die Ortschaft Prad und die umliegenden Felder gebracht hat. Aus den aufgefundenen historischen Unterlagen geht hervor, dass die Überschwemmungen durch den Zirnbach einen gewissen Zyklus von 20 – 40 Jahren aufweisen. Im September 1882 sind zwei besonders schwere Ereignisse eingetreten: zwischen dem 16. und 21. September breitete sich eine Mure mit großen Mengen an Material in den Feldern vor Prad a. St. aus und beschädigte zahlreiche Häuser. Zwischen dem 28. und 29. September verursachte ein weiterer Abgang große Probleme im gesamten Gebiet. Im Jahr 1902 betraf ein Murgang direkt die Ortschaft Prad, wobei sich 1917 und 1947 solche Ereignisse wiederholten. Im Mai 1983 war der Zirnbach Schauplatz einer neuerlichen Mure (einige Aufnahmen in Abbildung 24) mit einer Feststofffracht von schätzungsweise 12.000 m<sup>3</sup>.



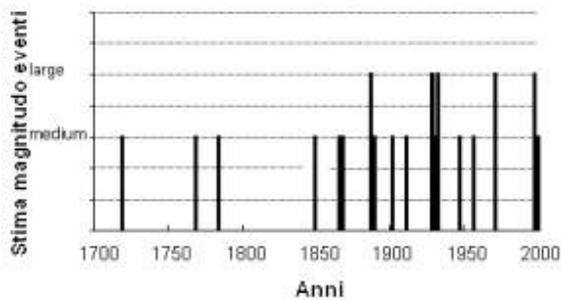
**Abbildung 24. Einige Aufnahmen der Mure vom Mai 1983 am Zirnbach.**

In den Jahren zwischen 1950 und 1960 wurden im Mittellauf mehrere Konsolidierungssperren gebaut, wobei sofort klar wurde, dass der Unterlauf wegen der vorhandenen Feststoffherde und Rutschhängen eine eigene Labilität aufwies. Die Überschwemmung im Jahr 1983 zeigte die Dringlichkeit einer weiter gehenden Sanierung mit dem Ziel der Verringerung des Feststofftransports von den höheren Regionen und der Steigerung der Abflusskapazität auf. Es wurden deswegen eine mit Grobblöcken gepflasterte Künette gebaut und eine Brücke neu errichtet. 1999 wurden sieben neue Sperren und einige Dammverkleidungen aus Stein verwirklicht. Im Jahr 2000 folgte der Bau einer großen Rückhaltesperre und Gegensperre bergseitig, sowie der Schaffung eines zweiten Ablagerungsraums talseitig mit einem

Fassungsvermögen von ungefähr 6.000 m<sup>3</sup>. Im Jahr 2002 wurde hingegen eine weitere Konsolidierungssperre verwirklicht.

Im Laufe des Jahres 2008 sind am Schmelzergraben (A.400.5) zwei Murgänge mittleren Ausmaßes abgegangen. Der letzte Abschnitt des Grabens ist in eine Rohrleitung gefasst und unterquert die Staatsstraße auf das Stilfserjoch. Bei den starken Niederschlägen des letzten Jahres wurde das Gitter am Einlauf der Verrohrung durch die mitgeführten Feststoffe verstopft, sodass das Wasser austrat und das darunter liegende Gelände überschwemmte, das vorhandene Haus streifte und die tiefer gelegene Fahrbahn unter Wasser setzte.

Der Tschenglserbach stellt schließlich einen wichtigen Untersuchungsfall dar, weil sich in den letzten Jahren die Ereignisse von „debris flow“ beträchtlichen Ausmaßes mit einer gewissen Regelmäßigkeit wiederholt haben. Die riesigen Schuttherde im oberen Einzugsgebiet, die dem Klimawandel und den Änderungen der Wirkung des Permafrosts unterliegen, ermöglichen die Auslösung von Murgängen anlässlich besonders starker Niederschläge (Gostner, 2002; Staffler et al., 2008). Eine Analyse der zeitlichen Frequenz der Ereignisse zeigt 17 festgehaltene Vorfälle zwischen 1850 und 2005 auf, was einen zeitlichen Häufigkeitsfaktor der Ereignisse von 1 Ereignis alle 9 Jahre ergibt. Abbildung 25 zeigt die geschichtliche Reihe der erhobenen Ereignisse bis 2000 (Gostner, 2002).



**Abbildung 25. Geschichtliche Reihe der erhobenen Ereignisse am Tschenglserbach bis zum Jahr 2000.**

In jüngerer Vergangenheit sind die Murgänge vom 10. Juli 1989 (8.200 m<sup>3</sup>) und vom 21. Juni 1992 (3.000 m<sup>3</sup>) zu verzeichnen. Besonders detailliert sind die verfügbaren Unterlagen für die Ereignisse des Jahres 1999 (Gostner, 2002). Am 16. August ging eine Mure mit einer Größe zwischen 46.000 und 66.000 m<sup>3</sup> ab, am 20. September folgte eine weitere Mure, der ungefähr 24.000 bis 34.000 m<sup>3</sup> Material in Bewegung setzte. Insgesamt wurden in einem Monat ungefähr 70.000 bis 100.000 m<sup>3</sup> Geschiebe in Bewegung gesetzt. Beide Ereignisse können als extrem viskose Mure beschrieben werden, mit einer Fließgeschwindigkeit im verbauten Unterlauf von 1 – 2 m/s.

In Abbildung 26 sind einige Eindrücke der Zustände nach den beschriebenen Ereignissen zu sehen. Im 21. Jh. waren dann noch zwei Muren zu verzeichnen, die erste am 29. August 2003 mit einem geschätzten Ausmaß von ungefähr 15.000 m<sup>3</sup> und die zweite am 1. September 2005 mit einer Größe von schätzungsweise 15.500 m<sup>3</sup>.



**Abbildung 26. Murgangablagerungen des Jahres 1999 in der Tschenglser Au und das von den Murgängen geformte Bachbett.**

Die offensichtliche Gefährlichkeit des Tschenglserbaches hat die Bevölkerung dazu bewogen, im Laufe der Jahrzehnte zahlreiche Schutzbauten zu errichten. Auf 1870 geht der Bau der Schutzmauern im Verlauf durch das Dorf zurück, die ursprünglich eine Länge von ungefähr 380 Metern hatten. Zwischen 1881 und 1883 wurden dann 130 kleine Verstärkungssperren gebaut, auf Anfang 1900 geht hingegen der Bau einer ersten großen Rückhaltesperre für die vom Berg kommenden Feststoffe zurück. Zwischen 1934 und 1939 wurden der Abflussquerschnitt im Verlauf durch das Dorf als Künette ausgebildet und ungefähr zehn Konsolidierungssperren gebaut. Zwischen 1951 und 1957 kamen weitere Konsolidierungssperren dazu, so wie zwischen 1972 und 1975 weitere Verbauungsarbeiten mit Bau von Sperren, eines zweiten Rückhaltebeckens für die Feststoffe und der Ausformung des trapezförmigen Querschnitts des letzten Flussabschnitts laut heutigem Erscheinungsbild folgten. Im Jahr 1982 wurde eine Rückhaltesperre erhöht und es wurden verschiedentlich Arbeiten zum Abtransport des Materials, das sich an den Schutz- und Rückhaltebauten abgelagert hat, ausgeführt. Die letzten Schutzvorhaben wurden erst kürzlich durchgeführt: in den Jahren 2007 – 2008 wurden nämlich Arbeiten durchgeführt, welche den Umbau und die Sanierung der bestehenden Ufermauern, die Erneuerung der zwei wichtigsten Straßenbrücken und den Einbau von mobilen Schiebetoren für den Schutz der Häuser an den Öffnungen der Ufermauern vorsahen.

49

## 6.4 Sekundäre Zubringer

Der als "Spondiniger Graben" bezeichnete Graben hat in der Vergangenheit keine besonderen Schadensereignisse verursacht. Wie schon vorher gesagt, ist es möglich, dass am gesamten Hang des Schludernser Bergs, der über der Ebene des Etschtals liegt, Ereignisse ausgelöst werden können. Gerade an den Füßen des Hangs gab es einige Ereignisse zwischen dem 19. und 20. Jh. Am 23. Juni 1867 hat ein heftiger Hagelschlag über Spondinig einen Murgang ausgelöst, der die darunter liegende Straße und die Felder bedeckt hat. Ein weiteres solches Ereignis ereignete sich am 28. Juli 1872 in Form eines Murganges, der fast bis zur Etsch reichte. Das letzte festgehaltene Ereignis geht auf das Jahr 1902 zurück und ist als Murgang im Bachbett zu klassifizieren.

Der Platzuterbach (A.415) scheint derzeit kein gefährlicher Wildbach. 1983 gibt es Nachrichten von kleinen Austritten infolge von kleineren Übersarungen, mit kleinen Geröllablagerungen in den Feldern entlang des Schwemmkegels. Viel schwerere Ereignisse wurden im 19. Jh. verzeichnet. Am 17. Juli 1874

ereignete sich ein großer Murgang in der Nähe von Glurns, der die Felder bedeckte und sogar die Ufer der Etsch streifte. Am 16. September 1882 zerstörte eine weitere Mure alle Felder entlang des Schwemmkegels und die gleichen Schäden waren auch am 29. September 1889 zu verzeichnen. In den folgenden Jahren wurden einige kleine Sperren aus Zyklopensteinen und Mauerwerk errichtet, die es bis heute gibt, die aber in einem äußerst schlechten Zustand und völlig unzureichend sind.



**Abbildung 27. Der Schwemmkegel des Gafartals und ein bewachsener Abschnitt des Köpflbachs.**

Für die anderen Fließgewässer hat eine genaue Analyse der Luftaufnahmen aus dem Jahr 1983 die Identifikation einiger noch nicht verzeichneter Ereignisse erlaubt, die vermutlich als Vermurung zu klassifizieren sind, die sich, z. B., an der Spitze des kleinen Schwemmkegels des Pafilerbachs (A.405.5) und des Hinterburgbachs (A.380) ereignet haben. In allen Fällen wurden für die Gräben, die die Ebene der Etsch durchschneiden, Arbeiten für den Schnitt von Uferbewuchs, Rodung von überschüssigen Pflanzen und Säuberung der Bachbetten verzeichnet, so z. B. im Jahr 2003 an den Gräben Psegbach (A.385), Köpflbach (A.380.5), Hinterburgbach und Eckbach (A.360). Das ist wegen der spürbaren Verringerung der Fließquerschnitte erforderlich, die durch die Geschiebelieferung von den Bergen und der Ausbreitung des Aubewuchses entsteht. Für die anderen sekundären Fließgewässer wurden keine historischen Unterlagen zum Beweis von Hochwasserereignissen eines bestimmten Ausmaßes gefunden. Aber in allen Fällen zeigen die kleinen vorhandenen Schwemmkegel (z. B. am Ende des Gafartals) eine Aktivität aller Gräben in der Vergangenheit.

50

## 7 Grundlagen zur Gefahrenerkennung

### 7.1 Beschreibung der Wasserläufe

#### 7.1.1 Talflüsse

Die Etsch (A) durchquert den betreffenden Abschnitt auf einer Länge von ungefähr 15 km. Die Etsch entspringt am Reschenpass im Oberen Vinschgau. Nach 409 km mündet sie in der Nähe von Chioggia in die Adria. Ihr Einzugsgebiet hat eine Ausdehnung von 11.953 km<sup>2</sup>. Am Ende der Ortschaft Laas, wo das Untersuchungsgebiet endet, misst das Einzugsgebiet ca. 940 km<sup>2</sup>. Der höchste Punkt des Gebiets liegt auf 3889 m ü.d.M. und der tiefste auf ungefähr 865 m Seehöhe, wobei die Gefälle Werte von 75,38% erreichen. Geologisch weist das Einzugsgebiet im Oberen Vinschgau kristallines Gestein mit Gneis, Schiefer und Granit auf. Die Ortlergruppe und das Münstertal (durch das der Rambach fließt) weisen massive Kalkformationen auf. Da der Vinschgau ein typisches Gletschertal ist, gibt es Moränen mit

großer Ausdehnung und außerdem gibt es Zonen mit jüngeren alluvialen Ablagerungen. Die Vegetation folgt einer ziemlich regelmäßigen Verteilung sowohl im Haupttal mit der Etsch als auch in den Seitentälern mit den wichtigsten Nebenflüssen: der Großteil der Hänge weist große Waldflächen auf mit Wiesen in größerer Höhe, während der Talboden ein zerstückeltes landwirtschaftliches Mosaik aufweist. In größeren Höhen befinden sich weite, vegetationslose Schutthalden und Gebiete mit reinem Felsboden. Auf dem Abschnitt, der Gegenstand der Untersuchung ist, also vom Gebiet vor dem Zusammenfluss mit dem Rambach vor Glurns bis nach der Ortschaft Laas nach dem Zusammenfluss mit dem gleichnamigen Bach, fließt die Etsch durch die Ortschaften Glurns, Eyrs und Laas. Das gesamte Einzugsgebiet des Vinschgau wird konstant mit Messpegeln überwacht, die derzeit vom Hydrographischen Amt der Autonomen Provinz Bozen Südtirol verwaltet werden. Im Untersuchungsgebiet liegen die Messstationen von Spondinig (671 km<sup>2</sup>) und Laas (904 km<sup>2</sup>), während vor Meran die Messstation Töll liegt (1675 km<sup>2</sup>).

Unter den wichtigsten Zubringern der Etsch im betreffenden Abschnitt ist der Suldenbach (A.400) zu nennen, welcher im Ortler-Cevedale-Massiv entspringt und in einem stark eingetieften Einzugsgebiet abfließt. Im oberen Teil besteht er aus zwei Haupttästen, dem Suldenbach und dem Trafoierbach. Nachdem er die Orte Sulden, Gomagoi, Stilfs und Prad am Stilfserjoch durchquert hat, mündet er nach ungefähr 21 km in der Nähe von Spondinig in die Etsch. Das Einzugsgebiet hat eine Fläche von 161 km<sup>2</sup> und einen Höchstpunkt von 3889 m Seehöhe. Das Gefälle geht von einem Höchstwert von 70% bis zu einem Minimalwert von 0,08% im Deltabereich „Prader Sand“.



**Abbildung 28. Einige Aufnahmen der Etsch im Untersuchungsgebiet: (a) vor dem Zusammenfluss mit dem Rambach, (b) von der Brücke zwischen Eyrs und Tschengls, (c) in Laas.**

Geologisch gesehen ist das Gebiet typisch für die Vinschger Alpen: das Einzugsgebiet besteht aus kristallinem Gestein mit Gneis, Schiefer und Granit. Außerdem gibt es im Ortlermassiv große Kalk- und Dolomitformationen. Aufgrund des Gletscherursprungs des Tals sind Moränen und rezente Alluvionen häufig. Die Vegetation ist stark durch die Höhe bedingt: in geringeren Höhen gibt es großen Fichten- und Lärchenwälder, die bis zur Baumgrenze reichen, darüber liegen Wiesen und Almen.

Noch höher fehlt die Vegetation gänzlich mit Felsboden und großen Gletschergebieten. Der Flussabschnitt, der Untersuchungsgegenstand ist, hat eine Länge von ungefähr 4 km und erstreckt sich von der Örtlichkeit Schmelz, Ortsteil der Ortschaft Prad, bis zum Zusammenfluss mit der Etsch.



Abbildung 29. Einige Eindrücke (a) des Suldentals, (b) des Trafoitals (c) und des Schwemmkegels des Suldenbachs in Prad a. St.



Abbildung 30. Einige Aufnahmen des Rambaches im Untersuchungsabschnitt.

Der Rambach (A.420) entspringt in der Schweiz, durchfließt das Münstertal und gelangt von dort nach Italien. Nachdem er bei der Ortschaft Taufers i. M. nach der schweizerisch-italienischen Grenze vorbeigeflossen ist und die Ortschaft Rifair durchquert hat, mündet er nach insgesamt 24,7 km vor Glurns in die Etsch. Das Einzugsgebiet hat eine Größe von 189 km<sup>2</sup>, mit Gefällen zwischen maximal 75,38% und minimal 0,08%. Der höchste Punkt liegt auf 3207 m ü.d.M. Die geologische Zusammensetzung besteht aus Gneis, Granit und Phyllit, mit Moränen durch den Gletscherursprung und Alluvionen entlang dem Hauptlauf des Wildbachs. Der Boden ist in der Nähe der Talsohle von Wiesen und Almen bedeckt, während an den Hängen an der Nordseite dichtere Wälder liegen, sind die Wälder an den Südhängen lichter. In größerer Höhe liegen Wiesen und Geröllhalden mit felsigen Flächen, die auf Schweizer Gebiet häufiger sind. Das Untersuchungsgebiet liegt zwischen der Kalvenbrücke und dem Zusammenfluss mit der Etsch, mit einer Länge des untersuchten Abschnitts von ungefähr 2800 Metern.



Abbildung 31. Der Punibach (a) in Mals, (b) in Glurns und (c) vor dem Zusammenfluss mit der Etsch.

Der Punibach (A.410) fließt durch das Planeital und nach der Durchquerung der gleichnamigen Ortschaft und der Dörfer Mals und Glurns mündet er im Bereich des Biotops von Schluderns in die Etsch. Sein Einzugsgebiet hat eine Fläche von ungefähr 178 km<sup>2</sup>, das in einer Höhe zwischen 3391 m ü.d.M. und dem Zusammenfluss mit der Etsch auf 885 m Seehöhe liegt.

Die Gefälle gehen von 62,5% bis zu einem Minimum von 0,12%. Die geologische Zusammensetzung ist ziemlich einheitlich mit vorwiegendem Vorkommen von Phyllithgneis, Gneis und Muskovitglimmerschiefer. Im Abschnitt des Talbodens gibt es alluviale Zonen. Die Vegetation weist geringe Waldflächen auf, während der Großteil des Einzugsgebietes von Felsen und vegetationslosen Geröllhalden im oberen Bereich, von Wiesen oder Brachland im unteren Bereich gekennzeichnet ist. Der Bachabschnitt, der Gegenstand der Untersuchung ist, erstreckt sich vom Beginn der Ortschaft Glurns bis zur Mündung in die Etsch und hat eine Länge von ungefähr 6300 Metern.

In der Nähe der Krautanger mündet der Saldurbach (A.410.5) in den Punibach, der seinen Lauf im Biotop Schluderns beendet. Der Saldurbach durchfließt das gesamte Matschertal und nach der Durchquerung der Ortschaft Schluderns mündet er nach insgesamt 21,6 km in den Punibach. Sein Einzugsgebiet hat eine Ausdehnung von ungefähr 101 km<sup>2</sup> und erstreckt sich zwischen 3.719 m Seehöhe und 957 m Seehöhe beim Zusammenfluss. Die Gefälle liegen zwischen 65,9% und minimal 0,2%.

In geologischer Hinsicht besteht das Einzugsgebiet vorwiegend aus Glimmerschiefer und Phyllit, mit einem beträchtlichen Ausmaß an Moränen und Gletscherablagerungen. Der Boden ist im mittleren und tiefen Bereich des Einzugsgebietes, besonders an den Nordhängen, mit großen Wäldern bedeckt. Wiesen mit kleinen Waldbeständen finden wir hingegen an den Südhängen. In höheren Lagen überwiegen Felsgelände und vegetationslose Geröllhalden. Der Abschnitt des Saldurbaches, der Untersuchungsgegenstand ist, erstreckt sich von der Zone oberstrom der Ortschaft Schluderns bis zum Biotop von Schluderns.



**Abbildung 32. Zwei Aufnahmen des Ober- und Mittellaufs des Saldurbachs und dem kanalisiertem Abschnitt in Schluderns**

## 7.1.2 Primäre Zubringer

### 7.1.2.1 Allitzerbach (A.340)

Der Allitzerbach ist ein linksufriger Zubringer der Etsch und mündet auf einer Seehöhe von 858 m in die Etsch. Das Einzugsgebiet hat eine Größe von 15,94 km<sup>2</sup>. Die aktive Gerinnelänge erstreckt sich über 10.480 m (schräge Länge). Das Einzugsgebiet des Allitzerbaches ist zu 30 % von Wald bedeckt, weitere

4 % bilden Wiesen und Weiden. Den größten Teil des Einzugsgebietes bilden mit 46 % die alpine Rasen, Flächen mit spärlicher Vegetation. Die restlichen 20 % sind Felsen und Lockergesteinsflächen.

Das Einzugsgebiet des Allitzerbaches lässt sich in zwei große Subeinzugsgebiete unterteilen, jenem des Strimmbaches und jenem des Gadriabaches. Der Strimmbach hat eine Einzugsgebietsfläche von 8,72 km<sup>2</sup>, eine Lauflänge von 5.700 m (schräge Länge) und ein mittleres Gefälle von 22 %. Das Einzugsgebiet des Strimmbaches lässt sich der Form nach als langgezogen und schmal beschreiben. In seinem unteren Teil ist das Einzugsgebiet sehr steil und der Strimmbach überwindet auf kurzer Strecke (1.500 m) eine Höhendifferenz von 550 m. Im Bereich zwischen der Stierhütte und der Hirtenhütte verflacht das Gerinne des Strimmbaches und weist im Mittel Längsneigungen um die 10 % bis 20 % auf. Kleinere Gräben im Bereich der „Weißen Wandlen“ bringen kleinere Geschiebemengen aus den oberen durch Glimmerschiefer geprägten Hang- und Wandbereichen. Der Talboden des Strimmbaches dient im Bereich zwischen der Stierhütte und der nächsten großen Geländekante im vorläufigen Talschluss auf 2.150 m Meereshöhe als Umlagerungs- und Ablagerungsstrecke der Geschiebemengen, die aus den kleineren Seitenzubringern einstoßen und des Hangschuttes aus den steilen orographisch links gelegenen Gerinneabhängen. Nach der Geländestufe am Talschluss liegt auf 2.450 m ein weiter Kessel, dem noch weitere folgen. Das in diesen obersten Bereichen des Einzugsgebietes mobilisierte Geschiebe bleibt in den jeweiligen Kesseln liegen und erreicht nicht den Mittellauf des Strimmbaches.



**Abbildung 33. Einige Aufnahmen des Unterlaufs des Allitzerbachs.**



**Abbildung 34. Bauten am Oberlauf und im Einzugsgebiet des Gadriabaches.**

Das zweite Subeinzugsgebiet des Allitzerbaches, der Gadriabach hat eine sehr gedrungene Tropfenform. Das Einzugsgebiet des Gadriabaches umfasst eine Fläche von 6,04 km<sup>2</sup>, eine Lauflänge von 3.150 m (schräge Länge) und ein mittleres Gefälle von 28 % charakterisieren sein Gerinne. Am Auslass des

Subeinzugsgebietes stehen die vor der Erosion resistenten Gneise an. Der restliche Bereich des Einzugsgebietes des Gadriabaches besteht aus leicht zerleg- und erodierbaren Glimmerschiefern. Fein verästelte Gräben und Gerinne laufen sternförmig im Mittelteil des Einzugsgebietes zusammen und führen große Mengen bereitstehenden Geschiebes bei jedem Mittel- und Hochwasser ab. Aufgrund der hohen Neigungen in den einzelnen Seitengräben und Gerinnen von bis zu 70 % stoßen die Muren stets bis ins am Kopf des Murkegels liegende Geschieberückhaltebecken, gebaut im Jahr 1975.

#### 7.1.2.2 Tanaserbach (A.365)

Der Tanaserbach ist ein linksufriger Zubringer der Etsch und mündet auf einer Seehöhe von 871 m. Das Einzugsgebiet hat eine Größe von 11,35 km<sup>2</sup>. Die aktive Gerinnelänge erstreckt sich über 6.450 m (schräge Länge). Auf dieser Strecke überwindet der Tanaserbach eine Höhendifferenz von 1.767 m. Der Tanaserbach weist ein mittleres Gefälle von 38% auf, wobei das Gefälle zwischen 20 % und 65 % schwankt. Der Waldanteil am Einzugsgebiet beträgt rund 40%. Den Rest der Fläche bilden natürliches Gras- und Bergland, hochalpine Flächen mit spärlicher Vegetation, Felsflächen sowie Weideland. Das Einzugsgebiet des Tanaserbaches lässt sich gut durch die Form eines Trapezes beschreiben und wird durch zahlreiche, orographisch rechts liegende Seitenzubringer geprägt.



**Abbildung 35. Bauten am Unterlauf, Rückhaltebecken und Filtersperre.**

Die Erosionsherde im Einzugsgebiet beginnen unter dem Gipfel des „Kaltererberges“ in den so genannten „Gräben“. Das dort im anstehenden Quarzphyllit mobilisierte Material gelangt unmittelbar in die Gerinne des „Frinigergraben“ und des „Zidergraben“. Aufgrund der hohen Neigungsverhältnisse (bis zu 90 %) und der Masse des vorhandenen mobilisierbaren Geschiebes ist bereits dort die Entstehung von Muren möglich.

Weitere ausgedehnte Geschiebeherde befinden sich im Talschluss unter dem „Dörferberg“. Hier tritt großflächig das Phänomen der Denudation auf. Laufend wird Geschiebe in die Gräben bei der Tanaser Stierhütte und der Schäferhütte geliefert. Die dort vorherrschenden Gerinneneigungen von bis zu 65 % begünstigen die Entstehung von Murgängen. Im weiteren Gerinneverlauf, der sich feilenförmig tief ins anstehende Moränenmaterial eingegraben hat ist eine weitere Aufnahme von Feststoffen möglich. Erst im unteren Mittellauf stößt der Tanaserbach immer wieder auf die anstehenden Gneise. Dieser Bachabschnitt ermöglicht keine Ablagerung von Teilen des mitgeführten Geschiebes (Gerinneneigungen zwischen 20 % und 40 %). Er fungiert als Transitstrecke, wo jedoch die Aufnahme des einen oder anderen Wildholzes möglich ist.



Abbildung 36. Aufnahmen der oberen Zubringer des Tanaserbaches.

### 7.1.2.3 Muntaschinigbach (A.410.20)



Abbildung 37. Einige Aufnahmen der vorhandenen Wasserschutzbauten am Muntaschinigbach.

Der Muntaschinigbach ist ein linksufriger Zubringer der Etsch und mündet nach der Trasse der Vinschgerbahn, auf einer Seehöhe von 945 m in die Abzugsgräben der Valatschwiesen, wo er verrohrt Richtung Auslaufkanal des E-Werkes abgeleitet wird. Das Einzugsgebiet hat eine Größe von 0,88 km<sup>2</sup>. Die aktive Gerinnelänge erstreckt sich über 1.650 m (schräge Länge). Auf dieser Strecke überwindet er eine Höhendifferenz von 563 m. Der Muntaschinigbach weist eine mittlere Gerinneneigung von 24 % auf, wobei die Neigungen zwischen 12 % und 65 % schwanken. Das Einzugsgebiet des Muntaschinigbaches ist langgestreckt und schmal. Lediglich im unteren Drittel erfährt es auf der Höhe des Muntaschinig Hofes eine Ausbauchung. Das Einzugsgebiet setzt sich zu 39 % aus Wald, zu 34 % aus Wiesen und Weiden und zu 20 % aus bestocktem Grasland, Flurgehölzen und Büschen zusammen. Die restliche Fläche ist durch vegetationsloses Lockermaterial und Felsen geprägt.

Das Einzugsgebiet lässt sich in kein weiteres Subeinzugsgebiet mehr untergliedern, wohl aber lassen sich der Seehöhe nach drei Unterabschnitte erkennen. Der steile untere Abschnitt ist geprägt durch Trockenrasen und Flurgehölz. Im etwas flacheren Mittelteil befinden sich die Wiesen und Wirtschaftsflächen rund um den Muntaschinighof. Der obere Abschnitt, in dem der Gerinnelauf schon bald endet, ist wieder steil und von mitteldichtem bis lockerem Wald geprägt, welcher allmählich in alpines Grünland übergeht. Die Geschiebeherde am Muntaschinigbach liegen im unteren Bereich des Einzugsgebietes. Bevor der Muntaschinigbach die Matscherstraße quert, schneidet er sich in die mit Moränenmaterial überlagerten Zonen des Glimmerschiefers und der Quarzphyllite ein. Das hier aufgenommene Geschiebe kann im unteren Teil zu Übersarungen führen. Der Muntaschinigbach ist in

seinem Unterlauf (ab der Straße ins Matschertal SP105) größtenteils verrohrt und tritt nur mehr abschnittsweise wie etwa bei der SS40 zu Tage.

#### 7.1.2.4 Tartscherbach (A.410.20.5)

Der Tartscherbach ist ein linksufriger Zubringer der Etsch und mündet nach der Trasse der Vinschgerbahn, auf einer Seehöhe von 945 m, in die Abzugsgräben der Valatschwiesen. Das Einzugsgebiet hat eine Größe von 3,17 km<sup>2</sup>. Die aktive Gerinnelänge erstreckt sich über 2.910 m (schräge Länge). Entlang dieser Strecke überwindet er eine Höhendifferenz von 852 m. Der Tartscherbach weist eine mittlere Gerinneneigung von 28 % auf, wobei die Neigungen zwischen 18 % und 52 % schwanken. Das Einzugsgebiet des Tartscherbaches weist eine langgestreckte, dreieckige Form auf. Das Einzugsgebiet ist zu 65 % bewaldet. 14 % der Fläche ist mit Wiesen und Weiden bedeckt. Weitere 12 % der Einzugsgebietsfläche bilden an der Waldgrenze die Zwergstrauchregion, das alpine Grünland und das felsdurchsetzte Gelände. Den Rest der Fläche bedecken die Hofstellen, bestockte Weiden sowie Flurgehölze. Das Einzugsgebiet lässt sich ebenso wie jenes des Muntaschinigbaches nach der Höhe in drei Abschnitte untergliedern. Der untere Teil des Einzugsgebietes gestaltet sich steil und bewaldet. Im mittleren Teil des Einzugsgebietes befinden sich die Höfe „Gemassen“ und „Lechtl“. Sie liegen auf einer Moränterrasse. Darüber versteilt sich das Gelände wieder und steigt mehr oder weniger gleichmäßig bis an die Wasserscheide an. Das gesamte Einzugsgebiet des Tartscherbaches lässt sich zusätzlich in zwei Subeinzugsgebiete unterteilen, jenem des Tartscherbaches und jenem des Lechtlbaches. Während das Bett des Tartscherbach zeitweise trocken liegt, fließt der Lechtlbach das ganze Jahr über. Dort wo der Lechtlbach aus dem Wald hervortritt und bei der Matscherstraße mit dem Tartscherbach zusammentrifft, ist er verrohrt. Sein weiter Verlauf geschieht in einem schmalen Gerinne.

Maßgebliche Geschiebequellen befinden sich nur im mittleren Abschnitt des Einzugsgebietes, bis auf eine Höhe von 1.800 m. Dort geschieht die Geschiebemobilisierung im erodierbaren Phyllit, sowie aus den Moränenresten aus der Bachsohle heraus.

57



**Abbildung 38. Einige Aufnahmen des Tartscherbachs.**

#### 7.1.2.5 Lichtenbergbach (A.405.5)

Der Lichtenbergerbach ist ein rechtsufriger Zubringer der Etsch und mündet nach der Landesstraße SP50 Prad-Glurns auf einer Seehöhe von 902 m in einem Abzugsgraben neben dem Etschweg im Schartmoos. Das Einzugsgebiet hat eine Größe von 0,73 km<sup>2</sup>. Die aktive Gerinnelänge erstreckt sich über 2.680 m (schräge Länge). Entlang dieser Strecke überwindet er eine Höhendifferenz von 659 m. Der

Lichtenbergerbach weist eine mittlere Gerinneneigung von 29 % auf, wobei die Neigungen zwischen 15 % und 43 % schwanken. Die Form des Einzugsgebietes des Lichtenbergerbaches lässt sich als schmal und langgestreckt beschreiben. 82 % des Einzugsgebietes sind bewaldet, die restliche Fläche im Ausmaß von 18 % wird von Wiesen und sonstigen Kulturlflächen bedeckt.

Während der untere Teil des Einzugsgebietes im eiszeitlichen Moränenkörper liegt, befindet sich der obere Teil in den geologisch stabilen Zonen der Biotitgranite und Phyllitgneise. Zusammen mit einer wesentlich größeren mittleren Gerinneneigung von rund 30 % im unteren Abschnitt, lässt sich hieraus die Geschiebeverfügbarkeit erklären. Die Geschiebequellen befinden sich durchwegs im Unterlauf zwischen dem Grösshof auf einer Seehöhe von 1.150 m und dem Übertritt des Lichtenbergerbaches auf den Murkegel. Über Sohl- und Seitenerosion lässt sich hier genügend Geschiebe für einen Murgang mobilisieren. Des Weiteren kann hier der Bach zusätzlich zur Geschiebefracht auch Wildholz aufnehmen.



**Abbildung 39. Bauten am Lichtenbergerbach.**

#### 7.1.2.6 Rennergraben



**Abbildung 40. Einige Aufnahmen des Betts des Rennergrabens vor Lichtenberg.**

Der Rennergraben ist ein Zubringer des Lichtenbergbaches, in den er nach der Durchquerung des gleichnamigen Ortes mündet. Das Einzugsgebiet hat eine Fläche von 0,45 km<sup>2</sup> und liegt auf einer Höhe zwischen 1606 m ü.d.M. und dem tiefsten Punkt bei der Mündung mit 1006 m Seehöhe. Die Gefälle weisen durchgehend ziemlich hohe Werte auf und liegen zwischen 32,4% und 9,5%.

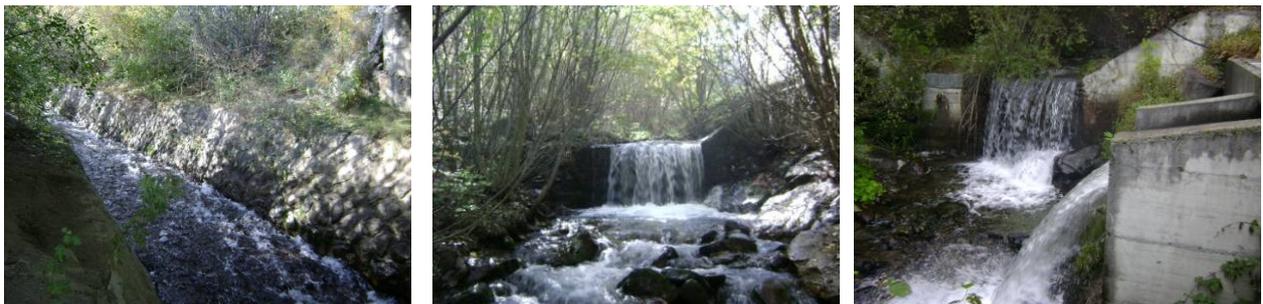
In geologischer Hinsicht besteht das Einzugsgebiet vorwiegend aus Moränen. Der Bewuchs des Bodens entspricht dem der nicht allzu großen Höhen, in denen der Rennergraben verläuft: der Großteil der Fläche dient landwirtschaftlichen Zwecken, der Rest ist von Nadelwald bedeckt. Die Lokalaugenschein

haben ergeben, dass die oberen Nebeneinzugsgebiete geringe Erosionsleistungen zeigen, während im letzten Abschnitt des Bachbetts Erosionstiefen bis zu schätzungsweise ungefähr 0,5 m möglich scheinen. Vor der Ortschaft Lichtenberg gibt es eine Rückhaltesperre ( $V = 300 \text{ m}^3$ ) zur Ablagerung des entlang des Bachlaufs mobilisierbaren Materials. Durch die Ortschaft ist der Rennergraben stark verbaut und er fließt bis zur Mündung in den Lichtenbergbach teilweise in einer Rohrleitung.



**Abbildung 41. Die Rückhaltesperre und der Abschnitt des Rennergrabens im Ort.**

#### 7.1.2.7 Tschavallatschbach (A.405)



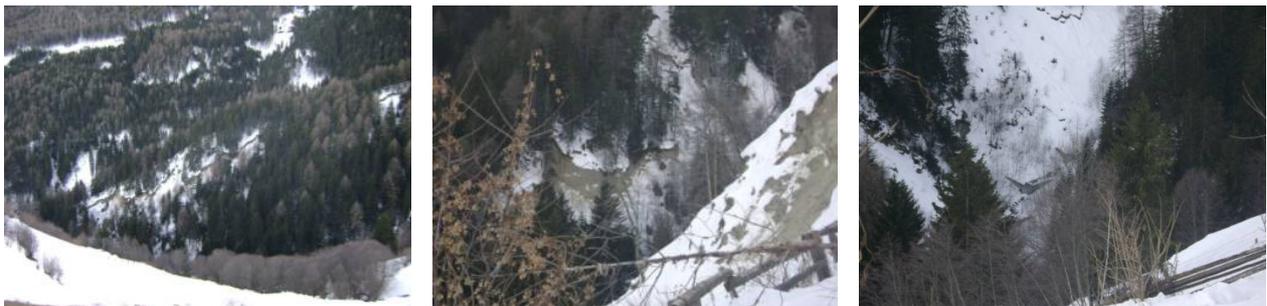
**Abbildung 42. Schutzbauten am Unterlauf des Tschavallatschbaches.**

Der Tschavallatschbach ist ein rechtsufriger Zubringer der Etsch und mündet auf einer Seehöhe von 886 m in die Etsch. Das Einzugsgebiet hat eine Größe von 11,22 km<sup>2</sup>. Die aktive Gerinnelänge erstreckt sich über 7.320 m (schräge Länge). Entlang dieser Strecke überwindet er eine Höhendifferenz von 1.215 m. Der Tschavallatschbach weist eine mittlere Gerinneneigung von 21 % auf, wobei die Neigungen zwischen 19 % und 40 % schwanken. Die Form des Einzugsgebietes lässt sich als leicht birnenförmig beschreiben. Das Einzugsgebiet des Tschavallatschbaches ist auf 50 % der Fläche bewaldet. Auf 6 % der Fläche befinden sich Wiesen und Weiden, 20 % des Einzugsgebietes liegt im alpinen Grünland und 14 % des Einzugsgebietes nimmt vegetationsloses Lockermaterial ein. Die restlichen 10 % entfallen auf bestockte Weiden sowie Hecken und Flurgehölze.

Das Einzugsgebiet lässt sich in zwei große Subeinzugsgebiete unterteilen, jenem des Tschavallatschbaches und jenem des Alpbaches. Große Teile beider Untereinzugsgebiete liegen in mächtigen Moränenkörpern und halten große Mengen an Geschiebe bereit. Auf die ausgedehnten Moränenflächen, welche beide Bäche bis weit in ihren Mittellauf hinein prägen (bis auf 1.500 m Meereshöhe) folgen geologisch stabilere Bereiche im Biotitgranit und Phyllitgneis, bis im

Waldgrenzbereich wiederum größere Moränenkörper folgen. Darüber wechseln sich großräumig Flächen mit Lockermaterial und anstehenden Graniten und Gneisen ab. Während die Lockergesteinsaufkommen (Hangschutt- und Verwitterungsschuttkörper) in den obersten Bereichen beider Subeinzugsgebiete nicht zum Geschiebeaufkommen in den beiden Wildbächen beitragen, liefert vor allem der obere Moränenkörper am Alpbach erhebliches Geschiebe. Nach einer kurzen Gerinnestrecke des Alpbaches im Biotitgneis, die nur wenig Geschiebe liefert, beginnt mit den ersten Moränenaufkommen wieder eine mächtige potentielle Erosionsleistung. Im benachbarten Arm des Tschavallatschbaches trägt der obere Moränenkörper kaum zum Feststofftransport bei. Tritt der Bach jedoch in den unteren Moränenkörper ein, beginnt ebenso wie im Alpbach eine erhebliche Tiefen- und Seitenerosion. Diese wird im Bereich des Zusammenflusses beider Gerinne am stärksten und zieht sich bis zum Übertritt des Tschavallatschbaches auf den Murkegel in variablem Ausmaß fort. Durch die ständige Erosionstätigkeit des hoch aktiven Wildbaches ist mit hohen Wildholzeinträgen zu rechnen.

Kleinere oder größere Hangrutsche bei längeren und intensiveren Regenperioden können leicht zu Verklausungen führen und haben neben der Murfähigkeit des Wildbaches auch mögliche Dammbbruchszenarien zur Folge. Diese Folgerungen werden durch die Ereignisdokumentation belegt.

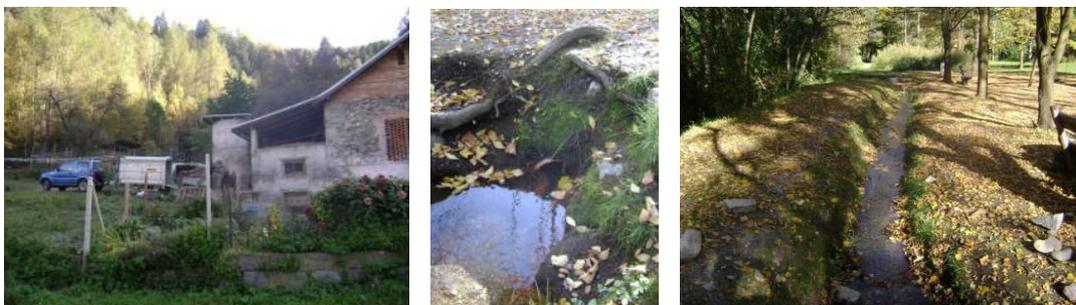


**Abbildung 43. Die brüchigen Hänge am Zusammenfluss des Tschavallatschbaches mit dem Alpbach.**

60

#### 7.1.2.8 Schmelzergraben (A.400.5)

Der Schmelzergraben (A.400.5) ist ein Zufluss des Suldenbaches, in den er nach 3,3 km gerade vor der Ortschaft Prad a. St. in der Örtlichkeit Schmelz mündet. Das Einzugsgebiet hat eine Größe von 1,27 km<sup>2</sup>. Bei der geologischen Zusammensetzung des Beckens überwiegen Moränen, kleine Permafrostbereiche gibt es in den höchsten Gebieten des Beckens.



**Abbildung 44. Der Unterlauf des Schmelzergrabens.**

Was die Bodennutzung angeht, so ist die Fläche fast vollständig von Wäldern bedeckt, ausgenommen in tieferen Lagen, wo einige Wiesen liegen, und in den höheren Beckenlagen, wo auch Gletscher liegen. In der Nähe der SS 38 Stilfserjoch wird der Bach mit einem Gitter gesperrt, in einer Rohrleitung unter der Straße durchgeführt und danach fließt er in einem kleinen Graben bis zur Einmündung in den Suldenbach. Auch hier haben Lokalaugenscheine gezeigt, dass viel Geschiebe im Mittel- und Unterlauf vorhanden ist, während die höheren Bereiche ausreichend stabil scheinen.

#### 7.1.2.9 Zirnbach (A.390)

Der Zirnbach ist ein rechtsufriger Zubringer der Etsch und mündet auf einer Seehöhe von 880 m in selbige. Das Einzugsgebiet hat eine Größe von 5,36 km<sup>2</sup>. Die aktive Gerinnelänge erstreckt sich über 7.460 m (schräge Länge). Auf dieser Strecke überwindet er eine Höhendifferenz von 1.365 m. Der Zirnbach weist eine mittlere Gerinneneigung von 28 % auf, wobei die Neigungen zwischen 16 % und 55 % schwanken.



**Abbildung 45. Einige Aufnahmen der Künette des Zirnbachs.**

Das Einzugsgebiet des Zirnbaches unterteilt sich bachaufwärts nach rund der Hälfte der Gerinnestrecke in mehrere Bäche und Gräben. Während das Einzugsgebiet bis auf eine Seehöhe von 2.000 m gleichmäßig ansteigt, beginnt hier eine ausgeprägte Geländestufe, welche bis 2.250 m steil ansteigt und in der Verebnung am Wasserfallboden mündet. Darüber folgen wiederum gleichmäßig steile Hangpartien, im unteren Abschnitt geprägt von Mur- und Geschiebeablagerungen. Diese Hangpartien werden kontinuierlich steiler, bis sie auf einer Höhe von 2.600 m in der letzten Verebnung münden. Diese von Moränenmaterial und von Blockgletschern geprägten Bereiche schließen nach oben hin mit den Felsfluchten der beiden Gipfel, des Stierkopfes und des Pederfick ab.

Wie es sich im Gelände abzeichnet und auch aus den Orthofotos ersichtlich wird, bleiben die meisten Massenbewegungen, die ihren Ursprung in den obersten Lockergesteinsbereichen des Einzugsgebietes haben, spätestens am Wasserfallboden auf 2.250 m Seehöhe liegen. Lediglich größere Ereignisse schaffen es diese Schulter zu überfließen. Darunter folgt ein ausgedehnter Moränenkörper. Hier schneiden sich die einzelnen Gräben und Gerinne des Zirnbaches deutlich ein und hohe Erosionsleistungen sind möglich. Auf einer Seehöhe von ca. 1.750 m nach dem Zusammenfluss der einzelnen Gerinne tritt das Bachbett in eine geologisch stabile Formation aus Phyllitgneisen ein. Dieser im Felsen eingeschnittene Gerinneabschnitt dient als Transportstrecke. Es kann kaum Geschiebe mobilisiert werden. Im unteren Teil des Einzugsgebietes, unterhalb einer Seehöhe von 1.375 m, bei der

Forststraße Nittbach trifft der Zirnbach wieder auf Moränenflächen. Hier ist eine erneute Geschiebeaufnahme möglich. Vereinzelt lassen sich auch Hangpartien feststellen, die bei einem Murgang mobilisiert werden können.

Die größten Geschiebeherde befinden sich somit im unteren Mittellauf bis zur Forststraße Nittbach. In diesem Abschnitt tritt der Wald dicht bis an das Gerinne und von einem Wildholzeintrag ist auszugehen. Aufgrund der zahlreich vorhandenen Geschiebequellen und der durchschnittlichen Neigungen größer 20 % lässt sich der Zirnbach als murfähig einstufen. Fotos des Murereignisses vom 21.05.1983 bestätigen diese Aussage.



**Abbildung 46. Die große Rückhaltesperre und die Konsolidierungssperren am Mittellauf des Zirnbaches.**

#### 7.1.2.10 Tschenglslerbach (A.375)

62



**Abbildung 47. Geschiebeherde in den Höhenlagen des Tschenglsler Einzugsgebietes.**



**Abbildung 48. Einige Aufnahmen des Mittellaufs des Tschenglslerbachs.**

Der Tschenglslerbach (A.375) ist einer der Nebenflüsse am rechten Ufer der Etsch. Sein Einzugsgebiet hat eine Fläche von annähernd 10,7 km<sup>2</sup> deren höchster Punkt auf 3361 m und der tiefste Punkt auf 997 m

ü.d.M. liegt. Es gibt ziemlich starke Gefälle, die zwischen 69,4% und 1,6% vor dem Zusammenfluss liegen. Der Tschenglserbach hat eine Länge von insgesamt 7,7 km und, nachdem er durch Tschengls geflossen ist, mündet er in der Nähe der Ortschaft Eysr in die Etsch. Die Geologie des Einzugsgebietes weist vorwiegend Glimmerschiefer, Phyllit, Granitgneis und Geröll auf. Hinsichtlich des Bodenbewuchses überwiegen in tieferen Lagen Waldflächen. Mit zunehmender Höhe gibt es kleinere Wiesenflächen, während in größerer Höhe Fels und vegetationslose Geröllhalden überwiegen.

Da er auf die Klimaänderungen in Zusammenhang mit der Ausdehnung des Permafrosts reagiert und in den höchsten Lagen Unmengen von Geschiebe vorhanden sind, kann der Tschenglserbach im Falle besonders starker Regenfälle oder Hagelschläge große Mengen bewegen und Murgänge auch großen Ausmaßes verursachen, wie schon in der Vergangenheit geschehen.

Talseitig der zweiten Rückhaltesperre verläuft der Tschenglserbach durch die Ortschaft Tschengls in einer kürzlich sanierten Künette, die direkt in der Tschengls Au mündet, die sich am Schwemmkegel gebildet hat. Die Lokalaugenscheine haben die Schichtungen der Geschiebeablagerungen klar gezeigt, was ein Anzeichen für die intensive Aktivität des Wildbachs ist.



**Abbildung 49. Schlussabschnitt und Schichtung der Ablagerungen entlang des Schwemmkegels.**

#### 7.1.2.11 Laaserbach (A.355)



**Abbildung 50. Einige Aufnahmen des Laaserbachs.**

Der Laaserbach ist ein rechtsufriger Zubringer der Etsch und mündet auf einer Seehöhe von 859 m in selbige. Das Einzugsgebiet hat eine Größe von 30,84 km<sup>2</sup>. Die aktive Gerinnelänge beträgt 8.940 m. Auf dieser Strecke überwindet er eine Höhendifferenz von 1.570 m. Der Laaserbach weist eine mittlere Neigung von 22 % auf, wobei die Neigung zwischen 11 % und 43 % variiert. Die Form des Einzugsgebietes

lässt sich als langgezogen und oval beschreiben. Das Einzugsgebiet ist zu 20 % mit Wald bedeckt, weitere 14 % der Fläche machen die Felsregionen aus. 18 % des Einzugsgebietes wird von Gletschern bedeckt. Auf 42 % der Fläche finden sich alpine Rasengesellschaften und Wald- Strauchübergangsstadien. Die restlichen 6 % des Einzugsgebietes bilden Heiden und Hecken, sowie Wiesen und Weideland. Das Einzugsgebiet des Laaserbaches reicht somit von der Talsohle des Vinschgau bis in die Gletscherregion um die Vertainspitze auf 3.545 m.

Der Gerinneverlauf des Laaserbaches beginnt bachaufwärts am Übertritt zum Murkegel fast schluchtartig mit sehr steilen Gerinnehängen über 90 % Neigung. Dieser Abschnitt ist geprägt durch die anstehenden Phyllitgneise und lokal durch kleinere Moränenkörper. Oberhalb der „Gurgel“ und dem Wasserfall ändert sich die Geologie und mit ihr auch die Morphologie sowie der Gerinneverlauf. Geologisch wechseln sich hier Moränenkörper mit den leicht zerleg- und erodierbaren Glimmerschiefern und stellenweise mit Alluvionen ab. Der Laaserbach ist in diesem Bereich beiderseits durch viele Seitenzubringer und Gräben gekennzeichnet. Diese sind stark geschiebeführend und durchwegs über 30 % bis 40 % steil. Im Gegensatz dazu flacht das Gerinnebett des Laaserbaches im Bereich vom „Sogboden“ bis zur unteren Laaser Alm immer wieder ab und weitet zu längeren Umlagerungsstrecken auf. Bei der Laaser Alm öffnet sich das Tal zu einem Kessel. Sternförmig stoßen hier die einzelnen Gräben und Zubringer in den Almboden ein und bringen Geschiebe von den Hangschutt- und Moränenrücken mit.

Aufgrund der geringen Neigungen im Gerinneverlauf entlang der unteren Laaser Alm und der Breite des Bachbettes (angedeutete Bifurkationsstrecke) lässt hier der Laaserbach sämtliches Geschiebe etwaiger Hochwasserereignisse fast zur Gänze liegen. Von großer Relevanz hingegen sind die seitlich einstoßenden Gerinne des Psai- und des Jennbaches am unteren Ende der Umlagerungsstrecke. Sie graben sich als Lockersedimentfeilen in die Glimmerschiefeschnittflächen und zeichnen sich durch starke Tiefenerosion aus. Aus ihnen sind bei Starkniederschlägen, bei Hagel oder bei länger andauernden Regenperioden größere Murereignisse zu erwarten.



**Abbildung 51. Wasserschutzbauten am Unterlauf und Panoramaansicht von Laas.**

Entlang des Laaserbaches selbst lassen sich immer wieder kleinere und größere Hangrutsche, rechts und links vom Gerinne lokalisieren. Bei einer Durchfeuchtung des Bodens ist ein Abrutschen dieser Hänge möglich. Im Gerinnebett des Laaserbaches käme es zu Verklausungen und in Folge dessen zu Murbruch bzw. zu Dammbrechenszenarien. Zu einem solchen Szenario kann auch der aus Abraum entstandene Schuttkegel unterhalb des Weißwasserbruches führen. Von Hangbewegungen und Rutschungen

orographisch links des Laaserbaches spricht auch eine geologische Studie zum Projekt obere Marmorbahn der „Ingenieurteam GmbH Bergmeister“.

### 7.1.3 Sekundäre Zubringer

#### 7.1.3.1 Graben Spondinig

Der „Graben Spondinig“ besteht aus zwei parallel verlaufenden Gräben im Gebiet der „Großfeld Leitens“ bei Spondinig. Die Gräben laufen oberhalb der Staatsstraße SS40 zusammen. Das Einzugsgebiet der beiden Gräben erstreckt sich von 895 m bis unterhalb der „Köpflplatte“ auf 1.615 m Seehöhe. Die Höhendifferenz beträgt folglich 720 m. Das Einzugsgebiet ist mit seinen 0,1 km<sup>2</sup> sehr klein, und zudem sehr schmal und lang. Es verläuft rechteckförmig über die gesamte Leitens (max. Breite von ca. 160 m) und hat ein Längen zu Breitenverhältnis von 16:1. bei einer mittleren Einzugsgebietsneigung von 50 %. Der Waldanteil im Einzugsgebiet liegt bei 67 %, der Rest setzt sich zusammen vor allem aus Wiesen und Weiden. Zwischen 1.330 und 1.580 m Seehöhe liegt eine deutliche Hangverflachung gegenüber dem Rest des Einzugsgebietes vor. Darunter wird es sehr steil und es zeichnen sich auch ab hier erst die eigentlichen Gräben ab. Die unteren 700-800 m des Einzugsgebietes sind es auch, die als eventuelle Geschiebeherde mit Wildholzeintrag fungieren.

#### 7.1.3.2 Platzuterbach (A.415)

Der Platzuterbach ist ein rechtsufriger Zubringer der Etsch und mündet auf ca. 900 m in selbige. Die Länge des Platzuterbaches beläuft sich vom Bachursprung bis zur Mündung auf 2.800 m. Der Höhenunterschied beträgt bis zur Mündung ca. 800 m. Der Bach hat im Einzugsgebiet eine mittlere Neigung von rund 34 %. Der Platzuterbach verästelt sich nach oben hin in viele Seitengräben und Rinnsale. Das Einzugsgebiet selbst hat eine Fläche von 1,96 km<sup>2</sup> und ist linsenförmig. Die rechte Seite unterhalb der oberen Forststraße, die zur „Glurnser Alm“ führt, ist durch die vielen kleinen Gräben sehr unruhig. Die linke Flanke und der Teil oberhalb der Forststraße hingegen sind sehr homogen. Der Waldanteil beläuft sich auf 87 %. Den Rest bilden vor allem alpines Grasland, Weiden und Wiesen.

Im letzten Teil des Einzugsgebietes führt eine 700 m lange Ablagerungszunge zum eigentlichen Kegel. Als Geschiebeherd gilt der gesamte rechte Teil des Mittellaufs mit all seinen Gräben, in denen bei größeren Abflussereignissen durch Tiefen- und Seitenerosion Material mobilisiert werden kann.



Abbildung 52. Einige Aufnahmen des Betts des Platzuterbachs.



Abbildung 53. Der große Schwemmkegel des Platzuterbachs.

### 7.1.3.3 Pafilerbach (A.405.5.5)



Abbildung 54. Der Unterlauf des Pafilerbachs.

Der Pafilerbach ist ein linksufriger Zubringer des Lichtenbergbaches in welchen er auf ca. 890 m Seehöhe mündet. Der Bach hat vom Ursprung bis zur Mündung eine Länge von insgesamt 3.900 m, wovon rund 2.700 m im Einzugsgebiet liegen. Ab dem Murgekel führt ein künstlicher Graben entlang der Straße in den Lichtenbergerbach, Tschavallatschbach und weiter bis in die Etsch. Der Pafilerbach hat im Einzugsgebiet ein mittleres Gefälle von 29 % bei einem Höhenunterschied von ca. 800 m. Entlang des Baches und im Besonderen im Abschnitt der letzten 300 m vor dem Ablagerungskegel hat der Bach einzelne Steilstufen von bis zu über 70 %. Im Mittellauf hingegen verläuft er flach mit Neigungen unter 20%. Das Einzugsgebiet selbst hat eine Fläche von 2,42 km<sup>2</sup>. Die Form lässt sich vom Kegel bis auf 1.400 m („Paföl“) als Dreieck beschreiben. Ab 1.400 m steigt das Gelände stark an bis auf 2.895 m Seehöhe („Glurnser Köpf“) und nimmt die Form eines Rechteckes an. Das Einzugsgebiet teilt sich auf in 81 % Wald, 17 % alpines Grasland und Weide und der Rest in Fels und vegetationsloses Lockermaterial.

Als Geschiebeherd gilt im Oberlauf der Hangschutt am Fuße des „Pafölroan“, welcher aber im flacheren Mittellauf zum Großteil umgelagert wird. Bedeutende Geschiebeherde entlang des Baches liegen auch auf den letzten 1.100 m, bevor das Gerinne auf den Kegel übertritt. Der Bach gräbt sich dort aufgrund der vorliegenden steilen Neigungsverhältnissen und des darunterliegenden Moränenmaterials in die Sohle.

### 7.1.3.4 A.395.5

Der Bach mit der Nummer A.395.5 (auch als „Stecherloch“ bekannt) ist ein rechter Zubringer des A.395 und mündet in diesen auf 930 m Seehöhe. Er hat eine Länge von ca. 1.000 m bei einer Neigung im

Einzugsgebiet von rund 25 %. Der Bach selbst überwindet bis zur Mündung eine Höhendifferenz von ca. 250 m. Das Einzugsgebiet hat eine Fläche von 0,62 km<sup>2</sup> und spitzt sich im oberen Drittel zu (tropfenförmig). Bis auf die letzten 300 m sind keine wesentlichen Gräben vorhanden, sodass der Niederschlag meist flächig, teils aber auch in kleinen Mulden abfließt. Der Waldanteil beläuft sich auf 56 % und der Rest sind weitgehend Wiesenflächen. 70 % des Einzugsgebietes liegt auf Moränenmaterial. Geschiebeherde sind aber im wesentlichen nur auf den letzten 300 m vorzufinden, wo das Gewässer durch Tiefen- und Seitenerosion Material mitführen kann.

#### 7.1.3.5 A.390.5.5

Das Wasser des Baches mit der Nummer A.390.5.5 kommt hauptsächlich aus dem „Gunggtal“. Dieser Bach mündet bei 900 m Seehöhe als linksufriger Zubringer in den Nickbach, der seinerseits nach ca. 100 m wieder in den Zirnbach fließt. Die aktive Gerinnelänge liegt bei ca. 1.700 m, wovon 1.300 m im Einzugsgebiet liegen. Der Höhenunterschied zwischen Bachursprung und Mündung liegt bei ca. 600 m. Die mittlere Neigung des Baches im Einzugsgebiet liegt bei 38%. Das Einzugsgebiet ist mit 0,30 km<sup>2</sup> klein, zudem schmal und lang mit einem Längen zu Breiterehältnis von 8,5:1. Im mittleren Teil wird es etwas breiter. Der Waldanteil beläuft sich auf 85 %, während die übrigen 15 % Wiese sind. Letztere liegen in der unteren Hälfte des Einzugsgebietes. 60% des Einzugsgebietes liegt auf Moränenmaterial. Im unteren Teil des Einzugsgebietes kann der Bach durch Tiefen- und Seitenerosion kleinere Mengen an Geschiebe mitführen.

#### 7.1.3.6 Nickbach (A.390.5)



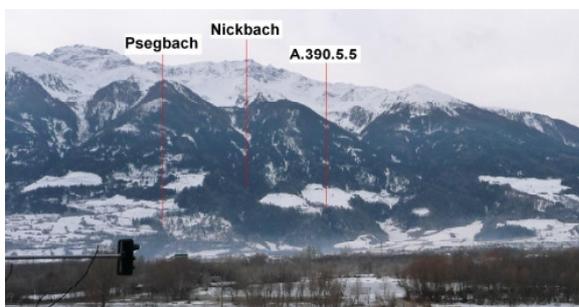
**Abbildung 55. Einige Aufnahmen des unteren Einzugsgebietes des Nickbachs.**

Der Nickbach ist ein rechtsufriger Zubringer des Zirnbaches (Tschrinbaches) und mündet in diesen auf ca. 895 m Seehöhe. In ihn selbst stößt am Ende des Ablagerungskegels auf der orographisch linken Seite der Bach mit der im Verzeichnis der öffentlichen Gewässer eingetragenen Nummer A.390.5.5 Die aktive Länge des Nickbaches vom Ursprung bis zur Mündung liegt bei 3.700 m. Hiervon fallen nur etwa 500 m auf den Kegel bis zu Mündung. Der Nickbach verästelt sich nach oben hin in mehrere kleine Gerinne und Gräben. Das mittlere Gefälle des Nickbaches im Einzugsgebiet beläuft sich auf 36 %, wobei sich Steilstufen und weniger geneigte Stellen im gesamten Bachverlauf abwechseln. Der Höhenunterschied zwischen Bachursprung und Mündung in den Zirnbach liegt bei ca. 1.250 m. Das Einzugsgebiet hat eine Fläche von 2,65 km<sup>2</sup> und ist im unteren Drittel schmal und schlauchförmig, weitet sich ab 1.500 m Seehöhe auf und setzt sich bis ganz oben mehr oder weniger mit derselben Breite fort. Der Waldanteil im

Einzugsgebiet liegt bei 55 % während Felsen und vegetationslose Lockermaterialflächen an die 27 % ausmachen. Der Rest ist alpines Grasland. Den oberen Abschluss des Einzugsgebietes bilden schroff ansteigende Felswände bis auf eine Seehöhe von 2.800 m.

Geschiebe wird vor allem durch Seiten- und Tiefenerosion im Unter- und Mittellauf mobilisiert und zwar bis auf etwa 1.900 m Seehöhe. Darüber kommt trotz großer Schutthalden kein Geschiebe zum tragen, da hier ein Terrasse das Material abfängt. Im Bachverlauf kommt es jedoch immer wieder zu Materialumlagerungen durch abschnittsweise flachere Teilstrecken; diese bewirken einen abgeschwächten Materialtransport.

### 7.1.3.7 Psegbach (A.385)



**Abbildung 56. Aufnahme von Psegbach, Nickbach und A.390.5.5.**

Der Psegbach (Spegbach) ist ein rechtsufriger Zubringer der Etsch und mündet auf 880 m Seehöhe in diese. Die Länge des gesamten Baches beträgt 3.000 m, wobei aber nur die ersten 900 m als Wildbach gelten können, der Rest verläuft als Graben im Talboden. Dieser führt bis zur Etsch. Im Bereich des Einzugsgebietes besitzt der Psegbach ein mittleres Gefälle von rund 45 %. Der Höhenunterschied zwischen Bachursprung und Mündung beträgt 425 m wobei er schon bis zum Einzugsgebietsauslass 410 m Seehöhe überwindet. Das Einzugsgebiet des Psegbach ist sehr klein mit einer Fläche von 0,40 km<sup>2</sup>. Es ist langgestreckt und linsenförmig und hat ein Längen zu Breiterehältnis von 8,5:1. Vom Gelände her formt sich nur der untere Teil des Einzugsgebietes konkav aus, während die obere Hälfte mehr oder weniger eben ist. Der Waldanteil beläuft sich auf knapp 80 % der Fläche und der Rest sind hauptsächlich Wiesen und etwas Weide, welche sich in der unteren Hälfte des Einzugsgebietes befinden. Eventuelles Geschiebematerial kann vor allem auf den letzten 400 m des Einzugsgebietes mobilisiert werden, auch aufgrund dessen, das in der unteren Hälfte des Einzugsgebietes Moränenmaterial vorherrscht.

### 7.1.3.8 Hinterburgbach (A.380)

Der Hinterburgbach (Hintere Schlossbach) ist ein rechtsufriger Zubringer der Etsch und mündet in diese auf 875 m Seehöhe. Er unterteilt sich im wesentlichen in dem steilen Einzugsgebiet oben und dem flacheren unteren Teil, wo er über den Kegel zum Talboden bis hin zur Etsch in einem künstlichen Graben geführt wird. In diesen mündet auch der benachbarte „Köpflbach“. Der Hinterburgbach hat im Bereich des Einzugsgebietes eine mittlere Neigung von 42 % bei einer Länge von 2.500 m, wobei einzelne Teilstrecken auch über 70 % erreichen. Im Kegelbereich hingegen hat er ein Gefälle von ca. 15 % und im Talboden gar nur noch 1 %. Zwischen Bachursprung und Mündung in die Etsch liegt ein

Höhenunterschied von ca. 1.200 m bei einer Gesamtlänge von rund 5.000 m. Das Einzugsgebiet hat eine Fläche von knapp 2,0 km<sup>2</sup>. Hierbei bildet die untere Hälfte des EZG's einen langen schmalen Schlauch, während es sich oberhalb von 1.600 m Seehöhe in mehreren Gräben verästelt und sich birnenförmig nach oben hin aufweitet. Der Waldanteil im EZG liegt bei etwa 60 %. Die übrigen 40 % der Fläche sind mehr als die Hälfte Weide- und Wiesenflächen und der Rest Felsen und alpine Schutthalden.

Im oberen Teil des Einzugsgebietes liegen aufgrund von Moränenmaterial und Schutthalden potentielle Geschiebequellen vor. Im Mittellauf kann aber aufgrund der geringeren Gerinneneigungen ein großer Teil des Materials abgelagert werden. Eine zweite Geschiebequelle liegt im unteren Teil des Einzugsgebietes oberhalb des Kegels auf ca. 600 m Länge. Hier gräbt sich der Hinterburgbach tief in das vorgefundene Moränenmaterial stark hineingraben.

### 7.1.3.9 Köpflbach (A.380.5)



**Abbildung 57. Aufnahme des Tschenglser Rückens.**

Der Köpflbach gilt laut Verzeichnis der öffentlichen Gewässer als rechter Zubringer des Hinterburgbaches und hat seinerseits den Stellaubach als rechten Zubringer.

Er mündet auf 880 m Seehöhe in den künstlichen Graben des Hinterburgbaches. Der Köpflbach ist annähernd 3.500 m lang und verläuft bis auf 1.110 m Seehöhe in einem offenen Graben. Ab hier verläuft er unterirdisch bis ins Tal. Er hat im Einzugsgebiet ein durchschnittliches Gefälle von 53 %. Insgesamt überwindet er einen Höhenunterschied von 1.250 m. Das Einzugsgebiet hat eine geringe Fläche von 0.53 km<sup>2</sup>, ist lang und schmal und weitet sich im oberen Teil etwas auf. Ansonsten ist es sehr homogen ohne seitliche Gräben. Der Waldanteil liegt bei 82 %, der Rest ist vor allem Weide und bestockte Weide. Kleinere Erosionsherde sind unterhalb des Tschenglser Köpfels zu finden, mehr jedoch am Ende des Einzugsgebietes, wo sich der Bach ins daruntergelegene Moränenmaterial gräbt.

### 7.1.3.10 Stellaubach (A.380.5.5)

Der Stellaubach ist ein rechter Zubringer des Köpflbaches, auch wenn die Mündung auf ca. 880 m Seehöhe weit unten im Talboden liegt. Der Stellaubachbach hat eine Länge von 2.000 m bei einem durchschnittlichen Gefälle im Einzugsgebiet von 50 %. Er überwindet eine Höhendifferenz vom Bachursprung bis zur Mündung von 900 m. Das Einzugsgebiet ist sehr klein mit 0,43 km<sup>2</sup>, langgestreckt und schmal, wobei es sich in der Mitte etwas aufweitet (linsenförmig). Der Waldanteil liegt im Einzugsgebiet bei 97 %, der Rest ist Wiese und Weide. Auffallend ist, dass der untere Teil des

Einzugsgebietes einen deutlich ausgeprägten Graben aufweist im Gegensatz zur oberen Hälfte, wo der Hang mehr oder weniger eben ausgeprägt ist. Geschiebmaterial wird in dem unteren Teil mobilisiert.

### 7.1.3.11 Eckbach (A.360)



**Abbildung 58. Einige Aufnahmen des Unterlaufes des Eckbachs.**

Der Eckbach (auch „Schgumserbach“ oder „Muterseckbach“) ist ein rechtsufriger Zubringer der Etsch und mündet über einen ca. 2,7 km langen künstlichen Graben (Schgumser Graben) auf ca. 865 m Seehöhe in die Etsch. In diesen Graben mündet auch der im Verzeichnis der öffentlichen Gewässer eingetragene Bach A.360.5. Das Einzugsgebiet des Eckbaches hat eine Fläche von 3,27 km<sup>2</sup>.

Der Eckbach weist bis zum Graben, der in die Etsch fließt, knappe 3.000 m auf und mit dem Graben ca. 5.700 m. Zwischen Bachursprung und Talboden überwindet der Eckbach eine Höhendifferenz von etwa 1.070 m. Der Bach hat im Einzugsgebiet ein mittleres Gefälle von 49 % auf und ist somit sehr steil. Der Ablagerungskegels weist ein mittleres Gefälle von 22 % auf. Der Waldanteil im Einzugsgebiet beträgt rund 63 %. Den Rest der Fläche bilden vor allem Hochalpinflächen mit spärlicher Vegetation und Schutthalden wie auch Fels.

Das Einzugsgebiet lässt sich grob mit einer Rechteckform beschreiben mit einem Längen zu Breitenverhältnis von 2,8:1, welches sich im unteren Achtel zuspitzt. Das Einzugsgebiet hat keine bedeutenden Seitengräben. Die Erosionsherde im Einzugsgebiet sind die Schuttkegel im Einzugsgebiet unterhalb des „Saurüssels“, der „Schafsspitz“ und des „Köpfeljoch“ und das unterhalb liegende Moränenmaterial. Da sich das Gelände zwischen 1.950 und 2.100 m ü.M. teilweise bis auf 15 % verflacht kann viel Material umgelagert werden.



**Abbildung 59. Aufnahme des Bachs A.360.5 und des Eckbaches.**

70

### 7.1.3.12 A.360.5

Das Demanialgewässer A.360.5 kommt aus dem „Pintschoartal“ und ist ein rechter Zubringer des Eckbaches. Die Mündung liegt auf 870 m Seehöhe. Das Einzugsgebiet erstreckt sich über eine Fläche von 1,55 km<sup>2</sup>. Die aktive Gerinnelänge beträgt an die 2.900 m (schräge Länge). Entlang dieser Strecke überwindet der A.360.5 eine Höhendifferenz von 1.030 m. Der Bach weist im Einzugsgebiet ein mittleres Gefälle von 42 % auf, entlang des Ablagerungskegels jedoch ein mittleres Gefälle von 16 %. Der Waldanteil im Einzugsgebiet beträgt rund 85 %. Den Rest der Fläche bilden Grasland, und hochalpine Flächen mit spärlicher Vegetation und Felsflächen.

Das Einzugsgebiet lässt sich grob mit einer Rechteckesform beschreiben mit einem Längen zu Breitenverhältnis von 4:1, welches sich im unteren Viertel zuspitzt. Es ist insgesamt ein sehr homogenes Einzugsgebiet ohne bedeutende Seitengräben. Die Schuttkegel und das vorliegende Moränenmaterial auf Höhe der Stierhütte bis oberhalb der Waldgrenze fungieren als Erosionsherde. Die hohen Neigungsverhältnisse im gesamten Bachverlauf erleichtern die Entstehung von Muren bereits weit oben im Einzugsgebiet. Im weiteren Gerinneverlauf kann zusätzlich durch Seitenerosion Material aufgenommen und abtransportiert werden.

### 7.1.3.13 Gafortal

Das „Gafortal“ mit seinen Gerinnen liegt orographisch rechts vom „Schgumser-Kanal“ und von der Etsch. Im Verzeichnis der öffentlichen Gewässer scheint es nicht auf. Am Kopf des Murkegels laufen mehrere einzelne Gräben zusammen. Der Kegel weist ein mittleres Gefälle von ca. 30 % auf, während die dahinterliegenden Bäche über 45% Gefälle aufweisen. Das Einzugsgebiet hat eine Fläche von 1,47 km<sup>2</sup>. Der Waldanteil im Einzugsgebiet beträgt rund 87 %. Den Rest der Fläche bilden vor allem Wiesen und Weideflächen.

Die aktive Gerinnelänge zwischen Bachursprung und Talboden liegt bei etwa 1.400 m mit einer Höhendifferenz von ca. 500 m. Das Einzugsgebiet lässt sich grob mit einer Rechtecksform beschreiben mit einem Längen zu Breitenverhältnis von 4:1. In der oberen Hälfte ist das Einzugsgebiet sehr homogen und ohne große Gräben. Die untere Hälfte hingegen ist charakterisiert durch vier größere Gräben die sternförmig auf den Ablagerungskegel zufließen; dieser Einzugsgebietsteil hat so die Form einer Muschel. Erosionsherde sind im Wesentlichen auch nur im unteren Teil ausschlaggebend, da hier das Gelände sehr steil wird und die Bäche auch seitlich Material erodieren können.



**Abbildung 60. Bild des Gafortal.**

## 7.2 Hydrologie

### 7.2.1 Allgemeines

Zweck der statistischen Analyse in der Hydrologie ist die Bestimmung der Werte der Variablen von Interesse (Niederschläge oder Abflüsse) für eine zugewiesene Wiederkehrzeit  $T$ . Aufgrund der Ausdehnung und der topographischen und geomorphologischen Komplexität des Untersuchungsgebietes sowie der wesentlichen Unterschiede der Einzugsgebiete – hinsichtlich Ausrichtung, Höhe, Vegetation, Anthropisierung, usw. – ist es praktisch unmöglich, ein einheitliches hydrologisches Abflussganglinienverfahren für alle Flüsse und Bäche der Untersuchung festzulegen, das eine korrekte hydrologische Studie ermöglicht, die Gegenstand dieser Arbeit ist.

Für die Einzugsgebiete mit Messstationen und großer Ausdehnung hat man deswegen die Abflussganglinien der maßgebenden Abflüsse mittels der Methode der Regionalisierung ermittelt, die in der Fachliteratur verfügbar ist. Für die Seitenflüsse, für die es keine aussagekräftigen historischen Aufzeichnungen gibt und die ohne Messstationen sind, wurden hingegen genauere hydrologische Modelle ausgearbeitet, um das Verhalten dieser Einzugsgebiete bei kritischen Wetterbedingungen im Detail untersuchen zu können.

### 7.2.2 Talflüsse

#### 7.2.2.1 Allgemeines

Die Analyse einer einzelnen Reihe von  $N$  Daten (bezüglich der jährlichen Niederschlagsspitzen oder Wasserführung), die für eine bestimmte Messstation verfügbar sind, kann vernünftigerweise auf die Werte der oben angeführten Variablen mit einer Wiederkehrzeit über  $2N$  geschlossen werden. Um diese Probleme zu lösen, wurden im Rahmen dieser Untersuchung einige der am häufigsten verwendeten Verfahren zur statistischen Regionalisierung für die Untersuchung der Hochwasserhydrologie der Flüsse in der Talsohle eingesetzt. Die statistische Regionalisierung ermöglicht nämlich "Zeit mit dem Raum" zu ersetzen, indem hydrologische Informationen aus nahen Gebieten verwendet werden, um die geringen Messdaten für den untersuchten Raum auszugleichen. Dazu ist es notwendig, dass um diesen Raum die statistischen Eigenheiten von Interesse homogen sind, d. h. dass das Untersuchungsgebiet als hydrologisch homogene Region klassifiziert werden kann. Im Fall des Oberen Vinschgau ist diese Annahme absolut berechtigt (siehe z. B. Schenk, 1949), sodass es möglich ist die Gesamtheit der verfügbaren Beobachtungen zu verwenden um einen Bereich von Wiederkehrdauern abzudecken, der größer ist als der von einer einzelnen Beobachtungsreihe abgedeckte.

Für die Flüsse in der Talsohle hat man sich deswegen für folgende Methoden entschieden:

- für die Ausarbeitung der Hochwasserspitzen des Hauptastes der Etsch wurde die statistische Regionalisierung, die im Rahmen des Projekts VAPI (Valutazione delle Piene in Italia) des CNR von Villi und Bacchi vorgeschlagen wurde (2001), angewendet;
- für die Untersuchung der Hochwasserhydrologie des Saldurbachs ( $100 \text{ km}^2$ ), linksseitiger Zubringer des Punibachs talseitig von Schluderns, wurde ein Niederschlags-/Abflussmodell mittels der Software HEC HMS verwendet;

- für die Hochwasserhydrologie der anderen Flüsse der Talsohle (Puni-, Ram-, Suldenbach) wurde hingegen die von Rosso und De Michele (2000) im Rahmen des Projekts VAPI vorgeschlagene Methode eingesetzt, die entsprechend aufgrund der verfügbaren Daten abgestimmt wurde.

#### 7.2.2.2 Etsch

Für die Untersuchung der Hochwasserhydrologie des Hauptastes der Etsch wurde die Regionalisierung, die im Rahmen des Projekts VAPI (Valutazione delle Piene in Italia) von Villi und Bacchi vorgeschlagen wurde (2001), angewendet, deren Ergebnisse aufgrund der vorliegenden Daten der Messstation Spondinig aus den Jahren 1985 – 2008 abgeglichen und abgestimmt wurden. Ohne auf technische Details einzugehen, verweist man kurz, dass im Allgemeinen die Methoden für die Regionalisierung die Berechnung eines Indexabflusses (Hochwasserabfluss mit Wiederkehrdauer von einem Jahr) vorsehen, über welche die zu untersuchenden Abflüsse über die Festlegung eines Wachstumsfaktors geschätzt werden. Nach dem Ansatz von Villi kann der Indexabfluss folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$q_i = a \cdot A^b$$

wobei  $q_i$  der Indexabfluss ist,  $A$  die Einzugsgebietsfläche darstellt [ $\text{km}^2$ ],  $a$  und  $b$  Regionalisierungsrichtwerte sind, die von der geographischen und morphometrischen Beschaffenheit des Untersuchungsgebietes abhängen. Somit erhält man, nach der Vorgangsweise nach Villi, die zu untersuchenden Abflüsse mit folgender Formel:

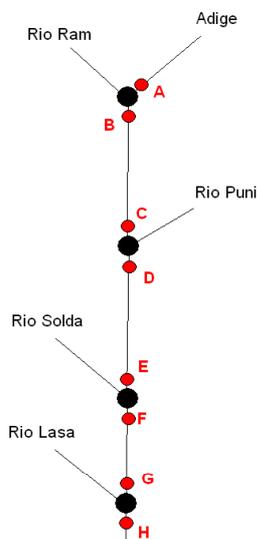
$$q_p = q_i \cdot K_T$$

in der  $q_p$  der gesuchte Abfluss und  $K_T$  ein Wahrscheinlichkeitsfaktor des Anstiegs ist. Für die Festlegung des Parameters  $K_T$  verweist man auf die einschlägige Literatur. Wegen der starken Abhängigkeit des Indexabflusses von der Ausdehnung des Untersuchungsgebietes, hat man sich entschieden die Wasserführung der Etsch in den verschiedenen Flussabschnitten zwischen den Einmündungen der Seitenflüsse zu berechnen, um den Beitrag der einzelnen Zubringer bei der Wasserführung zu berücksichtigen, und zwar nach dem Schema in Abbildung 61.

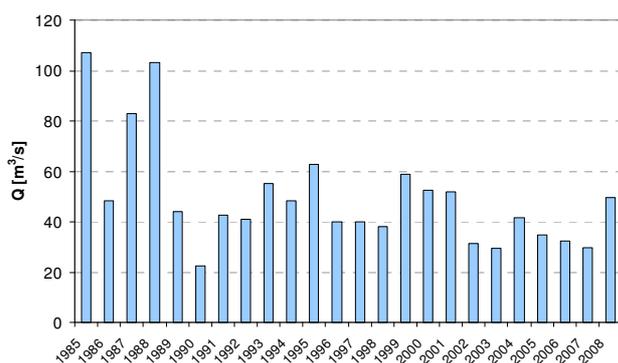
Man weiß, dass eine einfache Übereinanderlegung der Hochwasserspitzen in den Schlüsselknoten des in Abbildung 61 dargestellten hydrographischen Systems zu einer unrealistischen Überschätzung der Wasserabführung im Hauptast führen würde. Es ist, statistisch gesehen, ziemlich unwahrscheinlich, dass ein Hochwasser mit einer bestimmten Wiederkehrdauer in der Etsch sich gleichzeitig mit dem Hochwasser in den Nebenflüssen ereignet. Aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnung der Zubringereinzugsgebiete wären außerdem die Konzentrationszeiten sehr unterschiedlich, sodass die Hochwasserspitzen aus den Zubringern in keinem Fall zeitlich mit einer Hochwasserspitze der Etsch zusammenfallen können. Aufgrund der obigen Überlegungen hat man sich entschieden, die Wirkung der seitlichen Zubringer auf die Hochwasserdynamik der Etsch umzulegen und diese einfach als Nebeneinzugsgebiete zu berücksichtigen, die in den Hauptast der Etsch einfließen. Wenn man also davon ausgeht, dass die Hochwasserführung sich spürbar ändert, wenn sich die Fläche der Untersuchungsabschnitte ändert, so sind die Hochwasserführungen der Seitenflüsse implizit in der Flächenänderung berechnet, die sich vor und nach einem Knoten des hydrographischen Systems ergibt. Wechselt man z. B. vom Knoten A zu Knoten B in Abbildung 61, wächst das Einzugsgebiet der Etsch von

283 auf 472 km<sup>2</sup> an, weil auch das gesamte Einzugsgebiet des Rambachs eingerechnet wird. Rechnet man die vorher angeführten Gleichungen weiter, kann die Beteiligung des Rambaches am Hochwasser in der Etsch als Differenz  $q_{pB} - q_{pA}$  ausgedrückt werden.

Zur Überprüfung der angenommenen Hypothese wurden die Ergebnisse aufgrund der in der Messstation Spondinig registrierten Daten geeicht, bei der die Einzugsgebietsfläche 671 km<sup>2</sup> beträgt. Geschichtlich sind 25 Jahre Beobachtungen (1985 – 2008) erfasst und Abbildung 62 zeigt die jährlichen Abflussmaximalwerte. Diese Daten wurden statistisch mit unterschiedlichen Verteilungen ausgewertet und mit dem Pearson-Test überprüft, um Referenzwerte für Hochwasserabflusswerte mit unterschiedlichen Wiederkehrdauern zu erhalten.



**Abbildung 61. Schema des hydrographischen Hauptsystems des Oberen Vinschgau.**



**Abbildung 62. An der Messstation Spondinig von 1985 – 2008 aufgezeichnete jährliche Abflussmaximalwerte**

Der aus der statistischen Analyse mit den Daten der Messstation Spondinig errechnete Wert wurde dann mit den Ergebnissen der Regionalisierung des VAPI verglichen. Wie in Abbildung 63 dargestellt, ist klar ersichtlich, dass bei Berücksichtigung des gesamten Einzugsgebietes für die Station Spondinig (671 km<sup>2</sup>),

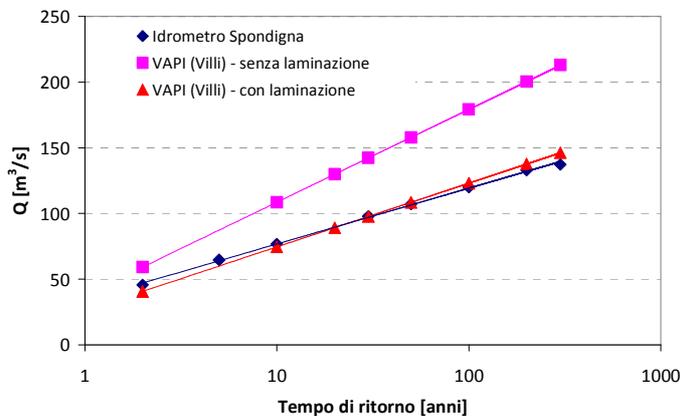
74

die Methode der Regionalisierung spürbar höhere Abflusswerte ergibt. Deswegen wurde auch die Hochwasserlamination durch das Staubecken Reschensee (Einzugsgebiet 176 km<sup>2</sup>) und des Haider Sees (33,97 km<sup>2</sup>) berechnet. Nimmt man eine fast vollständige Lamination der zwei Seen für die Wasserführungen von den oberstrom gelegenen Einzugsgebieten an, so ist zu sehen, dass sich das statistische Muster der Messstation Spondinig bestens an die Ergebnisse des VAPI anlehnt. Man kann also schließen, dass eine korrekte Abflussganglinie der Hochwasserführung der Etsch im Abschnitt der Untersuchung nicht von der Hochwasserlamination durch den Reschenstausee absehen kann.

$T_R$ [Jahre]	Q [m <sup>3</sup> /s]
2	45.63
5	64.77
10	76.83
30	97.88
50	107.13
100	119.95
200	132.99
300	137.25

75

**Tabelle 4. Statistische Ausarbeitung der in Spondinig aufgezeichneten jährlichen Abflusswerte**



**Abbildung 63. Hochwasserspitzen der Etsch in Spondinig: Vergleich zwischen VAPI (Villi) und registrierten statistischen Daten.**

Gemäß der dargestellten Vorgehensweise hat die Analyse der Etsch beruhend auf der Methode der Regionalisierung V.A.P.I. nach Villi und Bacchi (2001) zur Bestimmung der in Tabelle 5 dargestellten Abflussspitzen entlang der verschiedenen Hauptknoten des in Abbildung 61 dargestellten hydrographischen Systems geführt.

Nach der statistischen Erarbeitung der Abflussspitzen für verschiedene Wiederkehrdauern hat man ein synthetisches Hydrogramm erarbeitet, um den Hochwasserabflussganglinien eine spezifische Form zuzuweisen. Als Bezug dazu dienten die verfügbaren Hochwasserabflussganglinien der Messstation Spondinig für die Ereignisse des Jahres 1985, vom Juli 1987 und des Jahres 1988 (Abbildung 64).

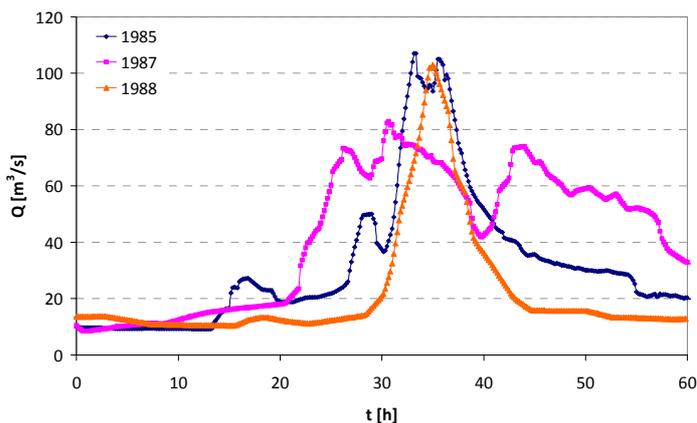
Für die Erarbeitung der synthetischen Abflussganglinien wurde das Verfahren verwendet, das z. B. von Majone et al. (2006) beschrieben wird. Es wurde zuerst eine Kurve der Abminderung der Hochwasserspitzen bestimmt, d. h. der Quantile der mittleren Höchstführung in einer bestimmten Dauer. Diese Kurve wurde mit der statistischen Analyse der mittleren Höchstführungen in zugewiesener Dauer errechnet, die als Auszug der historischen Hochwasserwellen erarbeitet wurden.

Flussabschnitt	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]	Q <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>300</sub> [m <sup>3</sup> /s]
A – oberhalb Mündung Rambach	283.2	15.5	19.6	23.2
B - unterhalb Mündung Rambach	472.2	55.6	70.0	83.2
D - unterhalb Mündung Punibach	651.1	93.6	117.8	139.9
F - unterhalb Mündung Suldenbach	832.8	132.1	166.4	197.7
H - unterhalb Mündung Laaserbach	940.3	154.9	195.1	231.8

**Tabelle 5. Hochwasserspitzen der Etsch für verschiedene Wiederkehrzeiten an den wichtigsten Einmündungen der Zubringer.**

76

Das synthetische Abflussganglinie wurde somit auf der Voraussetzung erarbeitet, dass die mittlere Höchstführung bei jeder Dauer mit der von der Kurve vorgesehenen übereinstimmt. Abbildung 65 zeigt die synthetischen Abflussganglinien für die hydrographische Station Spondinig.



**Abbildung 64. An der Messstation Spondinig aufgezeichnete Abflussganglinien während der Ereignisse 1985, 1987 und 1988**

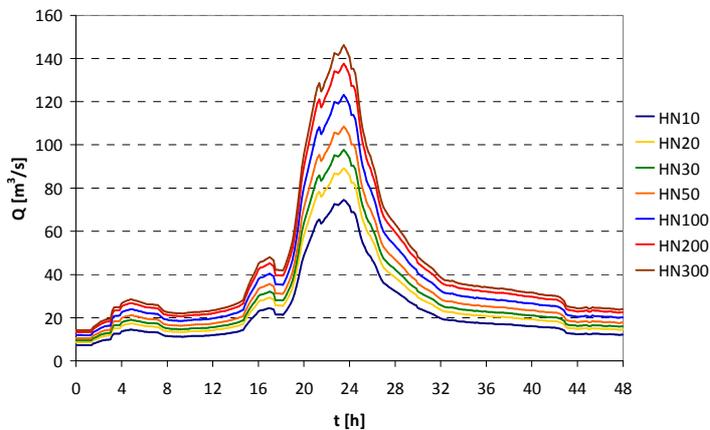


Abbildung 65. Synthetischen Abflussganglinien für die hydrographische Station Spondinig.

Das verwendete Verfahren ergibt an der Messstation Spondinig ein Hochwasservolumen von insgesamt 6,61 Millionen m<sup>3</sup> für Wiederkehrzeiten von 100 Jahren. Mit den vorgestellten Untersuchungen kann angenommen werden, dass das hydrologische Verhalten des „hydrographischen Systems“ der Etsch beim Abflussquerschnitt der Messstation Spondinig statistisch ausreichend genau erfasst ist.

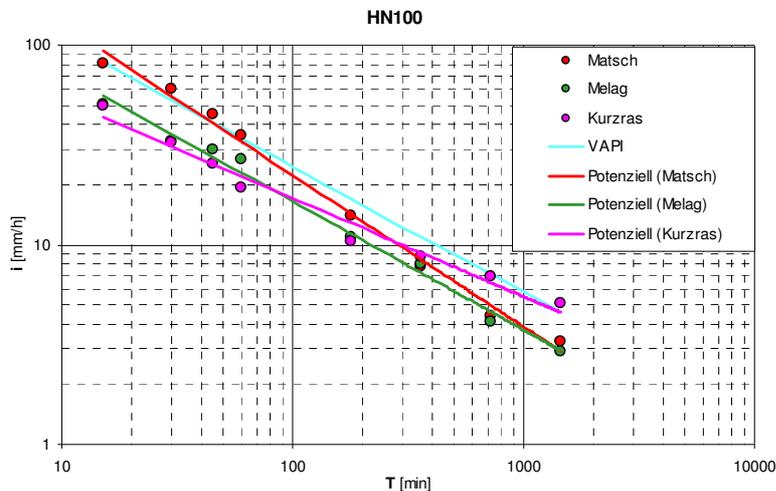
### 7.2.2.3 Saldurbach

Aufgrund der hydrogeologischen Komplexität des Einzugsgebietes des Saldurbachs hat man sich für die Ausarbeitung eines genauen Niederschlags-/Abflussmodells mittels des Programmes HEC - HMS 3.2 entschieden. Das Modell erarbeitet die Abflussganglinien über die Schätzung einiger Parameter, die von der Bodennutzung, der Geolithologie und Morphometrie des berücksichtigten Einzugsgebietes abhängen. Der Kontrollquerschnitt wurde unmittelbar vor der Ortschaft Schluderns festgelegt.

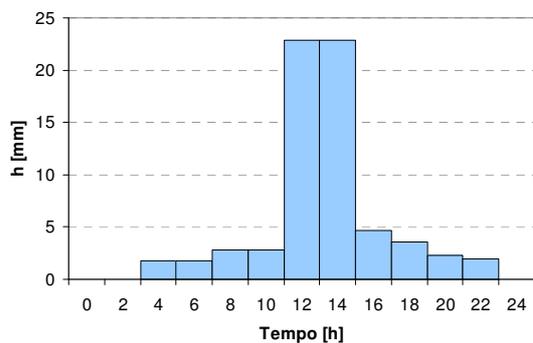
Geometrisch wurde das Einzugsgebiet des Saldurbachs in 33 Untereinzugsgebiete mit Flächen von 1 bis 10,3 km<sup>2</sup> unterteilt, um möglichst realistisch die Hochwasserabflussganglinien in Abhängigkeit der maßgebenden Niederschläge zu simulieren. Die maßgebenden Niederschlagsereignisse wurden aus einem Vergleich zwischen der statistischen Ausarbeitung der in den Regenmessstationen von Matsch (Kzf. 0480), Melag (Kzf. 0110) und Kurzras (Kzf. 1530) registrierten Daten und den Werten aus der Regionalisierung im Rahmen des Projekts VAPI gewonnen. Anschließend hat man sich entschieden, die maßgebenden Niederschlagsshyetogramme mittels einer Korrektur des punktuellen statistischen Wertes an den Wert der Regionalisierung anzupassen, wie aus Abbildung 66 ersichtlich ist.

Nachdem so die Verteilung des Niederschlags in den Untereinzugsgebieten des Saldurbachs festgelegt wurde, wurde die kritische Niederschlagsdauer des Einzugsgebietes durch Iteration im Programm HEC – HMS 3.2 errechnet, indem dem gesamten Gebiet konstante und wachsende Niederschlagsintensität zugewiesen wurde. Die Fläche der berücksichtigten Teileinzugsgebiete wurde in einer GIS-Benutzeroberfläche (Arc Hydro Tools 9) berechnet, die Konzentrationszeiten wurden über die gängigsten empirischen Formeln in der Literatur berechnet, die auf den Kenntnissen der Morphologie des EZG, der wichtigsten Geolithologie und der Bodennutzung der Teileinzugsgebiete (Giandotti, SCS, Kinematic Equation, usw.) beruht. Die kritische Regenzeit ergibt sich mit ungefähr 16 Stunden, was den

Werten entspricht, die vom Ingenieurbüro Patscheider & Partner GmbH im Rahmen der Ausarbeitung des Gefahrenzonenplans für die Gemeinde Schluderns (2007) festgelegt wurden.



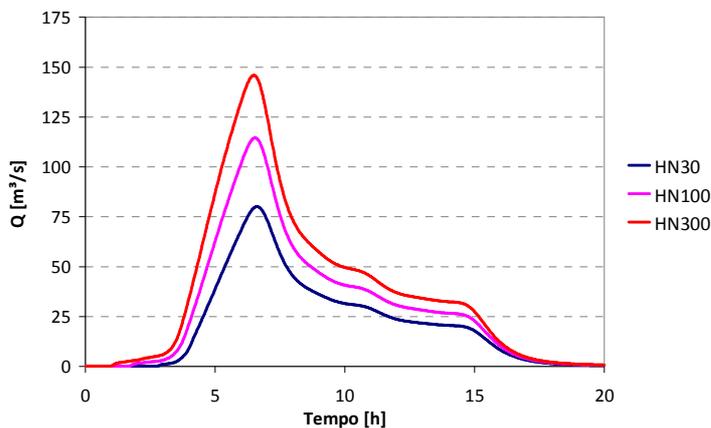
**Abbildung 66.** Vergleich zwischen den Kurven der Niederschlagsintensität für das Jahrhundertereignis für den Saldurbach.



**Abbildung 67.** Hyetogramm eines Jahrhundertregens mit einer Dauer von 16 Stunden, mit teilweise gesättigtem EZG (4 Stunden Regen vorher) für die zur Regenmessstation Matsch gehörenden Untereinzugsgebiete.

Für die genaue Abflussganglinie der Projektabflussganglinien in HEC – HMS 3.2 wurden die Hyetogramme des kritischen Niederschlags mit der Methode der alternierenden Blöcke („Alternating Block“) aufgebaut, um das Starkniederschlagsverhalten möglichst realistisch nachzuvollziehen. In Abbildung 67 wird beispielsweise das Hyetogramm bezüglich eines Jahrhundertereignisses für die zur Station Matsch gehörenden Untereinzugsgebiete dargestellt, wobei die Untereinzugsgebiete als teilweise gesättigt d.h. mit einer Regendauer vor dem Ereignis von ungefähr 4 Stunden berücksichtigt wurden. Es wurden die SCS Curve Number für die Berechnung des Nettoniederschlags, die Einheitsganglinie („Unit Hydrograph“) für die Berechnung der Zuflüsse – Abflüsse und die kinematische Welle für die Berechnung der Fortpflanzung der Hochwasserwelle durch das Hauptgerinne des Baches verwendet. Aufgrund der

erläuterten Annahmen wurden die Hochwasserabflussganglinien für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren berechnet. In Abbildung 68 sind die beim Abflussquerschnitt talseitig der Rückhaltesperre vor dem Zentrum von Schluderns berechneten Hochwasserabflussganglinien dargestellt. Es ergeben sich  $HQ_{30} = 80.1 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $HQ_{100} = 114.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $HQ_{300} = 145.9 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Abbildung 68. Reinwasserhydrographen beim Abflussquerschnitt talseitig der Rückhaltesperre am Saldurbach.**

#### 7.2.2.4 Regionalisierung nach VAPI (Rosso)

Für die Untersuchung der Hochwasserhydrologie der anderen Flussläufe in der Talsohle hat man sich hingegen für die Methode der Regionalisierung entschieden und dafür besonders das vom "Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche" des CNR ausgearbeitete Sonderprojekt der Hochwasserbewertung (VAPI) unter Zuhilfenahme der Angaben von Rosso und De Michele (2000) einzusetzen. Ohne auf Details einzugehen, für die man auf die Bibliographie verweist, erfolgt die Abschätzung des Indexabflusses (Hochwasser mit Wiederkehrdauer von 1 Jahr) mittels folgender Formel:

$$q_i = q(1) \cdot A^m$$

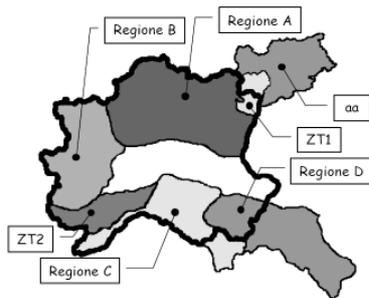
in der  $q_i$  den Indexabfluss darstellt,  $q(1)$  den charakteristischen Einheitszufluss,  $A$  die Fläche des Einzugsgebietes ( $\text{km}^2$ ), während  $m$  ein charakteristischer Exponent ist, dem die Methode der Regionalisierung eine gewisse Variabilität zuweist, was es ermöglicht, die besonderen Eigenschaften eines jeden untersuchten Einzugsgebietes teilweise zu berücksichtigen. In der Tabelle 6 sind die von Rosso und De Michele (2000) festgelegten Unterregionen angegeben und die zugewiesenen Werte für  $q(1)$  und  $m$  für die verschiedenen Unterregionen angeführt. Die Hochwasserabflussspitze wird folgendermaßen berechnet:

$$q_p = q_i \cdot x_T$$

wo  $q_p$  die Hochwasserspitze und  $x_T$  der Wachstumsfaktor ist, der die Wiederkehrzeit des Ereignisses berücksichtigt.

Auf diese Weise sollte es möglich sein, ausreichend zuverlässige Werte der Hochwasserspitzen aller Wasserläufe der Talsohle zu erhalten, die mit den Evidenzen und Eigenheiten der Einzugsgebiete und

den vorher dargestellten genaueren Formulierungen übereinstimmen. Er erschien nicht realistisch auch in diesem Fall die Regionalisierung von Villi und Bacchi (2001) zu verwenden, weil sie auf Messstationen abgestimmt ist, die nicht zu Zubringern der Etsch im Oberen Vinschgau gehören. Außerdem ist man der Meinung, dass die Methode von Rosso für Einzugsgebiete kleineren Ausmaßes (Flächen zwischen 90 und 200 km<sup>2</sup>) zuverlässiger ist, wie übrigens alle in dieser Arbeit berücksichtigten Zubringer sind, und eine, wenn auch nur annähernde, Kalibrierung der errechneten Werte erlaubt.



Regione		<i>m</i>	$\bar{q}(1), \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ Km}^{-2m}$	$R^2 \text{ (LN)}$
A	Alpi e Prealpi Centrali	0.799 (± 0.183)	2.098	0.61
B	Alpi e Prealpi Occidentali	0.901 (± 0.148)	0.525	0.76
C	Appennino Nord Occidentale e Bacini Tirrenici	0.728 (± 0.077)	5.866	0.74
D	Appennino Nord Orientale	0.772 (± 0.062)	2.487	0.89
aa	Alto Adige e suoi affluenti	0.638 (± 0.089)	1.586	0.69

**Tabelle 6. Unterregionen festgelegt im Verfahren von Rosso und De Michele (2000) und Werte der Koeffizienten.**

Regione	Periodo di Ritorno, anni					
	10	20	50	100	200	500
A Alpi e Prealpi Centrali	1.61+1.74	1.93+2.12	2.37+2.68	2.71+3.15	3.05+3.69	3.49+4.51
B Alpi e Prealpi Occidentali	1.69+1.90	2.20+2.56	3.00+3.74	3.71+4.95	4.47+6.58	5.45+9.69
C Appennino NO & B. Tirrenici	1.74+1.86	2.23+2.43	2.99+3.36	3.66+4.25	4.41+5.35	5.51+7.26
D Appennino Nord Orientale	1.56+1.66	1.84+1.98	2.22+2.44	2.52+2.83	2.81+3.26	3.19+3.90
aa Alto Adige e suoi affluenti	1.49+1.57	1.74+1.85	2.07+2.26	2.33+2.59	2.59+2.96	2.92+3.52

**Tabelle 7. Vertrauensintervall des Anstiegsfaktors für einige Wiederkehrzeitdauern T.**

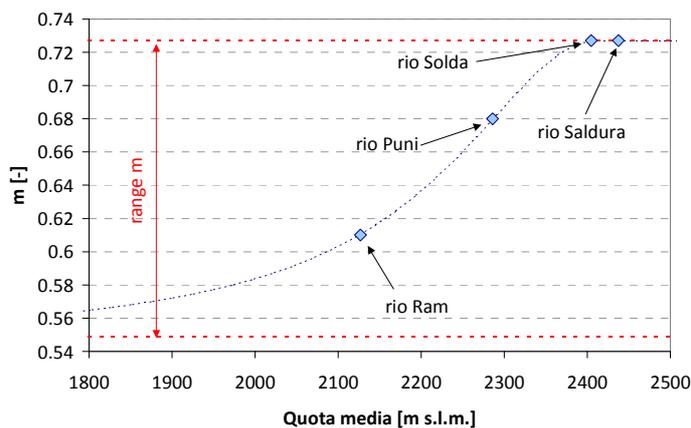
Die Berechnung der Hochwasserabflussspitzen mit der angewandten Methode erfolgt nämlich notwendigerweise über die Schätzung eines charakteristischen Exponenten *m*, der aufgrund der Eigenheiten des Einzugsgebietes abgestimmt werden kann und so die Abflussganglinie an die verschiedenen Situationen anpassen lässt, da die untersuchten Einzugsgebiete unterschiedlich sind. Aus den durchgeführten Lokalaugenscheinen und den Hinweisen in der nachgeschlagenen Literatur ergibt sich folgendes Bild:

- Das Einzugsgebiet des Suldurbachs ist zu 17,8% von Gletschern bedeckt, wie auch der Saldurbach (6,5%). Im Gegensatz dazu liegen die Prozentsätze für den Puni- und Rambach unter 1%. Somit kann man für den Suldur- und Saldurbach höhere Werte des Koeffizienten *m* annehmen, weil der Beitrag der Schneeschmelze zur Hochwasserdynamik nicht zu unterschätzen ist.
- Der Puni- und der Saldurbach weisen ähnliche Einzugsgebiete auf, mit ähnlicher Ausrichtung, Form, Verhältnis B/L, Bodenbewuchs, usw. Beide Täler weisen im Mittelteil ebenere Abschnitte auf, auch wenn sie ziemlich eingeschnitten sind, wo die Transportfähigkeit der Flüsse abnimmt und die Ablagerung eines Teils der von höheren Lagen mobilisierten Materials ermöglicht. Aufgrund der

festgestellten Ähnlichkeiten kann man auch eine gewisse Ähnlichkeit der Dynamik des Hochwasseranstieges annehmen und, wenigstens in den höheren Untereinzugsgebieten, ähnliche spezifische Wasserführungen ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) berücksichtigen.

- Der Rambach ist auf Schweizer Gebiet in der Ortschaft Müstair mit einer Messstation ausgestattet, die aber hinsichtlich statistischer Auswertung einen nicht repräsentativen Zeitraum abdeckt. Wegen seiner besonderen Talform, mit langen engen Abschnitten und weiten ebenen Flächen zwischen Bergen nicht unerheblicher Höhe und anders als die Einzugsgebiete der anderen Seitenflüsse an der Talsohle, kann man, im Verhältnis zu den anderen untersuchten Wasserläufen, geringere spezifische Wasserführungen annehmen. Es stehen auch verschiedene Untersuchungen zur Verfügung, die in Zusammenarbeit mit dem B.A.F.U. durchgeführt wurden, die eine Abstimmung der Modellierung beim Abflussquerschnitt Müstair erlauben ( $129,8 \text{ km}^2$ ).

Aufgrund der obigen Überlegungen wurde die folgende Verteilung des charakteristischen Exponenten  $m$  von Rosso, ausgedrückt in Abhängigkeit der durchschnittlichen Höhe der berücksichtigten Einzugsgebiete, angenommen. Man sieht (Abbildung 69), dass die Bäche mit der höchsten Durchschnittshöhe (Sulden-, Saldurbach) auch jene sind, die die größte Gletscherfläche aufweisen und deshalb im späten Frühjahr und im Sommer den intensivsten Wasserabfluss haben. Für diese Einzugsgebiete ist es also gerechtfertigt, dem Koeffizienten  $m$  den Höchstwert laut Rosso und De Michele (0,727) zuzuweisen und dadurch große spezifische Wasserführungen zu erhalten, die den Einfluss der Schneeschmelze auf das Hochwasser widerspiegeln können. Mit diesem Wert des charakteristischen Exponenten  $m$ , ergibt die angewandte Methode Werte, die ziemlich gut mit den Ergebnisse des Niederschlags-Abfluss-Modells übereinstimmen, das für den Saldurbach ausgearbeitet wurde. Für das Einzugsgebiet des Punibachs führt die angewandte Regionalisierung zur Schätzung eines Wertes  $m = 0,68$ , der leicht niedriger ist als der für den Saldurbach berechnete.



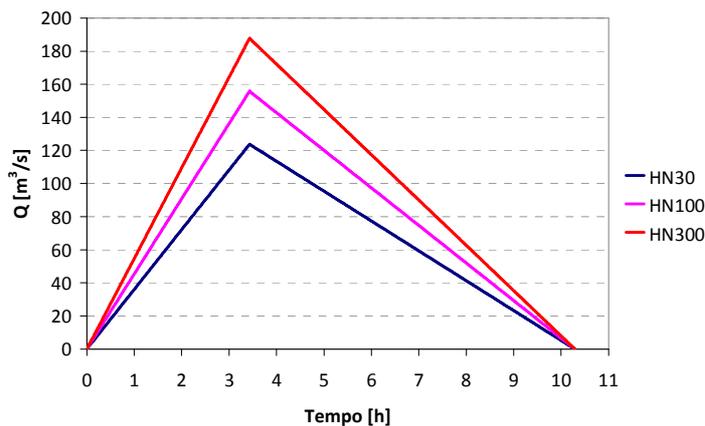
**Abbildung 69. Werte des Koeffizienten  $m$  nach VAPI (Rosso) für die Hauptzubringer der Etsch.**

Die Abstimmung des Modells für den Rambach auf die offiziellen Daten des BAFU ( $HQ_{100} = 80 \text{ m}^3/\text{s}$  bei Abflussquerschnitt Müstair) ergibt den niedrigsten Wert für den Koeffizienten  $m$  (0,61) entsprechend den vorher angeführten Überlegungen. In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der erklärten

Methode dargestellt und eine Schätzung der Hochwasserhydrogramme und der entsprechenden Volumina geboten.

### 7.2.2.5 Suldenbach

Was den Suldenbach angeht, so zeigt die nachgeschlagene Dokumentation der Ereignisse, dass es bei den Ereignissen in den Achtziger-Jahren, die große Schäden im Obere Vinschgau angerichtet haben, keine Austritte aus dem Bachbett gegeben hat. Trotzdem wurde das alte Abflussprofil saniert und weiter vertieft, die Brücken wurden umgebaut, sodass mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, dass die Abflussfähigkeit im Bachbett im urbanen Abschnitt im Verhältnis zur alten Konfiguration weiter erhöht wurde. Man erachtete es deswegen nicht angebracht, die genaue Hochwasserabflussganglinie mittels Niederschlags-Abflussmodell genau zu berechnen, sondern sich auf die Überprüfung der Abflussfähigkeit für die derzeitige Form zu beschränken und dafür die Hochwasserspitzenwerte zu berücksichtigen, die sich aus der Regionalisierung des VAPI (Rosso) ergeben haben, indem eine vereinfachte Abflussganglinie über die rationelle Methode ausgearbeitet wird. Für die Abschätzung der Konzentrationszeit für den Hauptast des Gewässers wurden einige empirische Formeln der Literatur (Giandotti, Kerby, Bransby – Williams, FAA, SCS) verwendet, die durchschnittlich eine Zeit  $t_c$  von 3.43 Stunden ergeben haben.



**Abbildung 70. Berechnete Dreieckabflussganglinien für den Suldenbach.**

Die Hochwasserabflussganglinien wurden errechnet, indem ein linearer Anstieg des Abflusses bis zum Erreichen der Konzentrationszeit  $t_c$  angenommen wurde, bei der das EZG die maximale Wasserführung hervorbringt, während für das Abklingen des Hochwassers ein Zeitintervall angewendet wurde, das doppelt so lang ist wie die Konzentrationszeit, mit entsprechender Beibehaltung der Linearität. Es ergeben sich  $HQ_{30} = 123.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $HQ_{100} = 155.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $HQ_{300} = 187.7 \text{ m}^3/\text{s}$ , während das Jahrtausendereignis einen Wert von  $HQ_{1000} = 226.5 \text{ m}^3/\text{s}$  ergibt. Das verwendete Verfahren führt zu einer Schätzung der Gesamtwassermenge beim Abflussquerschnitt von ungefähr 2.88 Millionen Kubikmeter für Wiederkehrzeiten von 100 Jahren. Die spezifische Hochwasserführung für ein Jahrhundertereignis beläuft sich somit auf  $0.97 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ . Die historischen Unterlagen zeigen, dass bei den größten Hochwassern der letzten Jahrzehnte die Schneeschmelze und der durch den Gletscherschwund resultierende Abfluss, (ungefähr  $17 \text{ km}^2$  Gletscherfläche in den Höhenlagen des

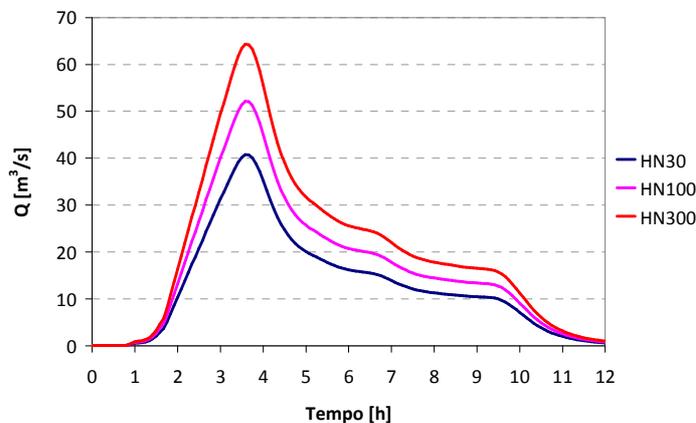
Einzugsgebietes), eine nicht unerhebliche Rolle spielt, was so große spezifische Wasserführungen zu rechtfertigen scheint.

#### 7.2.2.6 Punibach

Für die Untersuchung der Hochwassermodellierung des Punibachs wurden die Abflussganglinien beim Abflussquerschnitt in der Örtlichkeit Ulten an der Spitze des Schwemmkegels nach der großen Rückhaltesperre berechnet. Für die Berechnung der Hochwasserganglinien aus dem Planeital gelten folgende Annahmen:

- das Planeital ist von der Form, der geographischen Lage und den meteorologischen Bedingungen dem angrenzenden Matschertal ähnlich; die geometrischen Verhältnisse zur Beschreibung des Einzugsgebietes (L/B) sind ähnlich, sodass die gleiche spezifische Wasserführung anzunehmen ist;
- für die große Rückhaltesperre in der Örtlichkeit Ulten gilt die Annahme, dass sie effizient ist und die vom Berg kommenden Feststoffe zur Gänze zurückgehalten werden.

Wenn man also dieselben Abflussspenden der höheren Teileinzugsgebiete des Saldurbachs annimmt (was der Anwendung der Methode des V.A.P.I. (Rosso) mit einem Koeffizienten  $m = 0,68$  entspricht), ergeben sich die in Abbildung 71 dargestellten Abflussganglinien. Es ergeben sich  $HQ_{30} = 40.75 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $HQ_{100} = 52.13 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $HQ_{300} = 64.32 \text{ m}^3/\text{s}$ . Das verwendete Verfahren führt zu einer Schätzung der Gesamtwassermenge beim Abflussquerschnitt von ungefähr  $735.000 \text{ m}^3$  für Wiederkehrzeiten von 100 Jahren. Die spezifische Hochwasserführung für ein Jahrhundertereignis beläuft sich somit auf  $0.96 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .



**Abbildung 71. Maßgebende Abflusshydrogramme in der Örtlichkeit Ulten.**

#### 7.2.2.7 Rambach

Auch die Hochwasserführung des Rambachs wurde untersucht, indem die Hochwasserspitzen mittels Regionalisierung nach Rosso und Di Michele (2000) festgelegt und die Abflussganglinien mittels einer vereinfachten rationalen Methode erarbeitet wurden. Die Konzentrationszeit wurde mit ungefähr 4,4 Stunden für eine Lauflänge von 21,92 km von der Quelle bis zum Abflussquerschnitt berechnet. In Abbildung 72 sind die Hochwasserabflussganglinien für den Rambach beim Abflussquerschnitt an der

Kalvenbrücke (185 km<sup>2</sup>) angeführt. Es ergeben sich HQ30 = 78.7 m<sup>3</sup>/s, HQ100 = 100.6 m<sup>3</sup>/s und HQ300 = 124.1 m<sup>3</sup>/s, außerdem wird ein Jahrtausendereignis auf HQ1000 = 155.2 m<sup>3</sup>/s geschätzt. Diese Werte entsprechen den offiziellen Untersuchungen, die für das UFAM der Schweiz durchgeführt wurden.

Das verwendete Verfahren führt zu einer Schätzung der Gesamtwassermenge beim Abflussquerschnitt von ungefähr 2,39 Millionen Kubikmeter für Wiederkehrzeiten von 100 Jahren. Die spezifische Hochwasserführung für ein Jahrhundertereignis beläuft sich somit auf rund 0.55 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>.

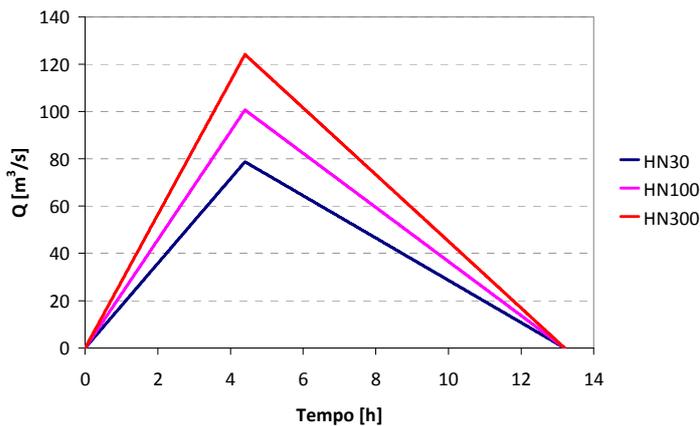


Abbildung 72. Maßgebende Abflusshydrogramme für den Rambach.

### 7.2.2.8 Zusammenfassung

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse der hydrologischen Untersuchungen für die Gewässer der Talsohle zusammengefasst, die sich aus den unterschiedlichen verwendeten Regionalisierungsmethoden ergeben haben. Die Werte dürften die hydrologischen, geographischen und geolithischen Eigenheiten der einzelnen berücksichtigten Einzugsgebiete mit ausreichender Zuverlässigkeit widerspiegeln.

Flusslauf	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]	Q <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>300</sub> [m <sup>3</sup> /s]
Etsch (bei Spondinig)	671	97.88	119.95	137.25
Saldurbach	97	80.10	114.50	145.90
Suldenbach	161	123.70	155.70	187.70
Punibach (Ukten)	42	40.75	52.13	64.32
Rambach	185	78.70	100.60	124.10

Tabelle 8. Zusammenfassung der Hochwasserspitzen für die Flüsse der Talsohle.

## 7.2.3 Primäre Zubringer

### 7.2.3.1 Niederschlagsanalyse

Nr.	Station / stazione	m ü.M. m s.l.m.	Aufeinanderfolgende Tage / giorni consecutivi				
			1	2	3	4	5
1	Agums / Prad Agumes / Prato	907	71	71	71	71	71
2	Gand Ganda	1.490	47	47	47	47	47
3	Karthaus Certosa	1.330	33	33	33	33	33
4	Kurzras Maso Corto	2.012	24	24	24	24	24
5	Marienberg Monte Maria	1.335	84	84	84	84	84
6	Matsch Mazia	1.570	78	78	78	78	78
7	Naturns Naturno	554	71	71	71	71	71
8	Schlanders Silandro	718	82	82	82	82	82
9	Stausee Zufritt Diga di Gioveretto	1.851	35	35	35	35	35
10	St.Valentin auf der Heide S.Valentino alla Muta	1.520	87	87	87	87	87
11	Sulden Solda	1.910	51	51	51	51	51
12	Taufers / Rifair Tubre / Rivaira	1.119	79	79	79	79	79
13	Vernagt Vernago	1.700	53	53	53	53	53
14	Vorderkaser Casere di Fuori	1.705	44	44	44	44	44

**Tabelle 9. Beobachtungsjahre für die für langanhaltende Regenfälle verwendeten Stationen.**

85

Zur Analyse der Niederschläge werden 14 meteorologische Stationen aus dem Vinschgau herangezogen (Agums-Prad, Gand, Karthaus, Kurzras, Naturns, Matsch, Schlanders, Marienberg, St. Valentin, Sulden, Taufers-Rifair, Vernagt, Vorderkaser, Zufritt). Die meteorologischen Daten lassen sich in zwei Gruppen unterteilen: in Niederschlagsaufzeichnungen mit einer Auflösung von 1-Tages, 2-Tages, 3-Tages, 4-Tages und 5-Tages-Niederschlägen und in Niederschlagsaufzeichnungen mit einer Auflösung von 15 min, 30 min, 45 min, 1 h, 3 h, 6 h, 12 h und 24 h. Beide Gruppen von Niederschlagsdaten werden nach Station getrennt einer Gumbelanalyse unterworfen. Daraus resultierten 24 Extremwertstatistiken, welche sich untereinander vergleichen lassen. Die Zeitreihen der Stationen, die zur Auswertung gelangen, sind dabei sehr inhomogen und umfassen Datenreihen von 21 Jahren bis 87 Jahren. Aus diesem Grund fällt dem Vergleich der errechneten Niederschläge eine große Bedeutung zu. Aus der Gruppe der hochaufgelösten Niederschlagsanalysen wurden schließlich die Maxima der verschiedenen Stationen zur weiteren Analyse herangezogen.

Nr.	Station / stazione	m ü.M. m s.m.	Aufeinanderfolgende Tage / giorni consecutivi						
			15	30	45	60	180	360	720
1	Naturns	554	36	33	29	39	39	39	39
	Naturno								
2	Marienberg	1.335	24	27	21	40	40	40	40
	Monte Maria								
3	Schlanders	718	37	45	32	64	63	64	63
	Silandro								
4	St.Valentin auf der Heide	1.520	36	45	33	62	62	62	62
	S.Valentino alla Muta								
5	Vernagt	1.700	30	31	28	37	37	37	37
	Vernago								

**Tabelle 10. Beobachtungsjahre für die für intensive Regenfälle verwendeten Stationen.**

Aufgrund der punktuellen Messungen und der relativ kurzen Messreihen der einzelnen Messstationen ist die Wahrscheinlichkeit, dass die für die primären, sehr steilen und flächenmäßig kleinen Wildbacheinzugsgebiete ausschlaggebenden Gewitterereignisse genügend Berücksichtigung in der Statistik finden, nicht gegeben. Die Ergebnisse der Gumbelanalyse der hochaufgelösten Niederschlagswerte der Stationen wird deshalb ähnlich der in der Schweiz praktizierten Methode (Faktor 1,5) noch einmal um den Faktor 1,25 multipliziert, um dem Gewittercharakter der Niederschlagsereignisse weiter gerecht zu werden.

Aus den so erhaltenen Matrizen der Extremniederschläge für eine Dauer von 15 min bis 24 h und Jährlichkeiten von 30, 100, 150 und 300 Jahren wird ein Intensitäts-Dauerfunktions-Diagramm (IDF) entwickelt, welches im weiteren Schritt zur Bildung von Niederschlagsblöcken nach der „Alternating-

Block-Methode“ herangezogen wird. Werden nun die Intensitäts-Dauer-Funktionen der Niederschläge auf die einzelnen Einzugsgebiete und Untereinzugsgebiete umgelegt, so ergeben sich maximale Intensitäten von etwa 150 mm/h.

t	T30		T100		T300		T150			
	[h]	[min]	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h		
0,25	15		26,1	104,5	31,4	125,6	36,2	144,8	32,6	130,4
0,30	30		32,4	64,7	38,7	77,5	45,3	90,6	40,4	80,8
0,75	45		34,6	46,2	41,4	55,2	48,3	64,4	43,1	57,5
1,00	60		36,8	36,8	44,1	44,1	51,3	51,3	45,9	45,9
3,00	180		54,5	18,2	65,3	21,8	75,2	25,1	67,8	22,6
6,00	360		73,8	12,3	88,4	14,7	101,7	17,0	91,7	15,3
12,0	720		99,7	8,3	119,9	10,0	138,4	11,5	124,5	10,4
24,0	1440		132,0	5,5	159,1	6,6	184,0	7,7	165,3	6,9

Tabelle 11. Ergebnisse der statistischen Analyse nach Gumbel, mit Wachstumsfaktor 1.25.

87

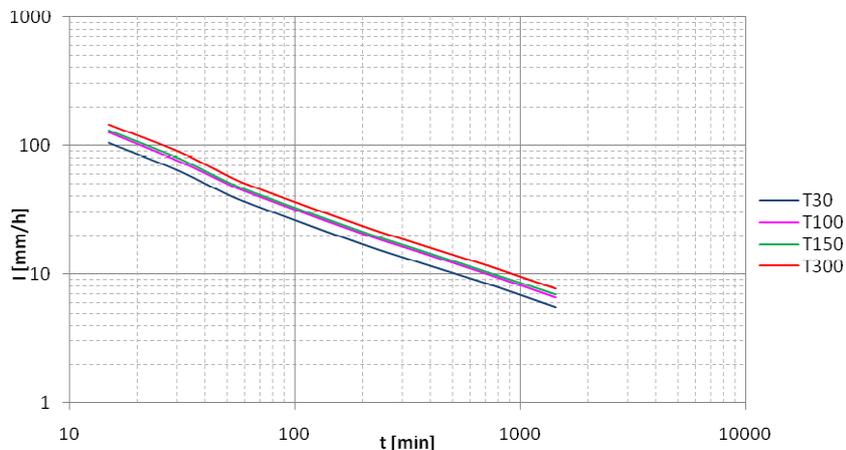


Abbildung 73. IDF-Diagramme für die maßgebenden Niederschläge.

Die Annahme solch hoher Intensitäten kann durch einen Vergleich mit mehreren Niederschlagsradarmessungen der vergangenen Jahre in verschiedenen Gebieten der Provinz Bozen bestätigt werden (Autonome Provinz Bozen, 2002, 2002a, 2008).

Die sich so ergebenden Niederschläge werden für jedes Einzugsgebiet auf die entsprechenden Konzentrationszeiten umgelegt und zusammen mit den über GIS ermittelten CN-Werten für die Berechnung der Reinwasserganglinien verschiedener Jährlichkeiten in HEC-HMS 3.2 weiterverarbeitet.

Auch in diesem Fall wurden die Methoden SCS Curve Number für die Nettoniederschlagsberechnung, die Einheitshydrogramme ("Unit Hydrograph") für die Berechnung der Zuflüsse – Abflüsse und die kinematische Welle für die Modellierung der Fortpflanzung der Hochwasserwelle durch die Hauptgerinne der Bäche verwendet.

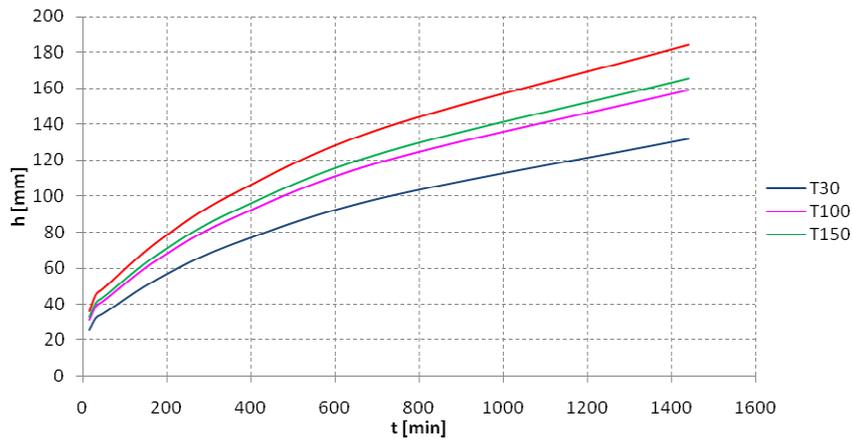


Abbildung 74. ADF-Diagramme für die maßgebenden Niederschläge.

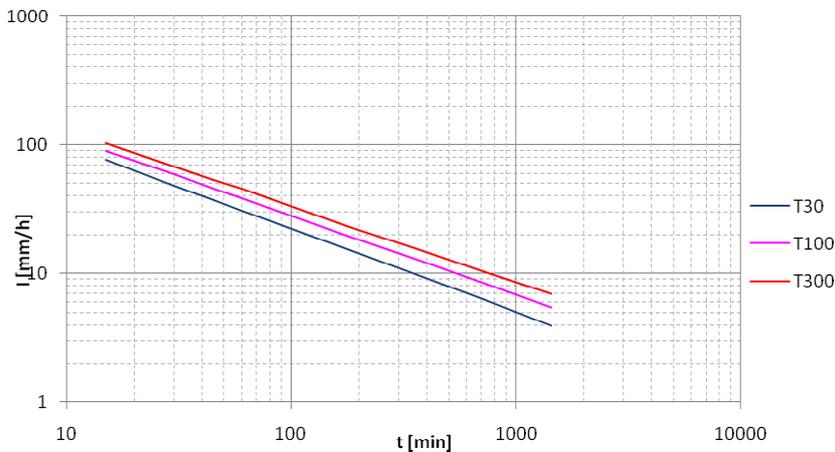


Abbildung 75. Diagramm VAPI für Triveneto (Subregion Südtirol).

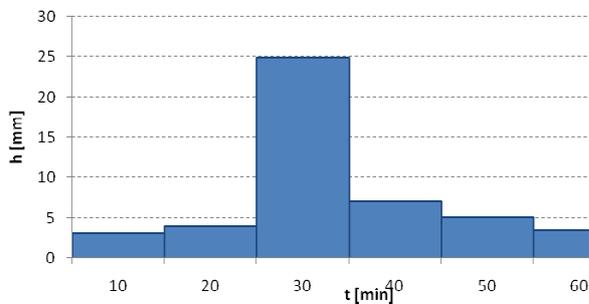
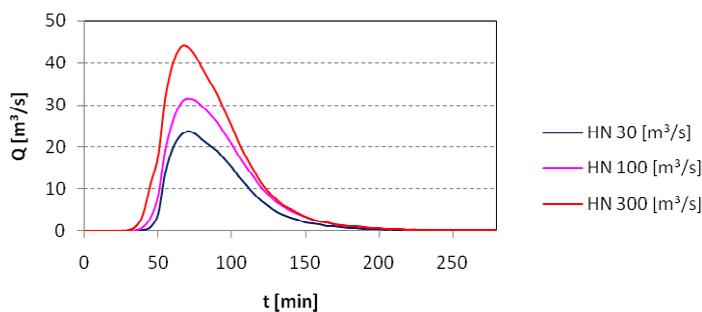


Abbildung 76. Hyetogramm (Alternating Block Method) für die Dauer von 1h und  $T_R = 100$  Jahre.

t		h	i[IDF]	Δh	T <sub>i</sub>	T <sub>i+1</sub>	Blocks
[h]	[min]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[min]	[min]	[mm]
0,17	10	24.9	149.7	24.9	0	10	<b>3.0</b>
0,33	20	32.0	96.1	7.1	10	20	<b>4.0</b>
0,50	30	37.1	74.1	5.0	20	30	<b>24.9</b>
0,67	40	41.1	61.6	4.0	30	40	<b>7.1</b>
0,83	50	44.5	53.4	3.4	40	50	<b>5.0</b>
1,00	60	47.6	47.6	3.0	50	60	<b>3.4</b>

**Tabelle 12.** Niederschläge errechnet mit der Methode der alternierenden Blöcke – Dauer 1 h und T<sub>R</sub> = 100a.

### 7.2.3.2 Allitzerbach (A.340)



**Abbildung 77.** Hochwasserabflussganglinien für den Allitzerbach für die Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre.

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 19,8 [m³/s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 24,7 [m³/s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km²]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 13.** Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Allitzerbach.

Zur Ermittlung der Reinwasserganglinien wird der Allitzerbach in seine beiden Untereinzugsgebiete Stimmbach und Gatria unterteilt. Die beiden Einzugsgebiete werden aufgrund ihrer Fläche und ihrer geomorphologischen Gestalt mit unterschiedlichen Intensitäten überregnet.

Teile des Einzugsgebietes werden dabei mit Intensitäten bis zu 125 mm/h überregnet. Die daraus resultierenden Ganglinien werden an ihrem Zusammenfluss wieder überlagert. Die spärliche Bewaldung beider Untereinzugsgebiete, die hohen Hangneigungen und die hohe Gerinnetichte führen zu einem raschen Abführen des Regenwassers und zu einer starken Abflusskonzentration. Es ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 31,5 m<sup>3</sup>/s für eine hundertjährige Wiederkehrwahrscheinlichkeit. Die Abflussfracht des Reinwassers beläuft sich für dieselbe Jährlichkeit auf 115.700 m<sup>3</sup>.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach HAMPEL die in Tabelle 13 angegebenen Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

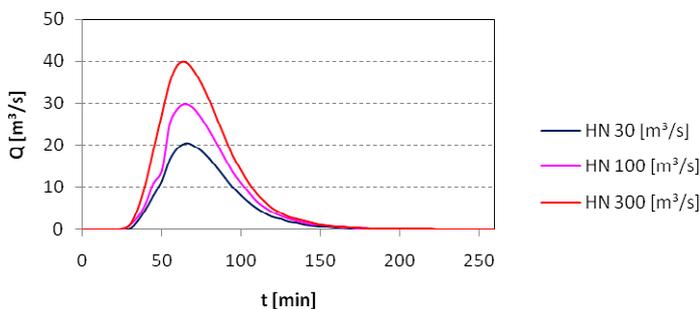
### 7.2.3.3 Tanaserbach (A.365)

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 17,9 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 22,1 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

90

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 14. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Tanaserbach.**



**Abbildung 78. Hochwasserabflussganglinien für den Tanaserbach für Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre.**

Zur Ermittlung der Reinwasserganglinie wird das Einzugsgebiet seiner Morphologie nach in verschiedene Untereinzugsgebiete unterteilt und diesen jeweils eine Regenintensität zugewiesen. Teile des Einzugsgebietes werden dabei mit Intensitäten bis zu 142 mm/h überregnet.

Die sich daraus ergebenden Reinwasserhydrographen werden am Gebietsauslass wiederum überlagert und ergeben die maßgebliche Abflussganglinie des Einzugsgebietes. Die Einzugsgebietsmorphologie des Tanaserbaches führt ebenso wie jene des Allitzerbaches zu einer raschen Abflusskonzentration. Diese wird durch den guten Bewaldungsgrad in den unteren Einzugsgebietsbereichen ein wenig verzögert, doch in seiner Auswirkung kaum gedämpft. Daraus resultiert ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 29,8 m<sup>3</sup>/s für eine hundertjährige Wiederkehrwahrscheinlichkeit. Die Abflussfracht des Reinwassers beläuft sich für dieselbe Jährlichkeit auf 89.500 m<sup>3</sup>.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel die in Tabelle 14 dargestellten Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

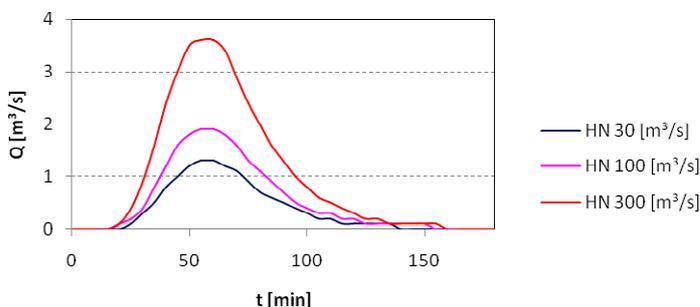
#### 7.2.3.4 Muntaschinigbach (A.410.20)

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 4,7 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 4,4 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

91

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 15. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Muntaschinigbach.**



**Abbildung 79. Hochwasserabflussganglinien für den Muntaschinigbach für Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre.**

Aufgrund der geringen Flächenausdehnung des Einzugsgebietes von 0,88 km<sup>2</sup> wird das Gebiet hydrologisch nicht weiter unterteilt.

Das Einzugsgebiet wird geprägt durch seine ausgedehnten Kulturlächen (Wiesen) im mittleren Bereich und den Trockenrasengesellschaften und Heckenlandschaften im unteren Einzugsgebietsbereich. Für den Muntaschinigbach resultiert ein Spitzenabfluss von 1,9 m<sup>3</sup>/s für eine Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 100 Jahren. Die Abflussfracht des Reinwassers beläuft sich für dieselbe Jährlichkeit auf 5.940 m<sup>3</sup>.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel die in Tabelle 15 dargestellten Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

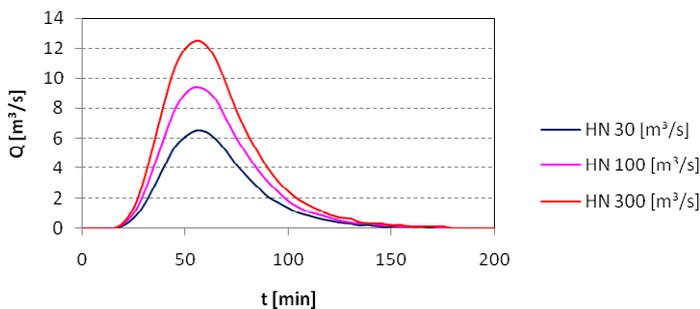
### 7.2.3.5 Tartscherbach (A.410.20.5)

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 8,3 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 8,3 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 16. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Tartscherbach.**

Das Einzugsgebiet des Tartscherbaches unterteilt sich in zwei Subeinzugsgebiete, die erst im Unterlauf auf der Höhe der Landesstraße SP105 ins Matschertal zusammenlaufen. Das Einzugsgebiet gestaltet sich über die gesamten 3,17 km<sup>2</sup> sehr homogen.



**Abbildung 80. Hochwasserabflussganglinien für den Tartscherbach für Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre.**

Die lichten Waldbereiche im oberen Teil des Einzugsgebietes und die Wiesen auf der Höhe des Gemassen und Lechtl Hofes verhindern eine Lamination des Abflusses. Für den Tartscherbach ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 9,40 m<sup>3</sup>/s für eine hundertjährige Wiederkehrperiode. Die Abflussfracht des Reinwassers beläuft sich für dieselbe Jährlichkeit auf 28.100 m<sup>3</sup>.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel die in Tabelle 16 dargestellten Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

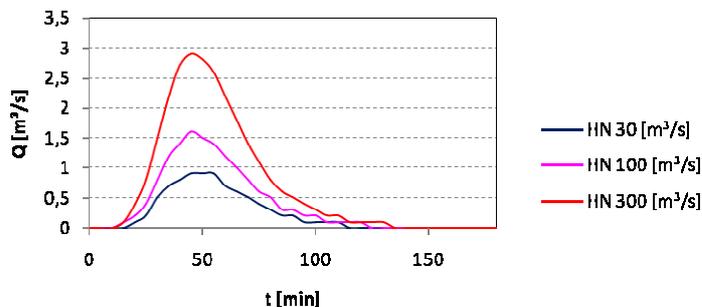
### 7.2.3.6 Lichtenbergerbach (A.405.5)

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 4,1 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 3,8 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

93

**Tabelle 17. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Lichtenbergerbach.**



**Abbildung 81. Hochwasserabflussganglinien für den Lichtenbergerbach für die Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre.**

Der Lichtenbergerbach mit seinen 0,74 km<sup>2</sup> Fläche lässt sich nicht weiter in Untereinzugsgebiete gliedern. Sein hoher Bewaldungsanteil und seine mäßigen Neigungsverhältnisse haben eine leicht dämpfende und translatorische Wirkung auf die Abflussganglinie. Für den Lichtenbergerbach ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 1,6 m<sup>3</sup>/s für eine hundertjährige Wiederkehrperiode. Die Abflussfracht des Reinwassers beläuft sich für dieselbe Jährlichkeit auf 4,800 m<sup>3</sup>.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel die in Tabelle 17 dargestellten Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

### 7.2.3.7 Rennergraben

Für die Bestimmung der Konzentrationszeiten und die Quantifizierung der vom Rennergraben erzeugten Hochwasserabflüsse wurden die maßgebenden Niederschläge laut Darstellung im Kapitel 7.2.3.1 angenommen. Aufgrund der Ausdehnung des Einzugsgebietes des Rennergrabens (0,47 km<sup>2</sup>), das über der Ortschaft Lichtenberg liegt, wurden die Hochwasserabflussganglinien mittels einer einfachen Triangulation berechnet. Abbildung 82 zeigt die Hochwasserabflussganglinien, die auf Höhe der Rückhaltesperre (V = 300 m<sup>3</sup>) unmittelbar vor den Häusern ermittelt wurden. Es ergeben sich HQ30 = 0.84 m<sup>3</sup>/s, HQ100 = 1.24 m<sup>3</sup>/s, HQ300 = 1.59 m<sup>3</sup>/s.

Das verwendete Verfahren führt zu einer Schätzung der Gesamtwassermenge beim Abflussquerschnitt von ungefähr 50.100 m<sup>3</sup> für Wiederkehrzeiten von 100 Jahren. Die spezifische Hochwasserführung für ein Jahrhundertereignis beläuft sich somit auf rund 2,64 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>.

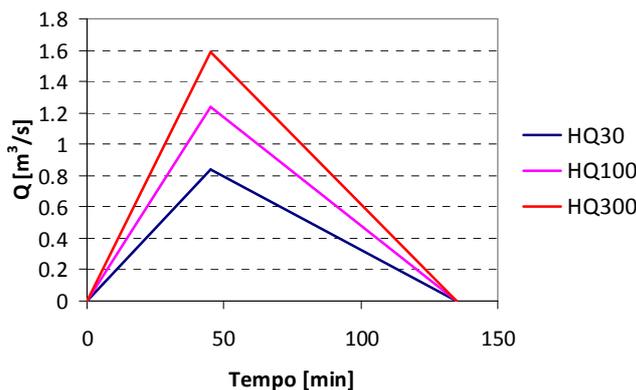


Abbildung 82. Hochwasserabflussganglinien für den Rennergraben für Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre.

### 7.2.3.8 Tschavallatschbach (A.405)

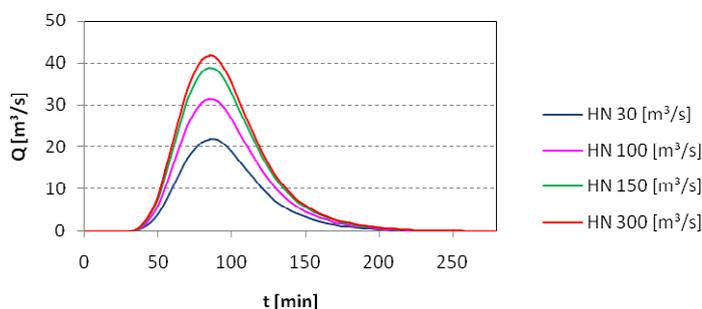


Abbildung 83. Hochwasserabflussganglinien für den Tschavallatschbach für Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre.

Der Tschavallatschbach unterteilt sich in das 3,75 km<sup>2</sup> große Untereinzugsgebiet des Alpbaches und das 6,12 km<sup>2</sup> große Untereinzugsgebiet des Tschavallatschbaches. Aufgrund seiner geringen Bewaldung von lediglich 29 % und seinen ausgedehnten alpinen Rasenflächen, welche 54 % der Fläche einnehmen, gestaltet sich die hydrologische Situation im Untereinzugsgebiet des Tschavallatschbaches kritisch. Der größte Teil des Niederschlages kommt zum Abfluss, nur ein geringer Teil wird zurückgehalten. Anders gestaltet sich die Situation im Subeinzugsgebiet des Alpbaches. Hier bedeckt der Wald eine Fläche von 74 % und lediglich 22 % werden von alpinem Grünland eingenommen. Dies bewirkt eine größere Retention sowie Translation der Abflussganglinie. Nach dem Zusammenfluss beider Gerinne überlagern sich die Hydrographen und es ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 31,30 m<sup>3</sup>/s für eine hundertjährige Wiederkehrperiode. Die Abflussfracht des Reinwassers beläuft sich für dieselbe Jährlichkeit auf 121.200 m<sup>3</sup>. Die maximalen Niederschlagsintensitäten für das 100-jährliche Ereignis belaufen sich auf 134 mm/h.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel folgende Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 20,7 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 23,5 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

95

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 18. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Tschavallatschbach.**

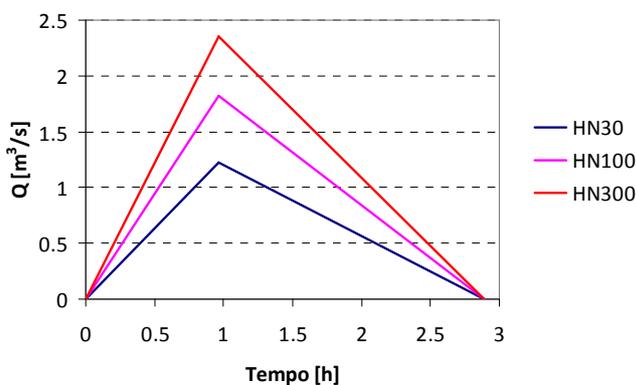
Im Vergleich dazu ergibt die empirische Formel von Kürsteiner (1917) eine Abflussspitze für das hundertjährige Hochwasser von 55,00 m<sup>3</sup>/s. Die Abflussformel von Kürsteiner wird von der WLW-Österreich verbreitet eingesetzt, oft auch in Kombination mit WUNDT und dem SCS-Verfahren. Die Formel wird vor allem für Schätzgrößen (Richtwerte), aber auch für die Berechnung des HQ150 verwendet. Seitens der Praxis wird hervorgehoben, dass der Parameter ohne Spezialwissen erfasst werden kann (HAGEN, 2007).

### 7.2.3.9 Schmelzergraben (A.400.5)

Für die Bestimmung der Konzentrationszeiten und die Quantifizierung der vom Schmelzergraben erzeugten Hochwasserabflüsse wurden die maßgebenden Niederschläge laut Darstellung im Kapitel 7.2.3.1 angenommen. Aufgrund der Ausdehnung des Einzugsgebietes des Schmelzergrabens (1,27 km<sup>2</sup>),

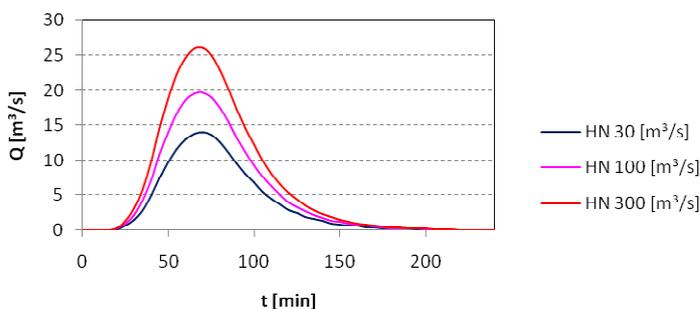
das über der Ortschaft Prad a. St. am Eingang zum Suldental liegt, und der besonderen hydrogeologischen Konformation des Hauptgrabens wurden die Hochwasserabflussganglinien mittels einer einfachen Triangulation berechnet. Abbildung 84 zeigt die Hochwasserabflussganglinien, die am Abflussquerschnitt vor dem kleinen Schwemmkegel über der SS 38 in der Örtlichkeit Schmelz registriert wurden. Es ergeben sich  $HQ_{30} = 1.23 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $HQ_{100} = 1.82 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $HQ_{300} = 2.35 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Das verwendete Verfahren führt zu einer Schätzung der Gesamtwassermenge beim Abflussquerschnitt von ungefähr  $15.000 \text{ m}^3$  für Wiederkehrzeiten von 100 Jahren. Die spezifische Hochwasserführung für ein Jahrhundertereignis beläuft sich somit auf rund  $1,44 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .



**Abbildung 84. Hochwasserabflussganglinien für den Schmelzergaben für die Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre.**

### 7.2.3.10 Zirnbach (A.390)



**Abbildung 85. Hochwasserabflussganglinien für den Zirnbach für die Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre.**

Das Einzugsgebiet des Zirnbaches weist ähnliche hydrologische Eigenschaften wie das Einzugsgebiet des Tschenglserbaches auf. Nach einem engen und tief eingefurchten Unter- und Mittellauf entlang dem die warmen Luftmassen schnell in den hinteren Bereich des Einzugsgebietes aufsteigen, prallen sie am Talschluss an die steil aufsteigenden Hangpartien oberhalb des Wasserfallbodens und unterhalb der

Gipfel des Pederfick und des Stierkopfes. Dort entladen sich die Luftmassen in Form starker Gewitter und in Form von Hagelereignissen.

Der im oberen Teil des Einzugsgebietes fallende Niederschlag kommt entlang der Felspartien und der ausgedehnten alpinen Rasenflächen schnell zum Abfluss. Die im Lockergestein dicht auftretenden Gräben und Gerinne leiten den Abfluss schnell in den Zirnbach. Der untere Teil des Einzugsgebietes ist stark bewaldet und dämpft jenen Teil des Oberflächenabflusses, der über den Gampenbach, einen Zubringer des Zirnbaches in selbigen gelangt.

Die maximalen Niederschlagsintensitäten für ein 100-jährliches Ereignis belaufen sich auf 149 mm/h. Für den Zirnbach ergibt sich somit ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 19,70 m<sup>3</sup>/s für eine Wiederkehrperiode von 100 Jahren. Die Abflussfracht des Reinwassers beläuft sich für dieselbe Jährlichkeit auf 71.700 m<sup>3</sup>.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel folgende Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 11,6 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 10,8 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

97

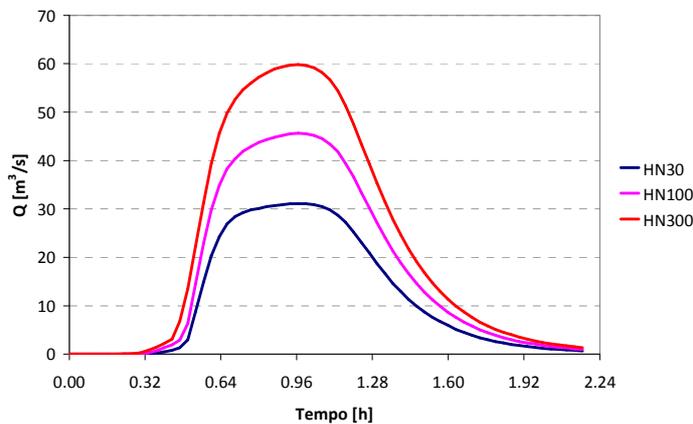
- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 19. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Zirnbach.**

### 7.2.3.11 Tschenglslerbach (A.375)

Was die Bewertung der kritischen meteorologischen Bedingungen für den Tschenglslerbach angeht, verweist man auf die Ausführungen in der Studie von Gostner (2002). Die durchgeführte hydrologische Untersuchung hat zu der in Abbildung 86 dargestellten Bestimmung der Hochwasserhydrogramme geführt, die beim Abflussquerschnitt am Zusammenfluss der oberen Untereinzugsgebiete vor der ersten großen Rückhaltesperre berechnet wurden. Es ergeben sich HQ30 = 31.10 m<sup>3</sup>/s, HQ100 = 45.6 m<sup>3</sup>/s, HQ300 = 59.80 m<sup>3</sup>/s.

Das verwendete Verfahren führt zu einer Schätzung der Gesamtwassermenge beim Abflussquerschnitt von ungefähr 136.000 m<sup>3</sup> für Wiederkehrzeiten von 100 Jahren. Die spezifische Hochwasserführung für ein Jahrhundertereignis beläuft sich somit auf rund 4.25 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>.

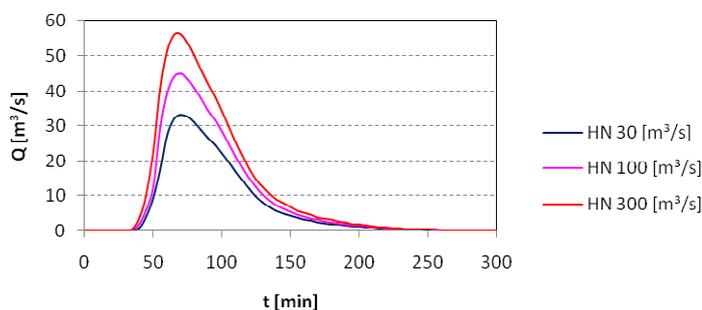


**Abbildung 86. Hochwasserabflussganglinien für den Tschenglslerbach für die Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre.**

### 7.2.3.12 Laaserbach (A.355)

Das Einzugsgebiet des Laaserbaches ist ähnlich dem des Tschenglslerbaches und jenem des Zirnbaches. Aufgrund der Weitläufigkeit des unteren Bereiches wird jedoch kaum eine so starke Sogwirkung die warmen und feuchtigkeitsgeschwängerten Luftpakete in die hinteren Bereiche des Einzugsgebietes katapultieren, wie es bei den beiden anderen Einzugsgebieten der Fall ist. Trotzdem stauen sich die Luftpakete im hinteren Kessel an der Fernerwand und treffen dort auf die kalten Luftschichten des Laaser Ferners. Hier und entlang der Flanken des Einzugsgebietes sind Gewitterniederschläge möglich. Die Niederschläge kommen in den mit alpinen Rasen bedeckten Flächen gleich zum Abfluss. Ein dichtes Netz aus Gräben und Gerinnen führt ihn ohne Verzögerung in den Hauptarm des Laaserbaches.

98



**Abbildung 87. Hochwasserabflussganglinien für den Laaserbach für die Wiederkehrzeiten 30, 100 und 300 Jahre.**

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 32, [m <sup>3</sup> /s 9 ]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 40, [m <sup>3</sup> /s 6 ]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]  
 S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]  
 h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]  
 a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 20. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Laaserbach.**

Der Gletscher im obersten Teil des Einzugsgebietes kann sowohl den Abfluss abschwächende Funktion bei Schneefall, als auch eine, den Abfluss verstärkende Funktion im Falle von Niederschlagsereignissen in Form von Regen, in Kombination mit einem Blankeisgletscher im Hochsommer haben. Die Seitenzubringer im unteren und mittleren Bereich des Einzugsgebietes sind zum größten Teil bewaldet und dämpfen den seitlichen Zufluss aus den Hängen. Die maximalen Niederschlagsintensitäten im Einzugsgebiet erreichen für die Berechnung 115 mm/h bei einem 100-jährlichen Ereignis. Für den Laaserbach ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 44,90 m<sup>3</sup>/s für eine Wiederkehrperiode von 100 Jahren. Die Abflussfracht des Reinwassers beläuft sich für dieselbe Jährlichkeit auf 168.800 m<sup>3</sup>. Der spezifische Hochwasserabfluss für ein hundertjähriges Ereignis beträgt also ca. 1,44 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel die in Tabelle 20 dargestellten Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

### 7.2.3.13 Zusammenfassung

In Tabelle 21 sind die Ergebnisse der hydrologischen Untersuchung für die primären Zubringer angeführt.

Nr.	Bachname	Ae [km <sup>2</sup> ]	HQ <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ΣQ <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> ]	HQ <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ΣQ <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> ]	HQ <sub>300</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ΣQ <sub>300</sub> [m <sup>3</sup> ]	HQ <sub>150</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ΣQ <sub>150</sub> [m <sup>3</sup> ]
A.340	Allitzerbach	15.95	23.7	82.700	23.2	115.700	46.3	154.000	---	---
A.355	Laaserbach	30.84	33.2	127.300	44.9	168.800	56.2	212.300	---	---
A.365	Tanaserbach	11.35	20.5	63.900	29.8	89.500	39.8	122.800	---	---
A.375	Tschenglsbacherbach	10.71	31.1	93.000	45.6	136.040	59.8	179.220	---	---
A.390	Zirnbach	5.36	14.0	51.000	19.7	71.700	26.0	94.900	---	---
A.400.5	Schmelzerbach	1.27	1.2	6.380	1.8	9.459	2.4	12.281	---	---
A.405	Tschavallatschbach	11.21	21.9	84.600	31.3	121.200	41.7	161.200	38.8	149.800
A.405.5	Lichtenbergerbach	0.74	0.9	2.500	1.6	4.200	2.9	7.700	---	---
A.410.20	Muntaschinigbach	0.88	1.3	3.900	1.9	5.950	3.6	11.100	---	---
A.410.20.5	Tartscherbach	3.17	6.5	19.400	9.4	28.100	12.5	37.400	---	---
---	Rennergraben	0.47	0.84	3.390	1.24	5.018	1.59	6.433	---	---

100

**Tabelle 21. Hochwasserspitzen (Reinwasser) und Hochwasserfrachten der untersuchten primären Zubringer.**

### 7.2.4 Sekundäre Zubringer

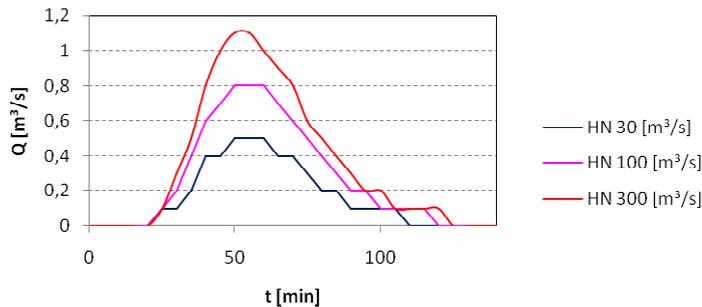
Für die Ermittlung der Niederschlag-Abflussbeziehung der sekundären Einzugsgebiete wird gleich vorgegangen wie bei der Ermittlung jener der primären Einzugsgebiete. Nach der Ermittlung der verschiedenen Gebietsparameter und der Alternating-Block Niederschläge für die Einzugsgebiete werden über HEC-HMS 3.2 Reinwasserganglinien erzeugt. Diese wiederum werden mit den Ergebnissen verschiedener empirischer Formeln verglichen. Aufgrund der geringen Größe der Einzugsgebiete und ihres größtenteils homogenen Aufbaues wurden sie nicht weiter in Untereinzugsgebiete unterteilt. Um die hydrologische Bewertung der sekundären Bäche durchzuführen, wurden dieselben Berechnungsmethoden wie für die primären Bäche (SCS Curve Number, Einheitsganglinienverfahren, kinematische Welle) angewendet.

#### 7.2.4.1 Graben Spondinig

Das Einzugsgebiet besteht aus zwei parallel verlaufenden Gräben, welche sich am Übertritt in die Talsohle vereinen. Das schroffe Einzugsgebiet ist nur zu einem geringen Teil in seinem oberen Bereich bewaldet. Der größte Teil besteht aus Wiesenflächen rund um die Höfe Gschneir, Tschutt und Mair und den darunter anschließenden, mit Trockenrasengesellschaften und Hecken bewachsenen Hängen. Dies führt zu einer raschen Umwandlung des Niederschlages in direkten Abfluss. Die beiden Gräben des

„Graben Spondinig“ lassen sich als intermittierende Gewässer bezeichnen, da sie nur bei Starkregenereignissen und länger anhaltenden Regenperioden wasserführend sind. Für den „Graben Spondinig“ ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 0,80 m<sup>3</sup>/s für ein 100-jährliches Ereignis. Die Abflussfracht des Reinwassers für dasselbe Ereignis beträgt 2.300 m<sup>3</sup>.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel die in Tabelle 22 dargestellten Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.



**Abbildung 88. Hochwasserabflussganglinien für den Spondiniger Graben.**

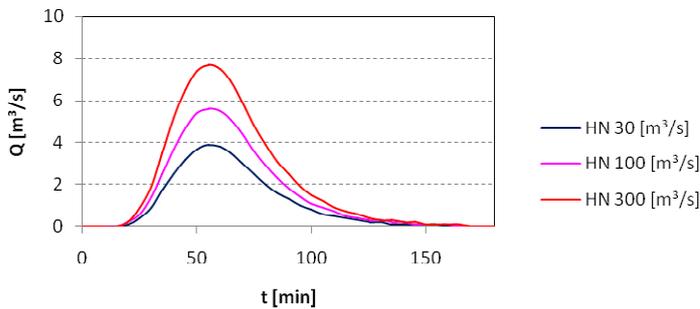
HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 3,0 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 3,1 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 22. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Spondiniger Graben.**

#### 7.2.4.2 Platzuterbach (A.415)

Das Einzugsgebiet des Platzuterbaches ist sehr homogen und zu 87 % mit Wald bedeckt. Nur ein geringer Teil des Einzugsgebietes reicht über die Waldgrenze. Mehrere kleinere Gerinne führen am Kegelkopf sternförmig zusammen und vereinen die Abflüsse der einzelnen Teilgebiete. Für den Platzuterbach ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 5,6 m<sup>3</sup>/s bei einem 100-jährlichen Ereignis. Die Abflussfracht des Reinwassers beläuft sich für dieselbe Jährlichkeit auf 16.830 m<sup>3</sup>. Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel folgende Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.



**Abbildung 89. Hochwasserabflussganglinien für den Platzuterbach.**

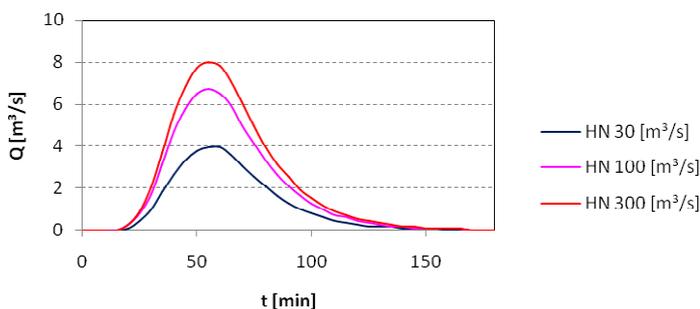
HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 7,1 [m³/s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 6,4 [m³/s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km²]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

102

**Tabelle 23. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Platzuterbach**

### 7.2.4.3 Pafilerbach (A.405.5.5)



**Abbildung 90. Hochwasserabflussganglinien für den Pafilerbach.**

Das Einzugsgebiet des Pafilerbaches ist schmal und lang gezogen. Im unteren schluchtartigen Verlauf konzentriert sich der Abfluss stark. Nach oben hin wird das Einzugsgebiet etwas weiter. Der im

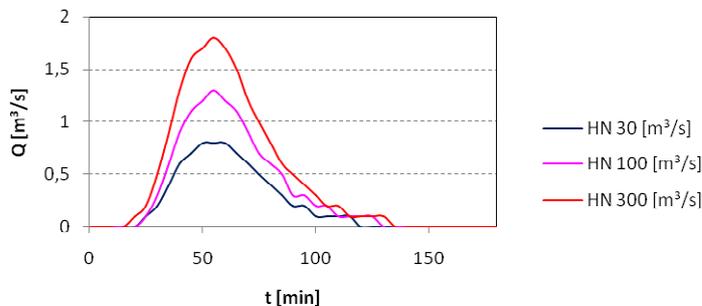
Einzugsgebiet sehr locker bis lückig stockende Waldbestand trägt nur geringfügig zur Verringerung des Abflusses bei. Für den Pafilberbach ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 6,75 m<sup>3</sup>/s bei einem 100-jährlichen Ereignis. Die Abflussfracht des Reinwassers beläuft sich für dieselbe Jährlichkeit auf 19.900 m<sup>3</sup>. Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel folgende Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 8,0 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 7,0 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 24. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Pafilberbach.**

7.2.4.4 A.395.5



**Abbildung 91. Hochwasserabflussganglinien für den Bach A.395.5.**

Das Einzugsgebiet des Demanialgewässers A.395.5 ist in seinem unteren Bereich zu einem großen Teil von Wiesen bedeckt (42 % der Einzugsgebietsfläche). Diese wirken beschleunigend auf das Abflussverhalten, welches sich hauptsächlich im westlichen der zwei das Einzugsgebiet prägenden Gräben konzentriert, dem sogenannten „Stecherloch“. Die Gräben rund um das Demanialgewässer A.395.5 sind nicht ständig wasserführend. Als intermittierende Gewässer führen sie nur zur Schneeschmelze und zu stärkeren oder längeren Regenperioden Wasser. Für das Demanialgewässer

A.395.5 ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 1,30 m<sup>3</sup>/s für ein 100-jährliches Ereignis. Die Abflussfracht des Reinwassers beläuft sich für dieselbe Jährlichkeit auf 3.570 m<sup>3</sup>.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel folgende Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

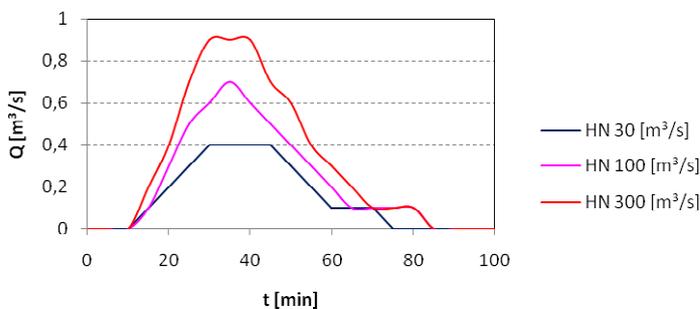
HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 4,0 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 3,7 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 25. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Bach A.395.5.**

104

#### 7.2.4.5 A.390.5.5



**Abbildung 92. Hochwasserabflussganglinien für den Bach A.390.5.5.**

Das Abflussverhalten im Einzugsgebiet des Demanialgewässers A.390.5.5 wird deutlich durch die zwei Gerinne geprägt, die in der Mitte des Einzugsgebietes zusammenfließen. Die abflussmindernde Wirkung des flächig vorkommenden Hochwaldes wird durch die Wiesenflächen rund um die Höfe unterbrochen. Gegen den Gebietsauslass hin verengt sich der Gerinneverlauf nochmals schluchtartig und konzentriert so den Abfluss. Für das Demanialgewässer A.390.5.5 ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 0,70 m<sup>3</sup>/s für ein 100-jährliches Ereignis. Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel die in Tabelle 26 dargestellten Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 2,5 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 2,0 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]  
 S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]  
 h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]  
 a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 26. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Bach A.390.5.5.**

#### 7.2.4.6 Nickbach (A.390)

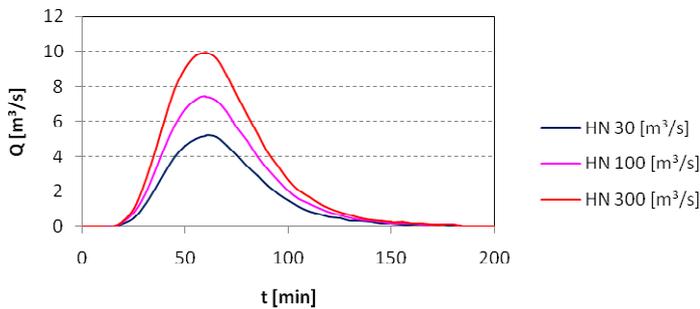
HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 8,3 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 8,6 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]  
 S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]  
 h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]  
 a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 27. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Nickbach.**

Das Einzugsgebiet des Nickbaches reicht von der Talsohle bis in die Gipfelregion. Die langgestreckte Form des Einzugsgebietes und ein Bewaldungsanteil von 55 % führen zu einer leichten Verzögerung des Abflusses. Für den Nickbach ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 7,44 m<sup>3</sup>/s für ein 100-jährliches Ereignis. Die Abflussfracht des Reinwassers beläuft sich auf 24.400 m<sup>3</sup>.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel die in Tabelle 27 dargestellten Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.



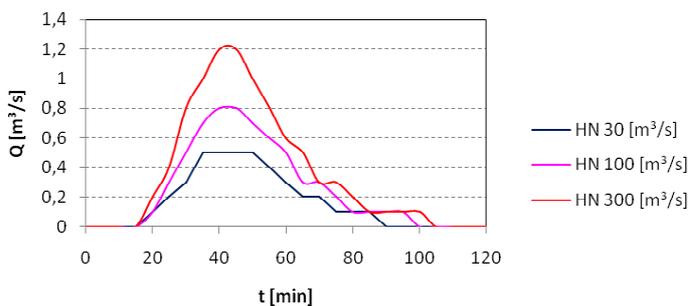
**Abbildung 93. Hochwasserabflussganglinien für den Nickbach.**

#### 7.2.4.7 Psegbach (A.385)

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 3,1 [m³/s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 2,9 [m³/s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km²]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 28. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Psegbach.**



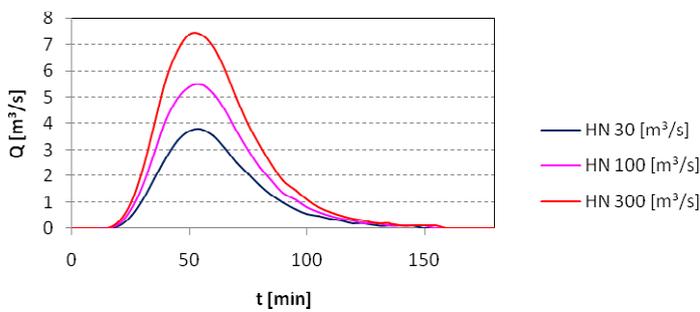
**Abbildung 94. Hochwasserabflussganglinien für den Psegbach.**

Das Einzugsgebiet des Psegbaches ist sehr homogen in seiner Morphologie. Ein Gerinne bildet sich erst im unteren Drittel des Einzugsgebietes aus. Für den Psegbach ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 0,80 m³/s für ein 100-jährliches Ereignis. Die Abflussfracht des Reinwassers beträgt für dasselbe

Ereignis  $1.860 \text{ m}^3$ . Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel die in Tabelle 28 dargestellten Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

#### 7.2.4.8 Hinterburgbach (A.380)

Das Einzugsgebiet des Hinteren Schlossbaches ist mit  $1,99 \text{ km}^2$  eines der größeren Einzugsgebiete der sekundären Zubringer der Etsch. Es erstreckt sich von der Talsohle über den Hinterburghof bis zum Kessel des Tschenglsler Köpfls. Trotz eines Bewaldungsgrades von 58 % ist der Wald nicht in der Lage, größere Teile des Niederschlages zu binden. Der Waldbestand gestaltet sich licht und geht schon bald in eine räumige Schlusswaldgesellschaft über. Auch die darüber liegenden Flächen, geprägt durch eine Abfolge alpiner Rasengesellschaften, beeinflussen das Abflussverhalten kaum positiv. Für den Hinteren Schlossbach ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von  $5,49 \text{ m}^3/\text{s}$  für ein 100-jährliches Ereignis. Die Abflussfracht des Reinwassers beträgt für dasselbe Ereignis  $15.400 \text{ m}^3$ .



107

**Abbildung 95. Hochwasserabflussganglinien für den Hinterburgbach.**

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel folgende Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 7,0 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 7,4 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 29. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Hinterburgbach.**

### 7.2.4.9 Köpflbach (A.380.5)

Das Einzugsgebiet des Köpflbaches ist zu über 80 % mit Wald bedeckt. Neben vereinzelt kleinen Gräben besteht es aus einem einzigen Hauptgerinne, welches sich bis knapp an das obere Ende des Einzugsgebietes zieht. Das Einzugsgebiet ist durch die großflächig steilen Neigungsverhältnisse von über 90 % geprägt. Der Köpflbach tritt bereits auf einer Seehöhe von 1.100 m auf die Wiesen des Vorderburghofes und lässt nur noch undeutlich einen weiteren Gerinneverlauf erkennen. Der Köpflbach kann als intermittierendes Gewässer eingestuft werden. Für den Köpflbach ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 1,50 m<sup>3</sup>/s für ein 100-jährliches Ereignis. Die Abflussfracht des Reinwassers beträgt für dasselbe Ereignis 3.330 m<sup>3</sup>.

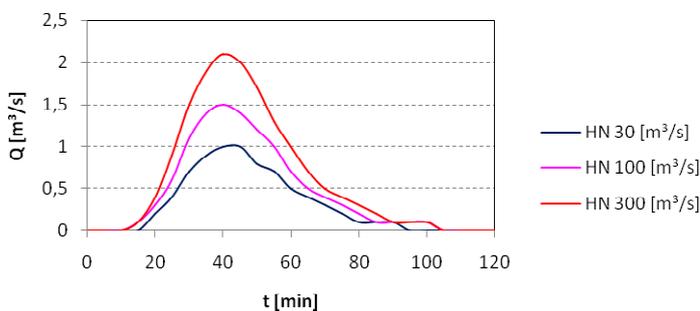


Abbildung 96. Hochwasserganglinien für den Köpflbach.

108

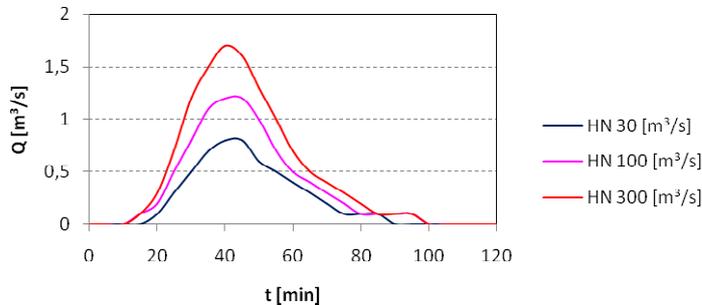
Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel folgende Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 5,8 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 5,3 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

Tabelle 30. Berechnung des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Köpflbach.

### 7.2.4.10 Stellaubach (A.380.5.5)



**Abbildung 97. Hochwasserabflussganglinien für den Stellaubach.**

Das Einzugsgebiet des Stellaubaches ist ähnlich gestaltet wie jenes des Köpflbaches. Es weist einen Bewaldungsgrad von 96 % auf und besteht aus einem, sich im Wald nach oben hin verlaufenden Gerinne. Das Einzugsgebiet weist größtenteils Hangneigungen über 90 % auf. Ebenso wie der Köpflbach tritt auch das Gerinne des Stellaubaches auf einer Seehöhe von 1.050 m auf die Wiesen des Türkhofes. Von dort an ist kein eindeutiges Gerinne mehr zu lokalisieren. Für den Stellaubach ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 1,20 m³/s für ein 100-jährliches Ereignis. Die Abflussfracht des Reinwassers beträgt für dasselbe Ereignis 2.580 m³.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel folgende Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

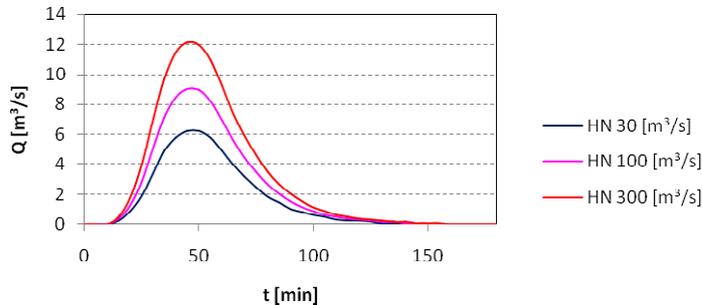
109

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 2,8 [m³/s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 2,3 [m³/s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km²]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 31. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Stellaubach.**

### 7.2.4.11 Eckbach (A.360)



**Abbildung 98. Hochwasserabflussganglinien für den Eckbach.**

Das Einzugsgebiet des Eckbaches wird durch eine Mehrzahl kleiner Gräben entwässert. Diese entspringen teilweise in den unteren 2/3 des Einzugsgebietes im Wald; im oberen Bereich des Einzugsgebietes haben sie ihren Ursprung im Lockermaterial der Hang- und Verwitterungsschuttflächen. Ein reges Aufkommen konvektiver Niederschläge und Hagelereignissen in den steilen Wänden unterhalb der Schafspitze, sind zu vermuten. Für den Eckbach ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 9,04 m³/s für ein 100-jährliches Ereignis. Die Abflussfracht des Reinwassers für dasselbe Ereignis beträgt 24.900 m³.

Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel folgende Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

110

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 8,1 [m³/s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 8,9 [m³/s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km²]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 32. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Eckbach.**

### 7.2.4.12 A.360.5

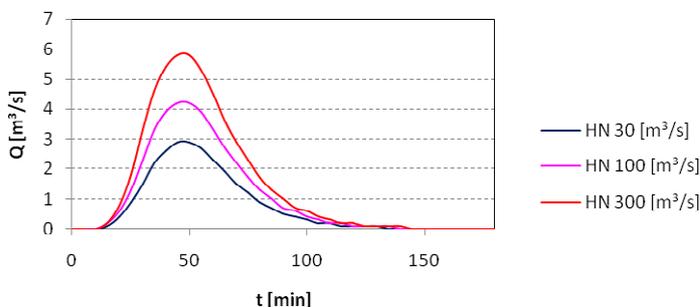
Das Einzugsgebiet des Demanialgewässers A.360.5 besteht aus einem Gerinnearm, welcher sich im oberen Viertel des Einzugsgebietes in den Schutthalden des nordöstlichen Abfalls des Saurüssels verläuft.

Das Einzugsgebiet ist zu 82 % bewaldet und in seiner Morphologie homogen. Für das Demanialgewässer A.360.5 ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 4,20 m<sup>3</sup>/s für ein 100-jährliches Ereignis. Die Abflussfracht des Reinwassers für dasselbe Ereignis beträgt 11.670 m<sup>3</sup>. Im Vergleich dazu ergeben verschiedene empirische Formeln nach Hampel die in Tabelle 33 dargestellten Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 5,6 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 4,7 [m <sup>3</sup> /s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

- Ae ... Einzugsgebiet [km<sup>2</sup>]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 33. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für den Bach A.360.5.**



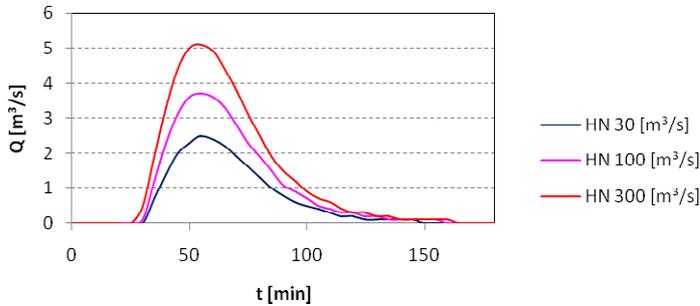
**Abbildung 99. Hochwasserabflussganglinien für den Bach A.360.5.**

### 7.2.4.13 Gafortaal

Das Einzugsgebiet des Gafortaales setzt sich aus mehreren, am Kopf des Murkegels sich sternförmig vereinigenden Gräben zusammen. Diese erreichen aber kaum eine Länge, die über das untere Drittel des Einzugsgebietes hinausreicht. Lediglich ein angedeuteter Gerinneverlauf zieht sich bis in die oberen Bereiche des Einzugsgebietes, welches insgesamt zu 98 % bewaldet ist.

Das Gafortaal lässt sich als intermittierendes Gewässer einstufen, welches lediglich zur Schneeschmelze, nach Starkniederschlägen oder nach länger andauernden Regenperioden anspringt. Für das Gafortaal ergibt sich ein Reinwasser-Spitzenabfluss von 3,70 m<sup>3</sup>/s für ein 100-jährliches Ereignis. Die Abflussfracht des Reinwassers für dasselbe Ereignis beträgt 10.350 m<sup>3</sup>. Im Vergleich dazu ergeben verschiedene

empirische Formeln nach Hampel die in Tabelle 34 dargestellten Abflussspitzen für das hundertjährige Hochwasser.



**Abbildung 100. Hochwasserabflussganglinien für das Gafaoartal.**

HAMPEL	Formel	HQ <sub>100</sub>	erstellt für
(1979):	$HQ_{100} = 0,20 \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2300))$	= 6,0 [m³/s]	inneralpine Verhältnisse
(1984):	$HQ_{100} = 0,40 \cdot a \cdot h_{100} \cdot Ae^{0,5} \cdot (1 - (S_{hu}/2400))$	= 5,0 [m³/s]	inneralpine Tiroler Wildbäche

112

- Ae ... Einzugsgebiet [km²]
- S<sub>hu</sub> ... Seehöhe am Gebietsauslass [m]
- h<sub>100</sub> ... 100-jährlicher Niederschlag [mm]
- a ... Abflussbeiwert nach Müller [-]

**Tabelle 34. Abflussganglinie des Jahrhunderthochwassers nach Hampel für das Gafaoartal.**

#### 7.2.4.14 Zusammenfassung

Nachfolgend führt man eine Zusammenfassung der Ergebnisse der hydrologischen Analyse der sekundären Zubringer des Oberen Vinschgau an, die Untersuchungsgegenstand sind.

Nr.	Bachname	Ae [km <sup>2</sup> ]	HQ <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ΣQ <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> ]	HQ <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ΣQ <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> ]	HQ <sub>300</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ΣQ <sub>300</sub> [m <sup>3</sup> ]	HQ <sub>150</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ΣQ <sub>150</sub> [m <sup>3</sup> ]
A.360	Eckbach	3.27	6.2	17.200	9.0	24.900	12.2	33.300	---	---
A.360.5		1.54	2.9	8.000	4.2	11.670	5.8	15.950	---	---
A.380	Hinterburgbach	1.98	3.8	10.500	5.5	15.400	7.4	20.900	---	---
A.380.5	Köpflbach	0.53	1.0	2.200	1.5	3.350	2.1	4.600	---	---
A.380.5.5	Stellaubach	0.43	0.8	1.650	1.2	2.600	1.7	3.550	---	---
A.385	Psegbach	0.40	0.5	1.200	0.8	1.850	1.2	2.650	---	---
A.390.5	Nickbach	2.64	5.2	17.000	7.4	24.400	9.9	32.400	---	---
A.390.5.5		0.29	0.4	900	0.7	1.400	0.9	1.950	---	---
A.395.5		0.62	0.8	2.300	1.3	3.600	1.8	5.050	---	---
A.405.5.5	Pafilerbach	2.42	4.0	11.800	6.8	19.900	8.0	23.700	---	---
A.415	Platzuterbach	1.96	3.9	11.600	5.6	16.850	7.7	22.950	---	---
	Graben Spondinig	0.34	0.5	1.400	0.8	2.300	1.1	3.050	---	---
	Gafoartal	1.47	2.5	6.850	3.7	10.350	5.1	14.300	---	---

**Tabelle 35. Spitzenführungen und Hochwassermengen der untersuchten sekundären Zubringer.**

### 7.3 Topographie

Die Vermessung der Querschnitte und die Kenntnis der Eigenheiten hinsichtlich Morphologie und Höhenverlauf der Untersuchungsgebiete dienen dazu, das hydraulische Verhalten der untersuchten Wasserläufe und der wahrscheinlichen Austrittsbereiche möglichst genau zu beschreiben. Was die Fließgewässer der Talsohle angeht, wurden die Daten der in den Jahren 2006 – 2007 durchgeführten Höhen- und Lagevermessung seitens der Geo-Line im Auftrag der Abt. 30 Wasserschutzbauten und Wildbachverbauung verwendet. Bei den durchgeführten Lokalausweisen hat man die durchgeführten Vermessungen mit den Bauten, die nach der Vermessung realisiert wurden, korrigiert oder ergänzt. Auf den zu untersuchenden Abschnitten, die nicht in den übergebenen Daten enthalten waren, und entlang der primären Zubringer hat man, wo es notwendig erschien, die Messungen autonom mit modernster Technik mit GPS-Instrumenten und Kontrolle am Boden mit Theodolit vorgenommen. Die Vermessungen beinhalten auch die Lage der eventuell neben den Bachbetten liegenden Gebäude, die Koten der an der Seite verlaufenden Straßen und alle Längsbauten (Dämme,

113

Ufermauern, Schutzmauern) oder quer verlaufenden Bauten (Konsolidierungs- und Rückhaltesperren), die vorhanden sind. Diese beschriebenen Daten wurden dann im Rahmen der 1D- und 2D-Modellierung verwendet, die für die Bewertung des bordvollen Abflusses, die Untersuchung der Austrittsdynamik und zur Bestimmung des Feststofftransportes der verschiedenen Wasserläufe ausgearbeitet wurden. Für die einfache Lokalisierung der durchgeführten Vermessungen verweist man auf die Karte der vermessenen Querschnitte (Plan Nr. 1.3).

Für die zweidimensionalen Modellierungen der Ausbreitung der Hochwasserwellen bei Austritten und der Murgänge hat man hingegen das digitale Geländemodell (DTM 2006) der Autonomen Provinz Bozen Südtirol verwendet, das mit dem System LiDAR – Laserscan (Maschenauflösung 2.5 m) ausgearbeitet wurde, wobei die Genauigkeit mit Hilfe der digitalen Luftaufnahmen 2006 (Auflösung am Boden 0,5 m) und eigenen Lokalaugenscheinen überprüft wurde.

## 8 Wasserbauliche Bewertung

### 8.1 Allgemeines

Wie von den Richtlinien der Autonomen Provinz Bozen Südtirol im Bereich Hochwassergefahr gefordert, wurden bei der Festlegung des Umfangs und der Bewertung der Hochwassergefahren im Untersuchungsgebiet alle vorhandenen Wasserschutzbauten und die im Gebiet durchgeführten Arbeiten berücksichtigt.

Für eine korrekte Abschätzung der Wahrscheinlichkeit und des allfälligen Ausmaßes des Austritts an kritischen Abschnitten ist einer der Hauptaspekte die Bewertung der Abflusskapazität der Brücken und Rohrquerungen im Untersuchungsgebiet. Was die Etsch angeht, so sind keine Brückenpfeiler im Flussbett vorhanden und die lichten Weiten sind in jedem Fall ausreichend groß für die durchschnittliche Länge der mitführbaren Stämme. Deswegen kann man eine geringe Wahrscheinlichkeit der Verklausung von Überquerungen durch schwimmendes Holz annehmen. Im Gegensatz dazu weist der Saldurbach auf seiner Ortsdurchquerung in Schluderns zahlreiche Überquerungen auf, deren lichte Weiten der durchschnittlichen Stammlänge entsprechen, wenn sie nicht sogar kleiner sind. In diesem Fall erscheint eine Verklausung sehr wahrscheinlich. Was die Durchlässe an den sekundären Zubringern angeht, so hängt die Wahrscheinlichkeit der Verklausung im wesentlichen vom Zustand der Bachbetten und der Häufigkeit der Rodungen seitens der Beschäftigten der Wildbachverbauung oberhalb davon ab.

Weiters hat man vor Ort auch die Baudetails der Wasserschutzbauten am Flusslauf der Etsch kontrolliert, um die Daten zur Geometrie der kritischen Abschnitte zu überprüfen, die vom Amt für Wildbachverbauung zur Verfügung gestellt wurden. Außerdem wurde auch die Stärke des linken und rechten Uferdamms auf dem Untersuchungsabschnitt geprüft, der in der Vergangenheit begradigt wurde, um die Wahrscheinlichkeit eines möglichen Dammbrochs zu berücksichtigen. Allerdings wurden keine kritischen Situationen festgestellt.

Für eine genauere Abschätzung des Feststofftransportes der Wasserläufe in der Talsohle und der Etsch wurden auch zwei Korngrößenanalysen durchgeführt: am Saldurbach an drei Stellen am Hauptast des Baches und an der Etsch am Zusammenfluss mit dem Rambach.



Abbildung 101. Brücken und Rohrdurchlässe stellen an Bergbächen häufig die kritischen Punkte dar.



Abbildung 102. Einige Phasen der durchgeführten Korngrößenanalysen.

Für ein korrektes Verständnis der hydraulischen Probleme in Zusammenhang mit den anderen Flussläufen der Talsohle und den primären und sekundären Zubringern, stand am Beginn eine genaue Bewertung der vorhandenen Wasserschutzbauten an den Wasserläufen, die dem Rückhalt des antransportierten Geschiebes oder der Stabilisierung des Längsprofils der Wasserläufe (Sperrbauwerke) dienen. Die durchgeführten Arbeiten haben dann zu einer Vervollständigung des Wasserschutzbautenkatasters, das von der Abt. 30 Wasserschutzbauten zur Verfügung gestellt wurde, und zur Bewertung des Zustands der Schlüsselbauten über die Ausfüllung der Formulare EF30 geführt. Wie bereits mehrere Male angeführt, hat man, um die hydraulischen Eigenheiten der untersuchten Wasserläufe möglichst realistisch darzustellen, nach Erfordernis eine Lage- und Höhenvermessung der wichtigsten Abschnitte der Wasserläufe mit den entsprechenden Vermessungsinstrumenten vorgenommen, wobei auch die bestehenden Bauten (Dämme, Sperren, Schwellen, Ufermauern, Brücken, Stege) erhoben wurden, um alle erforderlichen Aspekte für eine korrekte wasserbauliche Bewertung zu berücksichtigen. Schließlich wurden alle übrigen an den untersuchten Gewässern vorhandenen Wasserschutzbauten erhoben, deren schlechte Funktion eine schwere Überschwemmung der Geländeebene verursachen könnte. So wurden z. B. alle Durchlässe in den Schutzbauten berücksichtigt, die mit manuellen oder automatischen Sperrschleusen ausgestattet sind und eine Wahrscheinlichkeitsbewertung ihrer Wirksamkeit vorgenommen.

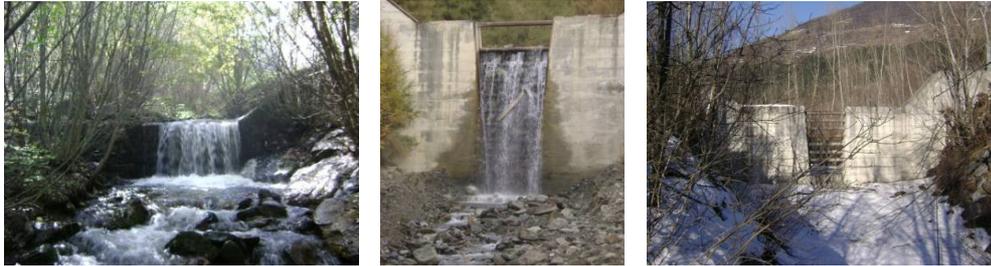


Abbildung 103. Wasserschutzbauten und Rückhaltebauten der Feststoffe.



Abbildung 104. Aufnahmen von den vorgenommenen Vermessungsarbeiten.



Abbildung 105. Beispiele von manuellen oder automatisierten Schiebetoren zum Schutz der Wohnungen vor Murgängen.



Abbildung 106. Von links: der große Schwemmkegel des Gadriabachs, Ablagerungen am Schwemmkegel des Tschenglerbachs, der Schwemmkegel des Tschavallatschbachs.

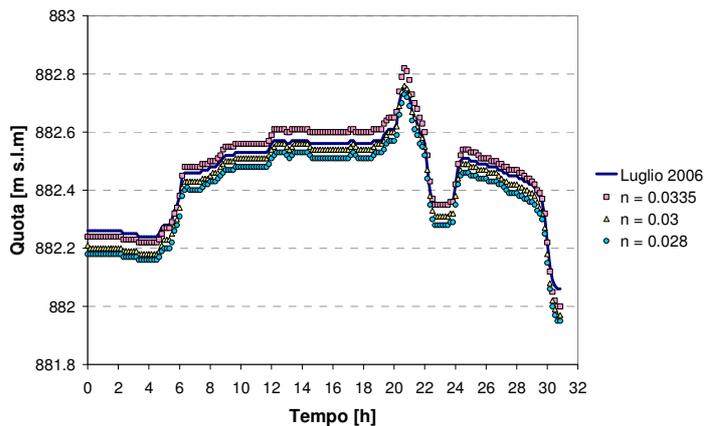
Zur Überprüfung und Vervollständigung der durchgeführten Bewertungen wurden schließlich auch die zahlreichen Schuttkegel im Oberen Vinschgau in Augenschein genommen, um die Konsistenz und das Ausmaß der Ablagerungen, die Morphologie und Form derselben abzuwägen und um eine Abschätzung

vorzunehmen, wie groß die Neigung zur Geschiebelieferung der dazugehörigen Einzugsgebiete sein könnte.

## 8.2 Talflüsse

### 8.2.1 Etsch

Nach der Erarbeitung der Hochwasserhydrographen (beschrieben in Kapitel 7.2.2.2) kann nun die Abflussmodellierung des Untersuchungsabschnittes durchgeführt werden. Zur Anwendung kommt dabei die Software HEC – RAS (River Analysis Simulation), welches die eindimensionale Modellierung mit stationärem oder instationärem Abfluss erlaubt. Wie bereits weiter oben angeführt, wurden für die Modellierung die Schnitte der Vermessung seitens der GeoLine in den Jahren 2006 – 2007 verwendet. Das Hydraulikmodell wurde durch Simulation des Hochwassers vom Juni 2006 kalibriert, indem der Wert des Koeffizienten von Manning angepasst und für die späteren Simulationen jener Wert verwendet wurde, der den generierten Rechenfehler minimieren kann. Die Schlüsselkurven der Achtziger-Jahre wurden nicht verwendet, weil der Querschnitt im Laufe des Jahres 2005 verändert wurde und somit die Querschnittform den Vergleich der zu untersuchenden Hochwasserszenarien mit den historischen Ereignissen nicht mehr zulässt.



117

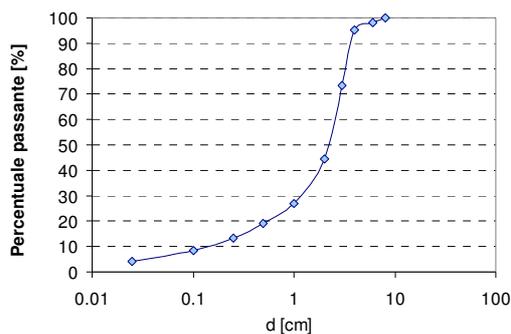
**Abbildung 107. Vergleich der in Spondinig gemessenen Pegelwerte und der für das Hochwasser im Juli 2006 errechneten Pegelwerte.**

Aus der durchgeführten Kalibrierung kann man aus Abbildung 61 erkennen, dass der Wert  $n = 0.03 \text{ s/m}^{1/3}$  die beste Anpassung an die gemessenen Daten beim Pegel Spondinig ergibt: der Wert hat nämlich eine sehr gute Anpassung beim Anwachsen des Hochwassers, weil die Daten sich mit der Abflussspitze decken, auch wenn dadurch eine leicht niedrigere Schätzung der Wasserpegel beim Abschwellen der Hochwasserwelle entsteht. Man kann die erreichten Werte akzeptieren, wenn auch die Schwierigkeit besteht, einen einheitlichen Wert des Koeffizienten von Manning festzulegen, der gut zu allen historischen Reihen der Hochwasserereignisse passt, die für die Etsch im untersuchten Verlauf verzeichnet wurden. Es handelt sich aber nur um eine Näherungskalibrierung, da ausreichende Daten für

eine genauere Kalibrierung, Abschnitt für Abschnitt, noch fehlen. Deswegen hat man einen konstanten Wert für den Koeffizienten von Manning auf dem gesamten untersuchten Abschnitt der Etsch angenommen.

Anschließend wurde das Hydraulikmodell implementiert, indem das hydrographische System laut Abbildung 61 in die Benutzeroberfläche HEC–RAS 4.0 eingebaut wurde und dem Hauptast der Etsch die von oberstrom zufließenden Abflussmengen sowie den folgenden Knoten die Hochwasserwellen der Seitenzuflüsse zugewiesen wurden.

Für die Abschätzung der Geschiebetransportfähigkeit der Etsch im untersuchten Abschnitt und für eine qualitative Analyse der morphologischen Entwicklung des Flusses im Falle eines Hochwasserereignisses hat man beim Zusammenfluss von Etsch und Rambach vor Glurns eine Korngrößenanalyse durchgeführt. Die Lokalaugenscheine haben diesbezüglich ergeben, dass der für die Korngrößenanalyse gewählte Punkt mit dem einzigen Gefällewechsel einer gewissen Relevanz im Untersuchungsabschnitt zusammenfällt und somit als kritischer Schnitt angesehen werden kann, sich zudem noch in der Nähe einer Verengung (Brücke) befindet. Die Korngrößenanalyse wurde als Linienzahlanalyse durchgeführt (Fehr, 1987).



**Abbildung 108. Sieblinien des Sohlmaterials beim Zusammenfluss von Etsch und Rambach.**

Die aus dem Bachbett entnommene Probe wurde nach der Entnahme analysiert, um die Korngrößenverteilung und die charakteristischen Abmessungen der Sedimente (Abbildung 108) zu bestimmen. Die Analyse hat einen  $d_{50}$  Durchmesser von ungefähr 2,4 cm ergeben. Das Verhalten des Flusses wurde dann in der Benutzeroberfläche HEC – RAS 4.0 mit quasi stationärem Abfluss mit beweglicher Sohle simuliert und gleichzeitig die Änderungen der freien Oberfläche an allfälligen Erosionsstellen oder Ablagerungen am Längsprofil überprüft.

Schließlich hat man die folgenden Projektscenarien angenommen:

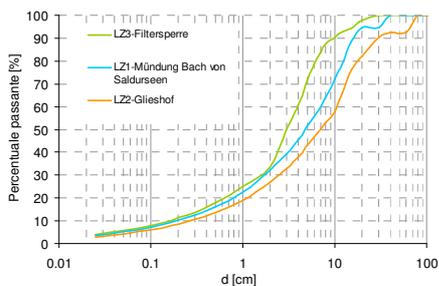
- Abfluss der Hochwasserereignisse mit Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren gemäß der synthetischen Abflussganglinien laut Abbildung 65;
- Restrisikoszenario bei Eintreten eines Jahrtausendhochwassers (HQ1000) mit praktisch vernachlässigbarem Laminationseffekt durch den Reschenstausee;
- Restrisikoszenario bei Eintreten eines Dammbrechens an den kritischsten Stellen, auf der orographisch linken Seite bei Laas;

- Restrisikoszenario infolge eines angenommenen Dammbbruchs des Reschenstausees.

Für die Berechnung des 1000-jährigen Hochwassers, unter der Berücksichtigung, dass am Reschensee keine Lamination zu erwarten ist (weil voll angenommen), wurden die Abflüsse an den dortigen Hochwasserentlastungen (vom Typ *morning glory*) nach der in Rossi und Salvi (2003) erläuterten analytischen Methode bestimmt.

Für das Szenario eines Dammbbruchs oberhalb von Laas wurde eine Bresche mit einer Länge von ca. 60 m auf der betroffenen linken Strecke der Dammerhöhungsarbeiten der 90er Jahre betrachtet. Für das Szenario des Dammbbruchs des Reschenstausees wurde die Dammbbruchstudie verwendet, die im Jahr 1992 von der ISMES AG im Auftrag der EDISON AG durchgeführt und im Landesamt für Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen Südtirol hinterlegt ist. Man muss dazu anführen, dass die Ergebnisse der letztin durchgeführten Dammbbruchstudie am Reschensee noch nicht verfügbar sind, wofür man auf die Genehmigung des Landesnotfallplans warten muss.

### 8.2.2 Saldurbach



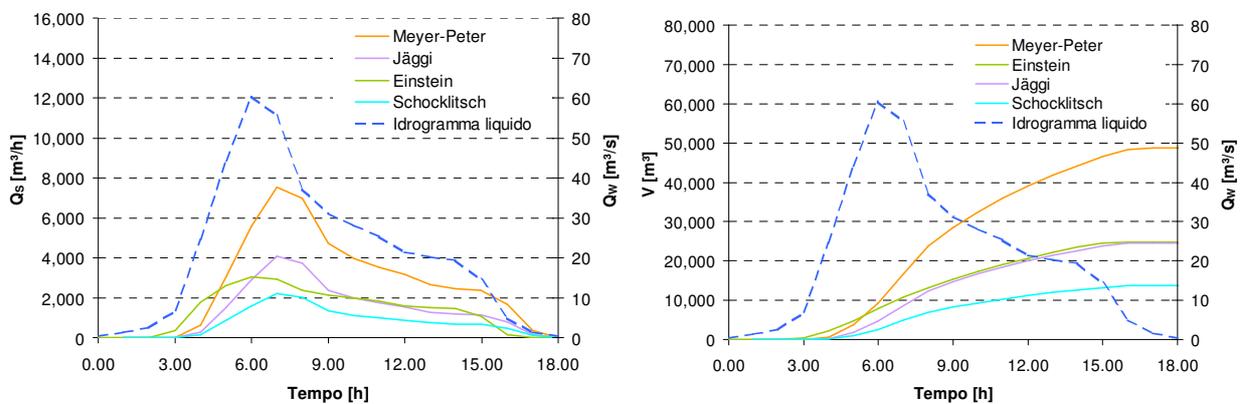
**Abbildung 109. Sieblinien des Sohlmaterials für drei Kontrollabschnitte, die große Rückhaltesperre und die Arbeiten der Korngrößenanalysen.**

Der Saldurbach wurde schon immer als gefährlich angesehen, vor allem weil in den Höhenlagen des Matschertales große Mengen von Geschiebe vorhanden sind und an ganzen Talhängen zahlreiche Erosionserscheinungen zu beobachten sind. Um die vom Saldurbach möglicherweise transportierbaren Geschiebefrachten zu berechnen, wurden mehrere Linienzahlanalysen durchgeführt (Fehr, 1987). In Abbildung 109 sind die Kurven der Korngrößenverteilung angeführt, die an verschiedenen Punkten des hydrographischen Systems des Saldurbachs berechnet wurden.

Die Abflussganglinie des Feststofftransports und die Feststofffrachten wurde für verschiedene Punkte des hydrographischen Systems mittels der bekanntesten Formeln aus der Literatur (Meyer-Peter, 1948; Schoklitsch, 1962; Einstein, 1942; Jäggi, 1984) durchgeführt, unter anderem auch für den Abflussquerschnitt in der Nähe der Rückhaltesperre. In Abbildung 110 sind die Feststoffhydrogramme und –frachten angeführt, die am Zusammenfluss mit dem Upitalbach (A.410.5.105) berechnet wurden.

Aufgrund der Lokalaugenscheine und der gemachten Beobachtungen sowie der Ausführungen im Gefahrenzonenplan der Gemeinde Schluderns (2007) ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Bis zum Zusammenfluss mit dem Upitalbach erscheint die verfügbare Feststoffmasse größer als die Transportfähigkeit des Baches (Materialablagerungen im Bachbett klar zu sehen)
- Im Abschnitt nach dem Zusammenfluss mit dem Upitalbach verläuft der Saldurbach eben, um dann zwischen "Schlossegg" und Rückhaltesperre stärke Gefälle aufzuweisen. Auf diesem Abschnitt hat der Bach keine Ausbreitungsmöglichkeiten, sodass die Abflussmenge laufend steigt und damit auch die Fähigkeit zum Feststofftransport, wobei die Spitze in der Nähe der Rückhaltesperre erreicht wird.
- Talseitig des Zusammenflusses mit dem Upitalbach sind keine nennenswerten Geschiebequellen vorhanden.
- Im Mittel- und Unterlauf des Saldurbaches sind nur geringe Geschiebemengen vorhanden.



120

**Abbildung 110. Feststoffhydrogramme und Feststofffrachten am Zusammenfluss mit dem Upitalbach.**

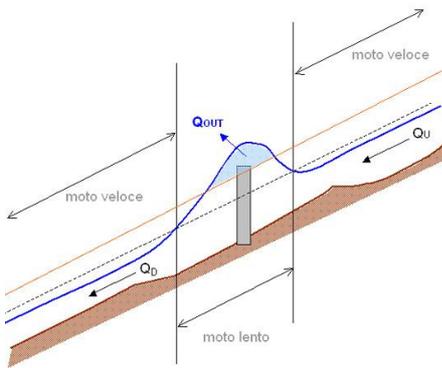
Aufgrund der obigen Ausführungen zeigen die gemachten Überlegungen, dass die Feststofffrachten, die den Ablagerungsbereich vor der Rückhaltesperre erreichen können, dort auch Platz finden, sodass der Feststofftransport nach der Sperre vernachlässigt werden kann. Man muss unterstreichen, dass die feinkörnige Geschiebefraktion auch talseitig des Rückhaltebeckens transportiert werden kann. Die angenommenen und nachfolgend beschriebenen Szenarien erlauben also auch die Berücksichtigung kleiner Geschiebemengenablagerungen auf der letzten Strecke der künstlichen Künette des Saldurbaches vor dem Biotop.

Hinsichtlich der bei der Modellierung angenommenen Szenarien ist zu unterstreichen, dass talseitig der großen Rückhaltesperre das Bachgefälle laufend geringer wird bis zu einem sehr geringen Gefälle in der Nähe des Biotops. Ein besonderes Kennzeichen des Saldurbaches sind die zahlreichen vorhandenen Überquerungen von Straßen bzw. Fahrrad- und Fußwegen, sodass die Wahrscheinlichkeit überprüft wurde, ob diese Brücken unter Druck gehen können oder vollständig verklaut werden könnten. Beurteilt man diese zweite Annahme trotz der Effektivität der Rückhaltesperre für den Feststoff bergseitig des Ortes als plausibel, gelangt man zu folgenden Hypothesen:

- es wurde ein 1D-Modell in Benutzeroberfläche HEC – RAS 4.0 für die Simulation der Hochwasserganglinien im Kanal erstellt, in dem für den obersten Abschnitt  $K_s = 29 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  für das Flussbett und  $K_s = 40 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  für das Vorland angenommen wurden; im mittleren Abschnitt des Kanals

gelten  $K_S = 30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$  für die Sohle und  $K_S = 66.6 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$  für die Ufer, im untersten Abschnitt in der Nähe der Mündung im Biotop wird  $K_S = 25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$  auf der gesamten Kanalbreite angenommen.

- die Analyse des Längsprofils der vermessenen Abschnitte zeigt, dass die Gefälle lokal auf Höhe der Brücken abnehmen, sodass im kritischen Fall ein Übergang von schießender zu strömender Fließbewegung anzunehmen ist. Lokal ist also eine strömende Fließbewegung anzunehmen.
- nach den oben angeführten Hypothesen können die Brücken und Straßenüberquerungen aufgrund von Materialablagerungen und mitgeführtem Treibholz verklausen, mit einem darauf folgenden Rückstau ins Oberwasser und daraus herrührenden Ausuferungen.



**Abbildung 111. Schematische Darstellung des entlang des Saldurbachs angenommenen Szenarios.**

121

Somit wurden folgende Szenarien modelliert:

- Modellierung von Hochwasserereignissen mit Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren unter Verwendung der im Niederschlags-Abflussmodell erarbeiteten Reinwasserhydrogramme, unter Berücksichtigung der realistischen Möglichkeit, dass alle Brücken abwechselnd unter Druck geraten. Nach dem Schema in Abbildung 1112 wird an verschiedenen Abschnitten angenommen, dass aufgrund des Abfließens des Hochwasser die Querbauwerke unter Druck gehen. Für die Berechnung der Ausuferungswassermenge in jedem untersuchten Abschnitt wird eine strömende Fließbewegung vorausgesetzt, auf den Abschnitten ober- und unterstrom davon hingegen eine schießende Strömung.
- Ausbreitung der im Bachbett verbleibenden Abflussmengen auf das gesamte Biotop mittels 2D-Modell
- Bei den Szenarien des Restrisikos wurde angenommen, dass die Brücken unter dem Wasserdruck bei besonders kritischen Bedingungen, auch gleichzeitig, einstürzen oder vollständig überflutet werden könnten. Ein anderes Restrisikoszenario könnte von der nicht absolut perfekten oder völligen Unwirksamkeit der Rückhaltesperre abhängen. Da Schwierigkeiten bei der Modellierung der besagten Ereignisse bestehen, wurde die Umgrenzung des Restrisikobereiches durch Digitalisierung der Außenränder des Schwemmkegels des Saldurbachs bestimmt.

### 8.2.3 Suldenbach

Mit Hilfe der auf statistischem Wege erarbeiteten Dreieckshydrogramme (dargestellt im Kapitel 7.2.2.4) erfolgte zu Beginn die Bewertung der Geschiebetransportkapazität des Suldenbaches am Ausgang des Tales, und zwar mittels eines 1D-Modell in HEC-Ras 4.0. Die Berechnungen zeigen, dass die Transportfähigkeit des Gewässers bis vor dem Ort Prad a. St. sehr groß ist. Allerdings gibt es in der Örtlichkeit Schmelz eine weite ebene Ablagerungsfläche, in der das Gefälle sehr stark abnimmt. Somit ist die Transportfähigkeit dort viel geringer als effektiv Geschiebe vorhanden ist.

Anschließend, bei Beginn des Trapezprofils im Schlussabschnitt, nimmt das Gefälle wieder zu und bleibt bis zur Einmündung in das weite Delta der „Prader Sand“ nahezu konstant. Es ist somit anzunehmen, dass sich das ankommende Geschiebe zum Großteil schon vor Prad ablagern wird und dass lediglich der Feinanteil ins Tal geführt wird, wo er sich vor der Mündung in die Etsch ablagert. Also hat man als realistisch angenommen, dass der Feststofftransport für den Suldenbach keinen kritischen Faktor darstellt und auch keine kritischen Situationen im Dorfbereich oder an den Brücken über den Bach bewirkt, weil große Gefälleänderungen fehlen. Gleichzeitig ist auch die Wahrscheinlichkeit als gering einzuschätzen, dass die zahlreichen Brücken über das Bachbett im Ortsverlauf verklausen, weil das Abflussprofil eine ausreichende Breite aufweist, keine Brückenpfeiler vorhanden sind und es keine Vegetation im Flussbett gibt.



**Abbildung 112. Flussaufweitung als Ablagerungsfläche bergseitig des Trapezprofils im Dorf mit Detail des abgelagerten Materials, rechts eine Aufnahme des Suldenbachdeltas in der „Prader Sand“.**

Somit können die untersuchten Szenarien für die Hochwasserberechnung im Untersuchungsabschnitt des Suldenbachs folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Hochwasserabflussmodellierung mit Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren gemäß Dreiecksabflussganglinien laut Abbildung 70; es wurden Rauheitswerte von  $25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  im nicht befestigten Abschnitt und von  $35 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  im befestigten Abschnitt angenommen.
- Restrisikoszenario bei Eintritt eines Jahrtausendhochwassers (HQ = 1000 Jahre).

### 8.2.4 Punibach

Die hydraulischen Untersuchungen am Punibach haben dazu geführt, dass die Untersuchung des Schwemmkegels in der Gemeinde Mals, der außerhalb des Untersuchungsgebiets liegt, und die Untersuchung des bordvollen Abflusses bergseitig von Glurns im Untersuchungsabschnitt untrennbar zusammengehören. Auf diese Weise kann angenommen werden, dass die hydrologische und

hydraulische Kontinuität des Punibachs ausreichend zuverlässig berücksichtigt ist. Aus den Unterlagen zu den Ereignissen geht klar hervor, dass eine hydraulische Studie des Punibachs in Glurns nicht von einer korrekten Bewertung der Abflusskapazität im Bachbett in Mals absehen kann. Im Mai 1983 trat der Punibach, zum Beispiel, in der Nähe der Brücke an der Landesstraße nach Burgeis (Abbildung 113) über die Ufer mit Schäden und Überschwemmungen, während in Glurns keine Schäden zu verzeichnen waren. Ausgehend von den geschichtlichen Ereignissen und in Ermangelung genauer hydraulischer Messungen wurden die Hypothesen laut Darstellung in Abbildung 114 angenommen.

Im wesentlichen nimmt man an, dass der Bach bergseitig des Ortszentrums von Mals wegen der Verklausung an der Brücke auf der Landesstraße nach Burgeis über die Ufer tritt, somit eine Reduzierung der Hochwasserspitze erfolgt. Die Lokalausgenseine haben gezeigt, dass der Bach auch talseitig der Rückhaltesperre Geschiebe und Holz mobilisieren kann, sodass eine Verklausung der Brücke talseits absolut wahrscheinlich ist, da die Abflussquerschnitte klein sind.



**Abbildung 113. Kritische Abflussquerschnitte in der Ortschaft Mals. An der Brücke an der Landesstraße nach Burgeis (links) ereignete sich der Austritt im Jahr 1983.**

Deswegen ging man folgendermaßen vor:

- Für den Abschnitt zwischen der großen Rückhaltesperre an der Spitze des Schwemmkegels in der Ortschaft „Ulten“ und dem Abschnitt talseits von Mals hat man eine 2D-Modellierung mit der Software Flo 2D ausgeführt. Die Form der charakteristischen Querschnitte des dort vorhandenen Kanals wurde den von der Abt. 30 Wasserschutzbauten in den 80er- und 90er-Jahren ausgearbeiteten Ausführungsprojekten entnommen. Als Annahme gilt, dass die Brücke an der Landesstraße nach Burgeis verklaust ist.

In das Modell wurden die verfügbaren Querschnitte eingegeben, wobei ein 1D-Modell mit einem zweidimensionalen Modell für die Modellierung der Überflutungen auf dem Vorland gekoppelt wurde. Abbildung 115 stellt die talseits von Mals im Kanal des Punibachs vorhandenen Hochwasserganglinien dar. Wie der Tabelle 36 zu entnehmen ist, liegt die Reduzierung der Hochwasserabflussspitze immer um einen Wert von 30%. Die Berechnungen werden durch die in der Abt. 30 Wasserschutzbauten gefundenen Planungsunterlagen bestätigt. Die Sanierungsarbeiten am Kanal im Ortsabschnitt Glurns, die 1979 und 1989 erfolgten, wurden nämlich mit einer Abflussmenge von 28 – 33 m<sup>3</sup>/s bemessen, die mit der Iszkowski-Methode bestimmt wurde. Somit müsste, aufgrund der erhaltenen Ergebnisse, der Kanalabschnitt, der neben dem „Malsertor“ vorbeiführt,

wenigstens bis Ereignissen mit 30-jähriger Wiederkehrzeit eine ausreichende Abflusskapazität gewährleisten.

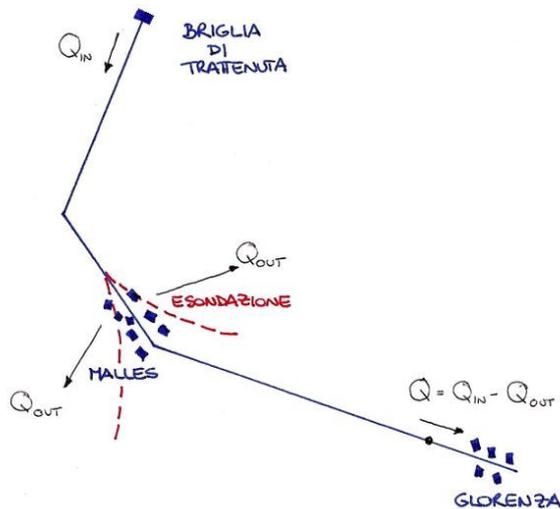


Abbildung 114. Schematische Darstellung der Annahmen, die für die hydraulische Untersuchung des Punibachs zu Grunde gelegt wurden.

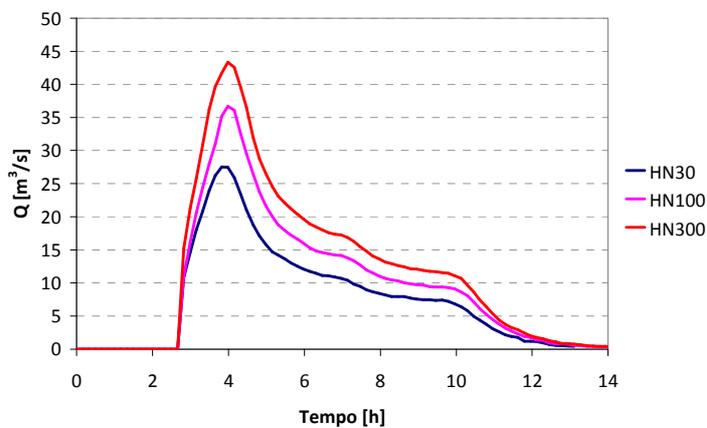


Abbildung 115. Hochwasserabflussganglinien bergseits von Glurns für den Punibach.

- Für die Untersuchung der Abflusskapazität des Punibachs innerhalb des Untersuchungsgebietes, d.h. in Glurns und bis zum Zusammenfluss mit der Etsch in der Nähe von Spondinig, wurde ein 1D-Modell ausgearbeitet, wofür die aus der Studie des Bereiches in Mals bereinigten Abflussganglinien verwendet wurden.

Das 1D-Hydraulikmodell wurde mit HEC – RAS 4.0 ausgearbeitet. Wegen der unterschiedlichen Bautypen der berücksichtigten Abschnitte (von einem Kanal mit Beton bis zu einem Bachbett mit Erddämmen) wurden folgende Rauigkeitsbeiwerte angewendet (vgl. z. B., Chow, 1959):

- von Abschnitt P18 bis Abschnitt P12 ( $L = 275 \text{ m}$ )  $K_S = 59 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ ;

- von Abschnitt P11 bis Abschnitt P07 (L = 394 m)  $K_S = 45 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ;
- von Abschnitt P06 bis Abschnitt Nr. 3 (L = 740 m)  $K_S = 40 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ;
- von Abschnitt Nr. 4 bis zum Zusammenfluss mit der Etsch (L = 4919 m)  $K_S = 35 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$

Try	$Q_{\text{ULTEN}}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{\text{GLURNS}}$ [m <sup>3</sup> /s]	Reduzierung
30	40.75	27.53	0.32
100	52.13	36.66	0.29
300	64.32	43.33	0.32
1000	80.50	53.83	0.33

**Tabelle 36. Reduzierung der Hochwasserabflussspitzen zwischen Ulten und Glurns aufgrund von Ausuferungen in Mals.**

Für eine schnelle Lokalisierung der besagten Abschnitte verweist man auf die Karte der Vermessungsabschnitte (Plan Nr. 1.3). Man kann also folgende Szenarien annehmen:

- Modellierung der Hochwasserabflüsse mit Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren gemäß Hochwasserabflussganglinien in Abbildung 115
- Szenario des Restrisikos bei Eintritt eines Jahrtausendhochwassers (HQ = 1000 Jahre)

125

Die Wahrscheinlichkeit einer teilweisen oder vollständigen Verklauung der verschiedenen Brücken über den Punibach in Glurns ist sehr gering, da angenommen wird, dass der Bach bereits bergseitig von Mals über die Ufer tritt und nur geringe Mengen grobkörniges Material im Abschnitt zwischen Mals und Glurns vorhanden ist.

### 8.2.5 Rambach



**Abbildung 116. Die Kalvenbrücke und die Brücke nach Laatsch über den Rambach und die Aufweitung vor dem Untersuchungsabschnitt.**

Nach Lokalaugenscheinen dürften keine Abflussprobleme unter der Kalvenbrücke bestehen. Bei besonders starkem Hochwasser bestehen bei der Brücke nach Laatsch Probleme. In Abbildung 116 sind zwei Aufnahmen der besagten Brücken zu sehen.

Es bestehen keine besonderen Probleme hinsichtlich der Treibholzmengen. Außerdem beschränken die zahlreichen Wasserbauten und Forstarbeiten auf Schweizer Gebiet den Feststofftransport ins Tal. Wie in der Vergangenheit öfters passiert, erscheint auch der Feststofftransport von den Seitenbächen bis ins Untersuchungsgebiet nicht plausibel: in diesen Fällen staut sich das Bachbett (wie z. B. 1983 geschehen) und verursacht eine lokale Überschwemmung und verhindert damit auch den Transport von größeren Materialmengen ins Tal. Die vorhandene Aufweitungsstrecke unmittelbar oberstrom des Untersuchungsabschnittes lässt zudem denken, dass dort die Transportfähigkeit des Rambachs viel geringer ist als die antransportierten Geschiebefrachten, was auch durch die offensichtlichen Ablagerungen bestätigt wird.

Der Feststofftransport bei Hochwasser wurde jedenfalls in HEC – RAS 4.0 quasi stationär mit veränderter Sohle simuliert, wobei dann die Änderungen des Wasserspiegels bei allfälligen Erosionen oder Anlandungen entlang des Längsprofils des Flusses berechnet werden. Mit derselben Software wurde ein 1D-Modell zur Untersuchung der Hochwasserabflüsse im Untersuchungsabschnitt ausgearbeitet. Der Einfachheit halber wurde ein konstanter Rauigkeitswert von  $K_s = 25 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  auf dem gesamten Abschnitt angenommen.

Somit wurden folgende Projekt szenarien angenommen:

- Modellierung der Hochwasserabflüsse mit Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren gemäß Abflussganglinien in Abbildung 72, unter Berücksichtigung der Möglichkeit, dass die Laatscher Brücke bei Wiederkehrzeiten  $T_R > 30$  Jahre unter Druck kommt;
- Szenario des Restrisikos bei Eintritt eines Jahrtausendhochwassers (HQ = 1000 Jahre).

126

### 8.2.6 Modellierungen

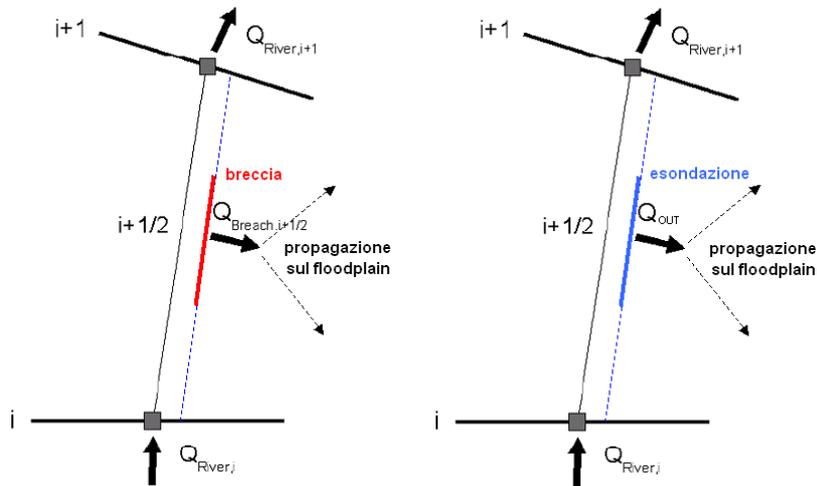
Für die Flüsse der Talsohle und, allgemein, für die Wasserläufe mit Dämmen, bei denen kein Rückfluss der ausgetretenen Abflussmengen ins Bachbett erfolgt, hat man mittels Modellierung 1D mit der Software HEC – RAS 4.0 die Ganglinien der Ausuferungen berechnet und anschließend in den betroffenen Bereichen ein zweidimensionales Modell mit der Software Flo-2D ausgearbeitet, das die Untersuchung der Ausbreitung in den Vorländern ermöglicht hat.

So konnte man den Umfang der überfluteten Flächen errechnen und in jedem Punkt die Fließtiefe und die Fließgeschwindigkeit bestimmen. In Abbildung 117 ist die in diesen Fällen verwendete Rechenmethode dargestellt. Die Ausuferungsganglinien wurden in einem Raster mit Zellengrößen  $5 \times 5 \text{ m}$  über das Vorland geroutet. Für die genaue Modellierung hat man auch einen äquivalenten Wert der Rauigkeit des Vorlandes nach der Methode USDT (angeführt von USACE) aufgrund der Formel von Cowan (Cowan, 1959) berechnet:

$$n = \left( n_b + \sum n_i \right) \cdot m$$

wo  $n_b$  der Grundwert des Rauigkeitskoeffizienten ist,  $n_i$  die Zusatzwerte für die im Gebiet vorhandenen Besonderheiten darstellen (Vegetation, Straßen und asphaltierte Flächen, Felder, usw.) und  $m$  ein Gewichtungsfaktor ist. Man verweist in diesem Zusammenhang auch auf die Angaben von Kham u. a. (2006), nach denen die Hydraulikmodelle in erster Linie auf den Wert von Manning reagieren. In

Entsprechung an die Referenzwerte für Bodenklassen und Zweckbestimmung nach O'Brien (2007), wurde ein Mittelwert des Manning-Koeffizienten von  $n = 0.0667 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$  gewählt, der somit auch die wichtigsten Nutzungen der zum Untersuchungsgebiet gehörenden Flächen berücksichtigt.



**Abbildung 117. Schema der Hochwasserausbreitung im Falle des Dammbbruchs oder bei Überbordung im zweidimensionalen Modell Flo-2D.**

127

Surface	n value
Dense turf	0.17 - 0.80
Dense grass, dense vegetation	0.17 - 0.48
Shrubs and forest litter, pasture	0.30 - 0.40
Average grass cover	0.20 - 0.40
Poor grass cover on rough surface	0.20 - 0.30
Short prairie grass	0.10 - 0.20
Sparse vegetation	0.05 - 0.13
Open ground with debris	0.10 - 0.20
Fallow fields	0.08 - 0.12
Open ground, no debris	0.04 - 0.10

**Tabelle 37. Werte des Manning-Koeffizienten im Verhältnis zur Bodennutzung (O'Brien, 2007).**

## 8.3 Primäre Zubringer

### 8.3.1 Methodik zur Entwicklung der Murhydrographen

#### 8.3.1.1 Murgang-Entstehungskriterium

Allen untersuchten primären und sekundären Zubringern der Etsch liegt eines oder alle beide folgender Murgang-Entstehungsszenarien zugrunde.

- Murgang-Entstehungsszenario aufgrund von Sohl- und Seitenerosion
- Murgang-Entstehungsszenario aufgrund einer Verklauung mit anschließendem Dammbbruchszenario

Das Szenario einer möglichen Verklauung mit darauf folgendem Dambruch wurde aufgrund der eindeutigen Beschreibungen in den Ereignisdokumentationen und der labilen Gerinneabhängigkeit beim Laaserbach, sowie beim Tschavallatschbach entwickelt.

Für alle Wildbäche allerdings wird die Möglichkeit der Entstehung eines Murganges aus der Gerinnesohle angenommen. Diese Annahme bestätigt sich bei der Begehung der Gerinne und den dort vorgefundenen Lockersedimentherden. Eine weitere Untermauerung dieser Annahme ist aus den Berichten und Fotodokumentationen aufgetretener Ereignisse zu entnehmen. In diesen Dokumenten wird teilweise auch konkret auf den Ort des Ereignisursprunges eingegangen.

Für die Berechnung des kritischen Abflusses kann die von Tognacca entwickelte Formel für die Entstehung von Murgängen angewandt werden. Sie besagt, dass der kritische Abfluss, welcher für die Entstehung einer Mure verantwortlich zeichnet, nur vom mittleren Durchmesser des Sohlmaterials und der Gerinneneigung abhängt.

$$q_{Dlc} = g^{0,5} * \left( \frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^{0,5} * \frac{d_m^{1,15}}{J^{1,17}}$$

$q_{Dlc}$	...	kritischer Abfluss [m <sup>3</sup> /s/m]
$g$	...	Erdbeschleunigung [m/s <sup>2</sup> ] ≈ 9,81 m/s <sup>2</sup>
$\rho_s$	...	Korndichte [kg/m <sup>3</sup> ] ≈ 2.700kg/m <sup>3</sup>
$\rho_w$	...	Dichte des Wassers [kg/m <sup>3</sup> ] ≈ 1.000kg/m <sup>3</sup>
$d_m$	...	mittlerer Durchmesser des Sohlmaterials [m]
$J$	...	Gerinneneigung [-]

128

### 8.3.1.2 Entwicklung der Murhydrographen

Zur Entwicklung der Murhydrographen werden zwei verschiedene Ansätze der Berechnung der Sedimentkonzentration eines Murganges miteinander kombiniert. Der Ansatz nach Tognacca (1999) ist ein empirischer und erlaubt eine Abschätzung der Volumenkonzentration eines Murganges anhand der Lagerungsdichte des noch ruhenden Lockermaterials und der Gerinneneigung. Der Ansatz nach Tognacca beschreibt sehr gut die Murfracht eines Ereignisses, unterschätzt hingegen die auftretenden Spitzenabflüsse.

$$c_v = \left( \frac{\tanh(7,1 * J^{0,8} - 2,15)}{2,3} + 0,43 \right) * c^*$$

$c_v$	...	Volumenkonzentration
$J$	...	Gerinneneigung
$c^*$	...	Feststoffkonzentration des lagernden Lockermaterials (maximal 0,9)

Daraus ergibt sich die Geschiebetriebformel nach Tognacca (1999) für die Feststofffracht eines Murganges:

$$Q_B = \frac{c_v}{1 - c_v} * Q_w$$

$Q_B$	...	Feststofffracht	[m <sup>3</sup> ]
$c_v$	...	Volumenkonzentration	
$Q_W$	...	Reinwasserabflussfracht [m <sup>3</sup> ]	

Takahashi (1991) nimmt in seinem Ansatz Anleihen aus der Geotechnik und entwickelt dafür eine Formel für die Berechnung der Murkonzentration. Dabei nimmt er für Neigungen > 36 % eine Konzentration von 90-c\* an. Für Gerinneneigungen < 36 % gilt:

$$c_v = \frac{J}{\frac{\rho_s}{\rho_w} * (\tan \varphi - J)}$$

$c_v$	...	Volumenkonzentration
$J$	...	Gerinneneigung
$\rho_s$	...	Korndichte [kg/m <sup>3</sup> ] ≈ 2.700kg/m <sup>3</sup>
$\rho_w$	...	Dichte des Wassers [kg/m <sup>3</sup> ] ≈ 1.000kg/m <sup>3</sup>
$\varphi$	...	Reibungswinkel des ruhenden Lockermaterial

Daraus ergibt sich für die Geschiebetriebformel nach Takahashi (1991) für die Feststoffkonzentration des Murganges:

$$Q_B = \frac{c_v}{c^* - c_v} * Q_W$$

$Q_B$	...	Feststofffracht [m <sup>3</sup> ]
$c_v$	...	Volumenkonzentration
$c^*$	...	Feststoffkonzentration des lagernden Lockermaterials (maximal 0,9)
$Q_W$	...	Reinwasserabflussfracht [m <sup>3</sup> ]

Dem Ansatz von Takahashi gelingt es, den Spitzenabfluss eines Murganges abzubilden, während die Murfracht überschätzt wird.

Aus diesem Grund wird in den Wendepunkten der Murganglinie nach Tognacca die Murganglinie von Takahashi aufgesetzt. So gelingt es, den gesamten Murgang zu modellieren.

Ein wichtiger Faktor, der zu vertiefen ist, um die hydraulische Überprüfung der Hauptsammler der untersuchten Einzugsgebiete korrekt durchzuführen, ist die Holzmenge, die während eines Hochwassers in Bewegung gesetzt werden kann. Die Holzmenge steht im Verhältnis zu verschiedenen Richtwerten, wie die Länge der Waldstreifen neben dem Bachbett, das Bachgefälle, die Wassermenge anlässlich intensiver Regenfälle. Die Fachliteratur führt verschiedene empirische Formeln an, die von Autoren aus Japan oder der Schweiz erarbeitet wurden und allgemein folgende Formulierungen aufweisen:

$$V_{WOOD} = k \cdot \alpha \quad [m^3]$$

mit k als variable empirische Konstante für jeden berücksichtigten Richtwert  $\alpha$  betrachtend (Beckenareal, Sedimenttransport, Waldfläche des Beckens). Oder:

$$V_{WOOD} = k \cdot \alpha^\beta \quad [m^3]$$

mit k und  $\beta$  als variable empirische Konstante für jeden berücksichtigten Richtwert  $\alpha$  (Beckenareal, Hochwasserspitze, Waldfläche des Beckens, bewaldete Länge des Sammlers). Im gegenständlichen Fall

wurde eine schweizerische empirische Formel verwendet (Rickenmann, 1997), in der die mögliche in Bewegung zu setzende Holzmenge bei einem Hochwasser in Verhältnis zur Länge des bewaldeten Bachbetts steht:

$$V_{WOOD} = 40 \cdot L_W^2 = 40 \cdot \sum_i L_{Wi}^2 \quad [m^3]$$

mit  $L_W$  ausgedrückt in km. Für die Abflussganglinie der Holzmengen, die von Ereignissen mit bestimmten Wiederkehrzeiten in Bewegung gesetzt werden können, wurde der Ansatz von May und Gresswell (2003) verwendet, die einen engen Zusammenhang von Wiederkehrzeit eines Ereignisses und transportierter Holzmenge im aktiven Bett der berücksichtigten Sammelbeckens herstellt, wie nachfolgend gezeigt:

$$V_{WOOD} = a \cdot e^{bT_R} \quad [m^3]$$

wo  $a$  und  $b$  zwei empirische Konstante sind (angenommen mit jeweils 0,133 und 0,015) und  $T_R$  die Wiederkehrzeit des berücksichtigten Ereignisses angibt.

### 8.3.2 Modellierungen

Die Modellierung der einzelnen Ereignisse an den primären Zubringern erfolgt über das rasterbasierte, zweidimensionale Modell FLO-2D zur physikalischen Simulation von Reinwasserabflüssen, hyperkonzentrierten Abflüssen sowie viskosen und granularen Murgängen. Die Rasterweite wurde dabei für die primären Zubringer auf 5x5 m festgesetzt. Aufgrund der großen Flächenausdehnung der Kegel und der möglichen Ablagerungszonen wurde für drei Wildbäche, und zwar für den Allitzerbach, den Tanaserbach und den Tschavallatschbach eine Rastergröße von 10x10 m gewählt.

Der Kode breitet die Hochwasserabflussganglinien auf festem Grund nach einem quadratischen Modell aus, wobei die Annahme gilt, dass das Material homogen und einphasig ist. Dieses Modell, das im Modus 1D-2D für die primären Zubringer und im Modus 2D für die sekundären Zubringer verwendet wird, eignet sich sowohl für die Simulation der Ausbreitung von Wasser als auch von hyperkonzentrierten Strömungen und viskosen oder körnigen Murgängen. Als Input wurden das digitale Geländemodell (D.T.M.), allgemeine Informationen zur Konsistenz und Zusammensetzung der modellierten Oberflächen und die Hochwasserhydrogramme verwendet. Wenn, wie im gegenständlichen Fall, keine genauen Daten oder frühere Informationen hinsichtlich der Fließeigenschaften der Vermurungen (z. B. Grenzscherspannungen und Viskositätskoeffizienten) zur Verfügung stehen, werden diese Ereignisse einfach als liquide Fließphänomene auf einer Oberfläche modelliert, die allerdings mit erhöhten Rauheitswerten versehen werden. Für Zirm- und Tschavallatschbach wurden hingegen die wahrscheinlichsten Werte der Viskosität und der Grenzscherspannung der Vermurungen, anhand der Werte aus Publikationen und der verfügbaren Ereignisdokumentation, geschätzt. Die Fachliteratur gibt verschiedene Referenzen für die korrekte Auswahl der Strickler-Koeffizienten, die für die Modellierung der Murgänge anzuwenden sind:

- Bezzola (2000) verbindet den Strickler-Koeffizienten des Murganges mit dem maximalen Murgangabfluss über folgende Formel:  $K_S = \frac{1}{0.077 \cdot Q_{max}^{0.067}}$ ;

130

- Armanini (1998) empfiehlt Werte für  $K_S$  von  $10-13 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ;
- das Public Works Research Institute (PWRI, 1998) in Japan empfiehlt für die Murgangfront Werte von  $10 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ .

Aufgrund dieser Angaben hat man sich entschieden, den Wert des Strickler-Koeffizienten im Verhältnis zur Bodennutzung der modellierten Oberflächen auf folgende Weise zu unterscheiden:

- $K_S = 10 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$  für die Transportkanäle und ebene überschwemmte Flächen (Manning-Koeffizient 0.1);
- $K_S = 1.33 - 3.33 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$  für Flächen mit Bewaldung und dichter Vegetation (Manning-Koeffizient 0.3 – 0.8).

Diese angenommenen Manning-Koeffizienten entsprechen den Empfehlungen von O'Brien u. a. (1993, 2007) laut Darstellung in Tabelle 37. Über die Definition solch hoher Rauigkeitsbeiwerte berücksichtigt man implizit alle Eigenheiten der durch die Murgänge betroffenen Flächen sowie ihre besonderen rheologischen Eigenschaften, welche je nach dominierender Matrix in viskos oder granular unterteilt werden können.

### 8.3.3 Allitzerbach (A.340)

Die Murfrachten des Allitzerbaches, welche den Kegel erreichen, stammen ausschließlich aus dem Arm des Gadriabaches. Der zweite Zubringer, der Strimmbach weist eine geringe Murtätigkeit auf. Eventuell auftretende Ereignisse verlaufen sich zudem meist auf der Umlagerungsstrecke zwischen der Schwarzen Lacke und der Stierhütte.

Der Gadriabach ist im Gegensatz zum Strimmbach ein sehr aktiver Wildbach, äußerst gefährlich und als murfähig einzustufen. Nach dem Indexverfahren von Melton erreicht er einen Wert von 0,63. Zahlreiche Ereignisdokumentationen am Gadriabach bestätigen diese Aussage. Die Geschiebeherde im Gadria befinden sich in den einzelnen Gerinnen, Seitengraben und Runsen. Für ein 100-jähriges Ereignis kann ein Geschiebevolumen von  $54.400 \text{ m}^3$  geschätzt werden. Dies ergibt für dasselbe Murereignis einen Spitzenabfluss von  $60,29 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Durch die Ereignisdokumentation lässt sich sehr leicht die starke Dynamik des Allitzerbaches belegen. Fast jährlich gelangen Murereignisse ins Geschieberückhaltebecken. Aus diesem Grund ist eine periodische Leerung des Beckens nötig, bei der im Abstand weniger Jahre stets große Geschiebemengen aus dem Becken entnommen werden müssen, um die Effizienz des Schutzbauwerkes zu gewährleisten. Durch die schnelle Bodenabtragung im Einzugsgebiet des Gadriabaches und die dadurch großen Geschiebemengen füllt sich das Rückhaltebecken recht schnell und die Mitarbeiter des Amtes für Wildbachverbauung müssen Entleerungsarbeiten organisieren (durchschnittlich ca.  $30.000 \text{ m}^3/24$  Monaten), um die Effizienz des Rückhaltebeckens zu gewährleisten. Will man ein Gefahrenszenario für den Allitzerbach entwickeln, so wird das Geschieberückhaltebecken zum Schlüsselbaustein. Unterstellt man dem Bauwerk eine volle Effizienz, so muss es in der Lage sein, die Mure dermaßen abzuschwächen, dass es dem Ereignis nicht mehr gelingt, unterhalb des Sperrenbauwerkes weiteres Geschiebe oder Wildholz aufzunehmen. Dieses könnte im Fall eines Versagens der Rückhaltesperre zur Verklauung der Brücke bei Allitz führen und somit ein Ausuferen des Allitzbaches bewirken. Um den Wirkungsgrad der

Schutzbaumaßnahme feststellen zu können und in das Gefahrenszenario einzubauen wird eine Geschiebeganglinie der letzten rund 15 Jahre für das Rückhaltebecken generiert. Für diese Periode liegen Aufzeichnungen der Geschiebevolumen von sich zugetragenen Murereignissen und der Materialentnahmen aus dem Becken vor.

Mit einer ursprünglichen Speicherkapazität von ca. 70.000 m<sup>3</sup>, scheint es, dass das Speicherbecken oft von Vermurungen gefüllt worden ist. Nach großen Ereignissen wurde es dann in der Regel sofort geleert.

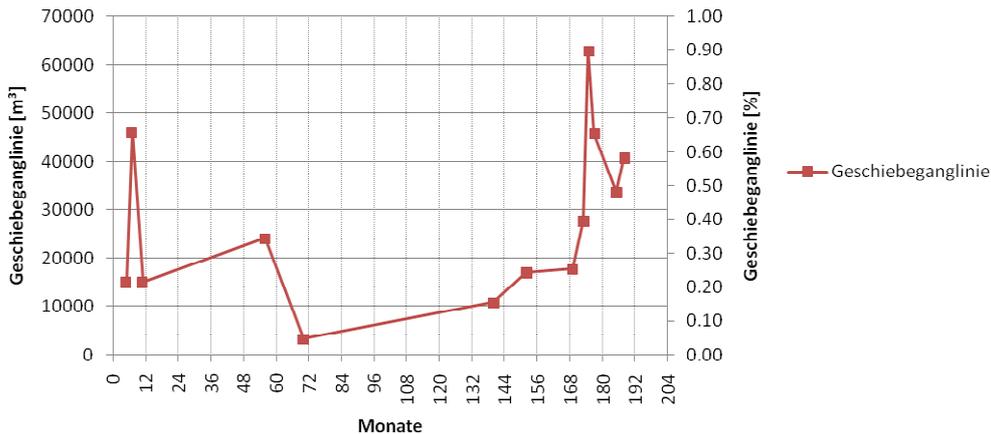


Abbildung 118. Geschiebeganglinie für das Rückhaltebecken am Allitzerbach während der letzten rund 15 Jahre.



Abbildung 119. Angenäherte Querschnittsfläche des Geschieberückhaltebeckens.

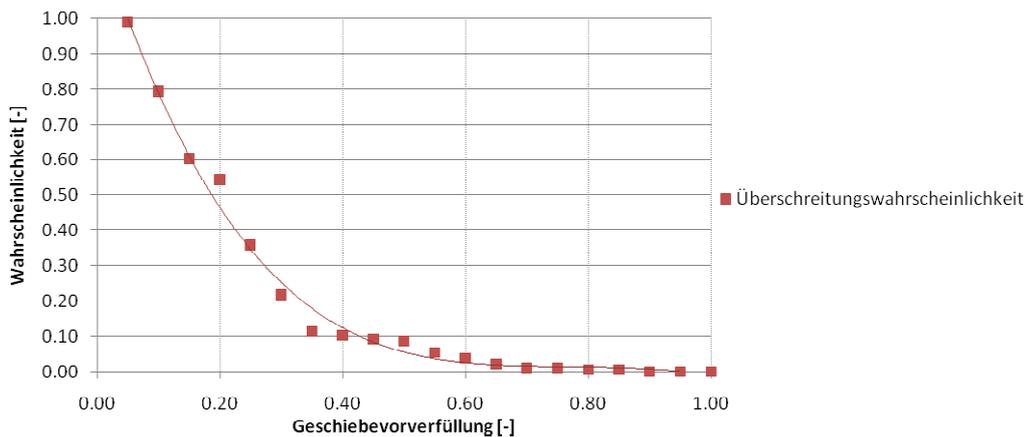


Abbildung 120. Überschreitungswahrscheinlichkeit der Geschiebevorverfüllung im Rückhaltebecken am Allitzerbach

Zur Bestimmung der Häufigkeit des jeweiligen Verfüllungsgrades ist die Überschreitungswahrscheinlichkeit für verschiedene Vorverfüllungsgrade im Geschieberückhaltebecken

bestimmt worden. Es ist anzunehmen, dass diese Funktion (Abbildung 120) für das Rückhaltebeckens repräsentativ ist. Man kann zum Beispiel erkennen, dass das Becken nur in 10% der Zeit mit mehr als 40% gefüllt ist. Weiters kann die Querschnittsform des Beckens als angenähert dreiecksförmig angenommen werden. Nach der Flächenformel für allgemeine Dreiecke ist somit bei einem Vorverfüllungsgrad von 50% des Beckenvolumens von 55.000 m<sup>3</sup> schon rund 70 % der möglichen Ablagerungshöhe erreicht.

$$F = \frac{B \cdot h}{2}$$

$$h = \frac{2 \cdot F}{B}$$

- F ... Querschnittsfläche eines allgemeinen Dreiecks, in diesem Falle des Geschieberückhaltebeckens [m<sup>2</sup>]
- B ... Breite des Geschieberückhaltebeckens [m]
- h ... Ablagerungshöhe [m]

Das Geschieberückhaltebecken kann als effizient eingestuft werden, wenn es gelingt durch diese Schutzmaßnahme die Spitze des Murabflusses zu kappen. Für ein 30-jähriges Ereignis mit einer Feststofffracht von 62.700 m<sup>3</sup> müssten somit 23.300 m<sup>3</sup> Geschiebe im Becken zur Ablagerung kommen. Dies setzt bei einem festgestellten, gesamten Rückhaltevermögen der Sperre von 55.000 m<sup>3</sup> eine maximale Geschiebevorverfüllung von 58 % voraus. Steigt man mit diesem Wert von 58 % in die Abbildung 120, so lässt sich daraus die Wahrscheinlichkeit ablesen, mit welcher dieser Vorverfüllungsgrad überschritten wird. Die Überschreitungswahrscheinlichkeit für einen Vorverfüllungsgrad von 58 % beträgt somit 3 %. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Effizienz des Schutzbauwerkes nicht gegeben ist, liegt somit bei 3 %. Aus einem Ereignis mit einer prognostizierten Wiederkehrzeit von 30 Jahren wird somit für das Szenario der Ineffizienz der Rückhaltesperre und des anschließenden Verklausens der Brücke ein Ereignis mit der Wiederkehrzeit von 1000 Jahren. Diese Überlegung lässt sich anhand eines Ereignisbaumes für das 30-jährige Ereignis erläutern.

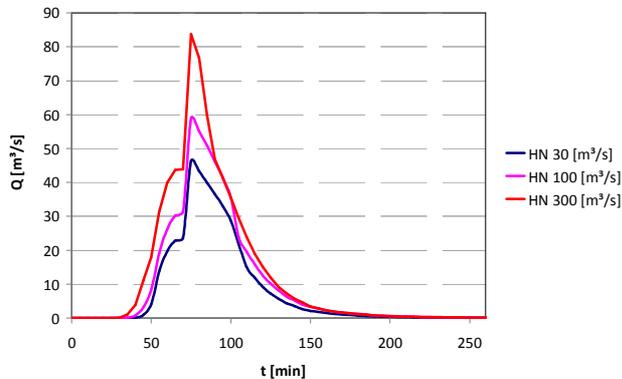
133

EREIGNISBAUM				
		Wahrscheinlichkeit		Jährlichkeit
Vorverfüllung der Geschieberückhalte-sperre ≈ 58%	Jährlichkeit <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">30</span>	$\nearrow$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.03</span> → 0.00100	→	1000
	0.0333 $\searrow$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.97</span> → 0.03233	→	31	

**Tabelle 38. Ereignisbaum für die Verklauung der Brücke über den Allitzerbach bei Allitz.**

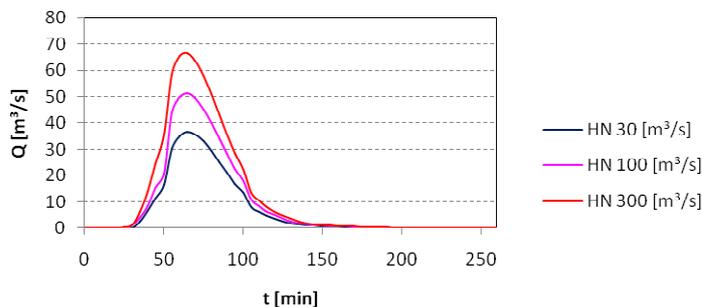
Um zu den maßgeblichen Gefahrenszenarien zu gelangen wird somit von den Murganglinien noch der jeweilige Geschieberückhalt durch das Becken abgezogen. Daraus resultiert für das 100-jährige

Murereignis eine Gesamtabflussfracht des Murganges von ca. 160.000 m<sup>3</sup> bei einem Spitzenabfluss von 58,48 m<sup>3</sup>/s.



**Abbildung 121.** Murganghydrographen für Ereignisse mit Wiederkehrzeit von 30, 100 und 300 Jahren am Allitzerbach.

### 8.3.4 Tanaserbach (A. 365)



**Abbildung 122.** Murganghydrographen für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren am Tanaserbach.

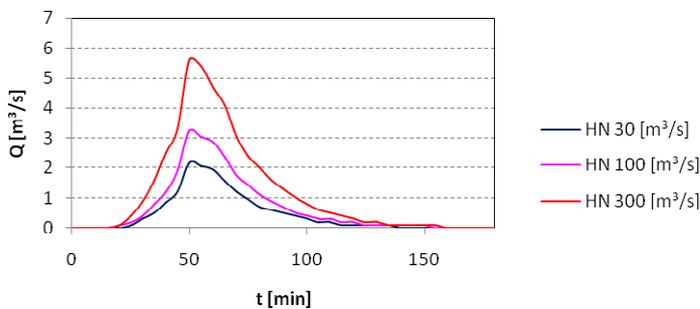
Die meisten Muren des Tanaserbaches haben ihren Ursprung im Lebwohlbach und im Frinigbach. Die flächenhaft auftretende Erosion unter dem Kalterergipfel in den „Geben“ speist die zahlreich vorhandenen Gräben und Rinnen. Weitere Kardinalpunkte möglicher Murereignisse befinden sich im Gerinne des Tanaserbaches auf der Höhe der Stierhütte und auf der Höhe der Schaferhütte im hinteren Einzugsgebiet.

Für den Tanaserbach ergeben sich für den Ereignisfall eines hundertjährigen Ereignisses Erosionslängen entlang der Gräben, Rinnen und des Gerinnes von mehreren Kilometern. Bei einer Feststofffracht von 53.500 m<sup>3</sup> für das 100-jährige Ereignis erreicht die Murganglinie eine Abflussspitze von 51.38 m<sup>3</sup>/s. Für die Gefahrenszenarien wurden die Wassermauer entlang des Tanaserbaches in seinem Lauf auf dem Kegel, sowie das Geschieberückhaltebecken am unteren Kegelende mit seinem gesamten geschätzten Rückhaltevermögen von 53.700 m<sup>3</sup> berücksichtigt.

Aufgrund der vorherrschenden Neigungen, sowie der Art, Ausbildung und Masse der vorhandenen Geschiebeherde, lässt sich der Tanaserbach allgemein als ein murfähiger Wildbach definieren. Diese Annahme wird weiters durch die Analyse diverser Ereignisdokumentationen und dem Index nach Melton (Melton-Index: 0,61) bestätigt.

### 8.3.5 Muntaschingbach (A.410.20)

Der Muntaschingbach verläuft in seinem unteren Abschnitt im Moränenkörper. Unterhalb der Landesstraße SP105 mündet er in den Wiesen, von wo er über weite Strecken verrohrt abgeleitet wird. Die Erosionsherde liegen entlang der im Moränenkörper verlaufenden Sohle im Gerinne und können eine Erosionslänge von bis zu 500 m erreichen. Daraus ergibt sich für das 100-jährige Ereignis eine Murgangspitze von 3,24 m<sup>3</sup>/s bei einer Murfracht von 7.345 m<sup>3</sup>.



**Abbildung 123. Hochwasserabflusshydrogramme für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren am Muntaschingbach.**

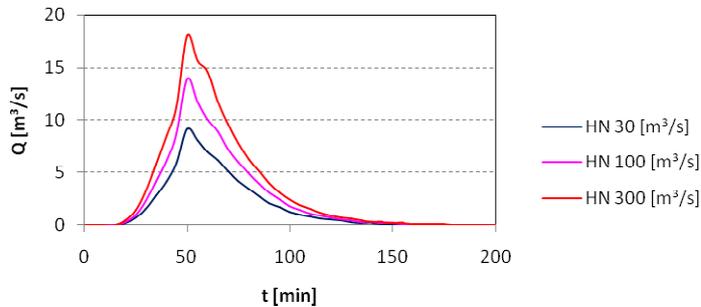
Aufgrund der geringen Abflussquerschnitte der verrohrten Strecken werden diese als verklaust angenommen. Da aufgrund der Topologie und kurzer Modellversuche festgestellt werden kann, dass auch bei einem Austritt des Ereignisses aus dem Gerinnebett die gesamte Abflussfracht beim Durchlass am Bahndamm wieder zusammenfließt, wird für die Modellierung die „Inflow-Zelle“ unterhalb der Vinschger-Bahnlinie in das Modell integriert. Dies ergibt gleichzeitig je nach Jährlichkeit das Gefahrenszenario für den Muntaschingbach.

Nach den durchgeführten Analysen ist der Muntaschingbach nicht als murfähig zu bezeichnen. Auch wenn man den Melton-Index in Betracht zieht, zeigt sich ein Wert von 1.26. Die verringerte Verfügbarkeit von großkörnigem Material im mittleren Flusslauf und die niedrigen geschätzten Feststoffkonzentrationen lassen die Einstufung des hydraulischen Phänomens als Übersarung zu.

### 8.3.6 Tartscherbach (A.410.20.5)

Sowohl der Tartscherbach, als auch sein Zubringer, der Lechtlbach, liegen in ihren unteren Abschnitten im Moränenkörper, wo sie durch Tiefenschurf im Ereignisfall Feststoffe erodieren. Die Erosionslänge wird im Gelände auf rund 1.500 m für beide Bäche geschätzt. Dies kann zu einer Mobilisation von 2.800 m<sup>3</sup> Geschiebe bei einem hundertjährigen Ereignis führen. Aufgrund der geographischen Nähe der beiden Gerinne und ihrem parallelen Verlauf kann mit einem gleichzeitigen, oder auch leicht zeitversetzten

Ausbruch gerechnet werden. Die Annahme dieses Gefahrenszenarios wird auch für die Modellierung herangezogen. Bei einem Spitzenabfluss der Mure von  $13,95 \text{ m}^3/\text{s}$  schüttet das Gewässer für das 100-jährige Ereignis eine Murfracht von  $30.900 \text{ m}^3$ .



**Abbildung 124. Hochwasserabflusshydrographen für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren am Tartscherbach.**

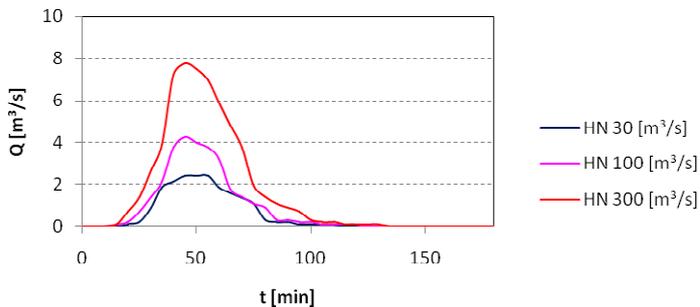
Nach Melton weist der Tartscherbach einen Melton Index von 0,71 auf und wäre somit murfähig. Aufgrund der geringen Geschiebeverfügbarkeit ist es ihm jedoch nicht möglich ausreichende Feststoffkonzentrationen im Ereignisfall zu erreichen. Somit ergibt sich für den Tartscherbach das Phänomen der Übersarung. Diese Annahme wird weiters durch die Analyse historischer Ereignisberichte bestätigt.

136

### 8.3.7 Lichtenbergerbach (A.405.5)

Für den Lichtenbergerbach lässt sich ein Murgang-Entstehungsszenario aus der Verflüssigung der Sohle mit anschließender Tiefen- und Seitenerosion entwickeln. Die im unteren Einzugsgebiet liegende Erosionsstrecke beläuft sich auf rund 500 m. Entlang dieser Strecke ist es dem Bach möglich, aufgrund der Neigungsverhältnisse und der anstehenden Feststoffe ca.  $1.800 \text{ m}^3$  Material für ein 100-jähriges Ereignis zu mobilisieren. Dieses erreicht zusammen mit einem mäßigen Wildholzeintrag eine gesamte Murfracht von  $6.000 \text{ m}^3$ .

Für das Geschieberückhaltebecken am Lichtenbergerbach kann angenommen werden, dass im Ereignisfall das gesamte Rückhaltevolumen zur Verfügung steht. Diese Annahme wird durch das Vorhandensein mehrjähriger Pflanzen im Becken bestätigt, die auf eine geringe Geschiebeaktivität schließen lassen. Das am Auslasspunkt liegende,  $1.800 \text{ m}^3$  fassende Rückhaltebecken ist somit in der Lage, sämtliche Feststoffe eines 100-jährigen Ereignisses zu lagern, so dass nur noch das Reinwasser mit eventuellen kleineren Feststoffanteilen zum Abfluss kommt. Die Abflussspitze beträgt für das genannte Ereignis vor Eintritt in das Rückhaltebecken  $2,61 \text{ m}^3/\text{s}$ , bei seinem Austritt beträgt sie  $1,60 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ebenso wie für das 100-jährliche Ereignis kommt auch beim 30-jährigen der gesamte Feststoffanteil im Becken zum Liegen. Lediglich das 300-jährliche Ereignis, für welches eine Geschiebefracht von  $2.250 \text{ m}^3$  angenommen wurde, führt auch nach dem Becken noch einen Geschiebeteil mit. Die so erhaltenen Ganglinien dienen wiederum zur zweidimensionalen Modellierung.



**Abbildung 125. Murganghydrographen für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren am Lichtenbergbach.**

Entlang des künnetierten Laufes durch das Dorf liegt immer wieder Holz und sonstiger Unrat in der Nähe des Gewässers. Diese können leicht zu einer Verklausung des Lichtenbergbaches führen. Eine solche Verklausung wird kurz oberhalb der Brunnwiesen beim Parkplatz als am wahrscheinlichsten erachtet, da dort der Bach in einen Rohrdurchlass mündet. Diese Verklausung wird in der Modellierung berücksichtigt und bildet mit den entwickelten Ganglinien das Gefahrenszenario für den Lichtenbergbach. Aufgrund der Geschiebeverfügbarkeit und der möglichen hohen Konzentration der mobilisierten Feststoffe am Reinwasserabfluss, lässt sich der Lichtenbergbach als murfähig definieren. Diese empirische Annahme einer Murfähigkeit des Wildbaches steht in Einklang mit dem Ergebnis des gängigen Indexverfahrens nach Melton (Melton-Index Lichtenbergbach: 1,36). Der Lichtenbergbach ist somit murgangfähig.

137

### 8.3.8 Rennergraben

Für die Quantifizierung der Feststofffrachten, wurde der Ansatz von Tognacca (1999) gewählt, die Spitzenfeststoffkonzentrationen liegen bei 0.32. Aufgrund der durchgeführten Lokalaugenscheine entstehen die Ereignisse, die das Einzugsgebiet des Rennergrabens erzeugen kann, aus den verfügbaren Feststoffherden im letzten Abschnitt, ungefähr unterhalb der Straße zu den Lichtenberg-Höfen ( $L = \text{ca. } 500 \text{ m}$ ). Die mobilisierbaren Feststofffrachten belaufen sich auf  $511 \text{ m}^3$  für  $HQ_{30}$ ,  $756 \text{ m}^3$  für  $HQ_{100}$  und  $971 \text{ m}^3$  für  $HQ_{300}$ . Die Feststoffabflussmaximalwerte betragen  $0.391 \text{ m}^3/\text{s}$  für  $HQ_{30}$ ,  $0.578 \text{ m}^3/\text{s}$  für  $HQ_{100}$ ,  $0.744 \text{ m}^3/\text{s}$  für  $HQ_{300}$ .

Diese Mengen werden auch durch die geomorphologischen Bewertungen (D'Agostino, 2006) bestätigt, der Tiefenerosionen von höchstens 0.5 m annimmt. Berücksichtigt man den Geschieberückhalt durch die Rückhaltesperre oberhalb des Dorfes, ergeben die gemachten Berechnungen, dass die Sperre mehr als 60% des Feststofftransports für  $HQ_{30}$ , 40% für  $HQ_{100}$  und 30% für  $HQ_{300}$  rückhalten kann. Somit gilt die Sperre als effizient, weil in allen Fällen die Rückhaltewirkung erlaubt, das Ereignis talseitig der Sperre als einfache Übersarung zu klassifizieren.

In Abbildung 127 sind die Gesamtabflussganglinien dargestellt, die talseitig der Sperre in der kleinen Künette, die neben den Wohnungen verläuft abfließen. In der Tabelle 39 sind die Abflusswerte angegeben, die in dieser Untersuchung angenommen wurden. In allen Fällen ist das Ereignis als Übersarung zu klassifizieren.



Abbildung 126. Aktives Bett des Rennergrabens und die Rückhaltesperre.

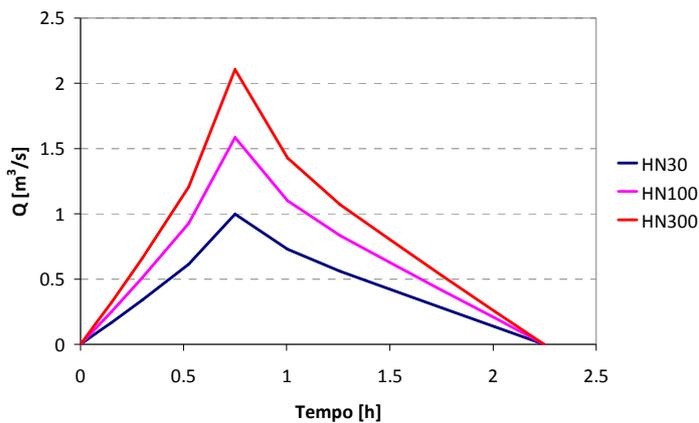


Abbildung 127. Hydrographen für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren am Rennergraben.

$T_R$	$Q_w$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_s$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{TOT}$ [m <sup>3</sup> /s]	$V_s$ [m <sup>3</sup> ]
30	0.84	0.16	0.99	211
100	1.24	0.35	1.58	455
300	1.59	0.51	2.1	671

Tabelle 39. Für den Rennergraben angenommene maßgebende Werte.

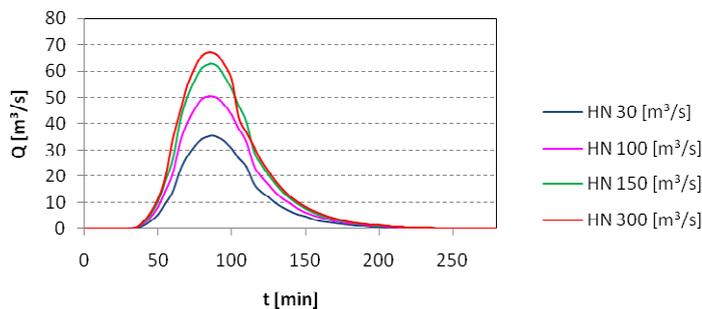
Aufgrund der starken Verbauung im Verlauf durch den Ort und der geringen Durchflussbreite der Kanäle und Straßenquerungen, sieht das Projektscenario die vollständige Verkläuserung der ersten Straßenquerung in der Nähe des Rennerhofs vor, sodass die Abflusshydrographen sich direkt auf dem Vorland ausbreiten, wobei in der zweidimensionalen Analyse alle auf dem untersuchten Gebiet vorhandenen Hindernisse (Grenzmauern, Straßen, usw.) eingeschlossen werden.

### 8.3.9 Tschavallatschbach (A.405)

Ausgedehnte Erosionsstrecken im das Gerinne über weite Strecken prägenden Moränenkörper liefern die Feststofffracht für die Murereignisse. Über Tiefenschurf und Seitenerosion der labilen Gerinneabhängige lässt sich ein Murgang-Entstehungsszenario aus der Gerinnesohle unterstellen. Dieses

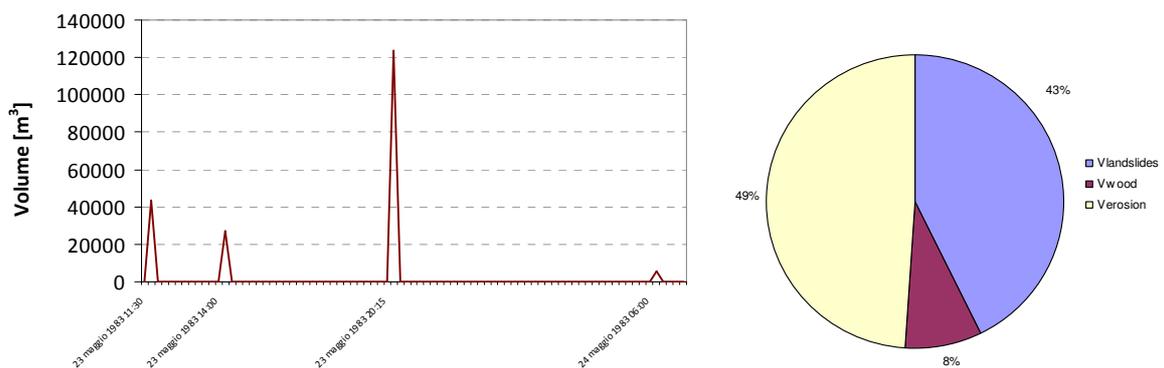
liefert nach Abschätzung der Feststoffherde für ein 100-jährliches Murereignis eine Murfracht von 64.000 m<sup>3</sup> bei einem Spitzenabfluss von 50.58 m<sup>3</sup>/s. Die Sohlniegungen des Gerinnes liegen in beiden das Einzugsgebiet formenden Gerinnen, dem Tschavallatschbach und dem Alpbach, stets über 20 %. Eine Auslösung von Ereignissen ist in beiden Gerinnen möglich.

Entlang der beiden Gerinne kommt es immer wieder zu ausgedehnten muschelförmigen Anbrüchen im die Gerinneabhängige bildenden Moränenkörper. Diese sind zumeist mit Fichten („betrunkenen Wald“) bestockt. Daraus lässt sich noch auf ein zweites mögliches Murentstehungsszenario schließen: eine Verklauung des Gerinnes durch das Einrutschen von Hangpartien mit anschließendem Dambruch.



**Abbildung 128. Murganghydrographen für Ereignisse mit Wiederkehrzeit von 30, 100 und 300 Jahren am Tschavallatschbach.**

Was die Projektsszenarien angeht, hat man sich auf die aufgefundenen historischen Unterlagen gestützt. Die Analyse der Frequenz der historischen Ereignisse am Tschavallatschbach zeigt klar, dass solche Katastrophen durchschnittlich alle 150 Jahre auftreten. Aufgrund der Lokalchronik und mit Anwendung der geomorphologischen Abflussganglinienmethode (D’Agostino, 2006; Spreafico u. a., 1999) wurde das Ereignis vom 23./24. Mai 1983 nachgebildet. In der Summe hat das Ereignis den Austritt von ungefähr 200.000 m<sup>3</sup> Material auf die Felder verursacht.



**Abbildung 129. Nachbildung des Ereignisses vom Mai 1983 am Tschavallatschbach und geschätzter Ursprung des Geschiebes.**

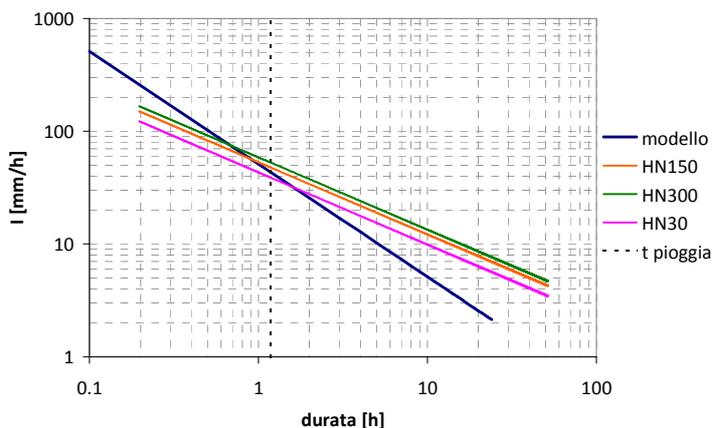
Wie Abbildung 129 zeigt, beruht der Großteil der Materialzufuhr auf Erscheinungen von Tiefenerosion, die die ersten Murgänge genährt hat. Die größte Welle ("Große Mure" nach der Chronik der Zeit) wurde wahrscheinlich vom Abbruch großer Bereiche der Hänge des Tschavallatschtals beim Zusammenfluss mit dem Alpenbach verursacht. Zeitzeugen berichten, dass vor der großen Mure das Bachbett kein Wasser führte und die Geröll- und Holzmure die gesamte Ortschaft in einem Augenblick erreicht hat. Es ist somit wahrscheinlich, dass sich eine riesige Stauung des Bachbetts ergeben hat und dann ein Phänomen eines dam-break eingetreten ist.



**Abbildung 130. Hanganbrüche entlang des gesamten Mittellaufs des Tschavallatschbachs auf der Höhe des Zusammenfluss mit dem Alpenbach.**

Man hat also versucht die Randbedingungen aufgrund der Katastrophenereignisse der Vergangenheit, 1847 und 1983, nachzuvollziehen und dabei zu berücksichtigen, dass der Tschavallatschbach in den letzten Jahren mit einer Reihe von Konsolidierungssperren, Drainagemaßnahmen und Aufforstung der Hänge stark verbaut wurde. Diese Maßnahmen haben sich häufig als unzureichend erwiesen, wie zum Beispiel im Jahr 2000, als sich in der Nähe des „Larchhofs“ ziemlich starke Rutscherscheinungen auftraten. Die Lokalausgangsscheine haben die instabile hydrogeologische Situation des Einzugsgebietes bestätigt, mit sichtbaren Hangbrüchen, die bei voller Sättigung des Bodens Vermurungen und Rutschungen ins Bachbett auslösen können.

140



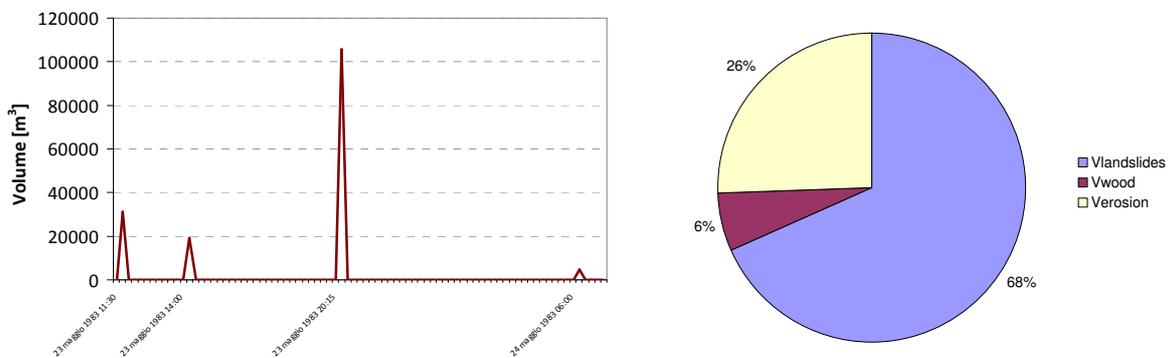
**Abbildung 131. Wahrscheinlichkeitskurve zur Auslösung von Hangrutschungen im Tschavallatschtal.**

Bei Annahme einer kritischen Regendauer von 71 min gemäß Niederschlags-/Abflussmodell kann die Stabilität der Hangfronten, die Untersuchungsgegenstand sind, wirksam über die Methode des unlimitierten Hangs (Skempton, 1957, in Lancellotta, 2001), untersucht werden, d.h. wenn man eine ebene und parallel zum Geländeprofil verlaufende Rutschebene unbestimmter Länge annimmt. Verwendet man die Formel von Skempton (1957) ergibt sich im Falle gesättigter Böden folgendes Bild.

Man sieht, dass für Niederschläge mit dreißig- und hundertjähriger Wiederkehrzeit keine Sättigungsbedingung erreicht wird, die Hangrutschungen auslösen können. Im Gegensatz dazu wird die kritische Lage bei mehr als hundertjährigen Niederschlägen (HQ150, HQ300) weit überschritten, sodass das angenommene Modell die bekannten Daten der Dokumentation der Ereignisse bestätigt. Angesichts der vorhandenen Verbauungen und Maßnahmen hat man für mehr als hundertjährige Ereignisse folgende Bedingungen angenommen, wobei die Simulation auf die bekannten Daten des Ereignisses von 1983 abgestimmt wurde:

- Die anfänglichen kleineren Murgänge können sich trotz der vorhandenen Verbauungen wiederholen, da sie nicht durch Tiefen- und Seitenerosion gespeist werden, sondern durch lokalisierte Zufuhr von Geschiebe durch Hangabgänge im Mittellauf des Baches. Das Ausmaß dieser Ereignisse ist dank der getroffenen Maßnahmen, die in diesem Fall wirksam sind, kleiner.
- Nimmt man eine vorherige Regenperiode und somit teilweise gesättigte Hänge an, kann ein heftiger Regenfall mit einer Dauer von 71 min die Hänge sättigen und destabilisieren. In diesem Fall wird ein starker Abfall der Wirksamkeit der Schutzbauten und Hangdrainagen angenommen, sodass die Materialzufuhr ins Bachbett drastisch ansteigen könnte.

141



**Abbildung 132. Hypothese für ein Ereignis HQ150 am Tschavallatschbach und Schätzung Murfracht.**

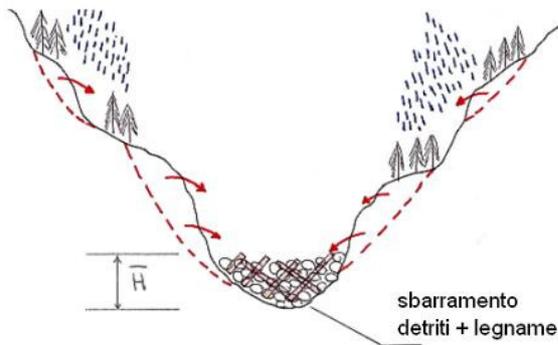
Abbildung 132 zeigt ein mögliches Ereignis mit einer Wiederkehrzeit von 150 Jahren, das dieselbe zeitliche Einteilung des Ereignisses vom Mai 1983 hat. Man sieht, dass aufgrund der getroffenen Verbauungsmaßnahmen der Anteil an Feststoffen durch Tiefen- und Seitenerosion geringer wird. Das geomorphologisch geschätzte Gesamtvolumen beläuft sich auf ungefähr 161.000 m<sup>3</sup>. Im Falle eines großen Murabganges können ungefähr 105.750 m<sup>3</sup> Material in Bewegung gesetzt werden.

Das Projekt ereignis mit Wiederkehrzeit von 300 Jahren wurde in ähnlicher Weise konstruiert, wobei eine geringere Wirksamkeit der derzeit vorhandenen Wasserschutzbauten berücksichtigt wird, was ein

Gesamtfeststoffvolumen von ungefähr 200.000 m<sup>3</sup> ergibt. Es erscheint klar, dass die realisierten Wasserschutzbauten die Wiederkehrzeiten der Ereignisse zwar verlängern, ohne allerdings die Größe zu beschränken.

$T_R$	$V_W$ [m <sup>3</sup> ]	$V_S$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{TOT}$ [m <sup>3</sup> ]
150	149.800	105.749	255.549
300	161.200	113.780	274.980

**Tabelle 40. Geschätzte Frachten für Ereignisse mit mehr als hundertjähriger Wiederkehrzeit am Tschavallatschbach.**



**Abbildung 133. Szenario „dam-break“ am Tschavallatschbach.**

In Kenntnis der mobilisierbaren Feststoffvolumina für mehr als hundertjährige Ereignisse und nach Schätzung der Feststoffkonzentration des Ereignisses von 1983 (angenommen mit  $c_{vmax} = 0.41$ ), zeigt die Tabelle 40 die Wasser- und Feststofffrachten von Ereignissen mit mehr als hundertjähriger Wiederkehrzeit. In Beachtung der dokumentierten Ereignisse und der gesammelten Zeugenaussagen hat man beschlossen die maßgebenden Murereignisse als eine temporäre Verklausung mit darauffolgendem Dammbuch zu simulieren, dargestellt schematisch in Abbildung 133. Man nimmt an, dass Einstöße durch seitliche Hangrutschungen im Mittellauf des Baches, ungefähr auf Höhe des „Larchhofs“ eine vollständige Sperrung des Baches mit einem temporären Damm von bis zu 6 m Höhe für HQ150 und von bis zu 8 m für HQ300 verursachen könnten, der aus von den Hangrutschungen mitgeführten Baumstämmen und großen Geschiebemassen besteht. Das bewirkt die Bildung eines bergseitigen Rückstaus, dessen Größe den Angaben laut Tabelle 40 entspricht.

In der Annahme, dass die Mure durch einen Dammbuch ausgelöst wird, kann man für die Abflussspitze empirische Formeln aus der Fachliteratur für viskose Murgänge verwenden, wie zum Beispiel Mizuyama et al. (1992), D’Agostino (2006) oder die volumetrische Methode (Armanini 1999, Takahashi, 1978). Die Tabelle 41 zeigt die geschätzten Abflussspitzen für die simulierten Dammbuchereignisse.

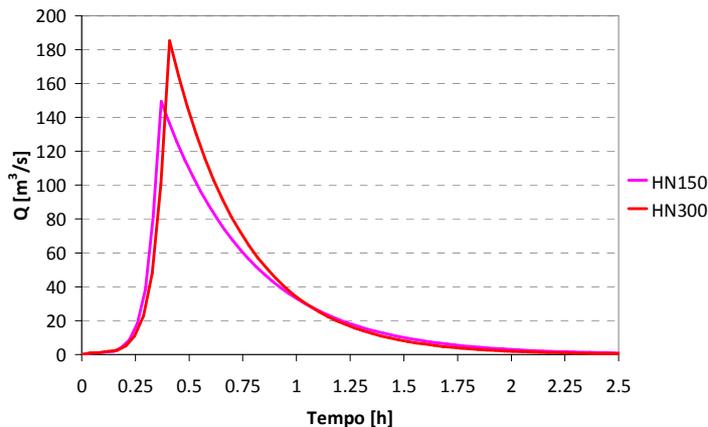
Nach Annahme der Abmessungen des temporären Damms (durchschnittlicher Querschnitt des Bachbetts laut digitalem Geländemodell, H = 6 m für HQ150, 8 m für HQ300) wurde die Gesamtzeit für die Bildung der Bresche nach der Formel von Von Thun und Gillette (1990) berechnet:

$$t_F = 0.02 \cdot h_w + 0.25$$

wo  $h_w$  der maximale Wasserstand an der Bresche (entspricht der anfänglichen Abflusshöhe der Murgangfront) ist. Die Formel ist für setzungsunempfindliche temporäre Dämme gültig, wobei dies in diesem Fall durch die riesigen Mengen an vorhandenem Holz gerechtfertigt ist. Man erhält  $t_F = 0.37$  h für HQ150 und  $t_F = 0.41$  h für HQ300. Unter der Voraussetzung der Erhaltung der Massen wurden die maßgebenden Abflussganglinien zeichnerisch ausgearbeitet.

$T_R$	$Q_{PEAK}$ [m <sup>3</sup> /s]
150	149.5
300	185.1

**Tabelle 41. Spitzenwerte der Murgänge infolge einer temporären Verkläuerung mit Dambruch am Tschavallatschbach.**



143

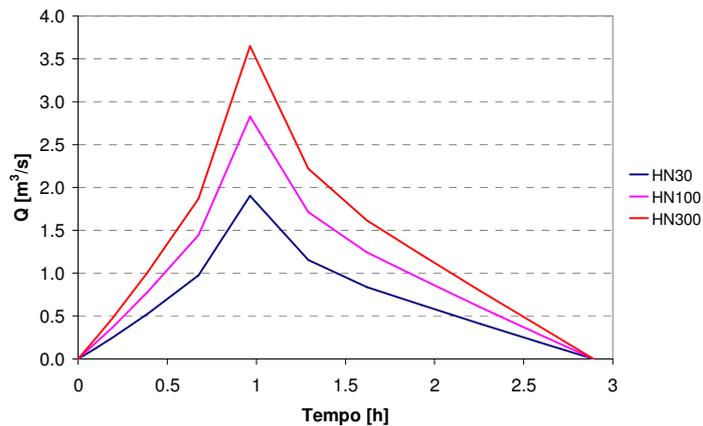
**Abbildung 134. Murgangabflussganglinien für den Tschavallatschbach (angenommenes Szenario: temporäre Verkläuerung mit nachfolgendem Dambruch).**

Die so berechneten Abflussganglinien wurden dann, mit Annahme einer zu vernachlässigenden Zeitverzögerung wegen der kurzen Distanz zwischen der temporären Verkläuerung und dem Eintritt in den Dorfbereich von Lichtenberg, mit der Software FLO-2D mittels 1D – 2D-Modellierung über das Untersuchungsgebiet geroutet, wobei dem Kanal eine Rauigkeit von  $10 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$  und den Übermurgungsbereichen unterschiedliche Rauigkeitswerte zwischen 2.5 und  $7.5 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$  je nach Art der übermurgten Gebiete zugewiesen wurden. Dabei hat sich aber herausgestellt, dass es für eine zuverlässige Bestimmung der Übermurgungsflächen mit den dazugehörigen Intensitäten erforderlich ist,

die Murgänge am Tschavallatschbach mit einem nicht-newtonschen Fließgesetz zu charakterisieren. Zur Anwendung ist dabei das quadratische Fließgesetz von O'Brien (2007) gekommen.

Neben der Dokumentation der Ereignisse und der eben dargestellten Massenbilanz, erlaubt auch der Melton-Index (0,52) die Definition des Tschavallatschbachs als Fluss, der zu Vermurungen neigt.

### 8.3.10 Schmelzergraben (A.400.5)



**Abbildung 135. Murganghydrographen für Ereignisse mit einer Wiederkehrzeit von 30, 100 und 300 Jahren am Schmelzergraben.**

Für die Quantifizierung der Feststofffrachten wurde der Ansatz von Tognacca (1999) gewählt, die Spitzenfeststoffkonzentrationen liegt bei 0,36. Aufgrund der durchgeführten Lokalaugenscheine entsteht die Ereignisse, die das Einzugsgebiet des Schmelzergrabens erzeugen kann, aus dem verfügbaren Feststoffherden im letzten Abschnitt, der annähernd längs der Forststraße verläuft, die die Höfe "Thialhof" und "Bastlwies" verbindet (L = ca. 950 m). Kleine Bereiche von Lateralerosion liegen weiter bergwärts entlang des Feldwegs mit dem Namen "Gampele Alm". Die mobilisierbaren Feststoffmengen belaufen sich auf 1119 m<sup>3</sup> für HQ<sub>30</sub>, 1662 m<sup>3</sup> für HQ<sub>100</sub> und 2149 m<sup>3</sup> für HQ<sub>300</sub>.

Diese Mengen werden auch durch die geomorphologischen Bewertungen (D'Agostino, 2006) bestätigt, der Tiefenerosionen von höchstens 0,75 m und kleine Seitenerosionherde mit einer maximalen aktiven Bachbettbreite von 3 Metern annimmt. Man nimmt weiters an, dass ein Ereignis mit Wiederkehrzeit von mehr als hundert Jahren (HQ1000) imstande wäre, das gesamte verfügbare Volumen entlang der berücksichtigten Erosionsstrecke in Bewegung zu setzen (V<sub>MAX</sub> = 2.500 m<sup>3</sup>). Es ist zu unterstreichen, dass sich am Lauf des Schmelzergrabens keine Wasserschutzbauten befinden, die bei einem Hochwasser die Feststoffe zurückhalten könnten.

Es ergeben sich somit die folgenden maximalen Feststoffabflüsse: Q<sub>30</sub> = 0.676 m<sup>3</sup>/s, Q<sub>100</sub> = 1.01 m<sup>3</sup>/s, Q<sub>300</sub> = 1.298 m<sup>3</sup>/s. In Abbildung 135 sind die Gesamtabflussganglinien dargestellt, die am Abflussquerschnitt an der SS 38 Stilferjoch in der Örtlichkeit Schmelz auftreten. Die Tabelle 42 zeigt die in dieser Untersuchung angewendeten Werte. Das Hochwasserereignis ist in allen Fällen als Murgang zu klassifizieren.

Da Schutzbauten entlang des Wasserlaufs und des kleinen Schwemmkegels, der direkt an der SS38 liegt, fehlen, sieht das Projektszenario die Ausbreitung der Murgangwelle direkt auf die Überflutungsflächen vor, wobei in der zweidimensionalen Untersuchung alle Besonderheiten (Häuser, Straßen, usw.) auf dem Untersuchungsgebiet mit berücksichtigt werden.

$T_R$	$Q_W$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_S$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{TOT}$ [m <sup>3</sup> /s]	$V_S$ [m <sup>3</sup> ]
30	1.23	0.67	1.90	1119
100	1.82	1.01	2.83	1662
300	2.35	1.298	3.65	2149

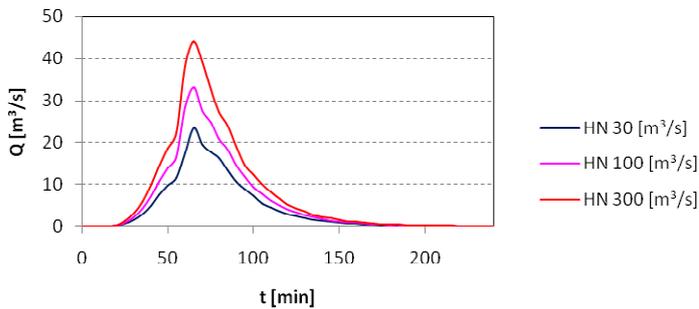
**Tabelle 42. Für den Schmelzergraben angenommene Werte.**

### 8.3.11 Zirnbach (A.390)

Trifft man eine Aussage zur Reliefenergie über den Index nach Melton ergibt sich für den Zirnbach der Wert 0,89. Nach Melton ist der Zirnbach somit ein murfähiger Wildbach. Aufgrund der topographischen Verhältnisse, der Morphologie und der festgestellten geologischen Verhältnisse, lässt sich ein Murgang-Entstehungsszenario im Einzugsgebiet des Zirnbaches aus der Verflüssigung der Sohle mit anschließender Tiefen- und Seitenerosion ableiten. Dabei beginnt die Tiefenerosion bereits in den einzelnen Gräben unterhalb des Wasserfallbodens im dort mächtig vorkommenden Moränenkörper. Als teilgesättigte Mure erreicht sie so den Mittellauf. Dort passiert sie unverändert das felsige Bachbett (Biotitgneis), ehe sie auf der Höhe der Forststraße „Nittbach“ wieder in den Moränenkörper eintritt. Hier beginnt der durch Konsolidierungssperren verbaute Abschnitt. Eine Feststoffaufnahme ist nur mehr lokal beschränkt möglich. Einzelne bei einem Murereignis abrutschgefährdete Seitenhänge können hier die Murfracht noch weiter erhöhen. Die Geschiebefracht eines hundertjährigen Ereignisses lässt sich so aus einer Erosionsstrecke von rund 1800 m mit 19.500 m<sup>3</sup> festsetzen. Das Ereignis erreicht somit mit einer Murfracht von 91.200 m<sup>3</sup> den Auslasspunkt am unteren Ende des Einzugsgebietes. Der Spitzenabfluss des Ereignisses beträgt nach den Berechnungen mit Takahashi (1991) 37,00 m<sup>3</sup>/s.

Wie aus der Ereignischronik und den Aufzeichnungen der Abteilung für Wasserschutzbauten ersichtlich ist, ist der Zirnbach ein nur periodisch aktiver Wildbach, der nicht ständig Geschiebe mit sich führt, sondern lediglich bei größeren Ereignissen anspringt. Nach der Häufigkeit der Ereignisse im Einzugsgebiet des Zirnbaches ( $\Delta T = 20 - 40$  Jahre), kann man annehmen, dass die Rückhaltesperren bergseitig des Talabschnitts effizient sind und das vorhandene Geschiebe zurückhalten ( $v_R = 6.000$  m<sup>3</sup>). Die Effizienz dieser Sperren beeinflusst natürlich die zu untersuchenden Szenarien, sodass die Feststoffmengen, welche das Tal erreichen, vermindert werden. Für das hundertjährige Ereignis wird eine Geschiebeabflussspitze von 33.15 m<sup>3</sup>/s talseitig der Rückhaltesperren geschätzt, daher lässt sich eine Verminderung des Geschiebes von ca. 11% bestimmen. Die Feststoffkonzentrationen talseitig der Sperren sind noch recht hoch, deshalb lässt sich das hydraulische Phänomen als "Vermurung" bezeichnen.

145



**Abbildung 136. Murganghydrographen für Ereignisse mit Wiederkehrzeit von 30, 100 und 300 Jahren am Zirnbach.**

Die gedämpfte Ganglinie dient als Eingabeparameter für die zweidimensionale Modellierung in FLO-2D. Dieselbe Vorgehensweise wird auch beim 30-jährlichen und beim 300-jährlichen Ereignis angewandt. Dabei hat sich aber herausgestellt, dass es für eine zuverlässige Bestimmung der Übermurgungsflächen mit den dazugehörigen Intensitäten erforderlich ist, die Murgänge am Zirnbach mit einem nicht-newtonschen Fließgesetz zu charakterisieren. Zur Anwendung ist dabei das quadratische Fließgesetz von O'Brien (2007) gekommen.

Integriert in die Modellierung wurde auch der durchschnittlich drei Meter hohe Abweisdamm südöstlich der Kirche St. Johann bei Prad.

146

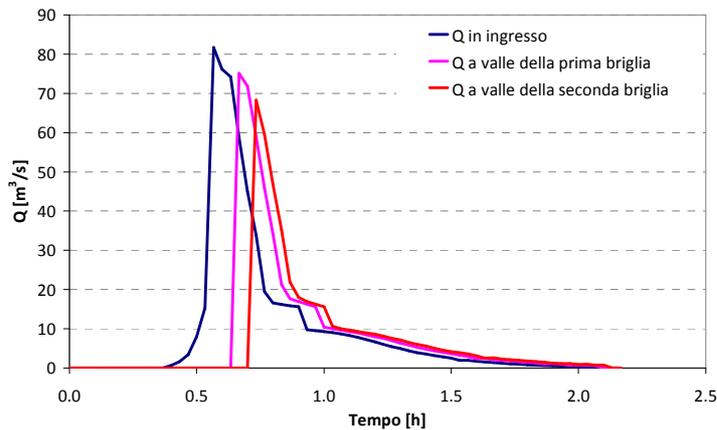
### 8.3.12 Tschenglsrberbach (A.375)

$T_R$	$Q_s$ [m <sup>3</sup> /s]
30	63.32
100	75.14
300	88.43

**Tabelle 43. Maximale Feststoffabflüsse beim Eintritt in die Rückhaltesperre in Funktion der Wiederkehrzeit am Tschenglsrberbach.**

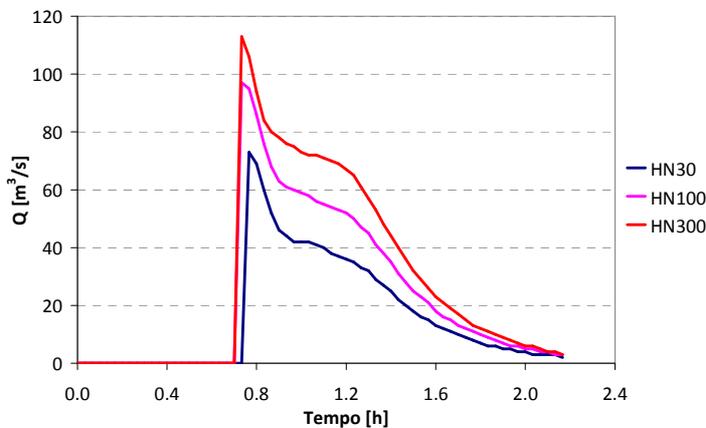
Die Lokalausganscheine haben ermöglicht, die Geschiebeherde festzustellen, die zum Hauptteil die Murgänge nähren, und eine Schätzung der Feststofffrachten nach den verwendeten und vorher erläuterten Methoden vorzunehmen. Die Anrissbereiche der Murgänge liegen am Fuße der Bergspitzen im höchsten Bereich des Einzugsgebietes, die mobilisierbaren Mengen sind riesig und nicht genau zu quantifizieren. Die geomorphologischen Eigenheiten des Baches ermöglichen es, sowohl den Transportabschnitt als auch den Murgangausbreitungsbereich festzustellen, auch aufgrund der Größe des Schwemmkegels, auf dem das Dorf Tschengls liegt. Am Mittellauf des Flusses wurde eine erste Rückhaltesperre ( $V = 12.000 \text{ m}^3$ ) gebaut und unmittelbar oberhalb des Dorfes liegt eine zweite Sperre ( $V = 7.000 \text{ m}^3$ ).

Die Murganghydrogramme wurden mittels eines kombinierten Ansatzes der Methoden von Tognacca (1999) und Takahashi (1981) über die Schätzung der ausgearbeitet, deren Höchstwert bei Werten von  $C_{VMAX} \sim 0.7 - 0.77$  liegt. Aufgrund der erläuterten Methoden zeigt Tabelle 43 die Feststoffabflüsse ( $m^3/s$ ) beim Eintritt in die erste Rückhaltesperre.



**Abbildung 137. Lamination der Murgangswelle für Ereignisse mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren am Tschenglserbach aufgrund der Geschiebrückhaltebecken.**

147



**Abbildung 138. Murganghydrographen beim Eintritt in den kanalisiertem Abschnitt in Tschengls.**

$T_R$	$Q_w$ [ $m^3/s$ ]	$Q_s$ [ $m^3/s$ ]	$Q_{TOT}$ [ $m^3/s$ ]	$V_s$ [ $m^3$ ]
30	31.77	56.37	73	39050
100	47.40	68.30	97	53150
300	59.29	81.91	113	64920

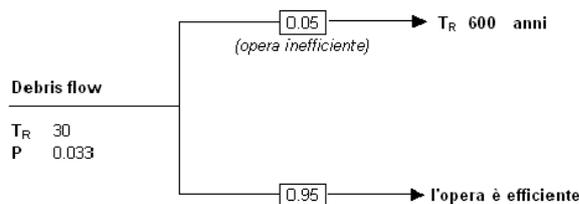
**Tabelle 44. Maßgebenden Abflussspitzen und Murfrachten im Verlauf durch das Dorf Tschengls.**

Da die Rückhaltevolumen der Becken bekannt sind, ist es möglich, die Lamination der Murganghydrographen aufgrund der zwei Geschieberückhaltebecken abzuschätzen. Abbildung 137 zeigt die Lamination auf die Murganghydrographen durch die zwei Rückhaltebauten am Mittellauf des Tschenglserbachs im Falle eines Murganges mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren.

Nach Feststellung der von den Rückhaltebauten ausgeübten Lamination werden in Abbildung 138 die maßgebenden Abflusshydrogramme dargestellt, die in den verbauten Schlussabschnitt einfließen, der Tschengls durchquert.

Was die Wahl der Projekt szenarien angeht, hat man sich für folgende Ansätze entschieden:

- Modellierung der Murgänge mit Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren im kanalisiertem Abschnitt mit wirksamen Schiebetoren und Ausbreitung des Murganges direkt in der Tschenglser Au
- Abfluss eines Extremereignisses (HQ1000) im kanalisiertem Abschnitt mit unwirksamen Schiebetoren zur Modellierung des Restrisikos. Wie der Abbildung 139 zu entnehmen ist, würde, bei Bewertung der Wirksamkeit der Schiebetore mittels eines Risikobaums (mit  $P=1/T_R$ ), auch ein 30-Jahres-Ereignis eine Übermürung des Dorfbereiches mit der Auswirkung eines Ereignisses mit Wiederkehrzeit über 300 Jahren bewirken, wenn die Wahrscheinlichkeit des Ausfalls der Schiebetore mit 5% berechnet wird.



**Abbildung 139. Risikobaum für ein Murgangereignis mit  $T_R = 30$  Jahre am Tschenglserbach.**

Es wurde ein sehr hoher Rauigkeitsfaktor ( $4 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ ) angenommen, um den Abfluss im kanalisiertem Abschnitt mit ähnlicher Geschwindigkeit der Ereignisse von 1999 zu simulieren. In der Au von Tschengls, wo die Murgangausbreitung stattfindet, wurde eine Rauigkeit von  $n = 0.4-0.8 \text{ s} \cdot \text{m}^{-1/3}$  nach Angaben von O'Brien (2007) berechnet. Die zweidimensionale Murgangausbreitung wurde im Modell 2D simuliert, wobei der Murganghydrograph als Input am Ende der Künette definierte wurde, die Modellierung der Ausbreitung in der Tschenglser Au erfolgte auf einem  $5 \times 5 \text{ m}$  Raster.

Die aus den Schiebetoren austretenden Abflüsse wurden mittels eines in HEC – Ras 4.0 Oberfläche entwickeltes 1D-Modells berechnet, wobei als topographische Grundlage die Schnitte des kürzlichen Projekts der Abt. 30 Wasserschutzbauten verwendet wurden, das die Sanierung der Ufermauern und den Einbau von automatisierten mobilen Schiebetoren an den Straßenöffnungen der Dämme zum Gegenstand hatte. Die von den Schiebetoren ausgetretenen Abflussmengen wurden berechnet, indem diese als seitliche Streichwehre simuliert wurden und die austretenden Abflussganglinien direkt auf den Murkegel von Tschengls ausgebreitet wurden.

### 8.3.13 Laaserbach

Der Laaserbach kann als murfähig eingestuft werden. Der Index nach Melton ergibt für den Laaserbach einen Wert von 0,47. Eine weitere prozessbezogene Zuordnung des Wildbaches ist nach der zweigeteilten Wildbachklassifikation von Aulitzky möglich (Aulitzky, 1979). Der erste Abschnitt dieser Klassifikation dient der Festlegung des örtlichen Gefahrenausmaßes am Schwemmkegel; der zweite Teil charakterisiert die zu erwartende Art des Wildbaches. Nach der zweigeteilten Wildbachklassifikation von Aulitzky ergibt sich für den Laaserbach ein Index von 2,9. Er wird somit auch nach Aulitzky als murfähiger Wildbach ausgewiesen.

Für den Laaserbach lassen sich zwei mögliche Murgang-Entstehungsszenarien festsetzen. Für die Auslösung eines Murereignisses aus der Gerinnesohle steht genügend Geschiebe in den Alluvial- und Moränenkörpern entlang fast des gesamten Gerinnelaufes zur Verfügung. Aufgrund einer ausgedehnten Um- und Ablagerungsstrecke auf der Höhe der Laaseralm „verhungern“ hier eventuelle Murereignisse aus den hinteren Teilen des Einzugsgebietes. Anders verhält es sich für die beiden orographisch rechten Seitzubringer des Laaserbaches, den Jennebach und den Graben bei der Schweizerhütte. Aus ihnen und im darauf folgenden noch unverbauten Gerinneabschnitt des Laaserbaches können im 100-jährigen Ereignisfall bis zu 37.000 m<sup>3</sup> Geschiebe mobilisiert werden, welche als Mure mit einem Spitzenabfluss von 57,57 m<sup>3</sup>/s in das am Talausgang gelegene Geschieberückhaltebecken einstößt.

Das Rückhaltebecken mit einem Fassungsvermögen von 20.000 m<sup>3</sup> wird für die weitere Modellierung als leer angenommen. Dadurch kann eine leichte Reduktion des Spitzenabflusses der Mure erreicht werden, welcher unterhalb der Geschieberückhaltesperre 47.14 m<sup>3</sup>/s beträgt, wie gezeigt in der Abbildung 140.

Aufgrund der normal zum Laaserbach eintreffenden Stoßrichtung einzelner Gräben, als auch aufgrund der mit hoher Wahrscheinlichkeit im Ereignisfall auftretenden Hangrutsche wurde des weiteren ein alternatives Murgang-Entstehungsszenario aus einer temporären Verklausung angenommen.

Im zweiten Projektszenario hat man das Auftreten einer Mure am rechten Ufer, wo eine große Abraumhalde vorhanden ist, angenommen, die den Bach auf der Höhe des Marmorbruchs im Mittellauf des Tals sperrt. Außerdem ist auch am linken Ufer eine instabiler Rutschhang vorhanden, der sehr aktiv ist und große Gerölmengen ins Bachbett transportieren könnte. In diesem Fall würde das in Abbildung 142 dargestellte Projektszenario einen temporären Aufstau des Bachbetts bewirken und bergseitig eine Stauung verursachen, die durch den Eintritt eines Damnbruchs mobilisiert würde. Aufgrund der durchgeführten Schätzungen werden folgende Werte angenommen. Für die Zeit des Bruchs des temporären Damms wird die Formel von Von Thun und Gillette (1990) für leicht erodierbare Strukturen angewendet:

$$t_f = 0.015 \cdot h_w$$

wo  $h_w$  der maximale Wasserstand an der Bresche (entspricht der anfänglichen Abflusshöhe der Murgangfront) ist. Die Formel ist für setzungempfindliche temporäre Dämme gültig, wobei dies in diesem Fall gerechtfertigt ist. Man erhält  $t_f = 0,056$  für HQ30,  $0,071$  h für HQ100 und  $t_f = 0,086$  h für HQ300. Für die Abflussganglinie der auf den Bruch der Sperre folgenden Abflussspitze mit losem Material wurde die empirische Formel von Froehlich (1995) verwendet:

$$Q_{PEAK} = 0.607 \cdot (V_W^{0.295} \cdot h_W^{1.24})$$

in der  $V_W$  [m<sup>3</sup>] die vor der Sperre aufgestaute Wassermenge und  $h_W$  den an der Bresche vorhandenen Wasserstand darstellt.

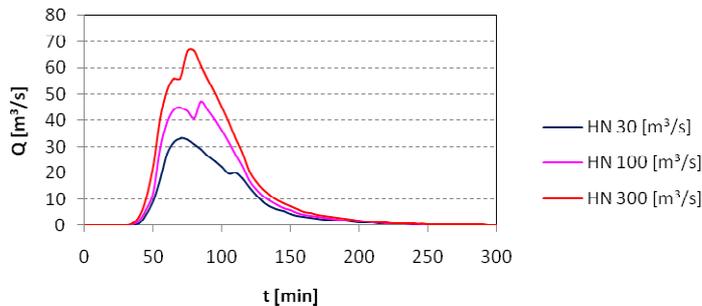


Abbildung 140. Abflussganglinien für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren am Laaserbach.



Abbildung 141. Die große Abraumhalde am rechten Ufer und der Rutschhang am linken Ufer des Laaserbachs, wo sich im August 2006 eine kleine Rutschung gelöst hat.

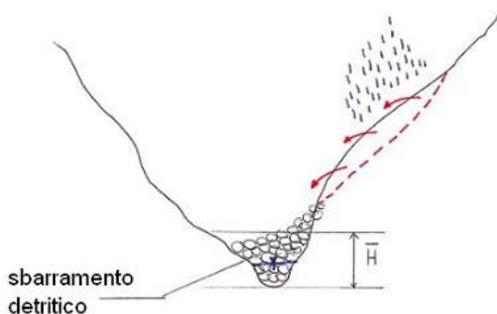


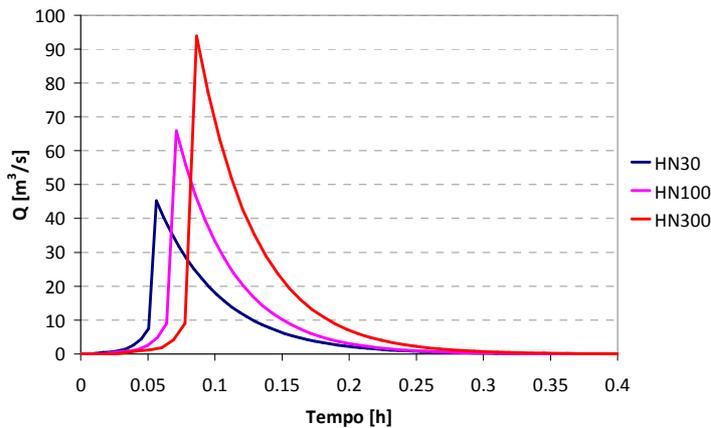
Abbildung 142. Szenario der Stauung des Laaserbachs auf der Höhe des Marmorbruchs.

Aufgrund der Schätzung der Hangstabilität, erhält man die in Tabelle 45 angeführten maßgeblichen Werte, wo  $V_s$  die von der Hangrutschung eingestoßene Feststoffmenge darstellt, welche die temporäre Sperre bildet und  $h_d$  die durchschnittliche Höhe des Damms. Unter der Voraussetzung der Erhaltung der Massen wurden die maßgebenden Abflusshydrogramme zeichnerisch ausgearbeitet.

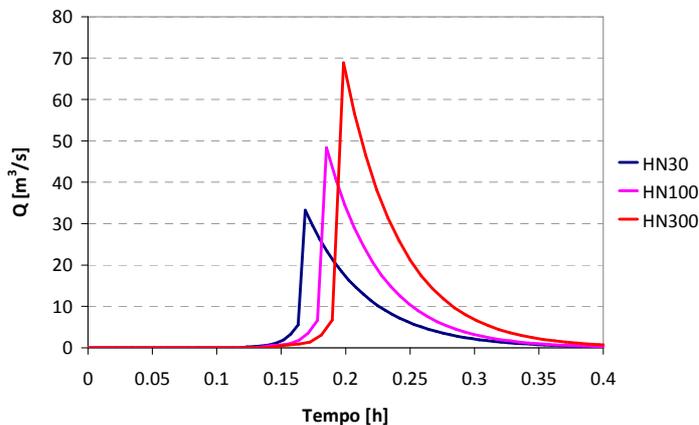
150

$T_R$	$V_W$ [m <sup>3</sup> ]	$V_S$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{TOT}$ [m <sup>3</sup> ]	$h_D$ [m]	$t_F$ [h]	$Q_{PEAK}$ [m <sup>3</sup> /s]
30	5.800	2.800	8.600	3.75	0.056	45.25
100	7.600	3.750	11.350	4.75	0.071	65.84
300	11.250	5.625	16.875	5.75	0.086	93.81

**Tabelle 45. Angenommene Werte für das Szenario dam-break am Laaserbach.**



**Abbildung 143. Maßgebende Abflusshydrogramme für Szenario dam-break am Laaserbach.**



**Abbildung 144. Abgedämpfte Abflussganglinien bergseitig der Rückhaltesperre am Laaserbach.**

Die auf den Dambruch folgende Welle legt die Strecke bis zur großen Rückhaltesperre (ungefähr 1,8 km) mit einer Geschwindigkeit zwischen 5 und 7 m/s zurück. Die besondere Talform (Ablagerungszonen im Wechsel mit tiefen Einschnitten) ermöglicht eine Abschwächung von ungefähr 26% der Hochwasserspitze (berechnet mit einem flood routing Modell mit Software Flo2D). Abbildung 144 zeigt die abgeschwächten Abflussganglinien oberstrom der Rückhaltesperre am Laaserbach.

Aufgrund der stärkeren Reduktion der Abflussspitze und der Abflussfracht durch das Geschieberückhaltebecken auf die bei der Dammbuchstudie generierten Hydrogramme wird für das Gefahrenszenario die Entstehung eines Murereignisses aus der Sohle als schwerwiegender erachtet und zur weiteren Berechnung herangezogen.

### 8.3.14 Zusammenfassung

Es gibt zahlreiche Ansätze zur Bestimmung der Murfähigkeit eines Wildbachs. Die geschichtlichen Quellen und zahlreiche fotografische Aufnahmen zeigen klar, dass in den untersuchten Einzugsgebiete schon seit alters her Murgänge auch großen Ausmaßes abgegangen sind. Auch die durchgeführten Lokalaugenscheine haben gezeigt, dass die Morphologie der Einzugsgebiete mit ihren Geschiebeherden, die großen vorhandenen Ablagerungskegel und ihre besonderen Form selbst die Neigung zu Murgängen beweisen, auch wenn die zahlreichen Schutz- und Bonifizierungsarbeiten der letzten Jahrzehnte die Hochwassergefahren des gesamten Untersuchungsgebietes stark eingeschränkt zu haben scheinen.

Zahlreiche Formeln in der Fachliteratur ermöglichen die detaillierte Analyse des Zustandes, in dem sich die Einzugsgebiete derzeit befinden. Darunter sind zu zitieren:

- nach Baoyuan u. a. (1994) sind schon in Gerinnen mit Gefällen zwischen 14% und 27% Phänomene von Murgängen zu beobachten, die nach einem Newton'schen Modell zu bewerten sind (debris flow nach Aulitzky, 1973, oder mudflow nach O'Brien, 2003). Bei Gefällen über 27% neigt ein Einzugsgebiet geradezu stark zur Erzeugung von Murgängen, die in diesem Fall mit einem nicht Newton'schen Modell zu beschreiben sind. Die Geschwindigkeit ändert sich je nach Gefälle des Betts, der Materialkorngröße und der Höhe der Murfront ändert.
- Die Untersuchungen von Marchi et al. (1993) und Moscariello (2002) haben drei Arten von Ablagerungskegeln bestimmt: durch reinen Geschiebetransport gebildet, gemischte oder vorwiegend durch Murgänge geformte. Die drei Arten von Kegeln können klar unterschieden werden, wenn sie in einem Diagramm mit Angabe der Kegelneigung und der Melton-Zahl, die einen Index des Einzugsgebietes darstellt, geplottet werden. Die Richtigkeit dieser Methode wurde bestätigt, indem, für die untersuchten Kegel, die verfügbaren historischen Daten zur Art des Feststofftransports für die früheren Ereignisse verglichen werden. Melton (1965) hat nämlich verschiedene Ereignisse von Murgängen im Verhältnis zur Beschaffenheit des Schwemmkegels untersucht und folgende Formel ausgearbeitet, die es schnell erlaubt, die geomorphologische Neigung eines Einzugsgebietes zu beschreiben:

$$MN = \frac{H_{MAX} - H_{MIN}}{\sqrt{A}}$$

in der  $H_{MAX}$  und  $H_{MIN}$  jeweils die Höchtshöhe des Einzugsgebietes und die Höhe des Schwemmkegels angeben [m ü.d.M.], während  $A$  die Fläche des Einzugsgebietes in  $km^2$  ist.

In Abbildung 145 sind die Ergebnisse der Melton-Analyse für die primären Zubringer angeführt. Es ist zu sehen, dass alle Kegel vorwiegend durch Murgänge entstanden sind, auch wenn in einigen Fällen (Allitzerbach, Tschavallatschbach) auch geschiefeführende Hochwasser zur Ablagerung beigetragen haben können. Dieselben Ergebnisse erhält man auch mit Anwendung der Methode von Aulitzky (1984).

In Tabelle 46 werden die maximalen Abflüsse der Murgänge (Feststoff und Wasser) und die berechneten Gesamtfrachten (Feststoff und Wasser) für alle primären Zubringer im Rahmen dieser Untersuchung angegeben. Die Werte verstehen sich abzüglich der Laminationswirkung der allfällig vorhandenen Rückhaltebauten.

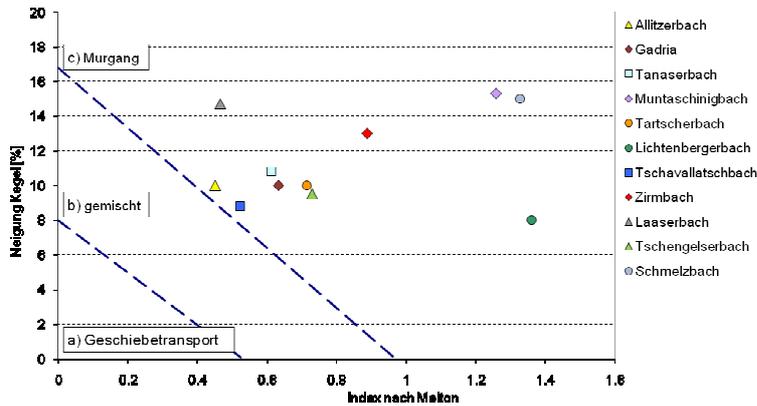


Abbildung 145. Melton-Diagramm für die primären Zubringer.

Nr.	Bachname	Ae [km <sup>2</sup> ]	HQ <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ΣQ <sub>30</sub> [m <sup>3</sup> ]	HQ <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ΣQ <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> ]	HQ <sub>300</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ΣQ <sub>300</sub> [m <sup>3</sup> ]	HQ <sub>150</sub> [m <sup>3</sup> /s]	ΣQ <sub>150</sub> [m <sup>3</sup> ]
A.340	Allitzerbach	15.95	46.3	122.200	58.84	160.100	83.7	205.000	---	---
A.355	Laaserbach	30.84	33.2	131.100	54.3	186.000	66.6	245.800	---	---
A.365	Tanaserbach	11.35	36.6	104.100	51.4	143.200	66.7	189.700	---	---
A.375	Tschenglserbach	10.71	73	125.640	97	183.660	113	225.900	---	---
A.390	Zirnbach	5.36	23.5	60.600	33.2	85.200	44.3	113.300	---	---
A.400.5	Schmelzerbach	1.27	1.9	7.499	2.8	11.121	3.7	14.430	---	---
A.405	Tschavallatschbach	11.21	35.4	129.200	50.6	185.200	67.4	243.600	62.7	229.000
A.405.5	Lichtenbergerbach	0.74	1.5	3.750	2.6	6.000	4.1	9.950	---	---
A.410.20	Muntaschinigbach	0.88	2.2	4.850	3,2	7.350	5.6	13.000	---	---
A.410.20.5	Tartscherbach	3.17	9.2	21.300	14.0	30.900	18.0	41.200	---	---
---	Rennergraben	0.47	0.99	3.601	1.58	5.474	2.1	7.104	---	---

Tabelle 46. Gesamtabflüsse und -frachten für die untersuchten primären Zubringer.

## 8.4 Sekundäre Zubringer

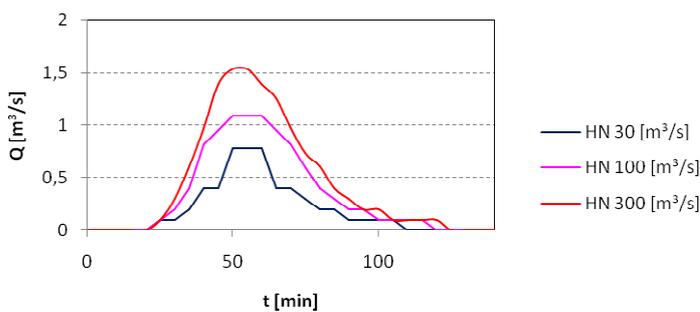
### 8.4.1 Allgemeines

Für die sekundären Zubringer wurde ein einheitliches Murgang-Entstehungskriterium durch Verflüssigung der Gerinnesohle angenommen. Die Modellierung dieser Gewässer mit einer Bearbeitungstiefe im Maßstab 1:10.000 erfolgt wie bei den primären Zubringern mittels des zweidimensionalen Modells FLO-2D. Als Rasterweite wurden Zellen mit der Größe 10x10 m gewählt.

### 8.4.2 Graben Spondinig

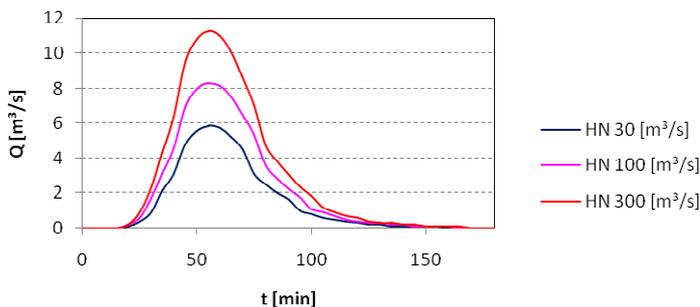
Der Graben Spondinig speist sich aus zwei parallel verlaufenden, teils ins Felsbett eingefurchte Gräben. Auf einer Länge von ca. 700 m kann in den beiden Gräben für das 100-jährliche Ereignis 500 m<sup>3</sup> an Geschiebe und Wildholz mobilisiert werden.

Aufgrund des hohen Wasseranteiles im Verhältnis zum Geschiebe, kommt jedoch kein Murphänomen in Frage. Die Staatsstraße SS40 ist somit vom Wildbachphänomen einer Übersarung betroffen.



**Abbildung 146.** Projektflussganglinien für den Spondiniger Graben für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.

### 8.4.3 Platzuterbach (A.415)



**Abbildung 147.** Projektflussganglinien für den Platzuterbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.

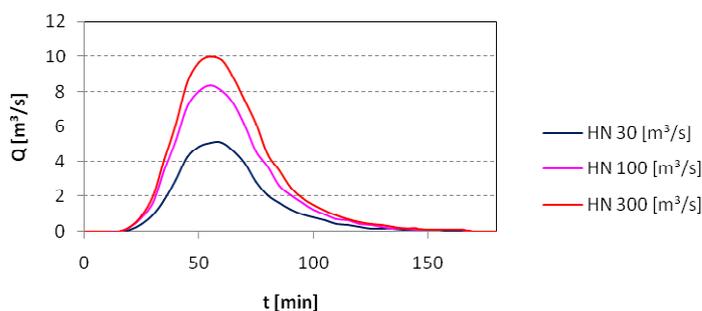
Die Feststoffmobilisierung am Platzuterbach erfolgt in seinem Mittellauf in den vielen einzelnen Gräben und Rinnen. Dort kann durch Tiefenerosion im 100-jährigen Ereignisfall eine Feststofffracht von 6.000 m<sup>3</sup>

mobilisiert werden. Ohne weitere Umlagerung trifft die Murwelle mit einem Spitzenabfluss von  $8,68 \text{ m}^3/\text{s}$  auf den lang gezogenen, flachen Hals oberhalb des Kegelkopfes. Dort lagert sich ein Teil des Geschiebes bereits ab, so dass beim Übertritt auf den eigentlichen Kegel nur noch eine mittlere Feststoffkonzentration von 26 % erwartet werden kann.

Der Wildbach kann als murfähig eingestuft werden. Dies belegt auch der nach Melton berechnete Index für die Reliefenergie von 1,05. Aufgrund der Feststoffablagerungen kurz oberhalb des Kegelkopfes kommt es zu einer Umwandlung des Ereignisprozesses. Für die Gefahrenszenarien verschiedener Jährlichkeit ist somit der Prozess einer Übersarung maßgebend, wie geschehen 1983, selbst wenn die Schäden sehr gering sind.

#### 8.4.4 Pafilerbach (A.405.5.5)

Die Geschiebebilanz ergibt für das 100-jährige Ereignis am Pafilerbach auf einer Erosionsstrecke von rund 1.100 m eine Feststofffracht von  $3.100 \text{ m}^3$ . Die Berechnung des Spitzenabflusses ergibt  $8,35 \text{ m}^3/\text{s}$ . Die Kegelmorphologie und die dort vorgefundenen stummen Zeugen lassen keine eindeutige Zuweisung zum Phänomen Murgang zu. Der Melton-Index ergibt 0,95 und weist damit den Pafilerbach als murfähiges Gerinne aus.



155

**Abbildung 148. Projektabflussganglinien für den Pafilerbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.**

Aufgrund der Geschiebebilanz ist es jedoch nicht möglich, für die Entwicklung des Phänomens Mure entsprechende Feststoffkonzentrationen zu erreichen. Die mittlere Feststoffkonzentration liegt bei lediglich 13 %. Für das Gefahrenszenario muss folglich das Phänomen Übersarung angenommen werden.

#### 8.4.5 A.395.5

Das Demanialgewässer tritt nur in seinem unteren Drittel in Form mehrerer ausgeprägter Gräben in Erscheinung. Dort wird vor allem im Stecherloch Geschiebe mobilisiert. Auf einer Gesamtlänge von rund 400 m kommt es zu einer 100-jährlichen Geschiebefracht von  $600 \text{ m}^3$ , bei einem Spitzenabfluss von  $1,64 \text{ m}^3/\text{s}$ . Der Melton-Index von 1,04 weist den Graben als murfähig aus. Die geringe, durch die Geschiebebilanz ermittelte Geschiebeverfügbarkeit und die somit niedere mittlere Feststoffkonzentration von 14 % bedingen des Gefahrenszenario einer Übersarung und nicht die eines Murganges.

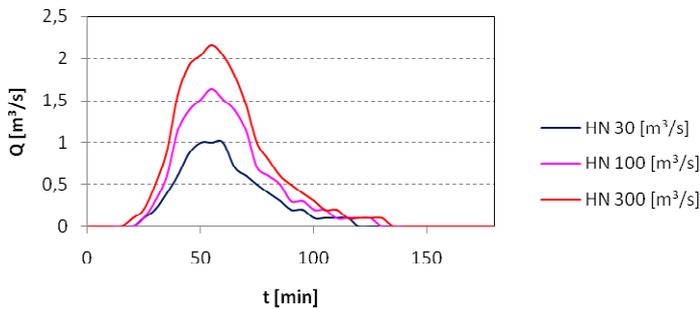


Abbildung 149. Projektflussganglinien für den Bach A.395.5 für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.

### 8.4.6 A.390.5.5

Der Bach, der nur im unteren Bereich des Einzugsgebietes deutlich ausgeprägt als Gerinne verläuft, kann eben nur hier kleinere Geschiebemengen aufnehmen.

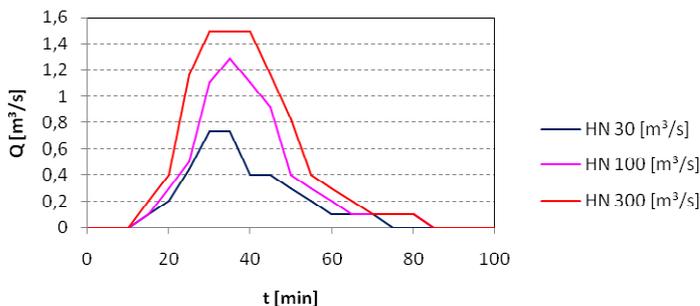


Abbildung 150. Projektflussganglinien für den Bach A.395.5.5 für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.

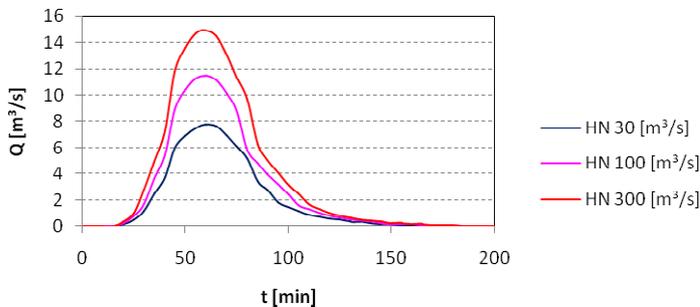
Diese werden durch Tiefen- und mäßige Seitenerosion mobilisiert und machen eine Feststofffracht bei 100-jährlichen Bemessungsereignis von rund 600 m<sup>3</sup> aus. Bei einem Spitzenabfluss von 1,29 m<sup>3</sup>/s und einer gesamten Murfracht von 2.000 m<sup>3</sup> ist der Bach als murfähig einzustufen. Der berechnete Melton-Index von 1,55 bestätigt diese Annahme.

### 8.4.7 Nickbach (A.390.5)

Die Geschiebebilanz für den Nickbach ergibt eine Geschiebeaufnahme in den obersten Bereichen des Einzugsgebietes durch Tiefenerosion. Das dort mobilisierte Geschiebe wird jedoch im Bereich der unteren Kalbhütte zum Großteil wieder abgelagert. Die darunter mobilisierten Feststoffe hingegen werden bis auf den Schwemmkegel transportiert.

Es wurde für das 100-jährliche Bemessungsereignis ein Spitzenabfluss von 11,51 m<sup>3</sup>/s berechnet, wobei sich die durch Tiefenerosion ergebende Geschiebefracht mit 9.000 m<sup>3</sup> festsetzen lässt. Nach dem für den Nickbach berechnete Melton-Index von 1,15 ist der Wildbach als murfähig einzustufen. Die im Verhältnis zum Wasseranteil jedoch geringe Geschiebemenge führt zu einer mittleren Feststoffkonzentration von

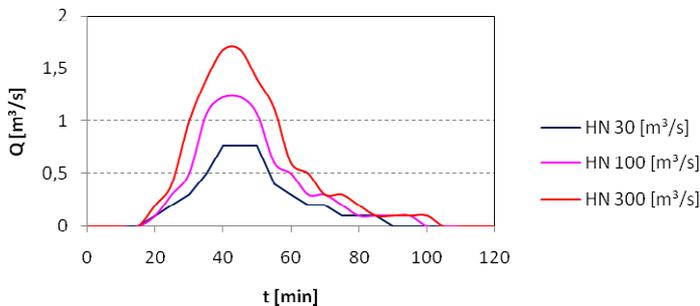
27%. Die flache Morphologie des Schwemmkegels und die fehlenden stummen Zeugen für eine eindeutige Murtätigkeit lassen auf das Wildbachphänomen der Übersarung schließen.



**Abbildung 151.** Projektflussganglinien für den Nickbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.

### 8.4.8 Psegbach (A.385)

Das Gerinne des Psegbaches verläuft im Einzugsgebiet nach oben hin bereits in den ersten Wiesen des Pseghofes. Die Erosionsstrecken sind somit sehr kurz und es ergibt sich eine maximale Geschiebemenge für das 100-jährige Ereignis von 500 m<sup>3</sup>. Dies führt im Ereignisfall zu einem Spitzenabfluss von 1,22 m<sup>3</sup>/s. Ein Melton-Index von 1,66 weist den Psegbach zwar als murfähig aus, aufgrund seiner geringen Erosionsleistungen (kurze Erosionsstrecke) ist ein Übersarungsprozess als wahrscheinlich anzunehmen.



**Abbildung 152.** Projektflussganglinien für den Nickbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.

### 8.4.9 Hinterburgbach (A.380)

Der Hinterburgbach verläuft über weite Strecken im Phyllitgneis, wo er kaum bis nur wenig Feststoffe mobilisieren kann. Ohne nennenswerte Umlagerungsstrecke aufgrund seiner steilen Neigungsverhältnisse erreicht er den Kegel. Für das 100-jährliche Ereignis werden rund 4.900 m<sup>3</sup> Geschiebe mobilisiert, die zusammen mit dem Reinwasseranteil zu einer Abflussspitze von 7,59 m<sup>3</sup>/s führen. Der berechnete Melton-Index von 1,13 weist den Hinterburgbach als einen murfähigen Wildbach aus. Aufgrund der limitierten Geschiebeverfügbarkeit erreicht er aber die mittlere Feststoffkonzentration von 30 % um als murfähig zu gelten nicht, so spricht man nur von Übersarungen.

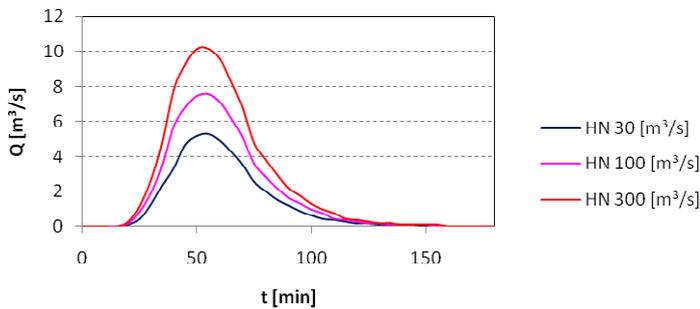


Abbildung 153. Projektabflussganglinien für den Hinterburgbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.

#### 8.4.10 Köpflbach (A.380.5)

Erosionserscheinungen können über weite Strecken des Gerinneverlaufes aufgrund der großen Sohlneigungen und der vorhandenen Feststoffvorkommen auftreten. Bei einem 100-jährigen Ereignis ist nach der Geschiebebilanz eine Geschiebefracht von 3.000 m<sup>3</sup> zu erwarten. Der Bach kann aufgrund der hohen Feststoffkonzentrationen von bis zu 55 % und den ausreichend vorhandenen und mobilisierbaren Geschiebeherden als murfähig eingestuft werden. Ein Ablagerungskegel ist nur sehr schwach ausgebildet und somit wurde die Berechnung des Index nach Melton, der sich auf Kegelmaße stützt, ausgesetzt.

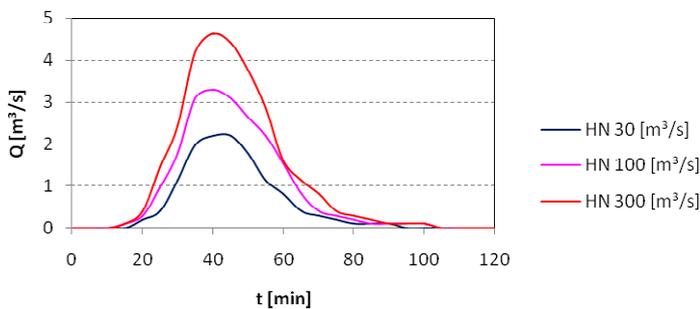
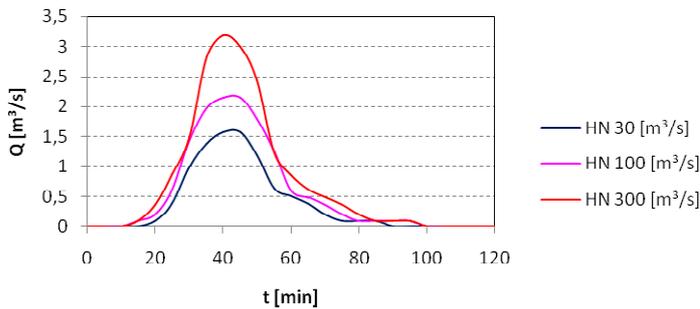


Abbildung 154. Projektabflussganglinien für den Köpflbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.

#### 8.4.11 Stellaubach (A.380.5.5)

Eine Geschiebebilanz am Stellaubach führt zum Schluss, dass durch Tiefenerosion und mäßige Seitenerosion für ein 100-jähriges Ereignis 1.500 m<sup>3</sup> mobilisiert werden können. Überlagert mit dem Reinwasserhydrographen ergibt sich daraus ein Spitzenabfluss von 2,15 m<sup>3</sup>/s.

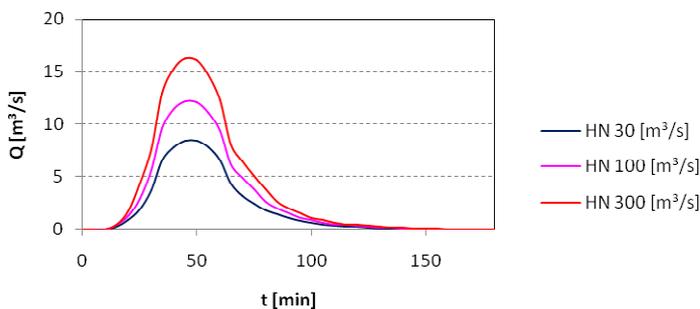
Aufgrund des starken Gefälles und dem vorhandenen Geschiebes ist der Bach als murfähig zu bezeichnen. Aufgrund eines fehlenden ausgeprägten Ablagerungskegels ist eine Berechnung des Index nach Melton nicht zielführend, er beträgt geschätzt 1.78.



**Abbildung 155. Projektflussganglinien für den Stellaubach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.**

### 8.4.12 Eckbach (A.360)

Der Eckbach mobilisiert entlang der Gerinnestrecke bei einem 100-jährlichen Ereignis rund 5.600 m<sup>3</sup> Geschiebe. Dies reicht trotz der hohen Neigungsverhältnisse und dem entsprechenden Melton-Index von 0,94 nicht aus einen gesättigten Murgang zu bilden. So wird aufgrund fehlender Rückhalteverbauungen die gesamte 100-jährliche Murfracht von 30.500 m<sup>3</sup> mit einem Spitzenabfluss von 12,20 m<sup>3</sup>/s auf den Kegel geworfen.



**Abbildung 156. Projektflussganglinien für den Eckbach für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.**

Die hohen Neigungsverhältnisse im gesamten Bachverlauf sowie der berechnete Melton Index von 0,94 legen den Schluss nahe, dass es sich beim Eckbach um ein murfähiges Gewässer handelt. Das beschränkte Geschiebeaufkommen führt jedoch lediglich zu mittleren Feststoffkonzentrationen von 18 % und somit zu einer Übersarung.

### 8.4.13 A.360.5

Dieses, östlich vom Eckbach liegende Demanialgewässer erodiert im 100-jährlichen Ereignisfall bis zu 7.100 m<sup>3</sup> Geschiebe. Das Geschiebe wird entlang der steil verlaufenden Gerinnestrecke durch Tiefenerosion mobilisiert. Dasselbe Ereignis erreicht einen Spitzenabfluss von 8,36 m<sup>3</sup>/s. Aufgrund der vorherrschenden Neigungen und der zahlreich vorhandenen Geschiebeherde, lässt sich der Bach A.360.5 allgemein als ein murfähiger Wildbach definieren. Der berechnete Melton-Index von 1,21 bestätigt diese Annahme.

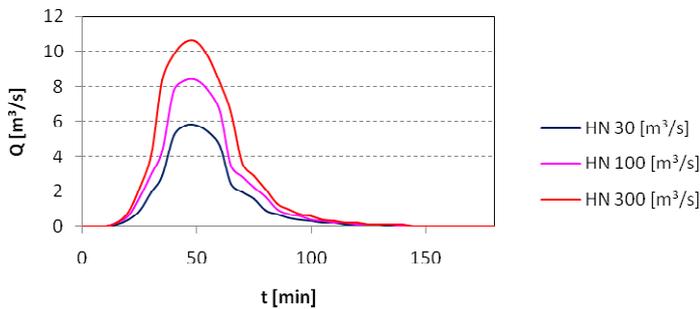


Abbildung 157. Projektabflussganglinien für den Bach A.360.5 für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.

### 8.4.14 Gafortal

Die Murereignisse im Gafortal werden hauptsächlich von den vier Gräben im unteren Teil des Einzugsgebietes, die sternförmig zusammenführen, gespeist. Nach einer Feststoffbilanz kann das 100-jährige Bemessungsereignis mit einer Geschiebefracht von  $4.600 m^3$  angegeben werden. Der Spitzenabfluss beläuft sich auf  $6,10 m^3/s$ . Das Ereignis tritt als gesättigter Murgang auf den Kegel über. Diese, durch die Geschiebebilanz erlangte Erkenntnis, wird durch einen Melton-Index von 1,18 noch bestätigt.

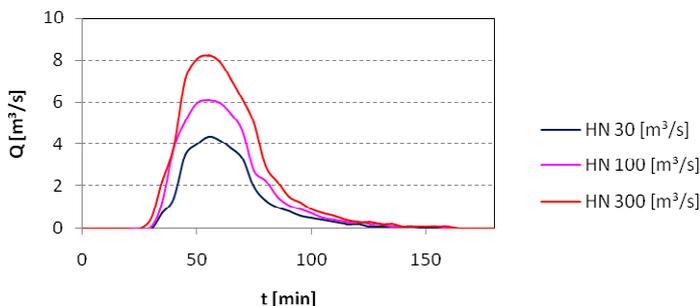
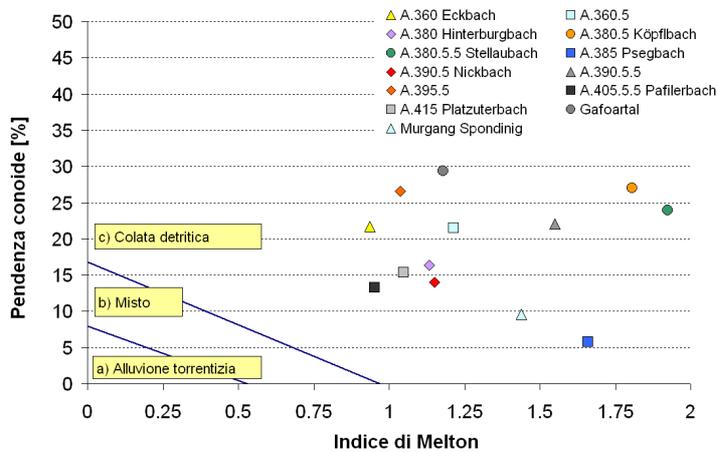


Abbildung 158. Projektabflussganglinien für das Gafortal für Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren.

### 8.4.15 Zusammenfassung

Nach obigen Ausführungen, wird nachfolgend das Melton-Diagramm auch für die Sekundärwasserläufe angeführt (Abbildung 159).



**Abbildung 159. Melton-Diagramm für die Sekundärwasserläufe.**

In der folgenden Tabelle werden die Gesamtmaximalabflüsse (Feststoff und Wasser) und die berechneten Gesamtfrachten für alle Sekundärwasserläufe im Rahmen dieser Untersuchung angegeben.

Nr.	Bachname	Ae	HQ <sub>30</sub>	ΣQ <sub>30</sub>	HQ <sub>100</sub>	ΣQ <sub>100</sub>	HQ <sub>300</sub>	ΣQ <sub>300</sub>	HQ <sub>150</sub>	ΣQ <sub>150</sub>
		[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> ]						
A.360	Eckbach	3.27	8.4	20.950	12.2	30.550	16.3	40.850	---	---
A.360.5		1.54	5.8	12.750	8.4	18.820	10.6	25.450	---	---
A.380	Hinterburgbach	1.98	5.3	13.750	7.6	20.250	10.2	27.400	---	---
A.380.5	Köpflbach	0.53	2.2	3.900	3.3	6.350	4.6	8.700	---	---
A.380.5.5	Stellaubach	0.43	1.6	2.750	2.2	4.150	3.2	5.500	---	---
A.385	Psegbach	0.40	0.8	1.450	1.2	2.350	1.7	3.350	---	---
A.390.5	Nickbach	2.64	7.8	22.900	11.5	33.400	14.9	44.500	---	---
A.390.5.5		0.29	0.7	1.150	1.3	2.000	1.5	2.850	---	---
A.395.5		0.62	1.0	2.550	1.6	4.200	2.2	5.750	---	---
A.405.5.5	Pafilerbach	2.42	5.1	13.900	8.4	23.000	10.0	27.800	---	---
A.415	Platzuterbach	1.96	5.9	15.650	8.3	22.900	11.3	31.000	---	---
	Graben Spondinig	0.34	0.8	1.650	1.1	2.800	1.5	3.850	---	---
	Gafoartal	1.47	4.4	9.900	6.1	14.950	8.2	20.450	---	---

**Tabelle 47. Gesamtabflüsse und -frachten für die untersuchten sekundären Zubringer.**

161

## 9 Ergebnisse mit Beschreibung der Gefahrenzonen

### 9.1 Allgemeines

#### 9.1.1 Bestimmung der Gefahrenstufe

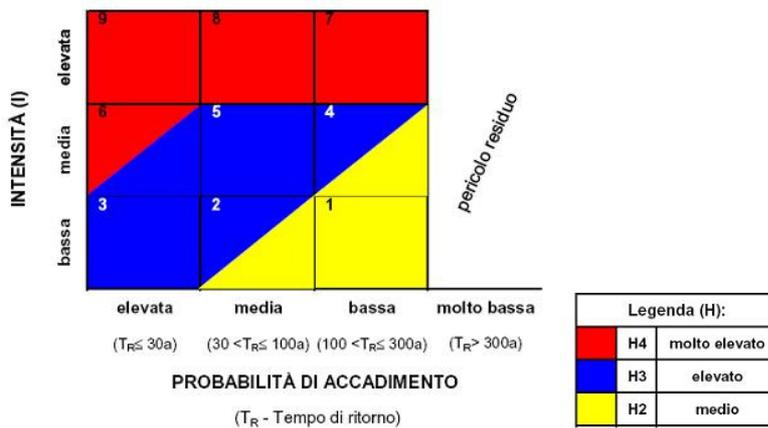


Abbildung 160. Matrix zur Bestimmung der Gefahrenstufen (Landesrichtlinien, 2008).

Fenomeno	Valori soglia	Intensità bassa	Intensità media	Intensità alta
<i>Alluvione, Alluvione torrentizia</i>	alluv. <1,5% alluv. torrent. 1,5-15% <30% mat. solido <40 km/h	h < 0,5 m opp. v x h < 0,5 m <sup>2</sup> /s	h = 0,5–2 m opp. v x h = 0,5–2 m <sup>2</sup> /s	h > 2 m opp. v x h > 2 m <sup>2</sup> /s
<i>Colata rapida in alveo</i>	>15% pendenza 30-70% mat. solido 40 - >60 km/h	non noto	M ≤ 1 m opp. v ≤ 1 m/s	M > 1 m opp. v > 1 m/s
<i>Erosione s.l.</i>	sempre presente	d < 0,5 m	d = 0,5–2 m	d > 2 m

h=tirante idraulico; v=velocità; M=spessore del deposito; d=spessore medio dell'erosione o erosione di sponda, misurato perpendicolarmente a pendio/scarpa/fondo rio/p.c.; v x h=pressione idrodinamica

Tabelle 48. Tabelle der Schwellenwerte und der Intensität für Hochwassergefahren (Landesrichtlinien, 2008).

Die Bewertung des Gefahrengrades in Zusammenhang mit der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Überschwemmung – sei es durch ein Hochwasserereignis oder einen Murgang – muss zuerst sowohl auf der Analyse der verfügbaren historischen und bibliographischen Unterlagen (hinsichtlich der Vorfälle in der Vergangenheit) als auch der Bewertung der Einzugsgebietsbeschaffenheit und des Gebietes allgemein beruhen. Nach Feststellung der auftretenden Phänomene und der möglichen Gefahrenquellen, hat man dann eine wasserbauliche Bewertung nach den in diesem Bericht erläuterten Methoden vorgenommen. Anschließend wurde ein numerischer Modellerschlüssel angewendet, der auf der Intensität des Ereignisses und der Wahrscheinlichkeit des Eintritts dieses Ereignisses beruht, und die hydrologischen und topographischen Daten der untersuchten Gebiete nach bestem Wissen implementiert. In dieser Arbeit erfolgte die Bestimmung der Hochwassergefahrenstufen aufgrund der Angaben in den „Richtlinien für die Ausarbeitung der Gefahrenzonenpläne und der Klassifizierung des

spezifischen Risikos“ der Autonomen Provinz Bozen Südtirol (Mai 2008). Es werden drei Gefahrenstufen festgelegt (Abbildung 160):

- rot für “sehr hohe Gefahr”;
- blau für “hohe Gefahr”;
- gelb für die Zonen mit “mittlerer Gefahr”.

Wie der Tabelle 48 zu entnehmen ist, sind die Grenzwerte der Intensitätsklassen unterschiedlich und für jede Art von Ereignis charakteristisch. Die Einteilung des Ereignisses in eine Intensitätsklasse und in eine Skalierung des Wahrscheinlichkeitseintritts erfolgt unter Nutzung der für jedes Phänomen bestimmten Grenzwerte. Diese Wert sind unterschiedlich, weil jedes Phänomen eine ganz spezifische Beschaffenheit (Geschwindigkeit, Volumen, Mächtigkeit, Abflusstiefe, usw.) und spezifische Auswirkungen auf schadensanfällige Elemente hat.

Die Grenzwerte in der Tabelle 48 wurden für Ereignisse mit dazwischen liegenden Wiederkehrzeiten neu berechnet (für den Tschavallatschbach und den Allitzerbach werden auch Wiederkehrzeiten von 150 Jahren festgelegt). Da die Ereignisse als Murgänge klassifiziert werden, wurde eine lineare Interpolation der in Abbildung 160 gezeigten Werte vorgenommen, sodass man zwei unterschiedliche Unterklassen für mittlere Intensitäten erhält: gelbe Zonen bis 0,25 m und Geschwindigkeiten von 0,25 m/s und blaue Zonen für Werte zwischen 0,25 und 1.

### 9.1.2 Zonierung der hydraulischen Gefahren

Die hydraulischen Gefahrenstufen, berechnet wie oben beschrieben, stellen die Ergebnisse der numerischen Modellierungen dar. Durch Lokalausganscheine im Gelände und technische Kontrolle während der Überprüfung der Simulationen werden die Gefahrenstufenkarten bereinigt und arrondiert. Daraus gehen die Gefahrenzonen hervor. Die Gefahrenzonen sind homogene Flächen mit der Klassifizierung „sehr hoch“, „hoch“ oder „mittel“ gemäß der offiziellen Gefahrenmatrix der Autonome Provinz Bozen. Diese Zonierung wurde in Übereinstimmung mit dem Amt für Wildbachverbauung der Autonome Provinz Bozen nur im Untersuchungsgebiet durchgeführt. Einen Überblick der gesamten Gefahrenzonen im Untersuchungsareal ist in der Karte Nr. 1.6 vorgestellt.

### 9.1.3 Klassifizierung der spezifischen Risiken

Für die Klassifizierung des spezifischen Risikos wurden zuerst die gefährdeten Elemente bestimmt und diese in den Schadensanfälligkeitsklassen (V) klassifiziert. Als gefährdete Elemente wurden berücksichtigt:

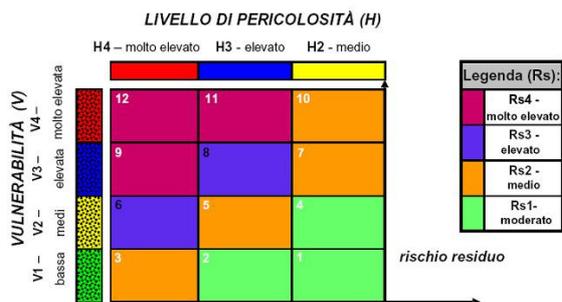
- die urbanen Ansiedlungen und die Erweiterungszone
- die Areale mit Produktionsbetrieben, wichtigen technologischen Anlagen und hier besonders jene, die laut Gesetz als risikobehaftet eingestuft sind
- die Versorgungsnetze und die strategischen Verbindungen, auch auf lokaler Ebene
- die Natur- und Umweltgüter und Kulturgüter von erheblichem Interesse

- die Areale für öffentliche und private Dienstleistungen, die Sport- und Freizeitanlagen, Beherbergungsbetriebe und primäre Erschließungsbauten.

Für die Bemessung der Schadensanfälligkeit sind alle Elemente zu berücksichtigen, die in den Anlagen zu den Landesrichtlinien im Bereich der spezifischen Gefährdung angegeben sind. Diesen Elementen wird eine der folgenden vier Schadensanfälligkeitsklassen (V) zugewiesen:

- V4: sehr hoch
- V3: hoch
- V2: mittel
- V1: niedrig.

Das spezifische Risiko ergibt sich aus der Interaktion der Hochwassergefahr (H) und den gefährdeten Elementen mit der spezifischen Schadensanfälligkeit (V). Aus der Überschneidung der Gefahrenzonenkarte mit der Schadensanfälligkeitskarte entsteht die Karte des spezifischen Risikos, ausgedrückt mit  $R_s = H \cap V$ . Die Intersektion der Faktoren erfolgt über die Verwendung der Matrix in Abbildung 161.



**Abbildung 161. Matrix der Gefahrenfaktoren (H) und Schadensanfälligkeitsfaktoren (V) für die Ausarbeitung der Karte der Zonen mit spezifischer Gefährdung (Landesrichtlinien, 2008).**

Im wesentlichen werden folgende Risikoklassen festgelegt:

- Sehr hohes Risiko (Rs4): es sind Verlust von Menschenleben, schwere Personenschäden, schwere Schäden an Gebäuden, an Infrastrukturen und an der Umwelt, die Zerstörung von sozialen und wirtschaftlichen Aktivitäten möglich
- Hohes Risiko (Rs3): es bestehen Probleme für die Unversehrtheit der Menschen, es sind funktionelle Schäden an den Gebäuden und Infrastrukturen mit der folgenden Unbenutzbarkeit derselben, die Unterbrechung der sozialen und wirtschaftlichen Aktivitäten und große Schäden an der Umwelt zu erwarten
- Mittleres Risiko (Rs2): es sind kleinere Schäden an den Gebäuden, an den Infrastrukturen und an der Umwelt zu erwarten, ohne Beeinträchtigung für Wohl und Gesundheit der Menschen, die Benutzbarkeit der Gebäude und der Weiterführung der wirtschaftlichen Tätigkeiten
- Geringes Risiko (Rs1): die sozialen, wirtschaftlichen und Umweltschäden sind gering.

In der "Karte des spezifischen Risikos" (Plan Nr. 1.8a) sind also die farbigen Zonen des spezifischen Risikos angegeben, analog zur "Karte der Gefahrenzonen" (KGZ) gemäß den Modalitäten laut Richtlinien der Autonomen Provinz Bozen Südtirol.

## 9.2 Endprodukte

Für die Ausarbeitung und Herstellung des Endlayouts der Karte der Hochwassergefahrenzonen im Untersuchungsgebiet nach den einschlägigen Landesrichtlinien, wurde zuerst jede einzelne Gefahrenquelle separat untersucht mit Ausarbeitung von einzelnen Intensitätskarten der Hochwasserereignisse. Anschließend wurde im Modus GIS eine multivariable Analyse der für jeden einzelnen Punkt des untersuchten Gebiets bestehende Gefahr erarbeitet, aus der sich die Gefahrenzonenkarte (K.G.Z.) ergeben hat, die Gegenstand dieser Studie ist. Aus der Übereinanderlegung der Schadensanfälligkeitskarte (Plan Nr. 1.7a) und der Karte der Gefahrenstufen (Plan Nr. 1.6) hat sich die Karte der Zonen mit spezifischem Risiko (Plan Nr. 1.8a) ergeben. In der Karte der Phänomene sind die Umfänge der Ereignisse für die angenommenen Szenarien und die Ausmaße der bekannten historischen Ereignisse sowie der aus Bildinterpretationen gewonnen Ereignisse angeführt. Die gesamte kartographische Dokumentation wird in der Tabelle 1 gezeigt.

Legende		Legenda
<b>Geomorphologie</b>		<b>Geomorfologia</b>
Geschiebeaufbereitung und -lieferung	→	sorgenti e apporto di materiale detritico
latente Erosion	—	erosione latente
Umlagerungsstrecke	++++	tratto di trasferimento
Tiefenerosion	→	erosione profonda
starke Tiefenerosion	→	elevata erosione profonda

165

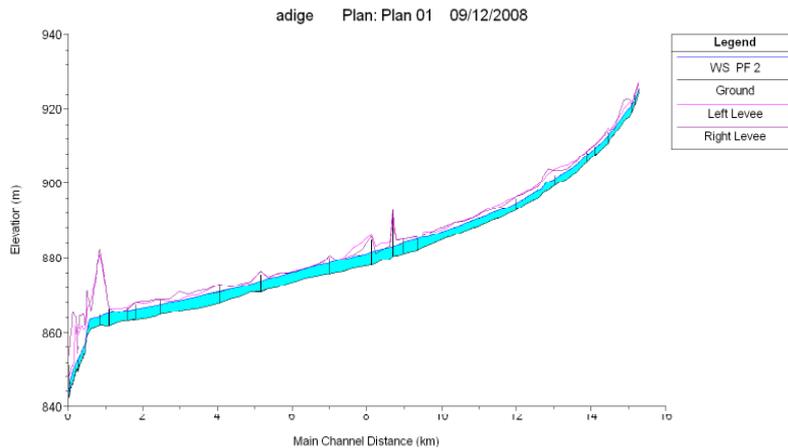
### Abbildung 162. Klassifizierung der geomorphologischen und in dieser Untersuchung berücksichtigten Phänomene (BUWAL, 1995).

Parallel dazu wurde für alle untersuchten primären Zubringer die kartographische Darstellung der Geomorphologie der Flüsse erarbeitet, wobei alle Phänomene erhoben wurden, die direkt mit dem Fluss zusammenhängen oder direkt oder indirekt das hydraulische Verhalten derselben bei Hochwasser beeinflussen können. Die Abbildung 162 zeigt die erhobenen Phänomene in der Klassifizierung nach Buwal (1995). Es wird darauf hingewiesen, dass die ausgearbeitete geomorphologische Kartographie die laufenden oder möglichen Ablagerungs- und Erosionsformen an den untersuchten Wildbächen zeigt, schematisch deren morphographische und morphometrische Beschaffenheit darstellt und eine Interpretation ihres Ursprungs im Verhältnis zu ihren geomorphen, endogenen und exogenen zurückliegenden und derzeitigen Prozesse liefert, die sie verursacht haben. In diesem Zusammenhang spielt die geomorphologische Kartographie eine wichtige Rolle, besonders hinsichtlich einer qualitativen Erfassung der laufenden Prozesse mit dem Ziel der Bestimmung der wichtigsten Geschiebelieferungs- und Erosionserscheinungen in den untersuchten Einzugsgebieten, die irgendeinen Einfluss auf die Gefahrenzonen im Untersuchungsgebiet Oberer Vinschgau haben könnten. Die Kenntnis der physischen

und morphologischen Eigenschaften eines bestimmten Flusses und der Täler, die er durchfließt, sind nämlich grundlegende Daten für die Erfassung, die Beurteilung und die Beherrschung aller Ereignisse, die Gefährdungen für Menschen und soziale und wirtschaftliche Tätigkeiten bewirken können.

### 9.3 Talflüsse

#### 9.3.1 Etsch (A)



**Abbildung 163. Längsprofil im Untersuchungsabschnitt der Etsch für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren.** 166



**Abbildung 164. Zwei Aufnahmen der Mündung des Suldenbachs in die Etsch.**

Mit den laut vorheriger Beschreibung und gemäß den gestellten Szenarien berechneten Hochwasserabflussganglinien wurden eine stationäre und instationäre 1D-Modellierung in HEC – RAS 4.0 für den untersuchten Abschnitt ausgearbeitet. In Abbildung 163 wird das berechnete Profil für ein instationäres Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren dargestellt. Man sieht, dass die Gefälle sanft bis Laas abnehmen, um dann nach dem Stauwehr des E-Werks stark zuzunehmen.

Für jedes zu untersuchende Szenario wurden einige Schwachstellen nachgewiesen, Überflutungen sind für jedes Hochwasser (30, 100 und 300 Jahre) auf der rechten Seite zu erwarten, während auf der linken Seite nur für die schwersten Ereignisse (100 und 300 Jahre) kleine Überflutungen zu erwarten sind. In allen Fällen ist auch eine Rückstau im Delta des Suldenbachs zu verzeichnen, das eine teilweise

Lamination der Hochwässer in der Etsch mit sich bringt, trotz der alten Schutzbauten zur teilweisen Sicherung des Naturschutzgebietes, das aber auch bei Ereignissen mit geringer Wiederkehrzeit überflutet werden kann.

Die 1D-Feststofftransportanalyse für quasi stationären Zustand hat es erlaubt, lokalisierte Erosions- und Anlandungsbereiche im Ausmaß von einigen cm zu erheben, die kurzfristig das Verhalten des Flusses nicht beeinflussen.

Geschiebetransportprobleme bergseitig von Glurns, wie sie aufgrund der großen Materialbeiträge des Rambaches in 1983 aufgetreten sind, sind heute nicht mehr zu erwarten, entlang des Rambaches und seiner Hauptzubringer wurden tatsächlich in den letzten Jahren viele Schutzbauten gebaut. Da auch keine Brückenpfeiler vorhanden sind, ist die Wahrscheinlichkeit der Verklausung der vielen Überquerungen der Etsch im Untersuchungsgebiet sehr gering.

Schon für Ereignisse mit einer Wiederkehrzeit von 30 Jahren treten Überflutungen beträchtlichen Ausmaßes in der Örtlichkeit "Rossänger" am rechten Ufer in Laas auf, da vor und nach der Einmündung des Eckbachs nämlich austretende Abflussmengen von  $5.5 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $9.02 \text{ m}^3/\text{s}$  zu verzeichnen sind, was eine aus dem Bachbett tretende Wassermenge von ungefähr  $189.000 \text{ m}^3$  ergibt. Die überschwemmte Fläche hat eine Ausdehnung von ungefähr  $23,22 \text{ ha}$  bis über die Ebene "Fischermöser" hinaus. Außerdem tritt ein starker Rückstau im Eckbach ein, der den Austritt bergseitig verursacht. Andere Punkte des Austritts liegen am rechten Ufer in der Nähe der Tschenglser Au beim Feldweg "Tschuggaiweg" mit maximalen austretenden Abflussmengen von  $0,53$  und  $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$  und einem Gesamtvolumen von ungefähr  $3.500 \text{ m}^3$ . Die überflutete Fläche beträgt ungefähr  $6,66 \text{ ha}$  mit einer durchschnittlichen Tiefe auf Geländeebene von ungefähr  $0,1 \text{ m}$ . Das Delta des Suldenbachs nimmt hingegen ungefähr  $125.000 \text{ m}^3$  Wasser auf, der Rückstau reicht bis ungefähr  $50 \text{ m}$  in das Bachbett des Suldenbaches zurück.

Anlässlich von Jahrhundertereignissen erfolgen Austritte aus dem Flussbett in der Ebene von Laas und Spondinig auch am linken Ufer (ungefähr  $5.380 \text{ m}^3$ ) mit Überflutung von ungefähr  $12,6 \text{ ha}$ . Die Überflutungen am rechten Ufer sind stärker, der Rückstau am Eckbach verlängert sich zum Berg hin. Der Rückstau in den Suldenbach ermöglicht den Rückhalt von ungefähr  $388.000 \text{ m}^3$ . Bei dreihundertjährigen Ereignissen treten kleine Überflutungen am rechten und linken Ufer vor Glurns auf, in der Nähe des Zusammenflusses mit dem Rambach in der Örtlichkeit "Camping". Es gelangen ungefähr  $400 \text{ m}^3$  ( $Q_{\text{MAX}} = 0.07 \text{ m}^3/\text{s}$ ) Wasser auf die Geländeebene, die die Straße nach Glurns bedecken und die Schutzmauern der Stadt Glurns streifen, wobei auf der Geländeebene ein Wasserstand von wenigen Zentimetern entsteht. Für den Abfluss unter den Brücken bestehen keine Probleme, der Rückstau des Suldenbachs auf der Höhe von Spondinig ermöglicht das Auffangen von ungefähr  $761.000 \text{ m}^3$  Wasser, die ungefähr ein Sechstel des Deltas unter Wasser setzen. Austritte aus dem Bachbett gibt es am linken Ufer (ungefähr  $20.700 \text{ m}^3$ ) mit maximaler Abflussmenge von  $0,97 \text{ m}^3/\text{s}$  zwischen den Querschnitten 46 und 47 (ID Geo Line, 2006-2007) und das gesamte rechte Ufer zwischen Tschengls und Laas wird mit ungefähr  $677.000 \text{ m}^3$  Wasser überflutet. Die kritischste Situation entsteht wieder in der Örtlichkeit "Rossänger", wo maximale Wasserstände von  $2,4 \text{ m}$  im Bachbett des Eckbachs mit Überflutungsführungen von  $16.23 \text{ m}^3/\text{s}$  und neben dem Eisenbahntrakt zum Marmorbruch, wobei auch der Ortsteil "Palästinamöser" gestreift wird. Die überflutete Fläche am rechten Ufer zwischen Eyrs und Laas misst ungefähr  $152 \text{ ha}$ .

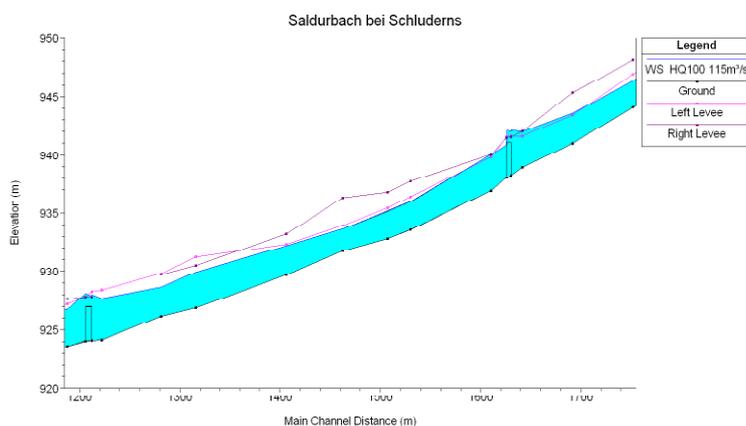
167

Es ist klar ersichtlich, dass in allen Projekt szenarien keine Überflutungen in Laas am linken Ufer auf Höhe des Gewerbegebietes auftreten, sodass eine Überschwemmung dieser Areale in den Bereich des Restrisikos fällt, das auf einer Betriebsstörung der Schleusen am Stauwehr in Laas beruht.

Im Fall eines kompletten Verschlusses der Absperrorgane des E-Werks in Laas generiert sich ein Rückstau, der sich bis km 32.182 bergseitig ausbreitet. Wegen der Dammerhöhung auf der orographisch linken Seite zwischen Laas und Eyrs sind keine Überflutungen zu erwarten. Das Restrisikoszenario auf der orographisch linken Seite in der Nähe von Laas wurde also als Dambruch an einer kritischen Schwachstelle modelliert. Die angenommene Bresche hat eine Länge von ca. 60 m und eine Höhe von ca. 1.5 m. Aus der Bresche strömt eine Bruchwelle mit einer Spitze von ca. 20.6 m<sup>3</sup>/s aus, die die ganze Industriezone von Laas und bis über den Bahndamm überschwemmt (siehe Karte Nr. 2.1.1). Was das Szenario des Restrisikos angeht (HQ1000), so gibt es Austritte aus dem Flussbett vor Glurns, sei es rechts wie links, die Brücke in der Örtlichkeit "Garberäcker" geht unter Druck und verursacht Überflutungen am linken und rechten Ufer. Außerdem bestehen Probleme am Zusammenfluss mit dem Punibach in der Örtlichkeit "Wurmetspitz" in Spondinig und im Bereich der "Prader Sand", Laas und die gesamte Ebene am rechten Ufer werden überschwemmt. Zu unterstreichen ist, dass die gesamte Flussebene der Etsch im Untersuchungsgebiet durch das Restrisiko einer angenommenen Dambruchs des Staudamms am Reschensee gefährdet ist. Man verweist deswegen auf die Karte der Phänomene (Plan Nr. 2.1.1).

Zur einfachen Lokalisierung der Hochwassergefahren verweist man auf die entsprechende Karte (Plan Nr. 2.1.2). Rote und blaue Zonen liegen ausschließlich in der Örtlichkeit "Rossänger" in Laas, an der Einmündung des Tschenglerbachs an der rechten Seite und bei der Einmündung des Suldenbachs. Die anderen überschwemmten Gebiete sind als gelbe Zonen zu klassifizieren.

### 9.3.2 Saldurbach (A.410.5)



**Abbildung 165. Längsprofil für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren im untersuchten Abschnitt des Saldurbachs.**

Wie der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 2.2.3) zu entnehmen ist, verursacht der Saldurbach die Überflutung eines großen Teils des Schuttkegels. Abbildung 165 zeigt einen Auszug des 1D-Modells für die Untersuchung des Hochwasserabflusses im Untersuchungsgebiet mit Wiederkehrzeiten von 100

Jahren. Zu sehen sind der Rückstau vor einer Brücke und die dazugehörigen Wasseraustritte am rechten und linken Ufer.

Der Wasserstand auf der Geländeebene erreicht auch bis zu 2 Meter in den niedrigsten Gebieten bei Ereignissen mit  $T_R = 30$  Jahren, während bei größeren Überschwemmungen das Wasser auch bis auf 3 Meter steigt. Auf dem Großteil der überfluteten Fläche ist der durchschnittliche Wasserstand ungefähr bei 0,5 m. Die Senken liegen nur in den tieferen Lagen talseitig der SS40 außerhalb des Ortsgebietes von Schluderns. Die höchsten Ausbreitungsgeschwindigkeiten auf Geländeebene liegen immer zwischen 2 und 4 m/s in den steileren Gebieten des Überflutungsbereiches, um dann auf Werte um 0,5 – 1 m/s zu sinken. Auch in diesem Fall bestehen die höchsten Geschwindigkeiten in Arealen talseitig der SS40.



**Abbildung 166. Einige der kritischen Abschnitte, wo die Austritte aus dem Bachbett stattfinden.**

Wie vorher gesagt, hängt die Intensität der Überschwemmung sowohl vom Wasserstand als auch vom Produkt zwischen Wasserstand und Ausbreitungsgeschwindigkeit ab. Für dreißigjährige Ereignisse ist mittlere und niedrige Intensität zu verzeichnen, während für stärkere Ereignisse (HQ100 und HQ300) sehr große Intensität zu verzeichnen ist, die aufgrund der Angaben im Kapitel 9.1.1 bestimmt wurden. Zur einfachen Lokalisierung der Hochwassergefahren verweist man auf die entsprechende Karte (Plan Nr. 2.2.3). In vielen Fällen beruht der Wasseraufstau auf der Geländeebene auf den topographischen Eigenheiten des Untersuchungsgebietes, besonders talseitig der Ortschaft, wo die Eisenbahnlinie Meran – Mals verläuft, die ein Hindernis für den natürlichen Abfluss bildet. In allen Fällen wird das Schludernser Biotop überflutet, das unter dem Dorf am Ende des verbauten Abschnitts liegt. Große rote Zonen findet man im zentralen Bereich des Dorfes, die restlichen Areale sind als baue Zonen einzustufen.

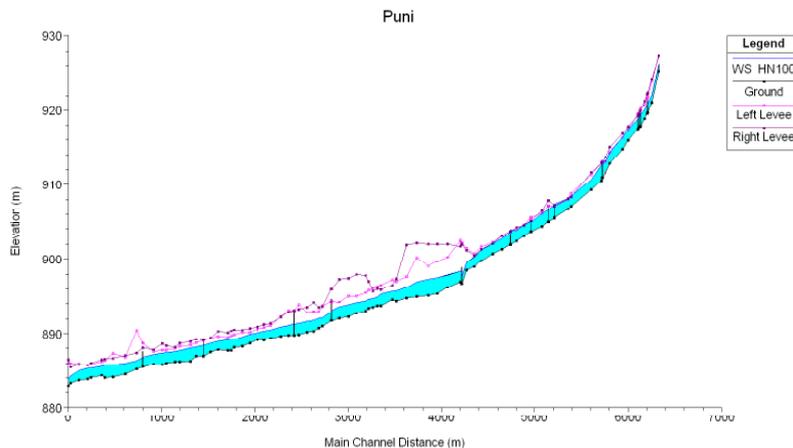
169

### 9.3.3 Punibach (A.410)

Die Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 2.3.3) zeigt, dass der Punibach die Überschwemmung eines Teils des außerhalb der Stadtmauern gelegenen Besiedlungsbereiches von Glurns verursacht, und zwar auf der Höhe der Flora-Gasse, die Glurns und Schluderns verbindet, bis zum Dienstweg des Beckens des E-Werks Glurns. Abbildung 167 zeigt einen Auszug des 1D-Modells für die Untersuchung des Hochwasserabflusses im Untersuchungsgebiet mit Wiederkehrzeiten von 100 Jahren. Man sieht, dass im Abschnitt unterhalb von Glurns die vorhandenen Uferdämme imstande sind, die verbleibenden Abflussmengen abzuführen.

Für die verschiedenen untersuchten Ereignisse erfolgen alle Austritte zwischen dem verbauten Abschnitt vor Glurns in der Nähe des Malsertores und der Durchquerung des Auslaufwasserkanals des Glurnser E-

Werks. Im Abschnitt unterhalb des Auslaufkanals bis zum Zusammenfluss mit der Etsch bleibt die Restführung im Bachbett, ein Anzeichen des anwachsenden Hochwasserrückhalts im Abschnitt oberhalb bei Zunahme der Wiederkehrzeit der Ereignisse. Talseitig des künstlichen Ausgleichsbeckens bestehen deshalb keine Abflussprobleme.



**Abbildung 167. Längsprofil für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren im untersuchten Abschnitt des Punibachs.**

Für Ereignisse mit Wiederkehrzeit von 30 Jahren weist die Betonkünette (zu Beginn des Untersuchungsgebietes) eine ausreichend hohe Abflusskapazität auf. In der Nähe des Holzstegs in der Örtlichkeit "Messnerwiese" gibt es eine plötzliche Änderung des Bachbettrauhigkeit und die Höhe der Seitendämme nimmt ab. Der Wasseraustritt erfolgt auf diesem Abschnitt bis zur Straße, die zum "Schluderner Tor" führt. In diesem Bereich beträgt die austretende Abflussmenge 5,28 m<sup>3</sup>/s am rechten Ufer und 2,39 m<sup>3</sup>/s am linken Ufer. Insgesamt beläuft sich die ausgetretene Wassermenge auf 18.680 m<sup>3</sup> am rechten Ufer und 8.683 am linken. Weiter talwärts, in der Örtlichkeit "Sandhof" erfolgt ein Austritt am rechten Ufer mit einer Höchstmenge von 1,18 m<sup>3</sup>/s und einer ausgetretenen Gesamtwassermenge von 5.829 m<sup>3</sup>. Die überflutete Fläche hat eine Größe von ungefähr 14,89 ha am rechten Ufer und erstreckt sich von den Wiesen in der Örtlichkeit "Messnerwiese" bis zu den Wohngebieten, die weit vom Punibach entfernt sind. Am linken Ufer werden ungefähr 9,95 ha überschwemmt und die Fläche erstreckt sich auf die Örtlichkeiten "Moosanger", "weiten Möser" und "Hauptgröben". Der Wasserstand erreicht im Allgemeinen keine Tiefen über 0,2 m, größere Wasserstände gibt es allenfalls in den zahlreichen vorhandenen Gräben, in denen sich das ausgetretene Wasser sammelt, und in den Wiesen der "Messnerwiese", wo auch Tiefen nahe 2 m erreicht werden.

Wasseraustritte ergeben sich zu Beginn des Untersuchungsgebietes bei Abflussmengen mit Wiederkehrzeiten von 100 Jahren, im Abschnitt der parallel zu den nördlichen Stadtmauern von Glurns fließt und hier besonders bei der Brücke in der Örtlichkeit "Punispitz" nahe dem Nordost-Turm. Die Überflutungen auf diesem Abschnitt sind am linken Ufer größer (maximale Ausuferungswassermenge 1,98 m<sup>3</sup>/s) und fließen in die Felder. Am rechten Ufer gibt es nämlich eine Schutzmauer.

170



**Abbildung 168. Die Schutzmauer am rechten Ufer im Verlauf des Punibachs durch Glurns.**

Die überflutete Fläche in diesem Abschnitt hat eine Ausdehnung von 3,55 ha und betrifft die Örtlichkeiten "Untertawenz", "Quadra" und "Paschgg". Die Wassertiefe in diesen Zonen bleibt unter 0,2 m und erreicht lokal 0,5 m. Die Überflutung am rechten Ufer beim "Punispitz" gehen über die Straße zum "Schludernser Tor" und verbindet sich mit den überfluteten Flächen des Wasseraustritts in Zone "Messnerwiese". An diesem Punkt betragen die Abflussmengen 3,21 m<sup>3</sup>/s am linken Ufer (ausgetretene Wassermenge 15.392 m<sup>3</sup>) und 6,79 m<sup>3</sup>/s an der rechten Seite (ausgetretene Wassermenge 29.645 m<sup>3</sup>). Die Ausdehnung der Überflutung talseitig der Zone "Messnerwiese" beläuft sich auf 17,6 ha an der linken Uferseite und auf 18,17 ha an der rechten Uferseite mit Wassermengen von 8.683 m<sup>3</sup> bzw. 17.802 m<sup>3</sup>. Bei einem dreihundertjährigen Ereignis gibt es kleine Austritte auch bergseitig des Malsertores in der Nähe der alten Holzbrücke, am orographisch rechten Ufer beträgt die maximale Abflussmenge beim Austritt 0,04 m<sup>3</sup>/s mit einem Gesamtvolumen von 32 m<sup>3</sup> auf der Straße ( $h_{MAX} = 0.15$  m). Im mittleren Abschnitt belaufen sich die maximalen Austritte auf 3,68 m<sup>3</sup>/s an der orographisch linken Seite und 7,44 m<sup>3</sup>/s an der rechten. Die überfluteten Flächen haben eine Größe von 19,81 bzw. 19,86 ha, während der Wasserstand allgemein unter 0,2 m liegt, auch wenn in der Zone neben dem Unterwasserkanal des E-Werks die Wassertiefe durchschnittlich 0,4 m beträgt. Die größten Wassertiefen gibt es wieder in der Örtlichkeit "Messnerwiese" mit Spitzen bis zu 2,15 m. Das Szenario zum Restrisiko für den Eintritt einer Wassermenge HQ1000 erzeugt die Überflutung des gesamten Gebietes, zahlreiche Brücken stehen unter Druck, das Ausmaß der überfluteten Flächen ist in der Karte der Phänomene (Plan Nr. 2.3.1) ersichtlich. Die Überlappung der Hochwasserwelle des Punibaches mit den Schwallwassermengen des Glurnser E-Werks ist unwahrscheinlich und wurde als Restrisiko klassifiziert.

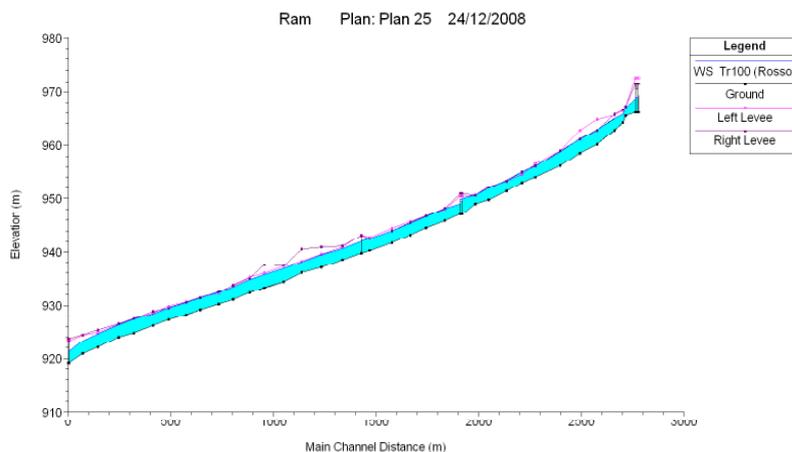
171

Die Gefahrenzonen sind in der Karte Nr. 2.3.3 ersichtlich. Die einzige rote Zone liegt in der Nähe der "Messnerwiese", die blauen Zonen konzentrieren sich hingegen in der Nähe der vielen Gräben, die das Untersuchungsgebiet durchziehen. Die restlichen überschwemmten Flächen sind als gelbe Zonen zu klassifizieren. Talseits des Abflusses des Glurnser E-Werks bestehen keine besonderen Hochwassergefahren.

### 9.3.4 Rambach (A.420)

Mit den laut vorheriger Beschreibung und gemäß den gestellten Szenarien berechneten Projektabflussganglinien wurde eine stationäre und instationäre 1D-Modellierung in HEC – RAS 4.0 für den untersuchten Abschnitt ausgearbeitet. In Abbildung 169 wird das berechnete Profil für ein untersuchtes Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren dargestellt.

Für alle berechneten Szenarien treten Austritte aus dem Bachbett auf, wobei die überfluteten Areale sowohl links als auch rechts liegen. Eine Bilanz zwischen den einfließenden Abflussmengen und den in die Etsch ausfließenden Abflussmengen ergibt eine Abschwächung von  $10,03 \text{ m}^3/\text{s}$  für HQ30,  $26,39 \text{ m}^3/\text{s}$  für HQ100 und  $49,55 \text{ m}^3/\text{s}$  für HQ300. Die Restführung im Bachbett beim Zusammenfluss mit der Etsch beträgt  $68,67 \text{ m}^3/\text{s}$  für HQ30,  $74,21 \text{ m}^3/\text{s}$  für HQ100 und  $74,55 \text{ m}^3/\text{s}$  für HQ300. Insgesamt werden Flächen mit einer Ausdehnung von 29,27 ha für HQ30, 36,54 ha für HQ100 und 47,39 ha für HQ300 überflutet. Der höchste Wasserstand liegt immer im Bruch in der Örtlichkeit "Laatscher Pasagg", der sich vollständig füllt und als Rückhaltebecken dient. Die Tiefen betragen 7,99 m für HQ30, 11,24 m für HQ100 und 11,41 für HQ300.



172

**Abbildung 169. Längsprofil für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren im untersuchten Abschnitt des Rambachs.**

Für das dreißigjährige Ereignis beläuft sich die überflutete Fläche auf insgesamt 29,3 ha, der kritische Abschnitt liegt an der Brücke nach Laatsch. Die größten Wasseraustritte liegen in der Nähe des Bruchs in der Örtlichkeit "Grüeb" am linken Ufer mit maximalen Abflussmengen von  $6.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , die über die Felder fließen und sich in der Nähe der Laatscher Brücke nach Glurns ausbreiten. Für ein Jahrhundertereignis beträgt die maximale Abflussmenge  $10.23 \text{ m}^3/\text{s}$  am linken Ufer, am rechten Ufer erfolgt der Wasseraustritt in der Nähe des Sportplatzes, wo Abflussmengen von ungefähr  $2.1 \text{ m}^3/\text{s}$  austreten. Weitere Wasseraustritte erfolgen am rechten Ufer auch weiter oben, zwischen dem Sportplatz und der Kalvenbrücke. Das Wasser überquert die Straße und breitet sich in den Feldern der Ebene zwischen dem Rambach und der Straße nach Taufers aus. Kleine lokal begrenzte Wasseraustritte erfolgen auch im talseitigen Abschnitt zwischen der Laatscher Brücke und dem Zusammenfluss mit der Etsch, sowohl am rechten als auch am linken Ufer. Für das 300-jährige Ereignis nimmt die Stärke zu, auch wenn immer nur mittlere und niedrige Intensität mit einem Wasserstand im Rahmen von 0,5 m zu verzeichnen ist. Das Restrisiko aufgrund einer Abflussmenge  $HQ1000 = 155.24 \text{ m}^3/\text{s}$  ist in der Karte der Phänomene angeführt, wie von den Landesrichtlinien gefordert (Plan Nr. 2.4.1).

In HEC – RAS 4.0 wurden auch Simulationen des Feststofftransports mit veränderter Sohle in quasi stationärem Zustand durchgeführt. Es bestehen keine Probleme an der Verengung durch die Laatscher

Brücke und auch am Gefällewechsel in der Nähe des Zusammenflusses mit der Etsch gibt es keine Abflussprobleme, wegen der ausreichenden Fließbreite und der Höhe des Uferschutzes an den Seiten.

Was schließlich die Gefahrenzonen angeht (Plan Nr. 2.4.3), findet man rote Zonen in der Nähe der im Gebiet vorhandenen Gruben, blaue und gelbe Zonen im gesamten Umfang der Überflutungen. Die Laatscher Abbaugrube wird als temporär angesehen, deswegen wurden die Gefahrenzonen an die umgebende Gefahrenzone angepasst.



**Abbildung 170.** Die möglichen Überflutungsflächen am rechten und linken Ufer des Rambachs bei "Grüeb".

### 9.3.5 Suldenbach (A.400)



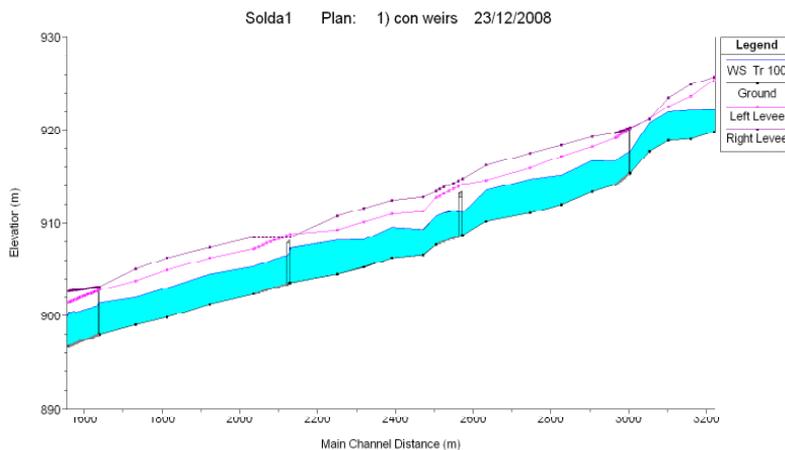
**Abbildung 171.** Die Flächen am linken Ufer des Suldenbachs in der Örtlichkeit "Ragitz", die von den Austritten der Jahrtausendhochwassers betroffen werden.

Mit den laut vorheriger Beschreibung und gemäß den gestellten Szenarien berechneten Projektabflussganglinien wurde eine stationäre und instationäre 1D-Modellierung in HEC – RAS 4.0 für den untersuchten Abschnitt ausgearbeitet. Es wurde festgestellt, dass für den Bereich des Trapezprofils keine Probleme hinsichtlich des Austritts aus dem Bett bestehen, weil die Abflussfähigkeit ausreichend groß ist, um den Abfluss von Hochwasser mit Wiederkehrzeiten von 30, 100 und 300 Jahren zu gewährleisten. Nur im Szenario der Restgefährdung ( $HQ_{1000} = 226.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sind kleine Wasseraustritte zu verzeichnen. In Abbildung 172 wird das berechnete Profil für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren dargestellt.

In HEC – RAS 4.0 wurden Simulationen des Feststofftransports mit beweglicher Sohle in quasi stationärem Zustand vorgenommen, wobei festgestellt wurde, dass keine größeren Ablagerungen oder

Erosionen auftreten, weil die Sohle und die Ufer im kanalisiertem Abschnitt sehr stabil sind, wie vorher angeführt wurde.

Somit wurde die Ausbreitung der Hochwassermengen direkt im Delta der "Prader Sand" bis zur Einmündung in die Etsch modelliert. Durch Schätzung der Wassertiefen und der Ausbreitungsgeschwindigkeit war es möglich, die im Delta überfluteten Areale zu umreißen. Es werden Flächen von 23,8 ha ( $h_{MAX} = 4,18$  m) für HQ30, von 26,18 ha ( $h_{MAX} = 4,68$  m) für HQ100 und von 27,79 ha ( $h_{MAX} = 5,06$  m) für HQ300 überschwemmt. Die Plan Nr. 2.5.2 weist rote, blaue und gelbe Zonen innerhalb der "Prader Sand" aus, allerdings in einem Gebiet mit eingeschränkter Schadensanfälligkeit.



174

**Abbildung 172. Hydraulikmodell für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren – Suldenbach in Prad.**

## 9.4 Primäre Zubringer

### 9.4.1 Allitzerbach (A.340)



**Abbildung 173. Der Uferdamm am rechten Ufer des Allitzerbachs am Mittellauf, einer der vorhandenen Stege und die Straße, entlang welcher die Murgänge orographisch links abfließen**

Hinsichtlich der für den Allitzerbach sich ergebenden Szenarien verweist man auf die Karte der Gefahrenzonen in Plan Nr. 3.1.4. Ein dreißigjähriges Ereignis verursacht keine Austritte im Bereich, der vom Dorf Allitz bis zur Staatsstraße führt. Für Ereignisse größerer Stärke, sind die größten Abflusstiefen des Murganges im talseitigen Abschnitt des Bachs in der Nähe der Unterführung entlang der Staatsstraße festzustellen, wobei der Wasserstand auch mehr als 3 Meter erreicht ( $h_{MAX} = 3.34$  m). Die

überschwemmten Flächen liegen sowohl an der linken wie auch an der rechten Seite und sie erstrecken sich in den Feldern am Mittellauf parallel zum Wasserlauf.

Die größte Ausbreitungsgeschwindigkeit der Murgänge auf den betroffenen Flächen wird immer entlang der in Abbildung 173 gezeigten Straße erreicht und sie beträgt annähernd 2 m/s. Höhere Werte ergeben sich nur am Abschnitt des Bachs zwischen der Staatsstraße und der Bahnlinie Meran – Mals. Kleine Austritte aus dem Bachbett ereignen sich für die Extremereignisse auch bergseitig des Dorfs Allitz in der Örtlichkeit "Kirchhöfe" auf einem Abschnitt von ungefähr 350 Metern. Der Austritt des Bachs aus dem Bachbett betrifft in keinem Fall Wohnungen, sondern ausschließlich die Staatsstraße. Somit gibt es rote Zonen in den Abschnitten, wo die Geschwindigkeit sehr hoch ist (asphaltierte Straßen und steile Hänge), sonst sind die überschwemmten Flächen allgemein als blaue und gelbe Zonen klassifiziert.

Das Szenario des Restrisiko, angenommen nach den Ausführungen im Kapitel 8.3.3, bezieht sich auf die Verklauung der Allitzer Brücke infolge einer geringen Wirksamkeit der Rückhaltesperre am Zusammenfluss der Nebenbecken des Gatria- und Strimmbachs. In diesem Fall hat der ausgearbeitete Risikobaum gezeigt, dass bei mangelhafter Wirkung der Rückhaltesperre die Feststoffe auch schon bei Ereignissen HQ30 nicht aufgehalten werden und die Murgänge deswegen die Sperre mühelos überwinden und grobes Geröll und Holz zu Tal führen und damit den Brückendurchlass verstopfen. Es treten Überflutungen auf, die stärkere am rechten Ufer. Die überschwemmte Fläche hat eine Länge von ungefähr 1.200 m und eine durchschnittliche Breite von 150 Metern. Man verweist auf die Karte der Phänomene (Plan Nr. 3.1.3).

#### 9.4.2 Tanaserbach (A.365)



**Abbildung 174. Die Künette talseitig der Sperre am Tanaserbach, die Querung der Staatsstraße und die durch die Übersarung betroffenen Flächen**

Aufgrund der Abmessungen des großen Rückhaltebeckens oberhalb der Staatsstraße werden die Murgänge des Tanaserbachs ausreichend abgedämpft, sodass sich darunter nur mehr Übersarungen ergeben. Das Ablagerungsbecken füllt sich gänzlich mit Feststoffen auf, wobei die Ablagerungen auch 7,80 m Tiefe erreichen. Das Feinmaterial und das Wasser überwinden das Wehr der Rückhaltesperre am Beckenende, sie fließen auf die Unterführung der Staatsstraße mit einer Geschwindigkeit von maximal 1,16 m/s und verlieren sich in den darunter liegenden Feldern (Abbildung 174).

Austritte an der alten Künette des Tanaserbachs sind eher unwahrscheinlich. Es ist anzunehmen, dass der Durchlauf im Falle einer Vermurung wegen des geringen lichten Querschnitts sofort verstopft ist, auch weil im Becken selbst eine sehr dichte Vegetation vorhanden ist. Nach den Angaben der

Gefahrenzonenkarte (Plan Nr. 3.2.4) liegt die einzige große rote Zone innerhalb des Ablagerungsbeckens, die blauen Zonen liegen entlang der Dienststraße des Beckens in den Feldern talseitig der Staatsstraße. Die Sperre durch den Bahndamm bewirkt, dass die Wassertiefe auch über 0,5 m steigt. An einigen Stellen wird der Bahndamm überwunden und die Überschwemmungen treten auch in den Örtlichkeiten "Kuhau" und "Sandmöser" auf, wo hauptsächlich gelbe Zonen liegen. Hinsichtlich des Szenarios zum Restrisiko, verweist man auf die Karte der Phänomene auf Plan Nr. 3.2.3.

### 9.4.3 Muntaschinigbach (A.410.20)

Aufgrund der angenommenen Hypothesen und den durchgeführten Modellierungen tritt der Muntaschinigbach schon vor dem Untersuchungsgebiet, vor dem Bahndamm der Linie Meran – Mals, über die Ufer. Die geringen Ausmaße des Bachs (Breite ungefähr 0,3 m unmittelbar talseitig der Bahnlinie) bestätigen die Ergebnisse der Modellierungen.



Abbildung 175. Die Bahnunterführung neben dem Muntaschinigbach und zwei Aufnahmen des Bachbetts.



Abbildung 176. Das derzeitige Bett des Muntaschinigbachs und das Gebiet, wo die oben beschriebene Gabelung erfolgt.

Die Übersarung durch den Muntaschinigbachs betrifft die gesamte talseitige Fläche, die höchsten Wasserstände liegen aber unmittelbar vor dem Bahndamm, wo das Wasser 1,1 m Höhe erreicht. Das Wasser fließt mit einer Geschwindigkeit von maximal 1.81 m/s. Weiter talseitig, in der Nähe des Campingplatzes, treten in den tieferen Lagen Wasserstände von 0,46 m auf. Die austretenden Abflüsse gabeln sich vor dem Campingplatz und folgen dem künstlichen Bachbett des Bachs an der rechten Seite und den Geländesenken an der linken. Die Straße von Schluderns nach Glurns wird überschwemmt, die Abflüsse sammeln sich dann in den Niederungen entlang des Auslaufkanals des E-Werks Glurns.

Laut den Angaben in der Gefahrenzonenkarte (Plan Nr. 3.3.4) liegen kleine blaue Zonen bergseitig vor dem Bahndamm außerhalb des Untersuchungsgebietes. Die überfluteten Flächen im

Untersuchungsgebiet sind hingegen als gelbe Zonen zu klassifizieren. Für die Umgrenzung des Restrisikobereiches verweist man auf die Karte der Phänomene (Plan Nr. 3.3.3).

#### 9.4.4 Tartscherbach (A.410.20.5)

Aufgrund der größeren Ausdehnung des Einzugsgebietes treten im Tartscherbach viel stärkere Hochwasserwellen als im benachbarten Muntaschinigbach. Für die Projekt Ereignisse liegen die höchsten Wasserstände auch in diesem Fall bergseitig des Bahndamms, wo das Wasser eine Tiefe von 1,67 m erreicht und sich mit einer Geschwindigkeit von 3,39 m/s ausbreitet. In den Kanälen der Ebene in der Nähe des Campingplatzes werden hingegen Wasserstände von höchstens 0,81 m erreicht und die Geschwindigkeit nimmt talseits der Straße zwischen Schluderns und Glurns, die aber überflutet wird, ab. Anzunehmen ist die Verstopfung des Rohrdurchlasses unter der Straße.



Abbildung 177. Bahnübergang und Eindolung des Tartscherbachs an der Kegelspitze und Detail eines der 177  
Durchlässe im Unterlauf des Bachs.



Abbildung 178. Die überschwemmten Flächen berg- und talseits der Straße zwischen Schluderns und Glurns.

Nach den Angaben der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 3.4.4) gibt es kleine rote Zonen neben dem Bahnübergang wegen der großen Wasserstände und der hohen Fließgeschwindigkeiten. Die Überschwemmungsgebiete innerhalb des Untersuchungsgebietes sind als blaue Zonen zu klassifizieren (an den Tiefpunkten entlang des Auslaufkanals des E-Werks Glurns) und als gelbe Zonen. Für die Umgrenzung des Restrisikobereiches verweist man auf die Karte der Phänomene (Plan Nr. 3.4.3).

#### 9.4.5 Lichtenbergerbach (A.405.5)

Aufgrund der Wirksamkeit des Geschieberückhaltebeckens oberhalb des Dorfbereiches ist am Lichtenbergerbach unterhalb der Rückhaltesperre von Übersarungen auszugehen. Das Projektszenario sieht die Verklausung der ersten der vorhandenen Straßenquerungen vor, sodass das Wasser in die

Dorfstraßen fließt und in den Feldern in der Örtlichkeit "Schneiderwiese" versickert. Für das Jahrhundertereignis ergeben sich die höchsten Fließgeschwindigkeiten auf den Straßen des Dorfs, mit Spitzenwerten von 1,12 m/s. In den Wiesen, die tiefer liegen, kommt das Wasser zum Stillstand bis es die Straße nach Glurns erreicht und überwindet. Die größten Wassertiefen entstehen am Dorfende bei den kleinen Grenzmauern und sie belaufen sich für HQ100 auf 0,78 m, während in der darunter liegenden Ebene der Wert durchschnittlich unter 0,5 m liegt. Die Fließrichtung des ausufernden Wassers wird von der neuen Schutzmauer in der Nähe des Restaurants „Weißes Rössl“ bestimmt.



**Abbildung 179. Einige der von den Austritten des Lichtenbergbachs betroffenen Flächen.**

Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 3.5.4) sind die überfluteten Flächen im Dorf gelb klassifiziert, blaue Zonen gibt es an den Stellen der höchsten Wasserstände und in den Wiesen neben des Straße nach Glurns. Für die Umgrenzung des Restrisikobereiches verweist man auf die Karte der Phänomene (Plan Nr. 3.5.3).

178

### 9.4.6 Rennergraben



**Abbildung 180. Die vom Rennergraben betroffene Ortschaft Lichtenberg.**

Aufgrund der Wirksamkeit des Geschieberückhaltebeckens oberhalb des Dorfbereiches ist am Lichtenbergerbach unterhalb der Rückhaltesperre von Übersarungen auszugehen. Die Hydraulikmodellierungen wurden unter der Annahme ausgeführt, dass der Bach im Anfangstrakt im Dorf über die Ufer tritt, weil der freie Durchfluss der Künette bei der ersten Straßenquerung vollständig verstopft wird. Die Abflüsse breiten sich dann über die Straßen des Ortes aus, wobei in der Modellierung alle vorhandenen Hindernisse (Grenzmauern, Straßen, usw.) berücksichtigt werden. Abbildung 180 zeigt eine Panoramaansicht des Ortszentrums von Lichtenberg.

Für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 30 Jahren durchqueren die Fluten das Dorf Lichtenberg und breiten sich am rechten Ufer bis zur Örtlichkeit "Schneiderwiese" aus, die sie überqueren um schließlich in den Wiesen neben der Straße zwischen Prad und Glurns in der Örtlichkeit "Kessel" zum Stillstand zu kommen. Die überflutete Fläche hat eine Größe von ungefähr 3,9 ha. Die Intensität bleibt auch für Ereignisse mit Wiederkehrzeiten von 100 Jahren mittel und niedrig. Bei stärkeren Ereignissen (HQ100 und HQ300) überwinden die Fluten die Landesstraße nach Glurns, rinnen in die Wiesen von "Untermooswiese" und enden im Pafilerbach, mit einer überschwemmten Fläche von annähernd 5,5 ha. Bei einem Ereignis mit Wiederkehrzeit von 300 Jahren werden 7 ha Grund überschwemmt. Im Dorf gibt es zahlreiche Mauern, die den Hochwasserfluss umleiten und Staupunkte schaffen, wo die Überschwemmung den höchsten Wasserstand erreicht. Die höchsten Wasserstände liegen zwischen Marktgasse und Mittelweg ( $h_{MAX} = 1,53$  m für HQ30,  $h_{MAX} = 1,65$  m für HQ100,  $h_{MAX} = 1,74$  m für HQ300). Im Mittelweg fließt das Hochwasser zwischen den Häusern und erreicht dadurch große Fließgeschwindigkeiten ( $v_{MAX} = 1,94$  m für HQ30,  $v_{MAX} = 2,37$  m für HQ100,  $v_{MAX} = 2,73$  m für HQ300).

In Kenntnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit und der Wasserstände in den Flächen, die überschwemmt werden könnten, war es möglich die Karte der Gefahrenzonen auszuarbeiten (Plan Nr. 3.11.4). Die Umgrenzung des Restrisikobereiches (HQ1000) ist in der Karte der Phänomene angegeben (Plan Nr. 3.11.3).

#### 9.4.7 Tschavallatschbach (A.405)

Für die Untersuchung der Ereignisse am Tschavallatschbach wurden Szenarien angenommen, die den Vorfällen der Vergangenheit entsprechen. Nach den Erläuterungen im Kapitel 8.3.9 wurden Murgangsszenarien infolge eines Dammbrochs angenommen, wie wahrscheinlich 1983 passiert. Die Ergebnisse der Modellierungen entsprechen den Vorfällen in der Vergangenheit.

Wenn man mehr als hundertjährige Wiederkehrzeiten für die Ereignisse am Tschavallatschbach annimmt, erreichen die Höchstgeschwindigkeiten in den Projektsszenarien an der Spitze des Kegels in der Nähe der Burg in der Örtlichkeit "Paffengütter" 3,1 m/s und der Abflussquerschnitt wird von einer Murgangsspitze von ungefähr 6 m Höhe betroffen. Die Muren fließen auf der Breite des Tales hinter der Schutzmauer ab, überschwemmen die Wiesen der "Kreuzwiese" und alle Gebiete berg- und talseits der Straße nach Prad. Im Auffangbecken neben der Straße am Fuß des Schwemmkegels sind die Höchstgeschwindigkeiten spürbar niedriger (0,15 – 0,88 m/s), während Wasserstände zwischen 4 und 6 m verzeichnet werden.



**Abbildung 181. Die von den Murgängen betroffenen Areale am Unterlauf des Tschavallatschbachs.**

Für das Szenario des Restrisikos wurde ein Murgang hoher Magnitude (HQ1000) mit völliger Unwirksamkeit der temporären Verschlüsse der Ufermauer in der Örtlichkeit "Bachwiese" angenommen. Somit erreicht die Murgangwelle die Höhe der Öffnung in der Ufermauer und breitet sich im Ort Lichtenberg aus, wobei die Zonen "Schlossanger" und "Wegscheider" übermurt und das Dorf betroffen wird.

Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 3.6.4) sind das gesamte Bachbett und die Ablagerungsbecken neben der Straße zwischen Prad und Glurns als rote Zonen klassifiziert. Große blaue Zonen gibt es im Feuchtgebiet talseits der Straße und in der Örtlichkeit "Murwiese". Die äußersten Gebiete der überschwemmten Zonen sind als einfache gelbe Zonen klassifiziert, für den Umfang der überschwemmten Bereiche und die Quantifizierung des Szenarios des Restrisikos (HQ1000) verweist man die Karte der Hochwasserereignisse (Plan Nr. 3.6.3).

### 9.4.8 Schmelzergraben (A.400.5)

Die Lokalausgangsscheine haben gezeigt, dass der Schmelzergraben im wesentlichen gradlinig und gleichförmig mit sehr betonten Gefällen verläuft (Plan Nr. 3.7.1), sodass man schließen kann, dass auftretende Ereignisse von Murgängen wahrscheinlich dazu neigen bachnahe Areale zu überfluten, da der Bach wegen der besonderen Position des Schwemmkegels (der sich zur SS38 und direkt in den Suldenbach erstreckt) keine Möglichkeit zum Ausweichen hat.



**Abbildung 182. Überschwemmte Flächen durch Projekt ereignis mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren für den Schmelzergraben.**

Die Ausbreitung der Murgänge wurde auf einem konstanten Raster 5 x 5 m modelliert, was die Berechnung der Ablagerungsmengen und der Ausbreitungsgeschwindigkeiten ermöglicht hat. Abbildung 182 zeigt die überschwemmten Flächen für ein Hochwasser mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren. Die Simulationen zeigen in allen Fällen ein gleiches Überschwemmungsgebiet (ungefähr 1,5 ha), die Murgangwelle streift die vorhandenen Wohnhäuser, überwindet die SS38 und lagert das Geröll im Suldenbach ab. Für HQ30 werden Geschwindigkeiten von maximal 1,8 m/s verzeichnet, wobei die Straße von ungefähr 0,2 m Schutt bedeckt wird. Für ein Ereignis mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren beträgt die Höchstgeschwindigkeit, mit der der Murgang auf die Straße trifft, 2,09 m/s, während die Ablagerungsmächtigkeit 0,25 m erreicht. Ein Murgang HQ300 erzeugt Geschwindigkeiten bis zu 2,32 m/s, mit maximalen Ablagerungsmächtigkeiten von 0,29 m. Schätzungsweise werden im Bett des Suldenbachs höchstens 0,5 bis 0,8 m Geschiebe abgelagert. Aus den vorgenommenen 1D-Modellierungen ergibt sich,

dass die auftretende teilweise Füllung des Betts des Suldenbaches kein wesentliches Hindernis für dessen Abflusskapazität darstellt, der wegen der Breite der untersuchten Schnitte immer im Bachbett bleibt. Da die Werte der Ausbreitungsgeschwindigkeit und der Ablagerungen auf den überfluteten Flächen bekannt sind, war es möglich die Karte der Gefahrenzonen auszuarbeiten (Plan Nr. 3.7.4). Es sind rote und blaue Zonen wegen der hohen Geschwindigkeit der Phänomene ausgewiesen. Der Umfang der überschwemmten Flächen im Szenario des Restrisikos (HQ1000) ist in der Karte der Phänomene angegeben (Plan Nr. 3.7.3).

#### 9.4.9 Zirnbach (A.390)

Das Einzugsgebiet des Zirnbaches zeigt eine starke Zerrüttung im oberen und mittleren Teil des Einzugsgebietes, teilweise gebändigt durch zahlreiche Wasserschutzbauten. Obgleich die Effizienz der Geschieberückhaltesperren, gebaut an der Spitze des Murkegels, gut ist, ist die Reduzierung der Geschiebeabflussspitze nicht sehr stark (6000 m<sup>3</sup>), deswegen gibt es auch auf der Überflutungsfläche sehr starke Vermurungen. Nach dem zweiten Rückhaltebecken werden für das hundertjährige Ereignis maximale Geschwindigkeiten von 1,5 m/s am Ausflusspunkt der Uferschutzbauten registriert. Im Becken werden Ablagerungstiefen von 4,5 m erreicht. Auf der Überflutungsfläche hingegen werden maximale Geschwindigkeiten von 0,85 m/s erreicht. Die maximalen Ablagerungstiefen befinden sich auf der orographisch linken Seite mit Tiefen von mehr als 2m. Von diesem Punkt aus vermindert sich die Ablagerungstiefe bis zum Mittelwert von 0,3 – 0,5 m auf der Überflutungsfläche. Teilweise zeigt sich die Effizienz der großen Schutzmauer auf der orographisch linken Seite, wodurch für das hundertjährige Ereignis maximale Ablagerungstiefen von 2.3 m und Aufprallgeschwindigkeiten von 2,4 m/s registriert werden.

181

Bezugnehmend auf die Karte der Gefahrenzonen (Nr. 3.8.4) können die Überflutungszonen in rote, blaue und gelbe Zonen klassifiziert werden. Für die Bestimmung der Umrisse der überfluteten Flächen und der Quantifizierung des Restrisikoszenarios (HN1000) gibt den Verweis zur Karte der hydraulischen Phänomene (Nr. 3.8.3)

#### 9.4.10 Tschenglslerbach (A.375)

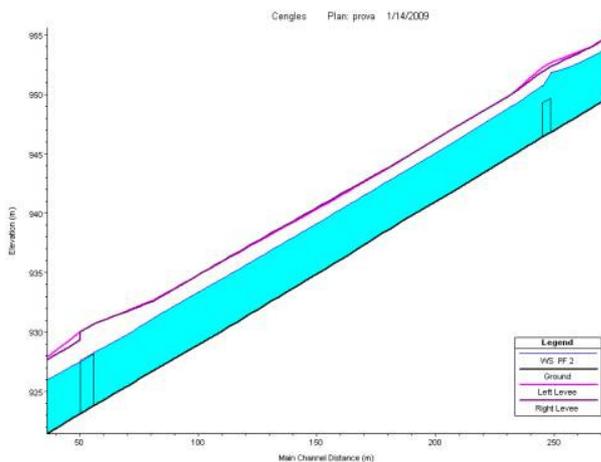
Mit den mittels vorher beschriebener Methoden berechneten Projekthydrogrammen und nach den angenommenen Szenarien wurde eine 1D-Modellierung mit HEC – RAS 4.0 zusammen mit einer 2D-Simulation in Flo2D auf dem Untersuchungsabschnitt ausgeführt.

Für die Projektszenarien wurde angenommen, dass die an den Brücken realisierten Schiebetore perfekte Wirkung zeigen. In allen Fällen zeigt sich, dass die im den Jahren 2007 und 2008 von der Abt. 30 Wasserschutzbauten durchgeführten Arbeiten (Verstärkung und Sanierung der Seitenmauern, Schiebetore, Dammerhöhung) dafür sorgen, dass der Murgang innerhalb des Trapezprofils bleibt.

Abbildung 183 zeigt das mittels des 1D-Modells berechnete Profil für ein Ereignis mit 100 Jahren Wiederkehrzeit. Es ist zu sehen, dass die erste Brücke unter Druck steht, aber die Schließung der Schiebetore den Austritt verhindert. Austritte sind auch nicht für ein Ereignis HQ300 zu verzeichnen. In der Künette verzeichnet man Fließgeschwindigkeiten von ungefähr 1,6 – 1,9 m/s, sodass man der Ansicht

ist, auf diese Weise die Dynamik der früheren Murgänge mit ausreichender Genauigkeit nachvollzogen zu haben.

Die Ausbreitung der Murgangwellen aus dem Trapezkanal in das Gebiet des Biotops „Tschenglsler Au“ wurden dann zweidimensional (Maschen 10 x 10 m) modelliert. Die „Inflow“-Zelle wurde am Ende der Künette positioniert. Der Umfang der überfluteten Flächen ist in der Karte der Phänomene (Plan Nr. 3.9.2) ersichtlich und es zeigt sich, dass die betroffenen Flächen sich mit der Zunahme der Stärke des Ereignisses nicht wesentlich ändern, allerdings nehmen die Ablagerungsmengen innerhalb des Biotops zu.



**Abbildung 183. Längsprofil des Untersuchungsabschnittes des Tschenglslerbachs für Ereignis mit Wiederkehrzeit 100 Jahre.**

Für ein Szenario HQ30 sind auch Ablagerungen von mehr als 3 m zu verzeichnen, die Murgänge breiten sich fast bis zur Etsch aus, der Wasserstand liegt zwischen 0,1 und 0,3 m. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit beträgt 1,6 m/s, die im Ablagerungsbereich laufend abnimmt. Es werden ungefähr 75 ha Boden auf dem Tschenglsler Kegel überschwemmt. Mit zunehmender Stärke des Ereignisses nimmt die Fläche der überschwemmten Gebiete geringfügig zu (83 ha für HQ100 und 89 ha für HQ300). Für HQ100 beläuft sich die Ablagerung auf ungefähr 3,5 m und die Fließgeschwindigkeit beim Ende der Künette beträgt ungefähr 1,85 m/s. Für das HQ300 schließlich beträgt die Stärke der Ablagerungen ungefähr 4 m, wobei der Murgang laut Projekt das Gebiet der Au mit einer Höchstgeschwindigkeit von 1,95 m/s trifft. In diesem Fall gehen die Fluten auch über die Straße nach Eys hinaus, sodass sich kleine Überflutungen auch in der Örtlichkeit „Langwies“ ergeben.

Für das Szenario des Restrisikos hat man einen Murgang mit Wiederkehrzeit von 1000 Jahren in Betracht gezogen ( $Q_{TOT} = 198,25 \text{ m}^3/\text{s}$ ), mit Gesamtfracht laut Projekt von 392.600 m<sup>3</sup>. Damit hat man auch einen Ausfall der Schiebetore an den Öffnungen entlang der Brücken berücksichtigt, aus denen Unmengen von Material ausfließen. Die Öffnungen wurden als seitliche Streichwehre modelliert nach Angaben von Frega u. a. (2006) mit Annahme eines Abflusskoeffizienten von 0,42. Es ergeben sich Austritte am rechten und linken Ufer, sowohl an der ersten Brücke als auch bei der zweiten Querung. Kleine Ausflüsse ergeben sich auch seitlich nach der Sperre.

Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 3.9.4) verzeichnet man größere rote und blaue Zonen fast auf der ganzen Überschwemmungsflächen, aufgrund der hohen Ablagerungstiefe. Danach sind nur mehr kleine gelbe Zonen klassifiziert. Der Umriss der überschwemmten Fläche für die Restrisikoszenarien sind in der Karte der Phänomene (Plan Nr. 3.9.3) dargestellt.

### 9.4.11 Laaserbach (A.355)

Wie schon in Kapitel 8.3.13 ausführlich beschrieben, hat man für die Modellierung das schlimmste Szenario unter den berücksichtigten angenommen. Die von einem Dambruch ausgelösten Murgänge haben nämlich eine geringere Magnitude und Stärke als jene, die von den Seitenbächen ausgelöst werden, sodass man den Eintritt dieses zweiten Ereignisses angenommen hat. Die Wirksamkeit der großen Rückhaltesperre, die in den Jahren 1999 und 2000 von der Wildbachverbauung der Autonomen Provinz Bozen Südtirol gebaut wurde, ermöglicht eine deutliche Lamination der vom Berg kommenden Feststoffe, sodass im Talabschnitt des Bachbetts nur mehr mit einer Übersarung zu rechnen ist. Ähnliche Ereignisse (Hochwasser mit starkem Feststofftransport) sind auch nach dem Bau der Rückhaltesperre aufgetreten, sodass die Ergebnisse mit den aufgefundenen und im Kapitel 6 beschriebenen Unterlagen entsprechen.

Flutwellen für Wiederkehrzeiten mit 30 und 100 Jahren am Laaserbach bleiben im Bachbett, der Abfluss in der Örtlichkeit "Obermühle" geht nicht unter Druck und es treten keine Austritte auf. Das hohe Gefälle des Schlussabschnittes, talseitig der "Marxhütte", gewährleistet dann die Abfuhr des Hochwassers in der Etsch.



**Abbildung 184.** Talabschnitt des Laaserbachs, in die Projekthochwasser abfließen.



**Abbildung 185.** Die Apfelgüter am linken Ufer und das Speicherbecken des E-Werks in Laas am rechten Ufer

Für stärkere Ereignisse (HQ300) gibt es links und rechts Austritte aus dem Bachbett, und zwar in der Örtlichkeit "Außerbachen" und neben der Brücke an der Schießstandstraße in der Nähe der E-

Werkanlagen von Laas. Die überfluteten Flächen weisen in jedem Fall Wasserstände von allgemein unter 0,5 m auf, mit sehr geringen Fließgeschwindigkeiten.

Wie der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 3.10.4) zu entnehmen ist, sind die für das 300-Jahresereignis überfluteten Gebiete als gelbe Zonen klassifiziert. Der Umfang der überfluteten Gebiete für alle Projektalternativen ist in der Karte der Phänomene angeführt (Plan Nr. 3.10.3).

## 9.5 Sekundäre Zubringer

### 9.5.1 Graben Spondinig

Der Spondinigergraben kann Überflutungen verursachen. Die höchsten Wasserstände betragen 0,28 m, die überfluteten Flächen erstrecken sich jenseits der Staatsstraße bis zum Ufer der Etsch. Bei einem Jahrhundertereignis erreichen die Fluten, die der Graben erzeugen kann, eine maximale Geschwindigkeit von 1,84 m/s. Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 4.1.3) sind die überfluteten Flächen als blaue und gelbe Zonen klassifiziert.

### 9.5.2 Platzuterbach (A.415)

Der Platzuterbach kann auf dem weiten Kegel Überflutungen verursachen. Die höchsten Wasserstände betragen 0,36 m in den Bereichen östlich der St.-Martin-Kirche.

Die maximalen Ausbreitungsgeschwindigkeiten auf Feldebene betragen 1,28 m/s in der Örtlichkeit "Tschött". Die überfluteten Flächen erstrecken über die gesamte Länge des Kegels bis zur Etsch in der Nähe von Glurns. Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 4.2.3) entstehen große blaue und gelbe Zonen.

### 9.5.3 Pafilerbach (A.405.5.5)

Der Pafilerbach kann hyperkonzentrierte Abflüsse erzeugen. Bei einem Jahrhundertereignis beträgt der maximale Wasserstand auf Feldebene 0,92 m in der Örtlichkeit "Gritschmöser", die maximalen Abflussgeschwindigkeiten belaufen sich auf 2,3 m/s an der Kegelspitze in der Örtlichkeit "Oberölwaal". Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 4.3.3) entstehen große blaue Zonen bergseitig der Landesstraße zwischen Prad und Glurns, während in den überfluteten Flächen talseitig der Straße (nur für HN300) gelbe Zonen liegen.

### 9.5.4 A.395.5

Der Bach A.395.5 liegt über der Ortschaft Prad an der rechten Seite des Suldenbachs und er kann Übersarungen beträchtlichen Ausmaßes erzeugen, mit Überflutung von ungefähr 15 ha. Die höchsten Wasserstände sind neben den Häusern am Fuß des Kegels an der Stilsferjochstraße mit 1,2 m zu verzeichnen. Die Abflüsse fließen mit einer Geschwindigkeit von maximal 1,07 m/s über die Wiesen des Kegels zu Tal, um dann in den Straßen der darunter liegenden Häuser zu verschwinden. Abbildung 186 zeigt die von den Projektalternativen betroffenen Gebiete.

Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 4.4.3) verzeichnet man weite blaue Zonen auf dem ganzen Kegel bis zu den Häusern, danach sind nur mehr gelbe Zonen klassifiziert.

184



Abbildung 186. Die Areale, an denen sich die Überschwemmung des Bachs A.395.5 ausbreitet.

### 9.5.5 A.390.5.5

Der Zufluss des Zirnbaches mit der Gewässernummer A.390.5.5 kann Murgänge bescheidener Magnitude erzeugen. Für HQ100 entstehen maximale Wasserstände von 0,43 m mit der höchsten Geschwindigkeit von ungefähr 1,83 m/s an der Kegelspitze. Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 4.5.3) verzeichnet man rote Zonen im Hauptarm des Bachs im höchsten Bereich des Kegels, blaue Zonen liegen am Unterlauf des Bachs und kleine gelbe Zonen an den Außenrändern des überfluteten Bereichs.

### 9.5.6 Nickbach (A.390.5)

Der Nickbach erzeugt Übersarungen, die auch als hyperkonzentrierte Ströme ansehnlichen Ausmaßes beschrieben werden können. Bei HQ100 entstehen maximale Wasserstände von 0,93 m auf der Höhe des Grabens, der durch den Wald im Tal verläuft. Die Fließgeschwindigkeiten belaufen sich auf 3,4 m/s.

185



Abbildung 187. Die Ausbreitungsflächen der Flutwelle am Nickbach.

Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 4.6.3) verzeichnet man im wesentlichen große blaue Zonen im gesamten Abschnitt vor dem Graben bis zur Straße, die von Tschengls nach Prad führt.

### 9.5.7 Psegbach (A.385)

Das Einzugsgebiet des Psegbachs kann, im Falle besonders starker Niederschläge, Übersarungen verursachen. Für das Jahrhundertereignis verzeichnet man maximale Wasserstände von ungefähr 0,38 m im Bereich des Feuchtgebietes am Kegelfuß. Auf Feldebene verzeichnet man maximale Fließgeschwindigkeiten für dasselbe Projekt ereignis von 1,49 m/s.



**Abbildung 188.** Die Auslaufflächen der Flutwelle des Psegbachs in der Nähe der Straße zwischen Prad und Tschengls.

Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 4.7.3) verzeichnet man im wesentlichen große blaue Zonen im gesamten Abschnitt vor dem Gerinne des Zirnbaches bis zur Straße, die von Tschengls nach Prad führt.

### 9.5.8 Hinterburgbach (A.380)

Der Hinterburgbach kann besonders intensive Abflüsse hoher Feststoffkonzentration erzeugen, die allerdings als Übersarung gelten können, wie dies auch 1983 geschehen ist. Die maximale Ablagerungsstärke erreicht einen Meter Höhe für die Projekttereignisse in der Örtlichkeit "Alten Felder", die größten Fließgeschwindigkeiten auf Feldebene verzeichnet man mit 3,15 m/s in den Gebieten zwischen der Örtlichkeit "Alten Felder" und der Schwemmebene der Etsch. Die Modellierungen entsprechen dem Umfang des besagten historischen Ereignisses, das in der Karte der Phänomene angeführt ist (Plan Nr. 4.8.1).

186



**Abbildung 189.** Areal, in dem sich die Projektströme ausbreiten und Detail der Künette des Hinterburgbachs.

Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 4.8.3) liegen rote Zonen nur entlang der in Abbildung 189 gezeigten Künette, große blaue und gelbe Zonen decken den Rest der überfluteten Flächen.

### 9.5.9 Köpflbach (A.380.5)

Auch der Köpflbach neigt zur Verursachung von Murgängen. Für das Jahrhundertereignis (HQ100) verzeichnet man maximale Abflussgeschwindigkeiten von 2,00 m/s auf Geländeebene im Bereich zwischen dem "Vorderburghof" und dem "Türkhof". Die Ablagerungen auf Geländeebene belaufen sich auf 0,38 m in der Nähe von "Runggsteig". Die topographische Kennzeichnung des Einzugsgebietes (terrassenförmiges Gelände mit vielen Neigungsänderungen und starker Bewaldung) erlauben die

Ablagerung von großkörnigen Geschiebefraktionen, deswegen können die Überflutungen nur für mehr als hundertjährige Ereignisse die Häuser erreichen.



**Abbildung 190. Schwemmareale des Köpfel- (A.380.5) und Stellaubachs (A.380.5.5).**

Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenstufen (Plan Nr. 4.9.3) gibt es rote Zonen, große blaue und gelbe Zonen decken den Rest der überfluteten Flächen.

### 9.5.10 Stellaubach (A.380.5.5)

Der Stellaubach, der in der Nähe des Ortes Tschengls zu Tal fließt, kann, im Verhältnis zur Größe des dazugehörigen Einzugsgebietes, Murgänge beträchtlichen Ausmaßes erzeugen.

Der Inflowpunkt der Murgänge wurde bei den Straßenunterquerungen zwischen den Örtlichkeiten „Kohlstattl“ und „Türkhof“ gesetzt. Aus den bearbeiteten Simulationen ist zu entnehmen, dass die Murabflüsse die Häuser von Tschengls auch für extreme Ereignisse (HN300) nicht erreichen. Das terrassenförmige Gelände erlaubt tatsächlich die Ablagerung des Materials und generiert große rote Zonen in der ganzen Überschwemmungsfläche. In jeden Fall wird die Straße „Tschenglserberg“ abgeschnitten. Nur 1000-jährige Ereignisse können die unterliegenden Häuser erreichen.

187

Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 4.12.3) entstehen große rote Zonen in den Hauptgerinnen der Bäche, mit weiteren kleinen blauen und gelben Zonen. Diese Flächen befinden sich außerhalb des Untersuchungsgebietes, deswegen wurde keine Gefahrenzonenkarte erstellt.

### 9.5.11 Eckbach (A.360)

Der Eckbach kann Übersarungen erzeugen und von starken Rückstauungen im Falle eines Hochwassers der Etsch betroffen werden. Für ein Ereignis mit Wiederkehrzeit von 100 Jahren betragen die maximalen Wasserstände 0,80 m am Fuß des Kegels in der Nähe des Militargebietes. Die höchsten Fließgeschwindigkeiten auf Geländeebene betragen hingegen 2,07 m/s an der Spitze des Kegels und nehmen ab, je weiter das Wasser ins Tal kommt. Nach den Angaben der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 4.11.3) liegen roten Zonen im Gerinne, große blaue Zonen decken einen Großteil des Kegels, die gelben Zonen liegen nur in der Ebene vor der Etsch.

### 9.5.12 A.360.5

Im Gegensatz zum Eckbach kann der Zufluss mit der Gewässernummer A.360.5 Murgänge erzeugen. Die größten Ablagerungen hat man am Fuß des Kegels mit Werten um 0,62 m in den Gebieten in der Nähe

der Militärzone. Die höchsten Fließgeschwindigkeiten für die Projekt szenarien (HQ100) belaufen sich auf 1,74 m/s an der Kegelspitze.



**Abbildung 191. Das Einzugsgebiet des Eckbachs und des Bachs A.360.5 und Spuren alter Ablagerungen am Kegelfuß.**

Nach den Angaben in der Karte der Gefahrenstufen (Plan Nr. 4.12.3) entstehen rote Zonen im Hauptbereich des Bachs, blaue Zonen gibt es auf einem großen Teil des Kegels, kleine gelbe Zonen liegen hingegen an den Seitenrändern der überfluteten Gebiete.

### 9.5.13 Gafaoartal

Das Einzugsgebiet des Gafaoartals, das entlang des Kegels bergseitig von Laas am rechten Etschufer verläuft, kann Murgänge verursachen. Auf Geländeebene entsteht ein Wasserstand vom 0,70 m für das größte Projekt ereignis, die Anschwemmungen lagern sich in der Örtlichkeit "Gafoarwiesen" neben dem Eckbach ab. Die höchsten Fließgeschwindigkeiten belaufen sich auf 1,96 m/s und sind an der Kegelspitze zu verzeichnen. Nach den Angaben der Karte der Gefahrenzonen (Plan Nr. 4.13.3) entstehen rote Zonen in den Durchflussbereichen der Projektströme an der Kegelspitze, blaue Zonen gibt es auf einem großen Teil des Kegels, kleine gelbe Zonen liegen hingegen an den Seitenrändern der überfluteten Gebiete.

188

## 9.6 Karte des spezifischen Risikos

Für die Lokalisierung der Gebiete mit einer Klassifizierung spezifischen Risikos verweist man auf die entsprechende Karte (Plan Nr. 1.8a). Man muss kurz unterstreichen, dass Zonen mit hohem (Rs3) und sehr hohem (RS4) spezifischem Risiko wegen der Überschwemmungen der Etsch in Laas am rechten Ufer in der Örtlichkeit Rossänger liegen. In der Gemeinde Prad a. St. sind Zonen Rs3 und Rs4 in den Arealen zu verzeichnen, die von den Überflutungen des Schmelzergrabens und des Bachs A.395.5 betroffen sind, sowie innerhalb des Deltas der "Prader Sand" in der Nähe der Teiche am rechten Etschufer. Auch der Ortskern von Schluderns weist eine hohe Risikosituation (Zonen Rs3 und Rs4) auf. In Glurns ist das gesamte Wohngebiet in der Nähe des "Schludernsertor" durch die Austritte des Punibachs stark gefährdet. Der Rambach hingegen bewirkt spezifische Risiken der Klasse Rs2 und Rs3 in den betroffenen Arealen entlang der Ufer.

## 10 Maßnahmenplanung

Die Planung der Vorhaben ist der auf die Ausarbeitung der Gefahren- und Risikokarten folgende Schritt. Wie bereits im Kapitel 4.2.4 angedeutet, unterscheidet man zwischen aktiven Maßnahmen zur Verringerung der Gefahr, passiven Maßnahmen zur Begrenzung der Schäden und Notfallmaßnahmen. Die Planung der Vorhaben muss in der folgenden Projektphase mit den Experten der anderen Module und in Absprache mit allen anderen Körperschaften, in erster Linie der Abteilung Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen Südtirol erfolgen. Die Maßnahmen müssen über eine hydraulische Modellierung und eine Kosten-Nutzenrechnung bewertet werden.

## 11 Zusammenfassung

In dieser Studie werden die Ergebnisse der Ausarbeitungen und Untersuchungen im Rahmen des Moduls „Hochwassergefahren“ als Bestandteil des Projekts „Plan des Flussbereichs Oberer Vinschgau“ dargestellt. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich zwischen Glurns (Kalvenbrücke bei Laatsch) und Laas (inbegriffen die Fassung von SEL-Edison) und gehört vollständig zum Einzugsgebiet der Etsch und hat eine Ausdehnung von insgesamt ungefähr 940 km<sup>2</sup>. Das hydrographische System der Untersuchung wurde durch die Unterscheidung in Flüsse der Talsohle (Etsch, Saldurbach, Punibach, Rambach, Suldenbach), primäre Zubringer (Allitzerbach, Tanaserbach, Muntaschinigbach, Tartscherbach, Lichtenbergbach, Rennergraben, Tschavallatschbach, Schmelzergraben, Zirnbach, Tschenglsbacherbach, Laaserbach) und sekundäre Zubringer, für welche kein hoher Untersuchungsgrad erforderlich ist, unterteilt.

Der erste Arbeitsschritt war die Einholung aller für die Projektausarbeitung erforderlichen Grunddaten sowie eine detaillierte Analyse der Dokumentation der historischen Ereignisse. Zahlreiche Lokalaugenscheine haben dann die Möglichkeit gegeben, die besonderen Abschnitte eines jeden Wasserlaufs im Detail eruieren. Für alle primären Zubringer wurden kartographische Darstellungen der wichtigsten geomorphologischen Aspekte der Einzugsgebiete ausgearbeitet. Die maximalen Hochwasserabflüsse und die dazugehörenden Hochwasserhydrogramme wurden mit unterschiedlichen Arbeitsmethoden bestimmt (Regionalisierung für die Flüsse der Talsohle, Niederschlags-/Abflussmodelle für die anderen Gewässer). Die hydrologische Bewertung wurde mit den gefundenen historischen Unterlagen abgestimmt und mit den Verantwortlichen des Hydrographischen Landesamtes (Abt. 26.4) eingehend diskutiert. In Ergänzung zu den übergebenen topographischen Daten wurden weitere Vermessungsarbeiten vorgenommen, um die Zuverlässigkeit der hydraulischen Simulationen zu gewährleisten. Die hydraulischen Simulationen wurden mit spezifischer Software mit mobiler und fester Sohle, stationär und instationär, ein- und zweidimensional ausgeführt, welche die Bewertung der Abflusskapazitäten und Quantifizierung der Reinwasser- und Feststofffrachten bei Austritt aus dem Bachbett ermöglicht haben. Die Projekt szenarien wurden mit den Verantwortlichen der Abteilung 30 der Autonomen Provinz Bozen – Wasserbauten diskutiert. Die Bewertung des Feststofftransports hinsichtlich Art und Menge wurde an allen Wasserläufen an den offensichtlichen Gefälleänderungen, mit 1D-Modellen oder empirischen Formeln, geomorphologischen Methoden und Lokalaugenscheinen vorgenommen. Berücksichtigt wurde auch die Wirkung der schwimmenden Materialien (Holz).

189

Die angewandte Arbeitsmethode hat zum Ergebnis geführt, dass Überschwemmungen durch die Etsch und die Flüsse der Talsohle (Saldurbach, Punibach, Rambach, Suldenbach), Übersarungen (Tanaserbach, Muntaschinigbach, Tartscherbach, Lichtenbergerbach, Rennergraben, Laaserbach) und Vermurungen (Allitzerbach, Tschavallatschbach, Schmelzergraben, Zirnbach und Tschenglsbacherbach) zu erwarten sind. Übermurungen und Übersarungen gibt es auch an den sekundären Zubringern.

Die Ergebnisse entsprechen den stummen Zeugen vor Ort, den früheren Studien und den Ereignissen in der Vergangenheit. Im Falle der Etsch haben die Untersuchungen im Wesentlichen den guten Zustand der vorhandenen Wasserschutzbauten bestätigt, auch wenn kleine Seitenerosionsmöglichkeiten an einigen Abschnitten vorhanden sind (z. B. bei der Einmündung des Sulden- und Punibachs). Für die primären Zubringer haben sich die im Lauf der Jahre realisierten Schutzbauten als wirksam erwiesen.

Für die großen Wasserläufe der Talsohle wurden schließlich auch keine besonderen Probleme in Zusammenhang mit dem Feststofftransport festgestellt, die Wahrscheinlichkeit der Verklauung der Straßenquerungen, die lokalisierte Querschnittsverengungen des Abflusses bewirken, sind Randerscheinungen.

Die Endergebnisse (Karte der Phänomene, Gefahrenkarte, Karte des spezifischen Risikos) spiegeln die Ergebnisse der Arbeiten wider und ermöglichen die Lokalisierung der Zonen mit der höchsten Überschwemmungsgefährdung und dem höchsten spezifischen Risiko in der Definition laut den offiziellen Richtlinien der Autonomen Provinz Bozen Südtirol (2008). So ist z. B. zu sehen, dass einige Bereiche der Ortschaften Glurns, Laas, Prad a. St. und Schluderns mit hohem und sehr hohem spezifischen Risiko (Rs3 und Rs4) klassifizierbar sind. Die möglichen technischen Maßnahmen für den Hochwasserschutz im Oberen Vinschgau werden in den nächsten Phasen des Projektes „Flussgebietsplan Oberer Vinschgau“ diskutiert, ausgearbeitet und vorgestellt.

190

Mals, Bozen 10.03.2009

Der Techniker

## Literaturverzeichnis

Associazione Italiana di Idronomia A.I.D.I. (2005), "Procedura di calcolo dell'idrogramma di piena a frequenza di superamento assegnata per il territorio della Provincia Autonoma di Bolzano", Relazione Tecnica conclusiva

Aulitzky, H. (1979), Wildbach- und Lawinenverbauung – Studienblätter, Eigenverlag des Institutes für Wildbach- und Lawinenverbauung, Universität für Bodenkultur – Wien.

Autonome Provinz Bozen (2002), "Klimareport extra N.E8; Murereignis im Pustertal 12.-13.07.2002", Bozen.

Autonome Provinz Bozen (2002a), "Klimareport extra N.E9; Hochwasser-, Erdbeben- und Murereignis 14.-16.11.2002", Bozen.

Autonome Provinz Bozen (2008), "Klimareport N.151; Juli 2008", Bozen.

BAFU (2003), "Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten", Berichte des BWG, Serie Wasser – Rapports de l'OFEG, Série Eaux – Rapporti dell'UFAEG, Nr. 4 – Bern 2003.

Bezzola, G.R. (2002), "Fließwiderstand und Sohlstabilität natürlicher Gerinne; unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der relativen Überdeckung", Mitteilungen Nr. 173 VAW, Zürich.

Brugger L., Marseiler M. (1987), "Dunkle Tage", Verlag Tappeiner.

BWW (1997): „Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bern, Schweiz.

Chow, V. T. et al. (1988), "Applied Hydrology", Mc Graw – Hill, International Editions, Civil Engineering Series.

Fischer, F. (2003), "Etschregulierung und Kulturlanderschließung", In: Der Schlern, Heft 7, Juli 2003.

D'Agostino, V. (1996), "Analisi quantitative e qualitative del trasporto solido torrentizio nei bacini montani del Trentino Orientale", Scritti dedicati a Giovanni Tournon, Associazione Italiana di Ingegneria Agraria – Associazioni Idrotecnica Italiana, pp. 111-123.

D'Agostino, V., Marchi, L. (2003), "Geomorphological estimation of debris flow volumes in alpine basins", In: D. Rickenmann and C. Chen, eds., Debris flow hazards mitigation – Mechanics, Prediction and Assessment. Millpress, Rotterdam, 1097-1106.

F.F. Lichtenberg, (2005), "100 Jahre freiwillige Feuerwehr Lichtenberg 1904-2004 – Chronik".

Fehr, R. (1987), "Einfache Bestimmung der Korngrößenverteilung von Geschiebematerial mit Hilfe der Linienzahlanalyse", Schweizer Ingenieur und Architekt, Sonderdruck aus Heft 38/1987, K. Bösch AG, Zürich.

Ferro, V., Giordano, G., Portp, P. (1998), "Recenti acquisizioni sulla valutazione della pendenza di sistemazione di un corso d'acqua", Rivista di Ingegneria Agraria, 1, 51-64.

Ferro, V. (2000), "Contributo al dimensionamento delle briglie a finestra", Riv. Di Ing. Agr., 4, pp. 207-215.

- Fischer, K. (1986), "Kortsch – die Geschichte seiner Landwirtschaft".
- Fliri, F. (1984), "Die Pfingstkatastrophe 1983 im Obervinschgau im Lichte von 126 Jahren Niederschlagsbeobachtung in Marienberg", in: Der Schlern, Heft 3, 58/1984,
- Flora, P. (1993), "Kleine Geschichte der Stadt Glurns", In: „Arx: Burgen und Schlösser in Bayern, Österreich und Südtirol“, 15/2. - St. Michael/Eppan, S. 270-271.
- Frega et al. (2006), "Sul calcolo spedito degli sfioratori laterali", IA Ingegneria Ambientale vol. XXXV nr. 6 giugno 2006.
- Froehlich, D. C. (1995), "Peak outflow from breached embankment Dam" , Journal of Water Resources Planning and Management, vol. 121, nr. 1, p. 90-97.
- Gostner, W, (2002), "Integrale Analyse eines murfähigen Wildbaches anhand einer Fallstudie", VAW, Zurigo.
- Hagen, K.; Ganahl, E.; Huebner, J. (2007), "Analyse und Evaluierung von gebräuchlichen empirischen Ansätzen zur Hochwasseranschätzung in Wildbächen", BFW Berichte 137, Wien.
- Hegg, CH.; Rickenmann, D.; Fortser, F. (2001), "Hochwasser und Feststofftransport in Wildbacheinzugsgebieten", Bull. Angew. Geol. Vol. 6, Nr. 1 , S.85-97.
- Hye, F. H. (1992), "Geschichte der Stadt Glurns: Eine Tiroler Kleinstadt an der oberen Etsch", Hg.: Gemeinde Glurns, Bozen.
- ISMES Spa (1992), "Diga di S. Valentino – Calcolo dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso dell'opera", per conto di Edison Spa. Depositato presso Ufficio Dighe Provincia Autonoma di Bolzano.
- Jesacher, M. (2006), "Marmorbruch Laas; Geologische Untersuchung „Obere Marmorbahn“ ", Gemeinde Laas.
- Lancaster S.T. et al. (2003), "Effects of wood on debris flow runout in small mountain watersheds", Water Resources Research, Vol. 39, No. 6, 1168.
- Lancellotta, R., (2001), "Geotecnica", Seconda Edizione, Ed. Zanichelli, Milano.
- Liu Baoyuan et al. (1994), "Soil erodibility and its use in soil erosion prediction model", Journal of Natural Resources, 14(4): 345-350.
- Lunz R. (1997), "Ur-und Frühgeschichte", In: "Dorfbuch Prad".
- Maione, U. et al. (2006), "Applicazione del metodo dell'idrogramma sintetico ad alcuni casi di studio", XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, IDRA 2006, Roma.
- May, C. L. e Gresswell, R. E. (2003), "Processes and rates of sediment and wood accumulation in headwater streams of the Oregon coast range, USA", Earth Surface Processes and Landforms, 28, pp. 409-424.
- Marchi L., Pasuto, A., Tecca P. R., (1993), "Flow processes on alluvional fan in the Eastern Italian Alps", Z. Geomorph. N. F., 37(4), 447-458.

- Marchi, L; Tecca, P.R. (1995), "Alluvial fans of the Eastern Italian Alps: morphology and depositional processes", Geodinamica Acta, Paris.
- Marchi, L., D'Agostino, V., (2004), "Estimation of debris flow magnitude in the Eastern Italian Alps", Earth Surface Processes and Landforms, 29 (2), pp. 207-220.
- Marco, F. e Forlati, F. (2003), "Pericolosità geologica in conoide: ricerca bibliografica e analisi critica", ARPA Piemonte, Settore Studi e Ricerche Geologiche, Prevenzione Rischi, Torino.
- Melton, M.A. (1965), "The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona", The Journal of Geology Volume 73.
- Moscariello A., Marchi L., Maraga F., Mortasa G., (2002), "Alluvional fan in the Italian Alps: sedimentary facies and processes", Spec. Publs. Int. Ass. Sediment, 32, 141-166.
- O'Brien, J. S., (2007), "Flo 2D User's Manual", Version 2007.01, P.O. Box 66, Nutrioso, AZ 85932
- Patscheider & Partner GmbH, "*Untersuchung Tschenglser Bach in Rahmen des ClimChAlp – Projektes*".
- PROJEKTTEAM ETAlp (2003) – ETALP – Erosion, Transport in Alpinen Systemen; Gesamtheitliche Erfassung und Bewertung von Erosions- und Transportvorgängen in Wildbacheinzugsgebieten – Wien
- Provincia Autonoma di Bolzano (2008), "Direttive per la redazione dei piani delle zone di pericolo (PZP) e per la classificazione del rischio specifico (CRS)".
- Rickenmann, D. (1990), "Bedload transport capacity of slurry steep slopes", Mitteilungen Nr. 103 VAW, Zürich.
- Rickenmann, D. (1995), "Beurteilung von Murgängen", Wasserbau, Schweizer Ingenieur und Architekt – Birmensdorf.
- Rickenmann, D. (1997), "Estimation des laves torrentielles", IAS – Ingenieurs et Architectes Suisses, 19, pp. 386-392.
- Rickenmann, D. (1999), "Empirical relationships for debris flow", Natural Hazards, 19, pp. 47-77.
- Rockenmann, D. (2005), "Geschiebtransport bei steilen Gefällen", Festkolloquium 75 Jahre VAW, Zürich.
- Rossi, F. e Salvi, F. (2003), "Manuale di Ingegneria Civile ed Ambientale", Quarta Edizione, Ed. Zanichelli ESAC, Bologna.
- Rosso, R. und De Michele, C. (2000), "CNR-GNDCI-U.O.1.8-Rapporto VAPI", 2.Italia Nord-Occidentale: Bacino del Fiume Po e Liguria Tirrenica.
- Schenk I. (1949), "L'isola climatica della Valle Venosta", In: «Memorie del Museo di Storia Naturale della Venezia Tridentina», A. XIV, 1948-49, vol. VIII, 74 pp.
- Schwaller, G (2000), "Wasserwirtschaftliche Planungsaufgaben", IGS, Innsbruck.
- Seminara, G. e Solari L. (1996), "Sullo scavo indotto da correnti curvilinee a fondo mobile: teoria non lineare", Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Torino, 16-18 settembre, vol. II, 334-344.
- Spreafico, M. et al., (1999), "Recommendations concernant l'estimation de la charge sedimentaire dans les torrents", Groupe de travail pour l'hydromorphologie operationelle, Berne.
- Staffler, H. (2004), "Vinschgauer Murkegel", In: Der Vinschger, Ausgabe Nr. 1(248), 14.01.2004.

Staffler, H. et al. (2008), "Spatial variability and potential impacts of climate change on flood and debris flow hazard zone mapping and implications for risk management", Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, 539-558, 2008.

Takahashi, T. (1981), "Debris Flow", Annual Reviews of Fluid Mechanics, Vol. 13, p. 57-77.

Tognacca, C. (1999), "Beitrag zur Untersuchung der Entstehungsmechanismen von Murgängen", Mitteilung 164 der VAW – Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, 259 pp.

US Army Corps of Engineers, (2008), "Hydrologic Modeling System HEC-HMS", User's Manual, Version 3.2.0, Davis, CA 95616 USA.

US Army Corps of Engineers, (2008), "River Analysis System HEC-RAS", User's Manual, Version 4.0, Davis, CA 95616 USA.

Veith, L. (1997), "Von Fluch und Segen der Prader Gewässer", In: "Dorfbuch Prad", 1997.

Villi, V. (1994), "Valutazione delle piogge estreme nell'Italia nord-orientale", in "La valutazione delle piene in Italia", CNR, Roma

Villi, V. e Bacchi, B. (2000), "Valutazione delle Piene nel Triveneto", CNR-GNDICI, Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Brescia, Pubblicazione nr. 2511.

Von Thun, J. L. and Gillette, D. R., (1990) "Guidance on breach parameters", unpublished internal document, US Bureau of Reclamation, Denver, Colorado.

Zimmermann, M. (1993), "Assessment and Mitigation of Debris Flow Hazards in a changing Environment", Contribution des ingénieurs européens à la prévention des catastrophes naturelles: symposium, Lausanne, 19./20.9.1993, p. 361-368. Fig., cartes. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, [1993]. (Documentation SIA; D0110).

Zimmermann, M. et al. (1997), "Magnidute-Frequency Aspects of alpine Debris Flow", Eclogae geol. Helv, 90.

## Internetquellen

"Hazard Browser", Abt. 30 Wasserschutzbauten, Autonome Provinz Bozen.

"Geo Browser Pro", Abt. 30 Wasserschutzbauten, Autonome Provinz Bozen.

<http://tirolatlas.uibk.ac.at/>

<http://www.dervinschger.it/>

<http://www.provincia.bz.it/foreste/servizio-forestale/servizio-forestale.asp>

194

## Interviews

In Folge eine Liste der Personen, welche während des Projektes interviewt wurden. Mit ihren Informationen (Bücher, Photos, Erinnerungen) haben sie an einer besseren und zuverlässigeren Entwicklung der untersuchten Szenarien beigetragen. Wir bedanken uns für die aktive Mitarbeit bei:

Dr. Wolfgang Platter	ehemaliger Bürgermeister von Laas ( <i>Etsch und Laaserbach</i> )
Herr Helmut Steiner	ehemaliger Vorarbeiter Wildbachverbauung West ( <i>alle Fließgewässer</i> )
Herr Robert und Andreas Eberhöfer	Örtlichkeit Lichtenbergerhöfe ( <i>Tschavallatschbach</i> )
Dr. Fritz Unterer	Historiker von Lichtenberg
Frau Bernarda Gostner	wohnhafte in Lichtenberg ( <i>Pafilerbach, Buch FF Lichtenberg</i> )
Herr Konrad Lechthaler	wohnhafte in Kortsch ( <i>Gadria- und Allitzerbach, Buch "Kortsch"</i> )
Herr Ewald Veith	Feuerwehrhauptmann Prad ( <i>Zirm-, Tschavallatsch- und Punibach</i> )
Fam. Wallnöfer	Prad a. St., Örtlichkeit "Schmelz" ( <i>Schmelzergaben</i> )
Dr. Rudolf Pollinger	Abt. 30 Wasserschutzbauten, Autonome Provinz Bozen
Dr. Julius Staffler	( <i>Szenarientwicklung</i> )
Dr. Sandro Gius	Abt. 30 Wasserschutzbauten, Autonome Provinz Bozen
	( <i>Laaserbach</i> )
Dr. Ing. Roberto Dinale	Abt. 26.4 Hydrographisches Amt, Autonome Provinz Bozen
Geom. Wolfgang Rigott	( <i>Hochwasserhydrologie und Niederschlagsanalyse</i> )

195

In Folge werden die Kennzahlnummer der konsultierten Landesprojekte aufgelistet, nachweisbar beim Landesarchiv oder bei der Abt. 30 – Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen.

<b>Torrente</b>	<b>Nr. Progetto</b>		
Rio Gadria	Pr.77058	Rio Solda	Pr.80062
	Pr.78069		Pr.86035
	Pr.80095		Pr.86137
	Pr.83009		Pr.87044
	Pr.87065		Pr.88147 P.I.
	Pr.97170		Pr.89229 P.I.
	Pr.060131 P.I.		Pr.93096 P.I.
	Pr.070097 P.I.		
	Pr.92154 P.I.		
	Pr.92154 P.I.		
Rio Tanas	Pr.83095	Rio Cerin	Pr.84076
	Pr.87076 P.I.		Pr.84085
	Pr.89103		Pr.00034
Rio Montechiaro	Pr.96039 P.I.	Rio Lasa e Fiume Adige	Pr.02093
	Pr.83092		Pr.88037
	Pr.83143		Pr.99153
	Pr.98083 P.I.		Pr.86061
Rio Puni	Pr.83092	Rio Cavallaccio	Pr.92062
	Pr.83143		Pr.93044
	Pr.98083 P.I.		Pr.94041
Rio Puni	Pr.79116	Rio Tarces	Pr.52005
	Pr.89124	Rio del Dosso - Dietrocastello	Pr.030011 P.I.