



Unione Europea  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## ClimOpt

### Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren

Interreg IV A Italien-Schweiz 2007-2013

- **Einbindung von Abflussprozesskarten in das Konzept der variablen Disposition  
Machbarkeitsstudie in den Pilotgebieten des Ratschingser- und Jaufentalerbachs**

AUTONOME  
PROVINZ  
BOZEN  
SÜDTIROL



PROVINCIA  
AUTONOMA  
DI BOLZANO  
ALTO ADIGE



KANTON  
GRAUBÜNDEN  
AMT FÜR WALD  
UND NATURGEFAHREN



## Herausgeber: Autonome Provinz Bozen - Südtirol und Kanton Graubünden

### **Autonome Provinz Bozen - Südtirol**

Abteilung Brand- und Zivilschutz, Drususallee 116, 39100 Bozen  
brand.zivilschutz@provinz.bz.it, [www.provinz.bz.it/zivilschutz](http://www.provinz.bz.it/zivilschutz)  
Abteilungsdirektor Hanspeter Staffler

### **Kanton Graubünden**

Amt für Wald und Naturgefahren, Loëstraße 14, CH-7000 Chur  
info@awn.gr.ch, [www.awn.gr.ch](http://www.awn.gr.ch)  
Bereichsleiter Christian Wilhelm

© 2014

### **Projektsteuerung**

Andreas Zischg (abenis alpinexpert GmbH/abenis AG)  
a.zischg@abenis.it, [www.abenis.it](http://www.abenis.it), [www.abenis.ch](http://www.abenis.ch)  
Roberto Dinale (Hydrographisches Amt der Autonomen Provinz Bozen)  
roberto.dinale@provinz.bz.it, [www.provinz.bz.it/hydro](http://www.provinz.bz.it/hydro)

### **Grafik**

[sonya-tschager.com](http://sonya-tschager.com)

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers gestattet.



# ClimOpt – Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren

## Interreg Italien-Schweiz 2007-2013

Autoren:

**Martin Eschgfäller, Christian Scherer**

**ambio - alp**  
forstingenieure

INGENIEURBÜRO - STUDIO TECNICO

**obrist**  
Dr. Ing. Obrist Ernfried  
Dr. Ing. Scherer Christian  
& PARTNER Geom. Profanter Mark



**Unione Europea**  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



**Le opportunità non hanno confini.**



## Inhaltsverzeichnis

1	ANLASS.....	6
2	PROJEKTDOKUMENTATION.....	6
3	GRUNDLAGEN .....	6
4	AUFTRAG.....	7
5	BESCHREIBUNG DER EINZUGSGEBIETE.....	7
6	STUDIUM DER GRUNDLAGEN UND AUSWAHL DER SONDIERSTANDORTE .....	10
6.1	Analyse der verfügbaren Geodaten.....	10
6.2	Methodik zur Auswahl der Standorteinheiten zur Bodensondierung.....	11
6.3	Auswahl der Sondierstandorte .....	18
6.4	Statistik zur Auswahl der Standorteinheiten und der Sondierstandorte .....	22
7	DURCHFÜHRUNG DER BODENSONDIERUNGEN UND BESTIMMUNG DER ABFLUSSPROZESSE IM FELD .....	24
7.1	Methodik .....	24
7.2	Ergebnisse der Aufnahme der Sondierstandorte.....	26
7.3	Ergebnisse der Standortkartierung oberhalb der Waldgrenze.....	28
8	ERSTELLEN DER ABFLUSSPROZESSKARTEN NACH SCHERRER UND NACH MARKART ...	29
9	ANALYSE DER ERGEBNISSE DES PROZESS-BEURTEILUNGSSCHEMAS NACH SCHERRER 2006.....	30
9.1	Abflussklassen nach SCHERRER für kurze intensive und für lange extensive Niederschläge.....	31
9.2	Abflusstypen nach SCHERRER für kurze intensive und für lange extensive Niederschläge.....	33
9.3	Bodenspeicherklassen nach SCHMOCKER-FACKEL für kurze intensive und für lange extensive Niederschläge.....	35
10	ANALYSE DER ERGEBNISSE DER OBERFLÄCHEN-ABFLUSSBEIWERTE NACH MARKART ET AL. 2004.....	37
10.1	Abflussbeiwertklassen und Rauigkeitsklassen nach MARKART et al. ....	37
11	ERKENNTNISSE ZUR NIEDERSCHLAGS-ABFLUSSDYNAMIK IM FELD.....	41
11.1.	Ratschingsertal.....	41
11.2	Jaufental.....	43
11.3	Schlussfolgerung des Niederschlag-Abflussverhaltens beider Einzugsgebiete .....	44

## Inhaltsverzeichnis

12	GEGENÜBERSTELLUNG DER FELDAUFNAHMEVERFAHREN NACH SCHERRER UND NACH MARKART ET AL.....	45
12.1	Pozess-Beurteilungsschema nach SCHERRER 2006:.....	45
12.2	Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes nach MARKART et al 2004: .....	46
12.3	Synopsis Scherrer und Markart .....	47
13	Niederschlag/Abflussmodellierung .....	48
13.1	Allgemeins .....	48
13.2	Zemokost .....	48
13.3	Auswertung und Analyse der Messdaten und Messreihen.....	49
14	Niederschlag und Abflussmodellierungen .....	50
14.1	Ratschingserbach .....	53
14.1.1	Niederschlag/Abflussereignis vom 7. – 12. 07.2008 .....	53
14.1.2	Niederschlag/Abflussereignis vom 17. – 22. 07.2009 .....	55
14.1.3	Niederschlag/Abflussereignis vom 11. - 16.08.2014.....	56
14.2	Jaufentalerbach.....	57
14.1.1	Niederschlag/Abflussereignis vom 27.06 – 1. 07.2008 .....	57
14.2.2	Niederschlag/Abflussereignis vom 07.07 – 12. 07.2008 .....	58
14.2.3	Niederschlag/ Abflussereignis vom 11. - 16.08.2014.....	59
15	SCHLUSSFOLGERUNGEN ZUR KALIBREIERUNG .....	60
16	ABSCHÄTZUNG DES POTENTIALS VON HOCHWASSERMODELLEN IN KLEINEN ALPINEN EINZUGSGEBIETEN .....	61
17	REGELWERK ZUR HERLEITUNG VON BODEN- UND ABFLUSSPROZESSKARTEN .....	61
18	LITERATURVERZEICHNIS .....	63



## 1 ANLASS

Gegenstand des vorliegenden Projektes ist die Erstellung einer Abflussprozesskarte im Jaufental und im Ratschingsertal im Rahmen des Interreg IV A Italien-Schweiz Projektes „ClimOpt | Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren“.

## 2 PROJEKTDOKUMENTATION

*Folgende Berichte und Unterlagen wurden im Zuge des Projektes erstellt*

Dok. Nr.	Inhalt	Dateiformat		analog	digital
1.0	Technischer Bericht	.pdf	.doc	x	x
2.0	Anhang Beispiele ausgefüllter Erhebungsbögen	.pdf	.doc	x	x
3.0	Anhang Kartographie	.pdf	.doc	x	x
4.0	Anhang Tabellen	.xls			x
5.0	Shape-Files	.shp			x

## 3 GRUNDLAGEN

*Folgende Datengrundlagen liegen dieser Arbeit zu Grunde:*

Unterlagen
Shp-File der Realnutzungskarte 1:10.000 Ausgabe 2001 der Autonomen Provinz Bozen
Shp-File der Geologie 1:75.000 der Autonomen Provinz Bozen
DTM 2,5x2,5m der Autonomen Provinz Bozen
DTM 30x30m der Autonomen Provinz Bozen korrigiert nach der Abflussrichtung
Shp-File der Waldtypisierung 2008 der Autonomen Provinz Bozen
Shp-File des Schipistenplans (Geobrowser Stand: 07.2014)
Shp-File der Fließgewässer, Seen, Quellen und Feuchtgebiete (Erhebung 1991) (Geobrowser)
Pegeldaten des Jaufentalbaches und des Ratschingserbachs aus den Jahren 2005-2014
Niederschlagsdaten der Messstationen St. Leonhard i.P., Ridnaun, Pflersch und Jaufenhaus, Sterzing, Sarnthein, Platt 2005-14



## 4 AUFTRAG

Ziel vorliegenden Auftrages ist es, in den beiden Pilot-Einzugsgebieten des Ratschinger- und der Jaufentalbaches eine Abflussprozesskarte zu erstellen, welche die Bodeneigenschaften als Eingangsgrößen zum Entstehen von Abflussprozessen mit einbeziehen soll.

In einem zweiten Schritt soll eine Niederschlags-Abflusssimulation durchgeführt werden, die die Abflussprozesskarte berücksichtigt. Mit diesen beiden Grundlagen sollen die verschiedenen Abflussreaktionen der beiden Einzugsgebiete erklärt werden.

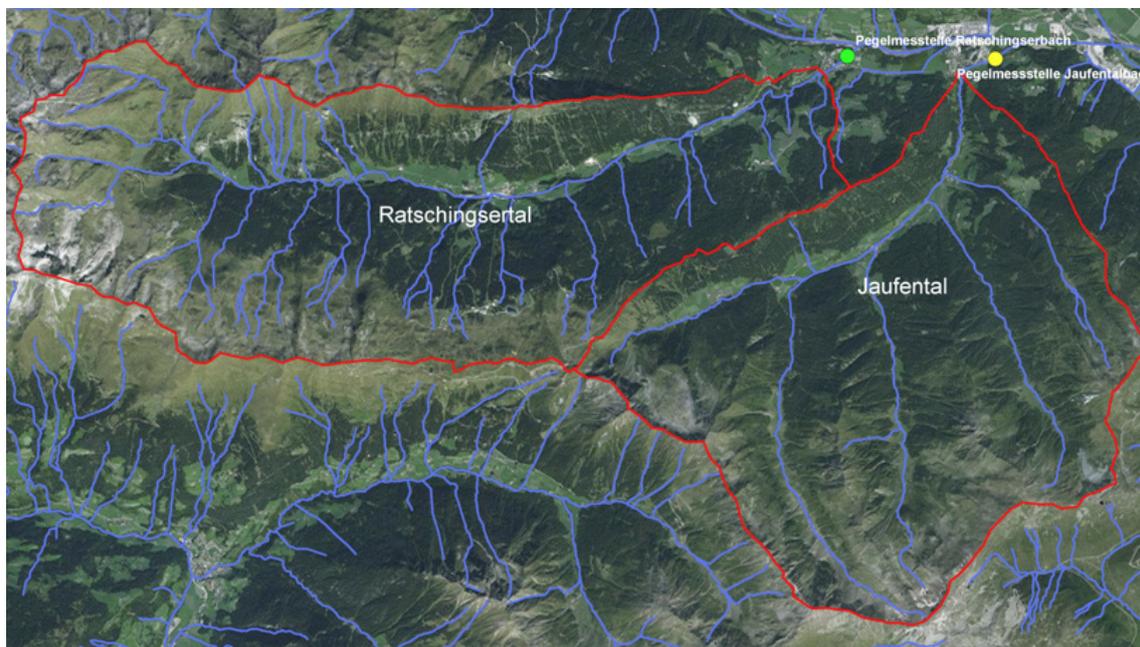
## 5 BESCHREIBUNG DER EINZUGSGEBIETE

Die beiden Haupttäler des Ratschinger- und des Jaufentalbachs erstrecken sich in west-östlicher Richtung und sind geomorphologisch deutlich durch die eiszeitlichen Gletscher überprägt. Das Ratschingsertal ist ein ausgeprägtes Hängetal, welches über die bekannte Gilfenklamm ins Ridnauntal mündet.

In Folge der eiszeitlichen Überprägung erhielt das Ratschingsertal wegen seines flacheren Geländes auf der gesamten Schattseite eine deutliche Moränenabdeckung. In geringerem Ausmaß gilt dies auch für das Jaufental.

Die Naturräume des Ratschingsertals und des Jaufentals liegen geologisch im Kristallin der Stubaier Alpen mit den Hauptgesteinen Paragneis, Muskovit- und Granat-Glimmerschiefer. Untergeordnet kommen auch schmalere Bänder von Granit- und Augengneis, Amphiboliten und anderen Grüngesteinen vor. Im Nordwesten zieht der sogenannte Schneebergzug durch das Ratschingsstal. Ihn prägen phyllitische und teils kalk- oder paragonit führende Glimmerschiefer. In mehreren Zonen entlang der Südhänge des Ratschingsertals sind Marmore aufgeschlossen, die im Bereich um den Mareiter Stein und die Hohe Ferse mächtiger in Erscheinung treten und sich bis zum Talschluss in die Gegend der Klammalm erstrecken.

Das folgende Bild zeigt die geographische Abgrenzung der beiden Einzugsgebiete des Ratschingerbachs und des Jaufentalbachs.



*Kenngrößen der beiden Einzugsgebiete Ratschingsertal Jaufental*

<b>FpEZG (planimetrisch)</b>	<b>47,14 km<sup>2</sup></b>	<b>43,33 km<sup>2</sup></b>
<b>FoEZG (Oberfläche)</b>	56,49 km <sup>2</sup>	55,65 km <sup>2</sup>
<b>Hmax</b>	2.805 m	2.669 m
<b>Hmin</b>	978 m	973 m
<b>Hmean</b>	1.816 m	1.794 m
<b>Umfang</b>	34.620 m	29.456 m
<b>Mittlere Neigung im EZG</b>	53 %	69 %



Deutliche Unterschiede zwischen beiden Tälern lassen sich aus der Karte der Hangneigungen entnehmen. Das gegen Süden hin in eine Reihe von Nebentälern untergliederte Jaufental weist über weite Strecken seines Einzugsgebietes die größeren Hangneigungen auf als das Ratschingsertal. Die mittlere Hangneigung im Jaufental liegt bei 69 %, während das Ratschingsertal eine mittlere Neigung von 53 % aufweist. Die Neigungsverhältnisse im Jaufental spiegeln sich auch in der Ausprägung des Reliefs wieder und machen sich durch eine hohe Abfolge größerer und kleinerer Gräben orographisch links und rechts der Vorfluter im Einzugsgebiet des Jaufentals im Gelände bemerkbar. Durch die Berechnung und Darstellung der Reliefformen mittels eines GIS wird dies nochmals deutlich sichtbar.



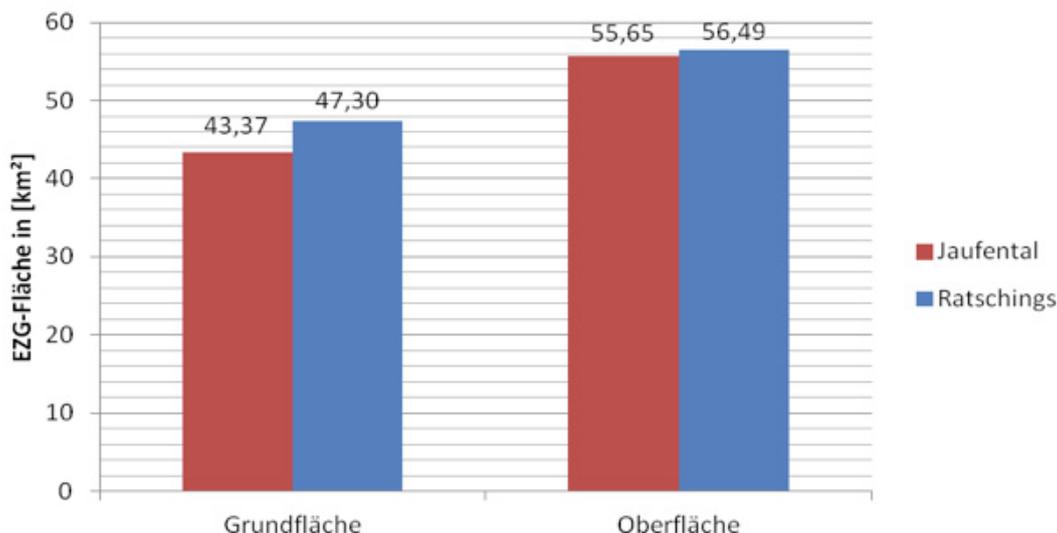
Karte der Hangneigungen (in %) der beiden Einzugsgebiete Ratschingserbach und Jaufentalbach



Reliefkarte der beiden Einzugsgebiete Ratschingserbach und Jaufentalbach



Aufbauend auf den Analysen zu den Hangneigungen und den Reliefformen ist auch die Betrachtung der beiden Oberflächentypen, der planimetrischen Oberfläche und der Geländeoberfläche erwähnenswert. Während mit einer planimetrischen Oberfläche von 47,30 km<sup>2</sup> das Ratschingsertal um fast 4 km<sup>2</sup> größer ist als das Jaufental mit 43,37 km<sup>2</sup>, gleichen sich die beiden Einzugsgebiete bei der Betrachtung der Größe ihrer beiden Geländeoberflächen beinahe an. Das Ratschingsertal ist hier mit 56,49 km<sup>2</sup> nur noch 0,84 km<sup>2</sup> größer als das Jaufental mit 55,65 km<sup>2</sup>.



Gegenüberstellung der planimetrischen Grundfläche beider Einzugsgebiete und ihrer tatsächlichen Oberfläche

## 6 STUDIUM DER GRUNDLAGEN UND AUSWAHL DER SONDIERSTANDORTE

### 6.1 Analyse der verfügbaren Geodaten

Folgende Datengrundlagen wurden zur Analyse der Einzugsgebiete und zur Ermittlung der Sondierstandorte herangezogen:

Bezeichnung	Quelle	Dateityp
Gis-Daten		
DTM	Autonome Provinz Bozen	grd
Fließgewässer, Seen, Feuchtgebiete	Autonome Provinz Bozen	shp
Einzugsgebietsparameter	berechnet	shp
Waldtypisierung	Autonome Provinz Bozen	shp
Neigungsklassen	berechnet	grd und shp
Expositionsklassen	berechnet	grd und shp
Relief	berechnet	grd und shp
Realnutzungskarte	Autonome Provinz Bozen	shp
Orthofotos 2011	Autonome Provinz Bozen	Jpg
Bing Maps Luftbilder	Microsoft	-
Literatur (siehe Literaturverzeichnis)		



## 6.2 Methodik zur Auswahl der Standorteinheiten zur Bodensondierung

Für die Auswahl der Sondierstandorte wurde aufgrund einer fehlenden Bodenkarte für die beiden Einzugsgebiete die Methode nach SCHERRER 2006 (Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen) in abgeänderter Form angewandt.

Nach der Analyse der Grundlagendaten und einer Feldbegehung wurden die möglichen zu beprobenden Flächen und die daraus resultierenden Sondierstandorte wie folgt in einem GIS festgelegt.

Nr.	Beschreibung		
1	Berechnen der beiden Einzugsgebiete Ratschingserbach und Jaufentalbach		→ EZG_RJ
2	Clip	Wst-Gesellschaften + EZG_RJ	→ Wst_RJ
3	Dissolve (Code)	Wst_RJ	→ Wst-EZG_RJ_d
4	Clip	Geologie 75 + EZG_RJ	→ Geo75_RJ
5	Dissolve (Stratigr.)	Geo75_RJ	→ Geo75_RJ_d
6	Clip	Realnutzungskarte + EZG_RJ	→ Real_RJ
7	Dissolve (TED)	Real_RJ	→ Real_RJ_d
8	Intersect	Real_RJ_d + Geo75_RJ_d	→ GeoReal_RJ_i
9	Dissolve (Stratigr. + TED)	GeoReal_RJ_i	→ GeoReal_RJ_id
10	Definitionsabfrage (Wald)	Real_RJ_d	→ Real_RJ_d (Wald)
11	Clip	Wst_RJ_d + Real_RJ_d (Wald)	→ WstReal_RJ_c
12	Definitionsabfrage (Wald)	Real_RJ	→ Real_RJ (Wald)
13	Union	Real_RJ (Wald) + WstReal_RJ_c	→ WstReal_RJ_u
14	Multipart to Singlepart	WstReal_RJ_u	→ WstReal_RJ_s
15	händisch in WstReal_RJ_s den einzelnen Waldstücken, die keinen Code haben, benachbarten Wst Code zuweisen		
16	Dissolve (Code)	WstReal_RJ_s	→ WstReal_RJ_d
17	Union	WstReal_RJ_d + GeoReal_RJ_id	→ GeoRealWst_RJ_u
18	GeoRealWst_RJ_u wurde in Tabelle Fläche in ha berechnet, Tabelle (dbf) in Excel umgewandelt und zur Auswahl der Probenstandorte herangezogen		
19	Ausscheiden jener Flächen, für die keine Erhebungen gemacht werden Abbauflächen   Einzelhaus, Streusiedlung   Fels   Feuchtfächen   Fließgewässer   Industrie- und Gewerbeflächen   Kleinsiedlung   Liftgebäude und Zubehörfächen   lockere städtische Bebauung   nicht klassifizierbare, künstliche Oberfläche   sonstige öffentliche Einrichtungen   Sport- und Freizeitanlagen   stehende Gewässer   Straßen und Zubehörfächen   vegetationsloses Lockermaterial		
20	Ausscheiden all jener Kategorien, die in ihrer Gesamtflächenausdehnung unter 10 ha liegen (dafür werden keine Erhebungen durchgeführt) Anwenden folgender Regel: wenn Fläche < 50 ha, dann Anzahl zu erhebender Standorte = 1 wenn Fläche < 100 ha, dann Anzahl zu erhebender Standorte = 2 wenn Fläche < 500 ha, dann Anzahl zu erhebender Standorte = 3 wenn Fläche > 50 ha, dann Anzahl zu erhebender Standorte = 5		
21	Aus diesem Ablaufmodell ergeben sich sowohl die Gesamtanzahl der mindestens zu erhebenden Sondierstandorte und die Anzahl der Sondierstandorte pro Verschnittfläche (Landnutzung-Geologie oder Waldtyp)		
Rot = GIS-Datengrundlagen der Autonomen Provinz Bozen			



So ergeben sich aus dem Verschnitt der Landnutzung und der Geologie 134 verschiedene Kategorien. Bei der Landnutzungsform Wald wurde aufgrund der fundierten Datenbasis durch das Projekt der Waldtypisierung Südtirol von einem Verschnitt der Waldtypen mit der Geologie abgesehen. Die ausgeschiedenen Waldtypen berücksichtigen aufgrund ihrer Standortansprüche und Ausprägung bereits sämtliche Standortparameter wie unter anderem auch die Geologie. Um sowohl den Aufwand der Bodensondierungen überschaubar zu gestalten als auch die Fläche von 91 km<sup>2</sup> der beiden Einzugsgebiete möglichst optimal zu beproben, wurde vorab eine empirische Beprobungsdichte von mindestens einen Sondierstandort pro km<sup>2</sup> festgelegt.

Um diese Vorgaben noch mit den Flächenanteilen der einzelnen Kategorien zu gewichten wurde folgende Formel angewandt.

Wenn	Kriterium	Dann	Anzahl
wenn Gesamtfläche einer Kategorie	< 10 ha	dann Anzahl zu erhebender Standorte je Kategorie	= 0
	≥ 10 ha und < 50 ha		= 1
	≥ 50 ha und < 100 ha		= 2
	≥ 100 ha und < 500 ha		= 3
	> 500 ha		= 5

Somit ergibt sich nach Ausscheiden all jener Kategorien, für die eine Sondierung nicht möglich ist (Fels, städtische Bebauung, Lifتانlagen...) folgende Erhebungstabelle:

Kateg.	Landnutzung	CODE Wst	Geologie (1:75.000)	Fläche [ha]	Anzahl Erhebungen
1	Grasland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	1.016,05	5
2	Wald	Fs1		990,66	5
3	Grasland		Zweiglimmergneis	950,05	5
4	Wald	FT1		539,60	5
5	Wald	Fs3		510,94	5
6	Ackerland		Hangschutt, Moräne	342,82	3
7	Grasland		Augen- und Flaser-gneis	320,84	3
8	Fels		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	318,41	-
9	Wald	Fi4		281,73	3
10	Wald	Fi3		236,39	3
11	Grasland		Hangschutt, Moräne	232,17	3
12	Fels		Zweiglimmergneis	208,76	-
13	Wald	Zi1		203,92	3
14	Wald	Fi1		189,66	3



15	Wald	Fi8		153,25	3
16	Wald	FT11		143,85	3
17	Wald	FT12		142,51	3
18	Grasland		Moräne	140,75	3
19	Vegetationsloses Lockermaterial		Zweiglimmergneis	137,69	-
20	Vegetationsloses Lockermaterial		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	136,50	-
21	Wald	Fs4		128,22	3
22	Wald	Fs7		121,84	3
23	Wald	Fs10		119,54	3
24	Wald	Fs2		118,02	3
25	Wald	Zi3		117,73	3
26	Grasland		Marmor	106,51	3
27	Wald	Fi7		100,94	3
28	Wald	FT5		72,07	2
29	Grasland		Graphitische Tonschiefer	69,65	2
30	Vegetationsloses Lockermaterial		Hangschutt, Moräne	68,36	-
31	Ackerland		Zweiglimmergneis	67,56	2
32	Fels		Augen- und Flaser- gneis	66,34	-
33	Wald	FT15		62,48	2
34	Wald	Zi4		52,82	2
35	Krummholz und Latschen		Zweiglimmergneis	42,01	1
36	Fels		Hangschutt, Moräne	41,41	-
37	Wald	FT16		34,52	1
38	Ackerland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	33,86	1
39	Grasland		Gneiseinlagen im Quarzphyllit	31,90	1
40	Vegetationsloses Lockermaterial		Augen- und Flaser- gneis	24,93	-
41	Einzelhaus, Streusiedlung		Hangschutt, Moräne	24,24	-
42	Bestocktes Grasland		Zweiglimmergneis	20,16	1
43	Wald	Fs6		19,07	1
44	Fels		Marmor	17,54	-
45	Wald	La6		16,33	1



46	Feuchtflächen		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	15,71	1
47	Wald	FT19		14,05	1
48	Bestocktes Grasland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	13,78	1
49	Wald	AT		11,64	1
50	Ackerland		Augen- und Flasergneis	11,21	1
51	Wald	Fi5		10,95	1
52	Fels		Moräne	10,70	-
53	Straßen und Zubehörflächen		Hangschutt, Moräne	10,53	-
54	Grasland		Ladinische Kalke	9,93	-
55	Wald	Fs5		9,57	-
56	Vegetationsloses Lockermaterial		Marmor	9,45	-
57	Bestocktes Grasland		Marmor	9,39	-
58	Fließgewässer		Hangschutt, Moräne	8,78	-
59	Krummholz und Latschen		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	8,69	-
60	Ackerland		Kalkglimmerschiefer	8,18	-
61	Hecken und Flurgehölze		Hangschutt, Moräne	6,84	-
62	Ackerland		Marmor	6,46	-
63	Wald	Ge1		6,09	-
64	Einzelhaus, Streusiedlung		Zweiglimmergneis	5,91	-
65	Krummholz und Latschen		Augen- und Flaser- gneis	5,84	-
66	Ackerland		Lamellare quarzitische Streifen und Knotengneise	5,50	-
67	Einzelhaus, Streusiedlung		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	5,48	-
68	Wald	FT6		5,15	-
69	Bestocktes Grasland		Hangschutt, Moräne	5,00	-
70	Wald	Fs8		4,97	-
71	Grasland		Kalkglimmerschiefer	4,69	-
72	Straßen und Zubehör- flächen		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	4,64	-
73	Grasland		Dickbankige massive Granite	4,29	-
74	Fließgewässer		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	4,09	-



75	Fels		Graphitische Tonschiefer	3,63	-
76	Wald	La2		3,43	-
77	Vegetationsloses Lockermaterial		Moräne	3,32	-
78	Fels		Ladinische Kalke	3,24	-
79	Grasland		Granit	3,00	-
80	Kleinsiedlung		Zweiglimmergneis	2,83	-
81	Wald	La3		2,67	-
82	Kleinsiedlung		Hangschutt, Moräne	2,09	-
83	Fels		Gneiseinlagen im Quarzphyllit	2,05	-
84	Krummholz und Latschen		Marmor	1,82	-
85	Vegetationsloses Locker- material		Gneiseinlagen im Quarzphyllit	1,76	-
86	Straßen und Zubehörflächen		Moräne	1,70	-
87	Wald	Lat2		1,47	-
88	Liftgebäude mit Zubehör- flächen		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	1,42	-
89	Straßen und Zubehörflächen		Kalkglimmerschiefer	1,24	-
90	Krummholz und Latschen		Moräne	1,12	-
91	Hecken und Flurgehölze		Kalkglimmerschiefer	1,11	-
92	Wald	Zi7		1,03	-
93	Feuchtflächen		Hangschutt, Moräne	1,01	-
94	Straßen und Zubehörflächen		Zweiglimmergneis	0,95	-
95	Hecken und Flurgehölze		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	0,90	-
96	Bestocktes Grasland		Lamellare quarzitische Streifen und Knotengneise	0,76	-
97	Krummholz und Latschen		Hangschutt, Moräne	0,75	-
98	Wald	FT14		0,70	-
99	Sport und Freizeiteinrich- tungen		Zweiglimmergneis	0,68	-
100	Hecken und Flurgehölze		Zweiglimmergneis	0,68	-
101	Feuchtflächen		Zweiglimmergneis	0,67	-
102	Straßen und Zubehörflächen		Dickbankige massive Granite	0,60	-
103	Wald	Lat3		0,57	-
104	Fließgewässer		Zweiglimmergneis	0,57	-



105	Bestocktes Grasland		Dickbankige massive Granite	0,56	-
106	Hecken und Flurgehölze		Marmor	0,47	-
107	Krummholz und Latschen		Graphitische Tonschiefer	0,45	-
108	Einzelhaus, Streusiedlung		Kalkglimmerschiefer	0,42	-
109	Nicht klassifizierbare, künstliche Oberfläche		Hangschutt, Moräne	0,42	-
110	Lockere städtische Bebauung		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	0,41	-
111	Sonstige öffentliche Einrichtungen		Hangschutt, Moräne	0,40	-
112	Straßen und Zubehörflächen		Lamellare quarzitische Streifen und Knotengneise	0,40	-
113	Liftgebäude mit Zubehörflächen		Hangschutt, Moräne	0,37	-
114	Einzelhaus, Streusiedlung		Moräne	0,32	-
115	Sonstige öffentliche Einrichtungen		Zweiglimmergneis	0,32	-
116	Grasland		Lamellare quarzitische Streifen und Knotengneise	0,31	-
117	Stehende Gewässer		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	0,29	-
118	Liftgebäude mit Zubehörflächen		Moräne	0,22	-
119	Fließgewässer		Kalkglimmerschiefer	0,22	-
120	Abbaufläche		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	0,21	-
121	Sonstige öffentliche Einrichtungen		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	0,19	-
122	Stehende Gewässer		Zweiglimmergneis	0,18	-
123	Einzelhaus, Streusiedlung		Augen- und Flasergneis	0,16	-
124	Einzelhaus, Streusiedlung		Lamellare quarzitische Streifen und Knotengneise	0,13	-
125	Sport und Freizeiteinrichtungen		Hangschutt, Moräne	0,13	-
126	Straßen und Zubehörflächen		Marmor	0,09	-
127	Wald	Fi16		0,08	-



128	Wald	Lat1		0,03	-
129	Lockere städtische Bebauung		Hangschutt, Moräne	0,02	-
130	Kleinsiedlung		Kalkglimmerschiefer	0,01	-
131	Einzelhaus, Streusiedlung		Granit	0,01	-

Folgende zwei Tabellen zeigen noch einmal anschaulich die Verteilung der Sondierstandorte in den beiden Einzugsgebieten im Hinblick auf die Flächengewichtung der Landnutzung und der Geologie auf.

Landnutzung	Fläche [ha]	Anzahl Sondierstandorte
Wald	4.428,51	66
Grasland	2.890,15	25
Fels	672,07	0
Ackerland	475,59	7
Vegetationsloses Lockermaterial	382,01	0
Bestocktes Grasland	49,65	2
Einzelhaus, Streusiedlung	36,67	0
Straßen und Zubehörflächen	20,14	0
Krummholz und Latsche	60,68	1
Feuchtflächen	17,39	1
Fließgewässer	13,66	0
Hecken und Flurgehölze	9,99	0
Kleinsiedlung	4,93	0
Liftgebäude mit Zubehörflächen	2,01	0
Sonstige öffentliche Einrichtungen	0,91	0
Sport- und Freizeiteinrichtungen	0,81	0
Stehende Gewässer	0,47	0
Nicht klassifizierbare, künstliche Oberfläche	0,42	0
Abbaufäche	0,21	0



Geologie	Fläche [ha]	Anzahl Sondierstandorte
Unterschiedliche geologische Einheiten unter Wald	4.428,51	66
Zweiglimmergneis	1.439,02	9
Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	1560,62	8
Hangschutt, Moräne	745,36	6
Augen- und Flasergneis	429,32	4
Marmor	151,72	3
Moräne	158,14	3
Graphitische Tonschiefer	73,73	2
Gneiseinlagen im Quarzphyllit	35,71	1
Kalkglimmerschiefer	15,86	0
Ladinische Kalke	13,17	0
Lamellare quarzitische Streifen und Knotengneise (Augen- u. Flasergneise)	7,11	0
Dickbankige massive Granite	5,45	0
Granit	3,00	0

### 6.3 Auswahl der Sondierstandorte

Anhand der oben beschriebenen Methodik wurde eine Gesamtanzahl an 102 Sondierstandpunkten festgelegt.

Die Verteilung der Sondierstandorte innerhalb der jeweiligen Flächen und die Aufteilung auf die beiden Einzugsgebiete erfolgte gutachterlich unter Zuhilfenahme diverser digitaler geografischer Datensätze wie beispielsweise topographische Karten, das Wegenetz, Neigungs-, Expositions- und Reliefkarten. Daraus leiten sich folgende, in der Tabelle aufgelistete Sondierstandorte mit ihren Koordinaten- und Höhenangaben ab.

Pkt.	Gr.	Landnutzung	Code Wst	Geologie	Einzugsgebiet	utm x	utm y	z
1	01	Grasland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Jaufentalbach	685.474	5.188.622	2.103
2	01	Grasland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	675.548	5.190.578	1.917
3	01	Grasland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	674.767	5.190.441	1.982
4	01	Grasland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	673.292	5.191.147	1.857
5	01	Grasland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	671.715	5.191.411	1.911
6	02	Wald	Fs1	Augen- und Flasergneis	Jaufentalbach	684.793	5.192.602	1.707



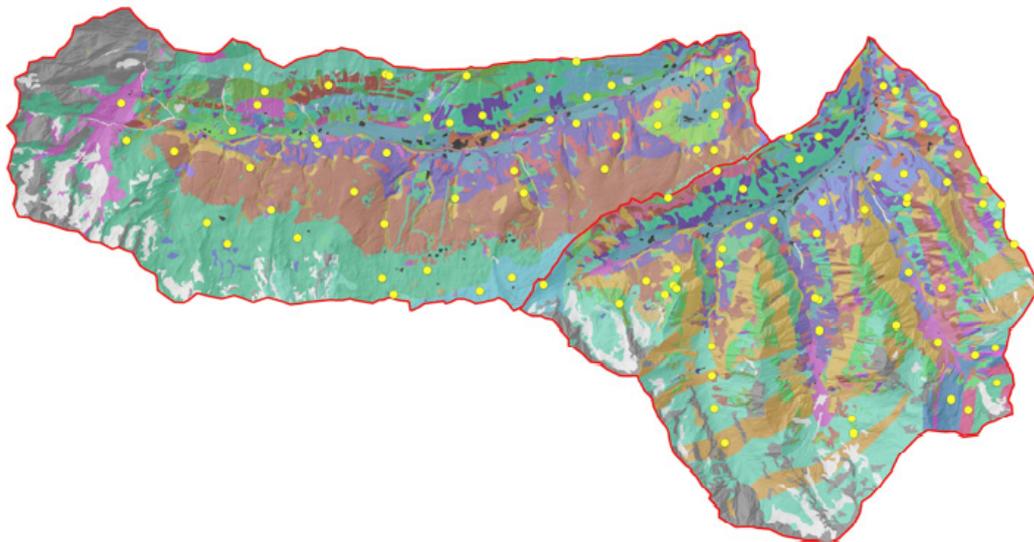
7	02	Wald	Fs1	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	679.365	5.190.392	1.840
8	02	Wald	Fs1	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	678.640	5.192.346	1.722
9	02	Wald	Fs1	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	674.277	5.191.951	1.705
10	02	Wald	Fs1	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	671.143	5.192.658	1.795
11	03	Grasland		Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	685.547	5.191.717	2.145
12	03	Grasland		Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	682.978	5.187.741	1.922
13	03	Grasland		Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	680.551	5.188.187	1.717
14	03	Grasland		Zweiglimmergneis	Ratschingserbach	674.964	5.190.155	2.041
15	03	Grasland		Zweiglimmergneis	Ratschingserbach	672.416	5.194.133	2.215
16	04	Wald	FT1	Hangschutt, Moräne	Jaufentalbach	682.380	5.189.539	1.488
17	04	Wald	FT1	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	681.158	5.191.356	1.320
18	04	Wald	FT1	Hangschutt, Moräne	Ratschingserbach	678.148	5.193.147	1.295
19	04	Wald	FT1	Hangschutt, Moräne	Ratschingserbach	674.845	5.192.630	1.440
20	04	Wald	FT1	Hangschutt, Moräne	Ratschingserbach	673.645	5.192.786	1.398
21	05	Wald	Fs3	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	683.170	5.191.638	1.487
22	05	Wald	Fs3	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	680.502	5.189.266	1.653
23	05	Wald	Fs3	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	679.899	5.190.603	1.805
24	05	Wald	Fs3	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	677.234	5.191.930	1.633
25	05	Wald	Fs3	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	672.462	5.192.372	1.704
26	06	Ackerland		Hangschutt, Moräne	Jaufentalbach	681.578	5.191.447	1.274
27	06	Ackerland		Hangschutt, Moräne	Ratschingserbach	680.763	5.193.464	1.437
28	06	Ackerland		Hangschutt, Moräne	Ratschingserbach	673.591	5.192.880	1.355
29	07	Grasland		Augen- und Flasergneis	Jaufentalbach	685.774	5.191.030	2.219
30	07	Grasland		Augen- und Flasergneis	Jaufentalbach	680.511	5.188.757	1.685
31	07	Grasland		Augen- und Flasergneis	Jaufentalbach	680.733	5.187.585	1.762
32	08	Wald	Fi4	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	682.034	5.192.519	1.413
33	08	Wald	Fi4	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	683.903	5.191.758	1.623
34	08	Wald	Fi4	Hangschutt, Moräne	Ratschingserbach	675.941	5.193.156	1.535
35	09	Wald	Fi3	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	683.494	5.193.795	1.166
36	09	Wald	Fi3	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	681.051	5.192.002	1.490
37	09	Wald	Fi3	Marmor	Ratschingserbach	676.517	5.193.282	1.510
38	10	Grasland		Hangschutt, Moräne	Jaufentalbach	684.448	5.189.344	1.676
39	10	Grasland		Hangschutt, Moräne	Ratschingserbach	670.220	5.193.498	1.922
40	10	Grasland		Hangschutt, Moräne	Ratschingserbach	672.593	5.193.467	1.826
41	11	Wald	Zi1	Augen- und Flasergneis	Jaufentalbach	685.245	5.192.157	2.020
42	11	Wald	Zi1	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	682.947	5.187.996	1.887
43	11	Wald	Zi1	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	679.836	5.190.316	1.940
44	12	Wald	Fi1	Augen- und Flasergneis	Jaufentalbach	683.855	5.192.266	1.486



45	12	Wald	Fi1	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	682.433	5.191.772	1.338
46	12	Wald	Fi1	Hangschutt, Moräne	Jaufentalbach	683.935	5.190.543	1.501
47	13	Wald	Fi8	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	682.366	5.192.912	1.419
48	13	Wald	Fi8	Marmor	Ratschingserbach	678.760	5.193.810	1.425
49	13	Wald	Fi8	Marmor	Ratschingserbach	677.505	5.193.744	1.564
50	14	Wald	FT12	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	682.366	5.190.066	1.404
51	14	Wald	FT12	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	680.688	5.190.952	1.372
52	14	Wald	FT12	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	676.037	5.191.836	1.555
53	15	Wald	FT11	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	682.336	5.191.224	1.542
54	15	Wald	FT11	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	678.839	5.192.925	1.497
55	15	Wald	FT11	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	677.063	5.192.317	1.547
56	16	Grasland		Moräne	Jaufentalbach	677.575	5.190.327	1.961
57	16	Grasland		Moräne	Ratschingserbach	677.024	5.190.452	1.988
58	16	Grasland		Moräne	Ratschingserbach	676.466	5.190.214	2.043
59	17	Wald	Fs4	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	683.916	5.191.848	1.674
60	17	Wald	Fs4	Zweiglimmergneis	Ratschingserbach	674.829	5.194.003	2.098
61	17	Wald	Fs4	Zweiglimmergneis	Ratschingserbach	673.834	5.193.811	1.929
62	18	Wald	Fs10	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	684.606	5.192.117	1.562
63	18	Wald	Fs10	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	680.547	5.192.678	1.627
64	18	Wald	Fs10	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	674.806	5.191.389	1.674
65	19	Wald	Fs7	Lamellare quarzitische Streifen	Jaufentalbach	681.854	5.192.904	1.731
66	19	Wald	Fs7	Marmor	Ratschingserbach	678.147	5.194.226	1.797
67	19	Wald	Fs7	Zweiglimmergneis	Ratschingserbach	674.895	5.193.976	2.106
68	20	Wald	Fs2	Augen- und Flasergneis	Jaufentalbach	684.711	5.193.046	1.705
69	20	Wald	Fs2	Augen- und Flasergneis	Jaufentalbach	684.515	5.190.269	1.674
70	20	Wald	Fs2	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	680.599	5.192.314	1.732
71	21	Wald	Zi3	Augen- und Flasergneis	Jaufentalbach	683.719	5.189.615	2.080
72	21	Wald	Zi3	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	679.895	5.190.259	1.974
73	21	Wald	Zi3	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	678.898	5.189.996	2.027
74	22	Grasland		Marmor	Ratschingserbach	676.236	5.193.979	2.137
75	22	Grasland		Marmor	Ratschingserbach	670.314	5.192.845	1.914
76	22	Grasland		Marmor	Ratschingserbach	672.720	5.193.702	1.955
77	23	Wald	Fi7	Hangschutt, Moräne	Ratschingserbach	678.340	5.193.603	1.227
78	23	Wald	Fi7	Hangschutt, Moräne	Ratschingserbach	675.552	5.193.243	1.464
79	23	Wald	Fi7	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	672.160	5.193.011	1.505
80	24	Wald	FT5	Hangschutt, Moräne	Jaufentalbach	682.307	5.190.098	1.378
81	24	Wald	FT5	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	680.643	5.190.687	1.306



82	25	Grasland		Graphitische Tonschiefer	Jaufentalbach	685.448	5.189.236	2.048
83	25	Grasland		Graphitische Tonschiefer	Jaufentalbach	684.676	5.188.332	1.147
84	26	Ackerland		Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	684.197	5.193.131	1.460
85	26	Ackerland		Zweiglimmergneis	Ratschingserbach	676.735	5.192.932	1.272
86	27	Wald	FT15	Hangschutt, Moräne	Ratschingserbach	680.450	5.194.066	1.200
87	27	Wald	FT15	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	679.566	5.193.112	1.519
88	28	Wald	Zi4	Granit	Jaufentalbach	685.484	5.191.374	2.137
89	28	Wald	Zi4	Ladinische Kalke	Jaufentalbach	685.094	5.189.098	1.940
90	29	Krummholz und Latsche		Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	679.688	5.190.155	1.934
91	30	Ackerland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	680.562	5.193.290	1.145
92	31	Wald	FT16	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	679.562	5.193.474	1.330
93	32	Grasland		Gneiseinlagen im Quarzphyllit	Jaufentalbach	684.977	5.188.159	2.119
94	33	Bestocktes Grasland		Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	679.750	5.191.847	1.785
95	34	Wald	Fs6	Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	680.243	5.192.688	1.625
96	35	Wald	La6	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	685.233	5.191.740	1.983
97	36	Wald	FT19	Marmor	Ratschingserbach	680.795	5.194.270	1.125
98	37	Feuchflächen		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	672.071	5.191.041	1.944
99	38	Bestocktes Grasland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	Ratschingserbach	672.831	5.191.633	1.853
100	39	Wald	AT	Hangschutt, Moräne	Ratschingserbach	677.684	5.193.208	1.205
101	40	Ackerland		Augen- und Flasergneis	Jaufentalbach	683.395	5.192.201	1.331
102	41	Wald	Fi5	Zweiglimmergneis	Jaufentalbach	683.707	5.193.715	1.243



Karte der Standorteinheiten und der ausgewählten Sondierstandorte in den beiden Einzugsgebieten Ratschings und Jaufental

#### 6.4 Statistik zur Auswahl der Standorteinheiten und der Sondierstandorte

Anhand der Standorteinheiten und über die Auswahl und Verteilung der Sondierstandorte lässt sich folgende Statistik ableiten:

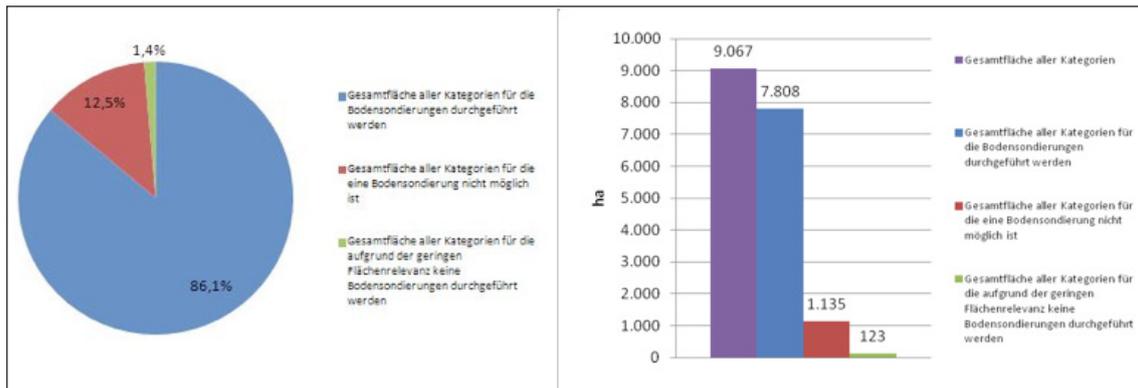
EZG	Fläche km <sup>2</sup>	Anzahl Standorte		Sondierstandorte pro km <sup>2</sup>
Ratschingerbach	47,14 km <sup>2</sup>	49	→	1,04
Jaufentalbach	43,33 km <sup>2</sup>	53	→	1,22

Beschreibung	Anzahl Kategorien	Fläche [ha]
Fläche der Kategorien für mögliche Bodensondierungen aus dem Verschnitt Landnutzung-Geologie und Waldtypisierung	131	9.067
Anzahl der durch Bodensondierungen erhobenen Kategorien	41	7.808
Anzahl der durch Bodensondierungen nicht erhobene Kategorien	90	1.259
Davon Anzahl Kategorien welche auf Flächen fallen, für die eine Bodensondierung nicht möglich ist (städtische Bebauung, Liftgebäude, Industriegebiet,...)	55	1.135
Davon Anzahl Kategorien die aufgrund ihrer Flächenrelevanz nicht für eine Bodensondierung ausgewählt wurden (Kategorien mit einer gesamten Flächenausdehnung < 10 ha) und deren Beiwerte aus den Nachbarflächen und Flächen mit ähnlichem Charakter abgeleitet werden	35	123



Somit lässt sich wie folgt ermitteln:

Von der Gesamtfläche der beiden Einzugsgebiete (9.067 ha) werden mit dieser Methode der Auswahl rund 86 % (7.808 ha) beprobt. Auf 12,5 % der Fläche (1.135 ha) ist eine Sondierung nicht möglich und auf lediglich 1,4 % der Fläche (123 ha) werden keine Sondierungen in den jeweiligen Kategorien vorgenommen.



Untergliederung der Kategorien mit Sondierstandorten zu den nicht beprobten Kategorien in % und in ha.

**In Summe werden somit 102 Sondierungen durchgeführt.**



## 7 DURCHFÜHRUNG DER BODENSONDIERUNGEN UND BESTIMMUNG DER ABFLUSSPROZESSE IM FELD

Folgende Geräte und Materialien wurden für die Bodensondierungen verwendet:

Anzahl	Geräte, Materialien
1	Erdbohrstock nach Dr. Pürckhauer für mittlere und schwere Böden aus zähelastischem Stahl mit aufgedrehtem Stahlschlagkopf (Ø Bohrgestänge 28 mm, Ø Nut 18 mm, Länge 1.100 mm, Bohrtiefe 1.000 mm)
1	Klappspaten
1	Wiedehopfhaue
1	HCl (Salzsäure 10%ig) in Tropfflasche 20 ml mit Pipette
1	Meterstab & Maßband
1	Digitalkamera
1	Feldblock
1	GPS-Gerät Garmin eTrex 30
1	Präzisionsinklinometer Suunto PM-5
1	Fernglas (8*25)
-	Aufnahmeblätter und Aufnahmeschlüssel
-	Kartengrundlagen zu Topologie, Geologie, Hangneigung, Relief

### 7.1 Methodik

Über die Dauer von 21 Arbeitstagen wurden die vorausgeschiedenen Sondierstandorte aufgesucht und nach der Aufnahmemethode gemäß dem Schlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen von SCHERRER 2006 zur anschließenden Modellierung mit dem Niederschlag-Abflussmodell Qarea erhoben. Parallel hierzu wurden auch sämtliche Parameter gemäß der Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen nach der Methode von MARKART et al. 2004 erhoben. Diese sollen eine Anwendung des Modells zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen ZEMOKOST (Zeller Modifiziert von Kohl und Stepanek) ermöglichen.

Darüber hinaus wurden an jedem Sondierstandort zusätzlich die Parameter Bodentyp, Grünrigkeit, Skelettgehalt und Textur aufgenommen.

Zur Aufnahme der Bodenparameter nach SCHERRER und der Standortparameter nach MARKART et al. wurden folgende Aufnahmeformulare verwendet:



**Beurteilung abflussrelevanter Kriterien**

Datum \_\_\_\_\_ Aufnahmegruppe \_\_\_\_\_ Aufnahmepunkt \_\_\_\_\_ Erheber ME  MP

Einzugsgebiet \_\_\_\_\_ Standort \_\_\_\_\_ utm X \_\_\_\_\_ utm Y \_\_\_\_\_ Höhe über NN \_\_\_\_\_

Landnutzung \_\_\_\_\_ Relief \_\_\_\_\_ Hangneigung % \_\_\_\_\_ Foto Nr. \_\_\_\_\_ Geologie \_\_\_\_\_

Bemerkungen \_\_\_\_\_

---

Beurteilung der Makroporosität				Beurteilung der Matrix			
Tiefe	Aufsicht	Ans. Mo d-5cm	Ans. Mo d-10cm	Total (nach Multipl.)	Total Meyer		
-10 cm							
-30 cm							
-50 cm							
+0 Körne, grobe Wurmlöhren x Wurmlöhre o Skelett				S Su Sl St U Us Ul U L Ls Lu Lt T Ts Tu Ti			

---

Laterale Fließwege		Vertiefende Bodenklassifizierung	
beschreibend	Präferentielle Fließwege	Beurteilung	Humustyp _____ Bodentyp _____ Bodengründigkeit (1) _____ Skeletgehalt (18) _____ Textur (19) _____
Beobachtete Fließwege			
Potentielle Fließwege			Anmerkungen _____

---

Quelle: geändert nach Scherrer, 2006

**Aufnahmeblatt für Sonderstandorte abgeändert nach SCHERRER 2006**

Erheber \_\_\_\_\_ Aufnahmeort \_\_\_\_\_ Erhebung **Oberflächenabflussbeiwert**

Fortlaufende Blattnummer OA \_\_\_\_\_ Einzugsgebiet \_\_\_\_\_ B F W

Aufnahmedatum \_\_\_\_\_ Lage in Feldkarte / Orthophoto angegeben: ja  nein

GPS X \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_ Z \_\_\_\_\_ Hangneigung (Grad) \_\_\_\_\_

Bemerkung \_\_\_\_\_

**Vegetationsform**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Alpenrose und Heidelbeerheide	Besenheide (Erika-Wacholder)	Liesche (begleitend Zwergholzer + Büsche)	Mühlwiese	Rasen (nicht Bärstangl)	Blattgrasrasen	Feuchtwieser / Feuchtwiesen / Niedermoor	Vegetationslos bzw. nährliche Vegetationsstadien	Pharus mit und ohne Ansatz	Fichte (nude) bzw. wenig Blößenvegetation	Fichte (mit Krautschicht / Vaccinien)	Zirke, Fichte mit Zwergsträuchern (Vaccinien, Algenrose)	Lärche (auch Lichtweiden)	Lärche (mit Zwergsträuchern (Vaccinien, Algenrose))	Laubmischwälder (begleitend auch Buchenbaumarten)	Kiebschlag	Windwurf	Hochstaudfluren	Grünwiesenbleich	Sonstige (Bastwälder)

**Feuchtestufe**

f \_\_\_\_\_ wichtige Zeigerpflanzen \_\_\_\_\_

ff \_\_\_\_\_

fn \_\_\_\_\_

**Waldflächen**

Überschmungsgrad in 1/10 \_\_\_\_\_

**Deckungsgrad der (Boden)Vegetation**

voll  90 - 100 %  70 - 90 %  < 70 %

**Skeletanteil (Blöcke, Steine) an der Oberfläche**

keine  wenige  häufig, viele

**Böden - Auflage**

keine \_\_\_\_\_

geringmächtig < 5 cm, locker, elastisch-federnd \_\_\_\_\_

geringmächtig < 5 cm, kompakt, periodisch austrocknend, benetzungshemmend \_\_\_\_\_

> 5 cm, locker, leicht feucht, aufnahmefähig \_\_\_\_\_

> 5 cm, kompakt, periodische Austrocknung, benetzungshemmend \_\_\_\_\_

**Mineralboden bis 20 cm - Aufbau**

blockig	Eindringwiderstand (Bodenbohrer)	Kennrelief
skaleitreich (>20%) - locker		
feinleitrreich - locker		
feinleitrreich - bindig	gering	glatt
feinleitrreich - dicht	mittel	leicht bewegt
Torf	hoch	stark bewegt

**Vererzung**

ja  nein  bei ja, Vererzung anfragen? ja  nein

**Kleingerinnenetz**

nicht / kaum ausgebildet  Hinweise auf Fließen an der Oberfläche ja  nein

mittel  Bemerkungen \_\_\_\_\_

Häufung von Kleingerinnen \_\_\_\_\_

**Bewirtschaftung**

technische Eingriffe	Anmerkung	Weide
Weg / Wegböschung		keine <input type="checkbox"/>
Pflanz (für Weide, Weide, Pflanz, etc.)		gering <input type="checkbox"/>
Schäpste		mittel <input type="checkbox"/>
linienförmig (Kanal, Holzriesen)		intensiv <input type="checkbox"/>
Sonstige		stark <input type="checkbox"/>

**Heterogenität der Flächen**

uniform, gleichförmig  mäßig-mittel  sehr heterogen / sehr ungleichförmig

**Heterogenität der Flächen**

Oberflächenabfluss in % des Niederschlages	Abflussbeiwert-Masse (AKM)	Zuordnung	Anmerkung
0	0		
> 0 - 10	1		
11 - 30	2		
31 - 50	3		
51 - 75	4		
> 75	5		
1,0 (verfestete, versiegelte Flächen)	6		

**Einordnung in eine Oberflächenrauigkeitsklasse (nach angeführtem Schema)**

zunehmende Rauigkeit

Vegetationslose Flächen

Röhrlinden

Rasenstandorte

Feuchtwiesenstandorte

Strauchstandorte

Waldstandorte

0,00 0,20 0,40 0,60 0,80 1,00 1,20

Wasserabfluss-Koeffizient + Oberflächenrauigkeit (c)

RKL 1	RKL 2	RKL 3	RKL 4	RKL 5	RKL 6
keine	gering	mittel	stark	sehr stark	extrem

**Zuordnung**

RKL 1
RKL 2
RKL 3
RKL 4
RKL 5
RKL 6

**Formular für die Erhebung von Abflussbeiwerten und Rauigkeitsklassen im Gelände nach MARKART et al. 2004**



Da für die Waldflächen ausreichend Standortinformationen vorhanden waren und eine Unterteilung der Waldstandorte nach Waldtypen vorgenommen werden konnte, war für diese Bereiche keine gesonderte flächendeckende Standortkartierung mehr erforderlich. Für die flächenmäßig stark vertretenen Almwiesen und Weiden, alpinen Rasengesellschaften sowie bewachsenen oder unbewachsenen Lockersedimentflächen oberhalb der Baumgrenze zeigte sich, dass die zur Verfügung stehende digitale Unterlage der Landnutzung im Maßstab 1:10.000 zu ungenau ist und eine Reihe von Standortstypen nicht berücksichtigt wird. Daher wurden im Zuge der Außenaufnahmen sämtliche Gebiete oberhalb der Waldgrenze noch zusätzlich in folgende Standortstypen unterteilt und kartiert.

Standortstypen oberhalb der Waldgrenze		
Alpenrose	Alpine Rasen Bürstling	Grünerle Weidegebüsch
Alpenrose Bürstling	Alpine Rasen Bürstling auf Fels	Heidelbeere
Alpenrose Bürstling auf Lockermaterial	Alpine Rasen Bürstling auf Lockermaterial	Krummholz und Latsche
Alpenrose Bürstling Weide	Alpine Rasen Bürstling auf Lockermaterial	Lockermaterial
Alpenrose Heidelbeere	Alpine Rasen Bürstling Heidelbeere	Mähwiese
Alpenrose Heidelbeere Bürstling	Bestocktes Grasland	Schipiste Planie
Alpenrose Weide	Bürstling Heidelbeere	Weide
Alpine Rasen auf Fels	Fels	Weide Bürstling
Alpine Rasen auf Lockermaterial	Feuchtflächen	

## 7.2 Ergebnisse der Aufnahme der Sondierstandorte

Von den 102 vorausgewählten Sondierstandorten konnten 100 Sondierstandorte erhoben werden. Die Standorte Nr. 61 (Waldtyp Fs4 auf Zweiglimmergneis) und Nr. 73 (Waldtyp Zi3 auf Zweiglimmergneis) konnten nicht erhoben werden, da das Gelände (Bestockter Fels) nicht zugänglich war. Eine Verlegung der Punkte wurde versucht, ist aber aufgrund der Geländeverhältnisse und somit der Erreichbarkeit gescheitert. Von beiden Standorttypen konnten jedoch jeweils zwei weitere Sondierstandorte erhoben werden. Zudem wurden beide nicht vor Ort erhobenen Standorte mittels einer Gegenhanganalyse untersucht. Für die Beschreibung der Standorte nach SCHERRER und nach MARKART et al. wurde dies als ausreichend erachtet.

Ein dritter Sondierstandort, die Nr. 67 (Wald Fs7) fiel vor Ort in die Aufnahmegruppe 3 (Grasland auf Zweiglimmergneis), wurde dementsprechend erhoben und dieser Kategorie zugeordnet. Somit wurden aus den vorausgeschiedenen Aufnahmegruppen folgende Anzahl an Sondierstandorten erhoben:



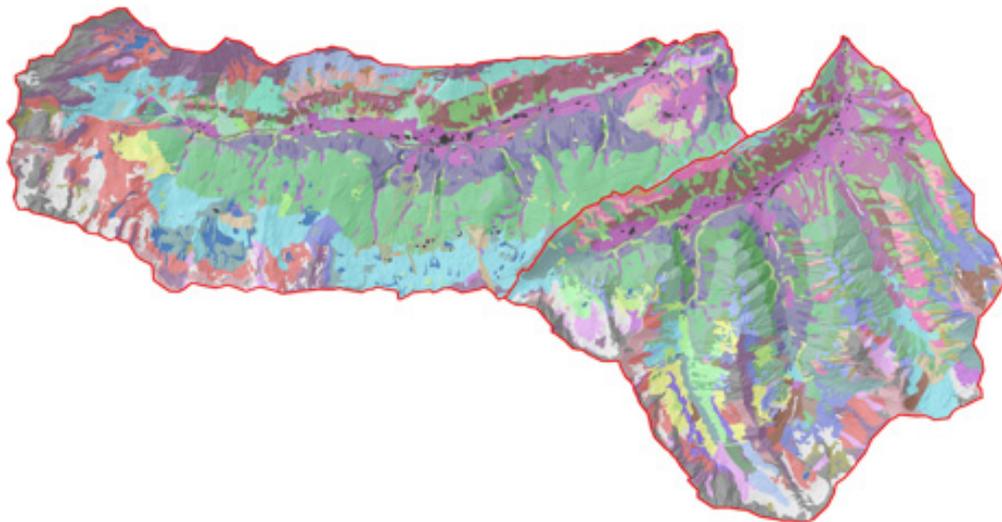
Gr.	Landnutzung	Code Wst	Geologie	Anzahl erhobener Sondierstandorte
01	Grasland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	5
02	Wald	Fs1		5
03	Grasland		Zweiglimmergneis	6
04	Wald	FT1		5
05	Wald	Fs3		5
06	Ackerland		Hangschutt, Moräne	3
07	Grasland		Augen- und Flasergneis	3
08	Wald	Fi4		3
09	Wald	Fi3		3
10	Grasland		Hangschutt, Moräne	3
11	Wald	Zi1		3
12	Wald	Fi1		3
13	Wald	Fi8		3
14	Wald	FT12		3
15	Wald	FT11		3
16	Grasland		Moräne	3
17	Wald	Fs4		2
18	Wald	Fs10		3
19	Wald	Fs7		2
20	Wald	Fs2		3
21	Wald	Zi3		2
22	Grasland		Marmor	3
23	Wald	Fi7		3
24	Wald	FT5		2
25	Grasland		Graphitische Tonschiefer	2
26	Ackerland		Zweiglimmergneis	2
27	Wald	FT15		2
28	Wald	Zi4		2
29	Krummholz u. Latsche		Zweiglimmergneis	1
30	Ackerland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	1
31	Wald	FT16		1
32	Grasland		Gneiseinlagen im Quarzphyllit	1
33	Bestocktes Grasland		Zweiglimmergneis	1
34	Wald	Fs6		1
35	Wald	La6		1
36	Wald	FT19		1
37	Feuchtfelder		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	1
38	Bestocktes Grasland		Kontaktmetamorpher Quarzphyllit	1
39	Wald	AT		1
40	Ackerland		Augen- und Flasergneis	1
41	Wald	Fi5		1



### 7.3 Ergebnisse der Standortkartierung oberhalb der Waldgrenze

Die Realnutzungskarte der Autonomen Provinz Bozen unterscheidet oberhalb der Waldgrenze nur zwischen Flächen mit Fels, mit vegetationslosem Lockermaterial und Grasland. Diese Flächen erwiesen sich bei einer ersten Analyse mittels eines GIS-Systems und später auch bei der Geländebegehung als äußerst ungenau und in ihrem Detaillierungsgrad für die beiden Modelle nach SCHERRER und nach MARKART et al. als unzureichend.

Die Kartierung der Standorteinheiten nach den oben beschriebenen Standort- und Vegetationseinheiten ergab einen wesentlichen Mehrwert. Es gelang somit eine Steigerung der Anzahl der ausgeschiedenen Vegetationsstandorte und eine Verbesserung der Lagegenauigkeit der Standorteinheiten oberhalb der Waldfläche.



Karte der Standorteinheiten (siehe Anhang 3.10)



## 8 ERSTELLEN DER ABFLUSSPROZESSKARTEN NACH SCHERRER UND NACH MARKART

Nach Beendigung der Aufnahmen an den Sondierstandorten und der Kartierung der Boden-/Vegetationseinheiten in den Einzugsgebieten wurden die erhobenen Parameter digitalisiert und in Tabellen weiterverarbeitet. Im Zuge einer Nachbearbeitung der Erhebungen wurden Fehler in der Eingabe korrigiert und die Datensätze auf ihre Plausibilität hin überprüft. Ergebnis dieses Arbeitsschrittes ist ein SHP-File mit sämtlichen an den Sondierstandorten erhobenen Parametern und ein entsprechendes Excel-File (siehe Anhang 4.0 und 5.0).

Daraufhin wurden die den Sondierstandorten zugewiesenen dominanten Abflussprozesse, Reaktionstypen nach SCHERRER, Speicherklassen nach SCHMOCKER-FACKEL, sowie die Abflussbeiwerte und Rauigkeitsklassen nach MARKART et al. auf das gesamte Einzugsgebiet übertragen. Dazu wurden die vorausgeschiedenen Standorteinheiten, welche durch die im Gelände kartierten Vegetations- und Standorteinheiten ergänzt wurden, herangezogen (siehe Anhang 3.10).

Wo eklatante Unterschiede innerhalb einzelner Standortstypen im Gelände festgestellt werden konnten, wurden diese bei der Zuweisung der Kennwerte auf die Fläche berücksichtigt (z.B. Bodenrindigkeit eines Waldtyps schatt- und sonnseitig im Ratschingsertal).  
Ergebnis dieses Arbeitsschrittes ist ein Polygon-SHP-File mit sämtlichen Informationen zu den einzelnen Standorteinheiten, und deren dominanten Abflussprozessen, Reaktionstypen nach SCHERRER und Speicherklassen nach SCHMOCKER-FACKEL, sowie den Abflussbeiwerten und Rauigkeitsklassen nach MARKART et al. (siehe Anhang 3.2-3.9 und Anhang 5.0)



## 9 ANALYSE DER ERGEBNISSE DES PROZESS-BEURTEILUNGSSCHEMAS NACH SCHERRER 2006

SCHERRER (2006) unterscheidet in seinem Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen (2006) folgende Abflussklassen und Abflusstypen:

Fließweg	Prozessgruppe	Abk.	Intensität des Abflussprozesses	Abflusstyp
	Hortonscher Oberflächenabfluss	HOF1	Sofortiger Oberflächenabfluss als Folge von Infiltrationshemmnissen	1
		HOF2	Leicht verzögerter Oberflächenabfluss als Folge von Infiltrationshemmnissen	1
Oberfläche	Gesättigter Oberflächenabfluss	SOF1	Sofortiger Oberflächenabfluss als Folge sich schnell sättigender Flächen	1
		SOF2	Leicht verzögerter Oberflächenabfluss als Folge sich schnell sättigender Flächen	2
		SOF3	Verzögerter Oberflächenabfluss als Folge sich schnell sättigender Flächen	4
Unterirdisch	Laterale Fließprozesse im Boden	SSF1	Rascher Abfluss im Boden	2
		SSF2	Verzögerter Abfluss im Boden	3
		SSF3	Stark verzögerter Abfluss im Boden	4
	Tiefensickerung	DP	Tiefensickerung in geologische Schichten	5

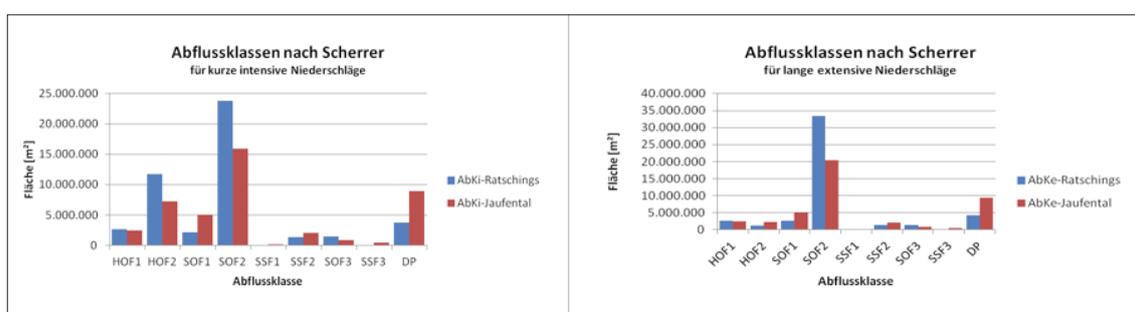
Aufteilung der Abflussprozesse in verschiedene Intensitätsklassen nach IHW, in SCHERRER 2006

### 9.1 Abflussklassen nach SCHERRER für kurze intensive und für lange extensive Niederschläge

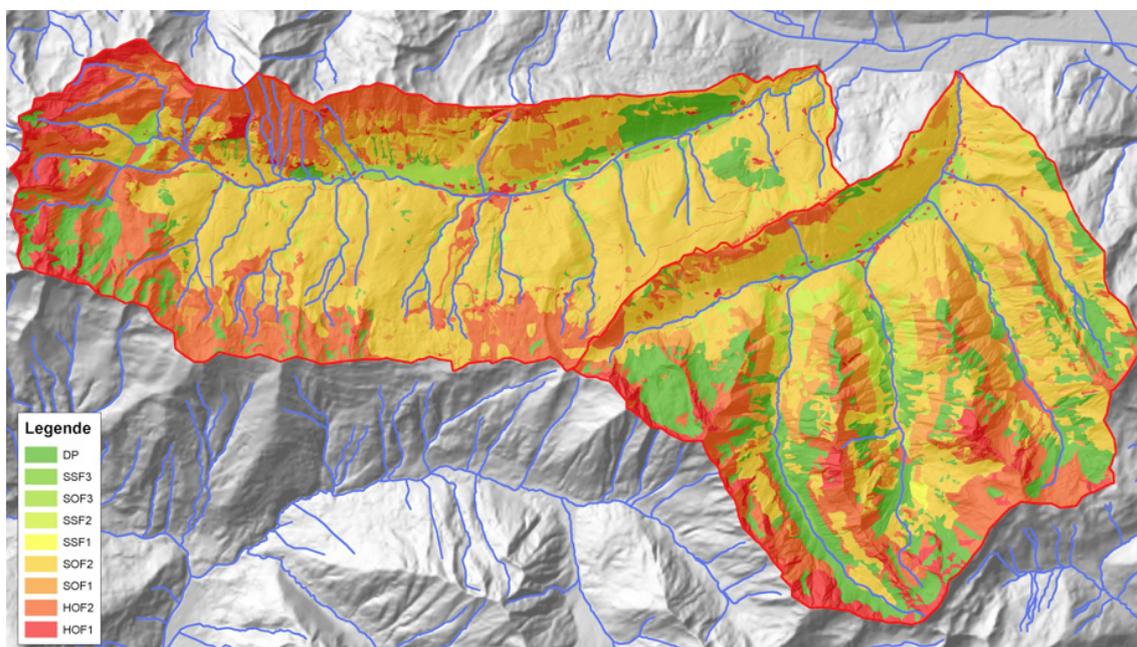
Die Analyse der Einteilung der beiden Einzugsgebiete nach den Abflussklassen nach SCHERRER hat ergeben, dass sowohl bei Niederschlagsereignissen von kurzer Dauer und hoher Intensität als auch bei Niederschlagsereignissen von langer Dauer und niedriger Intensität in beiden Einzugsgebieten die Abflussklasse SOF2 (verzögerter Oberflächenabfluss als Folge sich sättigender Flächen) am häufigsten vorkommt. Sie tritt bei kurzen intensiven Niederschlägen auf ca. 50 % der Fläche im EZG des Ratschingserbaches und auf rund 36 % der EZG-Fläche im Jaufental auf. Bei langen extensiven Niederschlägen steigt ihr Flächenanteil im Ratschingseral sogar auf



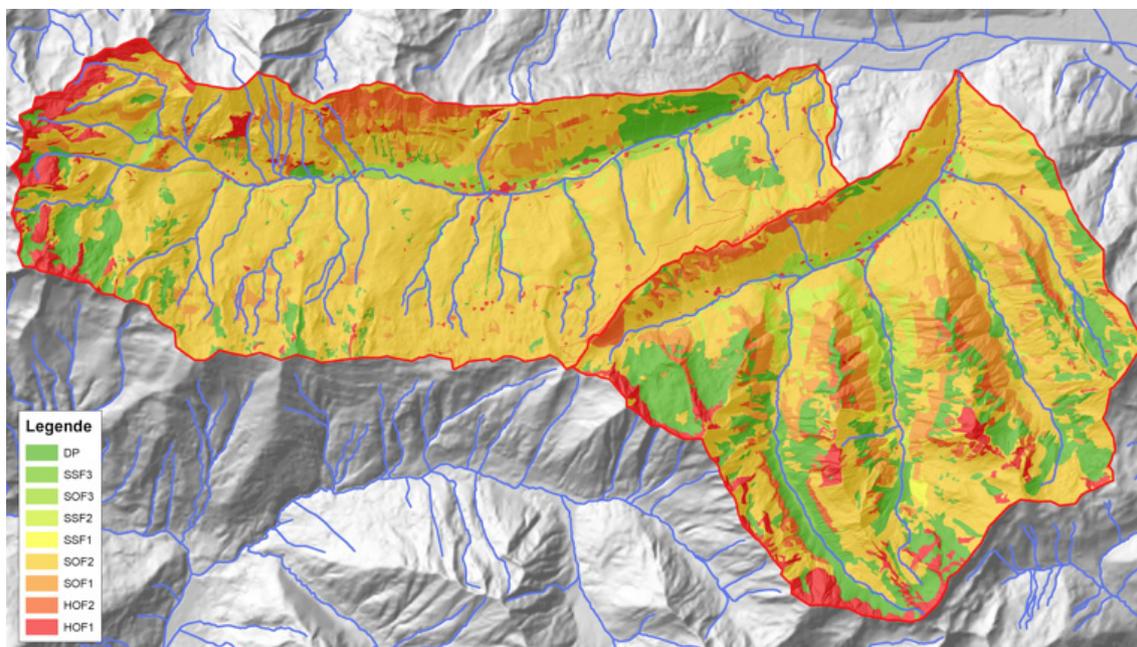
über 70 %, im Jaufental auf 47 % der Fläche. Mit der Abflussklasse SOF2 wurden am häufigsten Waldstandorte ausgeschieden. Ein deutlicher Unterschied ergibt sich auch bei der Abflussklasse HOF2, welche im Ratschingsertal bei kurzen intensiven Niederschlägen auf knapp 25 % der Fläche und somit wesentlich häufiger als im Jaufental (knapp 17 % der Fläche) vorkommt. Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Einzugsgebieten bildet auch die Abflusskategorie der Tiefenversickerung (DP). Aufgrund der im Jaufental vermehrt vorkommenden tiefgründigen, bewachsenen oder auch unbewachsenen Hang- und Blockschuttstandorte, kommt diese Abflussklasse hier auf 20 % bis 21 % der Fläche vor, während sie im EZG des Ratschingserbaches mit einem Vorkommen auf 8 % bis 9 % der Fläche eine untergeordnete Rolle spielt.



Abflussklassen nach SCHERRER für kurze intensive Niederschläge (AbKi)					Abflussklassen nach SCHERRER für lange extensive Niederschläge (AbKe)				
AbK	Ratschingsertal		Jaufental		AbK	Ratschingsertal		Jaufental	
	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%		m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%
HOF1	2.661.615	5,64	2.505.832	5,78	HOF1	2.661.615	5,64	2.505.832	5,78
HOF2	11.774.299	24,93	7.258.820	16,74	HOF2	1.241.721	2,63	2.308.149	5,32
SOF1	2.188.060	4,63	5.078.404	11,71	SOF1	2.653.114	5,62	5.078.404	11,71
SOF2	23.803.738	50,40	15.900.747	36,66	SOF2	33.455.019	70,84	20.414.357	47,07
SSF1	98.414	0,21	211.849	0,49	SSF1	98.414	0,21	211.849	0,49
SSF2	1.408.779	2,98	2.089.164	4,82	SSF2	1.408.779	2,98	2.089.164	4,82
SOF3	1.419.806	3,01	894.556	2,06	SOF3	1.419.806	3,01	894.556	2,06
SSF3	74.645	0,16	485.830	1,12	SSF3	74.645	0,16	485.830	1,12
DP	3.797.927	8,04	8.947.793	20,63	DP	4.214.170	8,92	9.384.853	21,64



Abflussprozesskarte nach SCHERRER 2006 für kurze intensive Niederschläge (siehe Anhang 3.4)



Abflussprozesskarte nach SCHERRER 2006 für lange extensive Niederschläge (siehe Anhang 3.7)

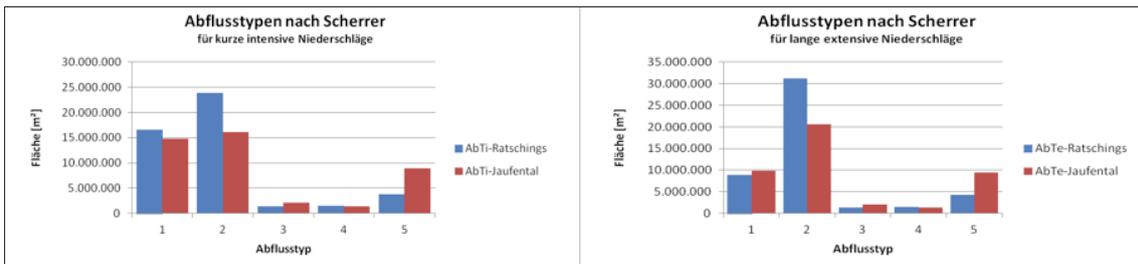


## 9.2 Abflusstypen nach SCHERRER für kurze intensive und für lange extensive Niederschläge

Eine Analyse der Einzugsgebiete nach ihren Abflusstypen für kurze intensive und für lange, extensive Niederschläge bestätigt die Analyse der Abflussklassen. Nach SPREAFICIO et al. 2003 tragen bei kurzen intensiven Niederschlägen nur die Flächen der Abflusstypen 1-3 wesentlich zum Abfluss bei, während bei langen extensiven Niederschlägen auch der Abflusstyp 4 zum Abfluss beiträgt. Die Flächen mit Tiefenversickerung (Abflusstyp 5) tragen nur kaum wirksam zum Hochwasserabfluss bei.

Dahingehend ergibt sich, dass im Einzugsgebiet des Ratschingserbachs rund 89 % der Fläche (41,93 km<sup>2</sup>) in die Abflussklassen 1-3 fallen und somit bei kurzen intensiven Niederschlägen auch entscheidend zur Hochwasserwelle beitragen. Die Fläche der abflusswirksamen Typen beim selben Niederschlagsereignis im Jaufental hingegen nur 76 % (33,04 km<sup>2</sup>) der Gesamteinzugsgebietsfläche.

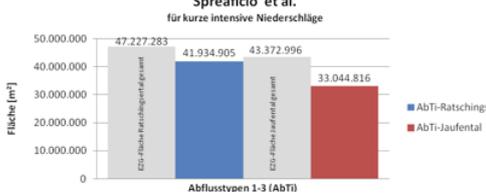
Bei langanhaltenden extensiven Niederschlägen tragen im Ratschingsertal sogar 91 % (43,01 km<sup>2</sup>) der Einzugsgebietsfläche zum Abfluss bei, während im Jaufental 78 % (33,99 km<sup>2</sup>) der Fläche abflusswirksam werden.



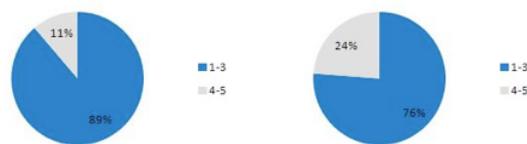
Abflussklassen nach SCHERRER für kurze intensive Niederschläge (AbTi)					Abflussklassen nach SCHERRER für lange extensive Niederschläge (AbTe)				
AbT	Ratschingsertal		Jaufental		AbT	Ratschingsertal		Jaufental	
	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%		m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%
1	16.623.974	35,20	14.843.056	34,22	1	8.905.375	18,86	9.892.385	22,81
2	23.902.153	50,61	16.112.597	37,15	2	31.204.508	66,07	20.626.207	47,56
3	1.408.779	2,98	2.089.164	4,82	3	1.408.779	2,98	2.089.164	4,82
4	1.494.451	3,16	1.380.387	3,18	4	1.494.451	3,16	1.380.387	3,18
5	3.797.927	8,04	8.947.793	20,63	5	4.214.170	8,92	9.384.853	21,64

Anteil in % der bei kurzen intensiven Niederschlägen zum Abfluss beitragenden Flächen der Abflusstypen 1-3 im Ratschingsertal und im Jaufental

Zum Abfluss beitragende Flächen der Abflusstypen 1-3 nach Spreaficio et al.

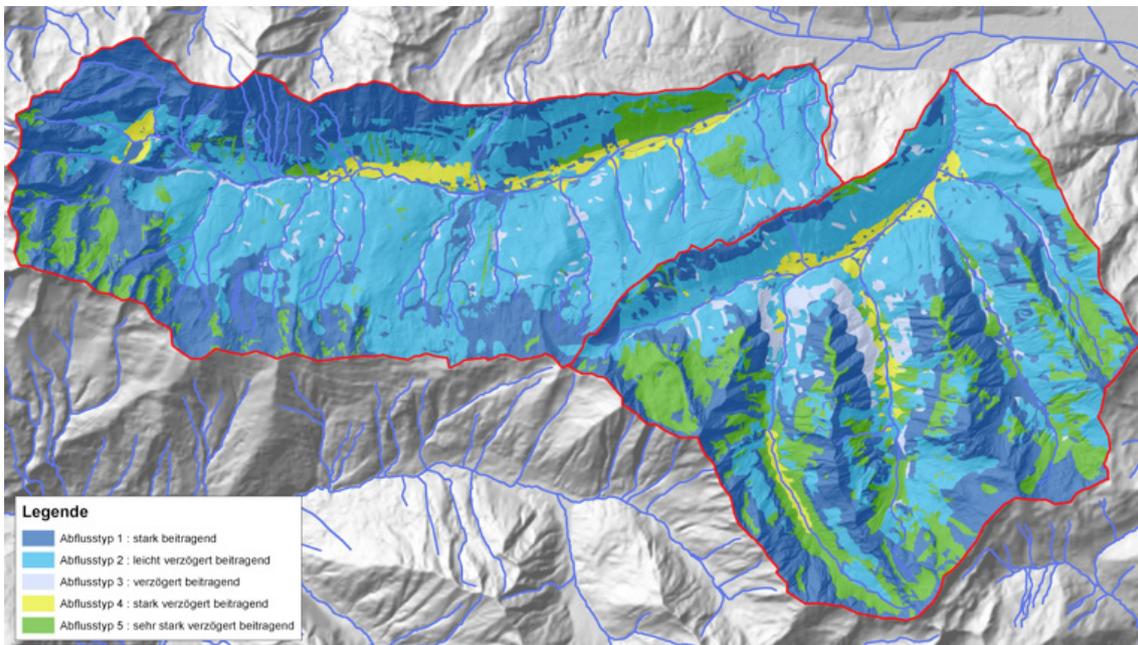


Anteil in % der bei kurzen intensiven Niederschlägen zum Abfluss beitragenden Flächen der Abflusstypen 1-3

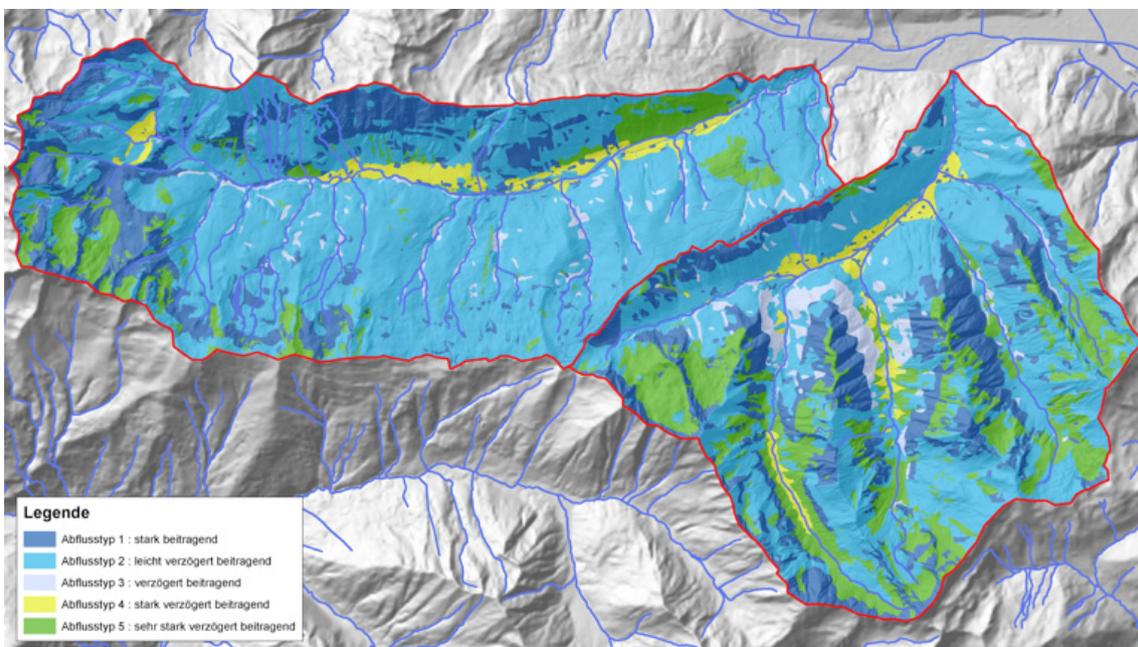


im EZG Ratschingsertal

im EZG Jaufental



Abflusstypenkarte nach SCHERRER 2006 für kurze intensive Niederschläge (siehe Anhang 3.5)



Abflusstypenkarte nach SCHERRER 2006 für lange extensive Niederschläge (siehe Anhang 3.8)



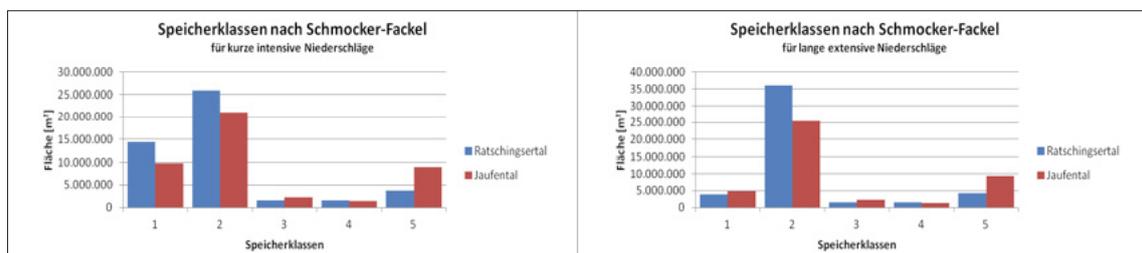
### 9.3 Bodenspeicherklassen nach SCHMOCKER-FAKEL für kurze intensive und für lange extensive Niederschläge

SCHMOCKER-FAKEL 2004 unterteilt die Abflussprozesse in fünf Speicherklassen mit jeweils unterschiedlicher Speicherkapazität aufgrund der zu Grunde gelegten Böden:

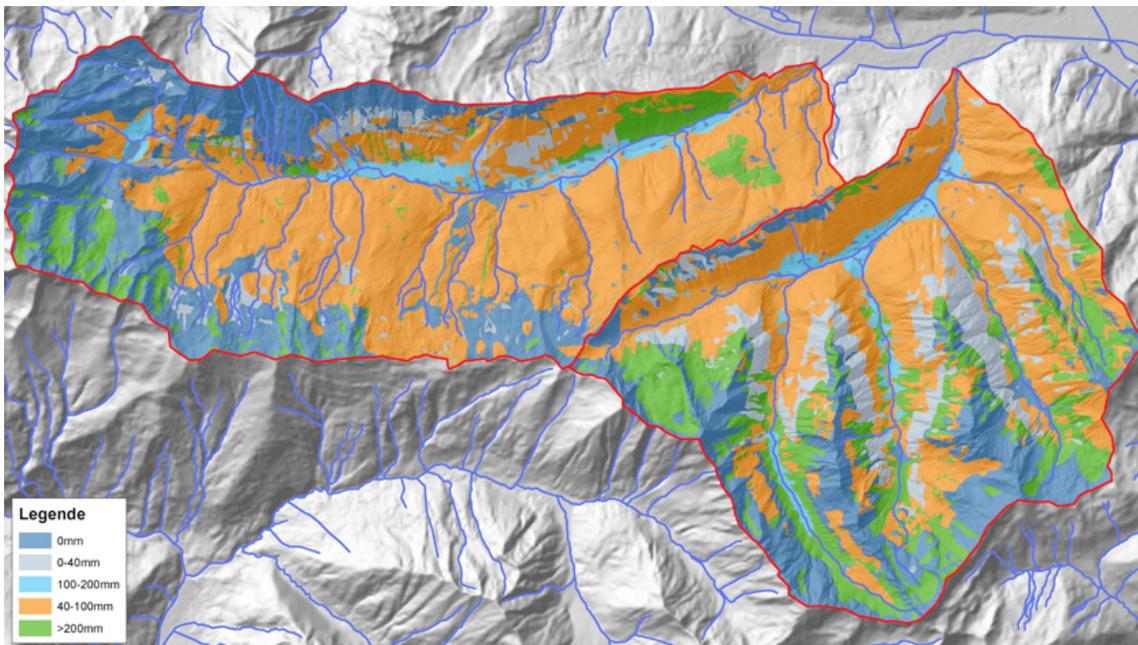
Abflusstyp	Speicherklasse	Speicherkapazität
HOF1	1	0 mm
HOF1	1	0 mm
SOF1	2	0-40 mm
SSF1	2	0-40 mm
SOF2	3	40-100 mm
SSF2	3	40-100 mm
SOF3	4	100-200 mm
SSF3	4	100-200 mm
DP	5	>200 mm

Daraus ergibt sich für die beiden untersuchten Einzugsgebiete folgende flächenwirksame Aufteilung für die beiden Szenarien kurze intensive und lange extensive Niederschläge:

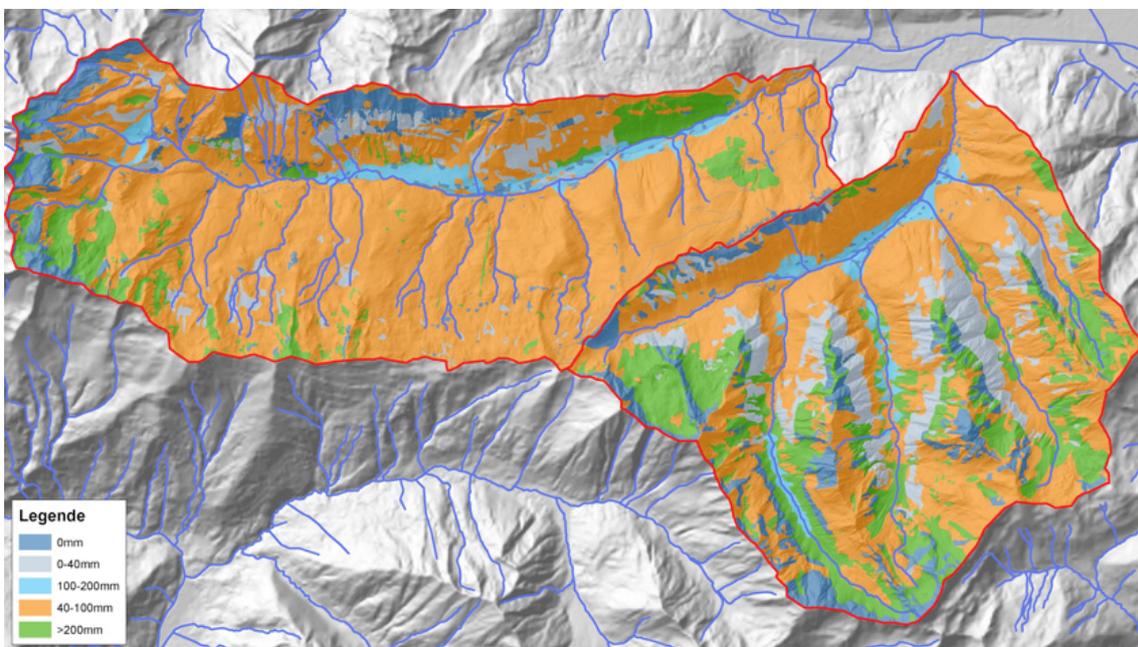
Speicherklassen nach SCHMOCKER-FAKEL für kurze intensive Niederschläge					Abflusstypen nach SCHMOCKER-FAKEL für lange extensive Niederschläge				
SpKl.	Ratschingsertal		Jaufental		SpKl.	Ratschingsertal		Jaufental	
	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%		m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%
1	14.435.914	30,57	9.764.652	22,51	1	3.903.336	8,27	4.813.981	11,10
2	25.991.799	55,04	20.979.151	48,37	2	36.108.133	76,46	25.492.761	58,78
3	1.507.193	3,19	2.301.013	5,31	3	1.507.193	3,19	2.301.013	5,31
4	1.494.451	3,16	1.380.387	3,18	4	1.494.451	3,16	1.380.387	3,18
5	3.797.927	8,04	8.947.793	20,63	5	4.214.170	8,92	9.384.853	21,64



Für Niederschlagszenarien mit kurzen intensiven Regen überwiegen in beiden Einzugsgebieten deutlich die Speicherklassen 2 mit 55 % der Fläche im Ratschingsertal und mit 48 % der Fläche im Jaufental. Ausgeprägter ist die Situation für Szenarien mit langen extensiven Niederschlägen (Ratschingsertal 76 % der Fläche, Jaufental 59 % der Fläche). Der Anstieg der Flächenanteile in der Speicherklasse 2 erklärt sich aus einem besseren Niederschlagsaufnahmevermögen bestimmter Standorttypen im alpinen Raum oberhalb der Waldgrenze (alpine Rasen, Almweiden,...) bei extensiven Niederschlägen.



Karte der Bodenpeicherklassen nach SCHMOCKER-FACKEL 2004 für kurze intensive Niederschläge (siehe Anhang 3.6)

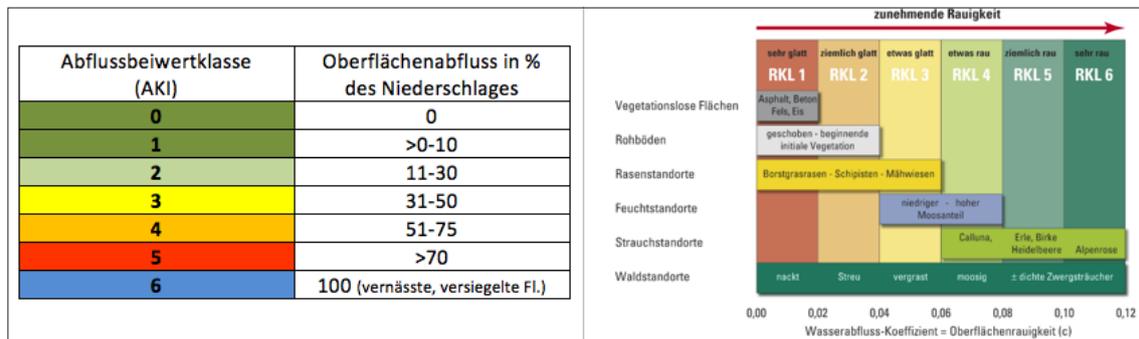


Karte der Bodenpeicherklassen nach SCHMOCKER-FACKEL 2004 für lange extensive Niederschläge (siehe Anhang 3.9)



## 10 ANALYSE DER ERGEBNISSE DER OBERFLÄCHEN-ABFLUSSBEIWERTE NACH MARKART ET AL. 2004

MARKART et al. (2004) unterscheiden folgende Abflussbeiwert- und Rauigkeitsklassen:



Abflussbeiwertklassen nach Markart et al. 2004, S. 21

Rauigkeitsklassen nach Markart et al. 2004, S. 29

### 10.1 Abflussbeiwertklassen und Rauigkeitsklassen nach MARKART et al.

Die Abflussbeiwertklassen nach MARKART et al. wurden mit einer Genauigkeit von einer halben Klassenbreite erhoben, da die verschiedenen vorkommenden Boden- und Vegetationseinheiten selten so wie in der Geländeanleitung beschrieben in ihrer charakteristischen Ausprägung vorkommen, sondern meist in Mischformen auftreten.

Fasst man die einzelnen Unterklassen in ganze Klassen zusammen, so ergibt sich ein prägnantes Bild der zu erwartenden Abflussverteilungen in den beiden Einzugsgebieten.

Abflussbeiwertklassen nach MARKART et al.				
Klasse	Ratschingsertal		Jaufental	
	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%
0-0,5	81.801	0,17	2.644.938	6,10
1-1,5	9.707.200	20,55	6.423.198	14,81
2-2,5	13.835.183	29,30	15.502.315	35,74
3-3,5	9.258.907	19,60	9.043.177	20,85
4-4,5	10.859.632	22,99	7.226.213	16,66
5-5,5	822.945	1,74	27.322	0,06
6	2.661.615	5,65	2.505.832	5,78

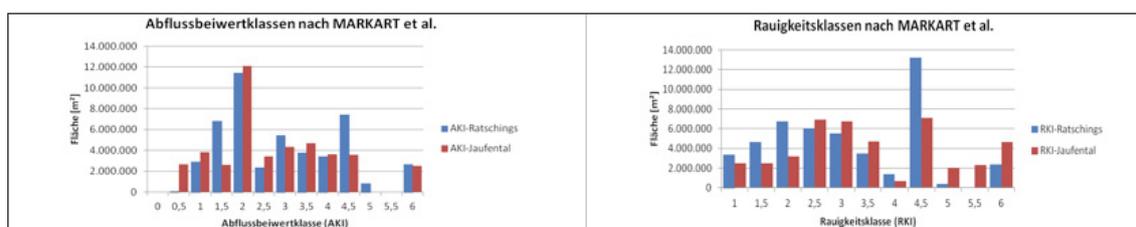
Deutlich lassen sich bei bestimmten Klassen die Unterschiede in ihrem Vorkommen auf der Fläche aufzeigen. So kommen Flächen mit einem Abflussverhalten der Klasse 0-1 im EZG des Ratschingserbachs auf lediglich 0,17 % der Fläche vor, während dieser untersten Abflussklasse im Jaufental 6,10 % der EZG-Fläche zugeteilt werden. Diese Standorte führen häufig zu Tiefenversickerung oder durch ihre Boden- und Vegetationsbeschaffenheit zu einem stark verzögerten Abflussverhalten. Umgekehrt stellt sich das Bild in der nächst höheren Abflussklasse dar. Diese



kommt auf 20,55 % der EZG-Fläche im Ratschingsertal und lediglich auf 14,81 % des Jaufentals vor. Wesentliche Unterschiede ergeben sich auch noch in den Klassen 2-2,5 mit einem Flächenanteil von 29,30 % im Ratschingsertal und 35,74 % im Jaufental, sowie in der Klasse 4-4,5 in welche 22,99 % der Fläche des Ratschingsertals und nur 16,66 % der Fläche des Jaufentals zugeteilt wurden.

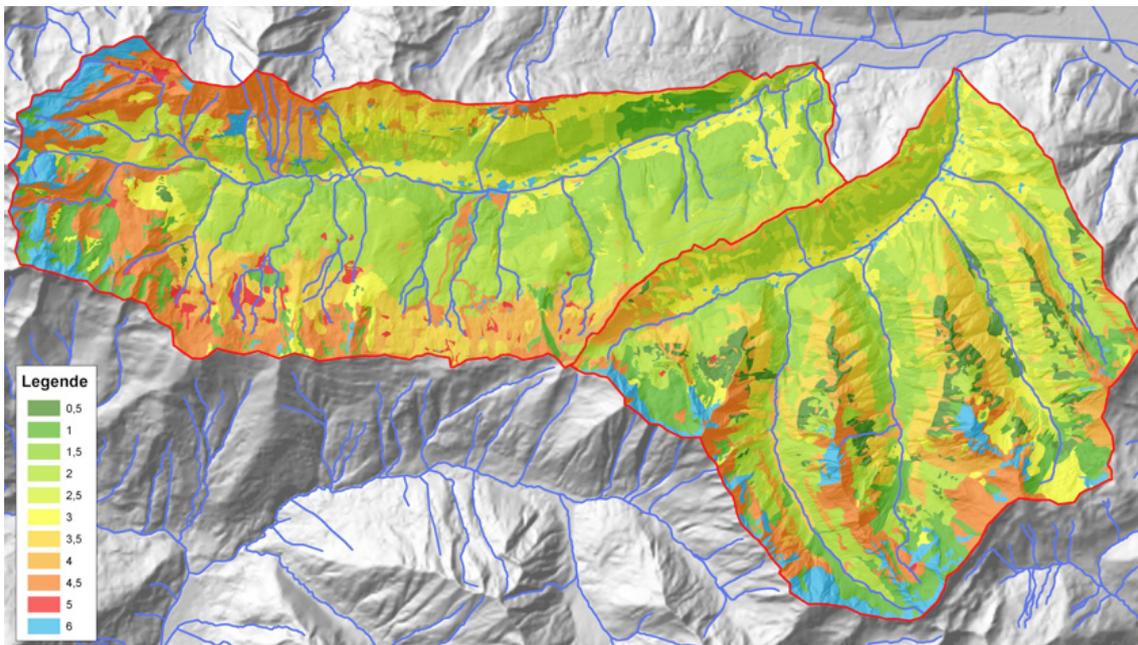
Betrachtet man die einzelnen ausgewiesenen Unterklassen so erklärt sich der im Verhältnis zum Ratschingsertal (0,17 %) hohe Flächenanteil an der Klasse 0,5 im Jaufental (6,10 %) durch die dort viel häufigeren Vorkommen der Lockersedimentstandorte. Die Lockersedimentstandorte, sowie Block- und Hangschuttstandorte, sind hier tiefgründig und kommen sowohl vegetationslos, als auch mit initialer Vegetation vor. Auch Lockersedimentstandorte mit dichter Rhododendren- und Vaccinienvvegetation sind häufig.

Im Gegensatz dazu steht die im Ratschingsertal vermehrt auftretende Abflussklasse 4,5. Diese kommt auf 15,78 % der Einzugsgebietsfläche vor, während sie im Jaufental nur auf 8,28 % der Fläche vertreten ist. Eine Erklärung hierfür liefern die im Ratschingsertal großflächig vorkommenden alpinen Rasenstandorte mit flachgründigen Böden oder mit ihrem Vorkommen auf subanstehenden Fels. Dies führt zu einem raschen und sehr hohem Abflussverhalten.

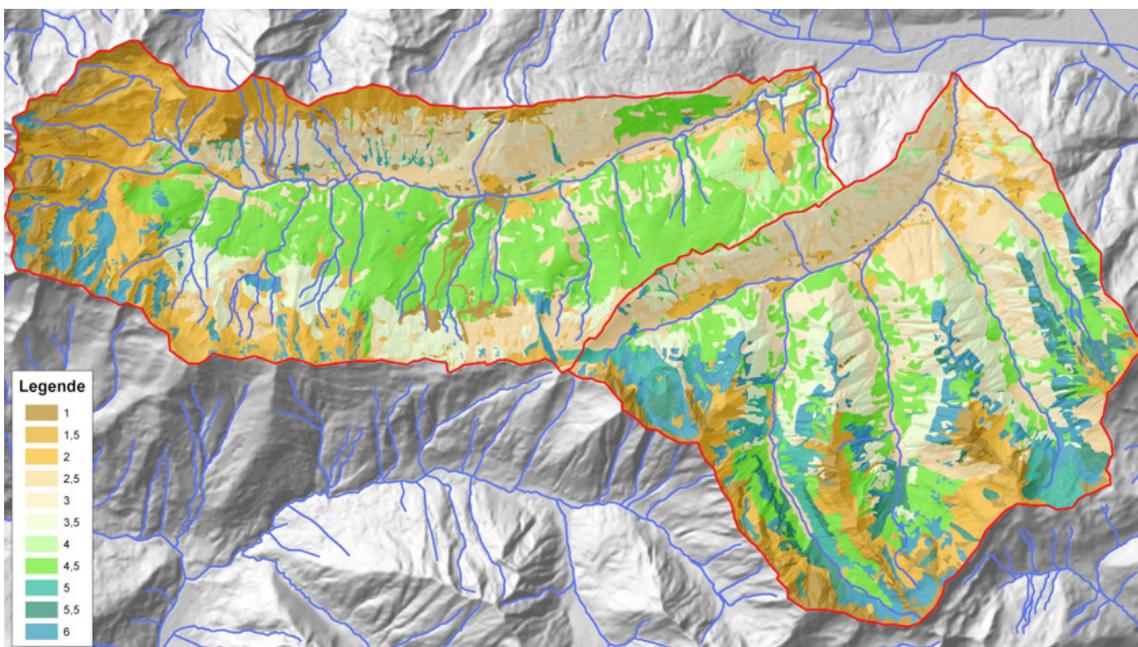


Abflussklassenbeiwert	Oberflächenabfluss in % des Niederschlags
0	0
1	>0-10
2	11-31
3	31-50
4	51-75
5	>75
6	100 (vernässte, versiegelte Flächen)

Abflussbeiwertklassen nach MARKART et al.					Rauigkeitsklasse nach MARKART et al.				
Klasse	Ratschingsertal		Jaufental		Klasse	Ratschingsertal		Jaufental	
	m²	%	m²	%		m²	%	m²	%
0	0	0,00	0	0,00	1	3.368.924	7,13	2.505.832	5,78
0,5	81.801	0,17	2.644.938	6,10	1,5	4.620.367	9,78	2.479.353	5,72
1	2.899.483	6,14	3.823.542	8,82	2	6.762.988	14,32	3.183.888	7,34
1,5	6.807.717	14,41	2.599.656	5,99	2,5	6.064.847	12,84	6.939.414	16,00
2	11.460.355	24,27	12.088.297	27,87	3	5.515.152	11,68	6.768.263	15,60
2,5	2.374.828	5,03	3.414.018	7,87	3,5	3.487.639	7,38	4.692.418	10,82
3	5.465.766	11,57	4.366.617	10,07	4	1.377.120	2,92	688.341	1,59
3,5	3.793.141	8,03	4.676.560	10,78	4,5	13.231.299	28,02	7.097.924	16,36
4	3.405.517	7,21	3.635.775	8,38	5	371.703	0,79	2.022.465	4,66
4,5	7.454.115	15,78	3.590.438	8,28	5,5	54.836	0,12	2.325.785	5,36
5	822.945	1,74	27.322	0,06	6	2.372.407	5,02	4.669.313	10,77
5,5	0	0,00	0	0,00					
6	2.661.615	5,64	2.505.832	5,78					



Abflussbeiwertklassen nach MARKART et al. 2004 (siehe Anhang 3.2)



Rauigkeitsklassen nach MARKART et al. 2004 (siehe Anhang 3.3)



Bei der Zuteilung der Rauigkeitsklassen auf die Fläche wurde gleich vorgegangen wie bei den Abflussklassen. Aufgrund der meist nicht rein vorkommenden Boden- und Vegetationsstandorte wurden nicht nur ganze, sondern auch Unterklassen vergeben.

Fasst man diese wiederum in ganze Klassen zusammen so ergibt sich folgendes Bild:

<b>Rauigkeitsklassen nach MARKART et al.</b>				
<b>Klasse</b>	<b>Ratschingsertal</b>		<b>Jaufental</b>	
	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>%</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
1-1,5	7.989.291	16,91	4.985.185	11,55
2-2,5	12.827.835	27,16	10.123.302	23,34
3-3,5	9.002.791	19,06	11.460.681	26,42
4-4,5	14.608.419	30,94	7.786.265	17,95
5-5,5	426.539	0,91	4.348.250	10,02
6	2.372.407	5,02	4.669.313	10,77

Ein deutlich höheres Vorkommen größerer Rauigkeitsklassen lässt sich im Jaufental erkennen. So kommt auf rund 20,79 % der Fläche eine Rauigkeitsstufe von 5 oder mehr vor, während im EZG des Ratschingserbaches lediglich 5,93 % der Einzugsgebietsfläche dieser Stufe zugeordnet werden. Dieser Unterschied lässt sich aufgrund der im Jaufental vermehrt vorkommenden Latschen- und Krummholzstandorte, der Grünerlenstandorte und der Rhododenrendstandorte erklären. Die Flächen mit mittlerer Rauigkeitsklassen zwischen 2,5 und 4,5 liegen vorwiegend in den Waldbereichen. Hier ist anzumerken, dass besonders im Ratschingsertal, in den schattseitigen Waldstandorten eine erhöhte Rauigkeit vorkommt. Die dortigen Waldtypen treten häufig mit einem dichten Unterwuchs an Vaccinien auf und prägen daher deutlich die Rauigkeitsklasse 4,5.



## 11 ERKENNTNISSE ZUR NIEDERSCHLAGS-ABFLUSSDYNAMIK IM FELD

Folgende Erkenntnisse konnten aus den Feldbegehungen, Kartierungen und den Standortanalysen direkt im Feld gewonnen werden und spiegeln sich auch in den Abflussprozesskarten und Abflusstypenkarten Nach SCHERRER, der Bodenspeicherkarte nach SCHMOCKER-FACKEL als auch in der Abflussbeiwertkarte und der Rauigkeitskarte nach MARKART et al. wieder.

### 11.1. Ratschingsertal

Die Südflanke des Ratschingsertals weisen im Schnitt sehr steile Neigungsverhältnisse von weit über 60 % auf. Die Böden hier sind flachgründig und die Bereiche oberhalb der Waldgrenze von einem geringmächtigen Moränenschleier abgedeckt. Darauf befinden sich ehemalige Almmäher. Mit steigender Seehöhe folgen darauf Standorte alpiner Rasengesellschaften und Bürstlingsrasen auf Fels, welche in den höher gelegenen Kambereichen in Hangpartien mit nacktem Fels übergehen. Um den Gipfel des Mareiter Steines tritt ein Marmorzug an die Oberfläche, welcher eine gewisse Karsterscheinung im Bezug auf das Niederschlags-Abflussverhalten erwarten lässt. Im äußeren Teil des orographisch linken Einzugsgebietes des Ratschingsertals wird diese Erscheinung des Versickerens der Niederschlags- und Oberflächenwasser als wesentlich für die Niederschlag-Abflussdynamik betrachtet.

Die übrige Flanke der orographisch linken Seite des EZG entwässert aufgrund der Steilheit des Geländes und der Flachgründigkeit der Böden, der entsprechenden Vegetationsbedeckung und der Felsbereiche zügig in die zahlreichen Gräben und Vorfluter. Die Waldbereiche entlang dieser Talseite bilden zwar einen Puffer und halten die Niederschlagswasser aufgrund des erhöhten Interzeptionsvermögen und der tiefgründigeren Böden besser zurück, jene Niederschläge allerdings, die oberhalb der Waldgrenze fallen, gelangen bereits dort in die Vorfluter und können beim Durchfließen der Waldstandorte nicht mehr rückgehalten werden. In diesem Zusammenhang ist auch eine Zunahme der Gerinnetichte gegen den orographisch linken hinteren Teil des Einzugsgebietes zu erwähnen, welcher diese Theorie stützt.

Der westliche oder hintere Teil des Einzugsgebietes des Ratschingsertals hat hochalpinen Charakter und es wechseln über weite Strecken Felsstandorte mit Blockschutt- und Hangschutt sowie alpine Rasen und Bürstlingsrasen auf Fels ab. Mit Ausnahme der Blockstandorte, die in ihrer tiefgründigen Ausprägung im Stande sind, Niederschläge zwischenspeichern, begünstigen die restlichen Standorte hingegen den raschen Abfluss eines großen Teils des Niederschlags. In der Almregion um die Klammalm treten ausgeprägte Moränenlandschaften in den Vordergrund, deren Böden als tendenziell dicht angesprochen werden. In diesen Bereichen treten unregelmäßig über die Almflächen verteilt bereits erste Feuchtfelder in Erscheinung. Die Schattseite des Ratschingsertals ist geprägt durch einen breiten Waldgürtel mit hoher In-



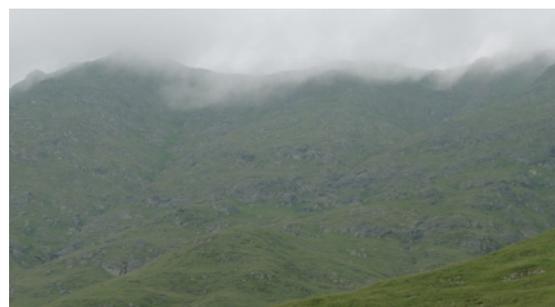
terzeptions- und Retentionswirkung gegenüber fallenden Niederschlägen. Die Bodenvegetation in diesen Waldtypen ist großflächig geprägt durch Vacciniengesellschaften, welche gegen die obere Waldgrenze hin von Rhododendren abgelöst werden. Die dadurch erhöhte Rauigkeit der Oberfläche verzögert den Oberflächenabfluss. Oberhalb der Waldgrenze beginnt ein ausgeprägter Almgürtel, welcher entlang der gesamten Nordhänge der orographisch rechten Seite des EZG bis in die Kammregionen reicht. Die Almen sind geprägt durch eiszeitliche Moränenablagerungen unterschiedlicher Mächtigkeit, auf denen sich tendenziell dichte Böden entwickelt haben. Entlang eines Höhengürtels zwischen 1.800 und 2.200 Meter Seehöhe treten gehäuft Feuchtfelder auf. Besonders die Feuchtfelder fördern eine rasche Umwandlung der Niederschläge in Abfluss. Die Almstandorte auf den dichten Moränenböden erreichen eine mäßige Pufferwirkung bei kurzen intensiven Niederschlägen, welche sich jedoch bei langanhaltenden, extensiven Niederschlägen um eine Klasse erhöht und zu einem verzögerten Abfluss in Folge von sich sättigenden Flächen führt (SOF2). In beiden Fällen gelangen jedoch die Oberflächenabflüsse noch vor Erreichen der Waldgrenze in die Vorfluter und fließen ungehindert weiter ab. Bei lange anhaltenden extensiven Niederschlägen erhöht sie in diesen Bereichen jedoch das Rückhaltevermögen der Böden um eine Klasse, das Niederschlagswasser kann hier länger zurückgehalten werden.

Im äußeren Bereich auf der Schattseite des Einzugsgebietes befindet sich das Schigebiet Ratschings. Neben den zu erwartenden mittleren bis hohen Abflüssen entlang der Schipisten – eine Annahme, welche durch die Aufnahmen an den Sondierstandorten bestätigt werden konnte – wurden durch Planien oberhalb der Waldgrenze im Bereich der Almen mehrere unterirdische Wasserläufe angeschnitten. Diese treten an vielen Stellen entlang der Oberseite der Schipisten in Form von Quellen an die Oberfläche und werden so rasch den Vorflutern zugeführt.

Die im Ratschingsertal gewonnenen Eindrücke werden durch die Aufnahmen an den Sondierstandorten durchwegs bestätigt und spiegeln sich auch in den einzelnen erstellten Karten zu den Themen Abflussklasse, Abflusstyp, Abflussbeiwert, Bodenspeicherklasse und Oberflächenrauigkeit wieder. Ein ergänzendes Gespräch mit Sachverständigen der Abteilung Wasserschutzbauten der Provinz zum Verhalten der beiden untersuchten Wildbäche bestätigt diese Eindrücke.



Marmorband am Mareiter Stein



Mit alpinen Rasen bewachsene Felspartien unter der Hohen Ferse



## 11.2 Jaufental

Das Jaufental untergliedert sich sehr charakteristisch in ein von West nach Ost verlaufendes Haupttal und in vier von Süd nach Norden verlaufende Nebentäler.

Die Südhänge des Haupttales sind ebenso wie im Ratschingsertal sehr steil und weisen durchschnittlich Neigungen weit über 60 % auf. Die Hänge sind bis an die Kammlinie und Einzugsgebietsgrenze mit dem Ratschingsertal bewaldet und lediglich am Kammrücken befinden sich ehemalige Almweiden und Mähder. Aufgrund der Steilheit des Geländes und der mittelgründigen Böden, der trockenen bis mäßig frischen Standorte tragen diese Hangpartien zu einem leicht verzögerten bis verzögerten Abfluss bei. Etwas rascher kommt es zum Oberflächenabfluss entlang des Kammrückens. Wie auch die Morphologie zeigt, sammelt sich das Wasser kaum in Gräben und Vorflutern, welche auch nur sehr vereinzelt entlang dieser Seite vorkommen.

Von weit höherem Interesse sind die Standort- und Bodenverhältnisse bezüglich ihres Niederschlag-Abflussverhaltens in den einzelnen südlichen Seitentälern. Allgemein sind es sehr schroffe Täler mit steilen Seiteneinhängen, von vielen Gräben und Lawinenbahnen durchzogen, die einen nicht zu vernachlässigenden Anteil an bestockten Felsen, alpinen Rasen auf Fels und Bürstlingsrasen auf Fels in den Kamm- und Gipfelregionen besitzen. Diese Kamm- und Gipfelregionen charakterisieren die höchsten Zonen dieser Subeinzugsgebiete und führen rasch zu hohen Oberflächenabflüssen. Ein weiteres Charakteristikum dieser Täler sind die ausgedehnten Almflächen, welche in den steileren Mittelhanglagen oft dicht mit Alpenrosen bestockt sind. Entlang der Unterläufe der Seitengräben in den einzelnen Tälern befinden sich oft Schuttfächer. Große Lockersedimentflächen ohne Vegetation, mit initialer Vegetation oder bewachsen mit Rhododendren und Heidelbeeren befinden sich in den hintersten Einzugsgebietsflächen der Seitentäler unterhalb der Gipfel und der Felsbänder. Diese Flächen sorgen für ein gutes Eindringen der Niederschläge in den Untergrund und verzögern wesentlich die Abflussbildung an der Oberfläche. Allgemein kann festgehalten werden, dass der alpin bis hochalpine Charakter der Seitentäler gegen Westen hin zunimmt.

Das Gospeneidertal ist das äußerste dieser Seitentäler und gemeinsam mit dem Seiterbergtal in seinem Niederschlagsabflussverhalten sehr verschieden im Vergleich zu den beiden darauffolgenden Tälern, dem Sennerbergtal und dem Ontrattal. In diesen beiden ersten Tälern dominieren noch die Waldstandorte bis in die Kammregion und nur die hinteren Regionen um den Zinseler, die Röthen- und die Etschenspitz liegen oberhalb der Waldgrenze und beherbergen alpine Rasengesellschaften auf Fels und Felspartien. Mit Ausnahme der Etschspitze erreicht die Beweidung hier eine Ausdehnung bis in die höchsten Regionen dieser beiden Täler und ist geprägt durch eine Wechselfolge an Bürstlingsweideflächen, alpinen Rasen, Rhododendren und Heiderbeerstandorten, welche sehr gemischt auf der Fläche und sowohl auf flachgründigen Böden, als auch auf Moränenstandorten und tiefgründigen Block- und Hangschuttfächen vorkommen. Letztere prägen besonders in den hinteren Talkesseln das Erscheinungsbild und beeinflussen durch eine verzögerte und verminderte Abflussbildung bei Niederschlagsereignissen die Abflussdynamik. Auch hier entsprechen die Feldaufnahmen den Beobachtungen.



Die beiden nächsten Täler, das Sennerbergtal und das Ontratttal sind in ihrem inneren Verlauf charakterisiert durch lange, flache Almböden (Umlagerungsstrecken), auf die links und rechts vom Talgrund gut bewachsene Schutthänge und Schwemmgekel folgen. Darüber schließt jeweils ein mehr oder weniger breites, mit Grünerlen, Latschen, Fichten, Lärchen und Zirben bestocktes Felsband an. Über diesen Felsbändern folgen erneut mit Rhododendren und Heidelbeere gut bewachsene Hangschuttflächen, worauf die Gipfelregionen bestehend aus alpinen Rasen auf Fels und nacktem Fels anschließen. Diese Hangschutt und Schwemmschuttstandorte bilden einen Rückhalt für die von den oberhalb stehenden Felsen abfließenden Niederschlagswasser. Diese Erkenntnis wird durch die Beobachtung gestützt, dass nur die allerwenigsten der wasserführenden Seitengräben den Vorfluter erreichen. Das Wasser der meisten von ihnen versickert vorher in den Lockersedimentstandorten. Da auch keine Hinweise in Form von stummen Zeugen auf ein Abfließen an der Oberfläche hindeuten, kann angenommen werden, dass diese Flächen auch bei Bemessungsniederschlägen nur in sehr geringem Ausmaß zum Abfluss beitragen.

Entlang des hinteren Talgrundes im Ontratttal verläuft das Wasser entlang des Vorfluters unterirdisch und tritt erst am Fuß der Innerochsenalm auf einer Höhe von 1.713 m als Ontrattbach an die Oberfläche. Auch entlang des Laufes des Sennerbergbaches ist ein Versickern des Wassers im Vorfluter auf einer Strecke von rund 450 m zwischen der Sennerbergalm und der Similealm zu beobachten. In beiden Fällen ist jedoch ein ausgeprägtes Gerinnebett vorhanden. Ebenso wie im Ratschingsertal stimmen auch hier die Ergebnisse der Standortsondierungen mit den Beobachtungen im Feld sehr gut überein.



Silikat-Lärchen-Zirbenwald mit Rostroter Alpenrose auf Blockstandort



Hangzerreißung entlang des Kamms am Mandelseitjoch

### 11.3 Schlussfolgerung des Niederschlag-Abflussverhaltens beider Einzugsgebiete

Die im Feld durch Sondierungen, Kartierungen, Beobachtungen und Analyse der geomorphologischen, geologischen, pedologischen und vegetationstechnischen Standortverhältnisse gewonnenen Erkenntnisse führen zu folgendem Ergebnis.

Im Einzugsgebiet des Ratschingserbachs kommt sowohl bei kurzen intensiven als auch bei langen anhaltenden extensiven Niederschlägen mehr Niederschlagswasser rascher zum Abfluss, als im Einzugsgebiet des Jaufentalbachs.



## 12 GEGENÜBERSTELLUNG DER FELDAUFNAHMEVERFAHREN NACH SCHERRER UND NACH MARKART ET AL

### 12.1 Prozess-Beurteilungsschema nach SCHERRER 2006:

Die Aufnahmemethode nach SCHERRER 2006 ist unseres Erachtens für alpine Einzugsgebiete nur schwer anwendbar. Zur Erstellung einer Abflussprozesskarte und zur anschließenden Modellierung mit dem Programm Qarea sind eine Bodenkartierung im entsprechend detaillierten Maßstab sowie eine geologische und/oder abgedeckte geologische Karte erforderlich. Die geologischen Karten sind für die beiden Einzugsgebiete des Ratschingserbachs und des Jaufentalbachs nur in einem Maßstab 1:100.000 als JPG-Dateien und in einem Maßstab 1:75.000 als SHP-Files verfügbar. Während die geologische Karte des Servizio Geologico Nazionale 1:100.000 aufgrund des Dateiformates nicht weiter verarbeitbar ist, hat die Überprüfungen der geologischen Karte 1:75.000 im Feld ergeben, dass sie erhebliche Fehler in der Lagerichtigkeit der ausgewiesenen stratigraphischen Einheiten aufweist. Eine Bodenkarte für beide Einzugsgebiete liegt nicht vor und kann im Rahmen dieses Projektes im entsprechenden Maßstab aufgrund des unverhältnismäßig hohen Aufwandes über Kartierungen nicht erstellt werden. Auch eine automatisierte Herleitung einer Bodenkarte über ein GIS-System steht in keinem Verhältnis zum Aufwand. Eine solche Vorgehensweise erfordert unter anderem Modellierungen der Sedimentströme und der Erosion und müsste im Anschluss daran immer noch einer genauen Überprüfung und Eichung im Feld unterzogen werden.

Einer der wesentlichen Eingangsparameter in das Prozess-Beurteilungsschema nach SCHERRER ist die Gründigkeit der Böden. Umfangreiche Felderhebungen im Zuge dieses Projektes sowie die angereicherte Erfahrung aus einer Reihe vorangegangenen Projekte (Waldtypisierung, Gewinnung von Lehrprofilen für die Forstschule Latemar, Hydrogeologische Gutachten, ...) führten zur Erkenntnis, dass die Gründigkeit der Böden in den alpinen Tälern kleinräumig variiert und innerhalb weniger Meter von flach über mittel bis tiefgründig reicht. Aufgrund der großen Bedeutung dieser Eingangsgröße in das Prozess-Beurteilungsschema liegt hier ein großes Fehlerpotential nicht in der Ansprache am Sondierstandort, sondern in der Umlegung der am Sondierstandort gewonnenen Erkenntnisse auf die Fläche. So ergeben Unterschiede in der Ansprache der Gründigkeit von <30 cm, <50 cm, <1,0 m, >1,5 m gänzlich unterschiedliche Abflussklassen und können somit zu unterschiedlichen Intensitäten des Abflussprozesse führen. Eine große Schwierigkeit liegt auch in der Ansprache der Makroporosität am Sondierstandort. Diese stellt je nach Standort (Wald, Grünland Wiese, Ackerland) eine wesentliche Entscheidungsgrundlage im Prozess-Beurteilungsschema dar. Eine Anwendung des von Scherrer 2006 vorgeschlagenen Aufnahmeverfahrens zur Ermittlung der Makroporosität gestaltet sich nach den praktischen Erfahrungen bei den rund 100 Standortaufnahmen als sehr schwer und es wird angenommen, dass die Ergebnisse mit einer entsprechend großen Fehlerbehaftung verbunden sind.



Im Zuge des Studiums und der Anwendung des „Bestimmungsschlüssels zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen“ muss bemerkt werden, dass eine sehr differenzierte und fein aufgeschlüsselte Analyse der Bodenparameter verlangt wird. So erfordert die Ansprache der Hydrophobie das Treffen einer Auswahl unter fünf unterschiedlichen Stufen, die Einteilung der Matrixdurchlässigkeit erfolgt über die Zuweisung einer von vier möglichen Stufen. Der Entscheidungsbaum im Prozess-Beurteilungsschema lässt jedoch stets nur eine ja/nein Entscheidung zu. Die vorher erhobenen Daten spiegeln somit eine Genauigkeit vor, die bei der anschließenden Anwendung des Prozess-Beurteilungsschemas gutachterlich und dem Gesamteindruck folgend einer ja/nein-Entscheidung zugeführt werden müssen.

Im Gesamten wird festgestellt, dass die Anwendung des Bestimmungsschlüssels zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen ein sehr hohes Sachwissen an Bodenkunde voraussetzt. Es eignet sich sehr wohl zu wissenschaftlichen Zwecken und zum fundierten Verständnis der Standortcharakteristika und Abläufe bezüglich des Infiltrations- und Abflussverhaltens vor Ort. Zur Anwendung an alpinen Einzugsgebieten wie jene des Ratschingsertals und des Jaufentals ist die Methode jedoch in ihrer Anwendung äußerst aufwendig, bzw. aufgrund der fehlenden Bodenkarte nicht anwendbar. Die Ergebnisse sind somit mit einer hohen Fehlerwahrscheinlichkeit verbunden.

## 12.2 Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes nach MARKART et al 2004:

Die Anwendung dieses Aufnahmeverfahrens zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden/-Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen nach MARKART et al. 2004 erfordert eine zwar nicht wesentlich geringe Anzahl an Grundlagendaten, doch sind nicht vorhandene Grundlagendaten mit verhältnismäßigem Aufwand zu erarbeiten (Kartierung der Standorteinheiten). Ein Vorteil der Feldmethode nach Markart et al. 2004 ist die Ansprache lediglich der ersten 20 cm des Mineralbodens (Eine in diesem Projekt nicht zur Anwendung gebrachte Erweiterung des Aufnahmeschlüssels von HEMUND et al. 2011 betrachtet den Boden bis zu einer Tiefe von 60 cm). Dadurch wird die Ansprache der Böden erheblich verkürzt. Auf eine flächendeckende Bodenkarte unter Angabe detaillierter Informationen zur Gründigkeit kann für die Bewertung der Abflussbeiwerte somit weitestgehend verzichtet werden, auch wenn sie von Vorteil wäre.

Aufgrund der für ganz Südtirol vorliegenden Waldtypisierung und der dort detailliert beschriebenen Standortsansprüche der Waldgesellschaften (Klima, Boden, Geologie, Hangneigungen, Expositionen, Relief, Feuchtestufe) und einer entsprechenden vorhandenen Kartierung dieser potentiellen Standorte, liegen somit fundierte Erkenntnisse dieser Standorte vor und es lassen sich für die beiden Einzugsgebiete des Ratschingerbachs und des Jaufentalbachs, die eine gesamte Waldfläche von 44,79 km<sup>2</sup> aufweisen, bereits rund 50 % der Einzugsgebietsflächen beschreiben.



Für sämtliche anderen Standorte müssen die Karten zu den Vegetationseinheiten erst erstellt werden. Hierfür ist ein fundiertes Sachwissen zur Standortkunde erforderlich. Insbesondere die Flächeneinheiten oberhalb der Waldgrenze spielen aufgrund ihrer Heterogenität und ihrer flächenmäßig bedeutenden Ausdehnung eine wesentliche Rolle. Eine Hilfe bei der Kartierung bilden hier die für die gesamte Provinz vorliegenden hochauflösenden Orthofotos, die eine detaillierte Kartierung wesentlich erleichtern.

### 12.3 Synopsis Scherrer und Markart

Da im Zuge des Projektes an sämtlichen Sondierstandorten beide Verfahren angewandt wurden und sowohl die Bodenparameter nach SCHERRER als auch die Boden-/Vegetationsparameter nach MARKART erhoben wurden kann dementsprechend eine Gegenüberstellung beider Methoden erfolgen.

Die Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen nach MARKART et al. 2004 ist nach dreiwöchiger Erprobung im Feld unseres Dafürhaltens die geeignetere Feldmethode zur Analyse der hydrologischen Eigenschaften eines alpinen Einzugsgebietes im Gelände. Das Erheben der Sondierstandorte mit den angeführten Aufnahmeschlüsseln gestaltet sich praktikabel und ökonomisch. Das Kartieren der Standortseinheiten außerhalb der Waldgebiete schreitet bei ausreichend vorhandenem Sachwissen zur Standortkunde gut voran, sodass auch größere Einzugsgebiete in dieser Form bearbeitet werden können.

Die Anleitung zur Erhebung der Sondierstandorte nach SCHERRER 2006 ist nach eingehender Anwendung im Gelände kaum umsetzbar. Manche für das Prozess-Beurteilungsschema maßgebliche Parameter lassen sich nur schwer und mit einer hohen Fehlerwahrscheinlichkeit erheben. Das Fehlen einer geologischen Karte sowie einer Bodenkarte im entsprechenden Maßstab erfordert für die Umlegung der an den Sondierstandorten gewonnenen Erkenntnisse entweder das Erstellen einer detaillierten Bodenkarte für jedes einzelne Einzugsgebiet oder eine exponentielle Steigerung der Anzahl der Sondierstandorte. Beides ist mit vertretbarem Aufwand im Zuge solcher oder ähnlicher Projekte nicht umsetzbar.

Da nicht nur für die hydrologische Ansprache von Standorten, sondern auch für die gesamte Land- und Forstwirtschaft, die Wildbachverbauung, den Zivilschutz, die Hydrographie, dem Geologischen Dienst, und unzählige weitere Dienste und Anwendungen eine detaillierte Bodenkarte von unermesslichem Wert ist, wird die Ausarbeitung einer selbigen in einem Maßstab von mindestens 1:25.000 dringend empfohlen.



## 13 Niederschlag/Abflussmodellierung

### 13.1 Allgemeins

Das Niederschlag-Abflussmodell Qarea, welches in der Ausschreibung empfohlen wird konnte nach mehrmaligen Versuch der Kontaktaufnahme mit dem Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft der ETH Zürich nicht für vorliegendes Projekt erhalten werden.

Die Niederschlag/Abflussmodellierung sollten mit einem Modell welches die erhobenen Bodeneigenschaften berücksichtigen durchgeführt werden. Man entschied sich für das Excel-Programm ZEMOKOST.

Zur Durchführung der Berechnungen wurden folgende von der Autonomen Provinz Bozen Südtirol zur Verfügung gestellten Daten verwendet:

Pegeldaten am Ratschingser- und Jaufentalbach ab dem Jahre 2005 bis zum August 2014;

Niederschlagsdaten von den Messstationen in Sterzing, Ridnaun, Pflersch, Sarnthein, Platt bzw. St. Leonhard i.P.;

Temperaturdaten der Messstation am Jaufenhaus;

Die N/A –Modellierung wurde getrennt am Jaufentaler- und Ratschingserbach durchgeführt

### 13.2 Zemokost

Das Excel-Programm ZEMOKOST 2.0 wurde im Institut für Naturgefahren und Waldgrenzregionen des BFW entwickelt und getestet; es ermöglicht eine Abschätzung des Bemessungsabflusses mittels Faustformeln und Modellen. Anhand nachvollziehbarer, einfach zu erhebender Parameter werden die Hochwasserganglinien für die Bemessung berechnet und visualisiert.

ZEMOKOST ist ein modifiziertes Laufzeitverfahren. Die zugeführte Niederschlagsmenge erzeugt für definierte Teileinzugsgebiete Abflussganglinien, die anhand ihrer Fließzeiten (Laufzeiten) an der Oberfläche und im Gerinne berechnet werden können. Die abflusswirksame Regenmenge ergibt sich aus dem Produkt von Abflussbeiwert und gesamter Niederschlagsmenge. Mit gängigen Fließformeln (IZZARD-Formel für den Oberflächenabfluss, MANNING-STRICKLER für den Gerinneabfluss) werden die Laufzeiten berechnet.

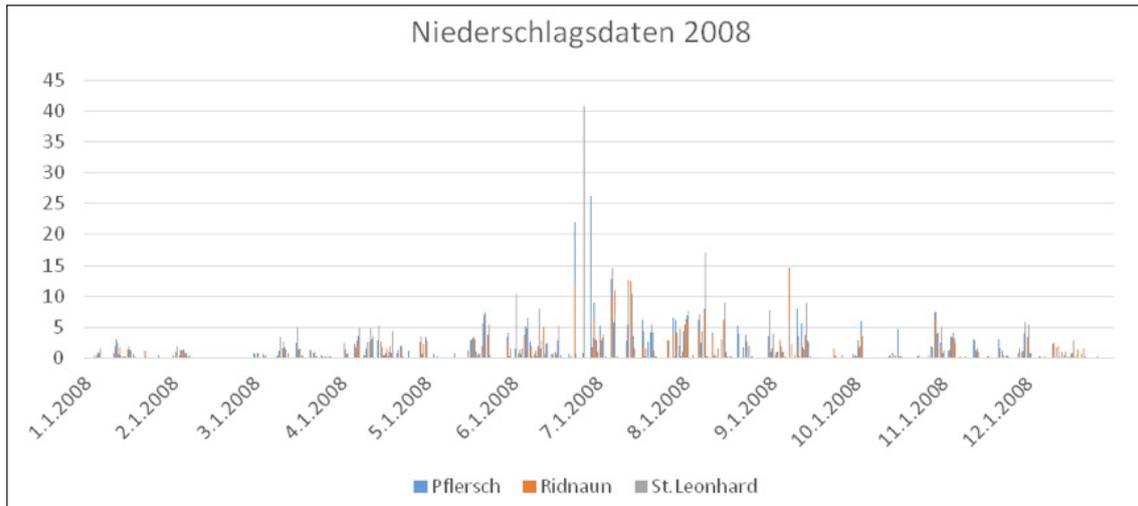
Niederschlagsdaten als wichtige Einflussgrößen

Der Niederschlag ist die entscheidende Steuergröße für hydrologische Prozesse in Wildbacheinzugsgebieten. Niederschlagswerte sind jedoch Schätzwerte mit mehr oder weniger großen Messfehlern. Innerhalb der Teileinzugsgebiete können die Auswirkungen von Speicher- oder Retentionswerken berücksichtigt, am Pegel selbst kann der Staubedarf einer gewählten Durchlassmenge kalkuliert werden.



### 13.3 Auswertung und Analyse der Messdaten und Messreihen

Die vorliegenden gemessenen Daten wurden untersucht und ausgewertet. Es wurden Niederschlags- und Abflussdiagramme erstellt und übereinandergelegt, um Zusammenhänge bereits im Vorfeld definieren zu können.



Jährlich gemessene Niederschlagsdaten in den Messstationen von Pflersch, Ridnaun und St. Leonhard

Es wird angemerkt, dass aufgrund der Schneeschmelze die Pegel an beiden Bächen bis ca. Mitte - Ende Juni beeinflusst werden können.

Es wurden die Ganglinien des Jaufentaler- und Ratschingserbaches analysiert und folgende Abflussereignisse zur Kalibrierung festgelegt

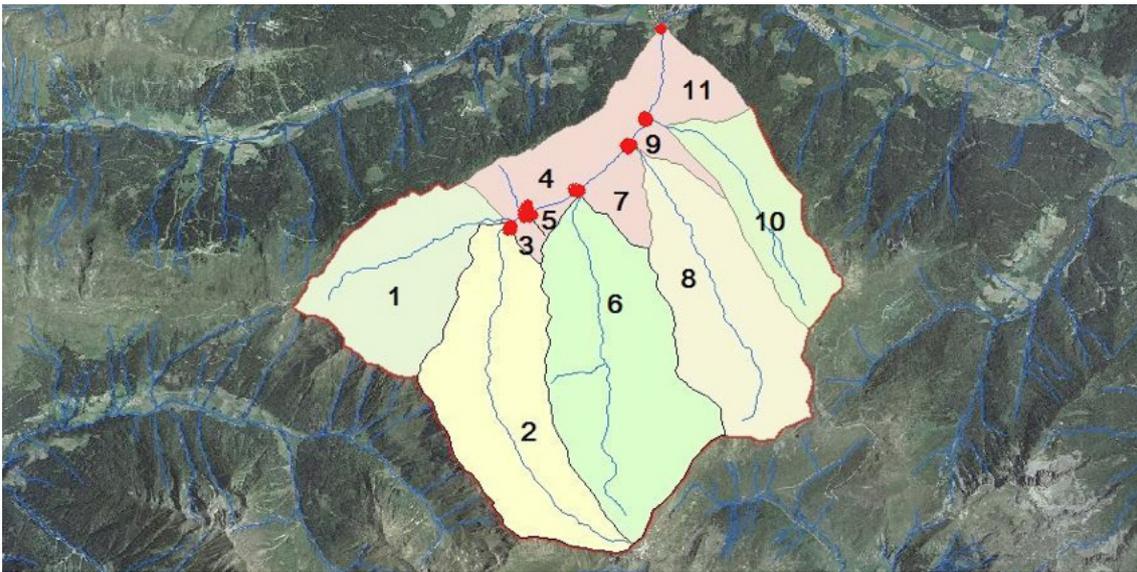
- Abflussereignis vom 27.6-10.07.2008;
- Abflussereignis vom 15.07.-27.07.2009

Zur Abflussvalidierung wird das Abflussereignis vom 13. August 2014 herangezogen.

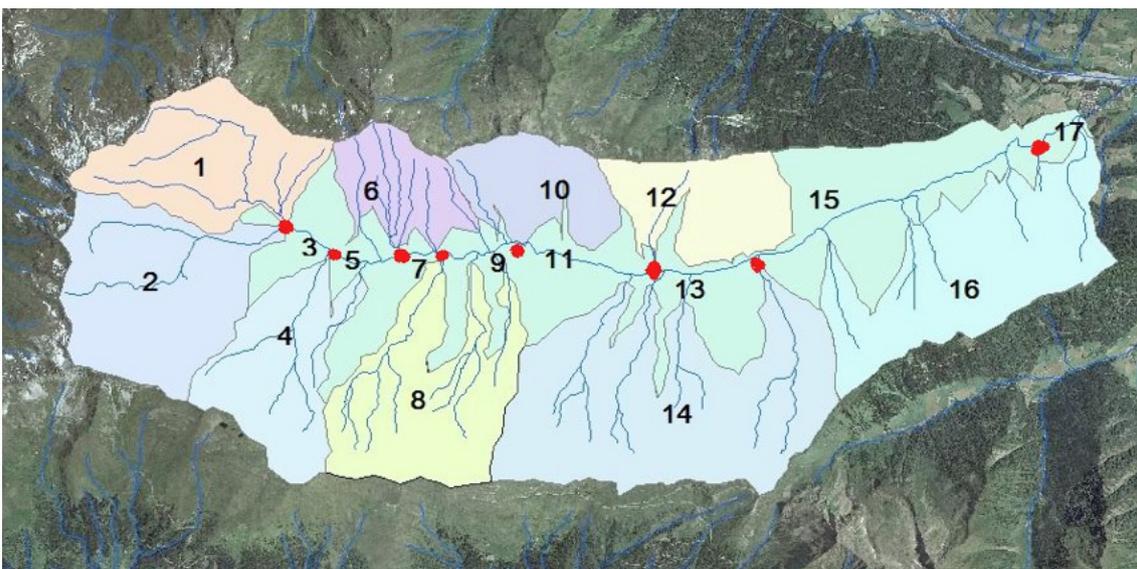
## 14 Niederschlag und Abflussmodellierungen

Das Einzugsgebiet des Jaufentaler- und das Ratschingsertal wurden in Untereinzugsgebiete unterteilt:

Das Einzugsgebiet des Jaufentalerbaches wurde in 11 Untereinzugsgebiete und jenes des Ratschingerbaches in 17 unterteilt.



Unterteilung des Einzugsgebiete des Jaufentalerbaches in 11 Untereinzugsgebiete

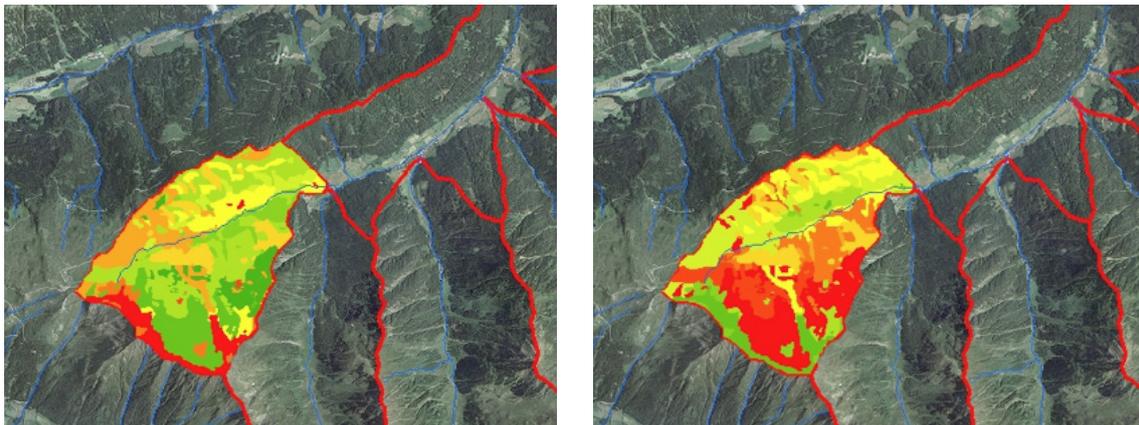


Unterteilung des Einzugsgebiete des Ratschingerbaches in 17 Untereinzugsgebiete



Mittels GIS Auswertung wurden die Flächen der Abflusskoeffizienten und der Rauigkeitsklassen pro Untereinzugsgebiet definiert und die jeweiligen Flächen mit den entsprechenden Prozentsätzen festgelegt.

Diese Werte wurden ins Programm ZEMOKOST eingegeben.



Untereinzugsgebiet mit den jeweiligen Flächen der Abflussbeiwertklassen und der Rauigkeitsbeiwerten (rot bedeutet Oberflächenabfluss)

Neben den Bodeneigenschaften fließen ins Programm Topografische Kennwerte, Parameter zum Gerinne, Werte zum Zwischenabfluss und der Niederschlag ein.

	0-0,5	1-1,5	2-2,5	3-3,5	4-4,5	5-5,5	6
JaufenEZG3	0,0035	0,0441	0,6507	0,2779	0,0071	0,0000	0,0168
JaufenEZG6	0,0839	0,1057	0,5270	0,1693	0,1142	0,0000	0,0060
JaufenEZG1	0,0783	0,2007	0,3422	0,2021	0,1743	0,0025	0,0794
JaufenEZG5	0,1340	0,1047	0,2782	0,3603	0,1229	0,0000	0,0386
JaufenEZG4	0,0759	0,2078	0,2242	0,1599	0,2460	0,0010	0,0851
JaufenEZG2	0,0535	0,1334	0,3133	0,1426	0,2301	0,0000	0,1272

Abflussbeiwerte für das EZG des Jaufentalerbaches;

	1	2	3	4	5	6
JaufenEZG3	0,0184	0,4804	0,3832	0,1095	0,0014	0,0071
JaufenEZG6	0,0054	0,1188	0,3412	0,1073	0,2366	0,1907
JaufenEZG1	0,0616	0,1094	0,2820	0,0996	0,2721	0,1753
JaufenEZG5	0,0391	0,0956	0,3048	0,1858	0,1700	0,2048
JaufenEZG4	0,0851	0,1820	0,2220	0,1220	0,2154	0,1735
JaufenEZG2	0,1272	0,1686	0,1356	0,1112	0,2824	0,1751

Abflussbeiwerte für das EZG des Jaufentalerbaches;



AKI	0-0,5	1-1,5	2-2,5	3-3,5	4-4,5	5-5,5	6
1 EZG	0,00	2,82	22,19	3,91	47,38	2,39	21,31
2 EZG	0,50	20,90	9,90	11,74	38,05	0,40	18,52
3 EZG	0,35	4,41	65,07	27,66	0,71	0,13	1,68
4 EZG	0,32	9,41	35,97	18,93	32,14	3,04	0,20
5 EZG	0,35	4,41	65,07	27,66	0,71	0,13	1,68
6 EZG	0,00	4,10	15,79	21,98	86,27	0,00	8,56
7 EZG	0,35	4,41	65,07	27,66	0,71	0,13	1,68
8 EZG	0,11	14,27	42,06	16,40	21,67	4,76	0,73
9 EZG	0,35	4,41	65,07	27,66	0,71	0,13	1,68
10 EZG	0,61	0,47	24,25	61,41	12,21	0,00	1,05
11 EZG	0,35	4,41	65,07	27,66	0,71	0,13	1,68
12 EZG	0,00	3,53	44,34	37,90	11,08	0,00	3,16
13 EZG	0,35	4,41	65,07	27,66	0,71	0,13	1,68
14 EZG	0,00	17,74	46,74	13,79	20,06	1,13	0,53
15 EZG	0,21	23,19	41,57	21,41	7,86	0,54	5,21
16 EZG	0,08	40,46	45,79	12,57	0,65	0,00	0,45
17 EZG	0,35	4,41	65,07	27,66	0,71	0,13	1,68

Abflussbeiwerte für das EZG des Ratschingsertal;

RKI	1	2	3	4	5	6
1 EZG	30,12	31,25	13,59	18,64	3,66	2,73
2 EZG	47,51	16,25	6,12	9,61	1,43	19,08
3 EZG	1,84	23,04	38,32	20,95	15,14	0,71
4 EZG	29,73	11,54	21,71	27,72	1,18	8,13
5 EZG	1,84	23,04	38,32	20,95	15,14	0,71
6 EZG	12,16	30,07	29,09	22,33	6,35	0,00
7 EZG	1,84	23,04	38,32	20,95	15,14	0,71
8 EZG	4,93	13,38	22,11	26,60	18,88	14,11
9 EZG	1,84	23,04	38,32	20,95	15,14	0,71
10 EZG	7,93	15,35	21,02	55,42	0,28	0,00
11 EZG	1,84	23,04	38,32	20,95	15,14	0,71
12 EZG	2,13	4,97	30,76	60,12	0,47	1,56
13 EZG	1,84	23,04	38,32	20,95	15,14	0,71
14 EZG	0,40	29,03	38,16	27,31	1,00	4,10
15 EZG	4,63	35,71	28,56	29,45	0,27	1,37
16 EZG	7,34	29,89	26,76	17,83	0,02	18,16
17 EZG	1,84	23,04	38,32	20,95	15,14	0,71

Abflussbeiwerte für das EZG des Ratschingsertal;

Die Niederschlag-Abflussmodellierungen wurden für den Ratschingser- und den Jaufentalerbach getrennt durchgeführt. Bei den Kalibrierungen wurde versucht zwei Niederschlag-Abflussereignisse zu kalibrieren. Es wurde versucht, die Kalibrierung anhand eines dritten Ereignisses zu validieren.

Es wird angemerkt dass im Programm ZEMOKOST eine gemessene Regenreihe von höchstens sechs Tagen berücksichtigt werden kann; daher wurden die oben angeführten zu kalibrierenden Ereignisse aufgeteilt und mittels mehreren Modellierungen durchgeführt. Bei der Kalibrierung wurde einerseits versucht die Abflussspitze eines Ereignisses zu erreichen andererseits auch deren Verlauf.

Der Ablauf der Kalibrierung lässt sich wie folgt zusammensetzen:

- A) Eingabe aller notwendigen und bekannten Parameter und Daten;
- B) Durchführung des 1. Modellierungsdurchganges;
- C) Vergleich der gemessenen Abflussdaten mit den berechneten Werten;
- D) Verbesserung des Resultats durch Anpassung und Änderung von Werten;



- E) Es folgen weitere Modellierdurchgänge bis zum Erreichen eines zufriedenstellenden Ergebnisses unter Berücksichtigung realistischer Werte.
- F) Ist ein zufriedenstellendes Ergebnis erreicht, wird mit diesem Modell ohne Abänderung der Werte ein weiteres Ereignis kalibriert;
- G) Wird ein Modell durch zwei Ereignisse kalibriert, wird dieses durch ein drittes validiert;

Die von den gegebenen Messstellen berücksichtigten Niederschlagsdaten spiegeln die Niederschlagssituation im Einzugsgebiet des Jaufentalerbaches nicht richtig wieder, da die Niederschläge im Talinneren und talauswärts zu unterschiedlich sind.

### **14.1 Ratschingserbach**

Am Ratschingserbach wurden folgende N/A Ereignisse kalibriert bzw. validiert:

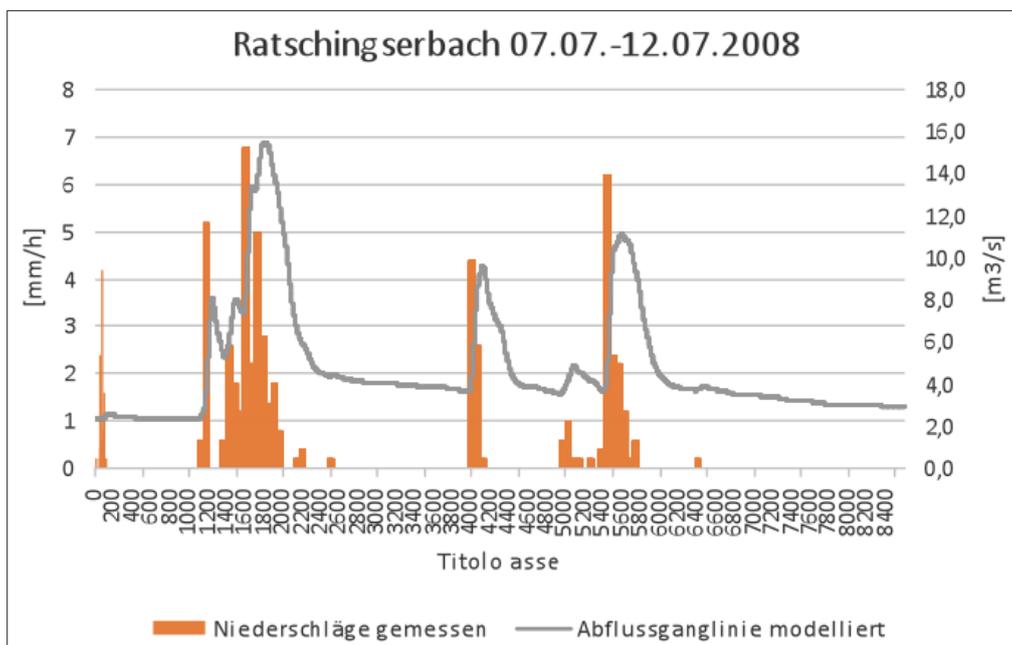
Niederschlag/Abflussereignis vom 07.07. – 12. 07.2008

Niederschlag/Abflussereignis vom 17.07. - 22.07.2009

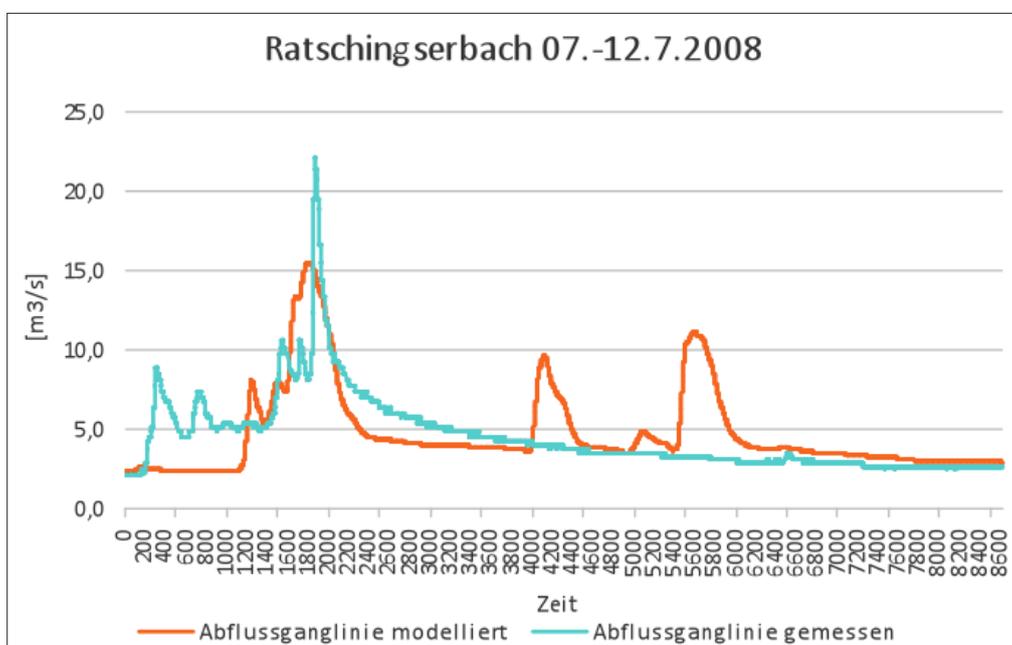
Niederschlag/Abflussereignis vom 11. - 16.08.2014

#### **14.1.1 Niederschlag/Abflussereignis vom 7. – 12. 07.2008**

Die berechnete Abflussganglinie wurde mittels mehrmaliger Änderung der Parameter des Zwischenabflusses an die gemessene Abflussganglinie angepasst. Die erzielten Ergebnisse sind zufriedenstellend.



Gemessener Niederschlag und modellierte Abflusskurve

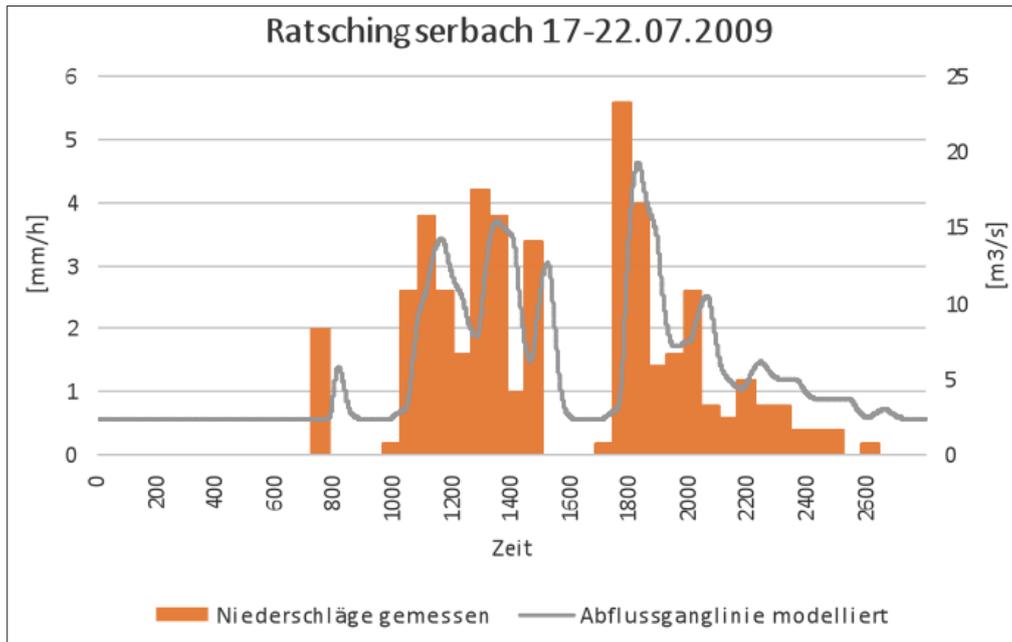


Gemessene und modellierte Abflusskurve

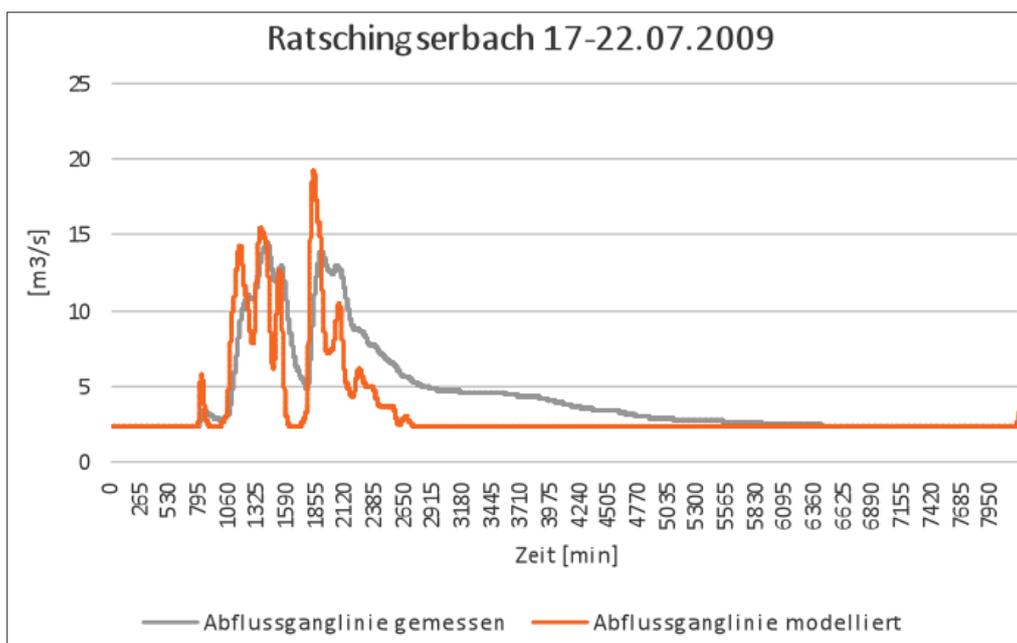


### 14.1.2 Niederschlag/Abflussereignis vom 17. – 22. 07.2009

Dasselbe kalibrierte Modell des Niederschlag/Abflussereignisses vom 7-12.07.2009 wurde auch für dieses vorliegende Ereignis verwendet. Die modellierte Abflussganglinie wurde durch Ändern der Durchlässigkeitswerte angepasst, wodurch zufriedenstellende Ergebnisse erreicht wurden.



Gemessener Niederschlag und modellierte Abflusskurve

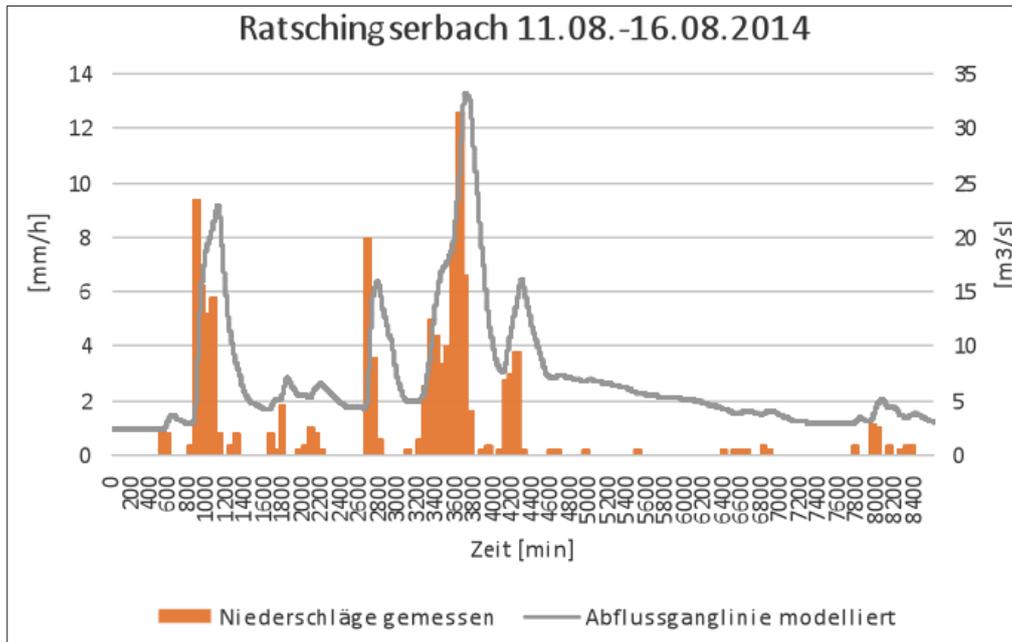


Gemessene und modellierte Abflusskurve

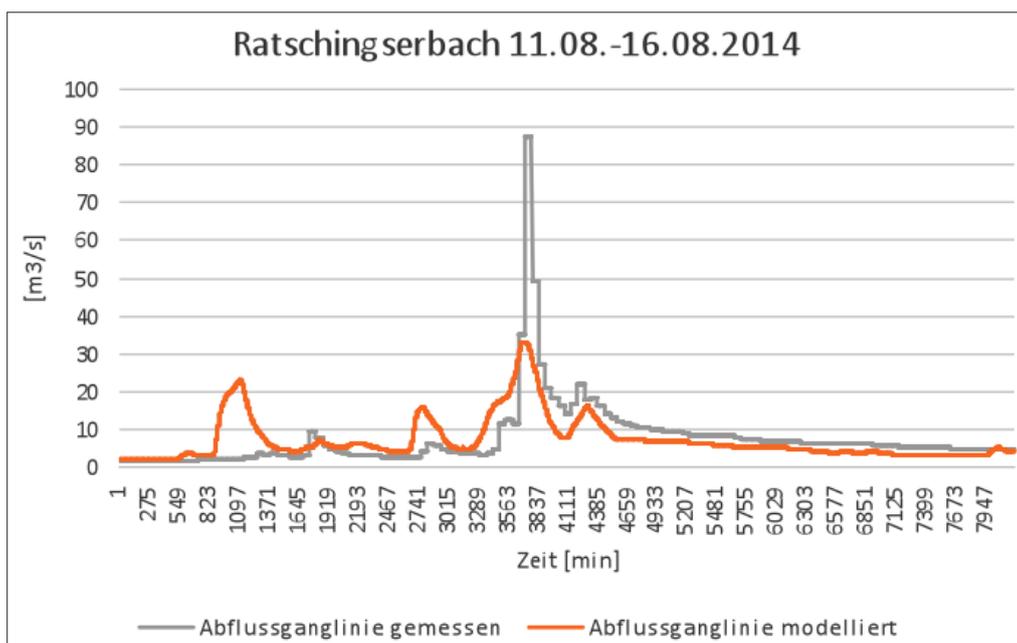


### 14.1.3 Niederschlag/Abflussereignis vom 11. - 16.08.2014

Das bisher verwendete Modell wurde zur Kalibrierung des Modells verwendet. Hier wird angemerkt, dass der Verlauf der berechneten Abflussganglinie Ähnlichkeiten mit der gemessenen Abflussganglinie hat, jedoch weist die Abflussspitze bei der gemessenen viel höhere Werte auf.



Gemessener Niederschlag und modellierte Abflusskurve



Gemessene und modellierte Abflusskurve



## 14.2 Jaufentalerbach

Am Jaufentalerbach wurden folgende N/A Ereignisse durchgeführt:

Niederschlag/Abflussereignis vom 27.06 – 1. 07.2008

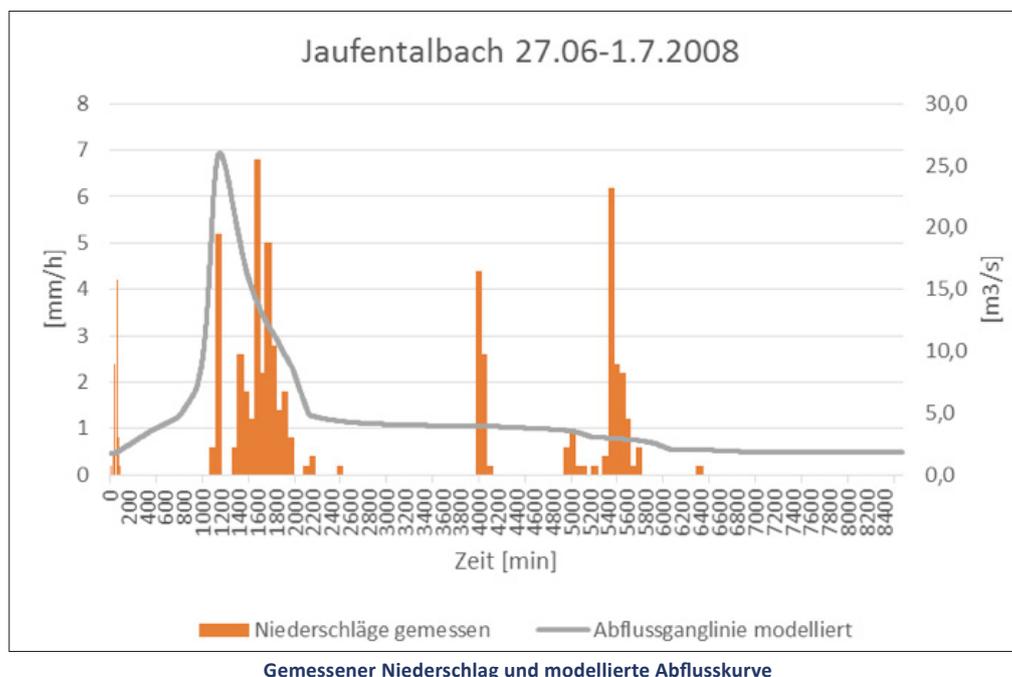
Niederschlag/Abflussereignis vom 07. – 12. 07.2008

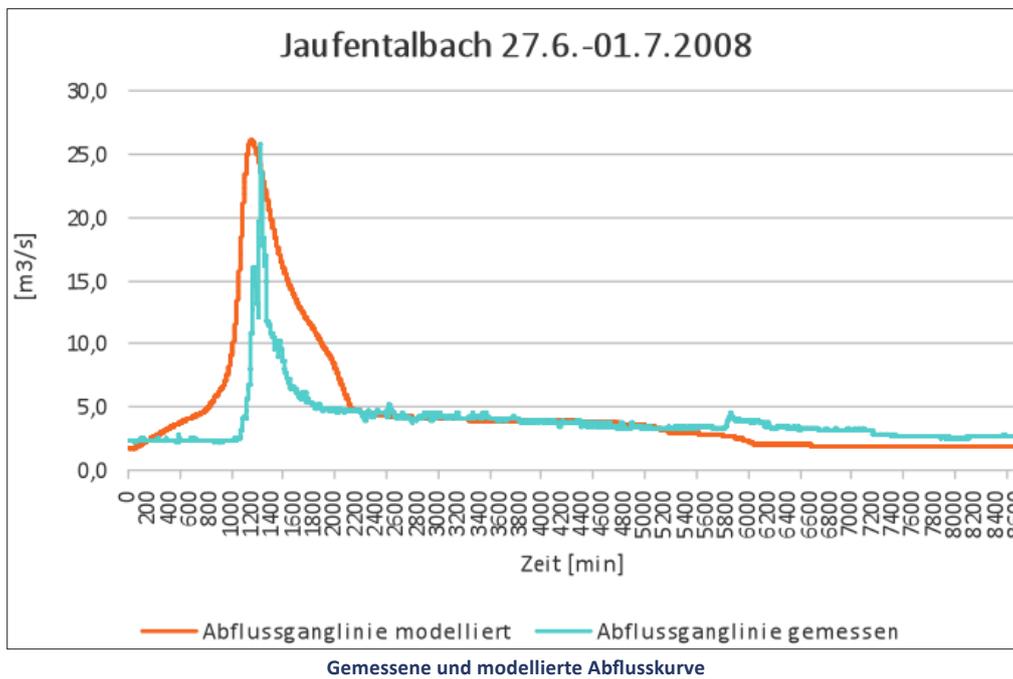
Niederschlag/Abflussereignis vom 11. - 16.08.2014

### 14.2.1 Niederschlag/Abflussereignis vom 27.06 – 1. 07.2008

Die für dieses Niederschlag-Abflussereignis durchgeführten Modellierungsversuche ergaben keine zufriedenstellenden Ergebnisse; das Ereignis konnte nicht kalibriert werden. Dies ist bedingt durch reelle Wettersituation im Einzugsgebiet des Jaufentalbaches und den gemessenen Niederschlagsdaten in den umliegenden Stationen: es könnte gegebenenfalls auch über eine Modellierung unter Berücksichtigung der Radardaten im EZG des Jaufentalbaches angedacht werden. Im vorliegenden Fall wurde ein Design Niederschlag angenommen und das N/A Ereignis mit diesem kalibriert.

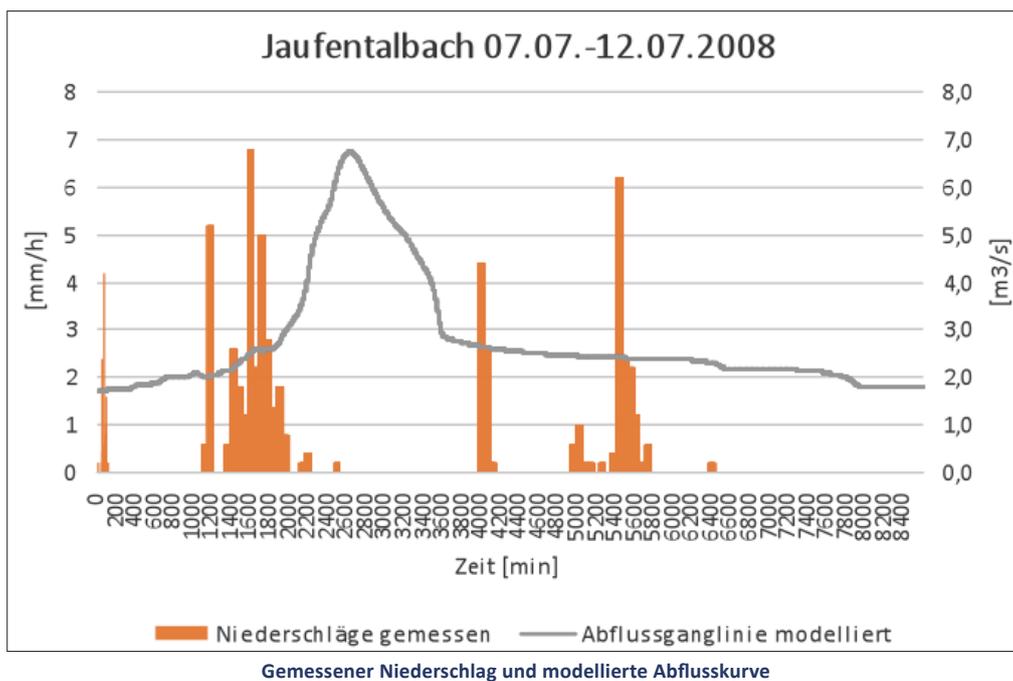
Die berechnete Abflussganglinie wurde mittels Anpassung der Parameter des Zwischenabflusses an die gemessene Abflussganglinie angepasst. Die erzielten Ergebnisse sind zufriedenstellend.

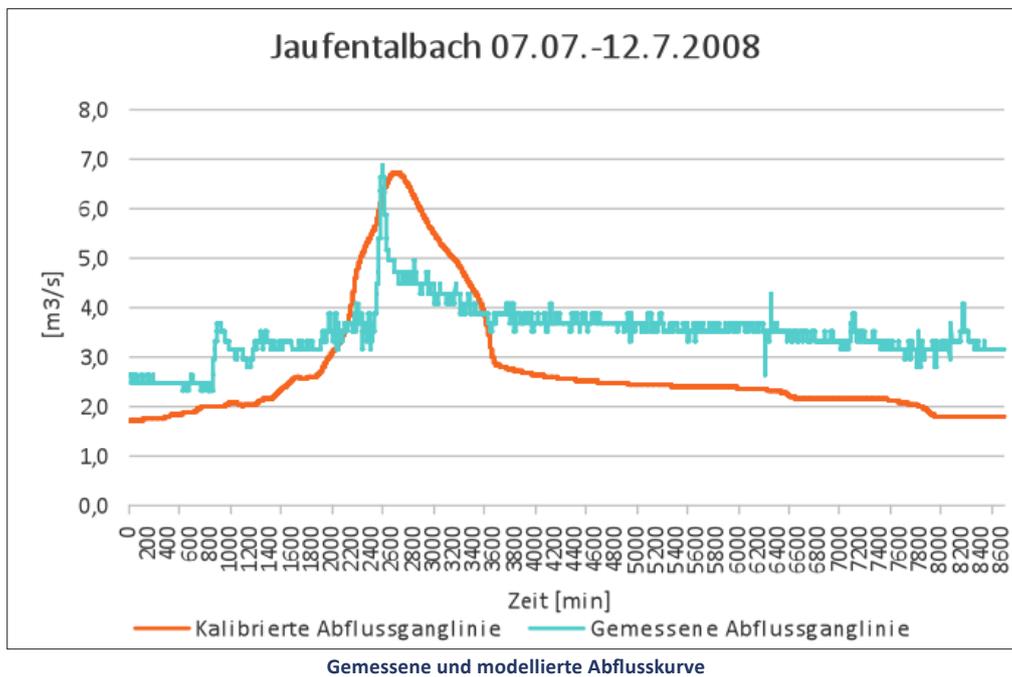




#### 14.2.2 Niederschlag/Abflussereignis vom 07.07 – 12. 07.2008

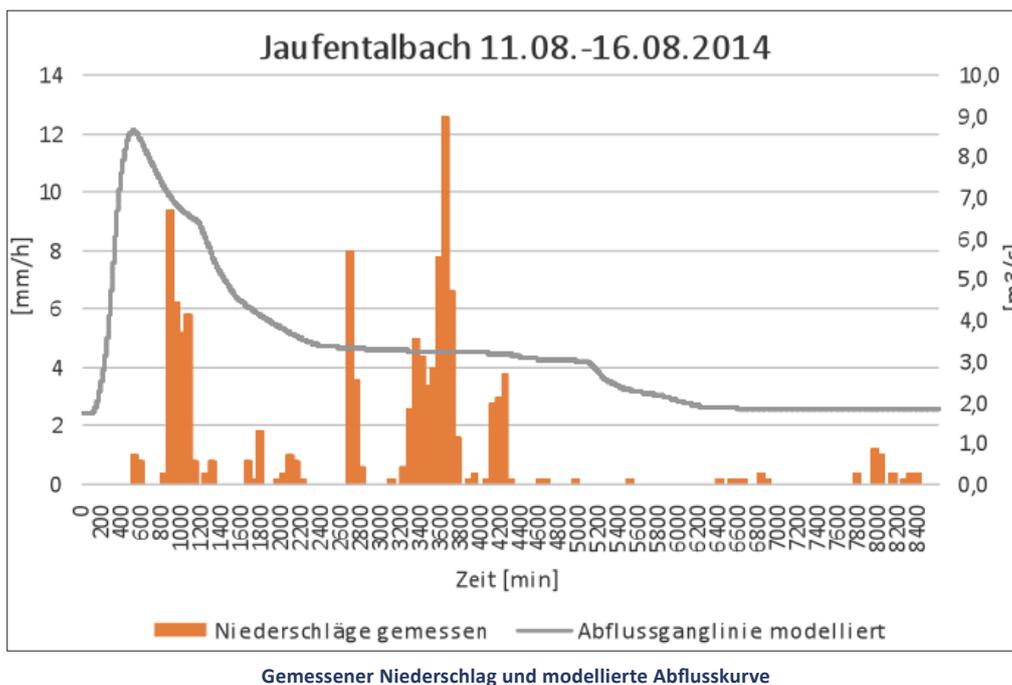
Die berechnete Abflussganglinie wurde mittels Anpassung der Parameter des Zwischenabflusses an die gemessene Abflussganglinie angepasst. Die erzielten Ergebnisse sind zufriedenstellend.

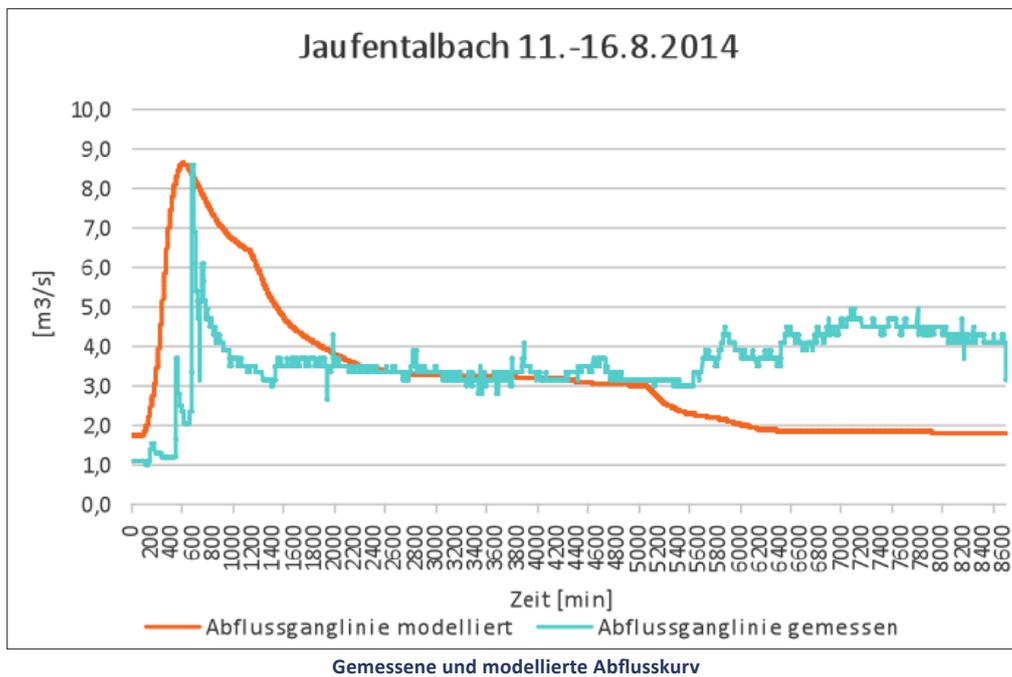




#### 14.2.3 Niederschlag/ Abflussereignis vom 11. - 16.08.2014

Auch dieses N/A Ereignis wurde durch einen Design-Niederschlag kalibriert.





## 15 SCHLUSSFOLGERUNGEN ZUR KALIBREIERUNG

Aus den durchgeführten N/A Modellierungen geht hervor, dass für den Ratschingserbach zufriedenstellende Ergebnisse aus der Kalibrierung erzielt wurden; für den Jaufentalbach hingegen konnten keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielt werden.

Für die Niederschlag-Abfluss Simulationen des Jaufentalbaches kann folgendes angemerkt werden: Eine Annäherung an die gemessenen Abflusskurven ist mit diesen zur Verfügung stehenden Daten nicht möglich; es wird zudem angenommen, dass der Niederschlag im EZG des Jaufentalbaches sehr stark lokal gebunden ist; deshalb wird empfohlen eine Modellierung unter der Berücksichtigung der Radardaten durchzuführen.

Auffallend ist prinzipiell das sensible Verhalten des N/A Modells: kleine Niederschlagsmengen bewirken oft Impulsive Abflussspitzen.



## **16 ABSCHÄTZUNG DES POTENTIALS VON HOCHWASSERMODELLEN IN KLEINEN ALPINEN EINZUGSGEBIETEN**

Aus den durchgeführten Modellierungen geht hervor, dass ZEMOKOST für die Ermittlung eines Bemessungsabflusses plausible Werte liefert und effizient einsetzbar ist.

Aufgrund der sensiblen Verhaltens und des unverhältnismäßig sprunghaften Anstieges der Ganglinien bei bereits geringen Niederschlagsmengen ist es für Anwendung als Hochwasserprognosemodell und somit als lokales Frühwarnsystem für die Intervention der Einsatzkräfte nicht geeignet.

## **17 REGELWERK ZUR HERLEITUNG VON BODEN- UND ABFLUSSPROZESSKARTEN**

Die Anwendung sowohl der Erhebungsmethode nach SCHERRER 2006 zur Identifikation hochwasserrelevanter Flächen und jene nach MARKART et al. 2004 zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationsformen hat gezeigt, dass derzeit die Methode nach MARKART et al. im Punkt der Felderhebung und der Extrapolation der punktuellen Ergebnisse auf die gesamte Einzugsgebietsfläche jener von SCHERRER aufgrund der fehlenden Bodenkarten in der Provinz Bozen überlegen ist.

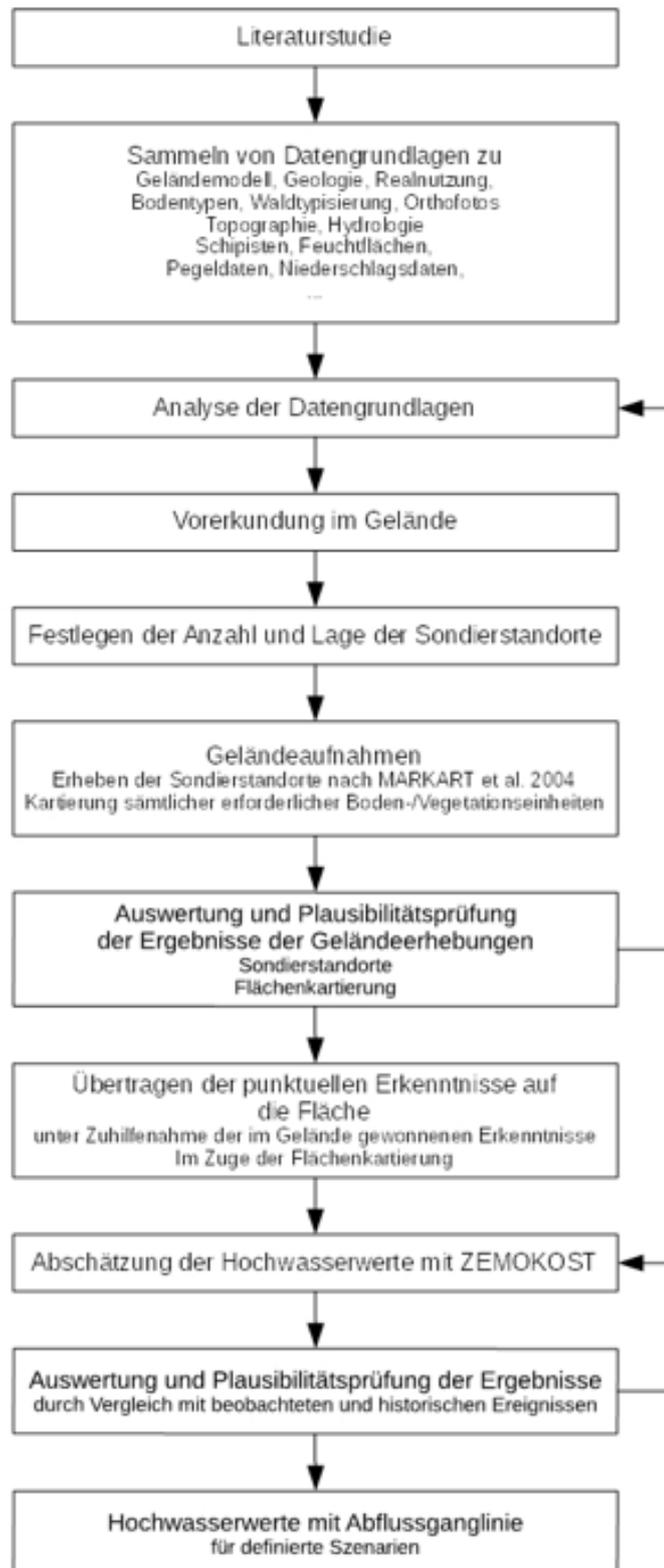
Es wird daher die in diesem Projekt gewählte Vorgehensweise der Datenanalyse, der Vorauswahl der Sondierstandorte und der Erhebung der Boden-/Vegetationseinheiten nach MARKART et al 2004 zum Erstellen von Abflusskarten für alpine Wildbacheinzugsgebiete in der Provinz Bozen vorgeschlagen.

Auch aufgrund der Tatsache der derzeit freien Verfügbarkeit des Niederschlag-Abflussmodells ZEMOKOST, welches auf den Aufnahmeergebnissen aus der Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkniederschlägen basiert, wird die Anwendung der Kombination MARKART & ZEMOKOST jener von SCHERRER & QAREA vorgezogen.

Durch die Ergänzung der Standortkartierung über Fernerkundungsmethoden, wie die Luftbildinterpretation ist auch eine großflächige Anwendung des Aufnahmeverfahrens nach Markart denkbar.



Folgende Arbeitsschritte werden empfohlen:





## 18 LITERATURVERZEICHNIS

- Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, Hrsg. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesrepublik Deutschland. Hannover.
- Autonome Provinz Bozen (2010): Waldtypisierung Südtirol Band 1 – Waldtypen, Wuchsgebiete, Bestimmungsschlüssel, Hrsg. Abteilung Forstwirtschaft. Bozen.
- Autonome Provinz Bozen (2010): Waldtypisierung Südtirol Band 2 – Waldgruppen, Naturräume, Glossar, Hrsg. Abteilung Forstwirtschaft. Bozen.
- Blume, H.-P.; et al. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde, Scheffer/Schachtschabel, 16. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg.
- Blume, H.P.; et al. (2011): Bodenkundliches Praktikum, 3. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg.
- Busetto, D. (2010) Recherche und Sammlung der vorhandenen Daten bezüglich Bodentypen in Südtirol; Endbericht über die recherchierten Daten. Projektbericht im Rahmen des Interreg Italien-Schweiz Projektes „IRKIS – Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem“. Bozen.
- Busetto, D. (2012) Elaborazione di una carta dei suoli della Valle Venosta – Alto Adige, Erstellung einer Bodenkarte im Einzugsgebiet Vinschgau – Südtirol. IRKIS – Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Bozen.
- Egli, M.; Margreth, M.; Vökt, U. (2006) Modellierung von Bodentypen und Bodeneigenschaften im Oberengadin (Schweiz) mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS); Geographica Helvetica: schweizerische Zeitschrift für Geographie 60, 87-96. Zürich.
- Gruber, G.; et al. (2006) Forstliche Standorterkundung in Südtirol – Aufnahmeformular V.23.05.2006, WLM Büro für Vegetationsökologie und Umweltplanung. Innsbruck
- Hemund, C.; et al. (2010) Hochwasserabschätzung in kleinen Einzugsgebieten – Evaluation eines österreichischen Verfahrens in der Schweiz. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung; Jg. 54, Heft 3, S. 156-168. Rheinbach.
- Hemund, C.; et al. (2011) Abschätzung von Oberflächenabflussbeiwerten bei konvektiven Starkregen – Evaluation der Geländeanleitung von Markart et al. (2004) für schweizerische Einzugsgebiete; BFW-Dokumentation 12/2011. Wien.
- Hufnagel, H. (2001) Der Waldtyp ein Behelf für die Waldbaudiagnostik – Anzeiger für Klima, Boden, Wasserhaushalt. 4. unveränderte Ausgabe. Ried. i. I.
- In.Ge.Na (2014) Zwischenberichte im Projekt Einzugsgebietsplan Mareiterbach zur Gefahrenzonenplanung am Jaufentalbach, am Ratschingerbach und am Marieterbach (unveröffentlicht). Bozen
- Kohl, B. (2010) Technical Report IV; Event-based Design Event Estimation in ten Tyrolean Pilot Catchments with the ZEMOKOST Model; AdaptAlp. Wien.
- Kohl, B.; Maldet, A.; Stepanek, L. (2014) Bedienungsanleitung ZEMOKOS V.2.0 – Laufzeitverfahren zur Hochwasserabschätzung in Wildbacheinzugsgebieten nach Zeller modifiziert von Kohl und Stepanek. Innsbruck.
- Lauber, K.; et al. (2012) Flora Helvetica. 5. vollständig überarbeitete Auflage. Bern
- Manni, P. (2011) IRKIS: Modellentwicklung variable Disposition; Methodenbericht. Bern.
- Mani, P.; Dobmann, J. (2012) Frühwarnsystem auf Basis Dispositionsbeurteilung; Umsetzungskonzept für das Pilotgebiet Prättigau; IRKIS – Interregionales Kriseninformationssystem; Interreg Italien-Schweiz 2007-2013. Bern.
- Markart; G. et al. (2004) Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen (Version 1.0); BFW-Dokumentation 3; Hrsg. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
- Naef, F.; et al. (2007) Automatisch hergeleitete Abflussprozesskarten – ein neues Werkzeug zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen. Wasser Energie Luft 3, 267-303. Baden.
- Norbiato, D.; et al. (2009) Flash flood warning in ungauged basins by use of the flash flood guidance and model-based runoff thresholds; Meteorological Applications 16, S. 65-75.
- Projektteam ETALP (2003): Gesamtheitliche Erfassung und Bewertung von Erosions- und Transportvorgängen in Wildbacheinzugsgebieten. Handbücher, Version 11.12.2003. BNLFUW, Wien.
- Scherrer, S.; Naef, F. (2003) A decision scheme to indicate dominant hydrological flow process on temperate grassland. Hydrological Processes 17, 391-401.



- Scherrer, S. (2006) Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen; Hrsg. Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG). Mainz.
- Scherrer, S. (2013) Schlussbericht Evaluation der Bodenkarte des Vinschgaus im Maßstab 1:50.000 im Rahmen des Interreg IV A Italien-Schweiz Projektes „27401079 ClimOpt – Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren – Entwurf“. Bern.
- Schmocker-Fackel, P. (2004) A Method to Delineate Runoff Processes in a Catchment and its Implications for Runoff Simulations; Dissertation an der ETH Zürich.
- Spreafico, M.; et al. (2003) Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten – Praxishilfe; Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 4. Bern.
- Stöffler, R (2007) Die Eignung des Niederschlags-Abflussmoduls ZEMOKOS zur Abschätzung von Hochwasserwerten anhand von Beispielen in der Steiermark; Diplomarbeit am Institut für Geographie und Raumforschung der Karl-Franzens-Universität. Graz.
- Villi, V. (1992) Nota sull'evento alluvionale del 24 luglio 1991 in Valgiovo (Alto Adige). Bollettino della Associazione Mineraria Subalpina Anno XXIX, n. 2-3, S. 271-275

