



AUTONOME  
PROVINZ  
BOZEN  
SÜDTIROL  
PROVINCIA  
AUTONOMA  
DI BOLZANO  
ALTO ADIGE  
PROVINZIA AUTONOMA DE BULSAN  
SÜDTIROL

**Interreg**  
**Italia-Österreich**  
European Regional Development Fund



universität  
innsbruck



# Kurzfassung ENDBERICHT

## Projekt ITAT4041-BLÖSSEN

### Auswirkungen verzögerter Wiederbewaldung im Schutzwald auf die Sicherheit vor Naturgefahren (insbesondere Abflussbildung)

(Stand 15.01.2020)

<b>CIG-Kodex: Z512380595</b>	<b>CUP-Kodex B96E17000000001</b>
<b>CIG-Kodex: ZED2380578</b>	<b>CUP-Kodex B96E17000000001</b>
<b>CIG-Kodex: ZAB2380554</b>	<b>CUP-Kodex B96E17000000001</b>
<b>WV Nr.: 013163</b>	<b>Land Tirol / Forstplanung</b>

Auftraggeber: Provinz Bozen (IT), Amt für Forstwirtschaft

Amt der Tiroler Landesregierung (A), Landesforstdirektion

Auftragnehmer: Bundesforschungszentrum für Wald (BFW), Institut für Naturgefahren,  
Rennweg 1- Hofburg, 6020 Innsbruck

Autoren: V. Lechner, G. Markart, T. Rössler, D. Klingsbigl, F. Perzl, M. Rössel, G. Bunza, A. Graf, B. Kohl,  
G. Meißl, F. Nagl, C. Scheidl, K. Suntinger, N. Werner

# 1 Motivation

Beobachtungen im Bezirk Landeck (Nordtirol) und im Forstinspektorat Schlanders (Südtirol), aber auch in anderen Regionen Nord- und Südtirols zeigen, dass die Anzahl und das Ausmaß bewirtschaftungs- und nutzungsbedingter Blößen im alpinen Schutzwald zunehmen und Bestände mit mangelnder Schutzwirkung einer dringenden Verbesserung bedürfen. Daher wurden im Rahmen des ITAT4041-Projektes BLÖSSEN

- a.) der aktuelle Waldzustand in Untersuchungsgebieten (Istalanzbach und Schallerbach bei See im Paznauntal BFI Landeck in Nordtirol) und im Forstinspektorat Schlanders in Südtirol (Tanaser Berg, Kapron bei Graun) erfasst.
- b.) konkrete Wirkungen von Freiflächen im Schutzwald auf den Wasserumsatz und die Abflussbildung am Beispiel der beiden Untersuchungsgebiete Istalanzbach und Tanaser Bach untersucht.

Im Folgenden werden kurz die wichtigsten Ergebnisse der im ITAT4041-Projekt BLÖSSEN durchgeführten Untersuchungen zusammengefasst. Die Ergebnisse zeigen, dass die Forstdienste in den beiden Testgebieten mit ihren gewählten Bewirtschaftungsstrategien (kleinflächige Bewirtschaftung – Vermeidung von Kahlschlägen, Verbreiterung des Baumartenspektrums, Forcieren von Baumartenkombinationen gemäß den Ergebnissen der jeweiligen Waldtypisierung, möglichst rasche Wiederbewaldung u.a.) den richtigen Weg eingeschlagen haben. Die Ergebnisse des Projektes stehen im Einklang mit Resultaten einer Vielzahl anderer Studien (weltweit).

Basierend auf den Ergebnissen der Felderhebungen, der hydrologischen Modellrechnungen und unter Einbindung des aktuellen Standes der Literatur werden Bewirtschaftungshinweise und Handlungsstrategien für Stakeholder (Forstdienste, Wildbach- und Lawinenverbauung) entworfen (separates Heft).

## 2 Untersuchungsgebiete

Für Nord- und Südtirol wurden jeweils zwei Testgebiete als Untersuchungsgebiete gewählt. Bei den Untersuchungsgebieten in Nordtirol handelt es sich um zwei benachbarte Einzugsgebiete im Paznauntal, den Istalanz- und den Schallerbach (Abbildung 2-1). In Südtirol liegt ein Untersuchungsgebiet im Langtaufertal oberhalb von Kapron, das zweite liegt oberhalb von Eyrs im Vinschgau und umfasst das Einzugsgebiet des Tanaser Bachs (Abbildung 2-2).

Für die hydrologischen Modellierungen wurden der Istalanzbach (Nordtirol) und der Tanaserbach (Südtirol) herangezogen, daher standen diese beiden Einzugsgebiete im Zentrum der entsprechenden Datenerhebungen. Tabelle 2-1 gibt einen ersten Überblick über die Charakteristik der beiden Gebiete.

Tabelle 2-1: Übersicht über die Gebietscharakteristika Tanaser Bach (ST) und Istalanzbach (NT).

	<b>Istalanzbach</b>	<b>Tanaser Bach</b>
<b>Einzugsgebietsgröße</b>	16,6 km <sup>2</sup>	11,5 km <sup>2</sup>
<b>Höhenlage</b>	1.060 bis 3.004 m	876 bis 3.081 m
<b>Gemeinde, Bundesland</b>	Gemeinde See, Tirol	Gemeinde Laas, Südtirol
<b>Geologischer Untergrund</b>	Silvretta Kristallin Paragneise und Schiefer	Ötztal Kristallin Paragneise und Glimmerschiefer
<b>Böden</b>	tief- bis mittelgründige Braunerden, z.T. mit Podsolierung	Ranker und Pararendzinen in tieferen Lagen verbraunt, Rohböden über 2800 m SH
<b>Vegetation</b>	Alpine Rasen, Zwergstrauchheiden, Mähwiesen, kleinräumige Zirbenbestände, dominanter Fichtenbestand	Alpine Rasen, Zwergstrauchheiden, kleinräumige Zirbenbestände, Mähwiesen, Intensivweiden; Lärchen- und Lärchen- /Fichtenbestände dominieren
<b>Landnutzung</b>	Almwirtschaft, Skigebiet, Forstwirtschaft	Almwirtschaft, landwirtschaftliche Nutzflächen
<b>Jahresniederschlagssumme</b>	990 mm (2015)	494 mm (2013)

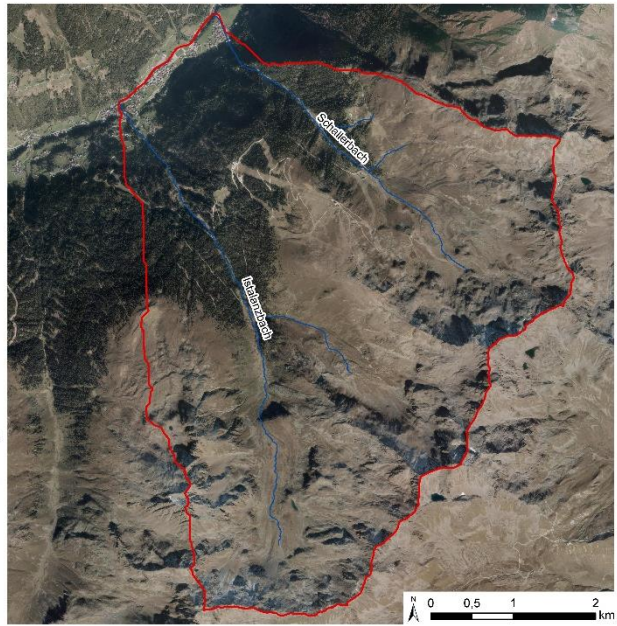


Abbildung 2-1: Übersicht der Untersuchungsgebiete in Nordtirol, Einzugsgebiet Schaller- und Istalanzbach.

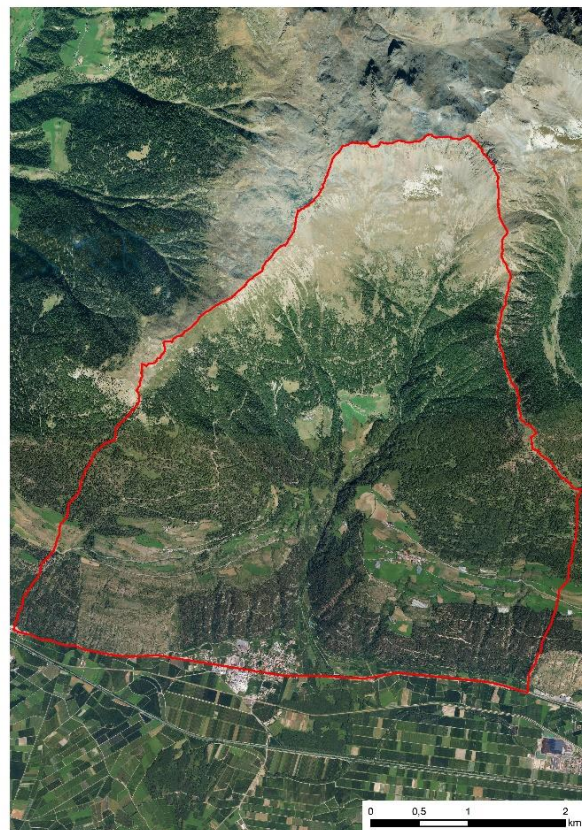
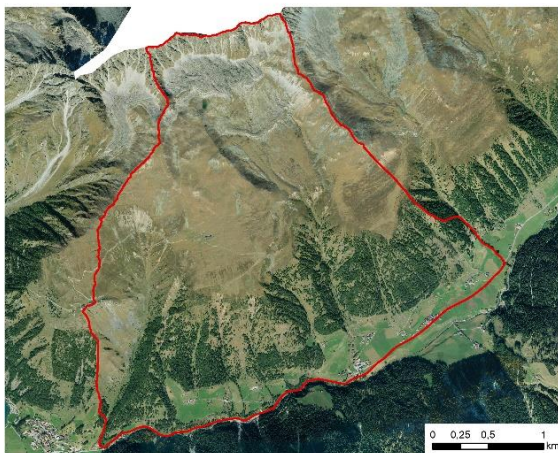


Abbildung 2-2: Übersicht über die Untersuchungsgebiete in Südtirol (links oben); Untersuchungsgebiet Kapron im Langtaufertal (links unten) und das Untersuchungsgebiet Tanaser Bach (rechts).

### 3 Hydrologie und Gefahrenpotential

Es folgt eine Zusammenfassung aus den hydrogeologischen Untersuchungen der Einzugsgebiete des Istanz- (NT) und Tanaser Baches (ST), nach Bunza (2018, 2019).

#### 3.1 Istanzbach

Der Istanzbach entwässert bei der Ortschaft See in die Trisanna. Der Kaltenbach ist als bedeutender östlicher Zubringer zu nennen. Im Sommer gibt es zahlreiche periodisch wasserführende Gräben und Bäche, die zeitweise in den Istanzbach entwässern und zum Abfluss beitragen. Die Gerinnelänge beträgt 6,2 km.

Potentielle Geschiebeherde sind insbesondere im Mittellauf des Baches zu finden. Durch mehrere Uferabbrüche und Rutschungen in den Deckschichten der steilen Einhänge steht direkt mobilisierbares Material zur Verfügung (Abbildung 3-1). Auf Grund des Geschiebepotentials, den Gefälleverhältnissen sowie des möglichen Wasserangebotes kann der Istanzbach als murfähiger Wildbach eingestuft werden. Bei Hochwasser kann insbesondere das Potenzial im Mittellauf mobilisiert werden.



Abbildung 3-1: Rutschungen in den Deckschichten der steilen Einhänge.

Die Ereignischroniken des Istanzbachs zeigen, dass der Bach über die Jahre hinweg immer wieder aktiv war und es zu Schadensereignissen kam (Tirol Atlas 2019). 2005 kam es in den Mündungsbereichen von Istanzbach und Schallerbach zu massiven Überströmungen, von denen große Siedlungsbereiche der Gemeinde See betroffen waren. Die maximalen Ausuferungsbreiten

lagen bei ca. 300 m. Im Zuge der Ereignisse 2005 wurden im unteren Einzugsgebiet des Istanzbachs Hochwasser- und Feststoffrückhalteanlagen zum Schutz der Siedlungsgebiete errichtet (BMLFUW 2015).

### 3.2 Tanaser Bach

Die Quellen des Tanaser Baches entspringen im Karbereich des Hohen Kreuzjochs und des Madatschknot. Neben den beiden Quellbächen gibt es eine beträchtliche Anzahl von Seitenbächen, die in einer Höhe von ca. 2.400 bis 2.500 m ü.A. entspringen. Diese sind insbesondere im Sommer Wasser führend und tragen zur Abflusspende bei.



Abbildung 3-2: Blick ins Quellgebiet des Tanaser Bachs (links). Geschieberückhaltesperre im Mittellauf des Tanaser Bachs (rechts).

Wie auch der Istanzbach entspricht der Tanaser Bach einem klassischen Wildbach, der in der Lage ist, immer wieder Feststoffmaterial zu erodieren und zu transportieren. Ortsansässige sowie ein Mitarbeiter der Forststation Schlanders berichten von immer wiederkehrenden Murereignissen in der Vergangenheit. Auf Grund dessen wurden im Unterlauf des Baches seit Beginn der 1980er Jahre zahlreiche Geschieberückhaltesperren errichtet. Laut der ansässigen Forstbehörde zeigen diese auch Wirkung, da in jüngster Vergangenheit weniger Ereignisse zu verzeichnen waren (mündl. Burgo 2019). Allerdings ist der Tanaser Bach auch heute bei ungünstigen Vorbedingungen als murfähiger Wildbach einzuschätzen. Bei den Geländebegehungen wurden kleine Rutschungsanbrüche beobachtet, ausgelöst durch eine verzögerte Schneeschmelze in Kombination mit konvektivem Starkregen. Auch die Gefahrenhinweiskarte für Murgänge der Autonomen Provinz Bozen (2019) zeigt, dass der Tanaser Bach durchaus das Potential für ein Murereignis hat.

Die Schutt- und Moränenablagerungen zwischen ca. 1.700 m und 2.700 m ü.A. stellen potenzielle Geschiebeherde dar, die bei Wetterextremen und einem Verlust der Vegetationsdecke zumindest lokal aktiviert werden können. Für die Auslösung eines Ereignisses ist weniger ein Starkregenereignis, sondern vielmehr die Schneeschmelze, die geologischen Gegebenheiten sowie die anthropogene

Beeinflussung ausschlaggebend. Auch die birnenförmige Topographie des Einzugsgebietes begünstigt einen gleichzeitigen Eintrag des Oberflächenabflusses in den Vorfluter, was zur Entstehung einer Hochwasserwelle beitragen kann.

Im oberen Einzugsgebiet zwischen 2.200 und 2.700 m ü.A. existieren zahlreiche Erosionsflächen durch Schneebewegungen und Blaiken, die durch Translationbodenrutschungen entstanden sind. Zwischen 1.900 m und 2.100 m ü.A. kam es im Juni 2019 auf Grund der starken Schneeschmelze zu mehreren Rutschungen. Diese stellen auf Grund des hohen Angebots an mobilisierbaren Lockermaterial potentielle Gefahrenherde dar.

## 4 Geologie und Böden

### 4.1 Istalanzbach

Das Einzugsgebiet liegt im nördlichen Teil des Silvretta Kristallins. Dieses liegt als Schubmasse polymetamorpher Kristallins mit wenig Tiefgang auf tieferen tektonischen Einheiten auf. Durch die variszische Orogenese, die neben einer regionalen Metamorphose auch eine Verfaltung sowie eine Schieferung bewirkte, erhielten die Gesteine des Silvretta Kristallins ihre endgültige Prägung. Dominierende Gesteinsbestände sind Zweiglimmerschiefer und Paragneise. Glimmerschiefer sind metamorphe Gesteine, die einen hohen Anteil an Schichtsilikaten aufweisen. Dadurch kann Verwitterungsschutt entstehen, der Großteils auf tonigem Material besteht. Glimmerschiefer und Verwitterungsschutt sind auf Grund ihrer Lithologie als wenig standfeste Substrate bzw. Gesteine einzustufen und bieten deshalb großes Erosionspotential. Die Relikte der Lokalvergletscherung sind im gesamten Einzugsgebiet nachweisbar. Die deutlich ausgeprägten Kare im oberen Einzugsgebiet sowie zahlreiche Moränenwälle sind Anzeichen für die ehemalige Vergletscherung. Moränenmaterial ist insbesondere im blockigen Hangschutt stark verbreitet, der die die Hänge großflächig bedeckt.

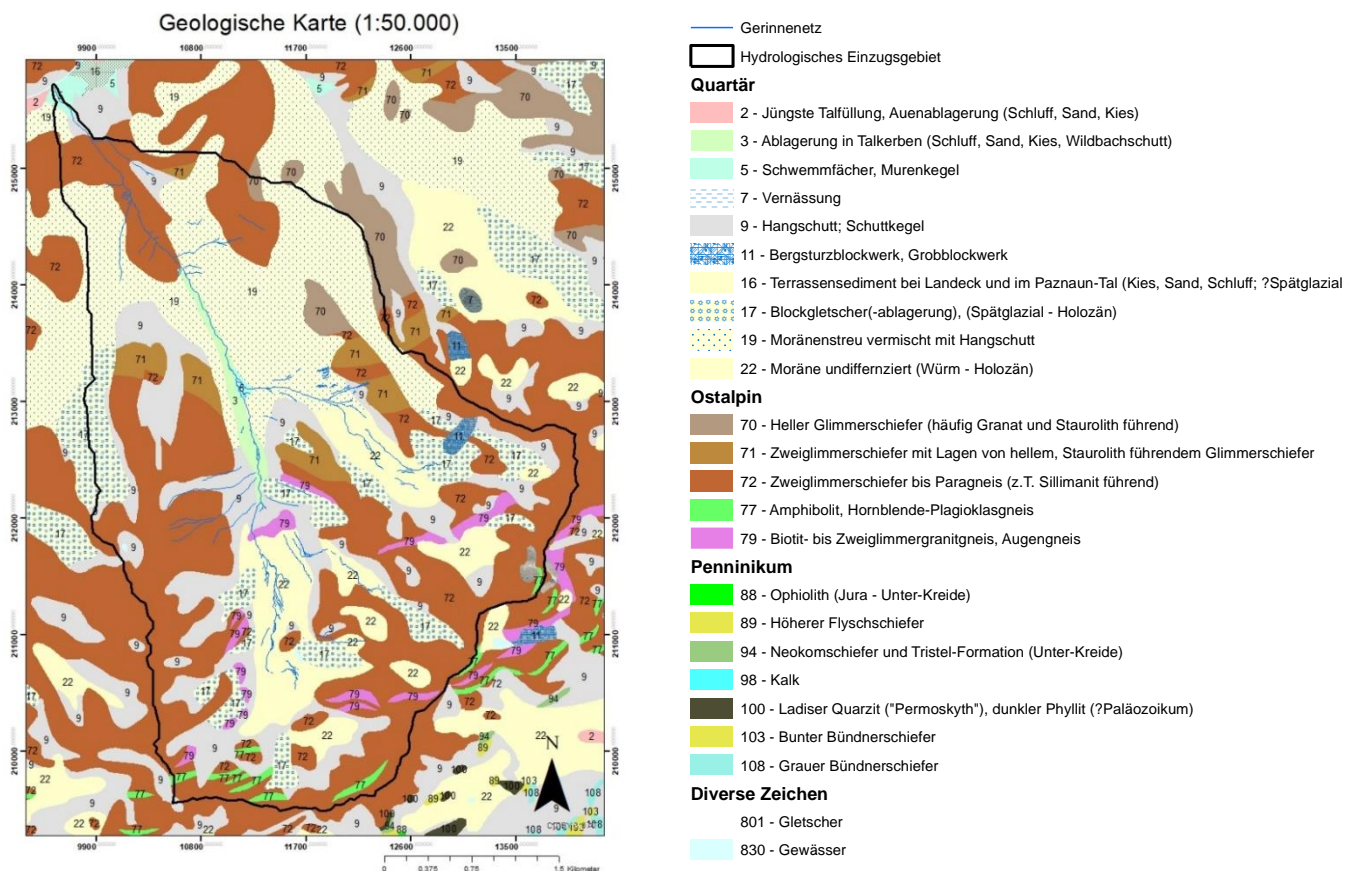


Abbildung 4-1: Geologische Karte -Einzugsgebiet Istalanzbach - nach der geologischen Karte (1:50 000) der Republik Österreich (verändert nach Krainer et al. 2004)



Die Böden im Istanzbach reichen von tief- bis mittelgründigen Braunerden, die abhängig von Vegetation und Höhenlage eine mehr oder weniger starke Podsolierung aufweisen, bis hin zum ausgeprägten Podsol. In Bereichen mit hohem Oberflächenwasserangebot finden sich alle Übergänge zwischen (pseudo)vergleyten und anmoorigen Bodenbildungen. Die Waldböden liegen überwiegend zw. pH 4 und pH 5,5, wobei die Werte mit der Tiefe zumeist leicht steigen - Bodenversauerung im Zuge der Podsolierung. Die Textur ist überwiegend sandig bis schluffig-sandig (S bis IS), bei hohem Anteil an rasch Grob- und Gröbtporen. D.h. eine positive Grundvoraussetzung für hohe Leitfähigkeit und rasche Infiltration.

## 4.2 Tanaser Bach

Das Einzugsgebiet des Tanaser Baches lässt sich geologisch gesehen dem Ötztal Kristallin zuordnen. Den geologischen Aufbau bilden hier Phyllitgneise der Vinschgauer Schieferzonen. Dabei stellen Paragneise und Phyllite die dominierenden Gesteinstypen dar (Markart et al. 2005). Nach Bunza (2019) besteht die Masse der Ötztaler Alpen zum Großteil aus hochkristallinen Schiefer, wie Orthogneise, Amphibolite, Paragneise und Glimmerschiefer.

Letzte sind metamorphe Gesteine, die über einen hohen Anteil an Schichtsilikaten verfügen. Dadurch entsteht ein tonreicher Verwitterungsschutt, der genau wie der Glimmerschiefer selbst ein wenig standfestes Substrat bzw. Gestein ist und eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Frost und Wasser aufweist. Auch Phyllite zählen auf Grund ihrer Eigenschaften (sehr feinkörnige Gesteine) zu den veränderlich festen Gesteinen. Im Gegensatz dazu sind Paragneise als standfester zu bewerten. Ihre Empfindlichkeit gegenüber Verwitterung hängt stark von lokalen Verhältnissen ab. Auch Granitgneise sind auf Grund ihrer relativ hohen Gefügekohäsion gegenüber den Einflüssen von Wasser und Frost weniger empfindlich (Bunza 2019a).

Die Folgen glazialer Erosion sind im Einzugsgebiet deutlich ersichtlich. Im gesamten Einzugsgebiet ist Moränenmaterial in unterschiedlicher Mächtigkeit verbreitet. Deutliche Ablagerungen der Lokalvereisung befinden sich im Kar des Madatschknots sowie auf Höhe der Siedlungen Unter- und Oberfrinig (1.600 und 1.750 m ü.A.). Deutlich sichtbar ist die Erosionkante des Etschgletschers zwischen 1.300 und 1.400 m ü.A., die auf Höhe der Siedlung Tanas mit der Deckengrenze des Ötztal Kristallins zusammenfällt (Bunza 2019). In den höheren Lagen sind großflächige Schutthalden anzutreffen, die auf eine leichte Verwitterbarkeit des Gesteins zurückzuführen sind (Markart et al. 2005). Markart et al. (2005) führen an, dass sich das Moränenmaterial aus einem Skelett metamorpher Gesteine in einer Matrix aus Schluff (28%) und Sand (30%) mit einem sehr geringen Tonanteil von 2% zusammensetzt. Aufgrund der fehlenden Vegetationsbedeckung ist der Tonanteil in den Schutthalden und im jungen Verwitterungsschutt mit hoher Wahrscheinlichkeit durch Schmelz- und Regenwasser weitgehend ausgewaschen worden.

## Geologische Karte (1:75.000)

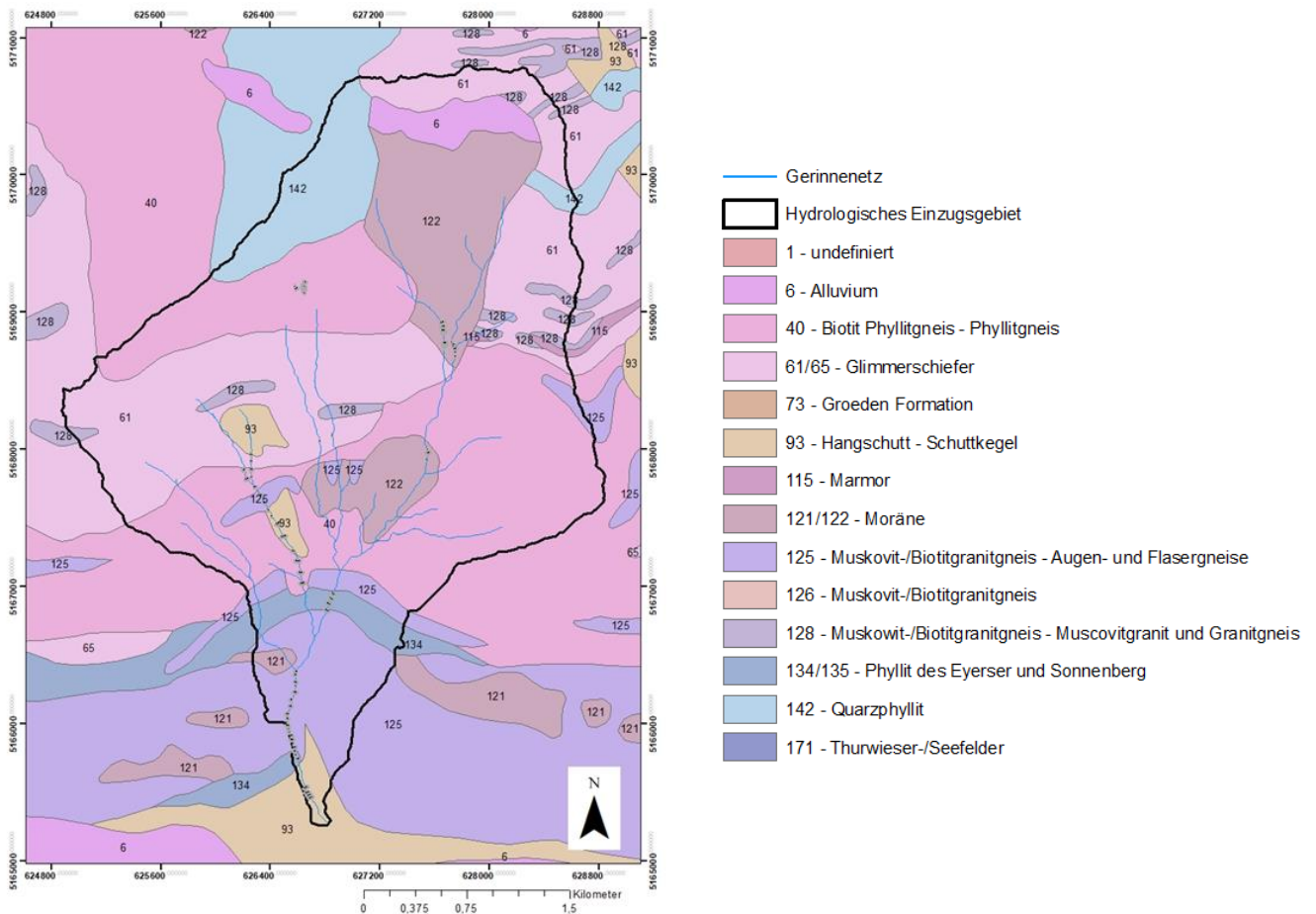


Abbildung 4-2: Geologische Karte des Einzugsgebiets Tanaser Bach 1:75 000 (Kompilierte geologische Karte Südtirol erstellt im Zuge des Projekts der Waldtypisierung Südtirol von WLM Tirol - Büro für Vegetationsökologie und Umweltplanung, 2001-2008)

Im Einzugsgebiet des Tanaser Bachs dominieren schwach entwickelte Böden wie beispielsweise Ranker und Pararendzinen. Oberhalb von 2.800 m ü.A. sind überwiegend Rohböden vorzufinden, wo die Prozesse der Bodenbildung auf Grund der rauen klimatischen Bedingungen nur sehr langsam ablaufen. Darunterliegend, im Bereich der Pionierpflanzen, sind Protoranker und Pararendzinen verbreitet. Für die von Moränen bedeckten Hänge sind verbrauchte Ranker und alpine Braunerden charakteristisch. Auf Hängen, die frei von Moränenmaterial sind, haben sich Ranker und Pararendzinen ausgebildet. Im Übergangsbereich zwischen Waldgrenze und Weidegebieten sind Podsole vorzufinden (Markart et al. 2005).

## 5 Bestandesentwicklung

### 5.1 Luftbildinterpretation

Im Istalanzbach hat der Blößenanteil von 1970 auf 2015 - Tendenz steigend - um 6,6 % zugenommen und nahm 2015 13,9% der Gesamtwaldfläche ein. Dies steht einem in diesem Zeitraum geringeren jährlichen Jungwaldzuwachs gegenüber. Die Jungwaldentwicklung hält mit dem Schlagfortschritt nicht mit. Diese Aussage aus der Luftbildinterpretation wird unter der Berücksichtigung getroffen, dass auf (historischen) Luftbildern Jungwuchs nur schlecht zu erkennen ist und gegebenenfalls auf einigen als Blößen angesprochenen Flächen bereits Jungwuchs vorhanden war. Diese Verzögerung der Wiederbewaldung kann (in Zukunft) die Schutzwirkung des Waldes vermindern.

Am Tanaser Berg ist der Flächenanteil von Blößen sehr gering, auch wenn er sich im Zeitraum von 1999 bis 2015 von 2,2% auf 4,4% vergrößert hat. Der geringe Anteil von Blößen hängt mit dem sehr kleinflächigen Verjüngungsbetrieb zusammen. Die Umbaumaßnahmen im Schwarzkiefernwald erfolgen im Schirmschlagbetrieb oder durch sehr kleinflächige Loch-/Streifenschläge. Im Lärchen- und Lärchen-Fichtenwaldareal kommen wenige Schmalkahlhiebe vor. Es überwiegen bislang Einzel- und Gruppenentnahmen.

### 5.2 Verjüngungsanalyse

#### 5.2.1 Tanaser Berg

Die Verjüngungsanalyse wurde auf den 208 Referenzstichproben auf einer Probefläche (4m x 5m) im Waldgürtel am Tanaser Berg erhoben. Für die Analyse wurde der Schwarzkiefernwald (inkl. Strauchflächen), der montane Lärchenwald, der Lärchen-Fichtenwald und der Lärchen-Zirbenwald differenziert betrachtet.

Für den Bereich des Schwarzkiefernwaldes zeigen die Probeflächen einen ausreichenden Verjüngungsanteil, meist durch künstlich eingebrachten Laubholzjungwuchs. Jedoch weist dieser Jungwuchs auf ungezäunten Flächen eine Verbissrate von 40 % auf. Jeweils rund 10 % "letaler" und mehrjähriger Verbiss reduzieren den Einwuchs in die höheren Klassen.

Nur auf etwa ein Drittel der Probeflächen im Lärchenwald wurde Verjüngung festgestellt. Die vorwiegend aus Lärchen bestehende Verjüngung weist mit 48 % der beurteilten Lärchen eine hohe Verbissrate auf. Als Ursache für die kritische Verjüngungssituation sind zu nennen: Weidebetrieb, Wildeinfluss, Vergrasung und Trockenheit. Die Lärche verjüngt sich besser auf Moos, dünner Streu, im Umfeld von Totholz und auf Mineralboden; sie hat Schwierigkeiten bei dichter Bodenvegetation mit Wurzelfilz und Rohhumus. Den Feldaufnahmen zufolge sind die Flächen relativ arm an liegendem Totholz und es dominiert eine Grasschicht.

Im Fichten-Lärchenwald verjüngen sich beide Baumarten mit Beimischung von Waldkiefer auf etwa der Hälfte der untersuchten Punkte. Diese Bestände sind daher ebenfalls verjüngungsarm. Lichtmangel stellt auf 40% der Flächen das zentrale Verjüngungshemmnis dar.

Im Lärchen-Zirbenwald wurden auf etwas über der Hälfte der Flächen Jungwuchs gezählt, dabei ist der Anteil der Verbissgrade der Lärche ähnlich wie im montanen Lärchenwald; es konnte aber kein Totverbiss festgestellt werden.

### 5.2.2 Istalanz- und Schallerbach

In den Einzugsgebieten des Istalanz- und Schallerbaches wurde auf insgesamt 95 Referenzstichpunkten eine Verjüngungsanalyse durchgeführt. Für die Analyse wird zwischen Fichten- (Tannen)wald und subalpinen Lärchen-, Zirben- und Bergföhrenwäldern unterschieden. Da der Flächenanteil der hochstaudenreichen Grünerlen- und Weidengebüsche sehr gering war, wurde dieser in der Analyse nicht weiter berücksichtigt.

Der Fichten-Tannenwald stellt im Untersuchungsgebiet den größten Anteil an Holzbodenfläche dar, daher wurden 70% der Referenzpunkte in dieser Waldgesellschaft erhoben. Auf 67,6 % der Probeflächen konnte lebender Jungwuchs festgestellt werden. Es ist anzunehmen, dass die starke und rasche Vergrasung der Blößen bzw. der Flächen bei Kahlschlagbetrieb die Entwicklung des Jungwuchses hemmt bzw. das Einwachsen in die Dickungsphase verzögert. Der Verbiss durch Paarhufer ist nach den Referenzstichproben keine primäre Ursache der verzögerten Wiederbewaldung. Die Hauptbaumart Fichte ist nur einem schwachen Verbiss ausgesetzt. Zum Zeitpunkt der Aufnahmen waren rund 90 % der beurteilten Pflanzen nicht verbissen.

Der Verbiss ist aber eine Hauptursache für die zunehmende Entmischung der Bestände. Rund 30 % der Lärchen zeigten einen schwachen Verbiss der Leittriebe. Das Laubholz zeigte zu über 50 % Verbiss Spuren, 23 % der Pflanzen waren durch mehrjährigen Verbiss verkrüppelt. In Verbindung mit dem geringen Lärchen- und Laubholzanteil im Jungwuchs und Altbestand ist eine völlige Entmischung vorgezeichnet.

Im subalpinen Lärchen-, Zirben- und Bergföhrenwald konnte nur auf rund der Hälfte der Probeflächen Jungwuchs festgestellt werden. Der Wildeinfluss wurde für diesen Waldtyp nicht ausgewertet, da auf keiner Fläche der artspezifische Sperrwert der Pflanzenzahl überschritten wurde. Nach den Beobachtungen bei der Begehung treten vereinzelt Trittschäden durch Weidevieh auf.

## 6 Feldmessungen

### 6.1 Beregnungsversuche

Mit der in Abbildung 6-1 ersichtlichen Beregnungsanlage wurden eine Stunde lang mit einer Niederschlagsintensität von etwa 100 mm/h beregnet, dies entspricht einem Starkniederschlagsereignis im Alpenraum. Entstehender Oberflächenabfluss wird in einer Auffangeinheit unterhalb der Anlage gesammelt und gemessen. Zwei Bodenprofilen auf der Testfläche sind mit Bodenfeuchtesonden in verschiedenen Tiefenstufen ausgestattet. Mit diesen werden die Vorfeuchte und das Aufsättigungsverhalten während der Beregnung und das Desorptionsverhalten am Beregnungsende automatisch erfasst.

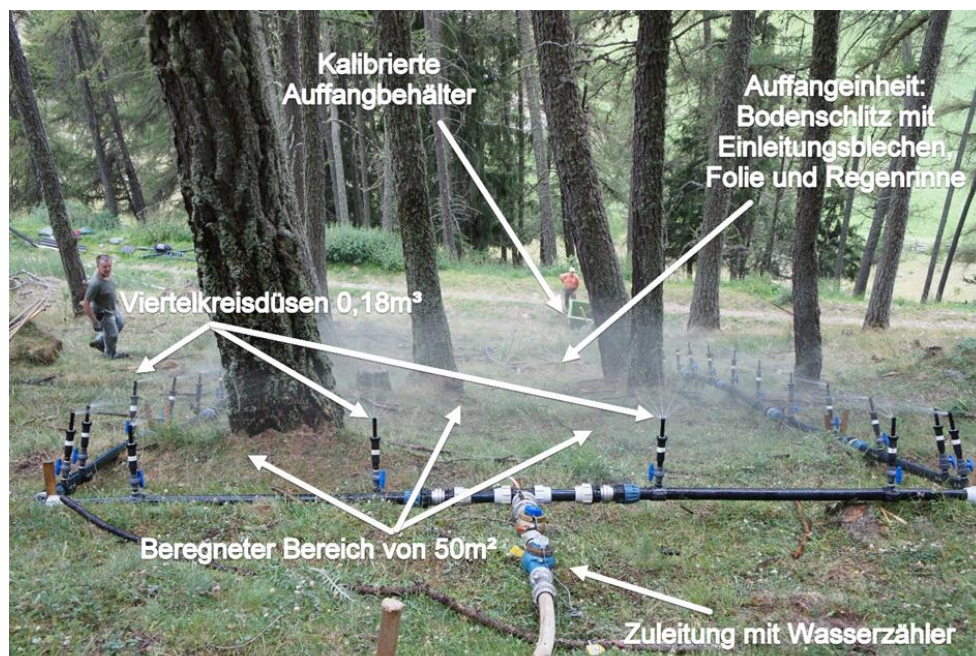


Abbildung 6-1: Beregnungsanlage des BFW, Institut für Naturgefahren, im Einsatz auf Beregnungsfläche 1 (BF1 ST) in Kapron.

Die in den folgenden Kapiteln vorgestellten Ergebnisse folgen der Zuordnung nach dem Schema in Abbildung 6-2.

Abflussbeiwert (AKL)	Oberflächenabfluss in % von N
0	0
1	> 0 – 10
2	> 11 - 30
3	> 30 - 50
4	> 50 - 75
5	> 75
6	100

Abbildung 6-2: Abflussverhalten nach dem Ampelprinzip: grün = geringer Oberflächenabfluss (< 10%), gelb = mittel (30-50%), rot = sehr hoher Oberflächenabfluss (> 75%).

## 6.2 Beregnungsversuchsflächen und Ergebnisse Nordtirol

**BF1- AKL 3**



**BF2 - AKL 1**



**BF3- AKL 1**



**BF4- AKL 0**



**BF5- AKL 0**



**BF6- AKL 5**



Auf der Blößenfläche BF1 wurde ein erhöhter Oberflächenabfluss gemessen (AKL 3) im Gegensatz dazu lieferte die Blößenfläche BF4 keinen Oberflächenabfluss, dies könnte durch den auf BF4 sehr hohen Anteil an Dränröhren (alte Wurzelkanäle) zu erklären sein. Im Vergleich zu älteren Beregnungsversuchen am BFW wäre auf BF2- Fichtenaltbestand mit spärlicher Bodenvegetation- auch ein erhöhter Oberflächenabfluss zu erwarten gewesen, allerdings ist der hohe Streuanteil (4803 g Ts/m<sup>2</sup>) locker gelagert (nicht kompakt) und immer durch Inseln von lebender Biomasse (Gräser, Zwergstrauchheiden) unterbrochen. Dadurch bestehen auch in trockeneren Phasen ausreichende Infiltrationsmöglichkeiten. Jedoch ist zu beachten, dass der hohe Streuanteil sich negativ auf die Keimung von Samen auswirkt und es dadurch zu einer Verschlechterung der hydrologischen Situation führen kann. BF3 ist eine Blößenfläche in der bereits Verjüngung (ungesichert) aufweist. Kann die Verjüngung weiterwachsen wird diese Fläche die gemessene Abflussbeiwertklasse halten bzw. auch verbessern können. BF5 ist eine Fläche mit einem flächendeckenden Zwergstrauchanteil, dies führt zu einer hohen Durchwurzelung des Bodens ohne Ausbildung eines Wurzelfilzes und guten

Infiltrationsmöglichkeiten, bei dem Beregnungsversuch konnte kein Oberflächenabfluss gemessen werden. Um zu zeigen, wie sich unterschiedliche Bewirtschaftungsformen auf die Bildung von Oberflächenabfluss auswirkt wurde BF6 auf der Schipiste durchgeführt. Gleich nach Versuchsbeginn wurde der erste Oberflächenabfluss gemessen (nahezu keine Initialabstraktion) und mit der Nachberegnung erreichte die Fläche die AKL 5. Dies zeigt, dass fast kein Wasser in den Boden infiltrieren konnte.

### 6.3 Beregnungsversuchsflächen und Ergebnisse Südtirol

**Kapron BF1- AKL 1**



**Tanas BF1 - AKL 4**



**Kapron BF2- AKL 1**



**Tanas BF2- AKL 2**



**Kapron BF3- AKL 1**



**Tanas BF3- AKL 0**



Die Versuchsflächen in Kapron lieferten nahezu keinen Oberflächenabfluss. Erklärung dazu finden wir in den Ergebnissen der Bodenphysik, alle drei Standorte weisen im Oberboden (0- 10 cm) einen sehr hohen Skelettanteil von 50-70% auf. Da der Skelettanteil recht locker angebunden ist, kann Wasser gut in tiefere Bodenschichten infiltrieren. Auch die Böden am Tanaser Berg weisen einen sehr hohen Skelettanteil auf, aber hier zeigt sich, dass auch Böden mit hohem Infiltrationspotential durch ungünstige Bodenvegetation vermehrt Oberflächenabfluss liefern können. Der Weiderasen (Tanas-

BF1) ist die Fläche mit dem höchsten gemessenen Oberflächenabfluss, dabei wirkt sowohl der sehr hohe Anteil an Nekromasse (vorwiegend tote Blattscheiden von Gräsern) als auch der durch den Bürstligsrasen erzeugte Wurzelfilz als Infiltrationshemmer. Auch ein großer Anteil an Streuauflage kann einen hydrophoben Effekt erzeugen, dies zeigt sich auf der Beregnungsfläche Tanas BF2. Der hohe Anteil an Streuauflage (1087 g Ts/m<sup>2</sup>) ist zwar locker gelagert jedoch wirkt die Auflage wie ein Strohdach und das Wasser kann nicht in den sehr skelettreichen Boden versickern. Sehr ähnliche Bodenbedingungen weist die Beregnungsfläche Tanas BF3 auf. Durch die Bestandesumwandlung wurde eine hohe Varietät an verschiedener Bodenvegetation erreicht. Auch wenn der Streuanteil noch fast so hoch ist wie auf Tanas BF2, zeigt sich, dass durch die neu aufgekommene Vegetation eine bessere Versickerung in tiefere Bodenschichten bereits erreicht ist. Auf dieser Fläche wurde kein Oberflächenabfluss gemessen.

#### 6.4 Saisonale Bodenfeuchtemessungen

Die positive Wirkung des Waldes kann zum einen auf höhere Verdunstungsraten sowie einem besseren Bodenaufbau und geringerer Bodenverdichtung zurückgeführt werden. Letzteres wirkt sich besonders auf die Wasseraufnahmekapazität des Bodens aus, unter Wald ist eine höhere Speicherkapazität als auf Blößen zu erwarten (Hegg et al. 2004). Um dies für die Untersuchungsgebiet zu überprüfen, wurden in Nord- und Südtirol an je drei Standorten die Bodenfeuchte im Bestand und einer angrenzenden Freifläche gemessen. An jedem dieser Standorte wurden Bodenprofile im Wald und der nahegelegenen Blößenfläche mit automatisch registrierenden Bodenfeuchtesensoren) in jeweils zwei Tiefenstufen ausgestattet.

Der saisonale Vergleich der Bodenfeuchtemessungen zeigt deutlich, dass alle Messstandorte auf Blößen signifikant höhere Bodenfeuchtwerte als die verglichenen Waldstandorte aufweisen. Blößenflächen sind im Schnitt um 5 Vol.% feuchter als ihre benachbarten Waldstandorte. Es ist anzumerken, dass die Vorfeuchte und die Speicherkapazität zu den maßgeblichen abflusssteuernden Faktoren zählen und somit das Abflussverhalten in einem Einzugsgebiet stark verändern können.



## 7 Hydrologische Modellierungen

### 7.1 Hydrologische Modellierung mit GEOtop

Für die Modellierung des Wasserhaushaltes der verschiedenen Einzugsgebiete wurde das hydrologische Modell GEOtop (Endrizzi et al. 2014, Rigon et al. 2006) herangezogen. Die Modellierung erfolgte auf zwei Ebenen: Zunächst wurden die Ergebnisse der Beregnungsversuche und der erhobenen Bodendaten (Bodenphysik, Bodenprofile) herangezogen um das Modell für die verschiedenen Vegetationseinheiten zu kalibrieren. Aufbauend darauf wurde der Wasserhaushalt dieser Flächen für die Vegetationsperiode Mai- Oktober berechnet. GEOtop kann das Abflussverhalten der Testflächen ausreichend abbilden, allerdings erfolgt die Abflussreaktion verzögert. Ein Grund dafür kann sein, dass das Modell hydrophobe Effekte nicht abbilden kann. Die Leitfähigkeit des Bodens als Schlüsselparameter für das Abflussverhalten musste für jede Fläche angepasst werden da die gemessene Leitfähigkeit der Labordaten zu unzureichenden Ergebnissen führten.

Da die Modellierung einer Vegetationsperiode in Bezug auf den Oberflächenabfluss sehr geringe Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Vegetationseinheiten ergab, wurde je eine Blößenfläche und eine Waldfläche je Einzugsgebiet gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass im Istanzbach der Abfluss aus dem Wald die ganze Vegetationsperiode über deutlich niedriger ist als auf der Freifläche (Abbildung 7-1). Für die Freifläche wurde Bodendeckung (dichte Schlagflora unterstellt). Die Unterschiede für Wald vs. Freifläche ohne Bodendeckung wären auf die Saison bezogen noch größer.

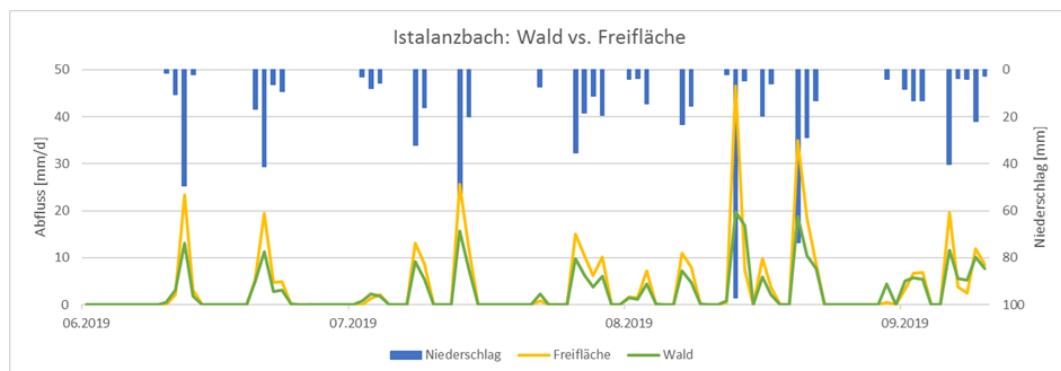


Abbildung 7-1: Saisonale Unterschiede im Abfluss zwischen Wald und Freiflächen in Einzugsgebiet des Istanzbaches. (Berechnungszeitraum: März bis Ende September 2019)

Für den Tanaser Berg sind die Unterschiede noch deutlicher (Abbildung 7-2). Der Abfluss startet im Frühjahr auf der Freifläche (Blöße mit Vegetationsdeckung – niedrige Schlagflora/Vergrasung) deutlich früher. Einerseits tritt in den Waldflächen bei Niederschlagsereignissen geringer Intensität, wie zu erwarten, kein Oberflächenabfluss auf.

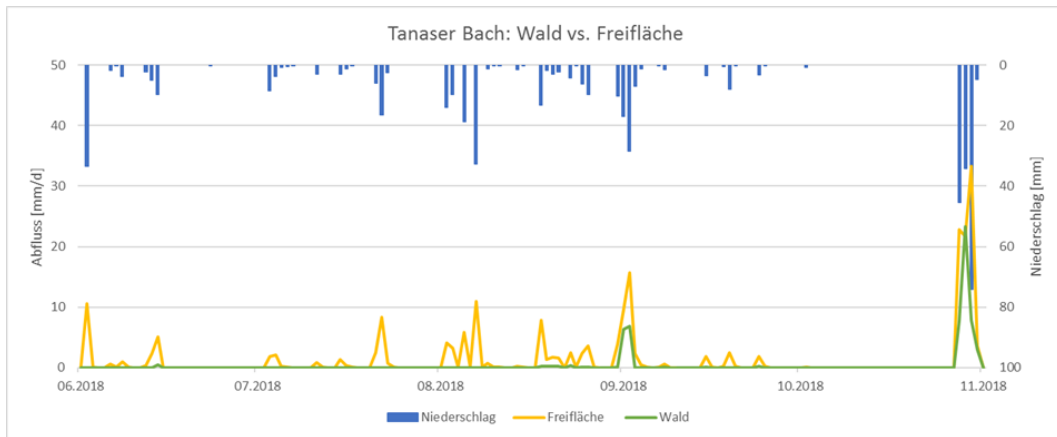


Abbildung 7-2: Saisonale Unterschiede im Abfluss zwischen Wald und Freiflächen in Einzugsgebiet des Istanzbaches. (Berechnungszeitraum: März bis Ende September 2019)

## 7.2 N/A-Modellierung mit ZEMOKOST

Für beide Untersuchungsgebiete (Istanz- (NT) und Tanaserbach (ST)) wurde untersucht wie sich aus hydrologischer Sicht waldverbessende Maßnahmen auf das gesamte Einzugsgebiet, das jeweilige Teileinzugsgebiet und auf Hydrotopebene ( $50 \text{ m}^2$ ) auswirkt. Dazu wurde das Niederschlag- /Abflussmodell ZEMOKOST (Kohl 2011) herangezogen.

Eine Reduktion der Abflussspende kann für den Istanzbach erst auf Teileinzugsgebietsebene gezeigt werden, da der bewaldete Anteil am Einzugsgebiet nur 15% beträgt und somit der Wald-Effekt auf der Gesamteinzugsgebietsebene zu wenig durchschlägt. Werden jedoch einzelne Hydrotope (hydrologische Reaktionseinheiten) betrachtet, zeigt sich, dass bei Starkregenereignissen für eine Blöße mit und ohne Bodendeckung bzw. offene Rutschungsflächen durch eine gezielte Aufforstung eine deutliche Verbesserung der hydrologischen Reaktion zu erwarten ist (Abbildung 7-3).

So sinken die Abflussspenden von Blößen nach Wiederbewaldung von  $7,35$  auf  $2,19 \text{ m}^3/\text{s}$  pro  $\text{km}^2$ . Die Ganglinie zeigt einen hohen Peak für die Blöße und einen moderateren, zeitlich verzögerten Abfluss für die aufgeforstete Fläche auf deutlich niedrigerem Niveau. Noch deutlicher ist die Reaktion bei Aufforstung der offenen Rutschungsflächen. Die maximale Abflussspende sinkt von  $8,86$  auf lediglich  $0,86 \text{ m}^3/\text{s}$  pro  $\text{km}^2$  (Abbildung 7-3).

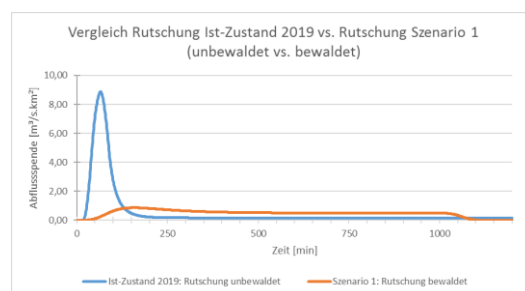
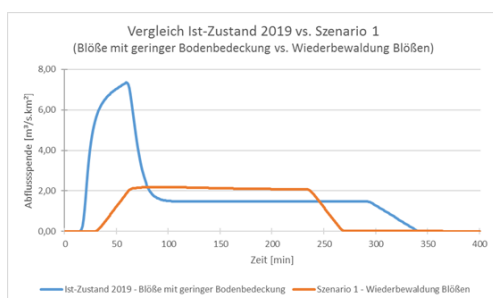


Abbildung 7-3: Istanzbach - Abflussreaktion einer Blöße (linkes Bild) und einer offenen Rutschungsfläche (rechtes Bild) jeweils ohne und nach Wiederbestockung.

Es wurden noch weitere Szenarien, z.B. Auflassung Schipiste oder Aufforstung von Pferdeweide gerechnet, die vor allem auf Teileinzugsgebietsebene und Hydrotopebene eine deutliche Verringerung des Oberflächenabflusspotenziales durch Wiederaufforstung aufzeigen.

Im Tanaser Bach sind die Abflussspenden aufgrund der gänzlich anderen Geologie, des höheren Bewaldungsprozentes, sowie des geringeren Anteiles an Intensivnutzungsflächen (z.B. Weiden, Schipisten) deutlich geringer.

Die Umwandlung der Schwarzkiefernbestände in Laubholz reiche Bestände hat aufgrund der geringen Flächenanteile (das Gros der Flächen liegt außerhalb des EZG – oberhalb von Eyr) kaum Auswirkungen auf die Abflussspenden des Gesamt-EZGs. Aus den Beregnungsversuchen und den Ergebnissen der N/A-Modellierung ist aber erkennbar, dass durch die Umwandlung der Schwarzkiefernbestände eine Reduktion des Abflusses auf TEZG-Ebene und für die jeweilige hydrologische Reaktionseinheit bei Starkregen zu erreichen ist. So ergibt sich für die Umwandlungsflächen eine Reduktion der maximalen Abflussspenden von 6,22 auf 4,51 m<sup>3</sup>/s km<sup>2</sup> im Vergleich zum Zustand vor Umwandlung. Dieser Effekt ist auch durch die Ergebnisse der Starkregensimulationen belegt.

Auch durch Aufforstung von Blößen – es überwiegen Blößen ohne Bodenbedeckung – wäre eine deutliche zusätzliche Abflussreduktion möglich (um 1,38 m<sup>3</sup>/s km<sup>2</sup>), siehe Abbildung 7-4.

Durch die weitere Verdichtung der lichten Bestände an der Waldgrenze würde die Abflussspende in diesen Bereichen von 3,86 auf 2,61 m<sup>3</sup>/s km<sup>2</sup> sinken (Abbildung 7-4).

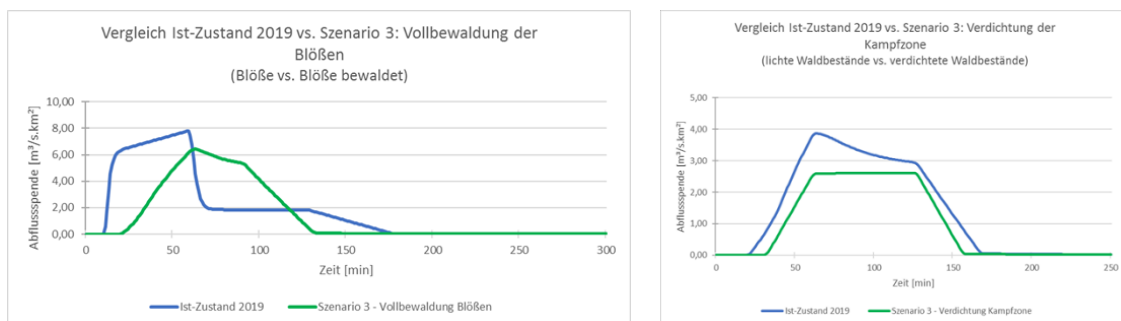


Abbildung 7-4: Tanaser Bach – mögliche Abflussreaktion einer typischen Blöße vor und nach erfolgreicher Wiederaufforstung (linkes Bild), sowie mögliche an der Waldgrenze bei weiterer Verdichtung der Bestände (rechtes Bild). Hier wurde durch die natürliche Verwaldung der letzten Jahrzehnte bei gleichzeitiger Abnahme der Beweidungsintensität schon eine deutliche Verbesserung erreicht.

## 8 Stabilisierungseffekte der Waldvegetation

### Istalanzbach

Die Wirkungen der Waldvegetation zeigen sich sehr deutlich in oberen Bereichen des Untersuchungsgebietes zwischen ca. 1600/1700 m und 1800/1900 m SH. Hier sind der Stabilisierungs- und der Schutzeffekt des Waldes als „gut“ zu bezeichnen. Er schützt vor Steinschlag (z.B. orographisch rechts des Istalanzbaches) und vor Abtrag, der aufgrund des geologischen Substrats, des Oberflächenabflusses aus den Oberhängen und dem starken Interflow (Quellaustritte) möglich wäre.

Die Zone 2 – Stabilisierungs- und Schutteeffekt befriedigend - kennzeichnet den Bereich unterhalb und nördlich des Stillegg (2200 m bis 1900 m SH). Aufgrund der geologischen Verhältnisse (Bergzerreiung; tiefgreifende Bewegungszone) ist die Stabilisierungs- und Schutzwirkung durch den Wald hier nur begrenzt möglich, die geologischen Komponenten dominieren. Umso wichtiger ist hier eine weitgehende Vollbestockung (Überschirmungsgrad 80%-90%, mehrschichtig mit Unterwuchs) um die Dotation des Untergrundes durch Sickerwässer zu reduzieren, wie z.B. auch die Berechnungen von Markart et al. (2016) für den Bereich der Grohangbewegung Kerschbaumsiedlung-Miskopf im Navistal zeigen.

Noch deutlicher wird dies in Zone 3 – Stabilisierungs- und Schutzeffekte mäßig - die den Bereich der relikten Hangbewegung im Fels südlich der Bergstation bei 1800 m SH einnimmt. In den Stirn- und Uferbereichen finden sich rezente (aktuelle) und relikte Hangbewegungen, der Waldbestand ist aufgelockert und von baumfreien und aufgeforsteten Schneisen durchzogen. Hinzu kommt relativ hoher Wassereintrag aus Pisten, Forstwegen und Almwiesen, wobei die Stabilittswirkung des Jungwaldes noch zu gering ist. Bei fortschreitender negativer Entwicklung wäre der Stabilisierungs- und Schutteeffekt weiter abnehmend. Aufforstungsmanahmen könnten hier Abhilfe schaffen.

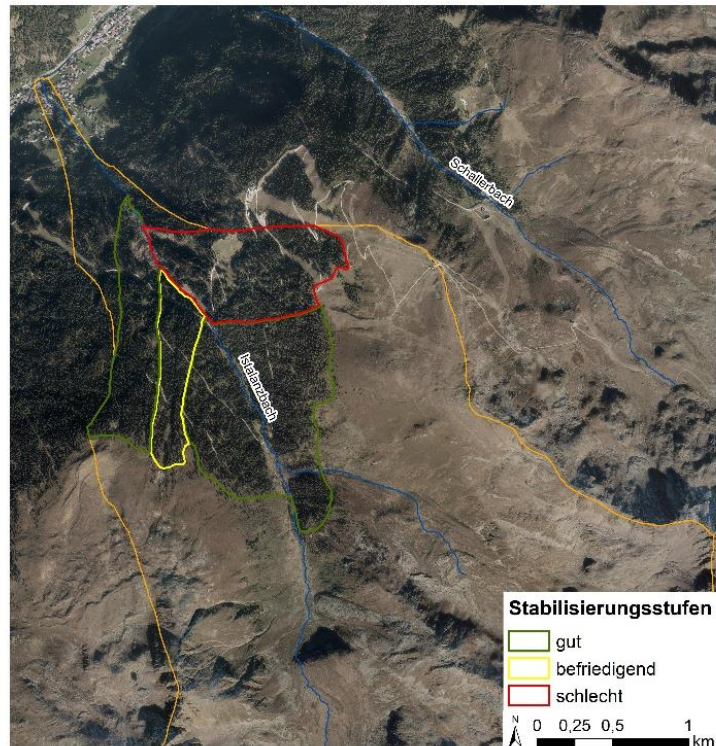


Abbildung 8-1: Istalanzbach – Bereiche mit derzeit guter, befriedigender und schlechter Waldwirkung

#### Tanaser Bach

Die weitgehend geschlossenen Schwarzkiefernbestände im Bereich der Granitgneise von Eysr schützen unterliegende Flächen und das Siedlungsgebiet von Eysr vor geologischen Gefahren, die aufgrund der Störungen und zahlreichen Dislokationsflächen sowie Quetschzonen in diesem Bereich entstehen könnten (vor allem Felsstürze und Rutschungen im Festgestein).

Die Schutzwirkung der Lärchen reichen Bestände mit Fichte und Zirbe vor bis ca. 2000/2100 m SH rechtsufrig des Tanaser Baches und linksseitig im Osten in geologisch-hangdynamischer und hydrologischer Hinsicht kann als „gut“ bezeichnet werden. Der Wald und der Waldboden tragen wesentlich zur Stabilisierung der Hänge bei.

Besonders die linksufrigen Bestände – oberhalb Tanas - sind möglichst unter ausreichender Bestockung zu halten. Das Potenzial natürlicher Verjüngung sollte ausgeschöpft werden und Verjüngungseinleitungen nur sehr kleinflächig erfolgen.

In den Lärchen- Fichtenbeständen mit unterschiedlicher Lückengröße oberhalb von Ober- und Unterfrinig (insbesondere ab ca. 2000 m SH) treten oberflächliche Kriechbewegungen auf, möglicherweise Auswirkungen der Großhangbewegung. Der Schutzeffekt des Waldes im derzeitigen Zustand ist im Hinblick auf die Stabilisierung der Großhangbewegung als „mäßig“ angesehen. Ziel sollte

auch hier die weitgehende Verdichtung der Bestände durch entsprechende waldbauliche Maßnahmen sein, um den Wassereintrag in den Hang zu minimieren.

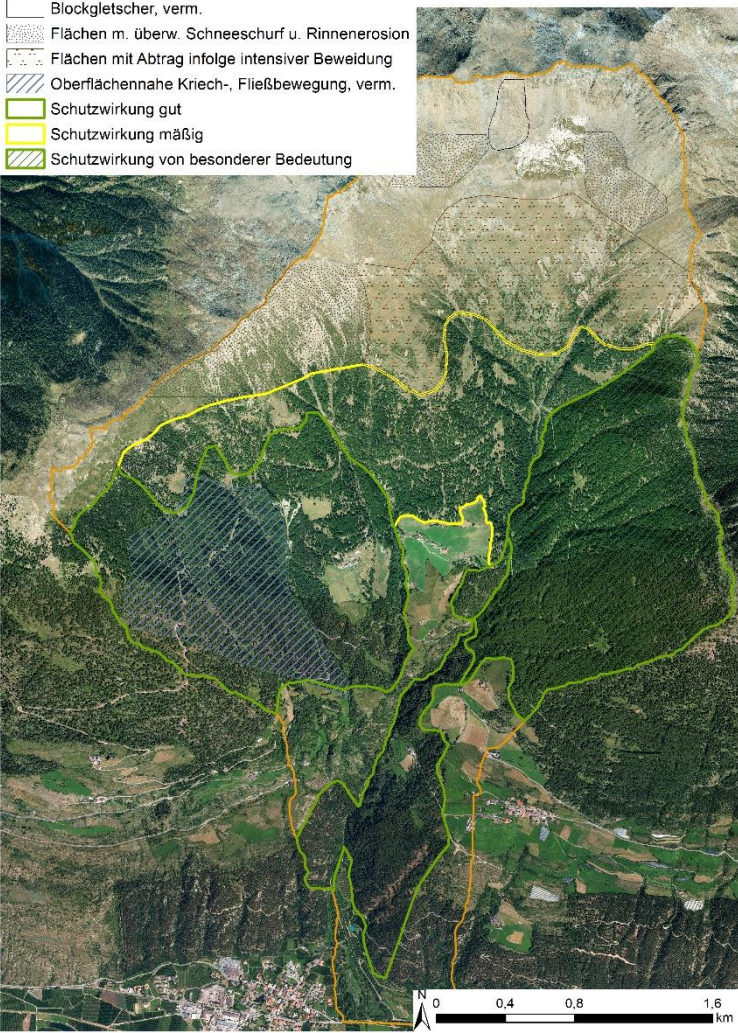


Abbildung 8-2: Tanaser Bach, Bewertung der Schutzfunktionen des Waldes, sowie der hydrogeologischen Bewertung (Bunza 2019).

## Literaturverzeichnis

- BMLFUW (2015): Hochwasserrisikomanagementplan 2015 Risikogebiet: Trisanna - See und Kappl 7002, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1010 Wien
- Bunza, G. (2018): Beurteilung möglicher Stabilisierungs- (und Schutz-)Effekte der Waldvegetation im Istalanzbach bei See im Paznauntal auf Grundlage der geologischen und hydrologischen Verhältnisse sowie geotechnisch-prozessorientierter Erhebungen. Bericht im Rahmen des Interreg ITAT4041-Projektes BLÖSSEN an das Bundesforschungszentrum Wald (BFW), Innsbruck.
- Bunza, G. (2019): Beurteilung der Grabeneinhänge des Tanaser Baches bei Eyr in der Gemeinde Laas im Vinschgau in Bezug auf mögliche Rutschungspotenziale und Hangprozesse sowie Stabilisierungseffekte der Waldvegetation. Bericht im Rahmen des Interreg ITAT4041-Projektes BLÖSSEN an das Bundesforschungszentrum Wald (BFW), Innsbruck.
- Hegg, C. (2006): Waldwirkung auf Hochwasser. LWF-Wissen 55, 29-33.
- Kohl, B. (2011): ZEMOKOST – Entwicklung eines praktikablen Niederschlag-/Abflussmodells zur Modellierung von Hochwasserabflüssen in Wildbacheinzugsgebieten unter Einbeziehung verbesserter Felddaten. Dissertation, Fakultät für Geo- und Atmosphärenwissenschaften, Institut für Geographie, Universität Innsbruck.
- Krainer, K., Hauser, C., Nowotny, A., Pvlík, w., Pestal, G., Rockenschaub, M. und Učík F.H. (2004): Geologische Karte der Republik Österreich, 1 : 50 000, Blatt 144 Landeck, Wien (Geol. B.-A.)
- Markart, G., B. Kohl, R. Starnberger und W. Gallmetzer (2005): Einfluss der Beweidung von begrünten Erosionsflächen oberhalb der Waldgrenze am Tanaser Berg bei Eyr auf Boden und Oberflächenabfluss. Unveröffentlichter Bericht an die Abteilung Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen.
- Markart, G., K. Klebinder und B. Sotier (2016): Beurteilung der hydrologischen Wirksamkeit der Waldvegetation und der Freiflächen im Bereich Kerschbaumsiedlung – Miskopf in Navis - Ableitung von Optimierungsvorschlägen. Projektbericht an die WLV, Sektion Tirol.Tirol Atlas: <https://tirolatlas.uibk.ac.at/topics/chronicle/query.py/index> (12/2019)
- Endrizzi, S., S. Gruber, M. Dall'Amico and R. Rigon (2014): GEOTop 2.0: simulating the combined energy and water balance at and below the land surface accounting for soil freezing, snow cover and terrain effects. *Geosci. Model Dev.*, 7, 2831–2857.
- Rigon, R., G. Bertoldi and T.M. Over (2006): GEOTop: A Distributed Hydrological Model with Coupled Water and Energy Budgets. *Am. Met. Soc.*, Vol. 7, 371-388.