



Herbert Pirkl

# **Multidisziplinäres Verständnis alpiner Wildbacheinzugsgebiete**

**Berichte der Geologischen Bundesanstalt (ISSN 1017-8880) Band 114**

# **Multidisziplinäres Verständnis alpiner Wildbacheinzugsgebiete**

26 Abbildungen, 3 Tabellen, 14 Beilagen

Herbert Pirkl

*Impressum*

---

Berichte der Geologischen Bundesanstalt, 114

ISSN 1017-8880

Wien, im Mai 2016

Anschrift des Autors: Dr. Herbert Pirkl, 1180 Wien, Plenergasse 5/27

Diese fachliche Zusammenstellung zum Thema Naturraumprozesse in Wildbacheinzugsgebieten baut auf den Erfahrungen aus jahrzehntelanger Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen aus verschiedensten Fachrichtungen auf. Die schrittweise Entwicklung und die laufende Erweiterung der Arbeitsmethodik basiert auf intensiver Diskussion und einer fachübergreifenden Zusammenarbeit.

Bei allen daran beteiligten KollegInnen möchte ich mich herzlich bedanken; insbesondere bei: *Hans Angerer, Heiner Bertle, Gerhard Bieber, Brigitte Burgstaller, Robert Kirnbauer, Klaus Klebinder, Bernhard Kohl, Piotr Lipiarski, Gerhard Markart, Simone Matouch, Michael Mölk, Heinz Reitner, Magdalena Rogger, Alexander Römer, Thomas Sausgruber, Roman Schaffer, Roswitha Schiffer, Bernadette Sotier, Leopold Stepanek, Roland Stern und Thomas Wrbka, die für die einbezogenen Fachbereiche Boden, Forst, Geologie, Geophysik, GIS-Technik, Hydrologie, Landschaftsökologie, Vegetationskunde und Wildbachtechnik stehen.*

Umschlaggestaltung: Monika Brüggemann-Ledolter, Geologische Bundesanstalt

Umschlag: Hangabschnitt im Venter Tal / Ötztaler Alpen.

Der Autor ist für den Inhalt seiner Arbeit verantwortlich und mit der digitalen Verbreitung seiner Arbeit im Internet einverstanden.

Satz und Layout: Herbert Pirkl

Druck: Riegelnik Ges.m.b.H, Piaristengasse 17–19, 1080 Wien

Ziel der „Berichte der Geologischen Bundesanstalt“ ist die Verbreitung wissenschaftlicher Ergebnisse durch die Geologische Bundesanstalt.

Die „Berichte der Geologischen Bundesanstalt“ sind im Buchhandel nicht erhältlich.

Alle Rechte für das In- und Ausland vorbehalten

Medieninhaber, Herausgeber und Verleger:

Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, 1030 Wien

© Geologische Bundesanstalt

[www.geologie.ac.at](http://www.geologie.ac.at)

## Inhalt

1. Motivation .....	4
2. Thematik.....	5
3. Schrittweise Entwicklung.....	7
<b>3.1 Zeitraum 1987 bis 1995</b> .....	8
<b>3.2 Zeitraum 1995 bis 2005</b> .....	17
<b>3.3 Zeitraum 2005 bis 2015</b> .....	22
4. Persönliche Schlüsse und Ausblick.....	34
5. Literatur .....	41
Abkürzungsverzeichnis .....	49

### Beilagen:

Beilage 1: Tabellarische Übersicht über bearbeitete Beispiels-Einzugsgebiete .....	50
Beilage 2: Einzugsgebietsbeispiele für Auswertungen und Prozessbeschreibungen .....	52
<b>Beilage 2.1 Glemmtal / Saalach-Oberlauf</b> .....	52
<b>Beilage 2.2 Paznaun / Trisanna</b> .....	58
<b>Beilage 2.3 Osttirol</b> .....	64
<b>Beilage 2.4 Rettenbach Süd Kirchberg in Tirol</b> .....	68
<b>Beilage 2.5 Enterbach / Inzing</b> .....	73
<b>Beilage 2.6 Warme Mandling / Filzmoos</b> .....	77
<b>Beilage 2.7 Finsing, Geolsalm-Gebiet</b> .....	80
<b>Beilage 2.8 Dornbirner Ache</b> .....	91
<b>Beilage 2.9 Zöbernach</b> .....	93
<b>Beilage 2.10 Gurgltal / Imst</b> .....	96
<b>Beilage 2.11 Montafon</b> .....	99
<b>Beilage 2.12 Ruggbach</b> .....	102
<b>Beilage 2.13 Hausruck</b> .....	104

Alle hier beschriebenen Arbeiten entstanden im öffentlichen Auftrag. Die für die Einzelarbeiten jeweils notwendigen Grundlagen (wie z.B. Orthofotos, digitale Höhenmodelle) wurden projektbezogen von den Auftraggebern zur Verfügung gestellt (GIS-Abteilungen der Bundesländer, Land- und forstwirtschaftliches Rechenzentrum).

Alle Fotos stammen vom Autor.

## 1. Motivation



Bevor ein Dissertationsthema übernommen werden konnte, musste eine selbständig ausgeführte Vorarbeit vorgelegt werden. Es war das Jahr 1967. Mehrere Semesterkollegen wurden wir zu dieser Arbeit nach Kärnten geschickt, um dort Schadensbereiche der Naturkatastrophen, die in den Jahren 1965 und 1966 dreimal hintereinander Oberkärnten und Osttirol betroffen hatten, zu kartieren. Das war eine sehr direkte Konfrontation mit der Gewalt und der Wirkung von Muren, Geschiebeeinstoß, Rutschungen und Hochwasser: Teile von Ortschaften waren weggerissen

worden, Häuser bis zum ersten Stock verschüttet, Felsblöcke in der Größe bis zu  $100\text{m}^3$  lagen zwischen Bauernhöfen, weite Talflächen waren von Bachschutt bedeckt – und das nicht begrenzt auf ein Einzugsgebiet oder einen Bach, sondern es waren ganze Talschaften betroffen.

Die persönliche Betroffenheit hat mich das gesamte fachliche Leben nicht mehr losgelassen. Warum gibt es solche Katastrophen, was sind die Auslöser dafür, gibt es die Möglichkeit der Prognose, können Ausmaß und Wirkung zumindest vermindert werden?

Zu Beginn der eigenen fachlichen Tätigkeit führte das zur Motivation, bei allen Geländebegehungen oder Kartierungen die Augen für dieses Thema offen zu halten, soviel wie möglich zu dokumentieren und entsprechende Erfahrungen zu sammeln. Später ergab sich auch die Möglichkeit, Methoden sowohl aus geowissenschaftlicher Sicht, als auch in multidisziplinären Teams weiterzuentwickeln. Einen besonderen Anstoß gaben dazu die Ereignisse von 1987, die wie sooft große Regionen in Salzburg und Tirol betrafen.

Nach jahrzehntelanger Arbeit liegen viele hunderte Seiten Fachberichte vor, große Datensätze und ein umfangreicher Erfahrungsschatz. Kaum etwas konnte davon publiziert werden, nur wenig wird in der Praxis umgesetzt.

Jede Meldung über Muren- oder Hochwasserereignisse in den Gebirgstälern führt dazu, sofort zu prüfen, ob für die betroffenen Einzugsgebiete Bearbeitungen vorliegen, und die Fragen zu stellen: wurden die Prozesse ausreichend erkannt, wurden die richtigen Schlüsse gezogen, sind an Hand des Ereignisses Lernschritte möglich, u.v.m.? Da aktuell schon für sehr viele Wildbacheinzugsgebiete Kartierungen mit vergleichbarer Methodik vorhanden sind, werden fachlich-inhaltliche Kontrollen und Verbesserungen möglich.

Die vorliegende Arbeit soll daher einen Teil der gesammelten Erfahrungen aus einem angewandten Forschungssektor dokumentieren, sowie eine Übersicht und einen Zugang zu entsprechenden Methodenentwicklungen und zu den oft sehr verstreut dokumentierten Ergebnissen ermöglichen.

## 2. Thematik

Inhalt und Rahmen des hier diskutierten Problemfeldes lassen sich an Hand von drei „Tatsachen“ plakativ festmachen:

- 1) Österreich ist überwiegend ein Gebirgsland. In Gebirgen steuern geologische Prozesse kurz- und langfristig die Landschaftsentwicklung. Erosion, Abtrag und Materialtransport sind also selbstverständliche, natürlich ablaufende Prozesse.
- 2) Für das österreichische Bundesgebiet sind mehr als 10.000 Bacheinzugsgebiete als „Wildbäche“ eingestuft. In diesen Einzugsgebieten ist also mit einer höheren Wahrscheinlichkeit mit der Entstehung von Hangbewegungen, Muren und Hochwässern zu rechnen.
- 3) Praktisch jährlich gibt es „Katastrophenmeldungen“ bezüglich Vermurungen, Hochwässern oder Bergstürzen mit umfangreichen Schäden an Infrastruktur und Siedlungen.

Zum Begriff „Katastrophe“ ist sofort anzumerken, dass den natürlich ablaufenden, geologischen Prozessen viele hausgemachte Situationen und Fehler gegenüberzustellen sind, die die „Katastrophen“ dann erst zu Katastrophen werden lassen (WALTER, 2010). Zwei Aspekte stehen dabei im Vordergrund:

- a. Unsere alpine Landschaft kann praktisch nur mehr in den Gipfelregionen als Naturlandschaft oder naturnahe Landschaft bezeichnet werden. Alle anderen Gebiete sind mehr oder minder stark seit Jahrtausenden vom Menschen umgestaltete Kulturlandschaft. Kulturlandschaften müssen gepflegt werden. Wenn sich der Mensch daraus zurückzieht, oder sie massiv verändert, hat das Rückkoppelungen bis in geologische Prozesse zur Folge. Diese landschaftlichen Veränderungen betreffen mit steigendem Flächenverbrauch (und der damit verbundenen Bodenversiegelung), mit der Intensivierung der Landwirtschaft, mit großflächigen Wintersporteinrichtungen und intensiver Aufschließung durch Verkehrswege weite Teile unserer alpinen Talschaften. Dies geschieht meist ohne, oder ohne ausreichende Bewertung der entsprechenden Auswirkungen auf Naturraumprozesse.
- b. Die immer intensivere Nutzung der Talbereiche schiebt die Besiedlung in immer gefährdetere Bereiche vor. Zudem nimmt die „Wertigkeit“ der Besiedlung zu. Bei Hochwasser- oder Murenereignissen werden somit immer höhere materielle Werte gefährdet oder zerstört. Diese Tatsache erst lässt die Ereignisse als Katastrophen einstufen.

Die aktuell laufende Diskussion über Klimawandel und den Veränderungen, die in den Alpen daraus zu erwarten wären, bringt hier wichtige zusätzliche Aspekte mit ein. Für die Feststellung der prinzipiellen Gefährdungslage großer Teile unserer Alpentäler ist das Einbeziehen der verschiedenen potentiellen Szenarien (vorläufig) nicht unbedingt notwendig. Für längerfristige Prognosen werden die entsprechenden Forschungsergebnisse jedoch äußerst relevant werden!

Das Problem besteht weitgehend darin, dass trotz der immer wiederkehrenden Medienberichte das Risikobewusstsein der Betroffenen nicht ausgeprägter geworden ist. Bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts war in den Alpentälern noch Gefahrenvermeidung die Strategie der Wahl. Mit der Ausweitung der Besiedlung und damit der Gefährdungssituationen stieg das Vertrauen in die technisch (möglichen) Verbauungsmaßnahmen. Vielfach nahmen und nehmen die Betroffenen nicht zur Kenntnis, dass technische Maßnahmen nur ein Teilschutz sein können und Risiken trotz der Maßnahmen weiterbestehen. Nach den aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen sind technische Schutzmaßnahmen auf ein bestimmtes Bemessungsereignis ausgelegt. Mehrere Hochwasser- und Murenereignisse der letzten Jahrzehnte gingen weit über diese Bemessungsvorgabe hinaus.

Gerade diese Ereignisse waren für die angewandte Forschung einerseits Lehrstücke, und andererseits Herausforderung, die Naturraumanalyse immer weiter zu verbessern. Im Kapitel 3 wird versucht, diese Entwicklung der letzten zwanzig bis dreißig Jahre nachzuvollziehen, und damit den schrittweisen Erkenntnisgewinn transparent werden zu lassen.

Da der Autor dieser Arbeit Geologe ist, liegt der Schwerpunkt der Übersicht naturgemäß auf dem geowissenschaftlichen Zugang. Wildbacht Techniker, Hydrologen oder Vegetationskundler können weitere Aspekte und Sichtweisen einbringen. Sowohl im Text, als auch im Literaturverzeichnis wird daher darauf geachtet, auf die entsprechenden kompatiblen oder ergänzenden Entwicklungen in anderen Disziplinen hinzuweisen.

Wichtig ist auch hervorzuheben, dass die Katastrophen der letzten zwanzig Jahre dazu geführt haben, eine systematische, formalisierte Ereignisdokumentation zu entwickeln und zu etablieren. Dies führte zu zwei Hauptinstrumenten:

- a. eine Detaildokumentation im digitalen Wildbach- und Lawinenkataster (Ereignisportal des digitalen WLKs), sowie
- b. Detailaufnahmen und Beschreibung der während der Ereignisse jeweils abgelaufenen Prozesse durch Expertenteams in meist umfangreichen Fachberichten.

Die Methodikentwicklung und die Arbeitsweisen, die in der vorliegenden Arbeit beschrieben werden, beziehen sich demgegenüber weitgehend auf vorrausschauende Beschreibung und Bewertung von Wildbächen, die jeweils die Prozesse im ganzen Einzugsgebiet möglichst gesamtheitlich betrachten.

Die Arbeiten zur gegenständlichen Thematik sind noch viel umfassender, als hier vorgestellt werden kann. Um die Übersichtlichkeit zu erhalten, wurde hauptsächlich ein Entwicklungsstrang beschrieben, auf parallelaufende Entwicklungen aber nur kurz verwiesen. Auch bei den Literaturzitierten war eine Beschränkung auf die wichtigsten Arbeiten notwendig. Bei Forschungsprojekten werden z.B. nur die End-/Abschlussberichte und nicht auch die Zwischenberichte zitiert. Freilich ist hier anzumerken, dass viele Zwischenberichte Informationen enthalten, die in den Endberichten nur mehr summarisch oder in der Zusammenfassung dokumentiert werden!

*Zur Verdeutlichung und Illustration der methodischen Entwicklungsschritte werden in Anhang 2 Schlüsselprojekte textlich und grafisch näher beschrieben. In den Kartendarstellungen dieses Anhangs finden sich auch die entsprechenden Legenden zu den schon im Text beschriebenen Einzugsgebietsbeispielen.*

### 3. Schrittweise Entwicklung

Einen entscheidenden Impuls, das Thema Naturraumrisiko ins Zentrum angewandt-geowissenschaftlicher Forschung zu stellen, bildeten die Ereignisse des Jahres 1987. Übersichtsbegehungen der Schadensgebiete insbesondere im Pinzgau ermöglichten eine Fülle von Eindrücken über gerade frisch abgelaufene Rutschungs-, Muren- und Geschiebetransportprozessen. Diese Eindrücke lösten eine Reihe von fachlichen Fragen aus.



Abb. 1: Ereignis 1987; sich „überlagernde“ Eindrücke aus dem Pinzgau.

Die Medienberichte fanden damals – in den meist üblichen „Schnellschüssen“ – sehr rasch die Hauptverantwortlichen für die Schadensereignisse. Da unter anderem das Wintersportgebiet Saalbach-Hinterglemm massiv betroffen war, war es naheliegend, die Wintersporteinrichtungen wie Liftrassen und Pisten als Auslöser zu definieren. Aber auch ausgedehnte Waldschäden wurden als potentieller Grund für die Ereignisse angeführt – es war gerade die Zeit der intensiven Berichterstattung über die weit verbreiteten „neuartigen Waldschäden“ in Europa. Die österreichische „Forschungsinitiative Waldsterben“ stand 1987 etwa bei der Halbzeit des Forschungsprogrammes.

Die Antworten der angewandten Forschung auf diese mediale Berichterstattung konnten freilich mit Verzögerung erst einige Jahre später gegeben werden: Weder Waldschäden, noch die Wintersporteinrichtungen waren 1987 im Glemmtal Hauptauslöser für die Wildbachprozesse, noch für die daraus resultierenden Schäden. Wie fast immer war und ist es ein Mix aus bestimmten Niederschlagssituationen, die auf komplexe geologisch-hydrogeologische und landschaftliche Strukturen trifft. Natürlich spielen dabei auch immer die menschlichen Eingriffe in die Landschaft eine zusätzliche (verstärkende) Rolle. Klare Antworten mit einfachen Schuldzuweisungen gibt es selten!

Die wichtigste Erfahrung der Begehungen nach dem Ereignis 1987 war, dass es auch fachlich keine einfache Antwort und somit keinen einfachen Zugang geben kann.

Die Hauptfragen, die sich aus fachlicher Sicht stellten, waren, ob die bisherigen (geowissenschaftlichen) Vorgangsweisen ausreichend waren, ob die Komplexität der ablaufenden Prozesse mit einzel-fachlichen Ansätzen überhaupt erfasst werden kann, und wie eine zielführende, praxisgerechte und ökonomische Vorgangsweise aussehen könnte (sollte).

### 3.1 Zeitraum 1987 bis 1995

Eine Formulierung eines neuen Forschungsansatzes erfolgt freilich nicht im luftleeren Raum. In den späten 1980er-Jahren konnte dazu auf einer Reihe von Erfahrungen unterschiedlicher Fachdisziplinen auch mit Bezügen zu Wildbacheinzugsgebieten aufgebaut werden, wie z.B.:

- ⇒ In den Biowissenschaften war das Denken in Systemen und in systemaren Zusammenhängen bereits verankert. Die umfangreiche Publikation ELLENBERG et al. (1986) fasst z.B. die Ergebnisse einer zwanzigjährigen Forschung in Waldökosystemen am Solling (Schwarzwald) zusammen. Die österreichische „Forschungsinitiative Waldsterben“ hat viele dieser Erkenntnisse aufgegriffen. Unter anderem wurde auch die Immissionsforschung in Österreich intensiviert.
- ⇒ Auch in der Wildbachforschung wurden ganzheitlichere Betrachtungsweisen gesucht (AULITZKY, 1968, 1972 oder 1986) und systematische, multidisziplinäre Ansätze für Mustereinzugsgebiete etabliert (STERN, 1971, 1975; KRONFELLNER-KRAUS, 1980, 1985). Typische Beispiele sind dafür die Bearbeitung des Trattenbaches (Gailtal) und des Dürnbaches bei Neukirchen am Großvenediger (JEGLITSCH et al., 1975; KRONFELLNER-KRAUS et al., 1988).
- ⇒ Schon in den 1960er-Jahren fassten die Studien von ZISCHINSKY (1966, 1969) die moderne Sicht der tiefgründigen Felsmassenbewegungen zusammen. Dieser Zugang wurde dann z.B. im Mustereinzugsgebiet Dürnbach umgesetzt (KRONFELLNER-KRAUS et al., 1988).
- ⇒ Die Geologische Bundesanstalt entwickelte den Kartentyp der „Georisikokarte 1:50.000“ (GATTINGER, 1984).

- ⇒ Auch im anschließenden alpinen Anteil von Bayern wurden neue Kartierungs- und Bewertungsmethoden für Wildbäche entwickelt (z.B. BUNZA, 1975, 1980)
- ⇒ Die Entwicklung und Anwendung des Instruments der „Intergralmelioration“ durch die Wildbach- und Lawinenverbauung (Beispiel Zillertal) führte zur Betrachtung und Bewertung der gesamten Einzugsgebietsfläche.

Mit diesen Erfahrungen als Basis wurde 1988 ein Forschungsprojekt mit dem Titel „Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen Hanginstabilitäten und -labilitäten, Hangwasserhaushalt und Massenbewegungen in Teilen des Zentralalpenkristallins“ durch die Geologische Bundesanstalt formuliert. Darin wurde der Hauptgedanke aufgegriffen, dass komplexe Zusammenhänge zwischen geologisch-hydrogeologischer Situation, der Landschaftsgeschichte und der Prozesse in Wildbacheinzugsgebieten bestehen. Mit systematischen Kartierungen sollte dazu eine Datenbasis geschaffen werden. Dieses für drei Jahre konzipierte Projekt wurde durch das Wissenschaftsministerium beauftragt und finanziert und über eine Kooperation zwischen ÖAW und GBA ausgeführt.

Im Zentrum der Arbeit stand das Instrument einer kombinierten geomorphologisch-hydrogeologischen Kartierung im Maßstab 1:10.000. Innerhalb der drei zur Verfügung stehenden Geländesommer wurden dabei praktisch das gesamte Glemmtal, ein großer Teil des Defereggentales, große Abschnitte des Rauristales und die westliche Flanke von Gosau in dieser Form nach einheitlicher Legende kartiert (Kartierungsbeiträge von Dieter FELLNER, Johann HELLER-SCHMIDT-ALBER, Ingomar HERRMANN, Wolfgang PAVLIK, Herbert PIRKL und Peter SLAPANSKY).

Sowohl aus Überlegungen in der Konzeptphase (siehe Abbildung 2), als auch aus Erkenntnissen des laufenden ersten Projektjahres wurde klar, dass das fachliche Spektrum zu erweitern wäre.

Regelkreise im System „Instabile Talflanken“

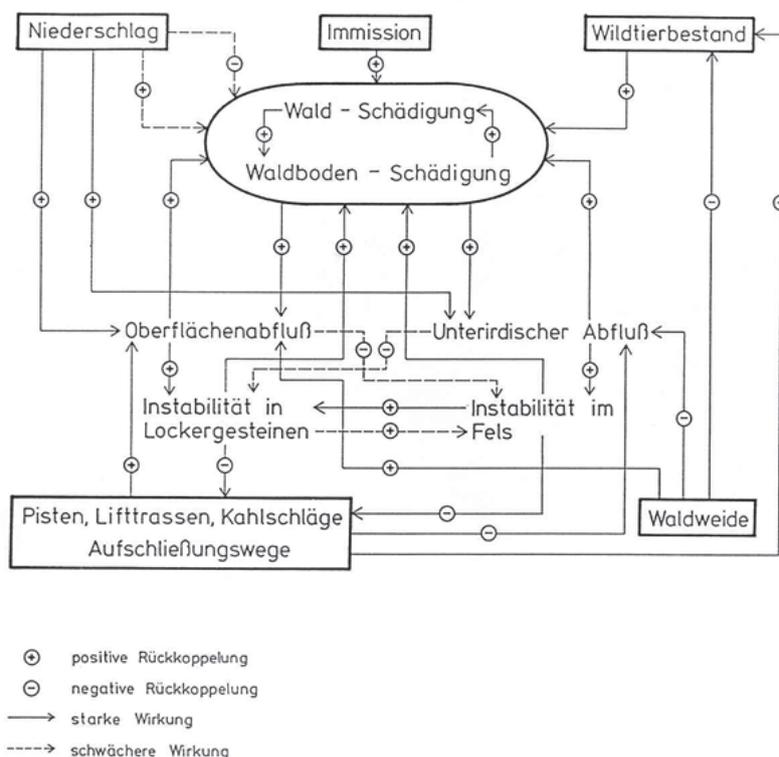


Abb. 2: Versuch einer systemaren Sicht auf Hangprozesse in Wildbacheinzugsgebieten.

Zur Realisierung der fachlichen Erweiterung wurden zwei Wege beschritten:

- a. Intensivierung persönlicher Kontakte zu Instituten der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, der TU Wien und der Universität für Bodenkultur, mit dem Ziel, laufende oder geplante Forschungsarbeiten in einem gemeinsamen Einzugsgebiet (Löhnersbach-Einzugsgebiet / Saalbach) auszuführen; sowie
- b. Formulierung eines ergänzenden Forschungsprojekts, in dem eine Befliegung für IR-Falschfarbenbildmaterial, sowie hydrogeochemische und bodengeochemische Analytik finanziert würde.

Beide Wege waren zielführend. In der Folge entwickelte sich das Löhnersbachgebiet zu einer multidisziplinär genutzten Forschungsschnittstelle mit den erweiterten Themen: Bodenzustand, Waldzustand, Abflussentwicklung auf unterschiedlichen Boden-Vegetationssystemen, Wildbachhydrologie.

Neben der systematischen Erfassung von Fachdaten wurden dabei auch jeweils Fragen des Methodeneinsatzes abgeklärt. Im Einzelnen wurden folgende multidisziplinären Ergebnisse im Löhnersbach-Einzugsgebiet im Zeitraum 1988 bis 1995 erarbeitet, die in Tabelle 1 dargestellt sind.

Arbeitsinhalte	Berichte/Zitat	Auftrag/ Finanzierung
Organisation Bildflug und Auswertung IR-Luftbilder	AMBERGER, C., MAUSER, H. & STOLL, Ch. (1991): Luftbildinterpretation Löhnersbach. – Unveröff. Bericht Umweltdata, Wien.	BMWF
Erstellung von Orthofotos aus IR-Luftbildern	Fa. AVT Imst 1991/92	BMLF
Kartierung der aktuellen Vegetation im Löhnersbacheinzugsgebiet	BURGSTALLER, B. & SCHIFFER, R. (1991): Kartierung der aktuellen Vegetation im Löhnersbachgraben. – Unveröff. Bericht ARGE Pflanzensoziologie- Ökologie, Salzburg.	BMWF
Bewertung Waldzustand Löhnersbach-Einzugsgebiet	FÜRLINGER, G. & STEMBERGER, A. (1991): Waldzustandserhebung Saalbach. – Unveröff. Bericht FBVA, Wien.	FBVA
Satellitenbildinterpretation	HEINISCH, H. (1991): Bericht zur TM-Satellitenbild-Auswertung im Rahmen des Projekts „Massenbewegungen /Wasserhaushalt in Teilen des Zentralalpenkristallins“ am Beispiel der Bereiche Saalbach/Hinterglemm und Defreggental. – Unveröff. Bericht, München.	
Bodenchemische Untersuchungen im Löhnersbacheinzugsgebiet	HUSZ, G. (1991): Ist-Zustand der Böden. – Unveröff. Bericht Fa. Ökodatenservice, Wien.	BMWF und BMLF
Installierung hydrologischer Messsysteme im Löhnersbach-Einzugsgebiet (3 Niederschlagsstationen, mehrere Abflussmessstationen); Dauerbeobachtungen seit 1991; Verbesserung, Anwendung und Evaluierung des Wasserhaushaltsmodells BROOK	KIRNBAUER, R. & HAAS, P. (1991): Forschungsprojekt „Erfassung der Abflussverhältnisse in kleinen Einzugsgebieten“. Teilprojekt „Abflussmechanismen – Beobachtung und Modellierung. – Unveröff. Bericht TU Wien, Wien.  (Zahlreiche weitere Berichte und Veröffentlichungen)	BMWF/ÖAW-HÖ
Beregnungsversuche und Bodenphysik im Löhnersbach-Einzugsgebiet	MARKART, G. & KOHL, B. (1993): Physikalische Charakteristika der Böden im Mustereinzugsgebiet Löhnersbach/Salzburg. – Unveröff. Bericht FBVA, Innsbruck.	FBVA; Zusatzmittel BMLF
Auswertung der Beregnungsversuche und Bodenphysik im Löhnersbach-Einzugsgebiet	MARKART, G. & KOHL, B. (1993): Entwurf einer flächenbezogenen Beurteilung des Infiltrations- und Abflussverhaltens der Böden im MEG Löhnersbach auf boden- und vegetationskundlicher Grundlage. – Unveröff. Bericht FBVA, Innsbruck.	FBVA; Zusatzmittel BMLF
Bodenkartierung im Löhnersbach-Einzugsgebiet	MARKART, G. & KOHL, B. (1994): Die Böden im Einzugsgebiet des Löhnersbaches/Saalbach. – Unveröff. Bericht FBVA, Innsbruck.	FBVA; Zusatzmittel BMLF
Vermessung von Geschiebeherden und Geschiebeablagerungen als Vorarbeit für Modellierungen mittels MORMO	PARTL, E. & WEINMEISTER, H.W. (1994): Integralpilotstudie Löhnersbach – Geschiebe. – Unveröff. Bericht Univ. f. Bodenkultur, Wien.	BMLF
Beregnungsversuche mit Kleinanlage	PERINGER, P. (1991): Abschlussbericht der Beregnungsversuche Löhnersbach. – Unveröff. Bericht Universität für Bodenkultur, Wien.	BMLF

Kombinierte hydrogeologisch-geomorphologische Kartierung Glemmtal-Einzugsgebiet; geologische und hydrogeologische Spezialuntersuchungen	PIRKL, H. (1989): Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen Hanginstabilitäten und –labilitäten, Hangwasserhaushalt und Massenbewegungen in Teilen des Zentralalpenkristallins. Jahresbericht 1.Phase. – Unveröff. Bericht Geologische Bundesanstalt/ÖAW, Wien.  PIRKL, H. (1990): Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen Hanginstabilitäten und –labilitäten, Hangwasserhaushalt und Massenbewegungen in Teilen des Zentralalpenkristallins. Jahresbericht 2.Phase. – Unveröff. Bericht Geologische Bundesanstalt/ÖAW, Wien.  PIRKL, H. (1991): Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen Hanginstabilitäten und –labilitäten, Hangwasserhaushalt und Massenbewegungen in Teilen des Zentralalpenkristallins. Jahresbericht 3.Phase. – Unveröff. Bericht Geologische Bundesanstalt/ÖAW, Wien.	BMWF
Hydrogeochemische, mineralogische und bodenchemische Untersuchungen; Integration der Ergebnisse der Waldzustands- und IR-Luftbilddauswertungen im Löhnersbach-Einzugsgebiet	PIRKL, H. (1991): Flächenhafter Zusammenhang zwischen Waldzustand – Bodenzustand und Ionenaustauschvorgängen im tieferen Untergrund montaner und subalpiner Ökosysteme (Beispielbereich Löhnersbach/Glemmtal). – Unveröff. Bericht, Wien.	BMWF
Auswertung von Abflussprozessen im Löhnersbach-Einzugsgebiet, vergleichende hydrochemische Untersuchungen	PIRKL, H. (1991): Ansätze zu einer geohydrologischen Charakterisierung von Teileinzugsgebieten im Löhnersbachtal (Saalbach). – Unveröff. Bericht, Wien.	BMWF/ÖAW-HÖ
Auswertung von Massenbewegungsprozessen	PIRKL, H. (1991): Ansätze zu Modellvorstellungen der Erosions- und Stabilitätsentwicklungen in Seitengraben des Löhnersbaches (Saalbach). – Unveröff. Bericht, Wien.	BMLF
Ergebnisse des Diskussionsprozesses eines interdisziplinären Teams	PIRKL, H. (1994): Ergebnisse einer interdisziplinären Fachdiskussion zur Auswertung, Verknüpfung und Interpretation von Fachkartierungen im Bereich Löhnersbach/Saalbach. – Unveröff. Bericht, Wien.	BMLF
hubschraubergeophysikal. Vermessung eines Abschnitts des Glemmtal-Einzugsgebiet	SEIBERL, W. & PIRKL, H. (1994): Aerogeophysikalische Vermessung im Bereich Saalbach (Einzugsgebiet Löhnersbach). – Unveröff. Bericht Geologische Bundesanstalt, Wien	GBA
Erstellung DHM und Teildigitalisierung von Kartierungsinhalten für das Löhnersbach-Einzugsgebiet	Zentrum f. Geoinformationswesen/BOKU; 1992-1998	BMLF

Tab. 1: Löhnersbach-Einzugsgebiet; Arbeitsinhalte, Durchführung, Finanzierung.

Wie Tabelle 1 zeigt, gab es einen zeitlichen Arbeitsschwerpunkt im Löhnersbacheinzugsgebiet zwischen 1988 und 1994/95. Die Hydrologen der TU Wien konnten jedoch ihr Messprogramm noch bis 2008 weiterführen (KIRNBAUER, 2009). In diesem Zeitraum wurde das Löhnersbach- und das Glemmtalgebiet auch als Beispiel im Rahmen von DFG-Projekten genutzt (TILCH et al., 2006; ZILLGENS et al., 2005). Für eine Überleitung des Löhnersbaches in ein dauerhaftes Mustereinzugsgebiet fehlte jedoch die Finanzierung und die Bereitschaft der zuständigen Verwaltungsstellen.

Die fachliche Koordination zwischen den verschiedenen Arbeitsgruppen unterschiedlicher Disziplinen erfolgte weitgehend über persönliche Absprachen und selbstorganisierte Diskussion. Das führte auch dazu, dass die persönlichen Kontakte sehr lange erhalten blieben und weitere Forschungsanstrengungen informell abgestimmt wurden. Die Intensität der Forschungsarbeiten im Löhnersbachgebiet und deren Relevanz für die interne Planung der Wildbach- und Lawinerverbauung motivierte die zuständige Fachabteilung im Landwirtschaftsministerium, eine Arbeitsgruppe zusammenzustellen, die eine interdisziplinäre Ergebnisverknüpfung versuchen sollte (PIRKL, 1994a).

Praktisch alle Geländeaufnahmen und Kartierungen in den obigen Teilprojekten erfolgten bis 1995 noch rein analog. Somit wurden die Kartierungsergebnisse auch analog dokumentiert. Erst mit den Möglichkeiten des systematischen GIS-Einsatzes auch am PC konnte eine digitale Erfassung der Glemmtal-Kartierungen erfolgen. Eine solche wurde durch das BMLFUW 2002 beauftragt (PIRKL, 2003b, c).

Mit Hilfe dieser digitalen Aufarbeitung ist es möglich, alle Informationen unterschiedlich zu kombinieren oder einzeln zu diskutieren (siehe z.B. Abbildungen 3 bis 7) – zur näheren Beschreibung und Erläuterung siehe Beilage 2.1.

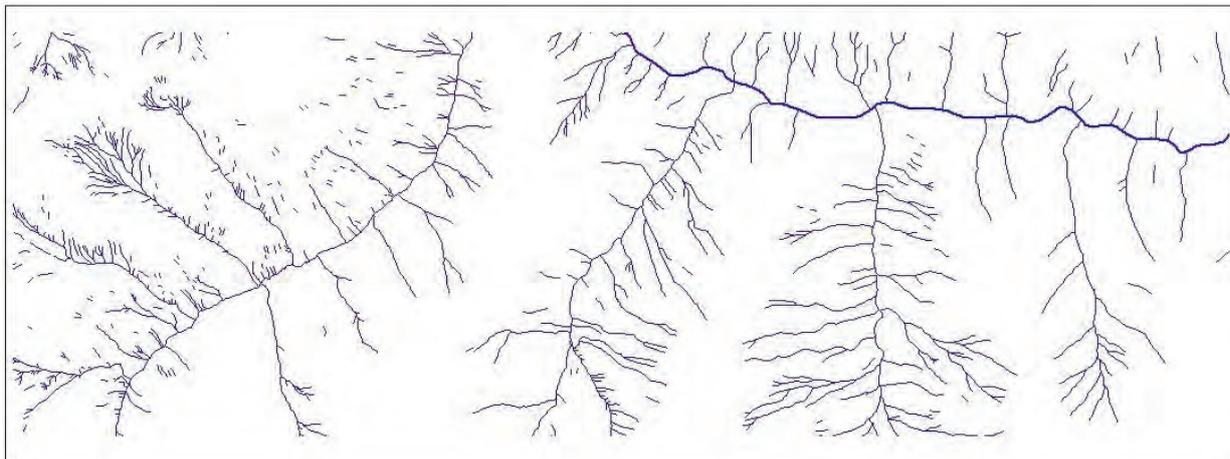


Abb. 3: Ausschnitt aus dem Glemmtal; aktuelles Gerinnesystem nach Geländeaufnahmen.

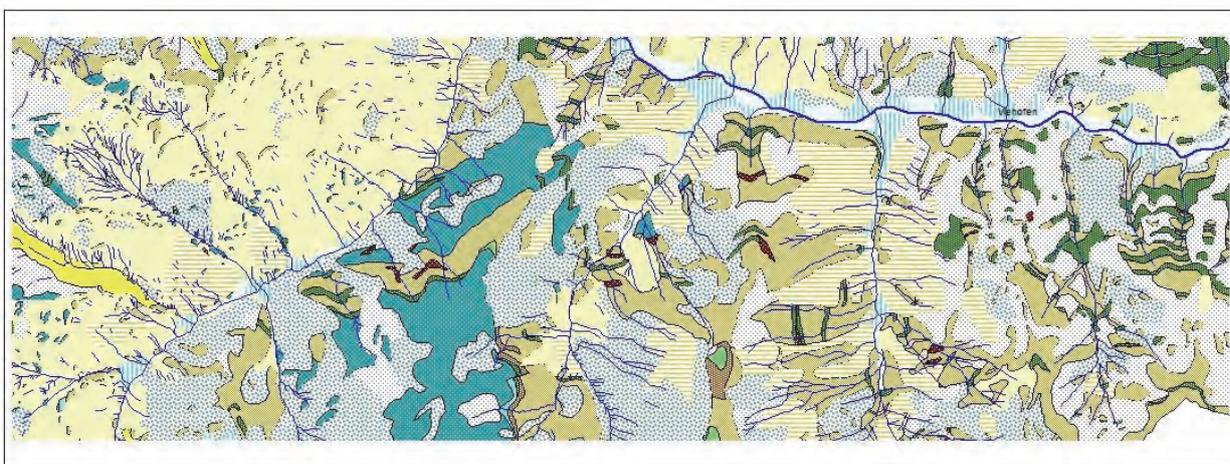


Abb. 4: Ausschnitt aus dem Glemmtal; Untergliederung (Fest- und Lockergesteine) nach Geländeaufnahmen und Kompilation vorhandener Kartierungsmanuskripte (Archiv der Geologischen Bundesanstalt).



Abb. 5: Ausschnitt aus dem Glemmtal; morphologische Phänomene (aktive und inaktive Massenbewegungen) nach Luftbildauswertung und Geländeaufnahmen.

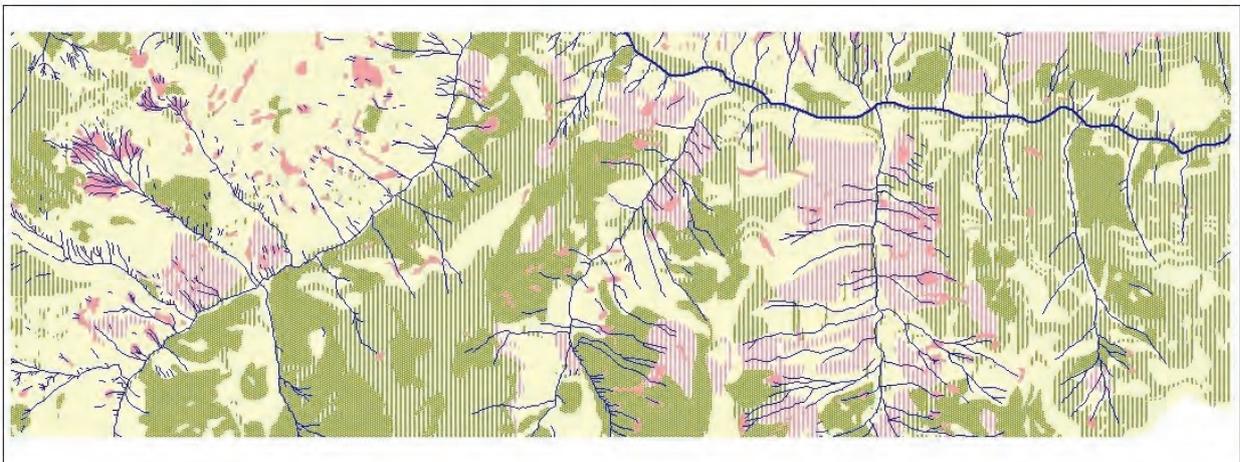


Abb. 6: Ausschnitt aus dem Glemmtal; Attribut „untergrundabhängige Abflusstypen“.

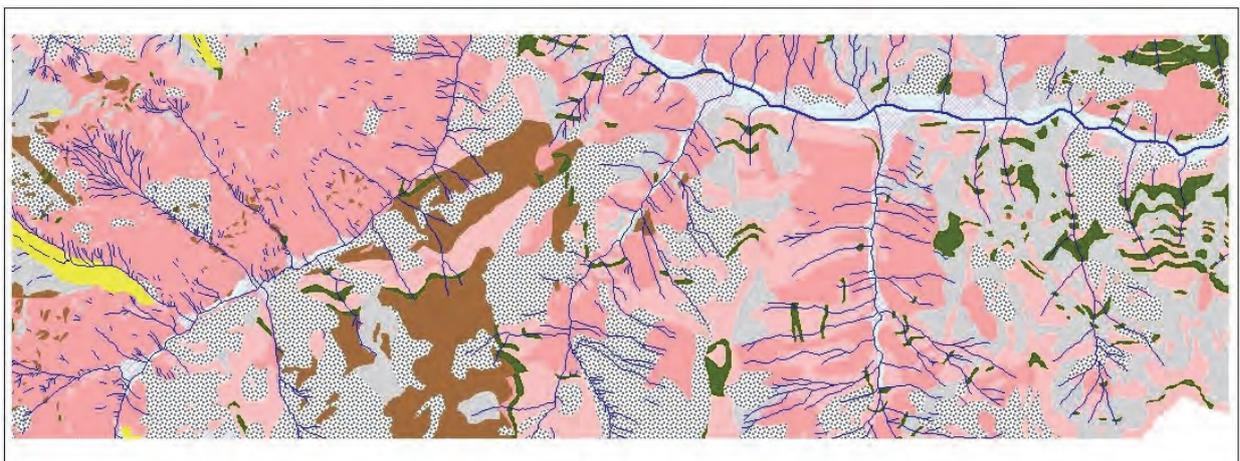


Abb. 7: Ausschnitt aus dem Glemmtal; Attribut „geotechnische Charakteristik“.

Die wichtigsten Methoden-Erfahrungen aus den Schwerpunktforschungen im Löhnersbach-Einzugsgebiet waren:

- Geomorphologie und Hydrogeologie von Wildbacheinzugsgebieten sollten immer gemeinsam bearbeitet werden. Die reine geomorphologische Phänomen-Kartierung ist nicht ausreichend.
- Zur Beschreibung der Oberflächenabflussentwicklung ist die Kenntnis der Verbreitung von Boden-Vegetationskomplexen, der Landschaftsentwicklung und der aktuellen Landschaftsnutzung notwendig.
- Die bodenphysikalischen Eigenschaften sind meist unabhängig vom Bodentyp. Deren gezielte Beschreibung ist für die hydrologische Charakterisierung von Wildbacheinzugsgebieten wichtiger als die Erstellung von Bodenkartierungen.
- Berechnungsversuche für die Simulation von Starkniederschlägen wurden technisch und Ablauf-mäßig verbessert und standardisiert.
- Bei der Parametrisierung und dem Einsatz von Niederschlag-/Abfluss-Modellen oder Wasserhaushaltsmodellen bringt die Einbeziehung (gebietsbezogener) hydrogeologischer Informationen eine deutliche Verbesserung der Simulationsergebnisse

Die Frage nach Vorgangsweisen für schutzfunktionale Planungsansätze auf verschiedenen Planungs- und Maßstabsebenen war mit ein Grund für die finanzielle Unterstützung der Forschungsarbeiten im Löhnersbachgebiet durch das Landwirtschaftsministerium.

Etwa zeitgleich wurde dieses Thema an Hand von Projekten in Vorarlberg ebenfalls im Auftrag des Landwirtschaftsministeriums diskutiert. Diese Diskussion betraf einerseits die Frage, ob und inwieweit geomorphologische Kartierungen wie z.B. die für den Bregenzerwald (RUPKE et al., 1988) für schutzfunktionale Planungen eingesetzt werden können, sowie andererseits die Frage nach einer möglichst ökonomischen Vorgangsweise für eine Datenbasis auf der regionalen Ebene. Um diese Fragen zu klären, wurden seitens des Landwirtschaftsministeriums Vergleichskartierungen im Tramosa-Einzugsgebiet (Gallenkirch / Montafon) beauftragt. Verglichen werden sollten der

+ Ansatz Naturraumrisiken aus geomorphologisch-glazialgeologischen Kartierungen abzuleiten, mit dem

+ Ansatz Naturraumrisiken direkt aus ingenieurgeologisch-hydrogeologischer Sicht abzugrenzen.

Die Hauptaussagen an Hand der Vergleichskartierungen waren:

- Die geomorphologisch-glazialgeologischen Kartierungen (etwa nach dem System RUPKE et al., 1988) können (könnten) eine gravierende Lücke bei den geologischen Kartierungen der österreichischen Zentralalpen schließen. Für eine ökonomische Vorgangsweise einer regionalen Abklärung potentieller Naturraumrisiken sind diese Kartierungen aber zu komplex. Da die aktuelle Landschaftsdynamik und die hydrogeologische Situation dabei eher im Hintergrund der Betrachtung stehen, kann es auch zu Fehlschlüssen hinsichtlich der Risikobewertung kommen. Eine gezielte Charakterisierung tiefgründiger Massenbewegungen, der jeweiligen Lockersediment-Verteilung sowie der hydrogeologischen Situation stellt einen rascheren und ökonomischeren Weg dar (BERTLE et al., 1993).

Im Gegensatz zum ersten Augenschein stellte sich die linke Flanke des Tramosa-Einzugsgebiet (siehe Abbildung 8) als die kritischere hinsichtlich potentieller Risiken heraus. Dort überlagern sich Bewegungsprozesse im Felsuntergrund mit oberflächennäheren in Lockersedimentkörpern. Aus den geomorphologischen Kartierungen alleine war diese Risikosituation nicht abgesichert interpretierbar.

Diese konkreten Erfahrungen führten in der Folge zu einer flächendeckenden Auswertung des für das Montafon vorhandenen IR-Luftbildmaterial hinsichtlich der Verteilung tiefgründiger Massenbewegungen, der Verteilung ausgedehnterer Lockersedimentkörper und der aktuellen Erosions-/Geschiebeherd-Situation (BERTLE et al., 1995; siehe Abbildung 9). Diese Auswertung war wiederum Basis einer Dringlichkeitsreihung für gezielte Untersuchungen in Kleineinzugsgebieten des Montafon.



Abb. 8: linke Flanke im Tramosa-Einzugsgebiet (mit Scheimersch-Gipfel).

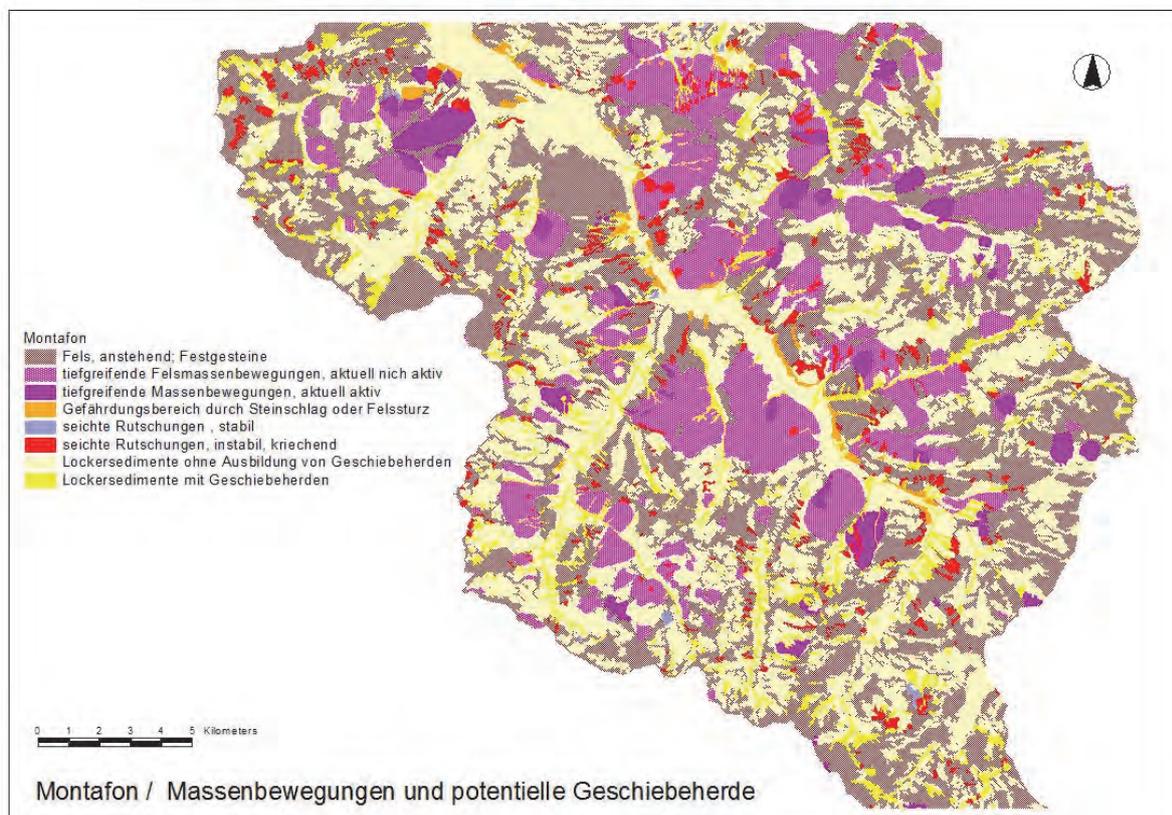


Abb. 9: Ausschnitt aus dem Montafon; flächendeckende Untergliederung nach Massenbewegungen, Erosion und Lockersedimentkörper.

Für den Zeitraum 1989 bis 1999 hatte die UNO die „Internationale Dekade zur Reduzierung von Naturkatastrophen“ (IDNDR) ausgerufen. Die Arbeitsschwerpunkte in Österreich konzentrierten sich dafür stark auf administrativ-technische Fragen und Planungen des Katastrophenschutzes. Die Geologische Bundesanstalt intensivierte darüber hinaus für diese Programmschiene aber auch die systematische Aufnahme und Dokumentation von Massenbewegungen (SCHÄFFER, 1994).

Zum Beginn der 1990er-Jahre erfolgte auch ein intensiver Erfahrungsaustausch zwischen österreichischen und bayerischen Arbeitsgruppen. Viele der in dieser Zeit entwickelten, gesamtheitlichen Ansätze wurden von den bayerischen Verwaltungsbehörden aufgegriffen und in Forschungsprojekten für die Praxis aufbereitet. Ergebnis war eine Anleitung zu multidisziplinären Kartierungen und Einzugsgebietsbewertungen (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 1996).

Der Zeitraum 1992 bis 1995 war auch die Programm-Diskussions-Phase für ein österreichisches Kulturlandschafts-Forschungsprogramm (KLF). In diese Programmentwicklung flossen auch alle damals aktuellen, methodischen und fachlichen Erfahrungen hinsichtlich der Naturraumanalyse von Wildbächen ein.

### 3.2 Zeitraum 1995 bis 2005

Mit dem Jahr 1995 startete die Umsetzung des österreichischen Kulturlandschafts-Forschungsprogrammes (BEGUSCH et al., 1994). Ein Multifunktionsmodul (MU2), das durch die internationale Begutachtung zur Finanzierung und Durchführung vorgeschlagen wurde, bezog sich auf Methodenentwicklung für die Bewertung von Naturraumrisiken. Der Projekttitlel „Absicherung von Kartierungs- und Bewertungsindikatoren des spezifischen Flächenbeitrages zu Schutz- und Wasserhaushaltsregelungsfunktionen in Wildbacheinzugsgebieten typischer alpiner Kulturlandschaften als Basis einer Einzugsgebiets-Management-Planung“ verweist bereits auf die Inhalte und angestrebten Ziele dieses Forschungsprojekts. Im Abschlussbericht (PIRKL, 2000) sind die Hauptergebnisse zusammengefasst und dokumentiert. Wie aus dem Titel ablesbar, stand die gesamtheitliche (multidisziplinäre) und flächendeckende Erfassung von Wildbachsystemen – und damit der Präventionsgedanke – im Vordergrund. Vergleichbar zu den Forschungen im Löhnersbachgebiet kam das Projektteam aus verschiedenen Fachrichtungen und Institutionen. Die Arbeiten betrafen eine Reihe sehr unterschiedlicher Einzugsgebiete mit teilweise Neukartierungen oder Vergleichsuntersuchungen (Löhnersbach bei Saalbach; Rettenbach und Brandseitenbach bei Kirchberg in Tirol; Dürnbach bei Neukirchen am Großvenediger; Finsing und Riederbach / Zillertal; Navis- und Schmirntal im Brennergebiet).

Hauptergebnisse des KLF-Moduls MU2 sind:

- ⇒ Landschaftsnutzung, Vegetation und Abflussentwicklung. Ein Gebietsschwerpunkt lag dabei im Finsingtal. Die Finsing war ein Teil des Integralmeliorationsprojekts Zillertal. Im Zuge der Vorarbeiten zur Planung flächenwirtschaftlicher Maßnahmen wurden in den 1950er-Jahren Vegetationskartierungen ausgeführt (SCHIECHTL, 1965; SCHIECHTL & STERN, 1981). Einerseits konnten die Kartierungen aus dem Jahr 1953 digitalisiert werden, und andererseits wurden diese Bereiche nach der gleichen Legende und Kartierungsart 1996 nachvollzogen (SCHIFFER & BURGSTALLER, 1996 und 1997). In Abbildung 10a sind die beiden Kartierungsergebnisse gegenübergestellt. Die Hauptaussagen aus diesem Vergleich waren grundlegend für das Verständnis der Landschaftsentwicklung und der Abflussbewertung! Die flächenwirtschaftlichen Maßnahmen der Integralmelioration hatten eine zum Teil sehr rasche Veränderung der Vegetationsverteilung initiiert. Die Wald-Weidetrennung und die daraus resultierende Konzentration der Beweidung hat jedoch die Oberflächenabflusssituation im Bereich der Geolsalm verschlechtert. Ähnliche Prozesse wurden auch auf anderen Almgebieten beobachtet. Prinzipiell ist aber als methodisches Ergebnis festzuhalten, dass die angewandte Vegetationskartierung unter Einbeziehung der Beschreibung von Nutzungs(ver-)änderungen wie z.B. Intensivierung/Extensivierung eine wichtige Grundlage der Wildbachhydrologie darstellt.
- ⇒ Beregnungsversuche. Niederschlagssimulation mittels Beregnungsanlagen sind ein wichtiges Hilfsmittel Niederschlag-/Abflussverhältnisse rasch zu testen. Im Zuge des gegenständlichen Projekts wurden dazu verschiedene Teilbereiche weiterentwickelt, wie
  - technische Ausstattung der Beregnungsanlagen (z.B. Düsenverteilungen Düsencharakteristik), Variation der Beregnungsflächengröße, unterschiedliche Beregnungsintensitäten und Beregnungsdauer;
  - Untersuchungen auf und neben der Beregnungsfläche, wie Bodenprofile, Probenahmen für bodenphysikalische Untersuchungen, Detailkartierung der Vegetation, Ausstattung mit Feuchtemessgeräten;
  - Standardisierung der technischen Ausrüstung, der Versuchsanordnung und des Versuchsablaufes;

- Gezielte Versuche an zahlreichen, ausgewählten Standorten zum Aufbau einer Datenbasis; Zusammenführung aller Daten in einer Datenbank (im Abgleich mit einer Datenbasis aus Bayern);
- ⇒ Oberflächenabflussbeiwertkarte. Die Ergebnisse aus den Beregnungsversuchen und den Vegetationskartierungen wurden zusammengefasst zu typischen Oberflächenabflussbeiwerten für Standorteinheiten bei Starkniederschlägen. Die flächenmäßige Darstellung dieser Oberflächenabflussbeiwerte (z.B. durch Attributierung der Vegetationskarte) ergibt ein entsprechendes Kartenbild (Beispiel siehe Abbildung 10b). Die Zusammenfassung aller dieser Erfahrungen erfolgte in einer Geländeanleitung für die Praxis (MARKART et al., 2004).

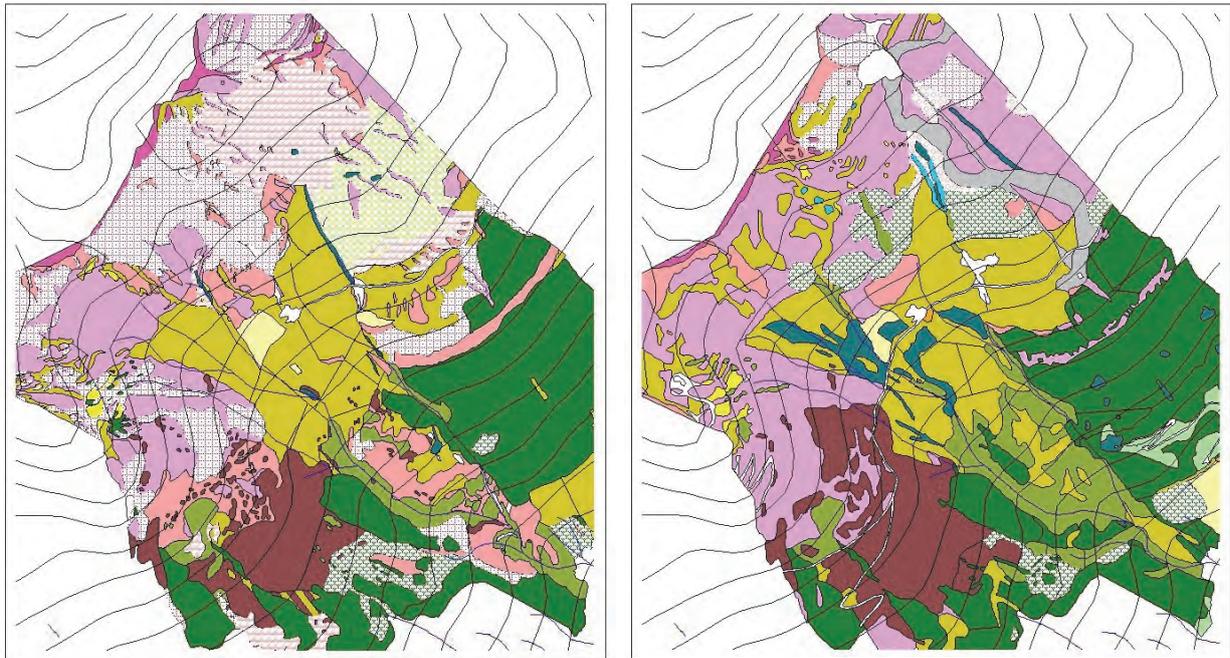


Abb. 10a: Geolsalm-Gebiet (Finsing/Zillertal); Vegetationskartierungen. Vergleich Situation 1953 (links) zur Situation 1996 (rechts).

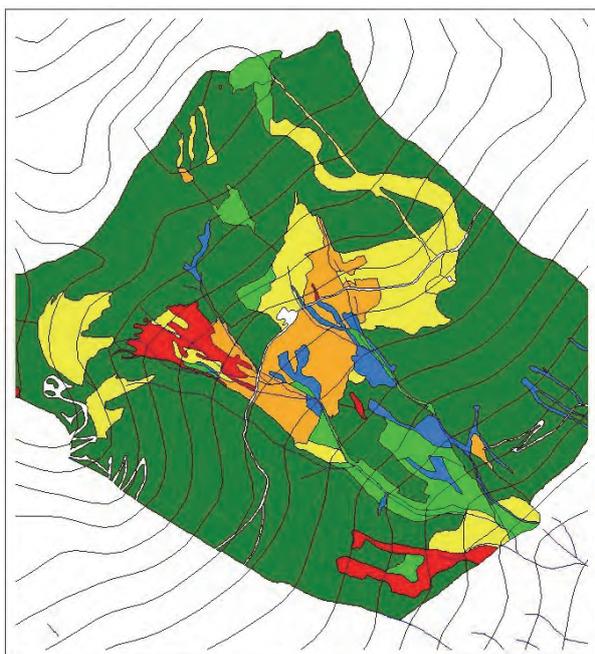


Abb. 10b: Geolsalm-Gebiet (Finsing/Zillertal); potentieller Oberflächenabfluss bei Starkniederschlag (Oberflächenabflussbeiwertkarte).

- ⇒ Wildbachhydrologie. Diskussion von N/A-Modellen; testweise Anwendung des an Hand der Erfahrungen im Löhnersbacheinzugsgebiet erweiterten Wasserhaushaltsmodell BROOK im Dürnbacheinzugsgebiet. Bei der Evaluierung der Rechenergebnisse für den Dürnbach musste festgestellt werden, dass auch vorhandene Niederschlags- und Pegel-daten oft nur bedingt brauchbar sind. Im vorliegenden Fall zeigten sich Probleme bei der Zeiterfassung der Messsysteme – bei mehreren Hochwasserereignissen erreichten Abflussspitzen den Pegel schon vor dem Niederschlag. An Hand der Daten und der Erfahrungen aus den Berechnungsversuchen sowie der Entwicklung der Oberflächenabfluss-beiwertkarten wurde ein neues, praxisgerechtes ereignisbasiertes N/A-Modell erarbeitet und getestet – ZEMOKOST (KOHL & STEPANEK, 2005; bzw. KOHL, 2010a, b).
- ⇒ Hydrogeologie & Geomorphologie. In einer Reihe der oben angeführten Einzugsgebiete wurden ergänzende hydrogeologische und geomorphologische Kartierungen ausgeführt. Dabei wurde auch versucht, systematisch Abfluss-/Durchflussmessungen bei unterschiedlichen hydrologischen Randbedingungen in die hydrogeologische Kartierung zu integrieren. Ziel war dabei, auch für unterschiedliche Arbeits- und Maßstabsebenen eine Datenbasis vergleichbarer Abflusspenden aus Teileinzugsgebieten aufzubauen, und das Arbeitsinstrument für die Praxis anzupassen.
- ⇒ In allen oben angeführten Einzugsgebieten wurden Landschafts-, Abfluss- und Massenbewegungsprozesse dokumentiert und charakterisiert. Diese Erfahrungen wurden in einem Prozesshandbuch zusammengefasst (PIRKL, 2000).

Während der Durchführung des KLF-Moduls MU2 lief auch ein ähnliches Forschungsprojekt in der Steiermark, finanziert durch Land Steiermark und Landwirtschaftsministerium – „Risikoanalyse geogener Naturgefahren im alpinen Raum. Gefahrenvermeidung statt Sanierung in alpinen Gebieten der Steiermark. Projekt StC60/99“ (PROSKE et al., 2000). Dabei wurden zum Teil Erfahrungen aus Vorprojekten übernommen, zum Teil kam es auch zu Team-Überschneidungen mit dem KLF-Modul MU2. In diesem Projekt wurde methodisch eine Verknüpfung zwischen GIS-Einsatz und Geostatistik versucht. Ziel war der Vorschlag eines Prognose-Instruments bezüglich potentieller Hang- und Gerinneprozesse. Leider kam es zu keinem inhaltlichen Abgleich der beiden parallellaufenden Forschungsansätze.

Im Zeitraum 1995 bis 2005 wurden auch wieder mehrere Ansätze zur Thematik Naturraumrisiko und Raumordnung diskutiert und deren Umsetzung versucht:

Im Rahmen des Interreg-Projekts „EGAR – Einzugsgebiete in alpinen Regionen. Neue Planungsinstrumente für das Naturraum Management“ (AMT DER TIROLER LANDES-REGIERUNG, 2002) lag dabei in Zusammenarbeit von Tirol, Bayern und Südtirol der Fokus auf dem Thema potentielle Gefährdung des Siedlungsraumes und der Infrastruktur durch Naturraumrisiken, sowie deren Minimierung über gezielte Raumplanung auf der regionalen Ebene. Als hauptsächliche Datenbasis diente dazu eine Luftbildauswertung hinsichtlich der unterschiedlichen Massenbewegungen und der Landschaftsnutzung für das gesamte Zillertal. Verwendet wurden, wenn vorhanden, auch geomorphologische Kartenwerke (Bayern) und Vegetationskartierungen (Tirol). Verarbeitet wurden die Daten durch Mehrfach-Verschneidungen mittels GIS-Instrumenten auf der Basis komplexer Parameter-Matrizen (siehe Abbildungen 11 und 12). In Bayern wurde dieses Instrument nach Projektabschluss vermehrt eingesetzt.

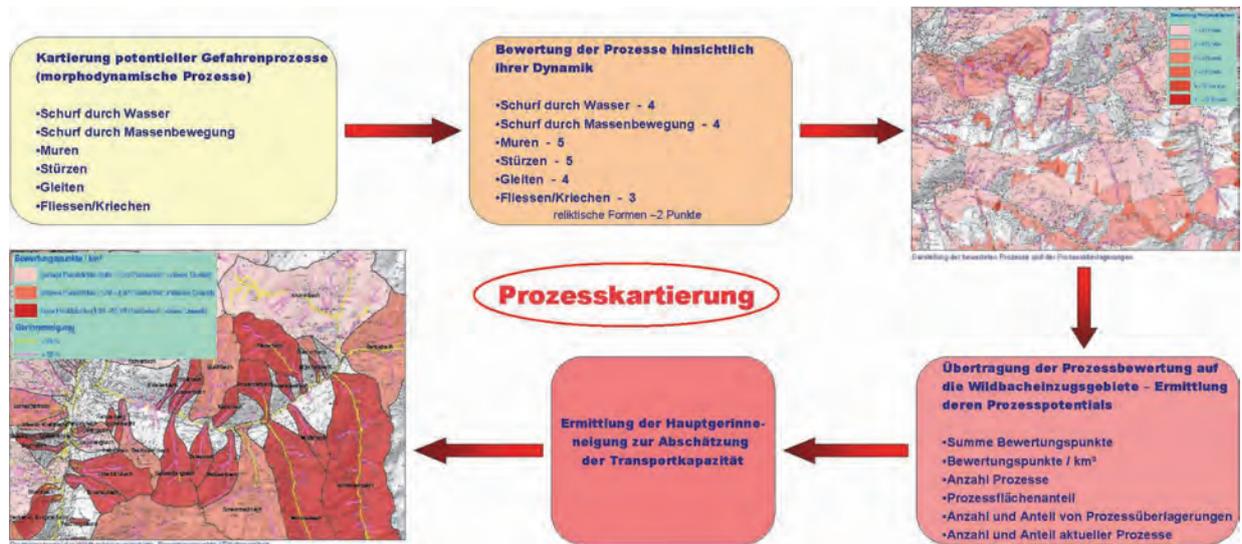


Abb. 11: Projekt EGAR; Ablauf Prozesskartierung und -verschneidung mit den Wildbacheinzugsgebieten.

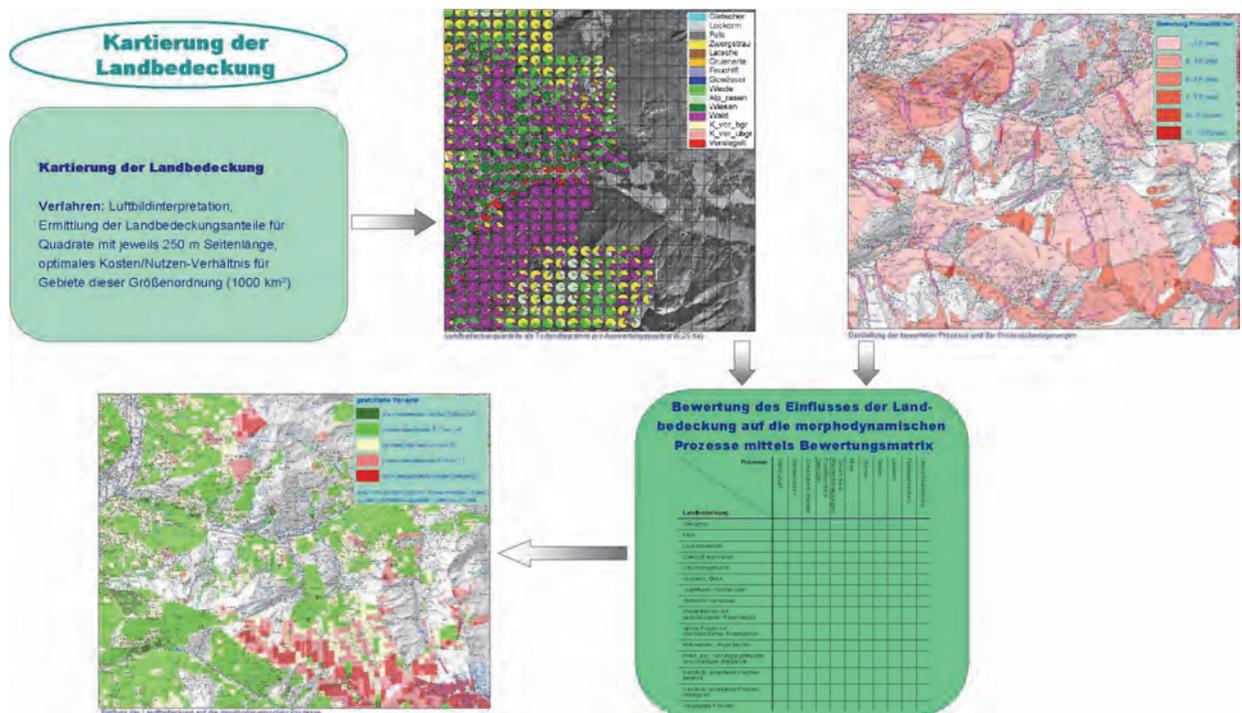


Abb. 12: Projekt „EGAR“; Kartierung der Landbedeckung und Bewertung des Einflusses auf die Naturgefahren.

Überlegungen zur Thematik Naturraumrisiko als Parameter der Gemeindeentwicklungsplanung wurden in Oberösterreich und Salzburg angestellt.

Für Oberösterreich wurde zuerst ein Weg über analoge Aufbereitung der vorhandenen geologischen Karten 1:10.000 vorgeschlagen (PIRKL, 1994b). Mittels einer geotechnischen Charakterisierung der geologischen Schichtglieder sollten die potentiellen Risiken und Gefährdungen für Siedlungsraum und Infrastruktur beschrieben werden. Auf dieser Grundlage sollte es möglich sein, besonders gefährdete Bereiche von der Bebauungsplanung auszuschließen und/oder Bereiche für notwendige Baugrunduntersuchungen einzugrenzen. Nachdem das Kartenwerk 1:10.000 für Oberösterreich auch digital zur Verfügung stand, konnte der Ansatz erweitert werden

und eine GIS-kompatible Vorgangsweise über direkte Attributierung erarbeitet werden (PIRKL, 2002a).

In Salzburg wurde zu dieser Thematik methodisch ein etwas anderer Weg eingeschlagen. Hier sollte an Hand einer alpinen Gemeinde eine spezifische Vorgangsweise getestet werden. Dies geschah am Beispiel des Gemeindegebiets von Rauris (PIRKL & UMFER, 1998a). Innerhalb der Salzburger Landesdienststellen führte diese Thematik auch an Hand weiterer Grundlagenstudien der Raumplanung noch zu längeren Diskussionen (DOLLINGER, 2008).

Die umfangreichen, methodischen und inhaltlichen Erfahrungen der zahlreichen Studien, die zu Beginn der 2000er-Jahre vorlagen, motivierte die Leitung des Dienstzweiges der Wildbach- und Lawinerverbauung, ein internes Projekt zur Evaluierung dieser Erfahrungen zu starten: Projekt „ETALP – Erosion, Transport in alpinen Systemen. Gesamtheitliche Erfassung und Bewertung von Erosions- und Transportvorgängen in Wildbacheinzugsgebieten“. In mehreren Arbeitsgruppen wurde dabei der Stand der Forschung und der Technik intensiv diskutiert. Aus dieser Diskussion entwickelte sich eine Zusammenstellung der aktuell für die Praxis besten Arbeitstechniken. Diese ausgewählten Arbeitsweisen wurden zu Handbüchern, getrennt nach den drei Arbeits-/Maßstabsebenen – detail, mittel, regional, zusammengeführt und dokumentiert (PROJEKTTEAM ETALP, 2004).

Die Messmethodik mittels Hubschraubergeophysik wird in Österreich seit 1980 systematisch eingesetzt. Untergrundstrukturen können damit flächenhaft mittels magnetischer, elektromagnetischer und radiometrischer Messungen erfasst werden. Als sehr gut geeignet hat sich diese Methodik für eher flache oder hügelige Morphologie erwiesen. Trotz Schwierigkeiten bei der Navigation und Problemen bei den elektromagnetischen Messungen (exakter Höhenabstand von der Erdoberfläche notwendig) wurden im Zeitraum 1995 bis 2005 auch Messflüge in alpinen Einzugsgebieten ausgeführt. Teilinformationen waren dabei durchaus auswertbar und wurden zum Vergleich und zur Absicherung von Kartierungen und Bodenmessungen in Vorarlberger Einzugsgebieten eingesetzt (PIRKL, 2002b; PIRKL et al., 2002a; MARKART et al., 2005). Das Messgebiet Vandans-Golm ist ein Beispiel dafür, dass eine multidisziplinäre Auswertung und Dateninterpretation, unterstützt durch zusätzliche Geländekontrollen und -messungen, durchaus zu neuen Aussagen für das Gebiet und für die Hubschraubergeophysik als Methode führen können (PIRKL et al., 2005). Aufbauend auf den Erkenntnissen aus diesem Messgebiet wurden z.B. die vom Hubschrauber aus geführten Bodenfeuchtemessungen technisch und Software-mäßig optimiert. In der Folgezeit wurden sowohl alle Messmethoden, als auch die Auswertungsprogramme (geophysikalische Modellrechnungen) stark verbessert und erweitert; dadurch wurde auch ein systematischer Einsatz der Messmethodik in alpiner Morphologie möglich.

Hilfreich war eine moderne Aufarbeitung der Hubschraubergeophysik-Messdaten in alpinen Einzugsgebieten mit diesen neuen Modellrechnungen.

### 3.3 Zeitraum 2005 bis 2015

In diesem Zeitraum wurden viele der oben beschriebenen Erfahrungen, Instrumente und Arbeitsweisen in der Praxis implementiert und genutzt. Für die angewandte Forschung stellten sich in vermehrtem Ausmaß drei Hauptfragen:

- a. Inwieweit spielt Zwischenabfluss bei bestimmten Niederschlag-Abfluss-Szenarien eine Rolle; und wie ist dieser zu erfassen?
- b. Wie können die Kartierungen und Messergebnisse in naturnähere Niederschlag-/Abfluss-Modellrechnungen eingehen?
- c. Wie können die Zusammenhänge zwischen Abfluss- und Hang-Prozessen (systematisch) abgeleitet und dargestellt werden?

Ein Teil dieser Fragen konnten in mehreren, aufeinander aufbauenden Projekten bearbeitet und beantwortet werden.

Das Jahr 2005 war ein Jahr größerer Wildbachereignisse. Ein besonders stark betroffenes Gebiet war das Trisanna-Einzugsgebiet (Paznaun). Das entsprechende Niederschlagsereignis (22.–23. August) war Dauerregen (nach bereits starker Vorbefeuchtung) mit eingelagerten Niederschlagspitzen. Das Ergebnis war ein Katastrophenhochwasser mit einer Jährlichkeit weit über einem Bemessungsereignis. Es war davon auszugehen, dass in diesem Fall Zwischenabfluss eine große Rolle bei der Hochwasserabflussbildung spielte.

Zur Ereignisdokumentation und als Lernobjekt wurde seitens der WLW ein Projekt formuliert: „HOPWAP. Hochwasser Paznaun 2005. Wald-Abfluss-Potentiale“. Dieses Projekt war in drei Arbeitsbereiche gegliedert:

- Hydrogeologie/flächenhafte Erfassung der (potentiellen) Abflussprozesse
- Landschaftsgliederung, hydrologische Wirksamkeit der Vegetation, insbesondere der Waldbedeckung
- Niederschlag-/Abfluss-Modellierung

Seitens des geowissenschaftlichen Teams wurde die in den Jahren davor entwickelten Methoden konsequent und flächendeckend zur Beschreibung der untergrundabhängigen Abflussprozesse eingesetzt; und zwar mittels:

- Erfassung und Darstellung des aktuellen Gerinnesystems (siehe Abbildung 13),
- Flächendeckende Darstellung der untergrundabhängigen Abflusstypen (siehe Abbildung 14),
- Einrichtung einer provisorischen Durchfluss-Messstelle am Diasbach (während der fünfwöchigen Geländearbeiten),
- Mehrfach-Durchflussmessungen an 52 Messstellen (siehe Abbildung 13).

Der Datenvergleich und die Plausibilisierung der Abflussprozessdarstellungen erfolgte über die jeweiligen Abflussspenden bei unterschiedlichen hydrologischen Situationen (siehe auch Beilage 2.2). Die Berechnung von Flächenanteilen möglicher Untergrundspeicher in den Teileinzugsgebieten (tiefergründiger Zwischenabfluss in Lockersedimentkörpern, tiefgründiger Abfluss in aufgelockerten Felsbereichen) ging in die Niederschlags-Abflussmodellrechnungen mittels ZEMOKOST ein. Die durch die N/A-Modellrechnungen abgeleiteten Abflussspenden während des Hochwasserereignisses wurden den Abflussspenden aus den Durchflussmessungen gegenübergestellt. Auch dabei ergab sich eine entsprechende Vergleichbarkeit mit den potentiellen Abflussprozessen. Die geowissenschaftlichen Ergebnisse wurden in PIRKL & RIEDL (2006) zusammengefasst. Der gemeinsame Abschlussbericht (KOHL et al., 2008) dokumentiert die multidisziplinären Ergebnisse und Schlüsse.

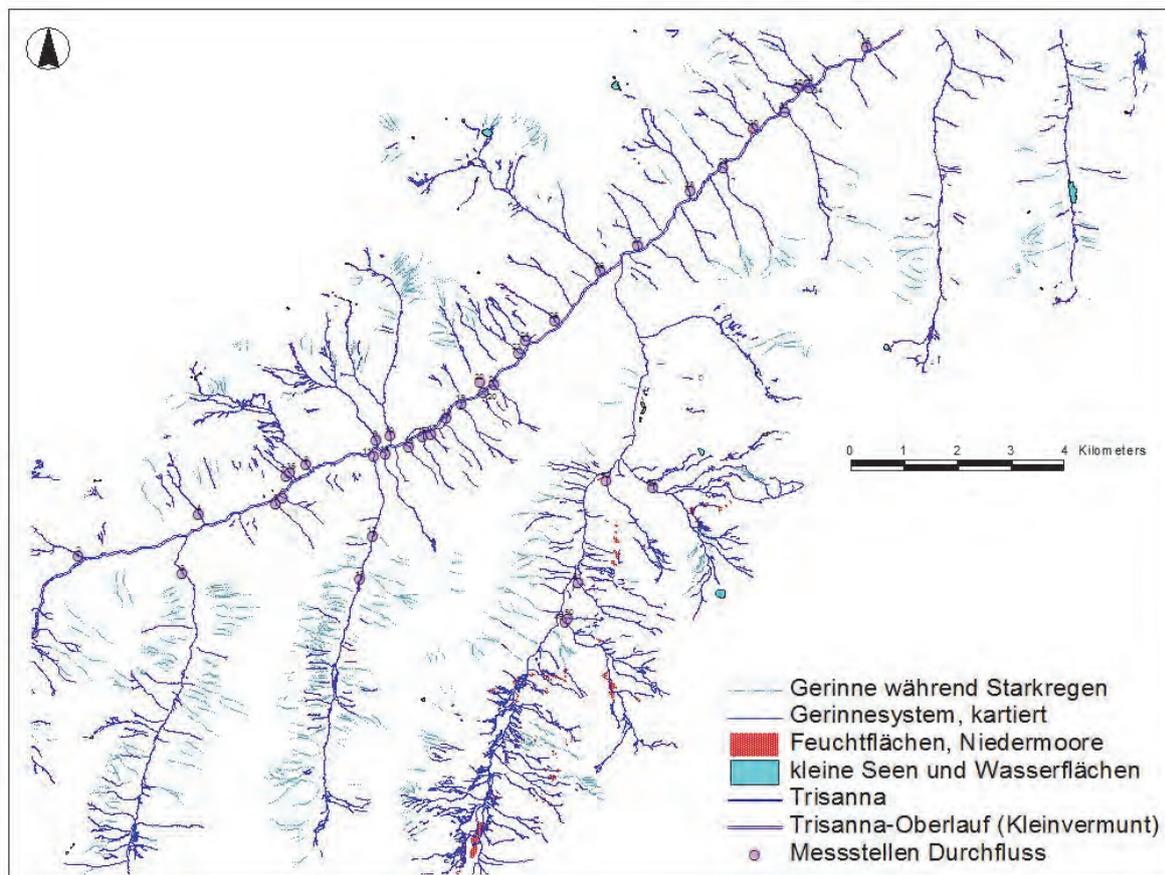


Abb. 13: Paznaun-Teilbereich (Trisanna-Einzugsbiet); aktuelles Gerinnesystem; Lageverteilung Durchflussmessungen.

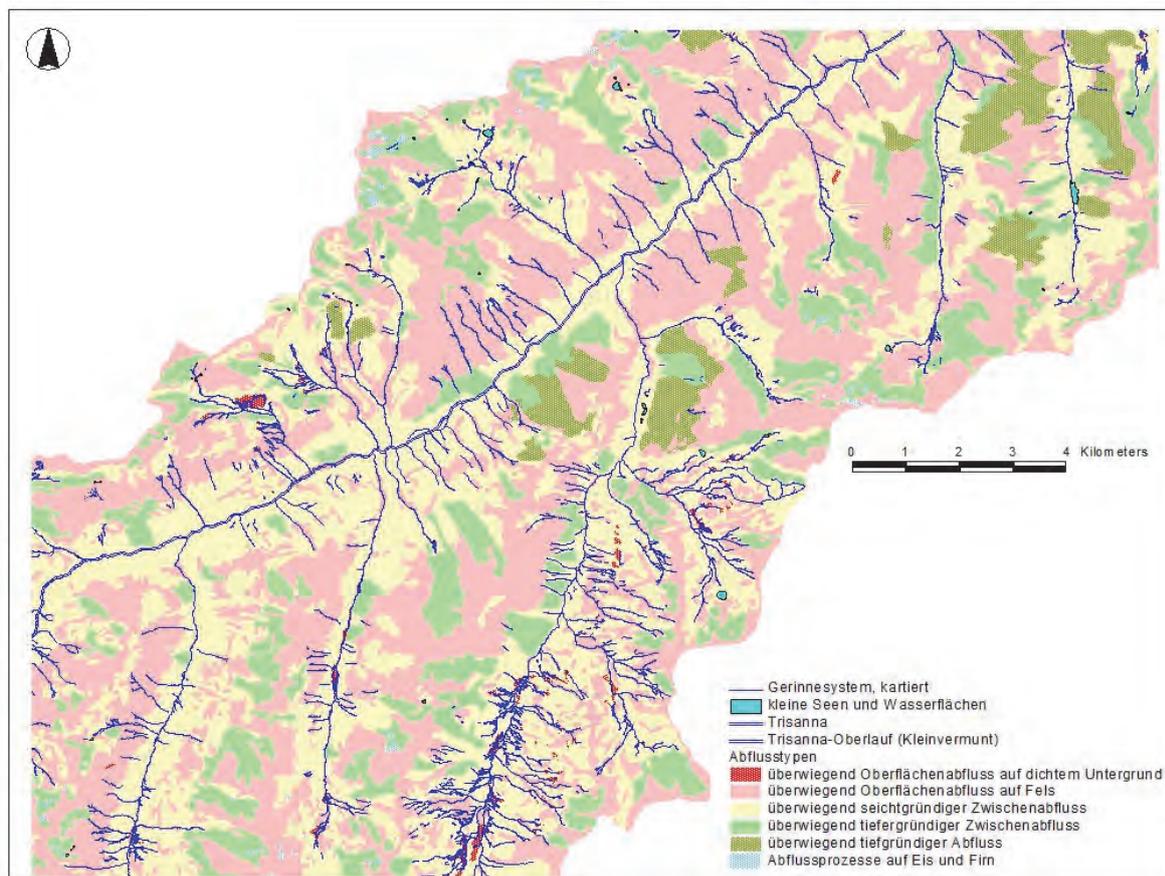


Abb. 14: Paznaun-Teilbereich (Trisanna-Einzugsgebiet); untergrundabhängige Abflusstypen.

Die im Zuge der Projektarbeiten für das Paznaun vorhandenen Grundlagen (Orthofotos) ermöglichten eine erweiterte Auswertung verschiedener Parameter, die nicht unbedingt projektrelevant waren und auch nicht in den entsprechenden Berichten dokumentiert wurden. Das betraf einmal die (Methoden-bezogene) Frage, inwieweit der Abflusstyp „Oberflächenabfluss auf Fels“ nicht weiter differenziert werden könnte.

Zu diesem Zweck wurden die Großklüfte und Störungen aus den Orthofotos und dem Höhenmodell ausgewertet (siehe Abbildung 15). Aus deren räumlicher Verteilung werden lokale Unterschiede in der Dichte der Zerklüftung der Festgesteine sichtbar, abhängig von Lithologie, Tektonik und glazialer Überprägung. Damit in Verbindung stehen sicher auch jeweils unterschiedliche Dynamiken der Abflussbildung. Wie weit dies auf die Reaktionsgeschwindigkeiten bei der Hochwasserabflussbildung eine Rolle spielt, konnte noch nicht abgeklärt werden und wäre durch Messprogramme abzusichern.



Abb. 15: Paznaun, Ausschnitt aus Jamtal und Laraintal; untergrundabhängige Abflusstypen und Auswertung Großklüfte/Störungen.

Das zweite Thema betrifft die Zusammenhänge zwischen Abfluss- und Hangprozessen. Die diesbezüglichen, ereignisbezogenen Prozesse wurden im Projektabschlussbericht diskutiert. Zusätzlich wurden aber auch alle Hinweise auf Felsauflockerungen, Bodenerosion, lokale Rutschungen oder Geschiebeherde ausgewertet – sowohl für die aktuelle Situation, als auch aus dem Waldstandsflug der 1950er-Jahre. Ein Schwerpunkt der Geschiebeherdbildung liegt dabei in den Einzugsgebieten von Valzur-, Fall- und Matnalbach. Der Vergleich der Situationen 1950 und aktuell weist darauf hin, dass dies ein andauernder Prozess sein dürfte (siehe Abbildung 16). Der Grund wird in der besonderen Verwitterungsanfälligkeit eines bestimmten Amphibolitstyps zu suchen sein. Solche Amphibolitserien zeichnen sich oft durch eine intensivere Zerklüftung aus.

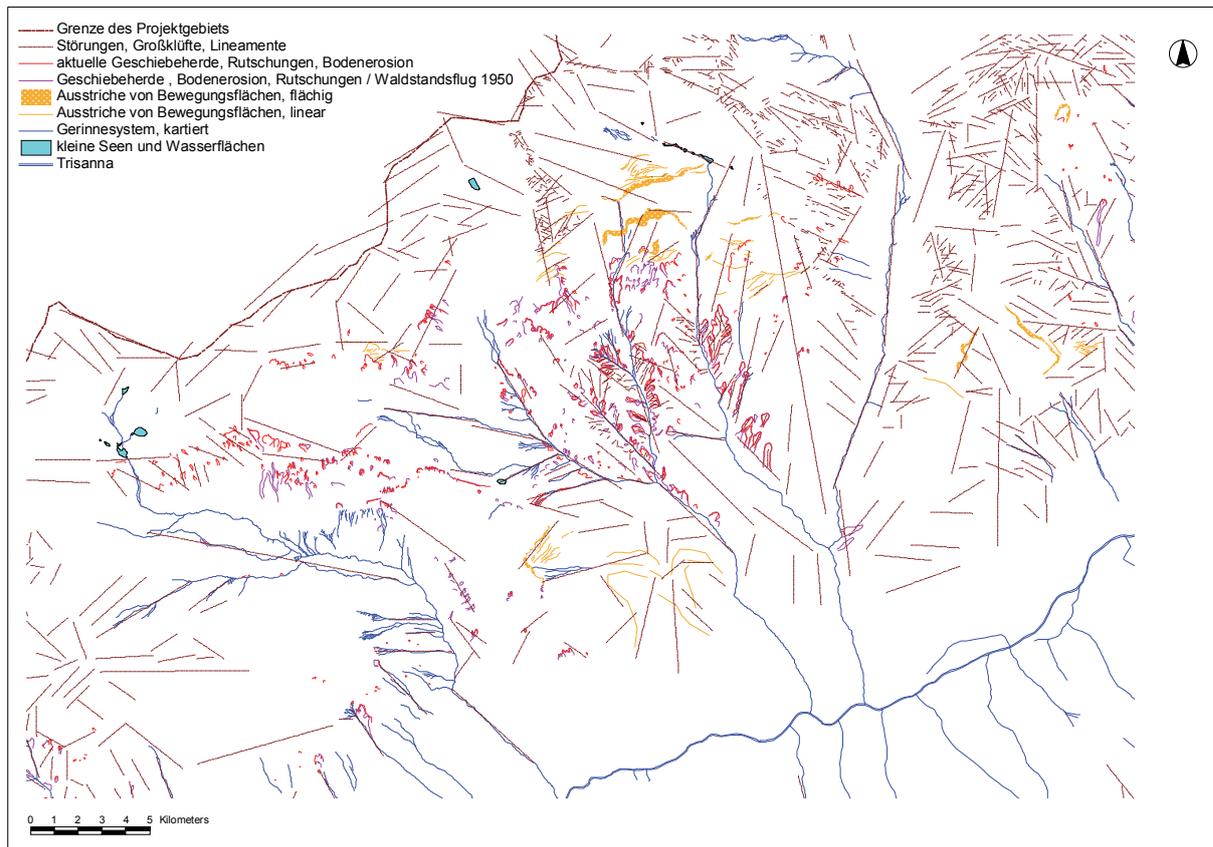


Abb. 16: Paznaun; Einzugsgebiete Matnalbach, Fallbach, Valzurbach, Bachtelbach bei Mathon; Vergleich Erosions-/Geschiebeherde 1950 (violett) und aktuell (rot); Großklüfte, Störungen.

Nicht zuletzt waren die Ereignisse von 2005 der Anlass zur Intensivierung und Standardisierung der Ereignisdokumentationen. In einem länderübergreifenden Projekt wurde eine solche standardisierte Vorgangsweise erarbeitet: Projekt „DOMODIS – Dokumentation alpiner Naturereignisse“ (HÜBL et al., 2006). Für die Ereignisse 2002, 2005, 2009, 2012 und 2013 liegen umfangreiche Dokumentationen großteils bereits nach obigem Standard vor (siehe z.B. [www.naturgefahren.at](http://www.naturgefahren.at), <https://www.bmlfuw.gv.at/forst/schutz-naturgefahren/naturgefahren.html>). An den Dokumentationen der Ereignisse 2015 wird gearbeitet.

Einen nächsten (logischen) Schritt stellte das Forschungsprojekt „HOWATI – Hochwasser Tirol“ dar. Dieser Forschungsansatz baut auf dem Vorprojekt „HORA“ auf (MERZ et al., 2008). Darin wurden für das Hauptflusssystem des Bundesgebietes mittels der Pegeldata und Geostatistik einheitlich Bemessungshochwässer gerechnet. Im Rahmen „HOWATI“ wurden bezogen auf das Bundesland Tirol die ergänzenden Fragen gestellt:

- a. inwieweit die Berechnung von Hochwasser-Bemessungsereignissen aus Pegeldata durch Extrapolation auch für die oberen (Klein-)Einzugsgebiete möglich ist, und
- b. ob der Einfluss des Zwischenabflusses auf die Hochwasserbildung auch regionalisiert werden kann.

Zum Aufbau einer Vergleichs-Datenbasis wurden zehn Leiteinzugsgebiete ausgewählt (siehe Tabelle 2). Für diese Leiteinzugsgebiete wurden ausgeführt:

- ⇒ eine flächendeckende Auswertung und Darstellung der untergrundabhängigen Abflusstypen (PIRKL, 2009).

- ⇒ ereignisbezogene N/A-Modellierung mittels ZEMOKOST für jedes Einzugsgebiet (KOHL, 2010b). Als zusätzlicher Berechnungsparameter gingen aus der Darstellung der untergrundabhängigen Abflusstypen Bereiche mit Pufferwirkung (Flächenprozent pro Teileinzugsgebiet) und Bereiche mit hohem Rückhaltevermögen (Flächenprozent pro Teileinzugsgebiet) in die N/A-Modellierung ein.
- ⇒ Kontinuierliche N/A-Modellierung mittels angepasster Speicherkonfiguration und Monte-Carlo-Simulation mehrtausendjähriger Niederschlagssituationen für jedes Einzugsgebiet (ROGGER et al., 2011). Die Darstellung der untergrundabhängigen Abflusstypen ging dabei in die Definition der für die Modellrechnungen verwendeten Hydrotope ein.

Leiteinzugsgebiet	km <sup>2</sup>
Wattenbach	73,0
Weerbach	72,8
Stampfangerbach	20,9
Teischnitzbach	14,2
Trisanna bis Galtür	97,6
Navisbach	61,5
Walchentalerbach	3,9
Debantbach	56,8
Hornbach	64,0
Längentalbach/Kühtai	9,2

Tab. 2: Projekt „HOWATI“, ausgewählte Leiteinzugsgebiete.

Das Hauptergebnis des Forschungsprojekts „HOWATI“ war, dass der Einfluss des Zwischenabflusses für die Berechnung des Bemessungsereignisses einen wichtigen Parameter darstellt, und dass sich dieser Effekt auch in den Modellrechnungen abbilden lässt (ROGGER et al., 2011a, b). Mit Hilfe der gewählten Methodik ist prinzipiell auch eine Regionalisierung möglich. Beim Versuch, diese Aussage auch auf das gesamte Landesgebiet umzulegen, stellte sich freilich heraus, dass die Datenbasis für viele Einzugsgebiete noch nicht ausreicht, tatsächlich auch eine verwaltungstechnisch abgesicherte Festlegung (z.B. eines 100-jährlichen Ereignisses) abzuleiten. Neben der Erkenntnis über die noch fehlende regionale Datenbasis zur Abschätzung von Zwischenabfluss, wurde aus den Ergebnissen von „HOWATI“ auch klar, dass die flächenhafte, qualitative Darstellung von untergrundabhängigen Abflussprozessen nicht ausreicht. Zur Abschätzung des Zwischenabflussbeitrages bei der Hochwasserentstehung ist eine Quantifizierung notwendig. Insbesondere die (naturnähere) Parametrisierung von N/A-Modellen erfordert Werte wie z.B. Speicherkonstante, Reaktions- oder Abstandsgeschwindigkeiten, u.ä.

Als nächster Schritt, beiden Anforderungen (Datenbasis, Quantifizierung) näher zu kommen, wurde das Projekt „Untergrundabhängige Abflussprozesse. Kartierung und Quantifizierung für das Bundesland Tirol. Flächendeckende Aufnahme Osttirols“ formuliert und beauftragt. Inhalt und Arbeitsschritte in diesem Projekt waren:

- ⇒ Ausführliche Beschreibung einer Vorgangsweise zur flächenhaften Darstellung der Zwischenabflussprozesse (in Erweiterung und Weiterführung der Erfahrungen aus den Vorprojekten „Hochwasser Paznaun“ und „Hochwasser Tirol“);
- ⇒ Flächendeckende Ableitung und Darstellung der untergrundabhängigen Abflusstypen für ganz Osttirol, einschließlich des obersten Drau-Einzugsgebiets (Sextener Dolomiten);
- ⇒ Diskussion und Spezifizierung von Quantifizierungsansätzen für Zwischenabflussprozesse
- ⇒ Diskussion der vorhandenen Pegeldata (auf der Basis Abflusspenden)

Nach der standardisierten Vorgangsweise werden drei Hauptprozesse für Zwischenabfluss unterschieden:

- a. seichtgründiger Zwischenabfluss in der Boden-Verwitterungszone oder geringmächtigen Lockersedimenten; reagiert sehr rasch bei Starkniederschlägen
- b. tiefergründiger Zwischenabfluss in mächtigeren und ausgedehnteren Lockersedimenten; die Reaktion auf Niederschlagsereignisse hängt ab von der Lage und Ausdehnung der Lockersedimentkörper, sowie von deren lithologisch-mineralogischen Charakteristik (Korngrößenaufbau)
- c. tiefergründiger Abfluss in tiefergründig aufgelockerten Felsmassenbewegungen; meist keine oder sehr verzögerte Abfluss-Reaktion auf Niederschlagsereignisse

Zur Quantifizierung wurden im Projekt Osttirol zwei Wege beschritten – systematische Durchflussmessungen bei unterschiedlichen hydrologischen Randbedingungen, sowie Abschätzung von Gebietsreaktionen mittels eines einfachen Laufzeitansatzes.

Natürlich war es damit nicht möglich, eine flächendeckende Quantifizierung für Osttirol abzuleiten, jedoch konnte eine erste Anschätzung für bestimmte geologische (hydrogeologische) Situationen vorgenommen werden (siehe Tabelle 3).

<b>Abflusstyp</b>	<b>Geologischer Körper</b>	<b>mögliche Spannweiten von Abstandsgeschwindigkeiten</b>
Überwiegend tiefergründiger Abfluss	Tiefergründige Fels-/Kluftauflockerung in Felsgleitungen oder Talzuschüben	10 bis 80 m / Tag
Überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss	Groblock-Halden, Bergsturzmaterial, inaktive Blockgletscher, flache Hangneigung	10 bis 20 m / Stunde
Überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss	Groblock-Halden, Bergsturzmaterial, inaktive Blockgletscher, steilere Hangneigung	20 bis 30 m / Stunde
Überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss	Karfüllungen, grobkörnige Seiten- und Endmoränen; flache Hangneigung	2 bis 5 m / Stunde
Überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss	Hangsschuttkörper (flachere Hangneigung)	2 bis 6 m / Stunde
Überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss	Hangsschuttkörper (steilere Hangneigung – bis 35°)	5 bis 20 m / Stunde

Tab. 3: Zusammenhang Abflusstyp / geologischer Körper / Abstandsgeschwindigkeiten (aus PIRKL, 2012a).

Alle Erfahrungen und Ergebnisse wurde im Endbericht (PIRKL, 2012a) zusammengefasst und dokumentiert; Übersichtsdarstellungen dazu siehe auch Beilage 2.3.

Wie im Beispielsprojekt „Hochwasser Paznaun“ wurden an Hand der Grundlagen (Orthofotos, Geländemodelle) als Nebenprodukt auch Massenbewegungsprozesse ausgewertet und lagemäßig dargestellt. Die Auswertung tiefgreifender Felsmassenbewegung ist Grundlage für die Abgrenzung des Typs „überwiegend tiefergründiger Abfluss“. Diese Information belegt aber auch die flächenmäßige Verteilung dieser Massenbewegungen. In Zusammenschau mit der Detailauswertung des aktuellen Gerinnesystems lässt das auch Rückschlüsse auf die hydrogeologische Situation in diesen Massenbewegungen mit tiefergründiger Felsauflockerung zu.

Die Kombination hochauflösende Orthofotos / hochauflösendes, digitales Höhenmodell erlaubte auch Detailauswertungen aktueller Bodenerosion, seichtgründiger Rutschungen und Geschiebeherden. Eine Konzentration aktueller Massenbewegungs- und Hangprozesse findet sich dabei z.B. im Bereich der Tauernschieferhülle im Abschnitt Kals-Matrei in Osttirol (siehe Abbildung 17). An solchen Beispielen lassen sich die Zusammenhänge zwischen tiefgründigen Felsmassenbewegungen (aktuell aktiv), Hangprozessen und Bacheinhangprozessen im Detail visualisieren und interpretieren (Burgbacheinzugsgebiet siehe Abbildung 18), obwohl in diesem Fall keine Geländeaufnahmen oder -kontrollen möglich waren.

Im Fall des Burgbacheinzugsgebietes könnten zwei gezielte Arbeitsschritte dazu führen, dass der Zusammenhang von Zwischenabflussprozessen und den entsprechenden Massenbewegungen hergestellt werden kann – die Kartierung von Quellen/Quellhorizonten sowie gezielte Durchflussmessungen entlang des Hauptbaches. Wo Quellaustritte im Nahbereich der Bacheinhänge zu erwarten wären, lässt sich im vorliegenden Fall aus der Kombination der Lageverteilung von Abflusstypen und Massenbewegungs-Internstrukturen ableiten.

Die vorliegende Auswertung auf der regionalen Ebene könnte somit auch genutzt werden, die Auswahl vorrangiger Untersuchungsgebiete zu unterstützen.

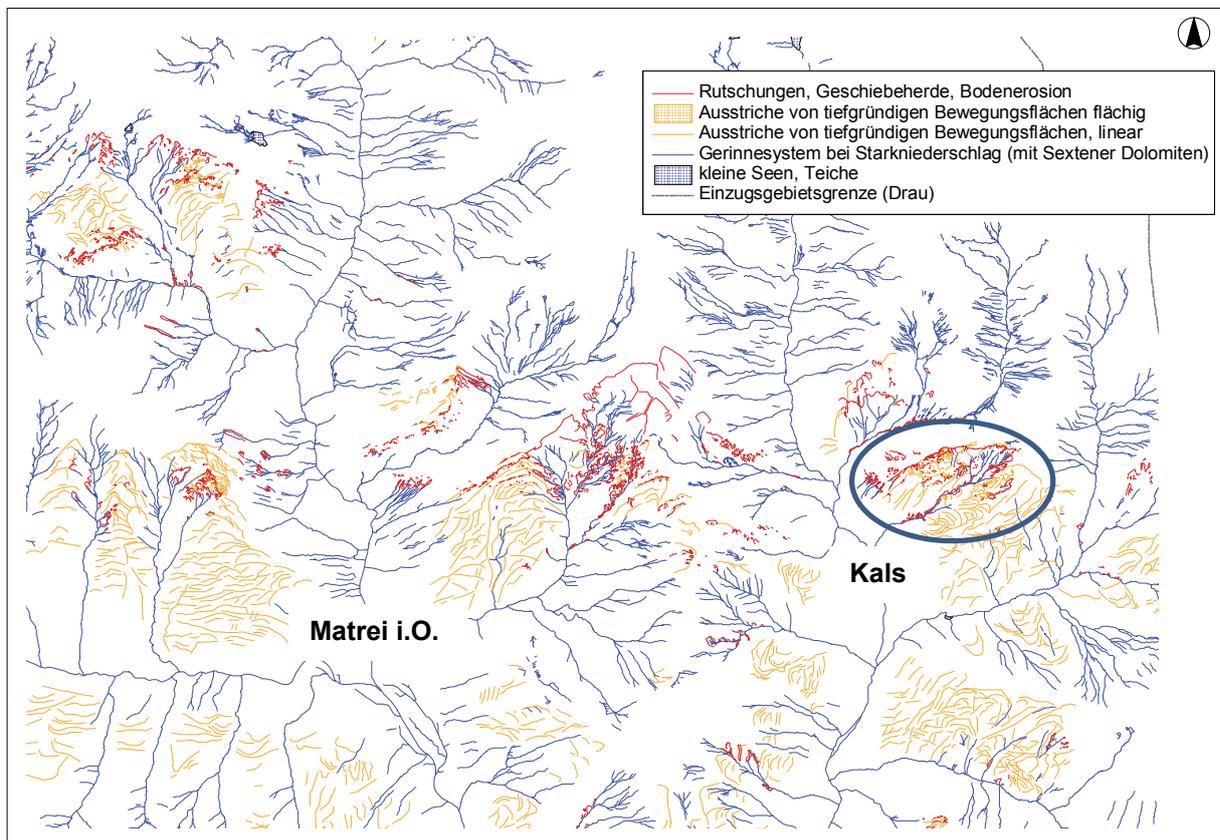


Abb. 17: Osttirol, Ausschnitt Matrei in Osttirol – Kals; aktuelles Gewässersystem, Internstrukturen tiefgreifender Felsmassenbewegungen und aktuelle Erosion/Geschiebeherde; Ellipse: Bereich siehe Abbildung 18.

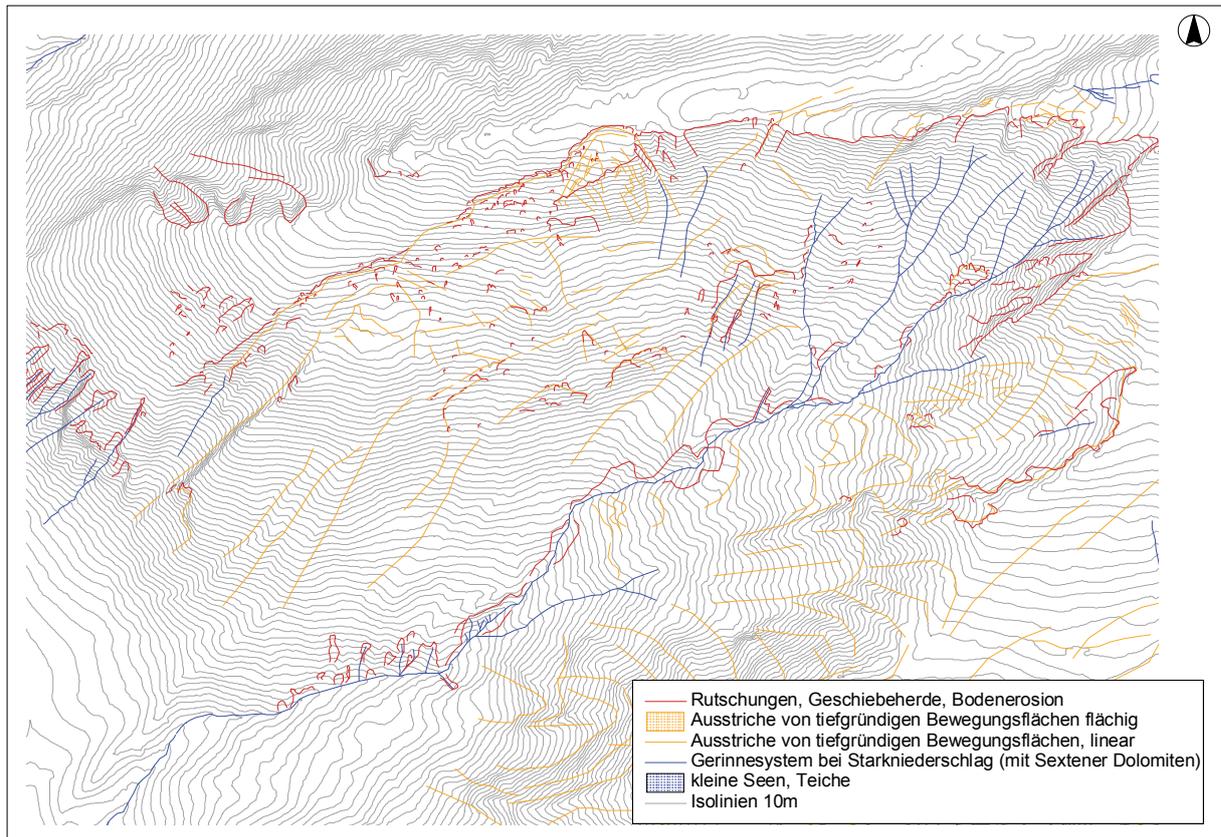


Abb. 18: Osttirol, Einzugsgebiet Burgbach bei Kals; aktuelles Gewässersystem, Internstrukturen tiefgreifender Felsmassenbewegungen und aktuelle Erosion/Geschiebebeherde.

Parallel zur Entwicklung des geowissenschaftlichen Ansatzes wurden zwei multidisziplinäre Forschungsprojekte ausgeführt, die ebenfalls darauf zielten, die Quantifizierung von Zwischenabflussprozessen näher zu beschreiben, und die Reaktion von Wildbacheinzugsgebieten bei Veränderung von klimatischen Randbedingungen zu bewerten:

- a. „Assesment of bandwidths of shallow interflow velocities in alpine catchments – Shallow Interflow“ (finanziert durch ÖAW/Kommission für Hydrologie)
- b. “SeRAC-CC – Sensitivity of the Runoff Characteristics of Small Alpine Catchments to Climate Change” (finanziert durch Klimafond).

Beide Projekte bezogen sich räumlich (z.T. auch unter personeller Überschneidung) auf die Einzugsgebiete Wattenbach, Brixenbach, Längentalbach/Kühtai und Ruggbach/Lochau. Im Wattenbach-Einzugsgebiet wurde neben Detailkartierung und Messprogrammen eine Regionalisierung der Prozessansprache mittels Geophysik versucht (siehe Abbildung 19). Mittels systematischer Kombination von Beregnungen, Tracereinspeisung und Bodengeophysik wurden an zahlreichen Standorten in den Einzugsgebieten Wattenbach, Brixenbach und Längentalbach Durchflusgeschwindigkeiten in Hangschuttkörpern gemessen.

Die Ergebnisse wurden in den entsprechenden Berichten dokumentiert (MARKART et al., 2011 & 2012).

Das Projekt „SeRAC-CC“ baute zum Teil auf den Messdaten von „Shallow Interflow“ auf, erweiterte die Messprogramme durch zusätzliche Beregnungen unterschiedlicher Intensitäten, Mehrfachbeobachtungen an Quellen und Mehrfach-Durchflusmessungen bei unterschiedlichen hydrologischen Randbedingungen. Damit konnten auch Aussagen zur Sensitivität der Einzugsgebiete abgeleitet werden (KLEBINDER et al., 2014; MEISSL et al., 2013).

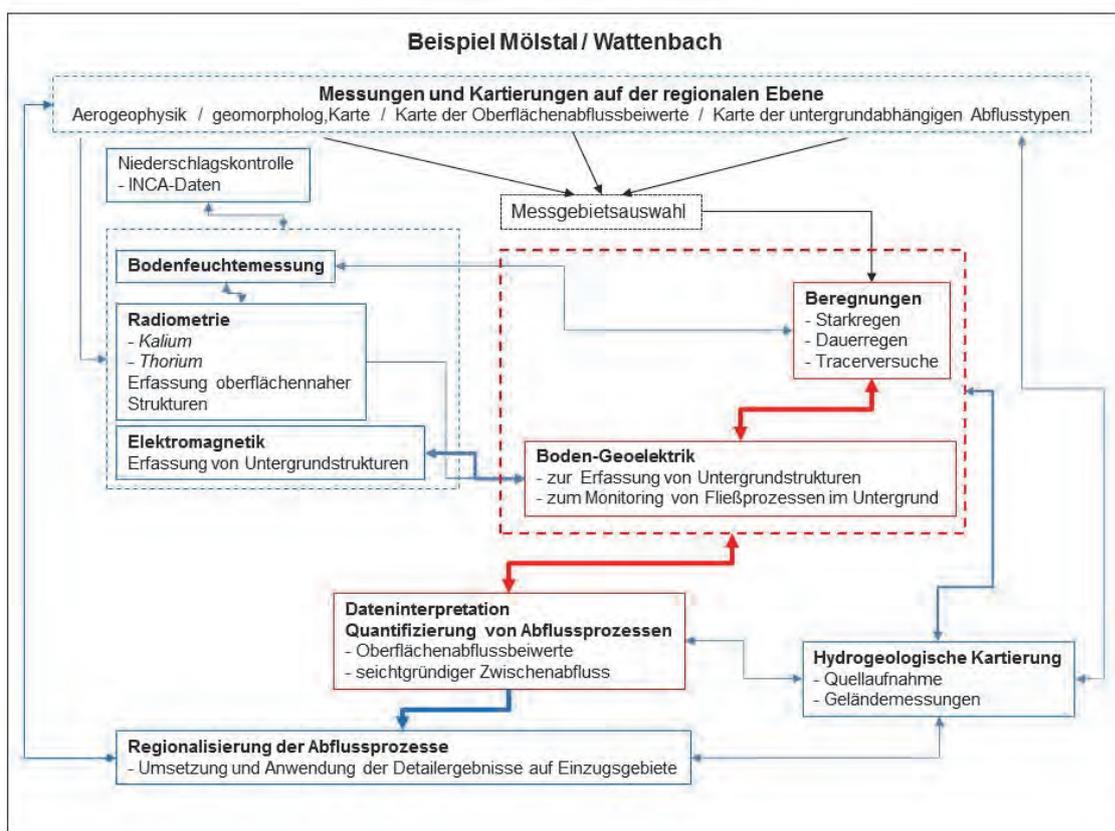


Abb. 19: Methodenverknüpfung zur Regionalisierung von Prozessbeschreibungen in Wildbacheinzugsgebieten am Beispiel Mölstal/Wattenbach.

Schon im Zuge des Projekts „Hochwasser Tirol“ stellte sich die Frage, ob die Arbeitsmethoden zur Charakterisierung von Zwischenabflussprozessen auch in kalkalpinen Einzugsgebieten anwendbar wären. Der damals ausgewählte Walchentalerbach (Ost Kufstein) mit einer morphologischen Einzugsgebietsgröße von ca. 4km<sup>2</sup> stellte sich schon bei der Auswertung der Pegeldaten als unbrauchbar für eine methodische Diskussion heraus. Auch das mit ca. 64km<sup>2</sup> weit größere Einzugsgebiet des Hornbaches (linkes Seitental des Lechtals) war auf Grund des Sediment-Managements in großen Stauräumen am Talboden und einer unklaren karsthydrogeologischen Situation schwer zu charakterisieren. Deshalb wurde die Möglichkeit aufgegriffen, das Gurgltaleinzugsgebiet / Imst-Fernpass (ca. 165 km<sup>2</sup>) entsprechend zu bearbeiten (PIRKL, 2015a; siehe auch Beilage 2.10).

Obwohl der größte Teil der Einzugsgebietsfläche aus Dolomitserien aufgebaut wird, ist damit zu rechnen, dass bei Starkniederschlägen überwiegend Oberflächenabfluss auf Fels aus den Steilwänden zu erwarten ist. Große (Hang-)Schuttkörper bilden dabei Pufferflächen vor dem Übertritt in die Vorfluter. Wo diese Konfiguration auftritt, kann durchaus mit einer vergleichbaren Vorgangsweise wie in den Kristallingebieten gearbeitet werden. Wie in Karbonatgebieten zu erwarten, gibt es freilich einige Komplikationen zu beachten. Diese konnten im Zuge einer Begehung in einer längeren Trockenwetterphase deutlich eingegrenzt werden:

- ⇒ Das Fernpassgebiet wird durch ausgedehnte Bergsturzareale aufgebaut. Dort sind mehrfach Bachversickerungen und –wiederaustritte an Quellhorizonten festzustellen. Die Seen (Fernsteinsee, Samerangersee) stehen mit einem Grundwasserkörper in Verbindung. Versickerungen, Wiederaustritte und Seewasserspiegel stehen miteinander in einem hydrogeologischen Systemzusammenhang. Der See-/Grundwasserkörper hat dabei eine Speicherfunktion (siehe Abbildungen 20 und 21).



Abb. 20: Fernpassgebiet, Fernsteinsee.



Abb. 21: Fernpassgebiet; Abfluss Klausbach (links) und Abfluss Fernsteinsee (rechts) bei Trockenwittersituation.

- ⇒ Im Abschnitt Fernstein-Nassereith überlagern sich mehrfach Bachzuflüsse, Grundwasserschwankungen / -austritte und Karstwasserzuflüsse; deutliche Karstwasserzuflüsse sind z.B. aus dem Wendelinstollen - ehemaliger Bergbau Gaflein-Dirstentritt, der Mühlprungquelle (siehe Abbildungen 22 und 23) oder dem See im Ortsgebiet von Nassereith festzustellen. Bei Trockenwittersituationen werden die Durchflussmengen beim Pegel Nassereith überwiegend durch diese Karst- und Grundwasserzuflüsse bestimmt.
- ⇒ Eine weitere Komplikation bezüglich der N/A-Modellierung stellt die linke Flanke zwischen Dörmit und Tarrenz dar. Hier versickern bei Starkniederschlägen Oberflächenwässer aus den Steiflanken in meist gut durchlässigen Lockersedimenten am Unterhang. Der Austritt/Übertritt in den Vorfluter ist dann freilich nicht direkt kontrollierbar, da dieser eher diffus und nicht messbar erfolgt.

Prinzipiell kann aber an diesem Beispiel festgehalten werden, dass die Arbeitsmethodik auch in Karbonatgebieten eingesetzt werden kann, wenn die jeweilige karsthydrologische Situation beachtet wird. Nicht geeignet ist die Methodik im Umfeld der großen Kalkstein-Plateaus mit überwiegend Karst-(Quell-)Abfluss wie z.B. Dachstein, Totes Gebirge, u.a.



Abb. 22: Nassereith; Abfluss Gafleinbach (links) und Abfluss Wendelinstollen (rechts) bei Trockenwittersituation.



Abb. 23: Nassereith; Abfluss Mühl sprungquelle bei Trockenwittersituation.

Auf Grund der umfangreichen Vorarbeiten und Testeinsätze der Arbeitsmethodik zur Charakterisierung von Zwischenabflussprozessen konnte diese für den Einsatz in der Praxis aufgearbeitet werden. In der Form eines „Handbuches zur qualitativen und quantitativen Erfassung untergrundabhängiger Abflüsse in Wildbacheinzugsgebieten“ wird dies als Behelf in der Praxis der Wildbach- und Lawinerverbauung zur Verfügung stehen (PIRKL & SAUSGRUBER, 2015). Neben methodischen Erläuterungen an Hand vieler konkreter Beispiele wurden darin vier Einzugsgebiete zusätzlich beschrieben und dokumentiert (Enterbach, Rettenbach, Warme Mandling, Scheatobel).

In den letzten Jahrzehnten wurde zudem intensiv sowohl an Phänomenkartierungen (Massenbewegungen), als auch an deren systematischer Dokumentation gearbeitet. Insbesondere stehen dafür die Aktivitäten der Geologischen Bundesanstalt. Im Rahmen des Projekts „GEORIOS“ wurde eine entsprechende Datenbank aufgebaut, systematisch Informationen über Massenbewegungen (Großhangbewegungen, Rutschungen, Hangmuren, u.a.) gesammelt und aufbereitet,

und über eine Webapplikation zugänglich gemacht (KOCIU et al., 2007; <https://www.geologie.ac.at/services/webapplikationen/massenbewegungen/>). Auch das Bundesforschungszentrum Wald (BFW) arbeitet laufend an der Dokumentation von Massenbewegungen (Rutschungen, Hangmuren) im Zusammenhang mit Ereignissen in Wildbacheinzugsgebieten ([www.bfw.ac.at](http://www.bfw.ac.at)).

Seitens der Österreichischen Raumordnungskonferenz wurden diese Aktivitäten aufgegriffen. Mit deren Unterstützung wurde eine Plattform für ein integriertes Naturraummanagement etabliert. Darin arbeiten mehrere Institutionen zusammen, wie Bundesforschungszentrum Wald, Geologische Bundesanstalt, Universität für Bodenkultur, Technische Universität Wien und andere. Die entsprechenden Erfahrungen sind kürzlich in der ÖROK-Empfehlung Nr. 54. „Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung“ zusammengefasst worden, um diese auch in der Österreichischen Raumplanung konkret wirksam werden zu lassen.

Wenn man die Entwicklung im Überblick betrachtet, ist festzustellen, dass einerseits sehr viel geleistet wurde und wird, dass andererseits aber immer noch ein Problem bestehen bleibt: Die einzelfachlichen Zugänge zur Charakterisierung und Bewertung von Wildbacheinzugsgebieten – wie geowissenschaftliche Kartierung, Vegetationskartierung, N/A-Modellierung, Bewertung der (Ereignis-)Prozesse im Gerinne, u.a. – bestehen in der Praxis weitgehend nebeneinander. Die Erfahrungen aus multi- und interdisziplinären Forschungsprojekten werden nur langsam umgesetzt. Ein wichtiger Hinderungsgrund ist das bestehende Nebeneinander von (fachlichen) Zuständigkeiten verschiedener involvierter Institutionen. Potentielle Vorgangsweisen, die diese Lücke überbrücken, wurden in Forschungsprojekten aber bereits angedacht (siehe Abbildung 24).

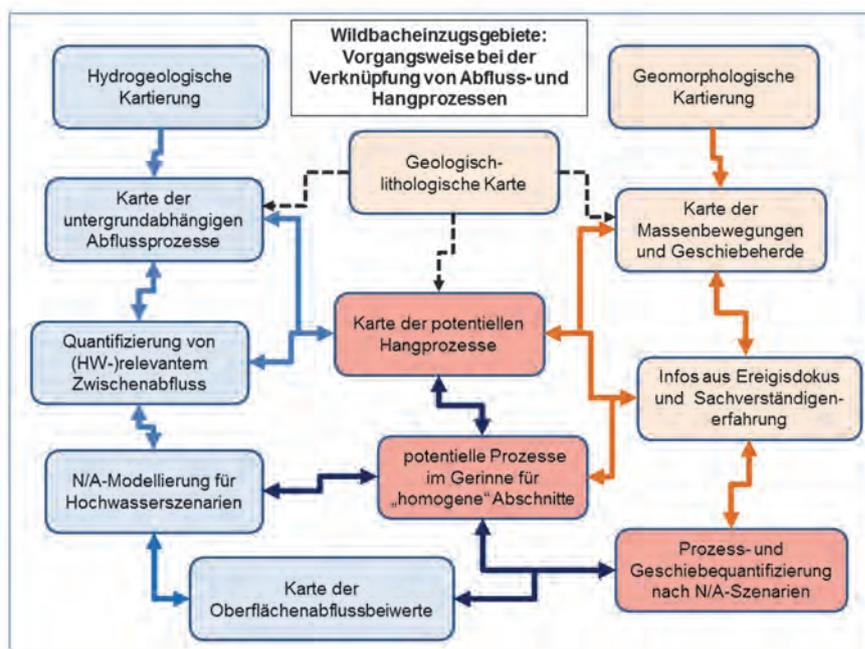


Abb. 24: Mögliche Vorgangsweise bei der multidisziplinären Verknüpfung von Prozesswissen in Wildbacheinzugsgebieten (PIRKL, 2015b).

*Abschließend ist noch einmal festzuhalten, dass die obige Zusammenstellung aus einem bestimmten (geowissenschaftlichen) Blickwinkel erfolgt. Im gleichen Zeitraum gab es ähnliche Arbeiten sowohl in Österreich als auch im benachbarten Ausland. In der Literatur-zusammenstellung wird zum Teil darauf verwiesen. Eine umfassende Gesamtzusammenschau hätte den gewählten Rahmen weit überstiegen.*

#### 4. Persönliche Schlüsse und Ausblick

Die Zusammenfassung der Erfahrungen über mehrere Jahrzehnte hinweg hat zwei Aspekte unterschiedlicher Blickrichtung - die kritische Rückschau und die (extrapolierende) Vorausschau in die Zukunft.

Für einen kritischen Rückblick sind zwei Fragen relevant:

- + Was konnte erreicht werden?
- + Was wurde nicht erreicht (und warum)?

Wenn man versucht, sich einen Überblick über einschlägige Forschungsberichte und entsprechende Publikationen zu verschaffen, findet man eine Fülle von Ergebnissen, Informationen, Daten und Methodenvorschläge. Dass nur wenig über Publikationen zugänglich ist, hat wahrscheinlich zwei Gründe: Einerseits haben meist die Personen, die im angewandten Forschungsbereich arbeiten, kaum Ressourcen für aufwändige Publikationstätigkeit, andererseits können in den einschlägigen Zeitschriften oft nur Teilaspekte von Ergebnissen veröffentlicht werden, da die jeweilige Zeitschriftenlinie fachlich-inhaltlich oft stark eingeschränkt ist. So zersplittert sich das Wissen auf eine umfangreiche, wenig-zugängliche „graue Literatur“ und auf viele Teilinformationen in verschiedensten Publikationsmedien – und wird so in der Umsetzung wenig wirksam.

Die fehlende Wirkung in der Umsetzung hat aber noch weitere, sehr manifeste Gründe:

- ⇒ Die „Kultur der Interdisziplinarität“ – besser gesagt, der österreichische Weg der fehlenden Kultur der Interdisziplinarität. Zwar steht in jedem Forschungsprogramm und jedem Forschungsprojekt der Begriff der Multi-/Interdisziplinarität im Zentrum der Planung. Die tatsächliche Praxis sieht dann freilich etwas anders aus. Interdisziplinarität bleibt in vielen Fällen nur ein Schlagwort und wird durch Improvisation oder Kompilation fremden Fachwissens überdeckt. Ziel ist es, das jeweilige Projektteam möglichst im eigenen Fachbereich zu halten, um die Mittel optimal ausnützen zu können. Der Hauptgrund dafür ist, dass die eigentliche, sehr aufwändige interdisziplinäre (Abstimmungs-)Arbeit nie finanziert wird. Freilich liegen inhaltlich die Wurzeln schon viel tiefer bei der universitären Ausbildung. Bei einer kritischen Durchsicht vieler Forschungsarbeiten wird deutlich, dass statt der Einbindung anderer Fachgebiete, immer wieder das „Rad neu erfunden wird“. Letztlich werden dadurch die schon engbegrenzten Ressourcen verschleudert, da solche Arbeiten keine tiefgehenden Lösungen anbieten können.
- ⇒ Ein Grund liegt auch an der in Österreich verbreiteten, fehlenden Konsequenz der Verwaltung. Die Abfolge Konzept→Forschung→Planung→Umsetzung→Maßnahmen wird immer wieder nur in Teilen realisiert. Angewandte Forschungskonzepte werden zwar mit einer breiten Beteiligungsbasis entwickelt, dann jedoch in der Durchführung nicht entsprechend durchfinanziert. Forschungsergebnisse finden nicht oder nur teilweise Eingang in konkrete Planungen. Eine durchgängige Konsequenz, wie sie in der Schweiz fast selbstverständlich ist, ist in Österreich kaum anzutreffen.
- ⇒ Ein weiterer Grund ist das Beharren auf „föderale Wissens- und Entscheidungshoheit“. Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in einem Bundesland werden vom Nachbarbundesland nicht als relevant gesehen. Oft wurden Parallelprojekte ohne gegenseitige Abstimmung ausgeführt, und direkt übertragbare Ergebnisse nicht angenommen. So entstanden z.B. auch unterschiedliche Handbücher für den direkt vergleichbaren Praxiseinsatz in verschiedenen Bundesländern.

- ⇒ Auch die unterschiedlichen, wissenschaftlichen Arbeitszugänge können Gründe für das oft fehlende „Aufeinander-Aufbauen“ von Forschungsergebnissen sein. Hier gibt es außerdem zwei Betrachtungsebenen: Das Instrumentarium GIS / Orthofotos / digitale Höhenmodelle ermöglicht eine sehr rasche und kostengünstige Bearbeitung großer Flächen. Dies verleitet dazu, die Arbeiten auf diese Ebene zu beschränken; besonders dann, wenn die Mittel beschränkt sind. Im Zuge von Geländeaufnahmen werden meist andere und zusätzliche Daten (mit-)erhoben, die erweiterte Auswertungen und Interpretationen ermöglichen. Gebiete, in denen aber nur am „grünen Tisch“ gearbeitet wurde, sind dann hinsichtlich der Interpretation nicht kompatibel. Insbesondere gilt dies für die Fälle, in denen z.B. Risiko-Dispositionen (nur) mittels GIS-Algorithmen berechnet werden. Als Zweites ist zu beachten, dass unterschiedliche Fachrichtungen (wie Geomorphologie, Landschaftsökologie, Geologie) auch unterschiedliche Zugänge zu Fachkartierungen und deren Inhalte bevorzugen. Solange es keine einheitlichen Vorgaben für bestimmte Naturraumanalysen gibt, wird es Kartierungen geben, die nicht in gleicher Weise attributierbar und umsetzbar sind.

Freilich konnten auch sehr positive Erfahrungen mit multi- und interdisziplinären Arbeiten gemacht werden – wie zum Beispiel in der „Forschungsschnittstelle Löhnersbach“. Wie schon in Kap. 3.1 beschrieben, konnten dort eine Vielzahl fachlich abgestimmter Arbeiten durch eine Reihe unterschiedlicher Fachdisziplinen ausgeführt werden. Die interdisziplinäre Diskussion basierte dabei weitgehend auf der persönlichen (finanziell nicht dotierten) Initiative vieler Teammitglieder. Das Beispiel Löhnersbach zeigt auch auf, wie wichtig gut untersuchte und ausgestattete Mustereinzugsgebiete wären, in denen laufend Datengrundlagen geschaffen werden, Daten und Methodeneinsatz evaluiert werden können, und die Möglichkeiten für interdisziplinäre Neuentwicklungen bestehen. Trotz einer teilweise intensiven und schon lange dauernden Diskussion über die fachübergreifende Einrichtung von Mustereinzugsgebieten in Österreich, wurde das Löhnersbacheinzugsgebiet nicht in das Programm übernommen. Derzeit führt nur das Bundesforschungszentrum Wald (BFW) vorläufig nur in wenigen Einzugsgebieten laufend kombinierte Niederschlags-/Abflussmessungen durch (Gradenbach, Oselitzenbach, Schmittenbach).

Die Arbeitsmethoden, die in den letzten Jahrzehnten entwickelt wurden, zielen praktisch alle auf eine flächenhafte und Einzugsgebiets-flächendeckende Kartierung und Analyse. Die jeweiligen Instrumente sollen ermöglichen, die richtigen Maßnahmen am richtigen Ort zu setzen. Politik und Gesellschaft tendieren aktuell jedoch dazu, sich eher auf anlassbezogene, technische Schutzlösungen zu verlassen und Langfristvorsorge in der Fläche zu vernachlässigen. Die WLV mit ihrem Zweig der Wildbachverbauung zieht sich somit immer mehr aus der Fläche zurück. Integrale Schutzkonzepte wie die Integralmelioration stehen nicht mehr direkt im Fokus von Planung und Maßnahmen. Damit bleiben die für die Fläche entwickelten Instrumente weitgehend ungenützt.

Im steigenden Maße werden aber die Flächenkartierungen und ihre Aussagen zur Abflussentwicklung für Hochwasser-Modellrechnungen eingesetzt. Neben der Verbesserung der Speicherkonfigurationen, die der Situation in den Einzugsgebieten angepasst werden können, lassen sich damit auch Betrachtungsunterschiede bei den Berechnungsmaßstäben (Flusseinzugsgebiet / Kleineinzugsgebiet) überbrücken. Wie sich in vielen Diskussionen herausgestellt hat, bietet die Darstellung der untergrundabhängigen Abflusstypen und insbesondere die Charakterisierung von Zwischenabflussprozessen die Chance, eine gemeinsame Sprache zwischen Hydrogeologie und Hydrologie zu finden.

Aus diesen Erfahrungen lassen sich eine Reihe Schlüsse auf die Zukunft hin ableiten:

- ⇒ Grundlegenden Daten wie hochauflösende Orthofotos und hochauflösende, digitale Höhenmodelle liegen praktisch für das gesamte Bundesgebiet vor, und werden laufend qualitativ noch verbessert. Die Messflüge direkt nach Ereignissen mittels Drohnen verdichten immer mehr das Wissen über die ablaufenden Abfluss- und Massenbewegungs-Prozesse. Dies sollte aber nicht dazu verführen, es bei der Dokumentation mittels Fernerkundung zu belassen. Erst Geländekontrollen, Detaildokumentation, ergänzende Messungen und eventuell Laboranalysen erlauben von der Ist-Analyse zur Prognose (auch in anderen Einzugsgebieten) überzuleiten!
- ⇒ Die Oberflächenabflussbeiwertkarte – abgeleitet aus der hydrologischen Charakteristik von Boden-Vegetationseinheiten – und die Karte untergrundabhängigen Abflusstypen – interpretiert aus der hydrogeologischen Charakteristik von Einzugsgebieten – sind praxistaugliche Instrumente, und sind in ihrer fachlichen Logik kompatibel. Was noch als nächster Schritt fehlt, ist die Definition übergreifender „Hydrologischer Reaktions-Einheiten“ (HRE's). Mit diesem Schritt wird auch die Überleitung in Niederschlag-/Abflussmodellrechnungen erleichtert.
- ⇒ Das Prozesswissen bezüglich Oberflächenabflussbildung, Zwischenabflussbildung, Hang- und Gerinneprozesse ist umfangreich dokumentiert. Als nächster Schritt ist die systematische Verknüpfung dieses Wissen notwendig, um klare Prozesszusammenhänge (Abfluss → Hangprozesse → Transportprozesse in den Gerinnen) beschreiben zu können. Erst mit diesem Schritt wird eine abgesichertere Prognose möglich.

Der letzte Punkt erscheint der vordringlichste, da damit auch die Zusammenführung des vorhandenen, multidisziplinären Wissens ermöglicht wird. Im Folgenden werden in Hinblick auf potentielle Vorgangsweisen entsprechende Gedanken formuliert.

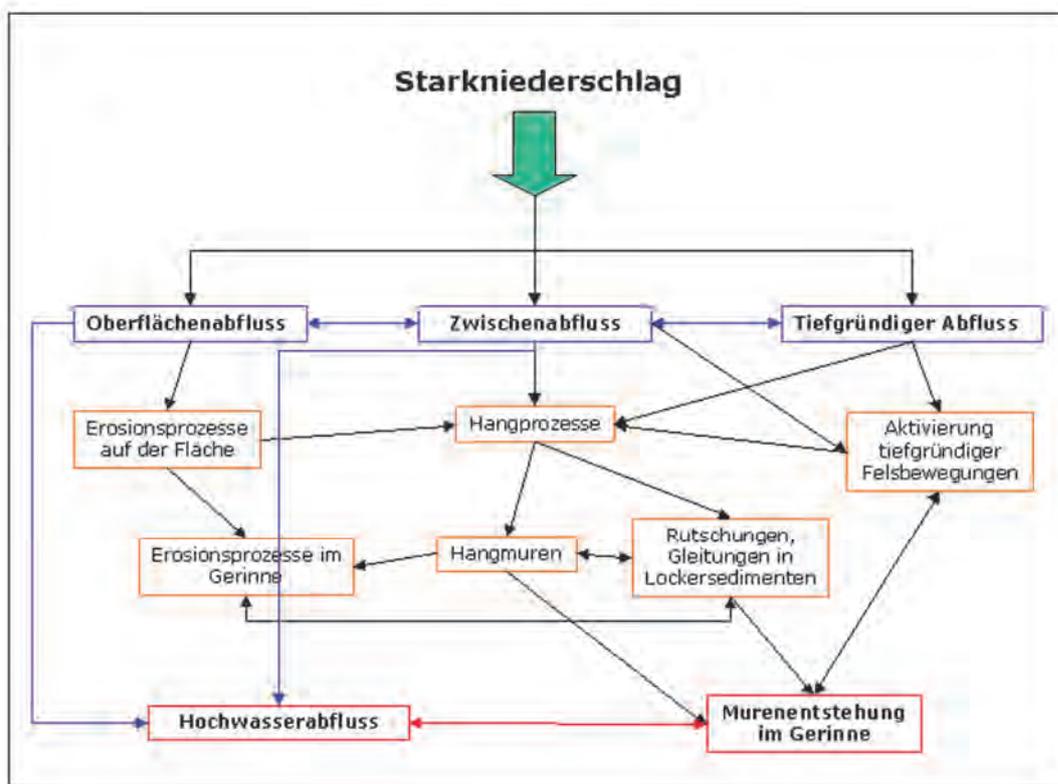


Abb. 25: prinzipielle Prozesszusammenhänge in Wildbacheinzugsgebieten.

Ausgegangen werden kann von der aktuellen Situation der verschiedenen Zugänge und Arbeitsweisen bezüglich der Beschreibung/Dokumentation von Hangprozessen und Massenbewegungen:

- a. Mehr oder minder systematische Kartierung von Massenbewegungs-Phänomenen (unabhängig von Ereignissen). Zugänge dazu sind die Auswertung und Interpretation von Luftbildern (Orthofotos), die Auswertung von Literatur und Geologischen Kartenwerken, sowie Kontrolle und Ergänzung durch Geländebegehungen. Die Dokumentation erfolgt in (GIS-gestützten) Datenbanken und/oder Web-Applikationen. Beispiele dafür sind die systematischen Arbeiten und Dokumentationen der Geologischen Bundesanstalt.
- b. Kleinregional systematische Kartierungen von Massenbewegungs-Phänomenen im Zusammenhang mit (Katastrophen-)Ereignissen. Sehr gut dokumentierte Beispiele liegen z.B. für Gebiete vor, die 2005 von Katastrophenereignissen betroffen waren (Bregenzer Wald, Bucklige Welt), bearbeitet durch BFW und GBA. Teilweise gehen diese Aufnahmen und Dokumentationen über die reine Phänomen-Beschreibung hinaus und erheben auch die jeweiligen hydrogeologischen und lithologischen Randbedingungen.
- c. Detailbeobachtungen, -kartierungen und -messungen an ausgewählten, meist ausgedehnten Massenbewegungen. Diese Beispiele besitzen in der Regel ein sehr hohes Risiko-/Gefährdungspotential und/oder stehen mit wichtigen Infrastruktureinrichtungen in Beziehung. Die Interpretation erlaubt meist sehr spezifische Aussagen zum Einzelfall; die Aussagen sind aber nicht immer so einfach zu verallgemeinern.
- d. Neben Fachzugängen, die alle mehr oder minder mit Geländearbeiten oder zumindest Geländekontrollen verbunden sind, gibt es zahlreiche Ansätze, die allein über GIS-Datengenerierte Parameter auf Prozess-Disposition rückzuschließen suchen. Ergebnisse sind dabei verschiedene (theoretische) Dispositionskarten und Abgrenzungen potentieller Risikogebiete – in den überwiegenden Fällen freilich ohne (ausreichende) Gelände-kontrollen.

Natürlich gibt es bei den obigen Zugängen auch fachliche Übergänge und Mischformen. Gemeinsam ist ihnen jedoch, dass häufig die damit verknüpften Abflussvorgänge als Auslöser, Motor und/oder Transportmedien nicht oder nicht (fachlich) gleichwertig eingebunden werden. Wenn tatsächlich möglichst ganzheitliche Prozessbewertungen erfolgen sollen, müsste in jedem Fall zusätzlich eine (maßstabs-)entsprechende hydrogeologische Kartierung ausgeführt werden. Der effektivere Weg wäre eine konsequente Verknüpfung der Arbeitsinhalte in Planung, Kartierung und Interpretation.

In Abbildung 26 ist der prinzipiell angestrebte Weg grafisch aufbereitet. Für die üblichen Maßstabszugänge – a. regionale Ebene, b. kleinregionale-lokale Ebene – können kompatible Vorgangsweisen entworfen werden. Unterstützt wird dabei die Maßstabs-Kompatibilität durch die Auswertung und Interpretation der selben Grundlagenmaterialien (Orthofotos, digitale Geländemodelle); der Unterschied liegt nur in der Bearbeitungstiefe und Detailgenauigkeit.

Die Abbildung 26 visualisiert die möglichen Verknüpfungswege. Für die markierten Arbeitsschwerpunkte (A bis G) wird im Folgenden auch in Kurzform der Arbeitsstatus charakterisiert:

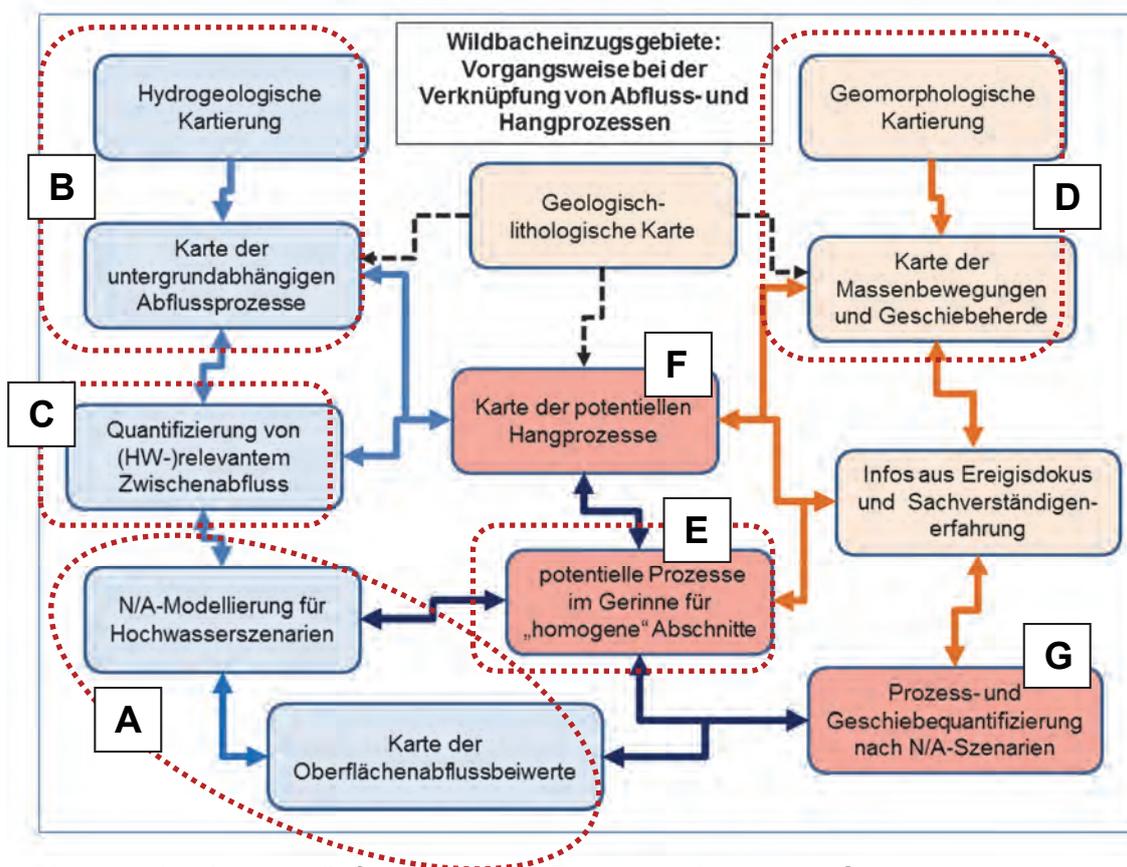


Abb. 26: angestrebte Verknüpfungslogik von Prozesskartierungen; Querverbindungen zu den Arbeitsschritten und –inhalten.

#### A Karte der Oberflächenabflussbeiwerte / N/A-Modellierung

In der Praxis vielfach plausibilisierte und etablierte Kartierungs- und Bewertungsmethode (MARKART et al., 2004); direkte Schnittstelle zu N/A-Modellierung mittels ZEMOKOST ebenfalls bereits häufig in Verwendung und von der Praxis akzeptiert (KOHL, 2010a, b).

#### B Hydrogeologische Kartierung / Karte der untergrundabhängigen Abflussprozesse

Die Arbeitstechniken der Hydrogeologie sind Routinen, die laufend bei Grundwasser- und Trinkwasserpotential-Untersuchungen eingesetzt werden. Arbeitsgänge für die flächenhafte Ausweisung der untergrundabhängigen Abflussprozesse (Zwischenabfluss) wurden an Hand einer Reihe von Wildbacheinzugsgebieten entwickelt und getestet (PIRKL, 2006, 2009, 2012a, b; PIRKL & RIEDL, 2006; PIRKL & SAUSGRUBER, 2015). Die Ergebnisse wurden auch bereits für die Parametrisierung von N/A-Modellen herangezogen (KOHL, 2010a; KOHL et al., 2008; ROGGER et al., 2011). Die direkte Schnittstelle zur Karte der Oberflächenabflussbeiwerte ergibt sich dadurch, dass die untergrundabhängigen Abflussprozesse die Prozentziffern des jeweiligen Nicht-Oberflächenabflusses repräsentieren.

#### C Quantifizierung des Hochwasser-relevanten Zwischenabflusses

Dafür gibt es Zwischenergebnisse aus Forschungsprojekten (MARKART et al., 2011, 2012; PIRKL, 2012). Es besteht aber weiterer Forschungsbedarf.

#### D Geomorphologische Kartierung / Karte der Massenbewegungen und Geschiebeherde

Die Arbeitstechniken der geomorphologischen Kartierung und der entsprechenden kartenmäßigen Dokumentation sind Routine. Seitens Geologischer Bundesanstalt und der Geologischen Stelle der WLV gibt es dazu Legendenvorschläge, Datenbanken und spezifische Kartenwerke.

#### E Darstellung potentieller Prozesse im Gerinne für „homogene Abschnitte“

Dazu wurden zwei Arbeitsinstrumentarien entwickelt – a. das „Gerinneaufnahmeblatt (GAB)“ zur analogen und digitalen Darstellung und Dokumentation der Geschiebepotentiale in Bachlauf und entlang der Einhänge; b. eine formalisierte „Symbolsprache“ für die Kurzcharakteristik der Gerinne- und Einhangprozesse (beides in PROJEKTTEAM E-TALP, 2004).

Für die Arbeitsschritte **F** „Karte der potentiellen Hangprozesse“ und **G** „Prozess- und Geschiebequantifizierung nach N/A-Szenarien“ sind noch Forschungsanstrengungen notwendig. Insbesondere eine praxisgerechte Ausarbeitung einer GIS-Verknüpfungslogik wird als Ziel dieses Arbeitsansatzes angepeilt.

*Darauf aufbauend könnten folgende Vorgangsweisen diskutiert werden:*

Im optimalen Fall, von dem in der Folge ausgegangen wird, liegen folgende digitale, GIS-gestützte Unterlagen für Wildbacheinzugsgebiete zur Auswertung und Verknüpfung vor:

- Karte der Oberflächenabflussbeiwerte
- Karte der untergrundabhängigen Abflusstypen
- Karte des aktuellen Gerinnesystems (bei Starkniederschlag) einschl. Feuchtfelder, Moore, Quellen/Quellhorizonte, Teiche und kleine Seen
- Karte der geomorphologischen Phänomene (Massenbewegungen einschließlich interner Strukturen, Geschiebeherde...)
- Karte der geotechnischen Gesteinseigenschaften (Fest- und Lockergesteine) – über Attributierung der jeweiligen digitalen Geologischen Karte

⇒ *Zugang über Karte der Oberflächenabflussbeiwerte:*

Dieser Kartentyp fasst die Wirkungen von Bodenformen, aktueller Vegetation und aktueller Landschaftsnutzung hinsichtlich Oberflächenabfluss zusammen. Er ermöglicht die Antworten auf die Fragen:

- Wo entsteht Oberflächenabfluss bei Starkniederschlag und in welchem Ausmaß?
- Wo und Wie erreicht dieser Oberflächenabfluss die Gerinne?
- Wo werden durch den Oberflächenabfluss Welche Hang-(Einhang-)Prozesse ausgelöst?

Zur Unterstützung der Beantwortung obiger Fragen erfolgt eine Verknüpfung mit

- & Karte des aktuellen, tatsächlichen Gerinnesystems – Im Gegensatz zu den aus dem DGM abgeleiteten oder vorliegenden (amtlichen) digitalen Gewässersystemen wird die tatsächliche Situation der Vorfluter dargestellt. Darüber hinaus werden auch Tiefenlinien erfasst, in denen nur bei Starkregen Oberflächenabfluss stattfindet.
- & Karte der geomorphologischen Phänomene – Dieser Kartentyp gibt die Situation von Massenbewegungen, Erosion und Geschiebeherden aus der Vergangenheit wieder. Hier werden auch die Expertenerfahrung und eventuell vorhandene Ereignisdokumentationen eingebunden. Damit lässt sich im Einzugsgebiet der Zusammenhang zwischen Oberflächenabfluss und Erosion/Massenbewegungs-auslösung, und damit die entsprechenden (abgelaufenen und potentiellen) Prozesse beschreiben.

⇒ *Zugang über Karte der untergrundabhängigen Abflusstypen:*

Die Karte interpretiert die Verteilung von Fest- und Lockergesteinen, sowie deren lithologische Eigenschaften hinsichtlich der potentiellen Perkolation in den Untergrund und damit hinsichtlich der räumlichen Verteilung von Zwischenabflussprozessen. Sie ermöglicht die Antwort auf die Fragen:

- Wo entsteht Zwischenabfluss?
- Wie tief verlaufen diese Prozesse (indirekt Verweildauer im Untergrund)?
- Wo erreicht der Zwischenabfluss wieder die Oberfläche oder direkt die entsprechenden Vorfluter?
- Welche Hangprozesse werden Wo durch diese Zwischenabflüsse ausgelöst / gefördert?
- Welche Einhangprozesse werden Wo im Nahbereich der Gerinne durch diese Zwischenabflüsse ausgelöst?

Zur Unterstützung der Beantwortung obiger Fragen erfolgt eine Verknüpfung mit

- & Karte des aktuellen, tatsächlichen Gerinnesystems – Im Gegensatz zu den aus dem DGM abgeleiteten oder vorliegenden (amtlichen) digitalen Gewässersystemen wird die tatsächliche Situation der Vorfluter dargestellt. Darüber hinaus werden auch Tiefenlinien erfasst, in denen nur bei Starkregen Oberflächenabfluss stattfindet. Die Lage von Quellen und Quellhorizonten unterstützt die Beantwortung der Frage nach dem Verschnitt von Zwischenabfluss mit der Oberfläche. Flächen mit fehlendem Oberflächenabfluss weisen auf flächenhafte Zwischenabflussprozesse hin.
- & Karte der geomorphologischen Phänomene – Dieser Kartentyp gibt die Situation von Massenbewegungen, Erosion und Geschiebeherden aus der Vergangenheit wieder. Hier werden auch die Expertenerfahrung und eventuell vorhandene Ereignisdokumentationen eingebunden. Daraus lassen sich im Einzugsgebiet der Zusammenhang zwischen tiefergründigem Zwischenabfluss und tiefgründigem Abfluss einerseits und Erosion/ Massenbewegungsauslösung andererseits, und somit die entsprechenden (abgelaufenen und potentiellen) Prozesse ableiten. Die Verknüpfung der Informationen von Abfluss und Massenbewegungskörper erlaubt zumindest qualitativ, die hydrogeologische Situation tiefgründig aufgelockerter Felsmassen-bewegungen zu beschreiben.

⇒ *Zugang über Karte der geotechnischen Eigenschaften:*

Die Karte entsteht durch Attributierung aller jeweils vorkommenden Fest- und Lockergesteinen nach ihren geotechnischen Eigenschaften (wie Festigkeit, Standfestigkeit, Klüftigkeit, Verwitterungsverhalten, Wasserempfindlichkeit, Rutschempfindlichkeit, Durchlässigkeit, Bindigkeit, u.a.). Sie ermöglicht die Antwort auf die Fragen:

- Wo können sich prinzipiell Welche Hangprozesse entwickeln?
- Wo können Oberflächenabfluss oder Zwischenabfluss mit höherer Wahrscheinlichkeit Hangprozesse auslösen?

Die Verknüpfung mit der Karte der geomorphologischen Phänomene erlaubt die Rückkoppelung des Wissens über früher bereits abgelaufene Prozesse (und somit auch mit Expertenerfahrung) und damit eine bessere Einschätzung der Risikowahrscheinlichkeit.

Zum besseren Verständnis dieser drei Zugänge und deren konkreter Umsetzung kann auf gut durchgearbeitete Beispiels-Einzugsgebiete zurückgegriffen werden (z.B. in PIRKL & SAUSGRUBER, 2015), wobei der Arbeitsgang mit den Karten der geotechnischen Eigenschaften noch eingearbeitet werden muss! Einzuarbeiten sind auch der konkrete Einsatz einzelner Instrumente der Methodik ETALP (Gerinneaufnahmeblatt/GAB, Prozess-Symbole für homogene Gerinneabschnitte).

Festzuhalten ist, dass nicht in allen Einzugsgebieten alle Arbeitsschritte notwendig sein werden. Auch ist es möglich, den Fokus auf der lokalen Arbeits-Ebene auf die tatsächlichen, kritischen Risikobereiche innerhalb des jeweiligen Einzugsgebiets auszurichten – nach vorheriger Abklärung des gesamten Einzugsgebiets auf einer übergeordneten, regionalen Arbeitsebene!

## 5. Literatur

### Grundlagen, regionale Studien und zitierte Arbeiten

- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (2002): EGAR. Einzugsgebiete in alpinen Regionen. Neue Planungsinstrumente für das Naturraum Management. – Unveröff. Endbericht, Planungszeitraum 1998-2001, Innsbruck.
- ANGERER, J., HÜBL, J., KOHL, B., MARKART, G., PICHLER, A., POSCHER, G. & SÖNSER, TH. (2000): Multidisziplinäre Prozessanalyse in einem Wildbacheinzugsgebiet am Beispiel des Wartschenbaches in Osttirol. – INTERPRÄVENT 2000, **3**, 3-17, Villach.
- ANGERER, J., HÜBL, J., KOHL, B., MARKART, G., PIRKL, H., PITTRACHER, M., SAUSGRUBER, J.TH. & SCHIEGG, H.O. (2006): Evaluierung Etalp. Erosion, Transport in Alpinen Systemen am Beispiel Pfonerbach und Enterbach. – Unveröff. Endbericht im Rahmen Interreg IIIb-Projekt Alpine Space/:nab, Innsbruck.
- AULITZKY, H. (1968): Analyse der Schadensursachen von Unwetterkatastrophen zum Zweck der Vorbeugung. – Österr. Wasserwirtschaft, **20**, 90-97 und 144-154, Wien.
- AULITZKY, H. (1970): Der Enterbach (Inzing in Tirol) am 26. Juli 1969. – Wildbach- und Lawinenverbau, **34**, 31-66, Wien.
- AULITZKY, H. (1972): Möglichkeiten und Grenzen der Vorbeugung von Unwetterkatastrophen. – Österreichische Wasserwirtschaft, **24**, 8-17, Wien.
- AULITZKY, H. (1986): Über den Einfluss naturräumlicher Gegebenheiten auf Erosion und Wildbachtätigkeit in Österreich. – Mitteilungen Österreichische Geol. Ges, **79**, 46-62, Wien.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996): Abfluss- und Abtragsprozesse in Wildbacheinzugsgebieten. Grundlagen zum integralen Wildbachschutz. – Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, **27**, München.
- BEGUSCH, K., PIRKL, H., PRINZ, M. & WRBKA, TH. (1994): Forschungskonzept "Kulturlandschaftsforschung". Allgemeiner Teil. – BMWF-Koordinationsstelle Kulturlandschaftsforschung, 17 S., ill., Wien.
- BERTLE, H., MÄHR, L. & PIRKL, H. (1993): Landnutzungsorientierte Georischenuntersuchung im Hinblick auf eine schutzfunktionale Landnutzungsplanung im Montafon. Beispielsbereich: Tramosa-Einzugsgebiet / St. Gallenkirch. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLF, Schruns-Wien.
- BERTLE, H., MÄHR, L. & PIRKL, H. (1995): Flächenhafte Darstellung von Georischen des Montafons auf Basis einer Luftbildauswertung. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLF, Schruns.
- BLÖSCHL, G. & MERZ, R. (2008): Bestimmung von Bemessungshochwässern gegebener Jährlichkeit – Aspekte einer zeitgemäßen Strategie. – Wasserwirtschaft, **11**, Springer-Verlag.
- BUNZA, G. (1975): Geomorphologische Kartierung und Beurteilung von Wildbachgebieten mit unterschiedlichen Lockermassen. – INTERPRÄVENT, 1975, **2**, 199-207, Innsbruck.
- BUNZA, G. (1980): Die hydrografisch-morphologische Karte der Bayrischen Alpen 1:25.000 – eine Arbeitsgrundlage für Schutz- und Sanierungsmaßnahmen in Wildbachgebieten. – INTERPRÄVENT 1980, **3**, 103-107, Bad Ischl.
- BUNZA, G., JÜRGING, P., LÖHMANNSRÖBEN, R., SCHAUER, T. & ZIEGLER, R.: (1996): Abfluss- und Abtragsprozesse in Wildbacheinzugsgebieten. Grundlagen zum integralen Wildbachschutz. – Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, **27**, München.
- DOLLINGER, F. (2008): Grundlagenforschung zur Salzburger Raumordnung. Ausgewählte Ergebnisse von Raumforschungsprojekten 1997-2007. – Raumplanung aktuell, SdHft „Raumforschung und GIS“, 10-17, Salzburg.
- EDER, A., SOTIER, B., KLEBINDER, K., STURMLECHNER, E., DORNER, J., MARKART, G., SCHMID, G. & STRAUSS, P. (2011): Hydrologische Bodenkenndaten der Böden Niederösterreichs (HydroBodNÖ). Endbericht. – Unveröff. Bericht BAW/BFW, Petzenkirchen/Wien/Innsbruck.
- ELLENBERG, H., MAYER, R. & SCHAUERMANN, J. [Hg.] (1986): Ökosystemforschung. Ergebnisse des Sollingprojekts 1966-1986. – Ulmer Verlag, Stuttgart.
- FLIRI, F. (1984): Freiheit und Grenzen der alpenländischen Gesellschaft im Lichte von Interprävent. – INTERPRÄVENT 1984, **3**, 43-54, Villach.
- GATTINGER, T. (1984): Ein neues Kartenwerk der Geologischen Bundesanstalt. – Geologisches Jahrbuch, **A75**, 77-92, Hannover.

GOTTSCHLING, H. (2000): Die Entwicklung des Wartschenbaches von einem unbedeutenden Gebirgsbach in wenigen Jahren zu einem gefährlichen Wildbach aus geologischer Sicht. – Jahrbuch der Geologische Bundesanstalt, **143**, 39-44, Wien.

GRUNDNER, M. (1980): Beispiel einer anwendungsorientierten Gefahrenkartierung 1:25.000 für forstliche Sanierungsprojekte im Berner Oberland (Schweiz). – INTERPRÄVENT 1980, **4**, 353-360, Bad Ischl.

HAGN, K. & STARY, U. (2001): Wildbacheinzugsgebiet Mödritschbach. Analyse des Niederschlags- und Abflussgeschehens 1968-1995. – FBVA-Berichte, **125**, Wien.

HAGN, K., GANAHL, E. & HÜBL, J. (2007): Analyse und Evaluierung der gebräuchlichen empirischen Ansätze zur Hochwasserabschätzung in Wildbächen. – BFW-Berichte, **137**, Wien.

HAUSWIRTH, E.K., PIRKL, H., ROCH, K.H. & SCHEIDEGGER, A.E. (1979): Untersuchungen eines Talzuschubes bei Lesach (Kals, Osttirol. –Verhandlungen der Geologische Bundesanstalt, **1979/2**, 51-76, Wien.

HEINIMANN, H.R., HOLLENSTEIN, K., KIENHOLZ, H., KRUMMENACHER, B. & MANI, P. (1998): Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. – Umweltmaterialien, **85**, BUWAL, Bern.

HÖCK, V. & PESTAL, G. (1994): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt **153** Grossglockner. – Geologische Bundesanstalt, Wien.

HÖLTING, B. & COLDEWEY, W.G. (2013): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. – Springer Spektrum, 8. Auflage, Berlin.

HORNINGER, G. (1958): Einiges über Talzuschübe und deren Vorzeichnung. – Geologie und Bauwesen, **24**, 37-45, Wien.

HÜBL, J. (2009): Hochwässer in Wildbacheinzugsgebieten. – Wiener Mitteilungen, **216**, 45-58, Wien.

HÜBL, J. & PIRKL, H. (2010): Großrutschung Rieger. Analyse und Gefahrenbeurteilung. – Wildbach- und Lawinverbau, **164**, 130-140, Villach.

HÜBL, J., GANAHL, E., GRUBER, H., HOLUB, M., HOLZINGER, G., MOSER, M. & PICHLER, A. (2004): Risikomanagement Lattenbach. Risikoanalyse. – Unveröff. Bericht Universität für Bodenkultur, Wien.

HÜBL, J., HOLZINGER, G. GANAHL, E. (2005a): Regionalstudie Haßbach: Hydrologische Grundlagen. – Unveröff. Bericht, Universität für Bodenkultur, Wien.

HÜBL, J., HOLZINGER, G. GANAHL, E. (2005b): Regionalstudie Piestingtal. – Unveröff. Bericht, Universität für Bodenkultur, Wien.

HÜBL, J., KIENHOLZ, H. & LOIPERSDORFER, A. [Hrsg.] (2006a): DOMODIS – Dokumentation alpiner Naturereignisse. – Interprävent, Schriftenreihe **1**, Handbuch **1**, Klagenfurt.

HÜBL, J., KOHL, B., MARKART, G., PIRKL, H., PITTRACHER, M., SAUSGRUBER, J.TH. & SCHIEGG, H.O. (2006b): Nachhaltiges Risiko-Management Enterbach – Inzing Tirol/Austria. Schlussbericht. – Unveröff. Endbericht im Rahmen Interreg IIIb-Projekt Alpine Space/nab, Innsbruck.

HÜBL, J., HOCHSCHWARZER, M., SEREINIG, N. & WÖHRER-ALGE, M. [Ed.] (2011): Alpine Naturgefahren. Ein Handbuch für den Praktiker. – Wildbach- und Lawinverbauung / Sektion Vorarlberg, Bregenz.

JEGLITSCH, F., JELEM, H., KILIAN, W., KRONFELLNER-KRAUS, G., NEUWINGER, I., NOISTERNIG, H. & STERN, R. (1975): Über die Einschätzung von Wildbächen. Der Trattenbach. – Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, **112**, Wien.

KIENHOLZ, H. (1980): Zur Anwendung der Luftbilder bei der mittelmaßstäblichen Gefahrenkartierung für regionalplanerische Zwecke in schlecht erschlossenen Gebirgsräumen anhand von Erfahrungen aus Kartierungen in den Colorado Rocky Mountains. – INTERPRÄVENT 1980, **3**, 155-171, Bad Ischl.

KIRNBAUER, R. [Projektl.] (2009): Hochwasserentstehung in der nördlichen Grauwackenzone. Abschlussbericht 1990-2008. – TU Wien, Abteilung für Ingenieurhydrologie und Wassermengenwirtschaft, Wien.

KIRNBAUER, R., PIRKL, H., HAAS, P. & STEIDL, R. (1996): Abflußmechanismen – Beobachtung und Modellierung. – Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, **48**, 1/2, Wien.

KIRNBAUER, R., KOHL, B. & MARKART, G. (2009): Hochwasserauslösende Prozesse. – Wiener Mitteilungen, **216**, 21-43, Wien.

KLEBINDER, K., MEISSL, G., KOHL, B., MARKART, G., GEITNER, C. & SCHÖBERL, F. (2014): Sensitivität der Abflussreaktion kleiner alpiner Wildbacheinzugsgebiete auf Änderungen der Systemzustände. – Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, **78/171**, 268-271, Wien.

KOCIU, A., KAUTZ, H., TILCH, N., GRÖSEL, K., HEGER, H. & REISCHER, J. (2007): Massenbewegungen in Österreich. – Jb. Geol. B.-A., **147**, 215-220, Wien.

KOHL, B. (2010a): Das Niederschlags-/Abflussmodell ZEMOKOST. Entwicklung eines praktikablen Modells zur Ermittlung von Hochwasserabflüssen in Wildbacheinzugsgebieten unter Einbeziehung verbesserter Felddaten. –Dissertation Univ. Innsbruck, Innsbruck.

KOHL, B. (2010b): HOWATI – ZEMOKOST. Berechnung von Bemessungshochwasserwerten für 10 Leiteinzugsgebiete in Tirol mit dem N/A-Modell ZEMOKOST. – Unveröff. Bericht BFW, Innsbruck.

KOHL, B. & MARKART, G. (2009): Von der Starkregensimulation zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen kleiner Einzugsgebiete. – Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, **28.10**, 157-170, Hennef.

KOHL, B. & PERZL, F. (2008): HOPWAP – Hochwasser Paznaun 2005 – Wald-Abfluss-Potentiale. Endbericht. – Inst. f. Naturgefahren und Waldgrenzregionen / BFW, Innsbruck.

KOHL, B. & STEPANEK, L. (2005): ZEMOKOST – ein neues Programm für die Abschätzung von Hochwasserabflüssen. – BFW-Praxisinformation, **8**, 21-22, Wien.

KOHL, B., KLEBINDER, K., MARKART, G., PERZL, F., PIRKL, H., RIEDL, F. & STEPANEK, L. (2008): Analyse und Modellierung der Waldwirkung auf das Hochwasserereignis im Paznauntal vom August 2005. – INTERPRÄVENT 2008, Conference Proceedings, **2**, Dornbirn.

KOHL, B., PIKL, H., SOTIER, B. & PERZL, F. (2012): Analyse und Bewertung möglicher hydrologischer Veränderungen durch eine Schigebietserweiterung im Einzugsgebiet Taleggbach-Spieljoch-Geols. – Unveröff. Bericht BFW im Auftrag WLV, Innsbruck.

KOHL, B., MALDET, A. & STEPANEK, L. (2014): Bedienungsanleitung ZEMOKOST V2.0. Laufzeitverfahren zur Hochwasserabschätzung in Wildbacheinzugsgebieten nach Zeller modifiziert von Kohl und Stepanek. – Bundesforschungszentrum Wald /BFW, Innsbruck.

KRAINER, K. & RIBIS, M. (2009): Blockgletscher und ihre hydrologische Bedeutung im Hochgebirge. –Mitteilungsblatt des hydrographischen Dienstes, **86**, 65-78, Wien.

KRAINER, K., MOSTLER, W. & SPÖTL, C. (2007): Discharge from active rock glaciers, Austrian Alps: a stable isotope approach. – Austrian Journal of Earth Sciences, **100**, 102-112, Wien.

KREUSS, O. (2006): Provisorische Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt **178** Hopfgarten in Deferegg. – Geologisch Bundesanstalt, Wien.

KRONFELLNER-KRAUS, G. (1980): Neue Untersuchungsergebnisse in Wildbächen – Der Talzusub in Abhängigkeit von Niederschlägen. – INTERPRÄVENT 1980, **3**, 179-192, Bad Ischl.

KRONFELLNER-KRAUS, G. (1985): Forschung in kleinen Muster-Einzugsgebieten in Österreich. Ziele, Methoden und ausgewählte Ergebnisse. – Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, **156**, Wien.

KRONFELLNER-KRAUS, G., NEUWINGER, I., RUF, G., SCHAFFHAUSER, H., FÜRLINGER, W. & NOBILIS, F. (1988): Über die Einschätzung von Wildbächen – der Dürnbach. – Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, **161**, 259 S., Wien.

LAAHA, G. & BLÖSCHL, G. (2007): Niederwasser – Bestimmungsmethoden. – Wiener Mitteilungen, **206**, 247-262, Wien.

MARKART, G. & KOHL, B. (1995): Starkregensimulation und bodenphysikalische Kennwerte als Grundlage der Abschätzung von Abfluss- und Infiltrationseigenschaften alpiner Boden-/Vegetationseinheiten; Ergebnisse der Beregnungsversuche im Mustereinzugsgebiet Löhnersbach bei Saalbach in Salzburg. – Berichte der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, **89**, Wien.

MARKART, G., KOHL, B., SCHAUER, TH., SOTIER, B., BUNZA, G. & STERN, R. (2004a): Eine einfache Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes bei Starkregen. – INTERPRÄVENT 2004, II, 89 – 100, Riva/Trient.

MARKART, G., KOHL, B., SOTIER, B., SCHAUER, TH., BUNZA, G. & STERN, R. (2004b): Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/ Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen (Version 1.0). – Dokumentation, **3**, BFW, Wien.

MARKART, G., PIRKL, H., KOHL, B., REITERER, A. & MOTSCHKA, K. (2005): Vom Hubschrauber aus Daten für die Naturraumanalyse erhalten. – BFW Praxis Information, **8**, 23-24, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien.

MARKART, G., KOHL, B., KIRNBAUER, R., PIRKL, H., BERTLE, H., STERN, R., REITERER, A. & ZANETTI, P. (2006): Surface runoff in a torrent catchment area in Middle Europe and its prevention. – Geotechnical and Geological Engineering, **24**, 1403-1424, Springer-Verlag, Wien/Berlin.

MARKART, G., PERZL, F., KOHL, B., LUZIAN, R., KLEEMAYR, K., ESS, B. & MAYERL, J. (2007): 22. und 23. August 2005 – Analyse von Hochwasser- und Rutschungsereignissen in ausgewählten Gemeinden Vorarlbergs.- BFW-Dokumentation, **5/2007**, Wien.

MARKART, G., BIEBER, G., RÖMER, A., KOHL, B., SOTIER, B., KLEBINDER, K., ITA, A., JOCHUM, B., MAYERHOFER, F., SUNTIGER, K., PAUSCH, H. & STRASSER, M. (2011): Assessment of bandwidth of shallow interflow velocities in alpine catchments. – Shallow Interflow Statusbericht 2. Unveröff. Bericht im Auftrag ÖAW, BFW/GBA, Innsbruck/Wien.

MARKART, G., BIEBER, G., RÖMER, A., JOCHUM, B., KLEBINDER, K., KOHL, B., MAYERHOFER, F., PAUSCH, H., PFEILER, S., PIRKL, H., SOTIER, B., STRASSER, M. & SUNTIGER, K. (2012): Assessment of bandwidth of shallow interflow velocities in alpine catchments. – Shallow Interflow. Unveröff. Enderbericht 3. Projektjahr an die Österreichische Akademie der Wissenschaften (ÖAW), Nationalkomitee Hydrologie Österreichs, Wien.

MEISSL, G., KLEBINDER, K., GEITNER, C., SCHADER, R., KERL, F. & MARKART, G. (2013): Räumliche Differenzierung der Abflussbildungsprozesse im Brixenbachtal (Tirol). – Innsbrucker Jahresberichte 2011-2013, Innsbrucker Geographische Gesellschaft, 24-44, Innsbruck.

MERZ, R. (2009): Methoden zur Bestimmung des Bemessungshochwassers. – Wiener Mitteilungen, **216**, 85-104, Wien.

MERZ, R., BLÖSCHL, G. & HUMER, G. (2008): Hochwasserabflüsse in Österreich – das HORA-Projekt. – Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, **9-10**, 129-138, Wien.

MOSER, M. (1973): Analyse der Anbruchsbildungen bei den Hochwasserkatastrophen der Jahre 1965 und 1966 im mittleren Lesachtal (Kärnten). – Carinthia II, **88**, 179-234, Klagenfurt.

MOSER, M. (1975): Beurteilung von Wildbachgebieten mit Hilfe von Hangstabilitätsklassifikationen. – INTERPRÄVENT 1975, **2**, 189-197, Innsbruck.

MOSER, M. (1980): Zur Analyse von Hangbewegungen in schwachbindigen bis rolligen Lockergesteinen im alpinen Raum anlässlich von Starkniederschlägen. – INTERPRÄVENT 1980, **1**, 121-148, Bad Ischl.

MOSER, M. (1986): Ingenieurgeologische Karten für die Gefahrenzonenplanung in Hangbereichen. – Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich, **33**, 57-76, Wien.

NACHTNEBEL, H.P., LEROCH, K., FÜRST, J., HOLZMANN, H., MARKART, G., KOHL, B., KIRNBAUER, R. & PIRKL, H. (2004): Runoff modelling on mountainous slopes after long-term precipitation. – Landschaftsökologie und Umweltforschung, **42**, 223-227, Braunschweig.

NACHTNEBEL, H.P., LEROCH, K., FÜRST, J., HOLZMANN, H., MARKART, G., KOHL, B., BAUER, W., PIRKL, H., KIRNBAUER, R. & RAMSPACHER, P. (2005): Enderbericht zum Projekt „Abflussverhalten von Einzugsgebieten verschiedener Größe bei Dauerregen“. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLFUW, Wien.

NAEF, F., SCHERRER, S. & FAEH, A. (1994): Wie reagiert ein Einzugsgebiet auf extreme Niederschläge? Alte und neue Ideen und Experimente. – Beiträge zur Hydrologie der Schweiz, **35**, Birmensdorf.

NAEF, F., MARGRETH, M., SCHMOCKER-FACKEL, P. & SCHERRER, S. (2007): Automatisch hergeleitete Abflussprozesskarte – ein neues Werkzeug zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen. – Wasser Energie Luft, **99/3**, Baden.

NEINAVAIE, H., PIRKL, H., SCHEDL, A., HELLERSCHMIDT-ALBER, J., ATZENHOFER, B., KLEIN, P., GSTREIN, P., HANSER, E. & WILFING, H. (2001): Screening und Bewertung von ehemaligen Bergbau- und Hüttenstandorten hinsichtlich Umweltrisiko und Folgenutzungspotentialen durch einen integrierten geowissenschaftlich-humanbiologischen Ansatz am Beispiel der Kitzbühler Alpen. Abschlussbericht. – Unveröff. Bericht Geologische Bundesanstalt, Wien.

ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ (2015): ÖROK-Empfehlungen Nr. **54**. Risikomanagement für gravitative Naturgefahren in der Raumplanung. – ÖROK, 6 S., Wien.

[http://www.oerok.gv.at/fileadmin/Bilder/2.Reiter-zaum\\_u.\\_Region/1.OEREK/OEREK\\_2011/PS\\_Risikom/OeROK\\_Empfehlung\\_\\_NR.\\_54\\_2015-12-03.pdf](http://www.oerok.gv.at/fileadmin/Bilder/2.Reiter-zaum_u._Region/1.OEREK/OEREK_2011/PS_Risikom/OeROK_Empfehlung__NR._54_2015-12-03.pdf) [abgerufen: 06.03.2016]

PIRKL, H. [Projektl.] (1991a): Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen Hanginstabilitäten und –labilitäten, Hangwasserhaushalt und Massenbewegungen in Teilen des Zentralalpenkristallins. Jahresbericht 3.Phase und Abschlussbericht. – Unveröff. Bericht Geologische Bundesanstalt, Wien.

PIRKL, H. [Projektl.] (1991b): Flächenhafter Zusammenhang zwischen Waldzustand-Bodenzustand und Ionenaustauschvorgängen im tieferen Untergrund montaner und subalpiner Ökosysteme (Beispielsbereich Löhnersbach/Glemmtal). – Unveröff. Bericht im Auftrag BMWF, Wien.

PIRKL, H. (1992a): Geohydrologische Situation der oberen Einzugsgebiete Schesa- und Mühlebach (Bürserberg/ Vorarlberg). – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLF, Wien.

PIRKL, H. (1992b): Interdisziplinäre Naturraumanalyse alpiner Wildbacheinzugsgebiete am Beispiel der Fremdenverkehrsregion Saalbach – Hinterglemm. – INTERPRÄVENT 1992, 3, 109 – 120, Bern.

PIRKL, H. (1994a): Ergebnisse einer interdisziplinären Fachdiskussion zur Auswertung, Verknüpfung und Interpretation von Fachkartierungen im Bereich Löhnersbach/Saalbach. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLF, Wien.

PIRKL, H. (1994b): Strategien zu einer Hinweiskartierung Baugrundrisiko in Oberösterreich. – Unveröff. Bericht im Auftrag Amt d. OÖ. Landesregierung/Überörtliche Raumplanung, Wien.

PIRKL, H. (1995): Pilotprojekt Schesasanierung. Geowissenschaftliche Arbeiten im Rahmen der Hauptstudie, 1. Phase/1995. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLF, Wien.

PIRKL, H. [Projektl.] (2000): Absicherung von Kartierungs- und Bewertungsindikatoren des spezifischen Flächenbeitrages zu Schutz- und Wasserhaushaltsregelungsfunktionen in Wildbacheinzugsgebieten typischer alpiner Kulturlandschaften als Basis einer Einzugsgebiets-Management-Planung. Abschlussbericht. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLF und BMWV, Wien.

PIRKL, H. (2002a): Weiterentwicklung von Erhebungs- und Bewertungsstrategien für den Parameter Naturraumrisiko auf verschiedenen Planungsebenen am Beispiel Oberösterreich. Endbericht. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLFUW, Wien.

PIRKL, H. (2002b): Hubschrauber-geophysik Messgebiete Vorarlberg 2000-2001. Geologische Situation und Auswertungshinweise. – Unveröff. Bericht, Wien.

PIRKL, H. [Red.] (2003a): Phänomen Schesatobel. Stand des Wissens und Maßnahmenplanung. – Unveröff. Bericht FTD für WLV Sektion Vorarlberg, Bregenz.

PIRKL, H. (2003b): Naturraumrisiko Glemmtal. GIS-Projekt. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLFUW, Wien.

PIRKL, H. (2003c): Naturraumrisiko Glemmtal. Eine prozessorientierte Betrachtung. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLFUW, Wien.

PIRKL, H. (2004): Abflussverhalten alpiner Landschaftseinheiten – Vergleiche von Messmethoden der Bodenfeuchte am Beispiel Golmerhang/Tschagguns. – Unveröff. Bericht im Auftrag FTD für WLV / Sektion Vorarlberg, Wien.

PIRKL, H. (2005): Massenbewegung Rieger – Wölling. Auenbach/Gemeinde Wolfsberg. – Unveröff. Bericht im Auftrag WLV, Wien.

PIRKL, H. (2006): Ergebnisse geologischer, geomorphologischer und hydrogeologischer Aufnahmen auf der Detailebene – Pfonerbach- und Enterbach-Einzugsgebiet. Im Rahmen Interreg IIIb-Projekt „Naturraumanalyse für alpine Berggebiete (NAB)“. – Unveröff. Bericht im Auftrag FTD für WLV / Geologische Stelle, Wien.

PIRKL, H. (2009): Projekt Hochwasser Tirol / HOWATI. Hydrogeologisch-geohydrologische Grundlagen für die ausgewählten Leiteinzugsgebiete. – Unveröff. Bericht im Auftrag Amt der Tiroler Landesregierung – Wasserwirtschaft und FTD für WLV / Sektion Tirol, Wien.

PIRKL, H. (2012a): Untergrundabhängige Abflussprozesse. Kartierung und Quantifizierung für das Bundesland Tirol. Flächendeckende Aufnahme Osttirols. Endbericht April 2012. – Unveröff. Bericht im Auftrag Amt der Tiroler Landesregierung / Hydrographie und Wildbach- und Lawinenverbauung / Sektion Tirol, Wien.

PIRKL, H. (2012b): Wildbacheinzugsgebiet Ruggbach. Geowissenschaftliche Grundlagen. – Unveröff. Bericht, Wien.

PIRKL, H. (2014): Unterstützung der Weiterentwicklung modularer N/A-Modelle über Schnittstellen zwischen Hydrogeologie und Hydrologie an Hand ausgewählter Einzugsgebiete (im Rahmen FWF-Projekt „A dominant processes framework of hydrological modelling across scales“). – Unveröff. Bericht im Auftrag Ingenieurhydrologie TU Wien, Wien.

PIRKL, H. (2015a): Gurgltaleinzugsgebiet, vorläufige Auswertungshinweise. – Unveröff. Bericht, Wien.

- PIRKL, H. (2015b): Abflussprozesse & Hangprozesse in Wildbacheinzugsgebieten. Ein Ansatz zur Verknüpfung. – Unveröff. Bericht, Wien.
- PIRKL, H. & JESCHKE, H. P. (1992): Erhebung und Bewertung des Mineralrohstoff- und Georisikopotentials des Hausrucks in Bezug auf dessen Gesamt-Naturraumpotential. – Unveröff. Bericht Geologische Bundesanstalt, Wien.
- PIRKL, H. & MARKART, G. (2000): Risikoanalyse Riederbach/Gerlos für die regionale Planungsebene. – Unveröff. Bericht im Auftrag Tiroler Landesregierung/Landesforstdirektion, Wien/Innsbruck.
- PIRKL, H. & RIEDL, F. (2006): Projekt HOPWAP. Hochwasser Paznaun 2005 Wald-Abfluss-Potentiale. Hydrogeologische Grundlagen für die Hochwassermodellierung Paznaun. Endbericht. – Unveröff. Bericht im Auftrag FTD für WLW / Sektion Tirol, Wien.
- PIRKL, H. & SAUSGRUBER, TH. (2015): Handbuch zur qualitativen und quantitativen Erfassung untergrundabhängiger Abflüsse in Wildbacheinzugsgebieten. – Unveröff. Bericht WLW, Wien/Innsbruck.
- PIRKL, H. & UMFER, TH. (1998a): Georisko als Parameter der Gemeindeentwicklungsplanung. Beispielsgemeinde Rauris. – Unveröff. Bericht im Auftrag Amt der Salzburger Landesregierung, Wien/Eisenerz.
- PIRKL, H. & UMFER, TH. (1998b): Hydrogeologisch-geomorphologische Situation im Schwarzbach-Einzugsgebiet (Leogang) als Grundlage einer Risikoanalyse. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLF, Wien/Eisenerz.
- PIRKL, H., MATOUCH, S. & UMFER, TH. (1998): Interdisziplinäre Erstellung und Absicherung von Kartierungs- und Bewertungsindikatoren für voralpine Wildbacheinzugsgebiete am Beispiel des Schleißbaches/OÖ – Abschlussbericht. – Unveröff. Bericht im Auftrag Amt OÖ. Landesregierung, Wien/Eisenerz.
- PIRKL, H., MARKART, G. & KOHL, B. (2000): Von Fachkartierungen zu flächenhaften Prozeßdarstellungen in Wildbacheinzugsgebieten – Aggregierungsschritte als Weg. – INTERPRÄVENT 2000, **3**, 259-270, Villach.
- PIRKL, H., JARITZ, W. & MARKART, G. (2002a): Einsatz von Hubschrauber-geophysik bei der Naturraumanalyse von Wildbacheinzugsgebieten. Beispielsmessgebiete Sibratsgfall, Doren, Langen und Schesatobel. – Unveröff. Bericht im Auftrag FTD für WLW / Sektion Vorarlberg, Wien/Gmunden/Innsbruck.
- PIRKL, H., JARITZ, W. & MARKART, G. (2002b): Einsatz von Hubschrauber-geophysik bei der Naturraumanalyse von Wildbacheinzugsgebieten. – Wildbach- und Lawinerverbau, **148**, 169-177, Imst.
- PIRKL, H., MARKART, G. & KOHL, B. (2005): Hubschrauber-geophysik-Messgebiet Vandans-Tschagguns. Auswertung von Abfluss- und Massenbewegungsprozessen. – Unveröff. Bericht im Auftrag für WLW / Sektion Vorarlberg, Wien/Innsbruck.
- POSCHINGER, A.v. (1986): Instabile Talflanken in Kristallingesteinen und ihre geologischen Ursachen, dargestellt am Beispiel des oberen Hüttwinkeltales (Land Salzburg, Österreich). – Dissertation TU München, München.
- PROSKE, H., KATZ, H., KELLERER-PIRKLBAUER, A., SCHWENDT, A., STEINLECHNER, E., STRASSER, V., STÜGER, H.-P. & TRINKAUS, P. (2000): Risikoanalyse geogener Naturgefahren im alpinen Raum. Gefahrenvermeidung statt Sanierung in alpinen Gebieten der Steiermark. Projekt StC60/99. – Unveröff. Bericht Joanneum Research, Graz.
- PROJEKTTEAM ETALP (2004): ETALP – Erosion, Transport in alpinen Systemen. Gesamtheitliche Erfassung und Bewertung von Erosions- und Transportvorgängen in Wildbacheinzugsgebieten. Version 05.01.2004. – FTD für WLW / BMLFUW, Wien.
- REITNER, J.M. & LINNER, M. (2009): Formation and preservation of large scale Toppling related to alpine tectonic structures. – Austrian Journal of Earth Sciences, **102/2**, 68-80, Wien.
- ROGGER, M., BLÖSCHL, G., KOHL, B. & PIRKL, H. (2011a): HOWATI – Hochwasser Tirol. – Forstzeitung, **122/5**, 12-13, Wien.
- ROGGER, M., KOHL, B., PIRKL, H., HOFER, M., KIRNBAUER, R., MERZ, R., KOMMA, J., VIGLIONE, A. & BLÖSCHL, G. (2011b): HOWATI – Hochwasser Tirol – Ein Beitrag zur Harmonisierung von Bemessungshochwässern in Österreich. – Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, **63**, 153-161, Wien.
- ROGGER, M., KOHL, B., PIRKL, H., HOFER, M., MERZ, R., VIGLIONE, A., KIRNBAUER, R. & BLÖSCHL, G. (2011c): Reassessing reliability of design events in a changing climate. Special contribution to WP4 Synthesis Report. – Abschlussbericht Projekt Adapt Alp, Innsbruck.
- ROGGER, M., MERZ, R., VIGLIONE, A., KIRNBAUER, R. & BLÖSCHL, G. (2011d): Technical Report V. Stochastic simulation in ten Tyrolean Pilot Catchments. – Abschlussbericht Projekt Adapt Alp, Innsbruck.

ROGGER, M., VIGLIONE, A., MERZ, R., KIRNBAUER, R., PIRKL, H. & BLÖSCHL, G. (2011e): Towards understanding the difference between deterministic and probabilistic flood hazard estimation methods. – Risk in Water Resources Management, Proceedings of Symposium, Melbourne.

ROGGER, M., KOHL, B., PIRKL, H., VIGLIONE, A., KOMMA, J., KIRNBAUER, R., MERZ, R. & BLÖSCHL, G. (2012a): Runoff models and flood frequency statistics for design flood estimation in Austria – Do they tell a consistent story? – Journal of Hydrology, **456-457**, 30-43; Elsevier.

ROGGER, M., PIRKL, H., VIGLIONE, A., KOMMA, J., KOHL, B., KIRNBAUER, R., MERZ, R. & BLÖSCHL, G. (2012b): Step changes in the flood frequency curve: Process controls. – Water Resources Research, **48**, American Geophysical Union.

RUGGENTALER, R. (2008): Niederschlags-Abfluss-Modellierung für das Einzugsgebiet des Bretterwandbaches (Matrei/Osttirol) unter Anwendung des hydrologischen Modells Hqsim. – Diplomarbeit Univ. Innsbruck, Innsbruck.

RUPKE, I., SEJMONSBERGEN, A.C., van WESTEN, C.J. & KRIEG, W. (1988): Erläuterungen zu den Geomorphologischen, Geotechnischen und Naturgefahrenkarten des Hinteren Bregenzerwaldes (Vibg., Austria). – Inst. f. Phys. Geogr. und Bodenk., Univ. Amsterdam und Vorarlberger Naturschau, Bregenz.

SAUSGRUBER, TH. (2010): Ingenieurgeologische und geotechnische Untersuchungen von Massenbewegungen im Gebiet des Bunzkögeles bei Matrei in Osttirol. – Dissertation TU Wien, Wien/Innsbruck.

SCHÄFFER, G. (1994): IDNDR. Integrative Erfassung von Georisiken in alpinen Gebieten im Zeitraum Juli 1990 bis September 1994. – Unveröff. Bericht Geologische Bundesanstalt, Wien.

SCHAFFHAUSER, H. (1982): Untersuchungen über das Abflussverhalten verschiedener bewirtschafteter Versuchsfelder. – Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, **144**, 85-101, Wien.

SCHERRER, S. (2009): Hochwasserabschätzung als Synthese von Statistik, Historie und Abflussprozesse. – Wiener Mitteilungen, **206**, 195-208, Wien.

SCHERRER, S. & DEMUTH, N. (2007): Die Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen als Grundlage für die Beurteilung von extremen Abflüssen. – In: SCHÜLER, G., GELLWEILER, I. & SEELING, St. [Hrsg.]: Dezentraler Wasserrückhalt in der Landschaft durch vorbeugende Maßnahmen der Waldwirtschaft, der Landwirtschaft und im Siedlungswesen (Projekt WaReLa). – Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, **64/07**, 175-182, Trippstadt.

SCHERRER, S & NAEF, F. (2003): A decision scheme to indicate dominant hydrological flow process on temperate grassland. – Hydrological Processes, **17**, 391-401.

SCHIECHTL, H.M. (1965): Die Vegetationskartierung des Finsingtales (Nordtirol) als Grundlage für die Abflussuntersuchungen und Hochlagenaufforstung. – Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, **66**, 53-69, Wien.

SCHIECHTL, H.M. & STERN, R. (1981): Die Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1:100.000. – Veröffentlichungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, **26**, 205-210, Wien.

SCHIFFER, R. & BURGSTALLER, B. (1996): Die aktuelle Vegetation der Bereiche Geolsalm, Maschentalalm und Hundsbach (Finsintal – Zillertal, Tirol). – Unveröff. Bericht, Salzburg.

SCHIFFER, R. & BURGSTALLER, B. (1997): Veränderungen des Landschaftgefüges zwischen 1953 und 1996 am Beispiel des vorderen Zillertales (zwischen Spieljoch und Großem Gamsstein; Finsingtal – Vorderes Zillertal). – Unveröff. Bericht Projekt 5685 Österreichische Nationalbank Jubiläumsfonds, Salzburg.

SEJMONSBERGEN, A.C. & WESTEN van, C.J. (1988): Erläuterungen zu den geomorphologischen, geotechnischen und Naturgefahrenkarten des Hinteren Bregenzerwaldes (Vibg., Austria). – Vorarlberger Naturschau, Dornbirn.

SPREAFICO, M., WEINGARTNER, R., BARBEN, M. & RYSER, A. (2003): Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. Praxishilfe. – Berichte des Bundesamts für Wasser und Geologie, Serie Wasser, **4**, Bern.

STEPANEK, L., KOHL, B. & PIRKL, H. (2009): Hochwasser Paznaun 2005. Wald-Abfluss-Potentiale. Bericht der Wildbach- und Lawinenverbauung. – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

STERN, R. (1971): Kartierung von Wildbächen im Lesachtal (Kärnten). – Carinthia II, SH. **28**, 193-207, Klagenfurt.

STERN, R. (1975): Hydrogeologische und vegetationskundliche Kartierung im Trattenbach. – Mitteilungen FBVA, **112**, 24-42, Wien.

Berichte der Geol. B.-A., 114, 2016, Multidisziplinäres Verständnis alpiner Wildbacheinzugsgebiete

TILCH, N., ZILLGENS, B., UHLENBROOK, S., LEIBUNDGUT, CH., KIRNBAUER, R. & MERZ, B. (2006): GIS-gestützte Ausweisung von hydrologischen Umsatzräumen und Prozessen im Löhnersbach-Einzugsgebiet (Nördliche Grauwackenzone, Salzburger Land). – Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, **58**, 9-10, 141-151, Wien.

ÜBLAGGER, G. (1988a): Das systemare Verständnis der Gebirgswässer. – INTERPRÄVENT 1988, 1, 345-383, Graz.

ÜBLAGGER, G. (1988b): Wildbachkunde in neuer Sicht. – Österreichische Wasserwirtschaft, **40**, 118-122, Wien.

Van HUSEN, D. (2000): Geological processes during the Quaternary. – Mitteilungen Österreichische Geologische Gesellschaft, **92**, 135-156, Wien.

WALTER, F. (2010): Katastrophen. Eine Kulturgeschichte vom 16. bis 21. Jahrhundert. – Reclam, Stuttgart.

WEINMEISTER, H.W. & HOLZINGER, G. (2000): Pilotprojekt Kreis- und Schwemmbach. Hydrologische Analyse und Beregnung. Endbericht. – Unveröff. Bericht Univ. für Bodenkultur, Wien.

ZILLGENS, B., MERZ, B., KIRNBAUER, R. & TILCH, N. (2005): Analysis of the runoff response of an alpine catchment at different scales. – Hydrology and Earth System Science Discussion, **2**, 1923-1960.

ZILLGENS, B., MERZ, B., KIRNBAUER, R. & TILCH, N. (2007): Analysis of the runoff response of an alpine catchment at different scales. – Hydrology and Earth System Science, **11**, 1441-1454.

<http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1441/2007/hess-11-1441-2007.pdf> [abgerufen: 17.03.2016]

ZISCHINSKY, U. (1966): Bewegungsbilder instabiler Talflanken. – Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Wien, **17**, 127-168, Wien

ZISCHINSKY, U. (1969): Über Bergzerreissungen und Talzuschub. – Geologische Rundschau, **58**, 974-983, Stuttgart.

**Abkürzungsverzeichnis**

BAW	Bundesamt für Wasserwirtschaft
BFW	Bundesforschungszentrum für Wald früher FBVA
BMLF	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BMWF	Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DGM	Digitales Geländemodell
FBVA	Forstliche Bundesversuchsanstalt, jetzt BFW
FTD	Forsttechnischer Dienst
GBA	Geologische Bundesanstalt
GIS	Geografisches Informationssystem
IDNDR	Internationale Dekade zur Reduktion von Naturkatastrophen (UNO)
IR-	Infrarot-
KLF	Kulturlandschaftsforschung
N/A-	Niederschlag/Abfluss-(Modellrechnung)
ÖAW	Österreichische Akademie der Wissenschaften
ÖAW-HÖ	Österreichische Akademie der Wissenschaften – Programm „Hydrologie Österreich“
TU	Technische Universität
WLK	Wildbach- und Lawinenkataster
WLV	Wildbach- und Lawinenverbauung („die Wildbach“)
ZEMO-KOST	N/A-Modell „Zeller modifiziert durch Kohl und Stepanek“

## Beilage 1: Tabellarische Übersicht über bearbeitete Beispiels-Einzugsgebiete

### Einzugsgebiete mit GIS-Bearbeitung / Info-Status zu geowissenschaftlichen Arbeitsinhalten (Basis Büro Pirkl / Status 2015)

(größtenteils kompatible Arbeiten zu Oberflächenabflussbeiwertkarten und N/A-Modellierungen ⇒ BFW und/oder Ingenieurhydrologie TU Wien)

Einzugsgebiet	km <sup>2</sup> Fläche	Abflus- stypen	Gerinne- system	Lineare	Massen-be- wegungen	sonst. Infos / Daten	Maßstabsebene **
Dornbirner Ache	51	+	+	+	+		R
Gail bis Pegel Maria Luggau	146	+	+	+	+	Gliederungs-Grafik	R
Perschling	55	+	+				M
Tauernbach bis Pegel Tauernhaus	61	+	+	+	+	Gliederungs-Grafik	M
Wimitzbach	106	+	+				R
Zöbernbach bis Pegel Kirchschiag	114	+	+	+		Hydrogeol. Kartierung GBA	R
Obere Saalach / Glemmtal mit Schwerpunkt Löhnersbach	ca. 170	+	+	+	+	Komplexe Kartierungen, Ge- ländemessdaten, Hydroche- mie	M (L)
Enterbach / Inzing	12	+	+	+	+	Abflussmessungen, Boden- geophysik	L
Osttirol	ca. 2000	+	+	+	+		R
Obere Waime Mandling / Filzmoos	16	+	+		+	Abflussmessungen	M
Trisanna / Paznaun	ca. 370	+	+	+	+	Abflussmessungen	M
Rettenbach / Kirchberg i.T.	7	+	+		+	Abflussmessungen; Einfluss Bergbau	L
Wattenbach	73	+	+		+	Hubschraubergeo-physik; Bodengeophysik Abstands- geschwindigkeits-messun- gen	M
Weerbach	72	+	+		+		R
Stampfangerbach	21	+	+				M
Navisbach	61	+	+		+		R
Hornbach	64	+	+				R
Längentalbach	9	+	+	+		Bodengeophysik, Abstandsgeschwindigkeits- messungen	M
Schesa + Mühlebach / Bürserberg	ca. 5	+	+		+	Hydrogeol. Kartierung, Hyd- rochemie	L
Ziepelbach / Westendorf	0.8	+	+				L
Brandseitenbach (oberer Teil)	ca. 1.5	+	+		+		M
Gurgltal / Imst	165	+	+	+	+	Geländemessungen (Karstl)	R
Sistranserbach	ca. 5	+	+			Geländemessungen	L
Ruggbach	4.3	+	+		+	Abflussmessungen	M

Pfonerbach	6	+	+	+	+	+	Abflussmessungen	M
Brixenbach	9	+	+	+	+	+	Quellkartierung, Abflussmessungen	M
Riederbach / Gerlos	6	+	+	+	+	+	Detailkartierung, Abflussmessungen	M
Geolsalm + Umfeld	ca. 4.5	+	+	+	+	+	Hydrogeologische Kartierung	L
Hausruck	ca. 110	+	+	+	+	+	Quellkartierung, Geophysik, Bodenfeuchtemessungen	M
Montafon	ca. 460	+	+	+	+	+		R
Vandans (Gauerthal bis Abschnitt Reilstal)	ca. 18	+	+	+	+	+		M
<b>Summe</b>								
<b>ca. 4200 km<sup>2</sup></b>								

**Sonstige Einzugsgebiete (Gebiete) mit Teilarbeiten und/oder Datenerhebung (teilweise digital):**

- Gosau (teilweise digital), ca. 18km<sup>2</sup>
- Rauris (Kartierungen analog), ca. 35km<sup>2</sup>
- Deferegggen (Kartierungen analog; teilweise in Osttirol-Projekt eingearbeitet)
- Schmirn (Kartierungen analog), ca. 19km<sup>2</sup>
- Dürnbach (Kartierungen analog), ca. 8,7km<sup>2</sup>
- Auenbach bei Wolfsberg (+ Rutschung Rieger)
- Donauufer Ost Fischamend (GIS-Projekt Massenbewegungen)
- Schwarzbach/Leogang (Kartierungen analog), ca. 12,5km<sup>2</sup>
- Finsing (Schwerpunkt Vegetation)

**\*\* Maßstabebene:**

- R regional / Kartierung einer (Klein-)Region, größerer Talschaften, u.ä.; sinnvolle Anwendungsmaßstäbe zwischen 1:25.000 und 1:50.000
- M mittel / Kartierung von mehreren Kleinzugsgebieten, u.ä.; sinnvolle Anwendungsmaßstäbe zwischen 1:10.000 und 1:25.000
- L lokal / (Detail-) Kartierung von einzelnen Kleinzugsgebieten; sinnvoller Anwendungsmaßstäbe bei 1:10.000 und detaillierter

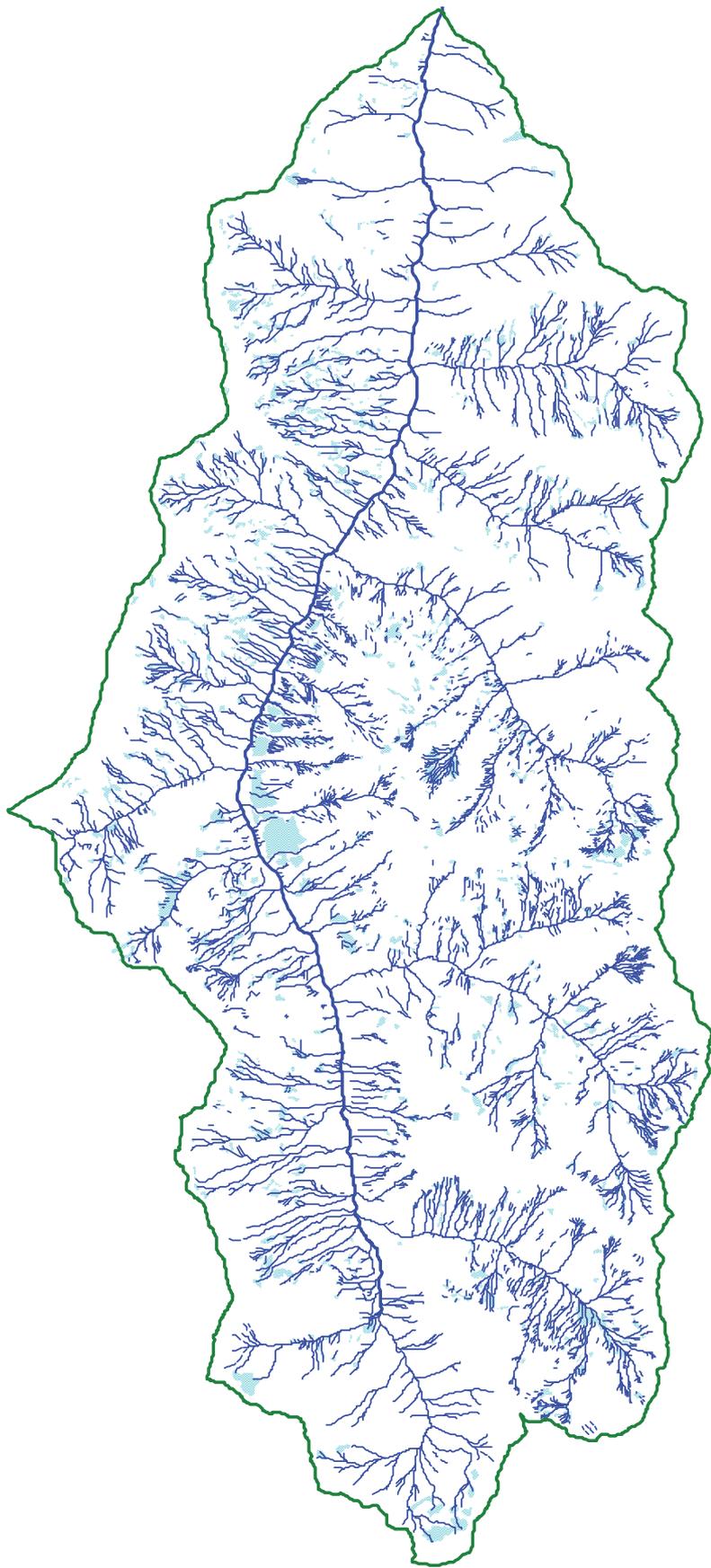
## Beilage 2: Einzugsgebietsbeispiele für Auswertungen und Prozessbeschreibungen

Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)		
<b>Beilage 2.1 Glemmtal / Saalach-Oberlauf</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen Hanginstabilitäten und -labilitäten, Hangwasserhaushalt und Massenbewegungen in Teilen des Zentralalpenkristallins / BMWF		
<b>Gebiet:</b> Glemmtal (oberes Saalach-Einzugsgebiet)	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> ca. 190	<b>Arbeitsebene / sinnvoller Arbeitsmaßstab:</b> regional / 1:25.000 – 1:50.000
<b>Ausgewählte Zitate:</b> PIRKL, H. [Projektl.] (1991): Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen Hanginstabilitäten und -labilitäten, Hangwasserhaushalt und Massenbewegungen in Teilen des Zentralalpenkristallins. Jahresbericht 3. Phase und Endbericht. – Unveröff. Bericht ÖAW/GBA, Wien.  PIRKL, H. (2003a): Naturraumrisiko Glemmtal. GIS-Projekt. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLFUW, Wien.  PIRKL, H. (2003b): Naturraumrisiko Glemmtal. Eine prozessorientierte Betrachtung. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLFUW, Wien.		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b> Hinweis zu den Karteninhalten: Die Kartierungen und Geländeaufnahmen wurden im Zeitraum 1988 bis 1991 analog im Maßstab 1:10.000 auf Papiervergrößerungen der ÖK50 ausgeführt! Die GIS-basierte, digitale Aufarbeitung dieser Kartierungen konnte erst 2002-2003 erfolgen.  Kartiert wurde: a. hydrogeologische Situation: tatsächliches Gewässersystem, Feuchtflächen, Quellen und Quellhorizonte (Geländemessungen Wassertemperatur, elektr. Leitfähigkeit, teilw. pH, Abfluss-/Durchfluss mittels Kübelmessungen oder geschätzt) b. geomorphologische Situation: Ausstriche tiefgründiger Massenbewegungen, seichte Massenbewegungen, Geschiebeherde, Kriechhänge, systematische Messungen von Hangneigungen c. Verteilung und Lithologie der Lockersedimente  Interpretation und Zusammenführung der Karteninhalte bezüglich + untergrundabhängiger Abflussprozesse + Hang-/Massenbewegungsprozesse + geotechnischer Eigenschaften der Gesteine  Aufbauend auf diesen Kartierungen wurden im Teileinzugsgebiet Löhnersbach durch ein multidisziplinäres Team zahlreiche weitere Untersuchungen ausgeführt (Vegetationskartierung, Bodenkartierung, Beregnungsversuche, Hydrochemie, Bodengeochemie, Waldzustandsanalyse, systematische hydrologische Messungen, Mineralogie der Verwitterungszone, u.a.)		



## Glemmtal / Saalach-Oberlauf

- Einzugsgebietsgrenze Glemmtal bis zum Talausgang bei Maishofen
- kartiertes Gewässersystem
- Verlauf der Saalach im Glemmtal
- Niedermoore und Feuchtflecken



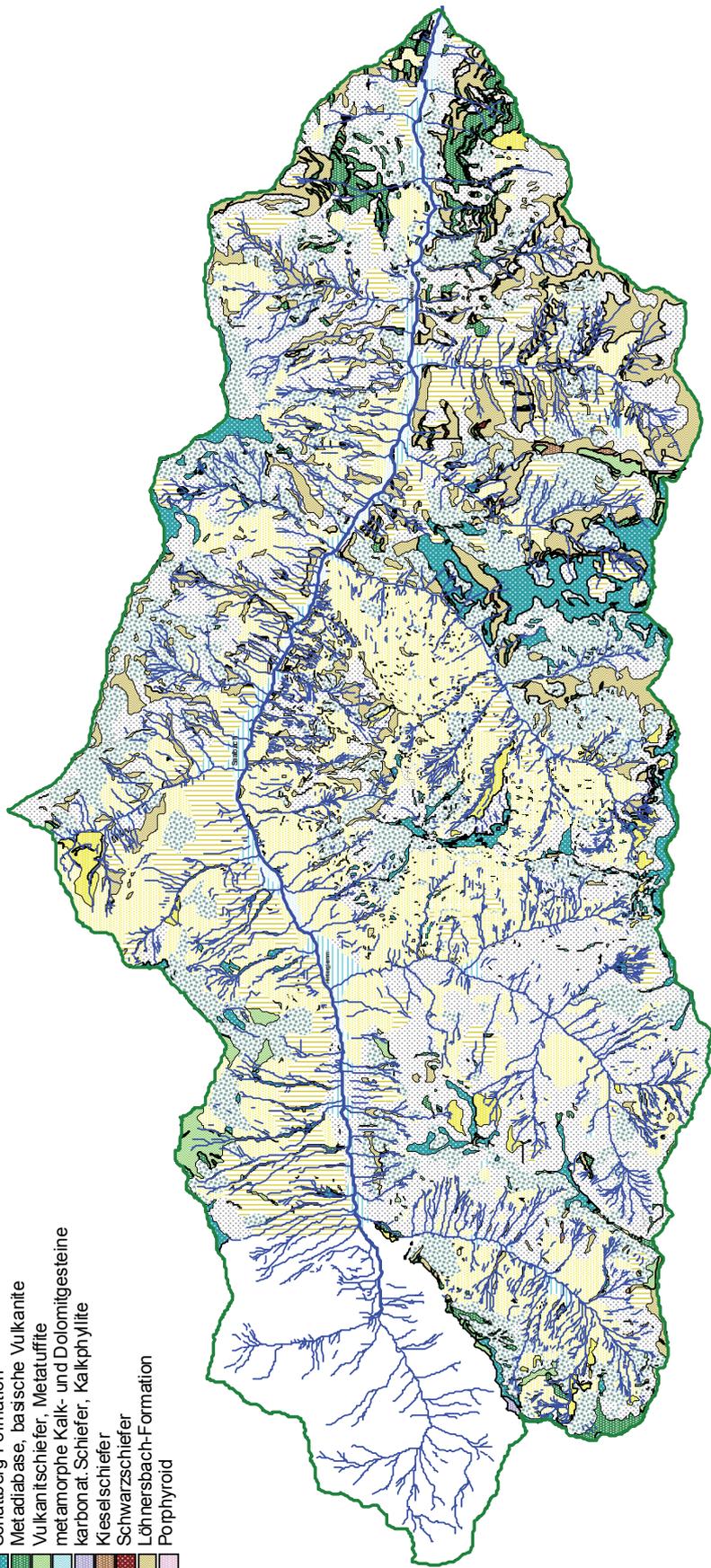
0 1 2 3 4 5 Kilometers





## Glemmtal / Saalach-Oberlauf

- Einzugsgebietsgrenze Glemmtal bis zum Talausgang bei Maishofen
- kartiertes Gewässersystem
- Verlauf der Saalach im Glemmtal
- Lithologie des Untergrunds
- Talalluvionen
- Schwemmkegel, Murschutt
- Hangschutt, Schutthalde
- lehmiger Hangschutt
- umgelagertes (Grund-)Moränenmaterial
- Grobblockwerk, entfestigter Fels
- Moränenmaterial, lokale Moränenformen, Eisrandsedimente
- Schattberg-Formation
- Metadiabase, basische Vulkanite
- Vulkanitschiefer, Metatuffite
- metamorphe Kalk- und Dolomitgesteine
- karbonat. Schiefer, Kalkphyllite
- Kiesel-schiefer
- Schwarzschiefer
- Löhnersbach-Formation
- Porphyroid

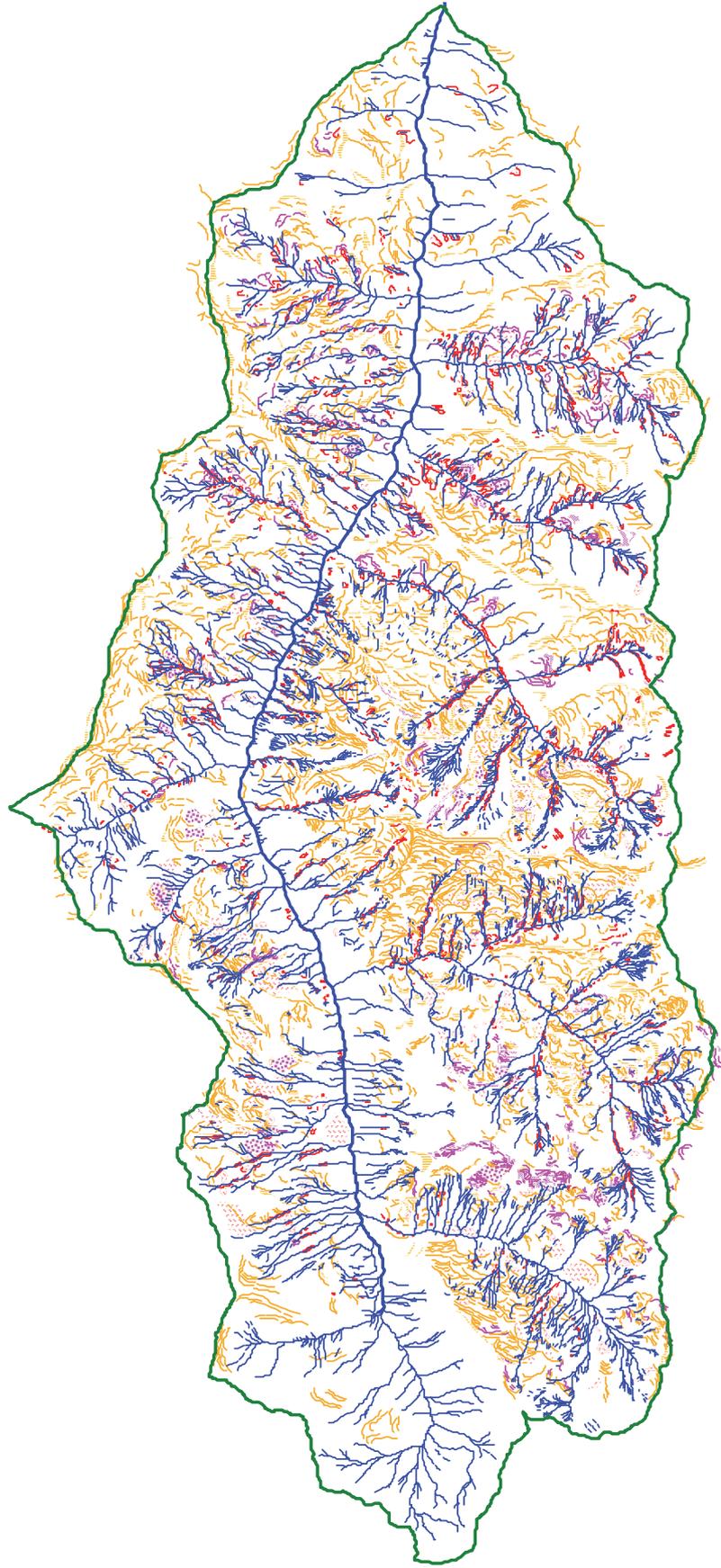


0 1 2 3 4 5 Kilometers



## Glemmtal / Saalach-Oberlauf

-  Einzugsgebietsgrenze Glemmtal bis zum Talausgang bei Maishofen
-  kartiertes Gewässersystem
-  Verlauf der Saalach im Glemmtal
-  flächige Ausstriche tiefgreifender Massenbewegungen, nicht aktuell
-  lineare Ausstriche tiefgreifender Massenbewegungen, nicht aktuell
-  flächige Ausstriche tiefgreifender Massenbewegungen, aktuell
-  lineare Ausstriche tiefgreifender Massenbewegungen, aktuell
-  tiefergründiges Hangkriechen, aktuell
-  Ausstriche (Umgrenzung) von Massenbewegungen in Lockersedimenten, aktuell und subaktuell
-  seichtes Hangkriechen, aktuell



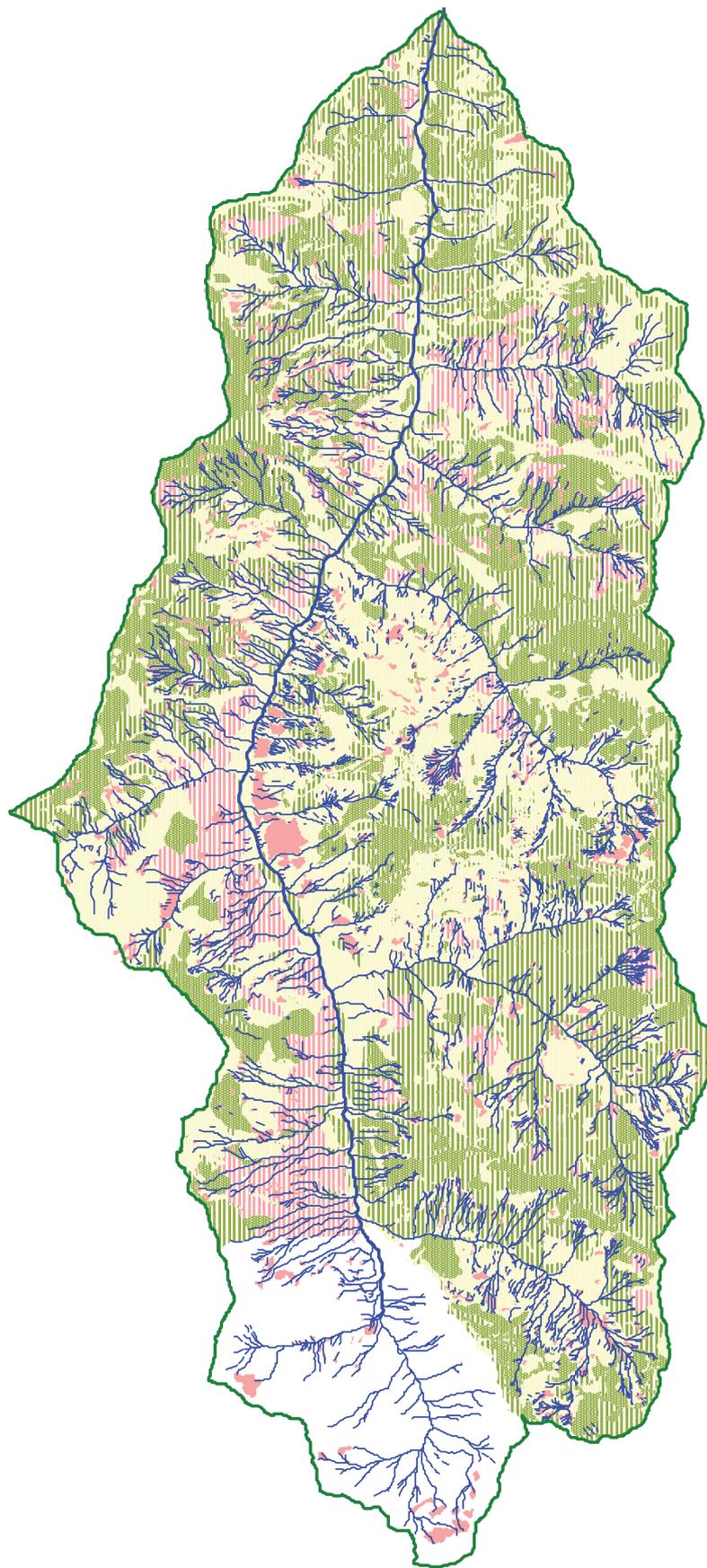
0 1 2 3 4 5 Kilometers





## Glemmtal / Saalach-Oberlauf

- Einzugsgebietsgrenze Glemmtal bis zum Talausgang bei Maisshofen
- kartiertes Gewässersystem
- Verlauf der Saalach im Glemmtal
- Glemmtal - prinzip. Abflusstyp (bei Starkregen)
- rasch Oberflächenabfluss
- oberflächennaher Zwischenabfluss überwiegt
- seichtgründiger Zwischenabfluss überwiegt
- tiefergründiger Zwischenabfluss überwiegt
- tiefergründiger Abfluss überwiegt

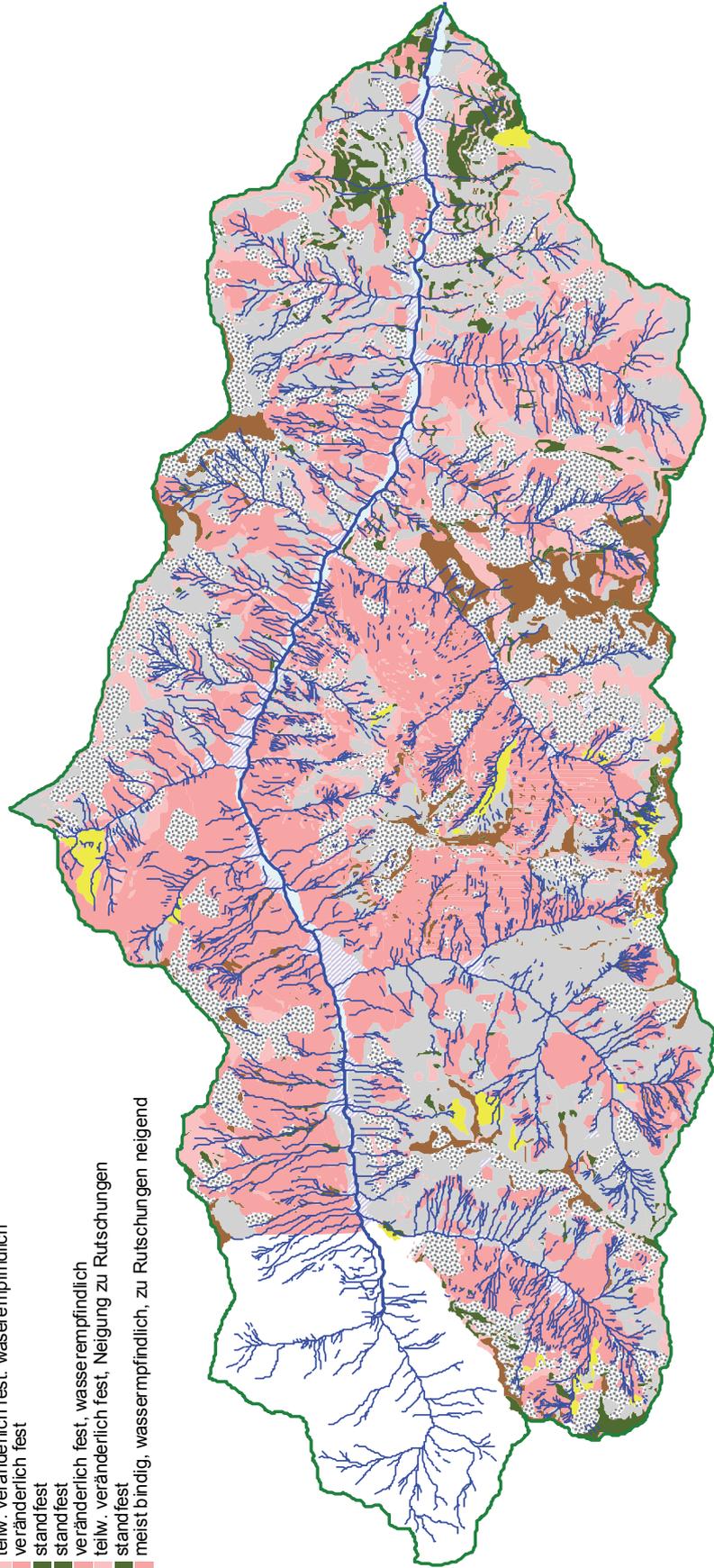


0 1 2 3 4 5 Kilometers



## Glemmtal / Saalach-Oberlauf

- Einzugsgebietsgrenze Glemmtal bis zum Talausgang bei Maishofen
- kartiertes Gewässersystem
- Verlauf der Saalach im Glemmtal
- geotechn. Charakteristik
- nicht bindig, teilw. GW-Hochstand und Überflutungsgefährdet
- nicht bindig, teilweise Mur-gefährdet
- nicht bindig, Erosion und Rutschung auf veränderlich festen Gesteinien
- nicht bindig, Bewegungen je nach übergeordnetem P Prozess
- teilw. bindig, teilw. veränderlich fest
- meist bindig, zu Rutschungen neigend
- relativ standfest; stark geklüftet, Neigung zu Bockhalten
- standfest
- teilw. veränderlich fest, wasserempfindlich
- veränderlich fest
- standfest
- standfest
- veränderlich fest, wasserempfindlich
- teilw. veränderlich fest, Neigung zu Rutschungen
- standfest
- meist bindig, wasserempfindlich, zu Rutschungen neigend

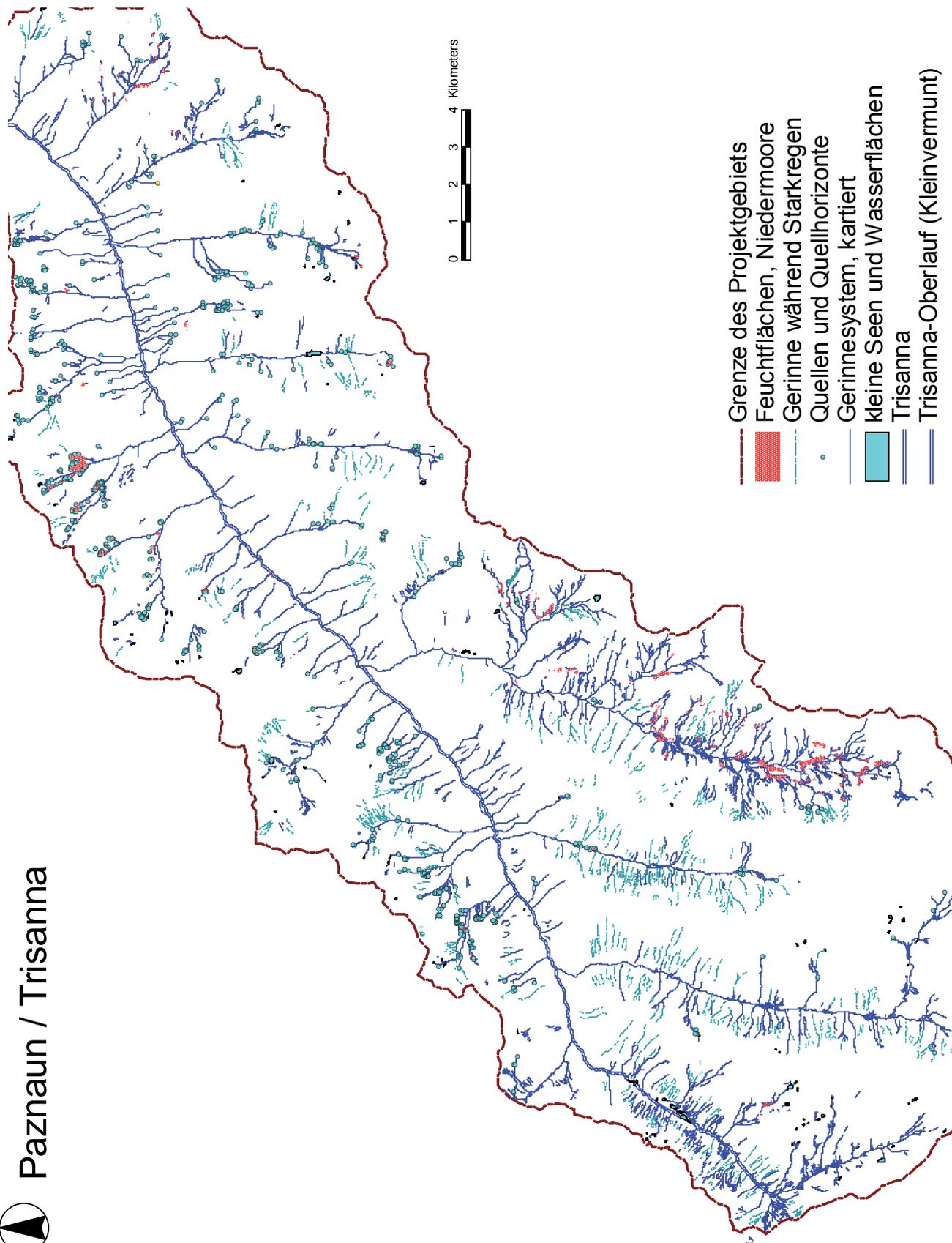


0 1 2 3 4 5 Kilometers

<b>Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)</b>		
<b>Beilage 2.2 Paznaun / Trisanna</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> HOPWAP – Hochwasser Paznaun 2005 – Wald-Abfluss-Potentiale / Wildbach- und Lawinenverbauung Sektion Tirol		
<b>Gebiet:</b> Trisanna-Einzugsgebiet	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> ca. 370	<b>Arbeitsebene (sinnvoller Arbeitsmaßstab):</b> 1:25.000
<b>Zitate:</b> <p>KOHL, B., KLEBINDER, K., MARKART, G., PERZL, F., PIRKL, H., RIEDL, F. &amp; STEPANEK, L. (2008): Analyse und Modellierung der Waldwirkung auf das Hochwasserereignis im Paznauntal vom August 2005. – INTERPRÄVENT 2008, Conference Proceedings, <b>2</b>, Dornbirn.</p> <p>KOHL, B. &amp; PERZL, F. (2008): HOPWAP – Hochwasser Paznaun 2005 – Wald-Abfluss-Potentiale. Endbericht. – Inst. für Naturgefahren und Waldgrenzregionen / BFW, Innsbruck.</p> <p>PIRKL, H. &amp; RIEDL, F. (2006): Projekt HOPWAP. Hochwasser Paznaun 2005 Wald-Abfluss-Potentiale. Hydrogeologische Grundlagen für die Hochwassermodellierung Paznaun. Endbericht. – Unveröff. Bericht im Auftrag FTD für WLW / Sektion Tirol, Wien.</p> <p>STEPANEK, L., KOHL, B. &amp; PIRKL, H. (2009): Hochwasser Paznaun 2005. Wald-Abfluss-Potentiale. Bericht der Wildbach- und Lawinenverbauung. – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 2009</p>		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b> <p>In Nacharbeit zu dem Hochwasserereignis 2005 im Paznaun / Trisanna-Einzugsgebiet wurde die Frage nach der hydrologischen Wirkung der Waldgebiete gestellt. Dazu bildete eine multidisziplinäre Analyse des gesamten Einzugsgebiet Basis der Bewertung.</p> <p>Seitens der Geowissenschaften wurde eine flächendeckende Auswertung der untergrundabhängigen Abflussprozesse vorgenommen. Zur Plausibilisierung dieser Flächendarstellung dienten Mehrfach-Durchflussmessungen an 52 Messpunkten verteilt über das Einzugsgebiet. Die daraus abgeleiteten Abflussspenden wurden den Abflussspenden, die aus den N/A-Modellrechnungen für die Teileinzugsgebiete abgeleitet wurden, gegenübergestellt und diskutiert. Dabei wurde sowohl die aktuelle Situation, als auch die Landschaftssituation der 1950er-Jahre in die Betrachtung einbezogen.</p> <p>Auch wurden die Erosions- und Massenbewegungsprozesse, die während des Ereignisses stattfanden, in Beziehung gesetzt mit den Flächenauswertungen, und deren jeweiligen Auslöse-Ursachen diskutiert.</p> <p>Über das eigentliche Projektziel hinaus wurden an diesem Beispielsgebiet auch methodische Überlegungen weitergeführt, sowie Auswertungen von Zusammenhängen zwischen Abfluss- und Hangprozessen versucht.</p>		

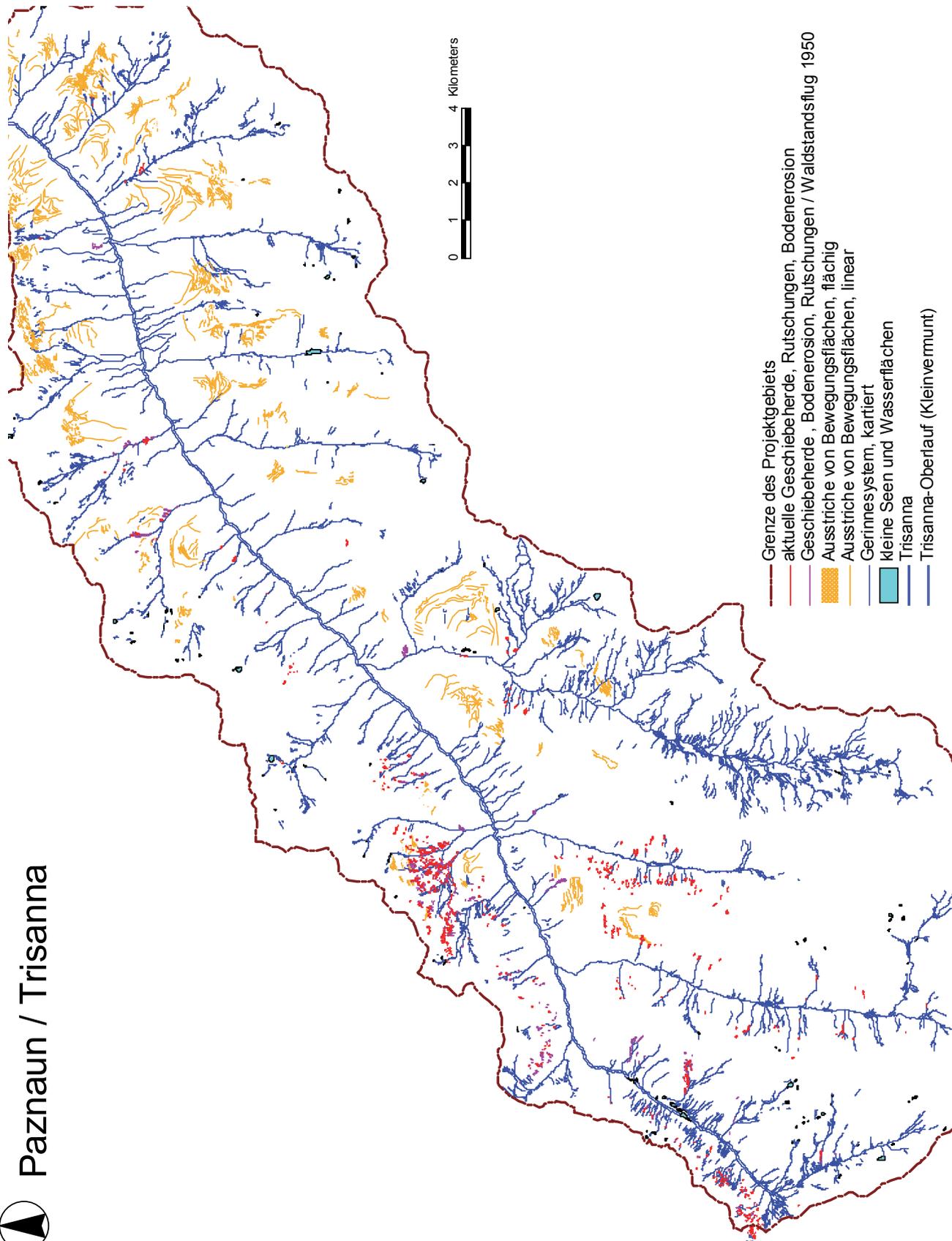


# Paznaun / Trisanna



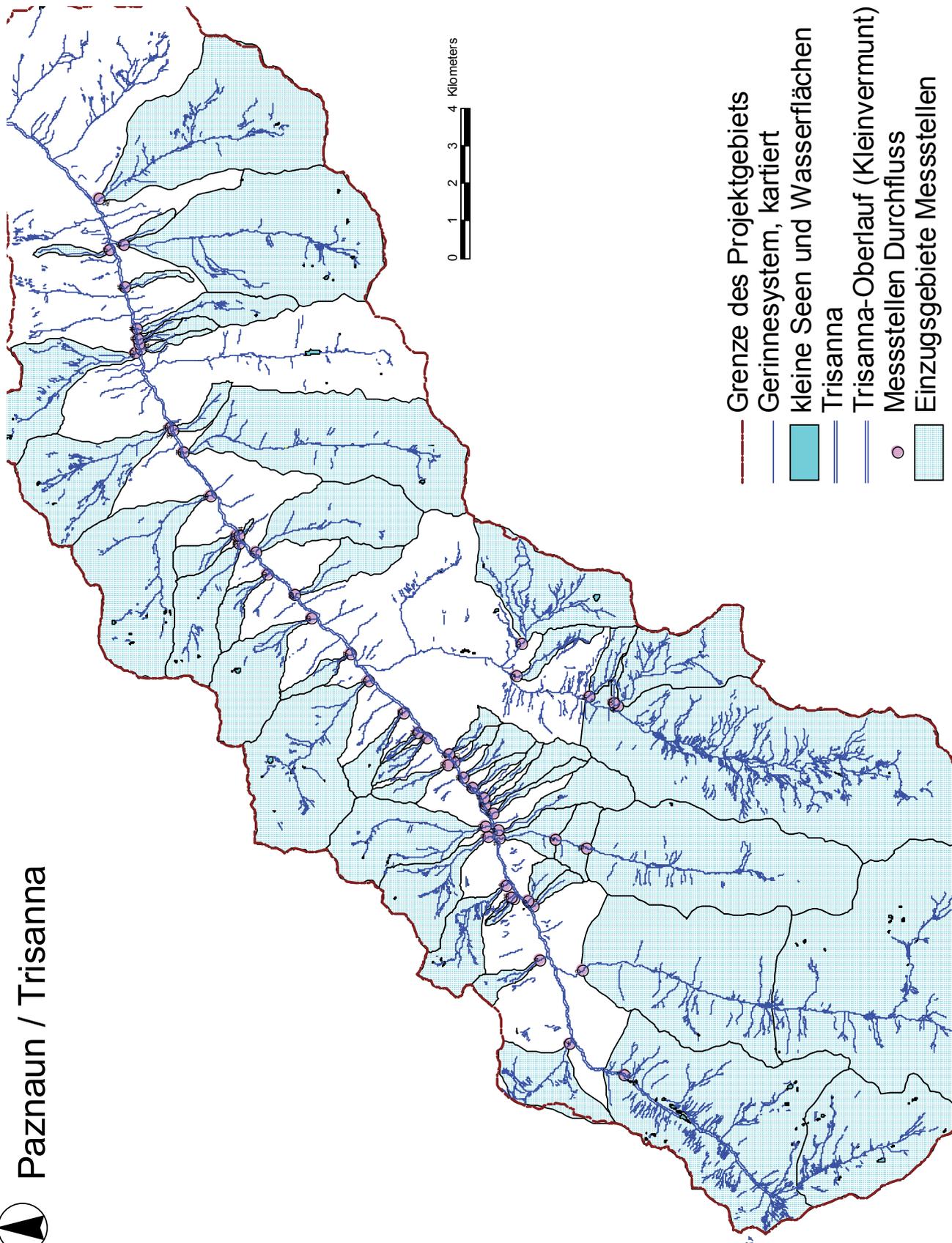


# Paznaun / Trisanna



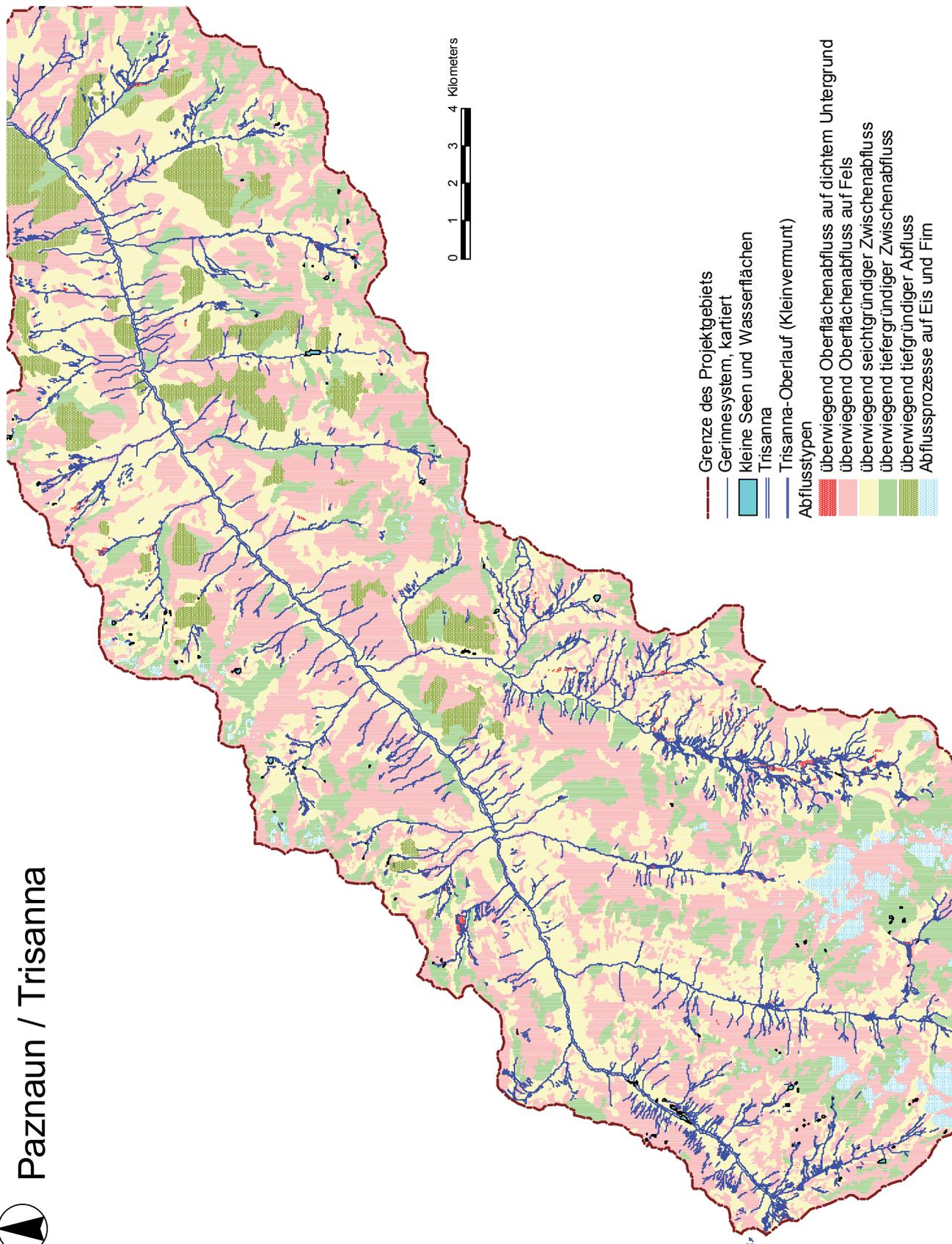


# Paznaun / Trisanna



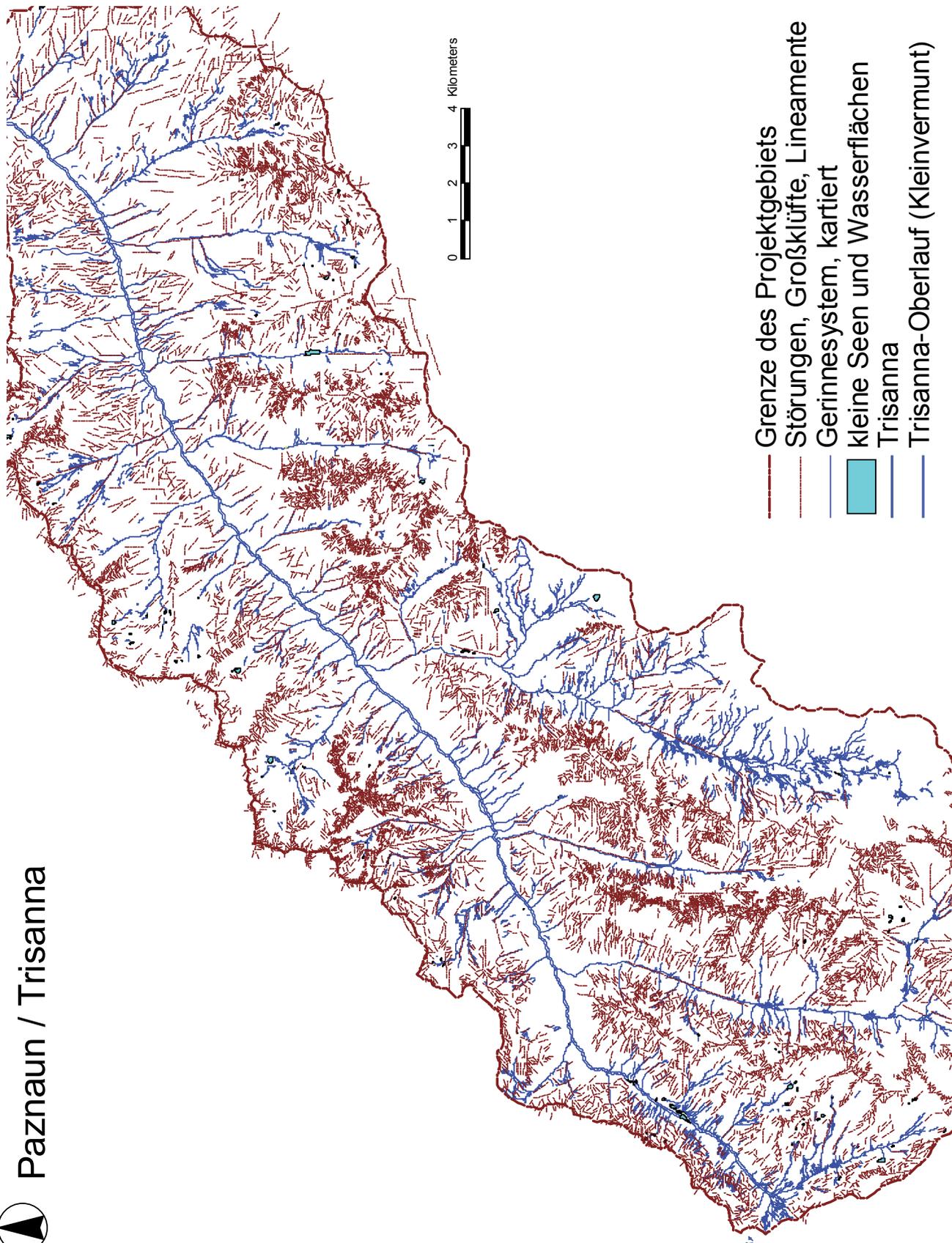


# Paznaun / Trisanna





# Paznaun / Trisanna

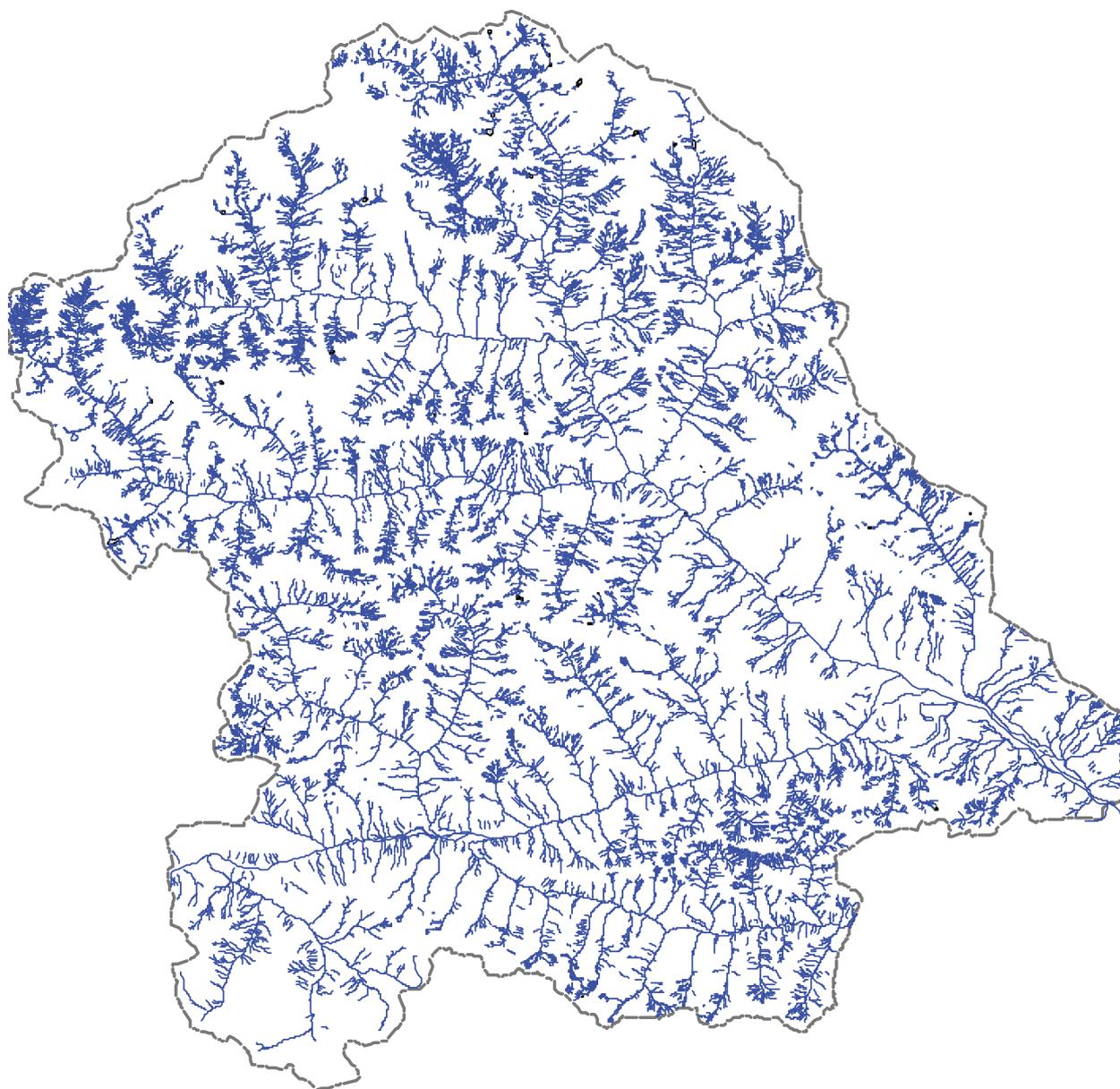


Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)		
<b>Beilage 2.3 Osttirol</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> Untergrundabhängige Abflussprozesse. Kartierung und Quantifizierung für das Bundesland Tirol. Flächendeckende Aufnahme Osttirols. / Amt der Tiroler Landesregierung – Hydrographie & Wildbach- und Lawinenverbauung – Sektion Tirol		
<b>Gebiet:</b> Osttirol und Sextener Dolomiten (Oberes Drau-Einzugsbiet)	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> ca. 2000	<b>Arbeitsebene (sinnvoller Arbeitsmaßstab):</b> 1:25.000
<b>Zitate:</b> PIRKL, H. (2012): Untergrundabhängige Abflussprozesse. Kartierung und Quantifizierung für das Bundesland Tirol. Flächendeckende Aufnahme Osttirols. Endbericht April 2012. – Unveröff. Bericht im Auftrag Amt der Tiroler Landesregierung / Hydrographie sowie Wildbach- und Lawinenverbauung / Sektion Tirol, Wien.		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b> Das Projekt hatte prinzipiell zwei Aufgaben: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Die Arbeitsmethodik der „Karte der untergrundabhängigen Abflusstypen“ im Detail zu erläutern und an einem regionalen Beispiel (Osttirol) zu dokumentieren</li> <li>b. Ansätze zur Quantifizierung der Zwischenabflussprozesse zu erarbeiten</li> </ul> <p>Das Forschungsprojekt baut auf den Ergebnissen und fachlichen Schlüssen des Vorprojekts „Hochwasser Tirol / HOWATI“ auf. Ziel war auch, neue Grundlagen für die Diskussion der Ableitung von Bemessungshochwässern zu finden.</p> <p>Über die Projektinhalte hinaus wurden auch Massenbewegungsprozesse aus den vorhandenen Grundlagen (Orthofotos, digitale Höhenmodelle) ausgewertet. Daraus ergibt sich als Nebenprodukt die Möglichkeit, Hang- und Abflussprozesse (auf der regionalen Ebene) zu verknüpfen.</p>		

# Osttirol



- Gerinnesystem bei Starkniederschlag (mit Sextener Dolomiten)
-  kleine Seen, Teiche
- Einzugsgebietsgrenze (Drau)

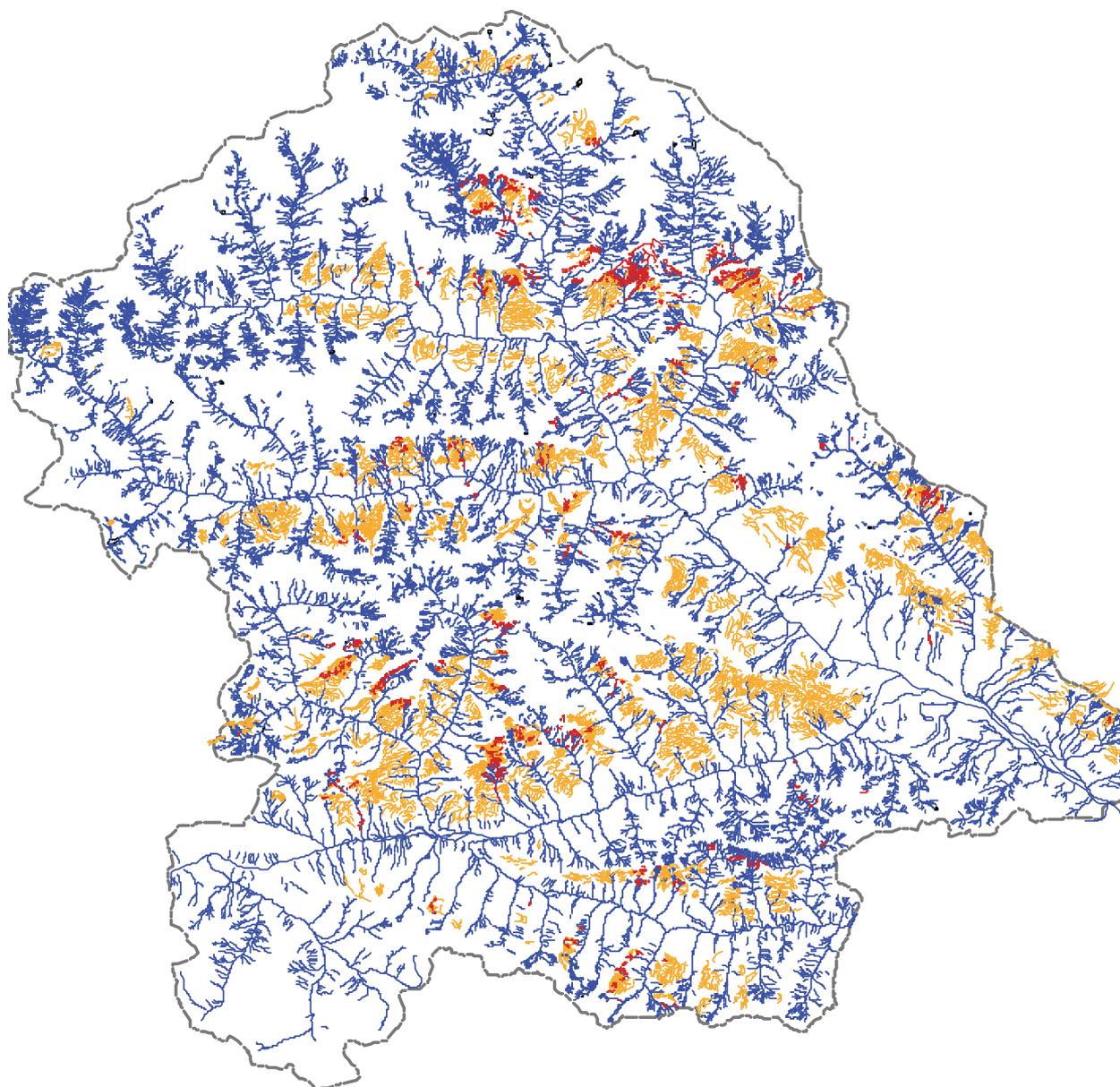


0 5 10 15 Kilometers

# Osttirol



- Rutschungen, Geschiebeherde, Bodenerosion
- Ausstriche von tiefgründigen Bewegungsflächen flächig
- Ausstriche von tiefgründigen Bewegungsflächen, linear
- Gerinnesystem bei Starkniederschlag (mit Sextener Dolomiten)
- kleine Seen, Teiche
- Einzugsgebietsgrenze (Drau)

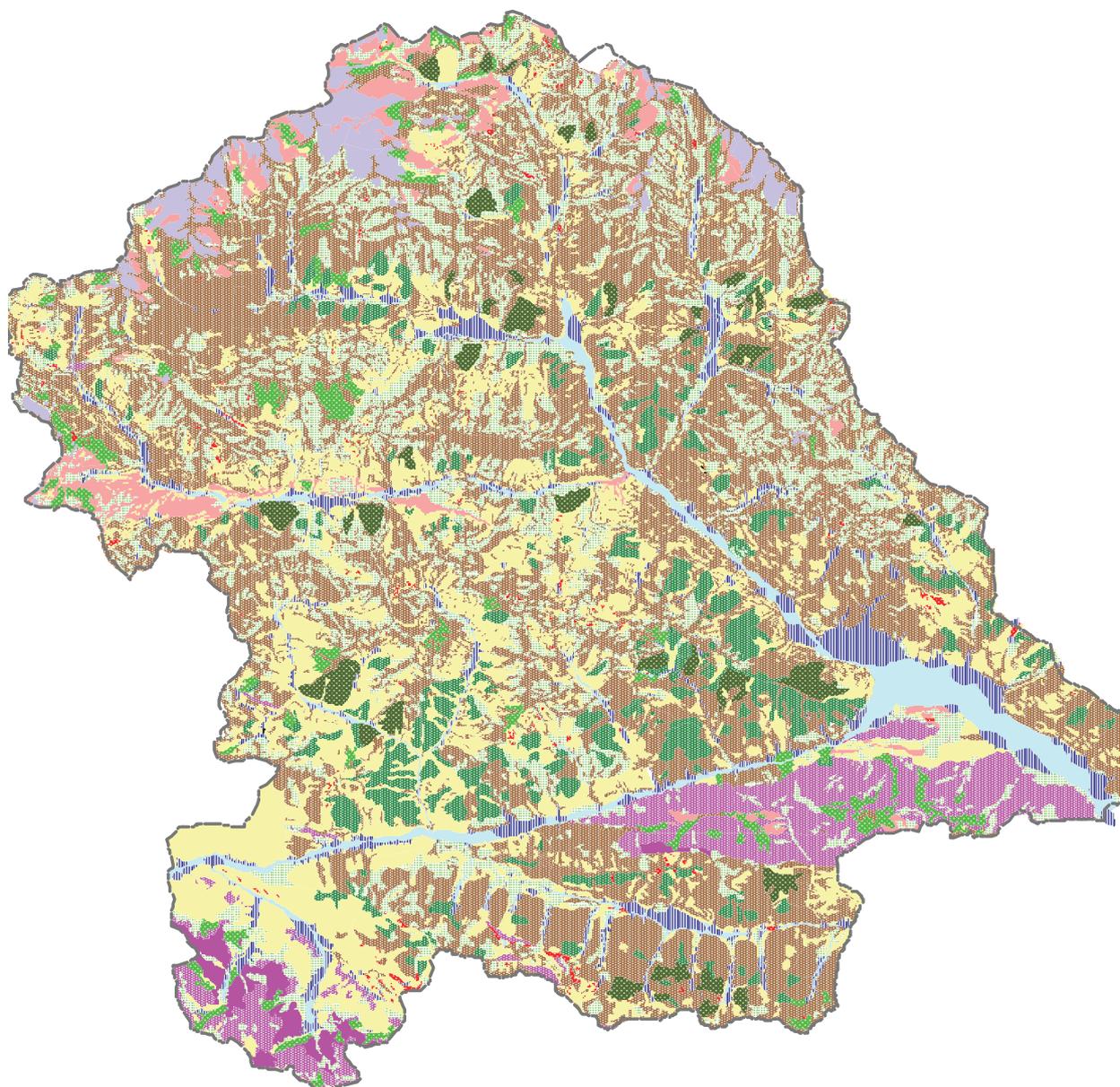


0 5 10 15 Kilometers

# Osttirol



- Einzugsgebietsgrenze (Drau)
- Untergrundabhängige Abflusstypen
-  überwiegend tiefgründiger Abfluss; sehr hohes Rückhaltevermögen
  -  überwiegend tiefgründiger Abfluss; hohes Rückhaltevermögen
  -  überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss; hohes Rückhaltevermögen
  -  überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss; geringeres Rückhaltevermögen
  -  Schwemmkegel; Murschuttkegel
  -  überwiegend seichtgründiger Zwischenabfluss
  -  überwiegend Abfluss auf Fels; verkarstet
  -  überwiegend Abfluss auf Fels; geklüftet und verkarstet
  -  überwiegend Abfluss auf Fels; geklüftet
  -  überwiegend Abfluss auf Fels; kompakt
  -  überwiegend Oberflächenabfluss auf Feuchtflächen (+ kleine Seen)
  -  Talflächen mit Auswirkungen durch Grundwasser je nach GW-Situation
  -  Abfluss auf (aus) Eis und Firn

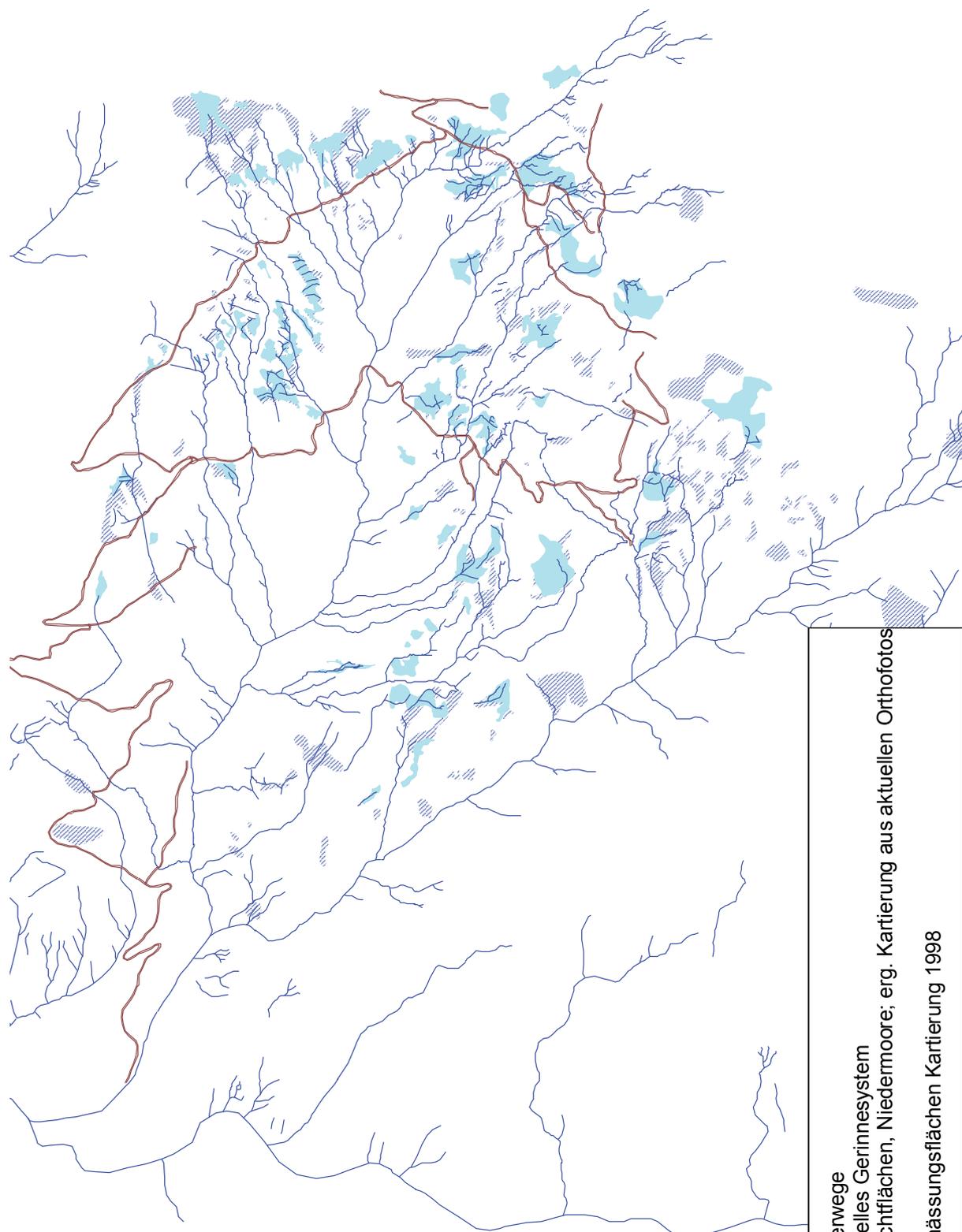


0 5 10 15 Kilometers



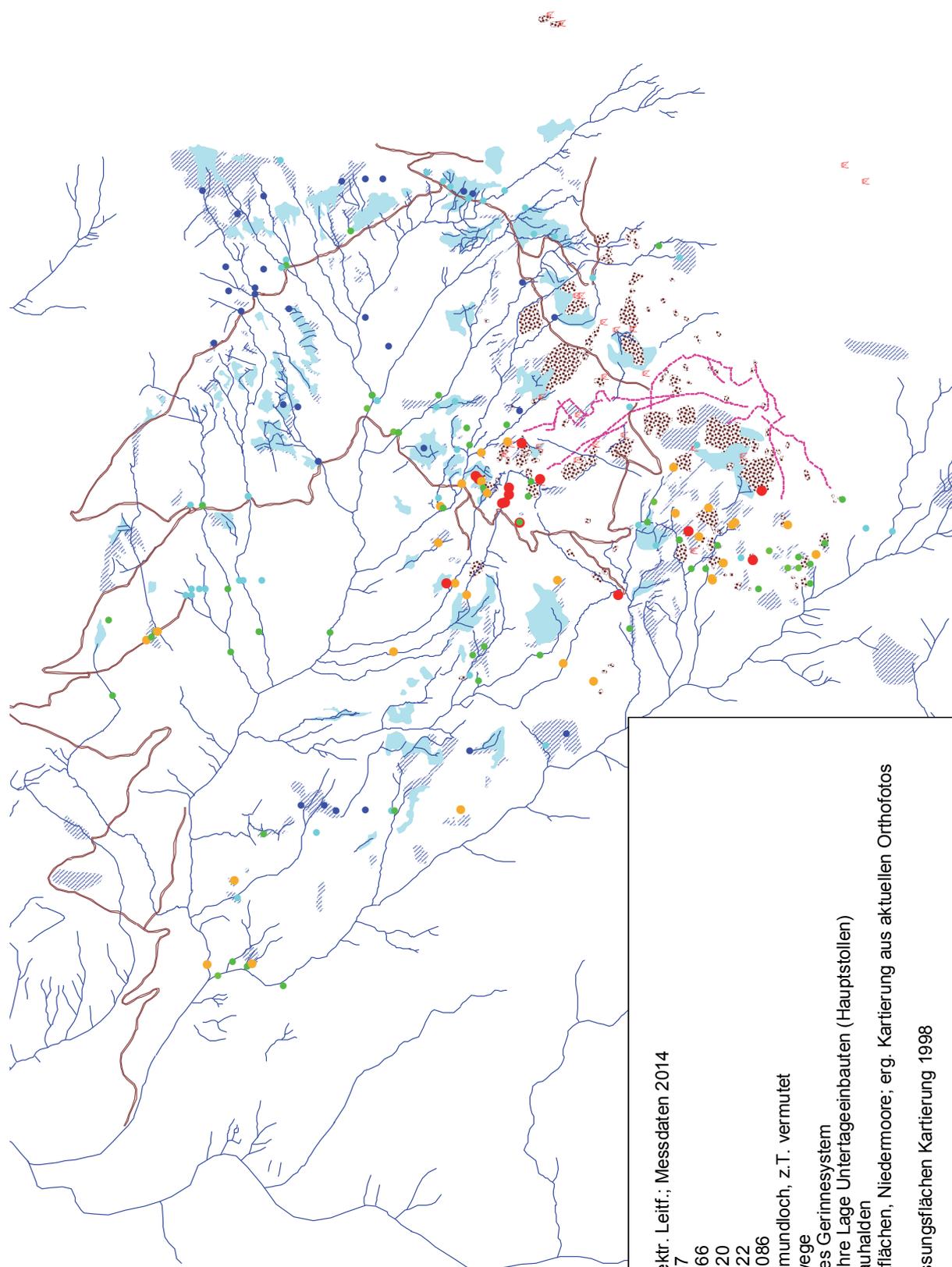
<b>Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)</b>		
<b>Beilage 2.4 Rettenbach Süd Kirchberg in Tirol</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> Handbuch zur qualitativen und quantitativen Erfassung untergrundabhängiger Abflüsse in Wildbacheinzugsgebieten / Wildbach- und Lawinerverbauung – Sektion Tirol		
<b>Gebiet:</b> Einzugsgebiet Rettenbach bei Kirchberg in Tirol	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> ca. 7	<b>Arbeitsebene (sinnvoller Arbeitsmaßstab):</b> 1:10.000
<b>Zitate:</b> NEINAVAIE, H., PIRKL, H., SCHEDL, A., HELLERSCHMIDT-ALBER, J., ATZENHOFER, B., KLEIN, P., GSTREIN, P., HANSER, E. & WILFING, H. (2001): Screening und Bewertung von ehemaligen Bergbau- und Hüttenstandorten hinsichtlich Umweltrisiko und Folgenutzungspotentialen durch einen integrierten geowissenschaftlich-humanbiologischen Ansatz am Beispiel der Kitzbühler Alpen. Abschlussbericht. – Unveröff. Bericht Geologische Bundesanstalt, Wien.  PIRKL, H. & SAUSGRUBER, TH. (2015): Handbuch zur qualitativen und quantitativen Erfassung untergrundabhängiger Abflüsse in Wildbacheinzugsgebieten. – Unveröff. Bericht WLW, Wien/Innsbruck.		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b> Das Rettenbach-Einzugsgebiet wurde im Rahmen des obigen Auftrages ausgewählt, um ein Gebiet mit aktiven Massenbewegungen zu charakterisieren, das gleichzeitig auch durch Abflusssituationen aus einem Altbergbau beeinflusst wird. Das Einzugsgebiet wurde mit unterschiedlicher Intensität schon in mehreren Forschungsprojekten bearbeitet – unter anderem auch im Zusammenhang mit der Altbergbaukartierung (siehe: NEINAVAIE et al., 2001). Im Rahmen des obigen Auftrags erfolgte eine gleichwertige Beschreibung der aktuellen Massenbewegungssituation und der aktuellen Abflusssituation – sowie deren Verschneidung. Überlagert wurde dies mit den Informationen der Altbergbau-Strukturen. Die Abflussbeiträge aus dem untertägigem Grubengebäude des ehemaligen Bergbaus Brunnalm konnten mit Hilfe hydrophysikalischer und hydrochemischer Parameter im Detail abgegrenzt werden.  Die aktuelle Landschaftsnutzung (insbesondere deren Entwicklung in den letzten Jahren) verstärkte den Oberflächenabfluss im Einzugsgebiet massiv!  Die Verschneidung von Oberflächenabfluss, und dessen (Erosions-)Wirkung in den Gerinnen einerseits, sowie die laufenden Versickerungsprozesse in hochaufgelockerten Fels andererseits beschleunigen die andauernden Kriechbewegungen großer Hangabschnitte.		

# Rettenbach bei Kirchberg in Tirol



- Güterwege
- aktuelles Gerinnesystem
- Feuchtflächen, Niedermoore; erg. Kartierung aus aktuellen Orthofotos
- Vernässungsflächen Kartierung 1998

# Rettenbach bei Kirchberg in Tirol



**Wasser - elektr. Leitf., Messdaten 2014**

- 14 - 137
- 138 - 266
- 267 - 420
- 421 - 622
- 623 - 1086

Stollenmundloch, z.T. vermutet

Güterwege

aktuelles Gerinnesystem

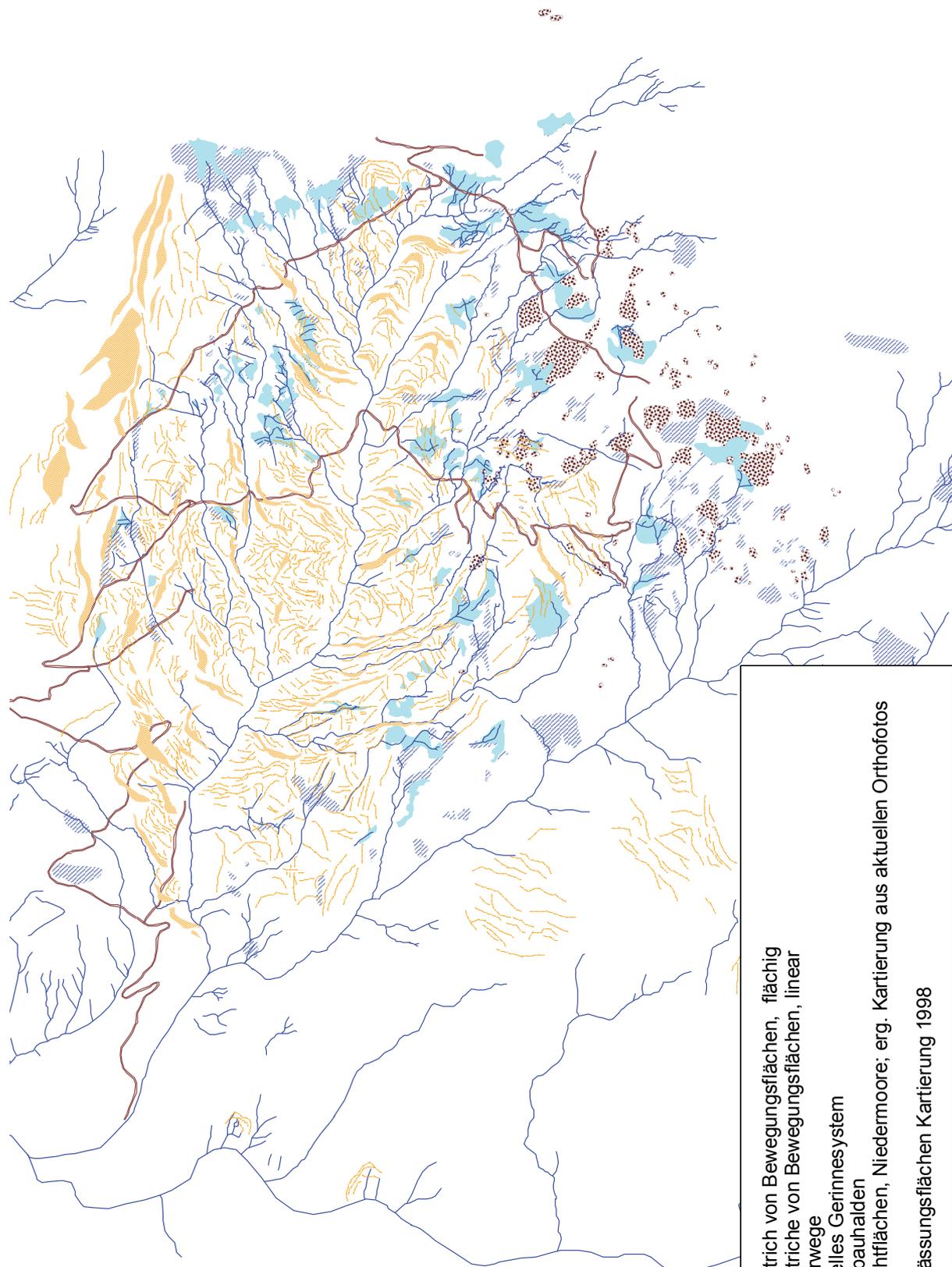
ungefähre Lage Untertageeinbauten (Hauptstollen)

Bergbauhalden

Feuchflächen, Niedermoore; erg. Kartierung aus aktuellen Orthofotos

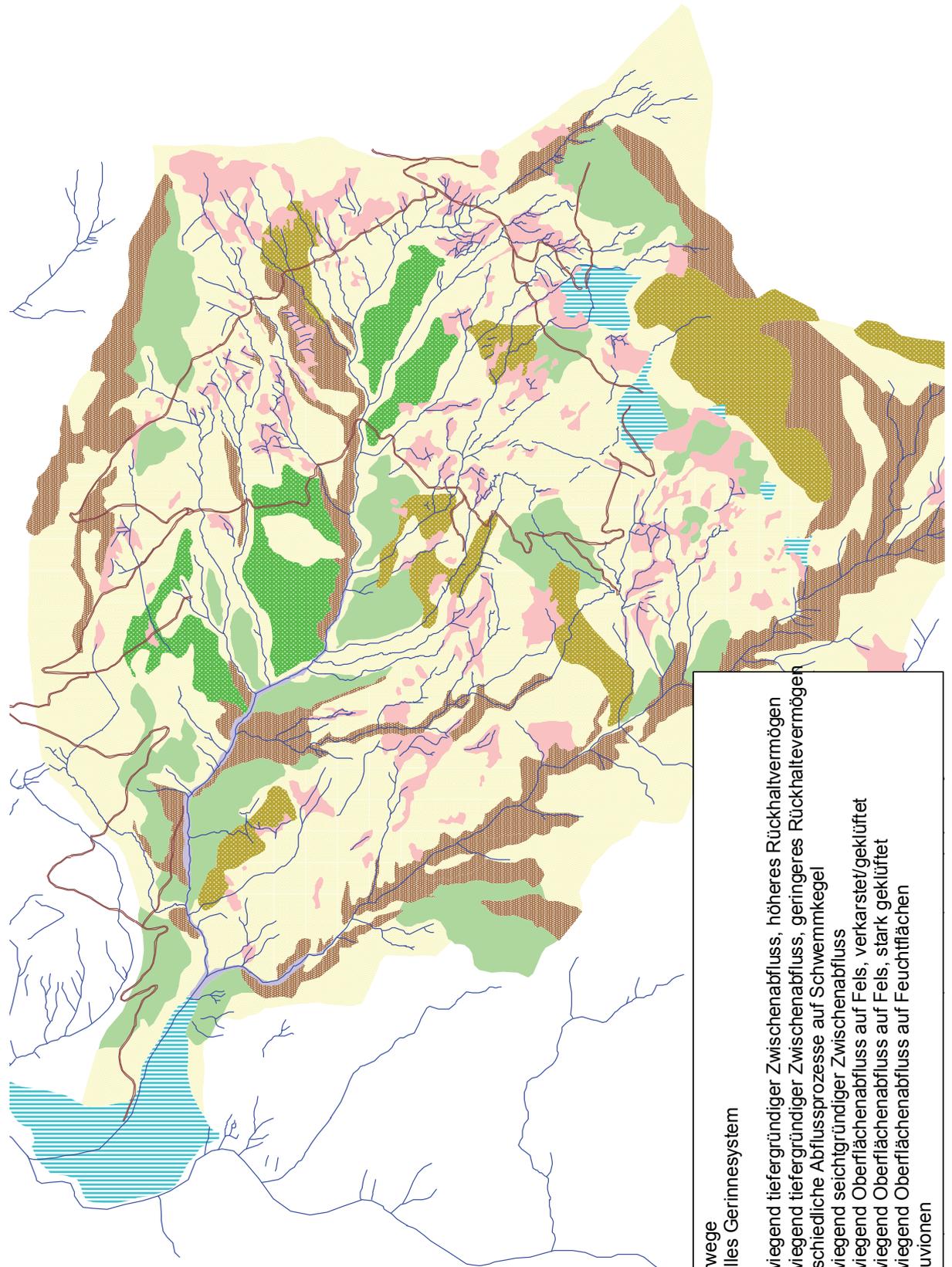
Vernässungsflächen Kartierung 1998

# Rettenbach bei Kirchberg in Tirol



- Ausstrich von Bewegungsflächen, flächig
- Ausstriche von Bewegungsflächen, linear
- Güterwege
- aktuelles Gerinnesystem
- Bergbauhalden
- Feuchflächen, Niedermoore; erg. Kartierung aus aktuellen Orthofotos
- Vernässungsflächen Kartierung 1998

# Rettenbach bei Kirchberg in Tirol



- Güterwege
- aktuelles Gerinnesystem
- Abflusstyp:
  - überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss, höheres Rückhaltevermögen
  - überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss, geringeres Rückhaltevermögen
  - unterschiedliche Abflussprozesse auf Schwemmkegel
  - überwiegend seichtgründiger Zwischenabfluss
  - überwiegend Oberflächenabfluss auf Fels, verkarstet/geklüftet
  - überwiegend Oberflächenabfluss auf Fels, stark geklüftet
  - überwiegend Oberflächenabfluss auf Feuchflächen
  - Talalluvionen

<b>Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)</b>		
<b>Beilage 2.5 Enterbach / Inzing</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> Handbuch zur qualitativen und quantitativen Erfassung untergrundabhängiger Abflüsse in Wildbacheinzugsgebieten / Wildbach- und Lawinenverbauung – Sektion Tirol		
<b>Gebiet:</b> Einzugsgebiet Enterbach bei Inzing	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> ca. 12	<b>Arbeitsebene (sinnvoller Arbeitsmaßstab):</b> 1:10.000
<b>Zitate:</b> AULITZKY, H. (1970): Der Enterbach (Inzing in Tirol) am 26. Juli 1969. – Wildbach- und Lawinenverbau, <b>34</b> , 31-66, Wien.  HÜBL, J., KOHL, B., MARKART, G., PIRKL, H., PITTRACHER, M., SAUSGRUBER, J.TH. & SCHIEGG, H.O. (2006): Nachhaltiges Risiko-Management Enterbach – Inzing Tirol/Austria. Schlussbericht. – Unveröff. Endbericht im Rahmen Interreg IIIb-Projekt Alpine Space/:nab, Innsbruck.  PIRKL, H. & SAUSGRUBER, TH. (2015): Handbuch zur qualitativen und quantitativen Erfassung untergrundabhängiger Abflüsse in Wildbacheinzugsgebieten. – Unveröff. Bericht WLW, Wien/Innsbruck.		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b> Die geowissenschaftlichen Arbeiten, die im Rahmen des „Alpine Space“-Projekts ausgeführt wurden, wurden im Rahmen des „Handbuches“ zusammengeführt, ergänzt und methodisch auf den letzten Stand gebracht. Mit diesen Arbeiten (in Zusammenschau mit den Arbeiten hinsichtlich Landschaftsökologie und Oberflächenabfluss) konnte eine erweiterte Interpretation des Ereignisses vom Juli 1969 vorgelegt werden. In diesem Einzugsgebiet überlagern sich bei Starkniederschlägen Oberflächenabfluss und Zwischenabfluss in besonderem Maße. Gerade diese Überlagerung führt dann zu den für das Einzugsgebiet spezifischen, kritischen Situationen.  An Hand des Enterbach-Einzugsgebiet wurde auch das Methodenset des Projekts ETALP getestet und deren Ergebnisse evaluiert.		

# Enterbach



--- Grenze Einzugsgebiet

Abflusspende l/sec/km<sup>2</sup> - 18/08/05

● 7 - 9

● 9 - 19

● 19 - 24

● 24 - 33

● 33 - 43

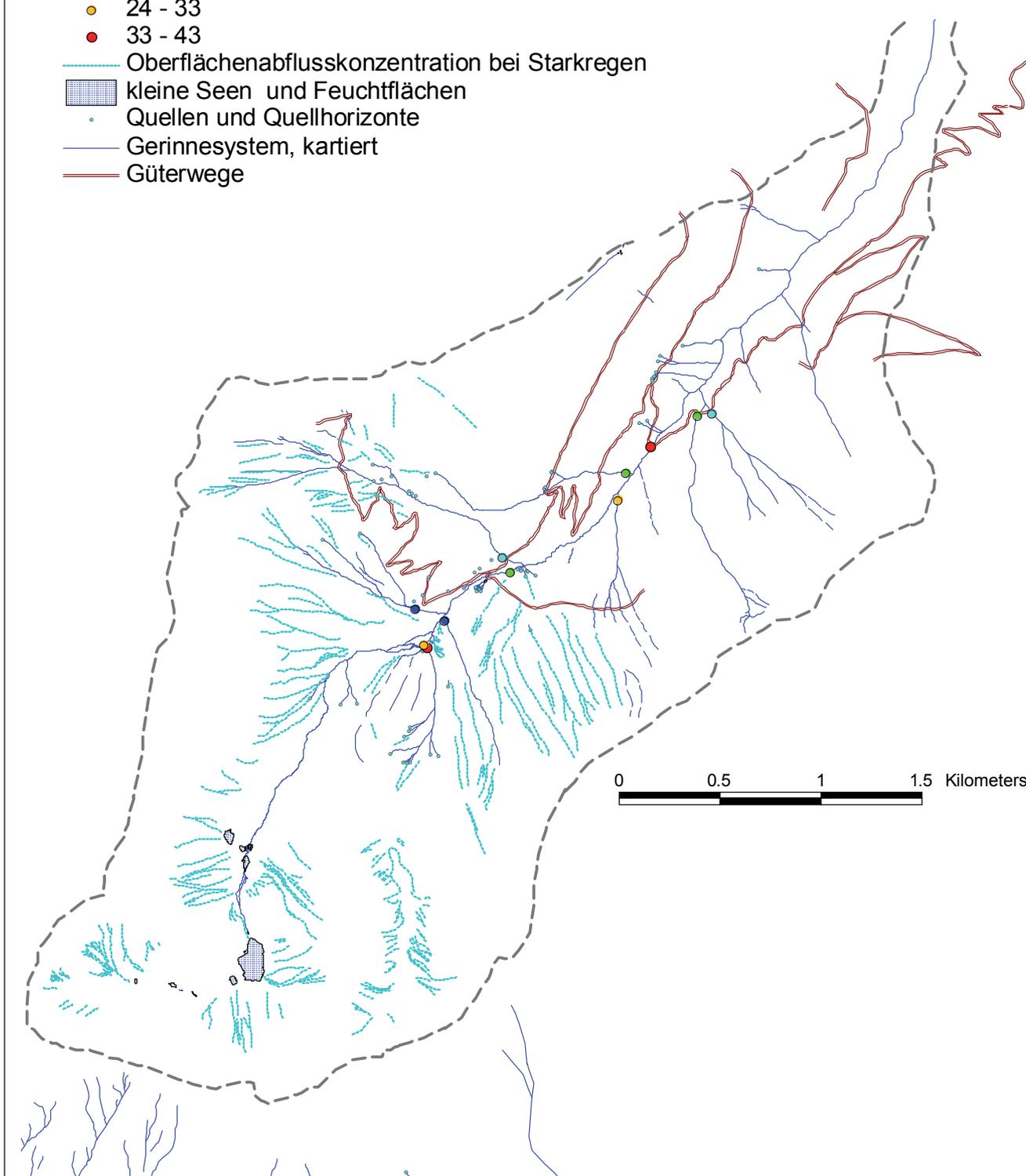
--- Oberflächenabflusskonzentration bei Starkregen

▨ kleine Seen und Feuchtflächen

• Quellen und Quellhorizonte

— Gerinnesystem, kartiert

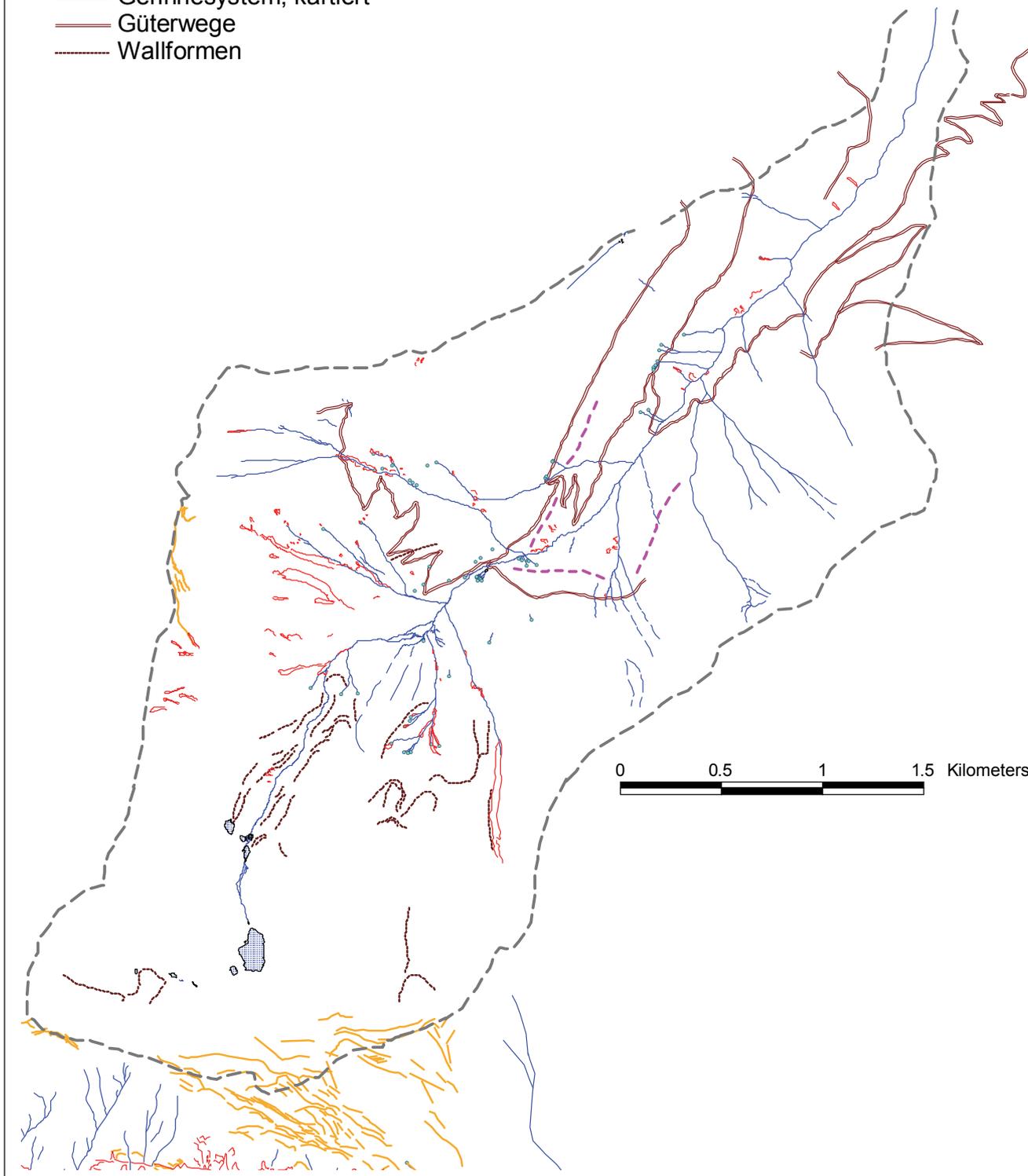
— Güterwege



# Enterbach



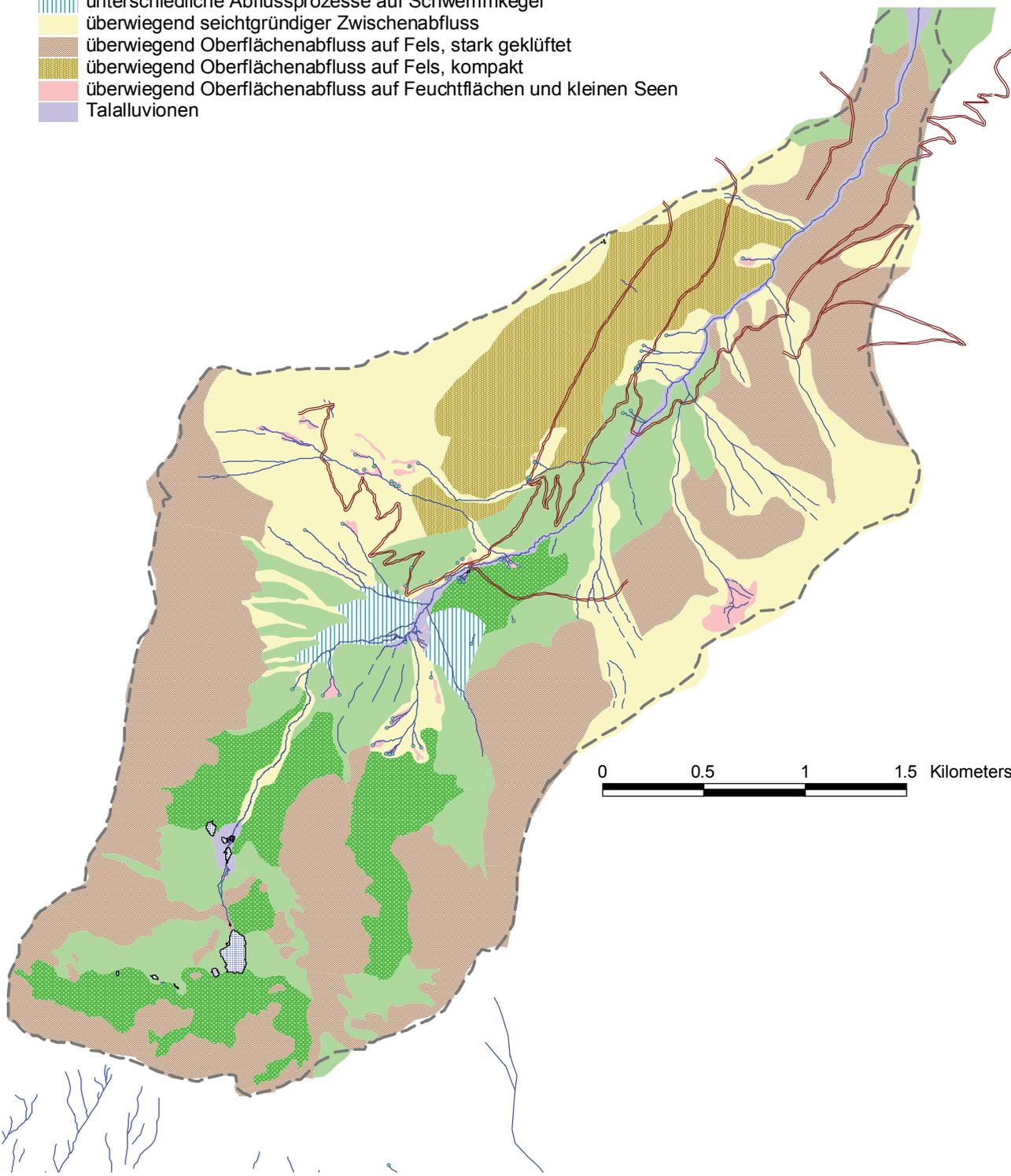
- Grenze Einzugsgebiet
- Geschiebeherde und Rutschnischen in Lockersedimenten
- Ausstriche von Bewegungsflächen in Fels, aktiv
- - - Oberkante rückschreitende Erosion
- kleine Seen und Feuchtflächen
- Quellen und Quellhorizonte
- Gerinnesystem, kartiert
- Güterwege
- Wallformen



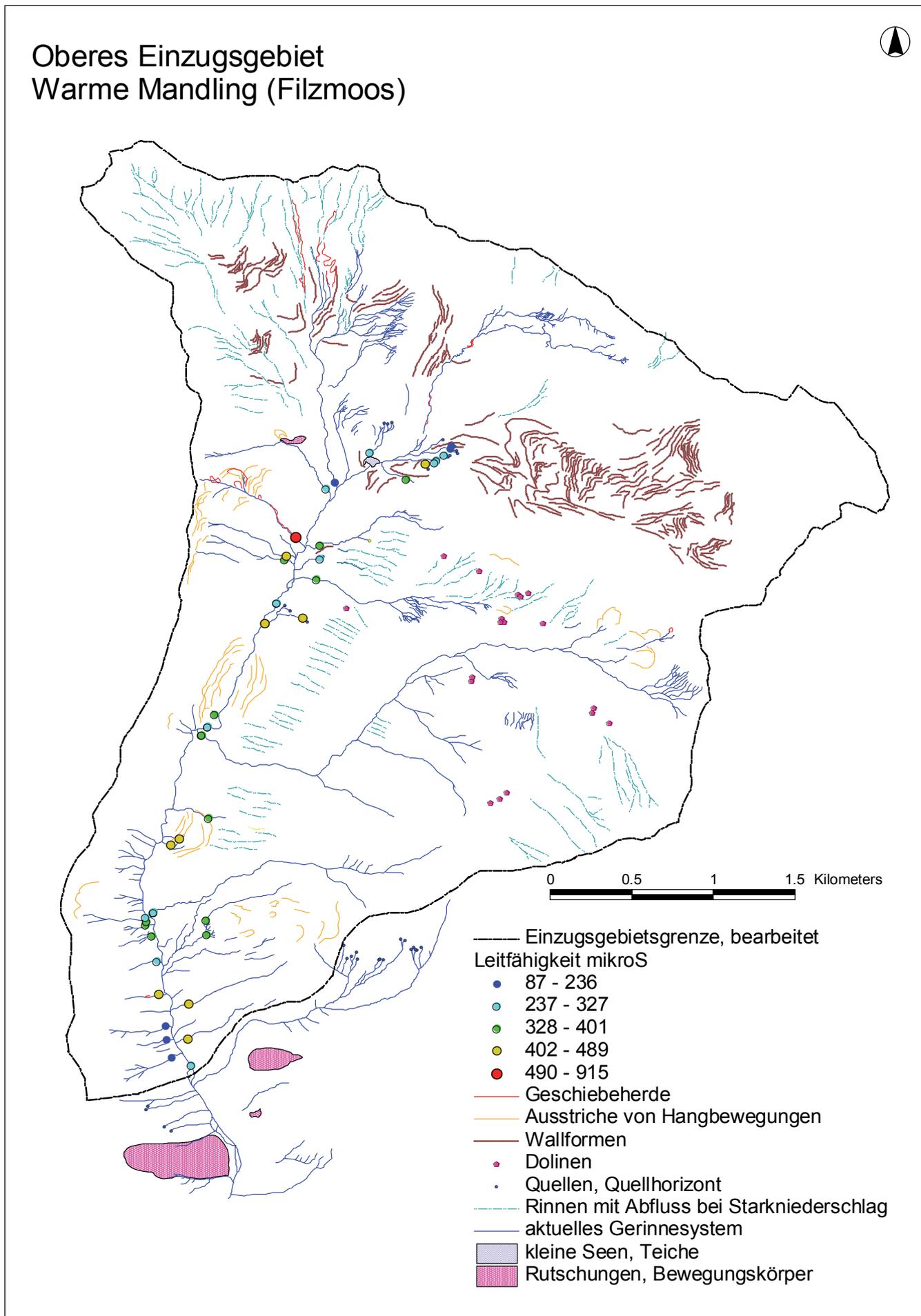
# Enterbach



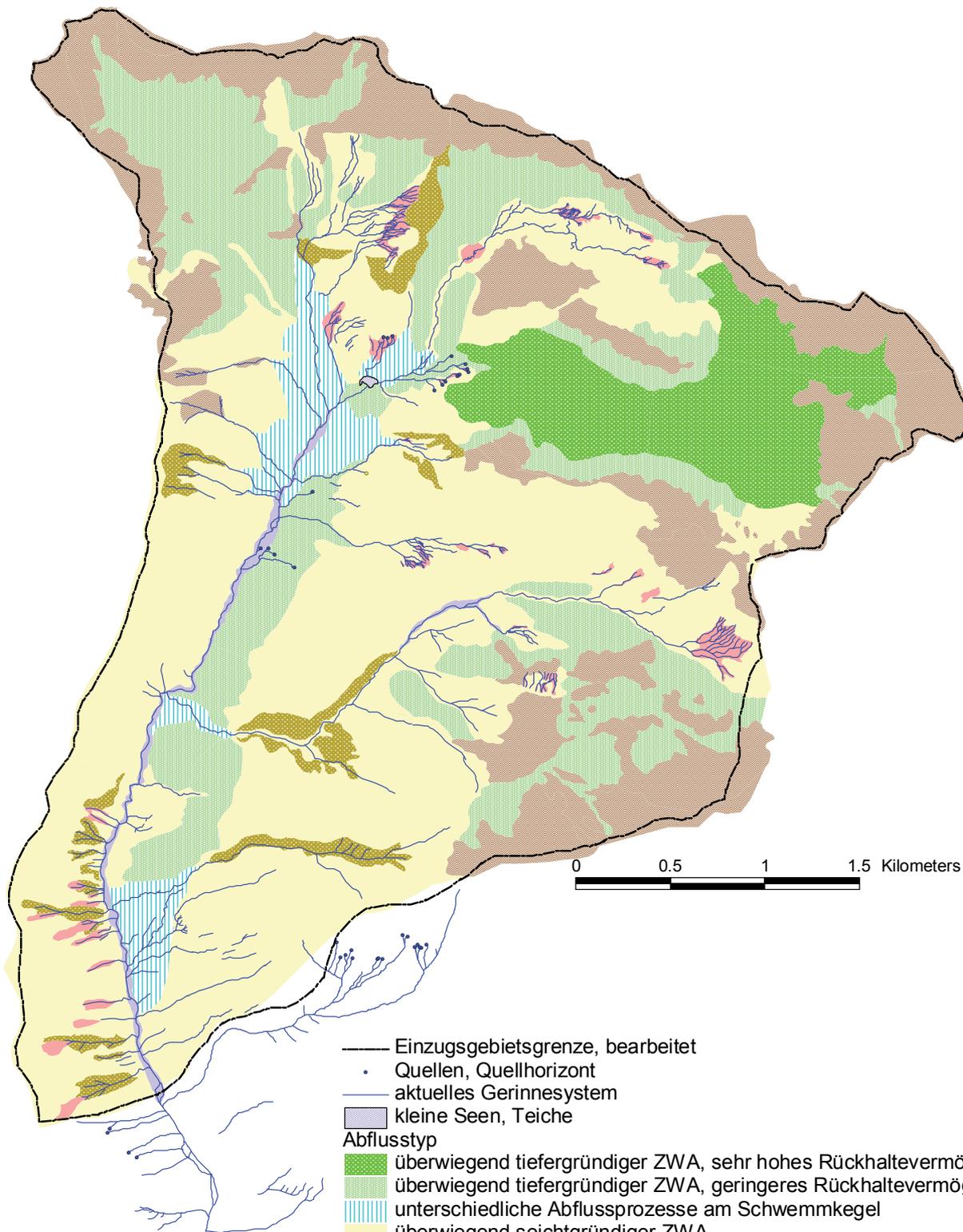
- Grenze Einzugsgebiet
-  kleine Seen und Feuchtfelder
-  Quellen und Quellhorizonte
-  Gerinnesystem, kartiert
-  Güterwege
- untergrundabhängige Abflusstypen
  -  überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss, höheres Rückhaltevermögen
  -  überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss, geringeres Rückhaltevermögen
  -  unterschiedliche Abflussprozesse auf Schwemmkegel
  -  überwiegend seichtgründiger Zwischenabfluss
  -  überwiegend Oberflächenabfluss auf Fels, stark geklüftet
  -  überwiegend Oberflächenabfluss auf Fels, kompakt
  -  überwiegend Oberflächenabfluss auf Feuchtfelder und kleinen Seen
  -  Talalluvionen



Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)		
<b>Beilage 2.6 Warme Mandling / Filzmoos</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> Handbuch zur qualitativen und quantitativen Erfassung untergrundabhängiger Abflüsse in Wildbacheinzugsgebieten / Wildbach- und Lawinenverbauung – Sektion Tirol		
<b>Gebiet:</b> Oberes Einzugsgebiet der Warmen Mandling bei Filzmoos	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> ca. 16	<b>Arbeitsebene (sinnvoller Arbeitsmaßstab):</b> 1:25.000
<b>Zitate:</b> PIRKL, H. & SAUSGRUBER, TH. (2015): Handbuch zur qualitativen und quantitativen Erfassung untergrundabhängiger Abflüsse in Wildbacheinzugsgebieten. – Unveröff. Bericht WLV, Wien/Innsbruck.		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b> Für das „Handbuch“ wurde auch ein kalkalpines Einzugsgebiet ausgewählt, um die Arbeitsmethode an einem konkreten Beispiel spezifisch zu erläutern.  In diesem Einzugsgebiet finden sich sehr unterschiedliche, aber klar beschreibbare hydrogeologische Situationen. Bei Nieder- bis Mittelwasser wird der Hauptbach-Abfluss überwiegend aus Quellen und Quellhorizonten dotiert (abgeleitet aus gezielten Durchflussmessungen). Die Charakterisierung der Quellen mittels Geländemessdaten (Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, Schüttung) erlaubt Aussagen zum jeweiligen Einzugsgebiet.  In den Gebieten mit überwiegend seichtgründigem Zwischenabfluss bestimmt die jeweilige Verteilung der Boden-Vegetationskomplexe und der Landschaftsnutzung die Abflussentstehung bei Starkniederschlägen.		

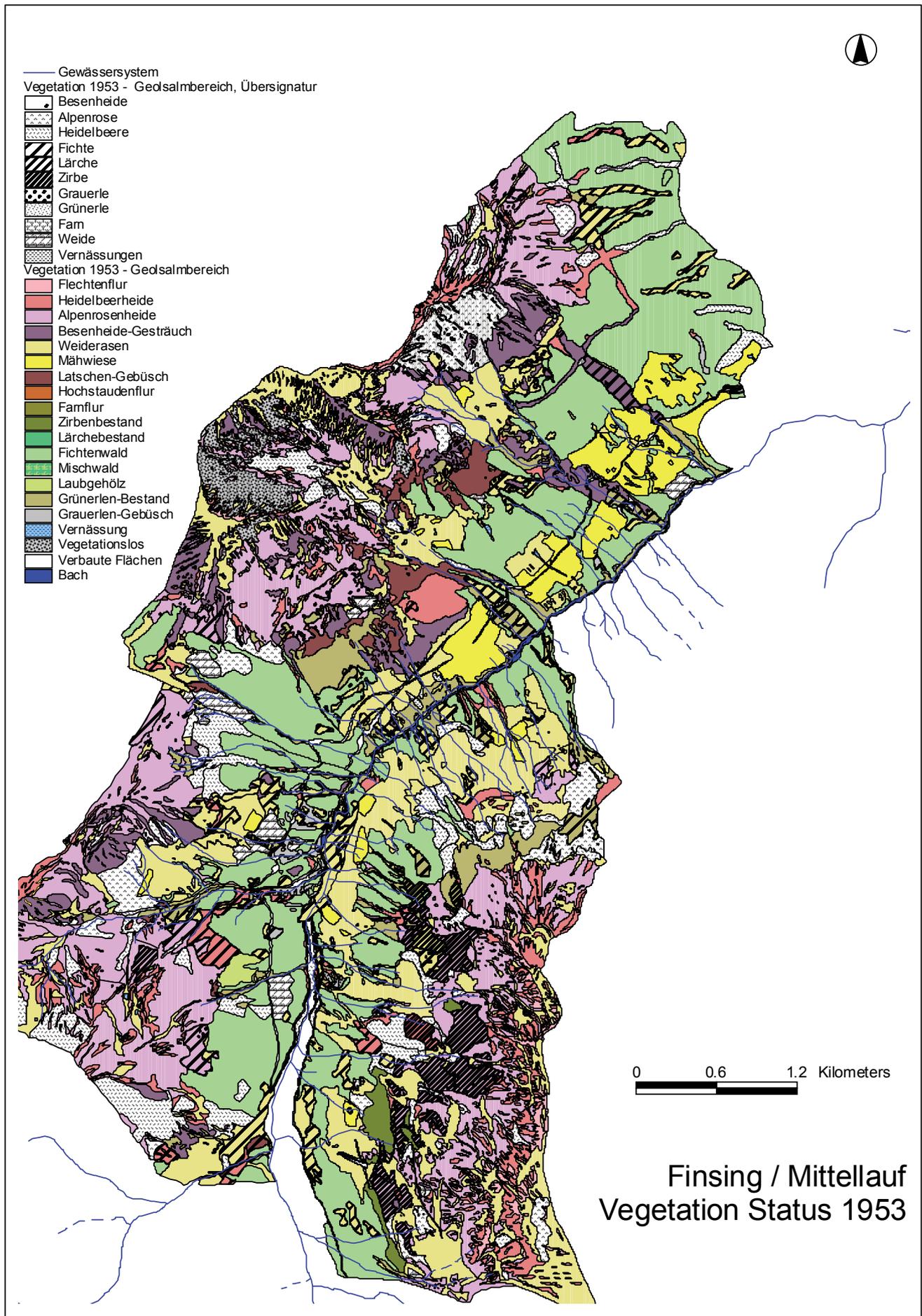


# Oberes Einzugsgebiet Warme Mandling (Filzmoos)



- Einzugsgebietsgrenze, bearbeitet
- Quellen, Quellhorizont
- aktuelles Gerinnesystem
- kleine Seen, Teiche
- Abflusstyp**
- überwiegend tiefergründiger ZWA, sehr hohes Rückhaltevermögen
- überwiegend tiefergründiger ZWA, geringeres Rückhaltevermögen
- unterschiedliche Abflussprozesse am Schwemmkegel
- überwiegend seichtgründiger ZWA
- überwiegend Oberflächenabfluss auf Fels, verkarstet + geklüftet
- überwiegend Oberflächenabfluss auf Fels, geklüftet
- überwiegend Oberflächenabfluss auf Feuchtplätzen (+ kl. Seen)
- Talalluvionen, teilweise unterschiedliche Grundwasserstände

<b>Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)</b>		
<b>Beilage 2.7 Finsing, Geolsalm-Gebiet</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> Kulturlandschaftsforschung / Wissenschaftsministerium & Landwirtschaftsministerium		
<b>Gebiet:</b> Einzugsgebiet des Finsingbaches bei Fügen im Zillertal	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> Ca. 47 (Geolsalmgebiet ca. 4,5)	<b>Arbeitsebene (sinnvoller Arbeitsmaßstab):</b> 1:25.000 (Geolsalmgebiet 1:10.000)
<b>Zitate:</b> <p>KOHL, B., PIKL, H., SOTIER, B. &amp; PERZL, F. (2012): Analyse und Bewertung möglicher hydrologischer Veränderungen durch eine Schigebietserweiterung im Einzugsgebiet Taleggbach-Spieljoch-Geols. – Unveröff. Bericht BFW im Auftrag WLV, Innsbruck.</p> <p>PIRKL, H. [Projekt.] (2000): Absicherung von Kartierungs- und Bewertungsindikatoren des spezifischen Flächenbeitrages zu Schutz- und Wasserhaushaltsregelungsfunktionen in Wildbacheinzugsgebieten typischer alpiner Kulturlandschaften als Basis einer Einzugsgebiets-Management-Planung. Abschlussbericht. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLF und BMWV, Wien.</p> <p>SCHIECHTL, H.M. (1965): Die Vegetationskartierung des Finsingtales (Nordtirol) als Grundlage für die Abflussuntersuchungen und Hochlagenaufforstung. – Mitteilungen d. Forstl. Bundesversuchsanstalt, <b>66</b>, 53-69, Wien.</p> <p>SCHIECHTL, H.M. &amp; STERN, R. (1981): Die Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1:100.000. – Veröffentlichungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, <b>26</b>, 205-210, Wien.</p> <p>SCHIFFER, R. &amp; BURGSTALLER, B. (1996): Die aktuelle Vegetation der Bereiche Geolsalm, Maschentalm und Hundsbach (Finsingtal – Zillertal, Tirol). – Unveröff. Bericht, Salzburg.</p> <p>SCHIFFER, R. &amp; BURGSTALLER, B. (1997): Veränderungen des Landschaftsgefüges zwischen 1953 und 1996 am Beispiel des vorderen Zillertales (zwischen Spieljoch und Großem Gamsstein; Finsingtal – Vorderes Zillertal). – Unveröff. Bericht Projekt 5685 des Jubiläumsfonds der österr. Nationalbank, Salzburg.</p>		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b> <p>Im Rahmen der Kulturlandschaftsforschung lag der Arbeitsschwerpunkt im Bereich des Finsingbacheinzugsgebiets auf Landschaftskartierung, Landschaftsökologie und der hydrologischen Wirksamkeit von Boden-Vegetationseinheiten. Besonders aussagekräftig war dabei das Nachvollziehen älterer Vegetationskartierungen und deren Interpretation, die auf sehr rasche Landschaftsveränderungen schließen lassen. Aufbauend auf diesen inhaltlichen Schwerpunkt wurde die Basis für die Formalisierung der Oberflächenabflussbeiwertkarte gelegt.</p> <p>In den letzten Jahren war es möglich, innerhalb einer Detailstudie den Bereich der Geolsalm noch einmal zu bearbeiten. Dabei konnten auch die Verknüpfungen von Abflussprozessen mit Risiken der Aktivierung tiefgründiger Felsmassenbewegungen dargestellt werden.</p>		



# Finsing / Mittellauf Vegetation Status 1996



— Gewässersystem

Mischwald jung

Fichte jung  
Lärche jung  
Zirbe jung

Vegetation 1996, Übersignatur

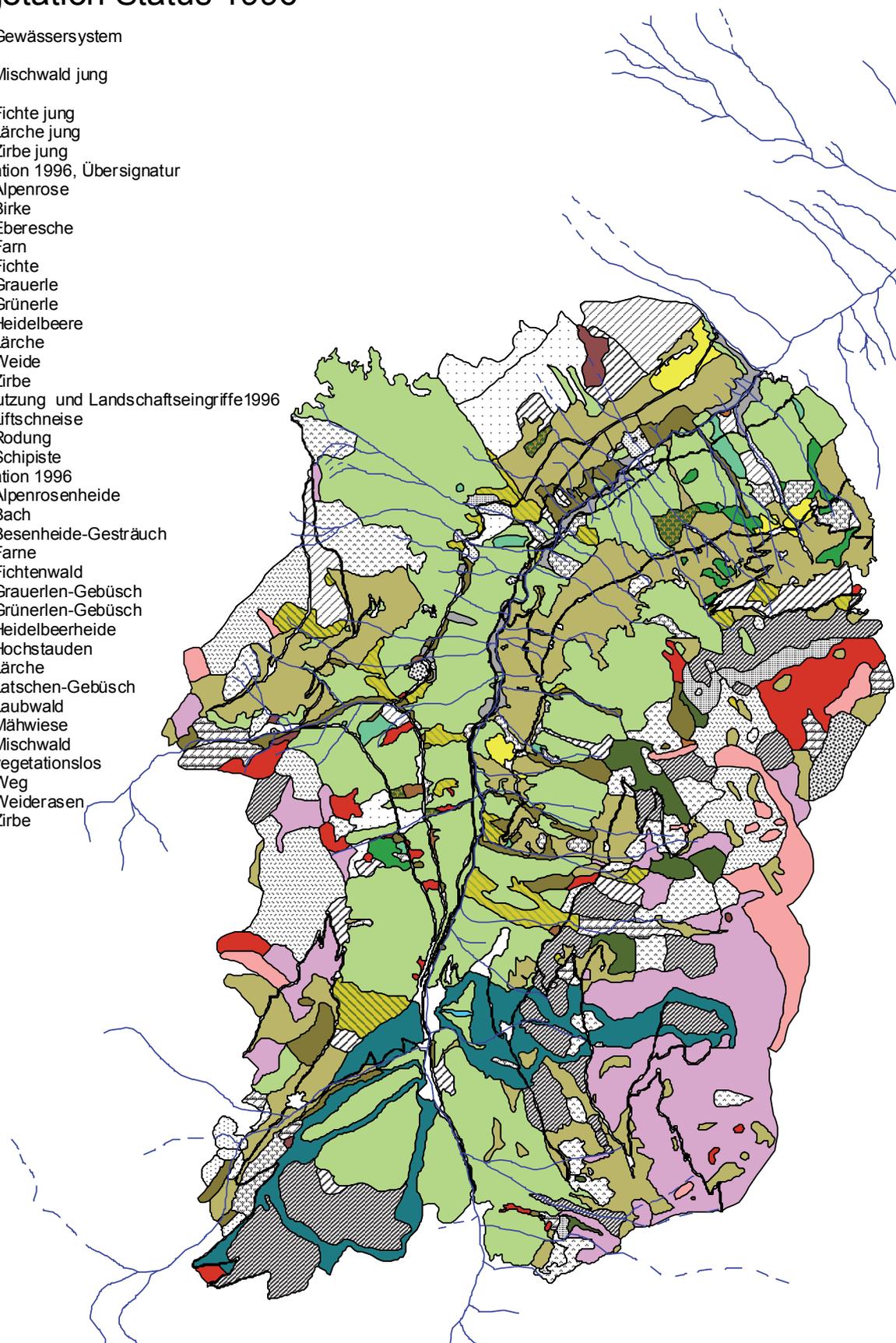
Alpenrose  
Birke  
Eberesche  
Farn  
Fichte  
Grauerle  
Grünerle  
Heidelbeere  
Lärche  
Weide  
Zirbe

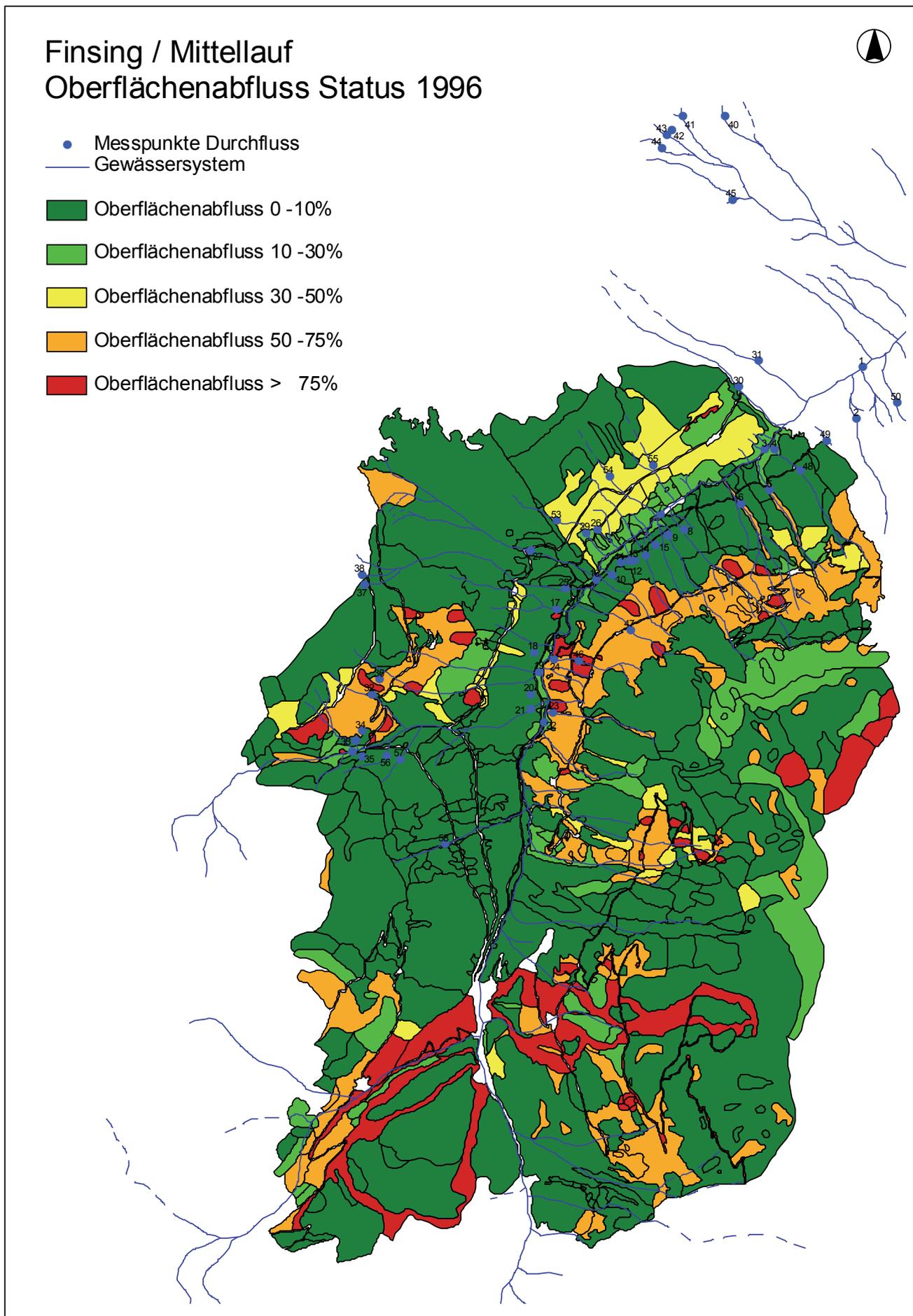
Landnutzung und Landschaftseingriffe 1996

Liftschneise  
Rodung  
Schipiste

Vegetation 1996

Alpenrosenheide  
Bach  
Besenheide-Gesträuch  
Farn  
Fichtenwald  
Grauerlen-Gebüsch  
Grünerlen-Gebüsch  
Heidelbeerheide  
Hochstauden  
Lärche  
Latschen-Gebüsch  
Laubwald  
Mähwiese  
Mischwald  
vegetationslos  
Weg  
Weiderasen  
Zirbe





# Geolsalm / Finsing Vegetation Status 1953

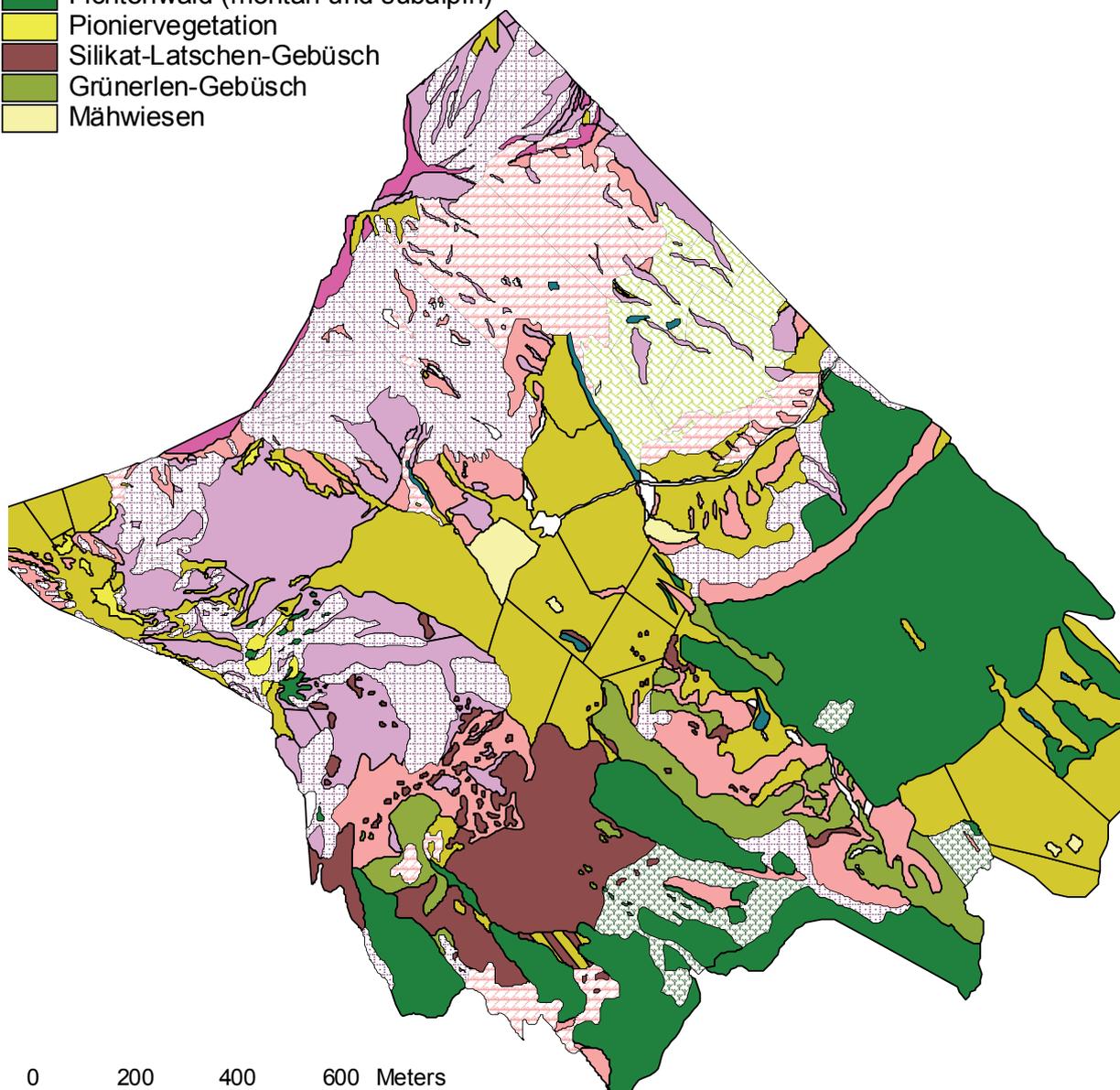


## Geolsalm - Vegetation 1953, Übersignaturen

-  Besenheidenreiche Bestände
-  Heidelbeer- und Rauschbeerreiche Bestände
-  Lärchen- und Fichtenreiche Bestände
-  Bürstlingreiche Bestände

## Geolsalm Vegetation 1953

-  Vegetationslose Flächen
-  Alpenrosen- und Heidelbeerheide
-  Weiderasen
-  Gemsheide-Bestand
-  Besenheide-Gesträuch
-  Vernässungen
-  Fichtenwald (montan und subalpin)
-  Pioniervegetation
-  Silikat-Latschen-Gebüsch
-  Grünerlen-Gebüsch
-  Mähwiesen



0 200 400 600 Meters

# Geolsalm / Finsing Vegetation Status 1996

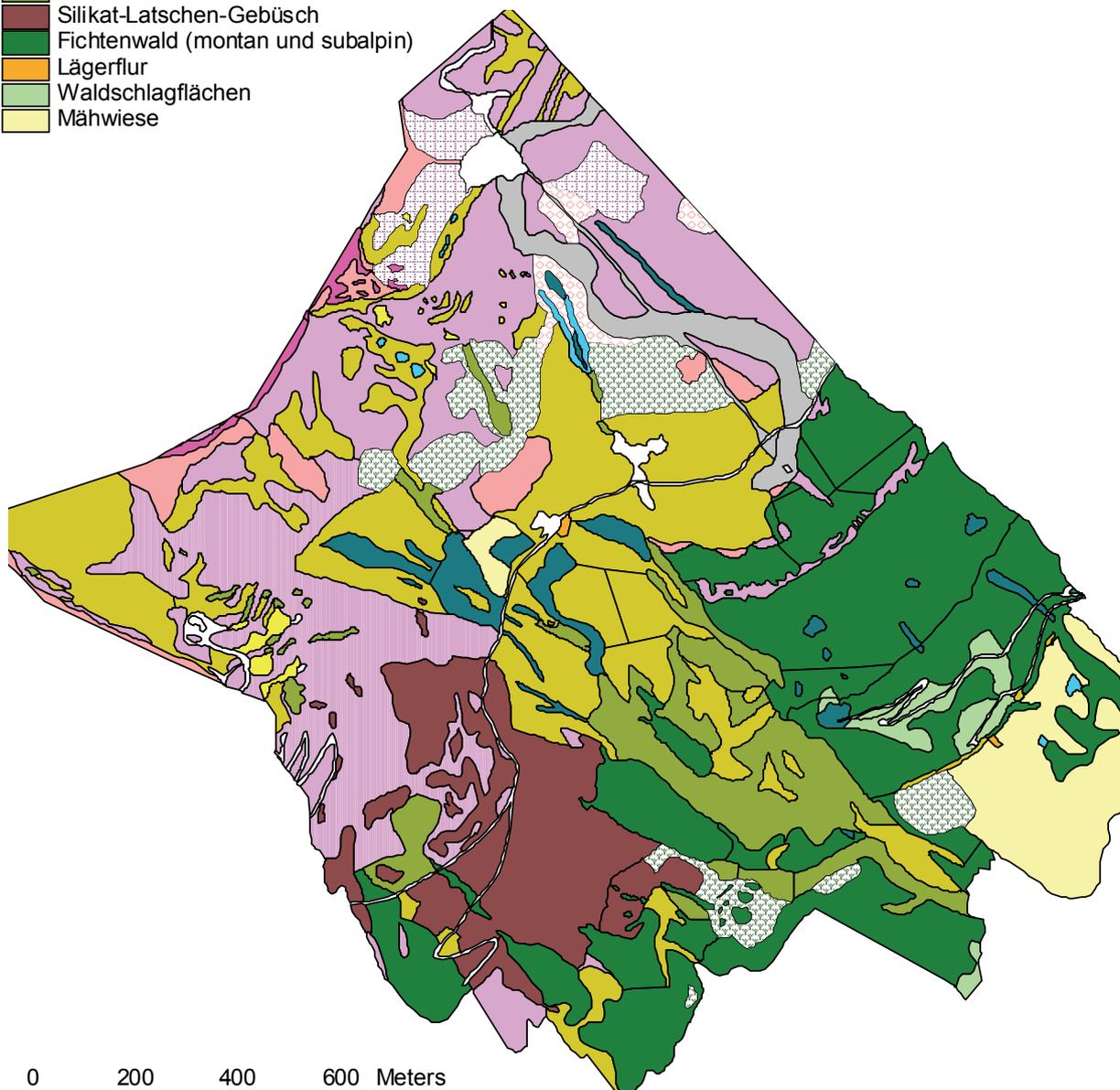


## Geolsalm Vegetation 1996, Übersignatur

- Besenheiderreiche Bestände
- Heidelbeer- und Rauschbeerreiche Bestände
- Lärchen- und Fichtenreiche Bestände

## Geolsalm Vegetation 1996

- Vegetationslose Flächen
- Alpenrosen- und Heidelbeerheide
- Weiderasen
- Schipiste
- Besenheide-Gestrüch
- Pioniervegetation
- Gemsheide-Bestand
- Moore, Bodensauer
- Vernässungen
- Grünerlen-Gebüsch
- Silikat-Latschen-Gebüsch
- Fichtenwald (montan und subalpin)
- Lägerflur
- Waldschlagflächen
- Mähwiese



0 200 400 600 Meters

# Geolsalm / Finsing Bodenkartierung 1996



## Geolsalm Bodentypen

- Eisenpodsole unter Zwergstrauchheiden und Wald
- pseudovergleyte Podsole, Pseudogleypodsole
- Semipodsole unter Wald und Zwergstrauchheiden
- Semipodsole unter Rasen
- pseudovergleyte Semipodsole
- Ranker (mit typischer AC-Ausbildung)
- verbrauchte Ranker
- Podsolranker bzw. enge Verzahnung von Podsolen und Rankern
- Rohböden
- offene Böden (Deckungsgrad der Vegetation <50%)
- Braunerden mit günstigen Humusformen (Mul, moderartiger Mull)
- offene Böden in enger Verzahnung mit Braunerden unter Rasen
- Pseudogleye
- Hangpseudogleye
- Stagnogleye-Vernässungszonen, Anmoore-Anmorgleye
- Niedermoore
- Schwemmböden, überschüttete Böden (Muren, Bautätigkeit,...)
- stehende Gewässer
- Moderbraunerden unter Weiderasen bzw. Weiderasen mit Zwergstrauchanteil <50%
- stark podsolige (Moder) Braunerden unter Weiderasen bzw. Weiderasen mit Zwergstrauchanteil <50%
- stark podsolige Moderbraunerden unter Wald bzw. Zwergstrauchheide
- pseudovergleyte, podsolige Braunerde unter Rasen
- pseudovergleyte, podsolige Braunerde unter Wald bzw. Zwergstrauchheide
- Raseneisenhumuspodsole
- Raseneisenpodsole
- Eisenhumuspodsole unter Zwergstrauchheiden und Wald



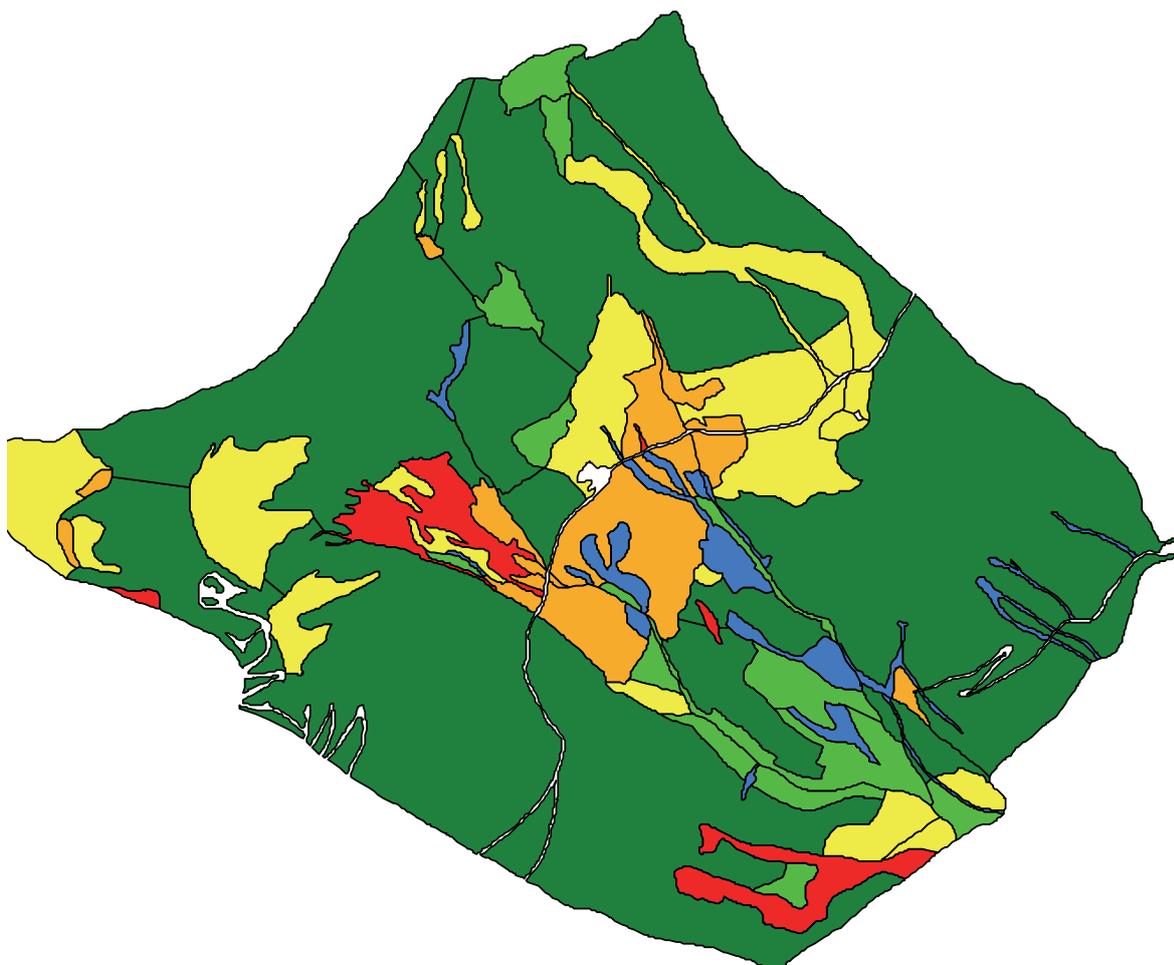
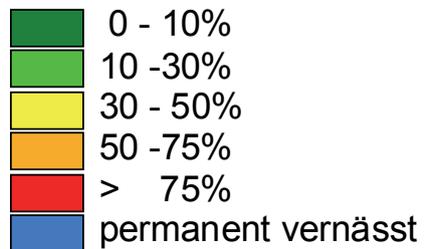
0 200 400 600 Meters



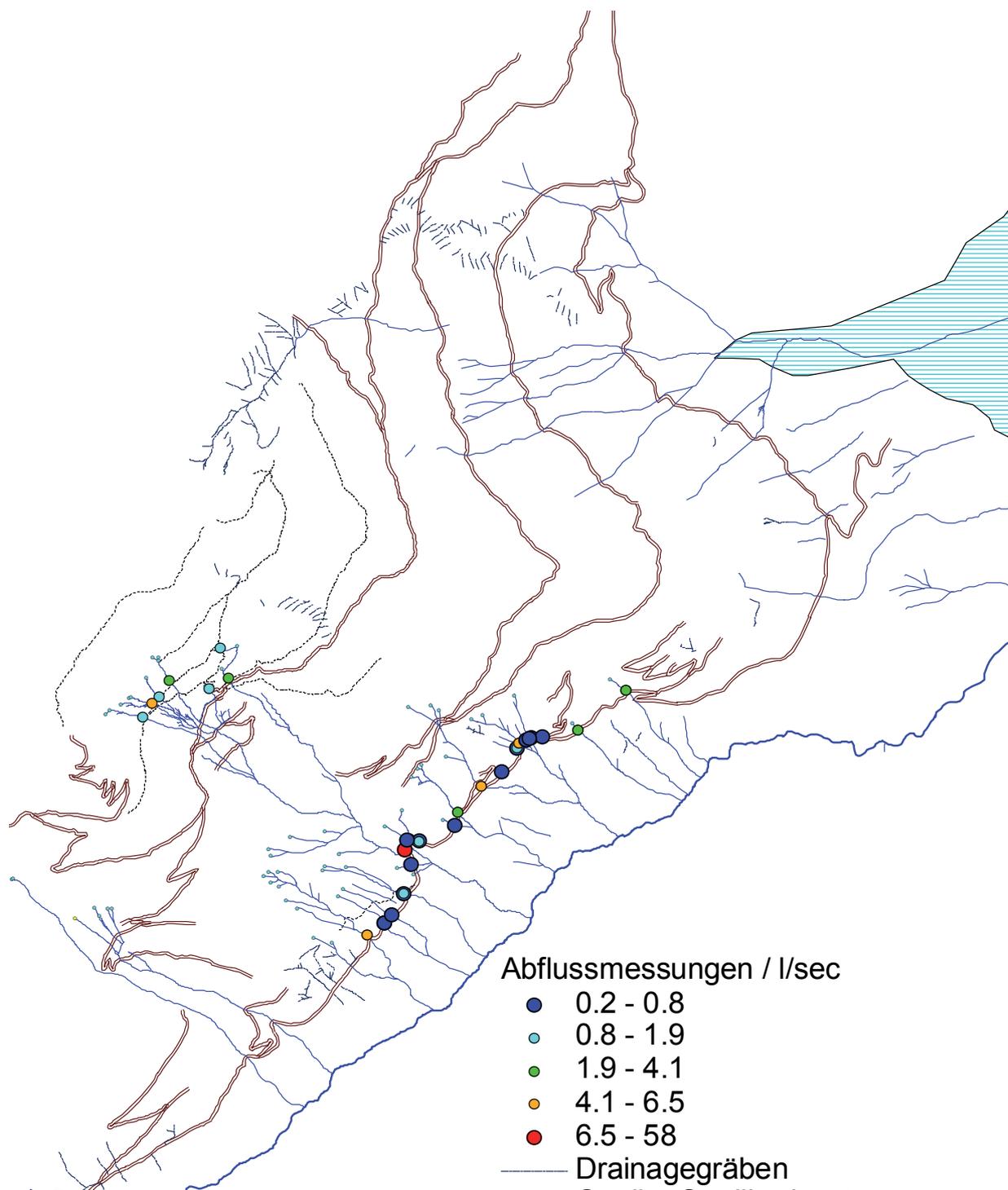
# Geolsalm / Finsing Oberflächenabfluss Status 1996



## Geolsalm Abflussentwicklung



# Geolsalm-Gebiet (Finsing)



### Abflussmessungen / l/sec

- 0.2 - 0.8
- 0.8 - 1.9
- 1.9 - 4.1
- 4.1 - 6.5
- 6.5 - 58

- Drainagegräben
- Quelle, Quellhorizont
- Gerinne, aktuelles Abflusssystem
- Pfad, Weg
- Güterwege und Straßen
- Finsing
- ▨ Schwemmkegel

0 0.5 1 1.5 Kilometers

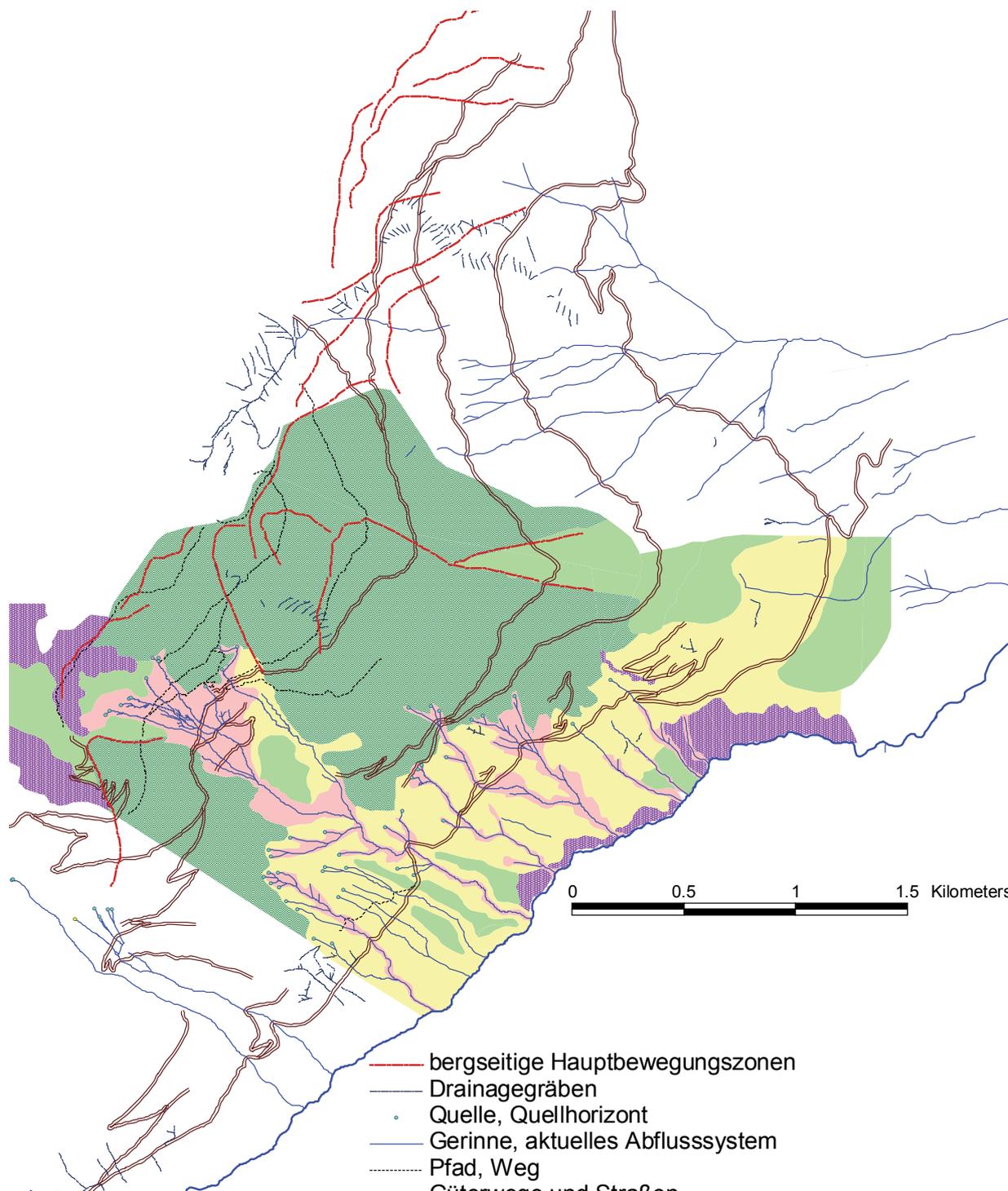
# Geolsalm-Gebiet (Finsing)



0 0.5 1 1.5 Kilometers

- bergseitige Hauptbewegungszone
- Grabenerosion
- mögliche aktive Bewegungen
- Rutschungen, aktuell
- Internstrukturen Hangbewegungen
- Drainagegräben
- Quelle, Quellhorizont
- Gerinne, aktuelles Abflusssystem
- Pfad, Weg
- Güterwege und Straßen
- Finsing

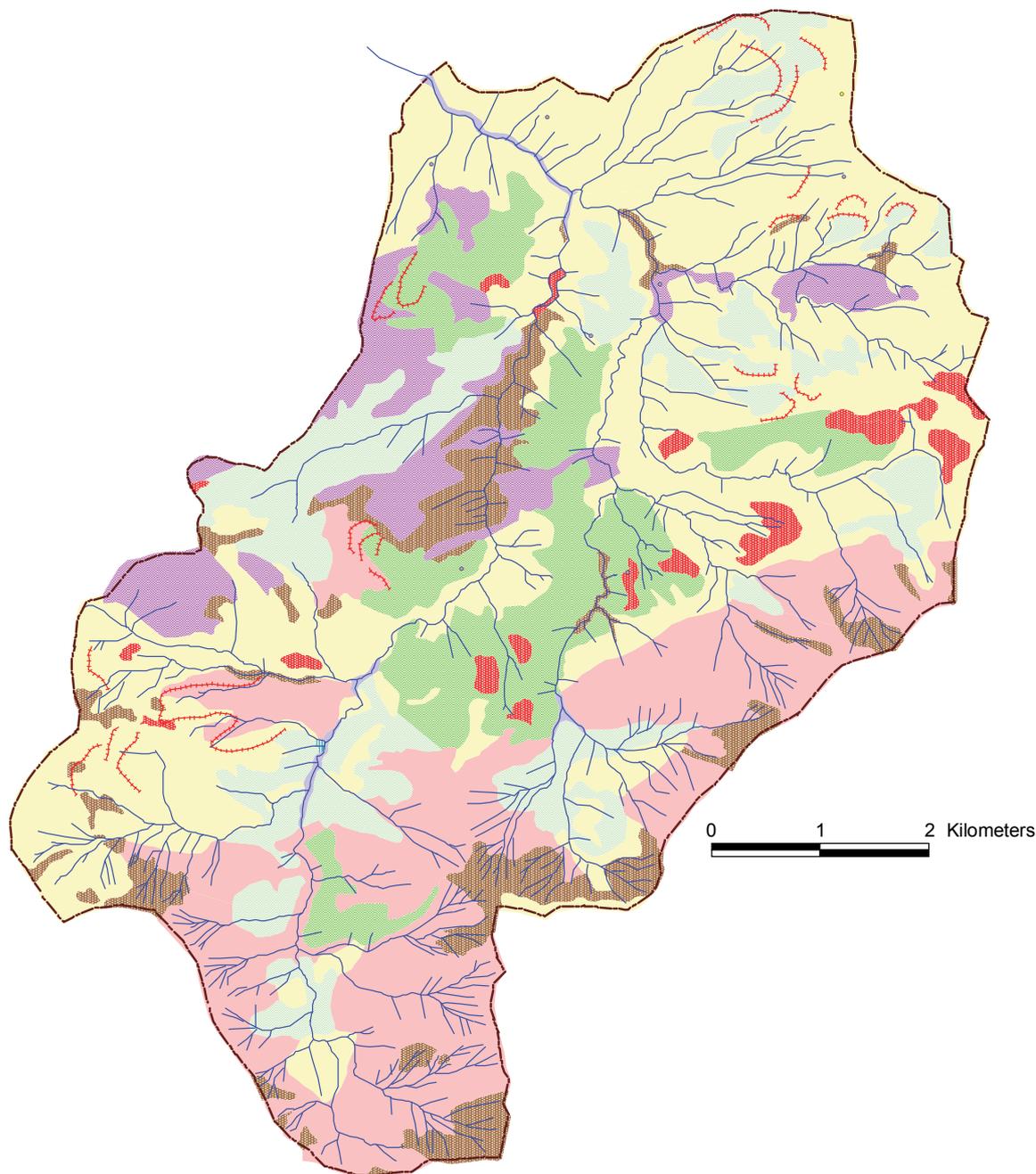
# Geolsalm-Gebiet (Finsing)



- bergseitige Hauptbewegungszone
- Drainagegräben
- Quelle, Quellhorizont
- Gerinne, aktuelles Abflusssystem
- ..... Pfad, Weg
- Güterwege und Straßen
- Finsing
- untergrundabhängige Abflusstypen
- überwiegend tiefgründiger Abfluss
- überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss
- überwiegend seichtgründiger Zwischenabfluss
- seichtgründiger Zwischenabfluss und Oberflächenabfluss
- überwiegend Oberflächenabfluss auf Fels

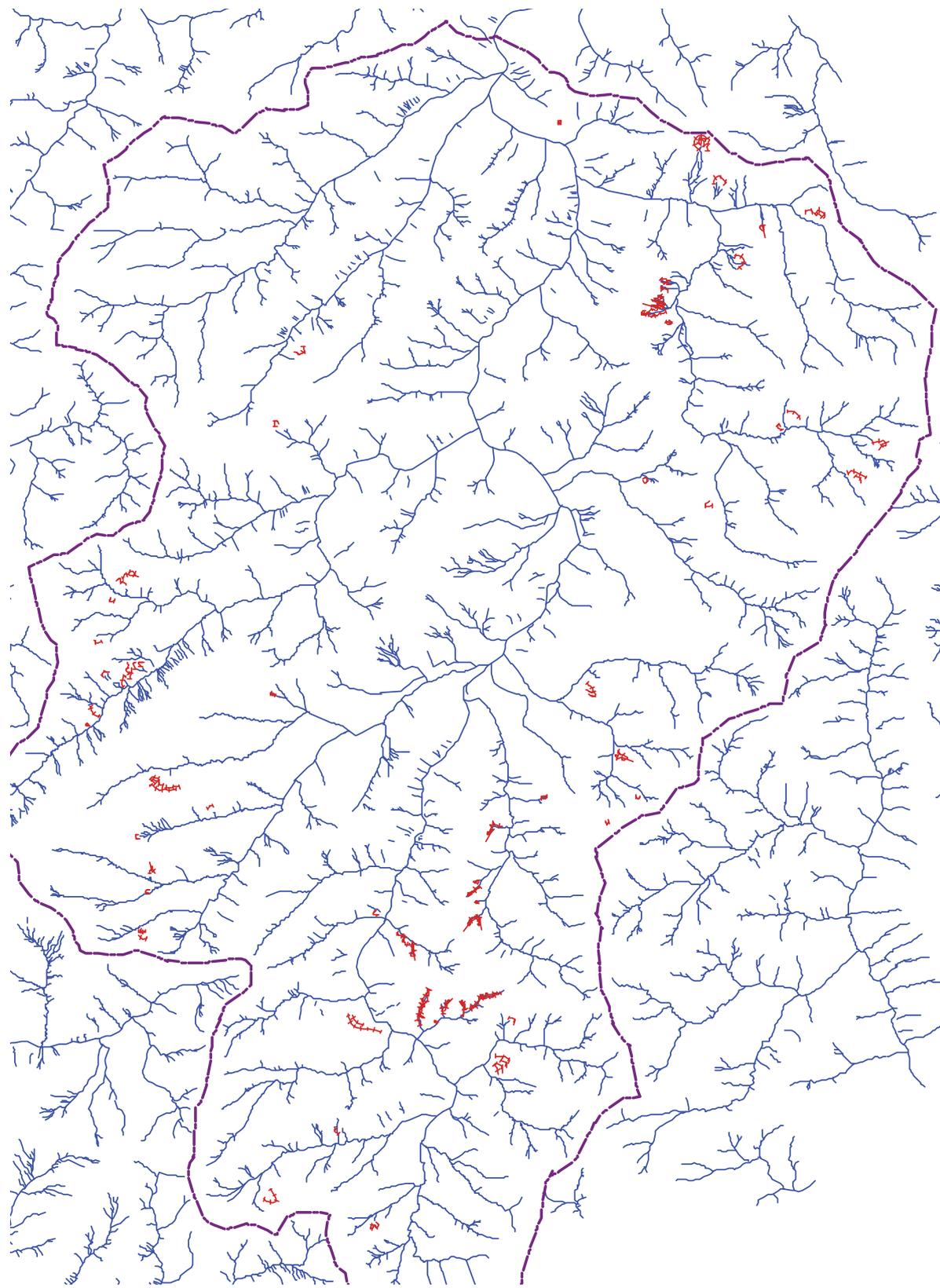
<b>Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)</b>		
<b>Beilage 2.8 Dornbirner Ache</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> FWF-Projekt „A dominant processes framework of hydrological modelling across scales“ / Ingenieurhydrologie TU Wien		
<b>Gebiet:</b> Einzugsgebiet der Dornbirner Ache	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> ca. 51	<b>Arbeitsebene (sinnvoller Arbeitsmaßstab):</b> 1:25.000
<b>Zitate:</b> PIRKL, H. (2014): Unterstützung der Weiterentwicklung modularer N/A-Modelle über Schnittstellen zwischen Hydrogeologie und Hydrologie an Hand ausgewählter Einzugsgebiete (im Rahmen FWF-Projekt „A dominant processes framework of hydrological modelling across scales“). – Unveröff. Bericht im Auftrag Ingenieurhydrologie TU Wien, Wien		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b> Im Rahmen des noch laufenden Forschungsprojekts soll die Frage geklärt werden, in welchen Landschaftseinheiten Österreichs der geologische Untergrund bei der Hochwasserabflussentstehung (mit-) bestimmend ist. Zur Klärung dieser Frage wurden sechs sehr unterschiedliche Einzugsgebiete mit sehr unterschiedlicher Charakteristik ausgewählt (Dornbirner Ache, Tauernbach, Gail-Oberlauf bis Maria Luggau, Wimitzbach, Zöbernach, Perschling). Auf der Basis der jeweiligen Karte der untergrundabhängigen Abflusstypen wird die Speicher-konfiguration für die jeweilige N/A-Modellierung ausgewählt.  Das Einzugsgebiet der Dornbirner Ache steht dabei für ein alpines Einzugsgebiet mit hohen Jahresniederschlagsmengen und häufigen konvektiven Starkniederschlägen hoher Intensität.  Die Projektbearbeitung ist noch nicht abgeschlossen.		

# Dornbirnerache



- Umgrenzung Einzugsgebiet Dornbirnerache
- Quellen ÖK50; Dornbirnerache-Einzugsgebiet
- Gewässer, Dornbirnerache-Einzugsgebiet
- Ausstriche von Massenbewegungen
- untergrundabhängige Abflussprozesse
- überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss; höheres Rückhaltevermögen
- überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss; geringeres Rückhaltevermögen
- Schwemmkegel; unterschiedliche Abflussprozesse
- überwiegend seichtgründiger Zwischenabfluss
- überwiegend seichtgründiger Zwischenabfluss, Tendenz zu Oberflächenabfluss
- überwiegend Oberflächenabfluss auf Fels + Verkarstungspotential, geklüftet
- überwiegend Oberflächenabfluss auf Fels, geklüftet
- überwiegend Oberflächenabfluss auf Feuchtfächen (und Seen)
- Talalluvionen

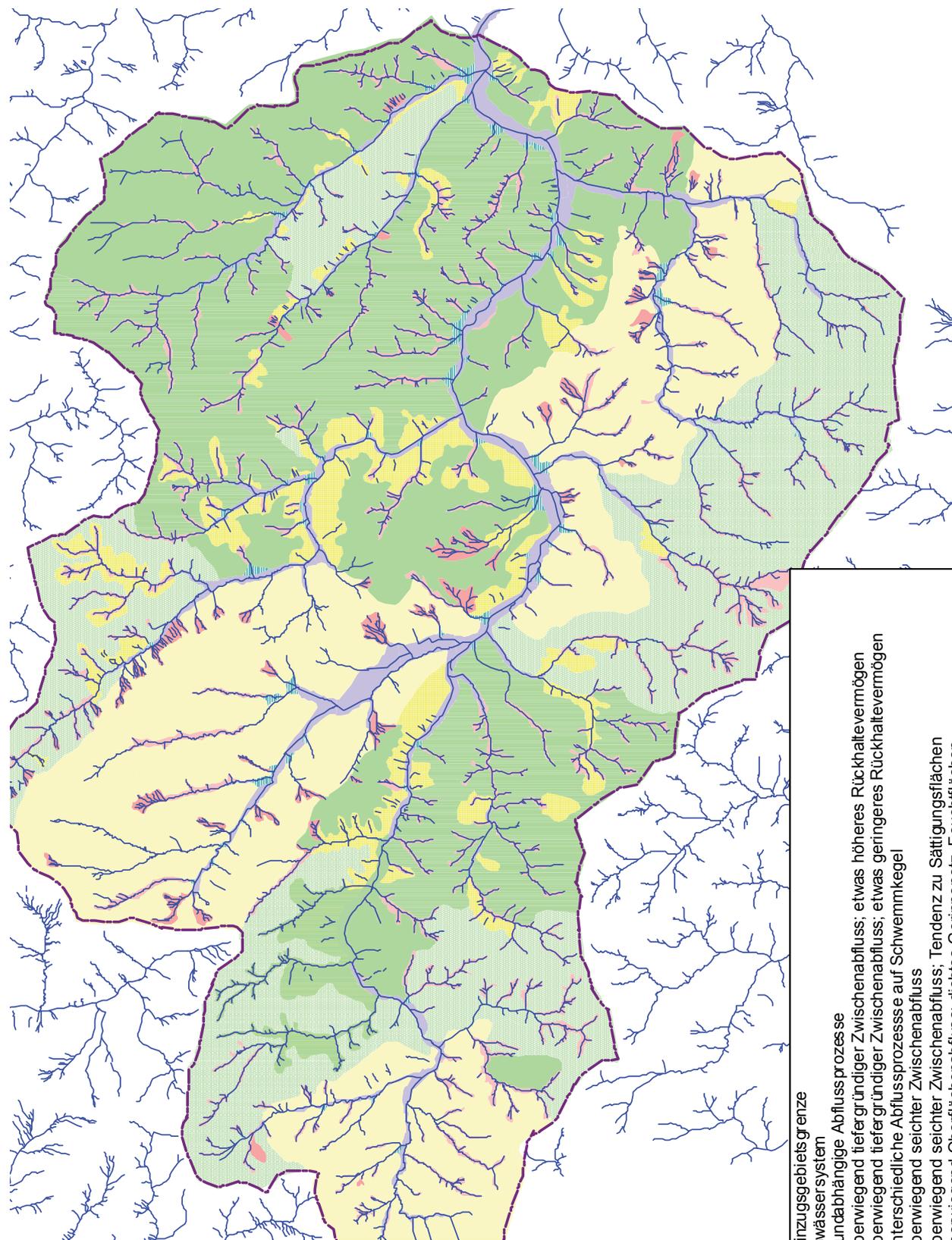
<b>Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)</b>		
<b>Beilage 2.9 Zöbernbach</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> FWF-Projekt „A dominant processes framework of hydrological modelling across scales / Ingenieurhydrologie TU Wien		
<b>Gebiet:</b> Einzugsgebiet des Zöbernba- ches bis Pegel Kirchschatz	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> ca. 114	<b>Arbeitsebene (sinnvoller Ar- beitsmaßstab):</b> 1:25.000
<b>Zitate:</b> PIRKL, H. (2014): Unterstützung der Weiterentwicklung modularer N/A-Modelle über Schnittstellen zwischen Hydrogeologie und Hydrologie an Hand ausgewählter Einzugsgebiete (im Rahmen FWF-Projekt „A dominant processes framework of hydrological modelling across scales“). – Unveröff. Bericht im Auftrag Ingenieurhydrologie TU Wien, Wien.		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b> Im Rahmen des noch laufenden Forschungsprojekts soll die Frage geklärt werden, in welchen Landschaftseinheiten Österreichs der geologische Untergrund bei der Hochwasserabflussentstehung (mit-) bestimmend ist. Zur Klärung dieser Frage wurden sechs sehr unterschiedliche Einzugsgebiete mit sehr unterschiedlicher Charakteristik ausgewählt (Dornbirner Ache, Tauernbach, Gail-Oberlauf bis Maria Luggau, Wimitzbach, Zöbernbach, Perschling). Auf der Basis der jeweiligen Karte der untergrundabhängigen Abflusstypen wird die Speicher-konfiguration für die jeweilige N/A-Modellierung ausgewählt.  Das Einzugsgebiet des Zöbernba-ches steht für die Bereiche außerhalb der flächenhaften Vergletsche- rung in den Eiszeiten mit der spezifischen Niederschlagscharakteristik am Alpenostrand.  Die Projektbearbeitung ist noch nicht abgeschlossen		



-  Einzugsgebietsgrenze
-  Rutschungsnischen, Hinweise auf Rutschungen (auch tefergr. Massenbewegungen?)
-  Gwässersystem

# Zöbernbach

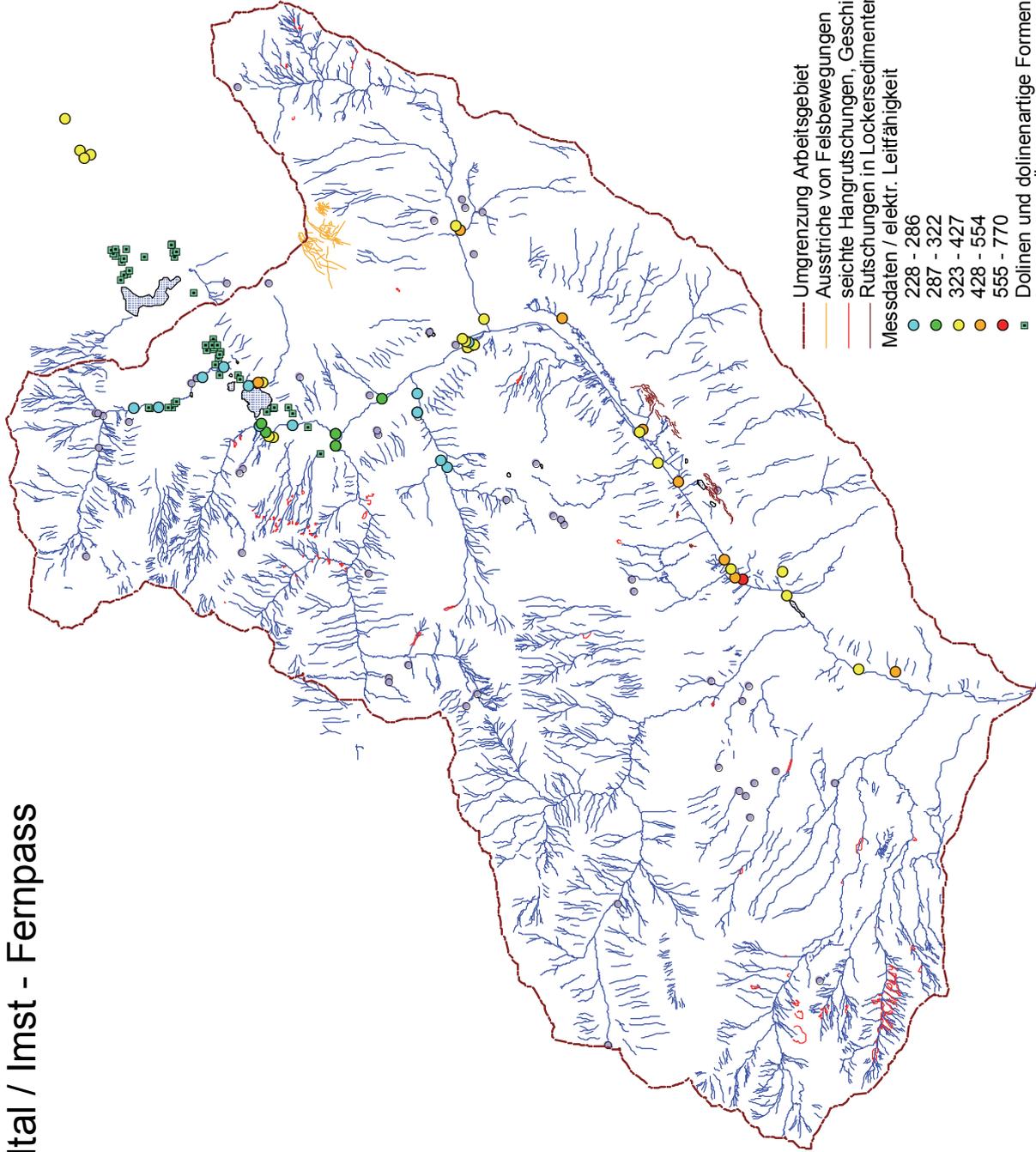
# Zöbernbach



- Einzugsgebietsgrenze
- Gwässersystem
- untergrundabhängige Abflussprozesse
- überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss; etwas höheres Rückhaltevermögen
- überwiegend tiefergründiger Zwischenabfluss; etwas geringeres Rückhaltevermögen
- unterschiedliche Abflussprozesse auf Schwermkegel
- überwiegend seichter Zwischenabfluss
- überwiegend seichter Zwischenabfluss; Tendenz zu Sättigungsflächen
- überwiegend Oberflächenabfluss; dichtes Gerinnenetz; Feuchflächen
- überwiegend Oberflächenabfluss auf direkten Bacheinhängen; Erosionstendenz
- Talalluvionen

<b>Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)</b>		
<b>Beilage 2.10 Gurgltal / Imst</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> Eigenbearbeitung		
<b>Gebiet:</b> Einzugsgebiet des Gurglbaches (Imst-Fernpass)	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> ca. 165	<b>Arbeitsebene (sinnvoller Arbeitsmaßstab):</b> 1:25.000
<b>Zitate:</b> PIRKL, H. (2015a): Gurgltaleinzugsgebiet, vorläufige Auswertungshinweise. – Unveröff. Bericht, Wien.		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b> Das Einzugsgebiet des Gurglbaches ist ein kalkalpines Beispiel mit mehreren hydrogeologischen „Komplikationen“ für die Charakterisierung des Hochwasserabflusses: + ausgedehnte Teileinzugsgebiete mit Wildbachcharakteristik + große Bergsturzareale mit Versickerungen und Wiederaustritt + starke Karstwasserzutritte im Mittellauf + zum Teil diffuser Zutritt von Hangwässern in Richtung Vorfluter		

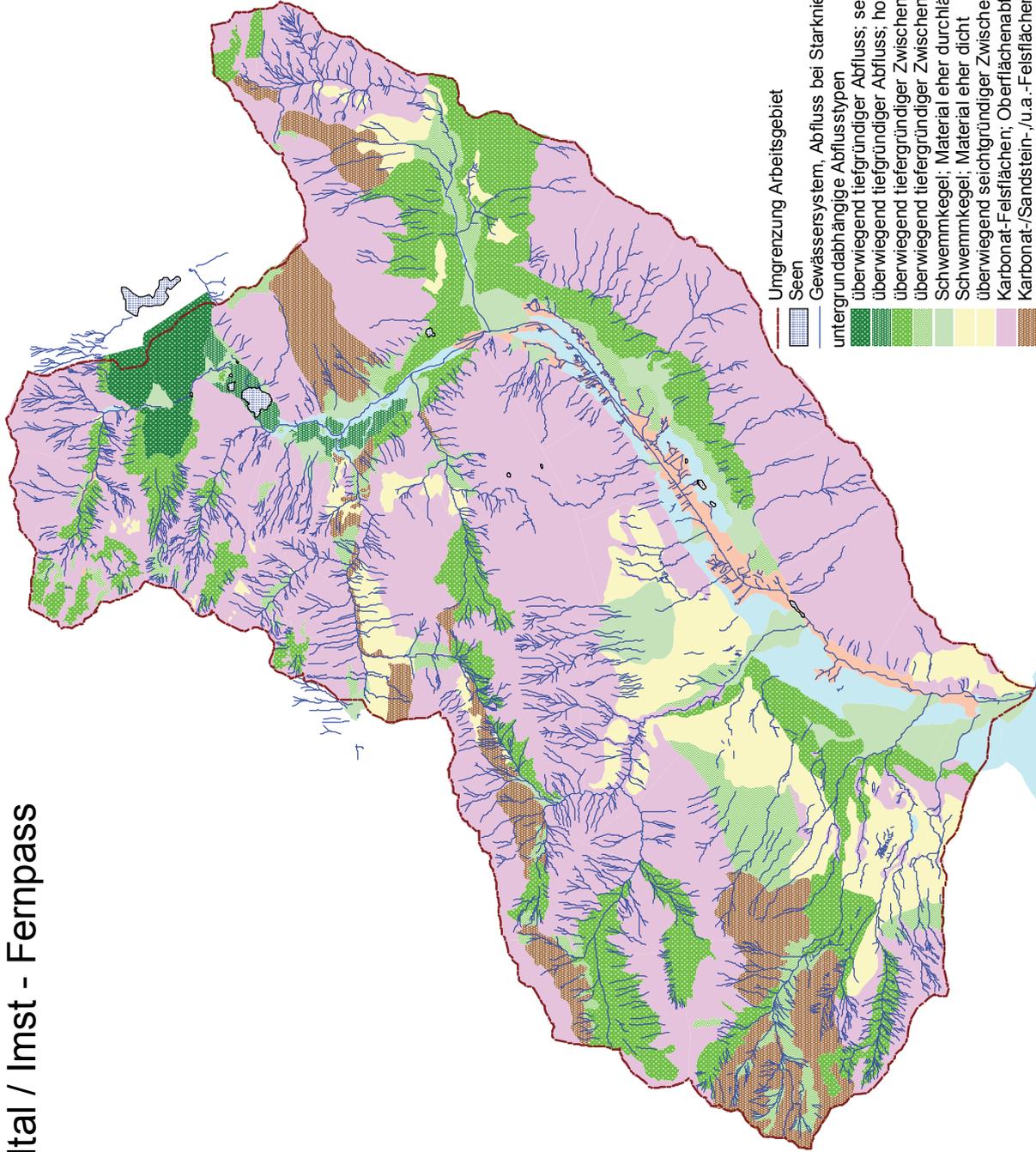
# Gurgital / Imst - Fernpass



- Umgrenzung Arbeitsgebiet
- Ausstriche von Felsbewegungen
- seichte Hangrutschungen, Geschiebeherde; frische Bergsturzrischen
- Rutschungen in Lockersedimenten
- Messdaten / elektr. Leitfähigkeit
- 228 - 286
- 287 - 322
- 323 - 427
- 428 - 554
- 555 - 770
- Dolinen und dolinenartige Formen
- Quellen (aus ÖK), Gelände und WIS
- Seen
- Gewässersystem, Abfluss bei Starkniederschlag



# Gurgital / Imst - Fernpass

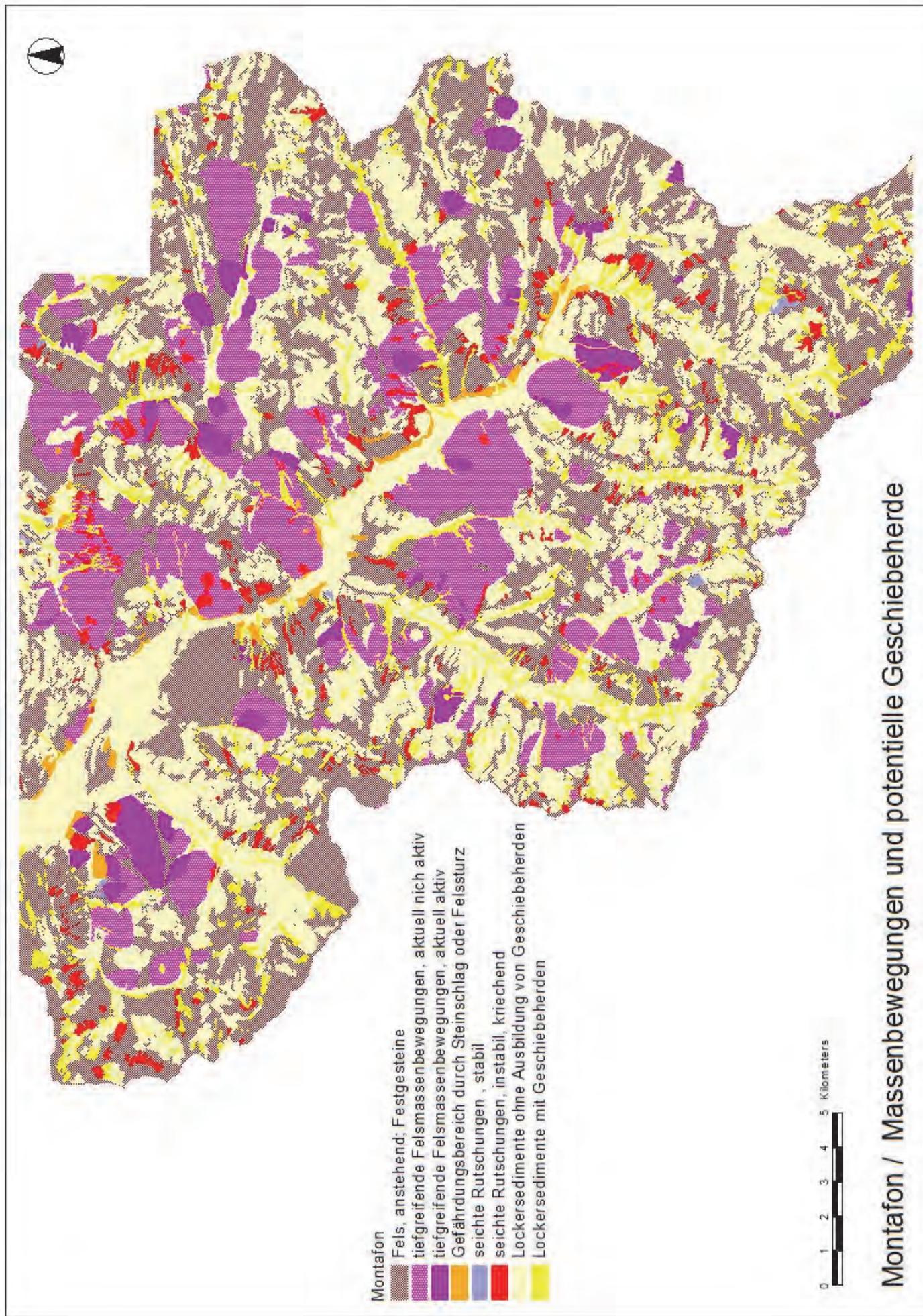


## Umgrenzung Arbeitsgebiet

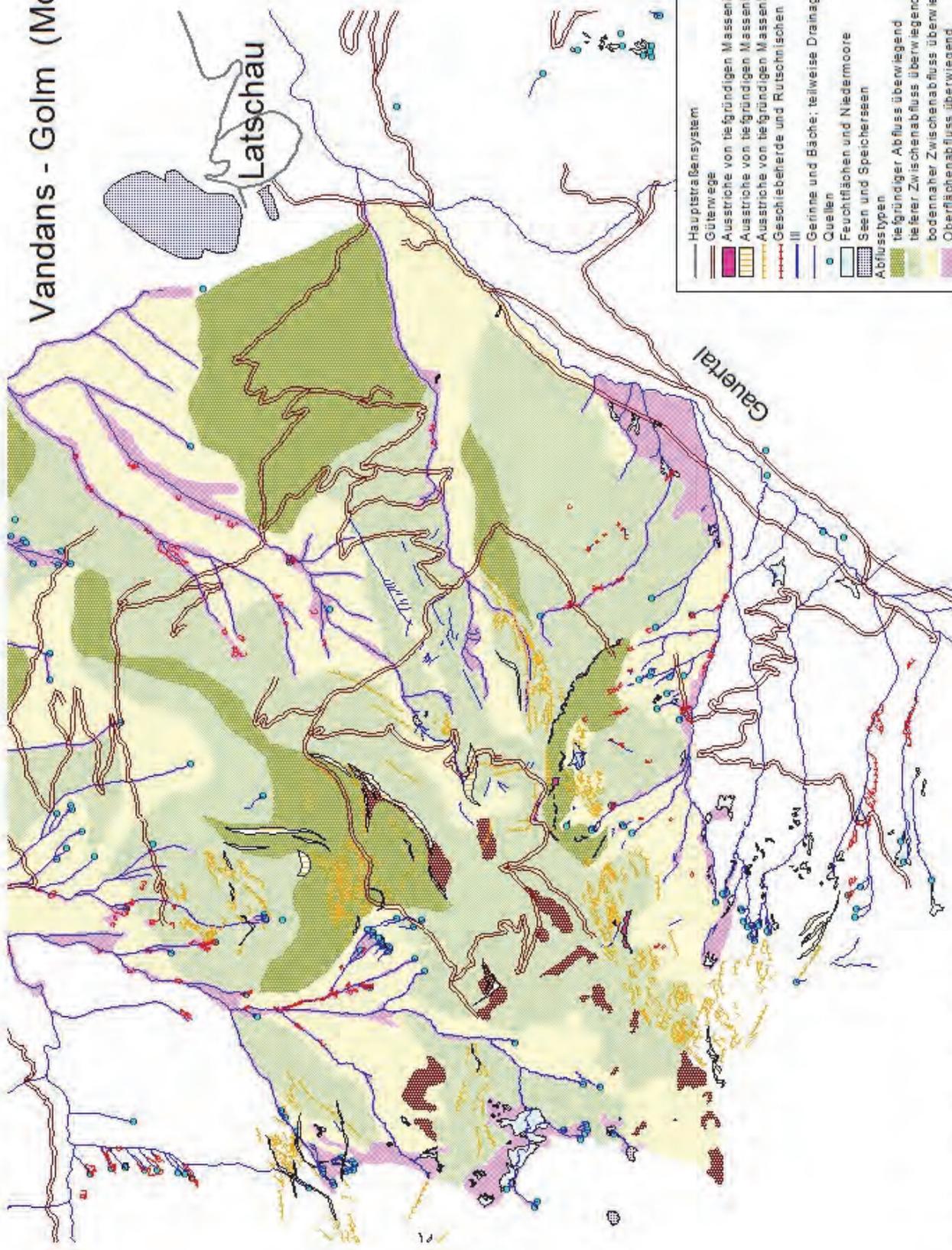
- Umgrenzung Arbeitsgebiet
- Seen
- Gewässersystem, Abfluss bei Starkniederschlag
- untergrundabhängige Abflusstypen
- überwiegend tieferündiger Abfluss; sehr hohes Rückhaltevermögen
- überwiegend tieferündiger Abfluss; hohes Rückhaltevermögen
- überwiegend tieferündiger Zwischenabfluss; höheres Rückhaltevermögen
- überwiegend tieferündiger Zwischenabfluss; geringeres Rückhaltevermögen
- Schwemmkegel; Material eher durchlässig
- Schwemmkegel; Material eher dicht
- überwiegend seichtündiger Zwischenabfluss
- Karbonat-Felsflächen; Oberflächenabfluss + Verkarstung
- Karbonat-/Sandstein-/u.a.-Felsflächen; überwiegend Oberflächenabfluss
- Talverfüllung und Terrassenkörper; Material eher durchlässig
- Talverfüllung; Material eher dicht, Neigung zu Sättigungsflächen
- keine Information



<b>Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)</b>		
<b>Beilage 2.11 Montafon</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> Georischen Montafon / Wildbach- und Lawinenverbauung – Sektion Vorarlberg		
<b>Gebiet:</b> Einzugsgebiet Oberlauf der III bis Talausgang bei Lorüns	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> ca. 460	<b>Arbeitsebene (sinnvoller Arbeitsmaßstab):</b> 1:25.000
<b>Zitate:</b> BERTLE, H., MÄHR, L. & PIRKL, H. (1995): Flächenhafte Darstellung von Georischen des Montafons auf Basis einer Luftbildauswertung. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLF, Schruns.  MARKART, G., PIRKL, H., KOHL, B., REITERER, A. & MOTSCHKA, K. (2005): Vom Hubschrauber aus Daten für die Naturraumanalyse erhalten. – BFW Praxis Information, <b>8</b> , 23-24, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien.  PIRKL, H. (2004): Abflussverhalten alpiner Landschaftseinheiten – Vergleiche von Messmethoden der Bodenfeuchte am Beispiel Golmerhang/Tschagguns. – Unveröff. Bericht im Auftrag FTD für WLW / Sektion Vorarlberg, Wien.  PIRKL, H., MARKART, G. & KOHL, B. (2005): Hubschrauber-geophysik-Messgebiet Vandans-Tschagguns. Auswertung von Abfluss- und Massenbewegungsprozessen. – Unveröff. Bericht im Auftrag FTD für WLW / Sektion Vorarlberg, Wien/Innsbruck.		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b>  Systematische und flächendeckende Auswertung von Massenbewegungen und der Verteilung von Lockersedimentkörpern auf der Grundlage des IR-Luftbildmaterials für das Montafon (Stand 1995).  In einem Teilbereich (Tschagguns-Golm) wurde auf dieser Grundlage aufgebaut und mittels Geländeaufnahmen (hydrogeologisch-geomorphologische Kartierung) die Abfluss- und Massenbewegungsprozesse beschrieben. Letztere Arbeit war Basis für die Interpretation von hubschrauber-geophysikalischen Messdaten aus diesem Gebiet.		



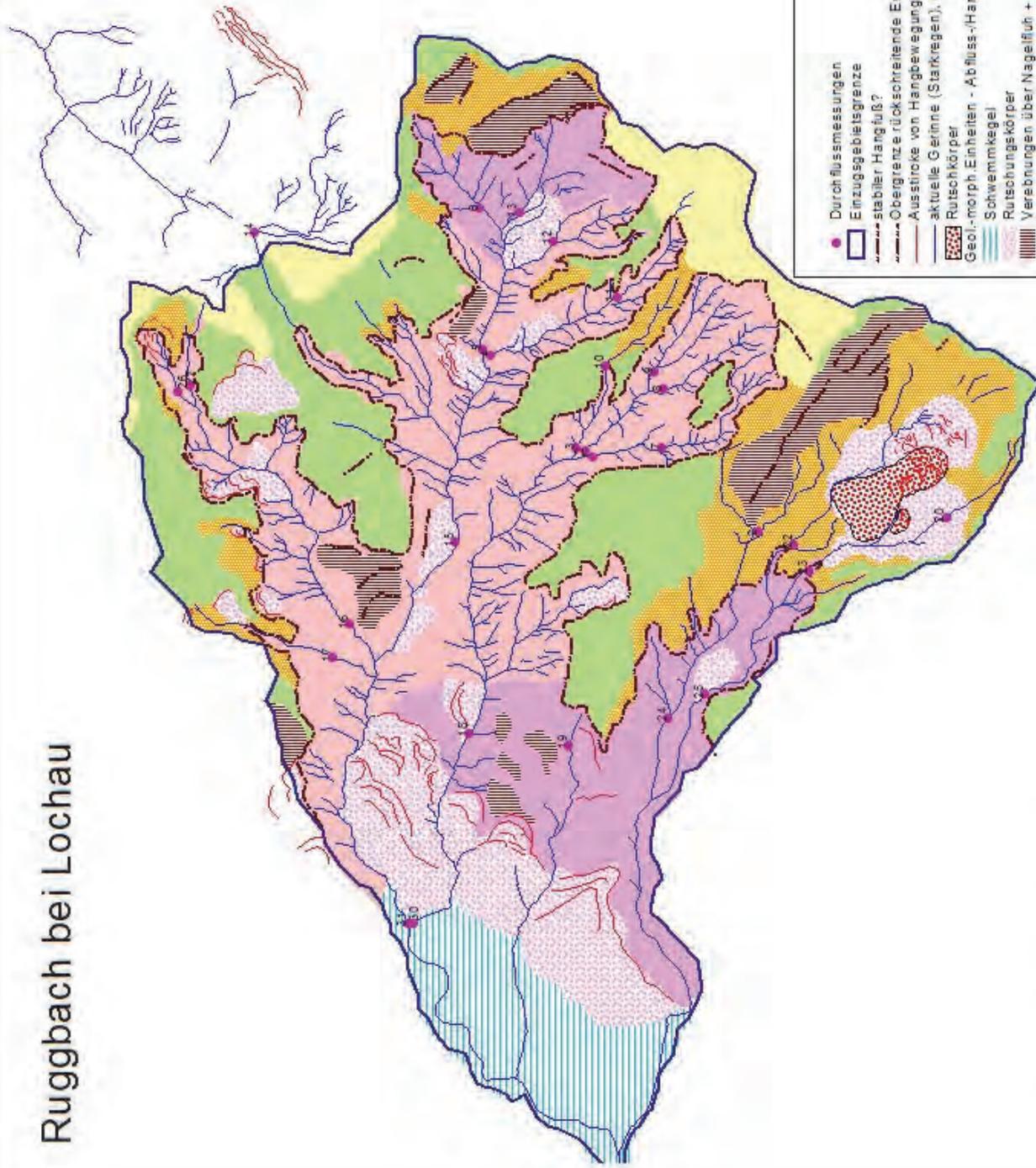
# Vandans - Golm (Montafon)



- Hauptstraßensystem
- Güterwege
- Ausstriche von tiefründigen Massenbewegungen, flächig, aktiv
- Ausstriche von tiefründigen Massenbewegungen, flächig, inaktiv
- Ausstriche von tiefründigen Massenbewegungen, linear
- Geschleibeerde und Rutschschichten
- III
- Gerinne und Bäche; teilweise Drainagegräben
- Quellen
- Feuchflächen und Niedermoore
- Seen und Speicherrasen
- Ablusstypen
- tiefründiger Abfluss überwiegend
- tieferer Zwischenabfluss überwiegend
- bodennäher Zwischenabfluss überwiegend
- Oberflächenabfluss überwiegend
- Abfluss in Fels-Kluftsystemen

<b>Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)</b>		
<b>Beilage 2.12 Ruggbach</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> SeRAC-CC. Sensitivity of the Runoff Characteristics of Small Alpine Catchments to Climate Change		
<b>Gebiet:</b> Einzugsgebiet des Ruggbaches bei Lochau	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> 4,3	<b>Arbeitsebene (sinnvoller Arbeitsmaßstab):</b> 1:10.000
<b>Zitate:</b> PIRKL, H. (2012b): Wildbacheinzugsgebiet Ruggbach. Geowissenschaftliche Grundlagen. – Unveröff. Bericht, Wien.		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b>  Da die Übersichtskartierung des Einzugsgebiets und die Berechnungsversuche darauf schließen ließen, dass praktisch im gesamten Einzugsgebiet bei Starkregen mit überwiegend seichtgründigem Abfluss mit Tendenz zur Ausbildung von Sättigungsflächen zu rechnen sei, wurde zur Gebietsgliederung ein geomorphologischer Zugang gewählt.		

# Ruggbach bei Lochau

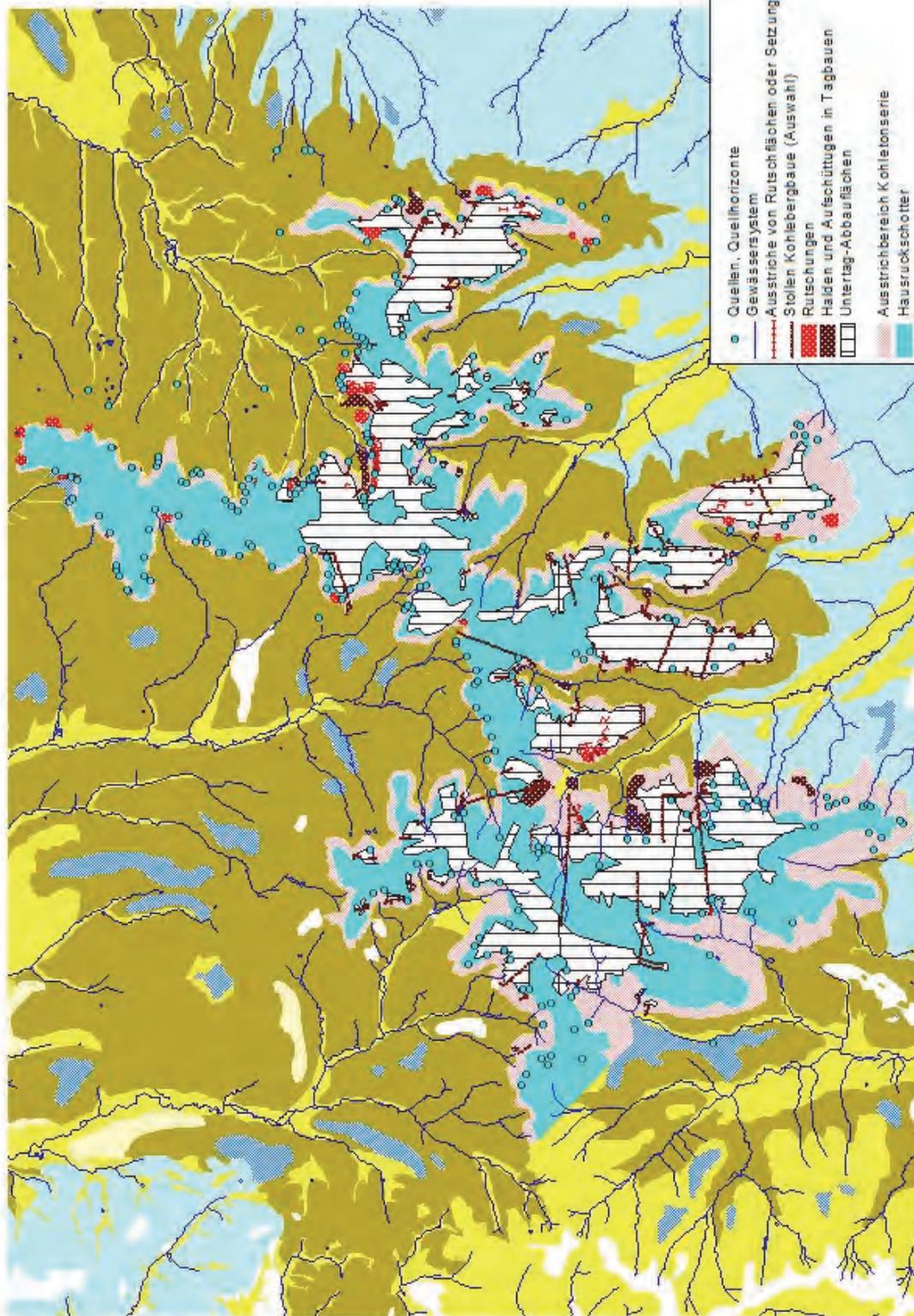


- Durchflussmessungen
- Einzugsgebietsgrenze
- stabiler Hangfuß?
- Obergrenze rückschreitende Erosion
- Ausströme von Hangbewegungen (Rutschungsflächen)
- aktuelle Gerinne (Starkregen), digitalisiert (PINK)
- ▨ Rutschkörper
- Geol.-morph. Einheiten - Abfluss-/Hangprozesse
- Schwemmkegel
- Rutschungskörper
- ▨ Verebnungen über Nagelfluh + z.T. stabile Steinwände
- ▨ Grabenbereich mit aktiver Erosion und engem Gerinnennetz
- ▨ Grabenbereich mit aktiver Erosion und weiterem Gerinnennetz
- ▨ Grabenbereich oberhalb der aktuell aktiven Erosion
- ▨ Hangbereiche außerhalb Grabenerosion / Molassesedimente (z.T. glaziale Sedimente)
- ▨ Hang- und Rückenbereiche außerhalb Grabenerosion / glaziale Sedimente



<b>Beispielsgebiete für Prozessbeschreibungen (GIS-gestützt)</b>		
<b>Beilage 2.13 Hausruck</b>		
<b>Erstellt im Rahmen des Projekts / Auftraggeber:</b> Georisikopotential Hausruck / Amt der OÖ Landesregierung & Geologische Bundesanstalt		
<b>Gebiet:</b> Hausruck (Bereich des ehemaligen Braunkohlebergbaus/WTK)	<b>Größe (km<sup>2</sup>):</b> ca. 110	<b>Arbeitsebene (sinnvoller Arbeitsmaßstab):</b> 1:25.000
<b>Zitate:</b> PIRKL, H. & JESCHKE, H. P. (1992): Erhebung und Bewertung des Mineralrohstoff- und Georisikopotentials des Hausrucks in Bezug auf dessen Gesamt-Naturraumpotential. – Unveröff. Bericht Geolog. Bundesanstalt, Wien.  PIRKL, H. (1994b): Strategien zu einer Hinweiskartierung Baugrundrisiko in Oberösterreich. – Unveröff. Bericht im Auftrag Amt d. OÖ. Landesregierung/Überörtliche Raumplanung, Wien.  PIRKL, H. (2002): Weiterentwicklung von Erhebungs- und Bewertungsstrategien für den Parameter Naturraumrisiko auf verschiedenen Planungsebenen am Beispiel Oberösterreich. Endbericht. – Unveröff. Bericht im Auftrag BMLFUW, Wien.		
<b>Kurzerläuterung / Hinweise:</b>  Neben ihrem Rohstoffpotential stellt die Kohletonserie des Haurucks auf Grund der Lithologie ein Risikofaktor (Rutschungen, Baugrundproblematik) dar. Zusätzlich hat der Untertage-Kohlebergbau ausgedehnte Bruchgebiete hinterlassen.  Die analogen Kartierungen (Rutschungen, Bruchgebiete, Hydrogeologie), die im Zuge des Risikopotentialprojekts ausgeführt wurden, konnten nach Vorliegen der digitalen geologischen Karte von Oberösterreich auch digital dokumentiert werden.		

# Hausruck



- Quellen, Quellhorizonte
- Gewässersystem
- Ausstriche von Rutschflächen oder Setzungsflächen in Schotter
- Stollen Kohlebergbaue (Auswahl)
- Rutschungen
- Halden und Aufschüttungen in Tagbauen
- Untertag-Abbauflächen
- Ausstrichbereich Kohletonserie
- Hausruckschotter
- Lithologie
- (Löß)lehm
- Kielessand
- Quarz-Kielessand
- Sand
- Schluff
- Tonmangel
- keine Angabe