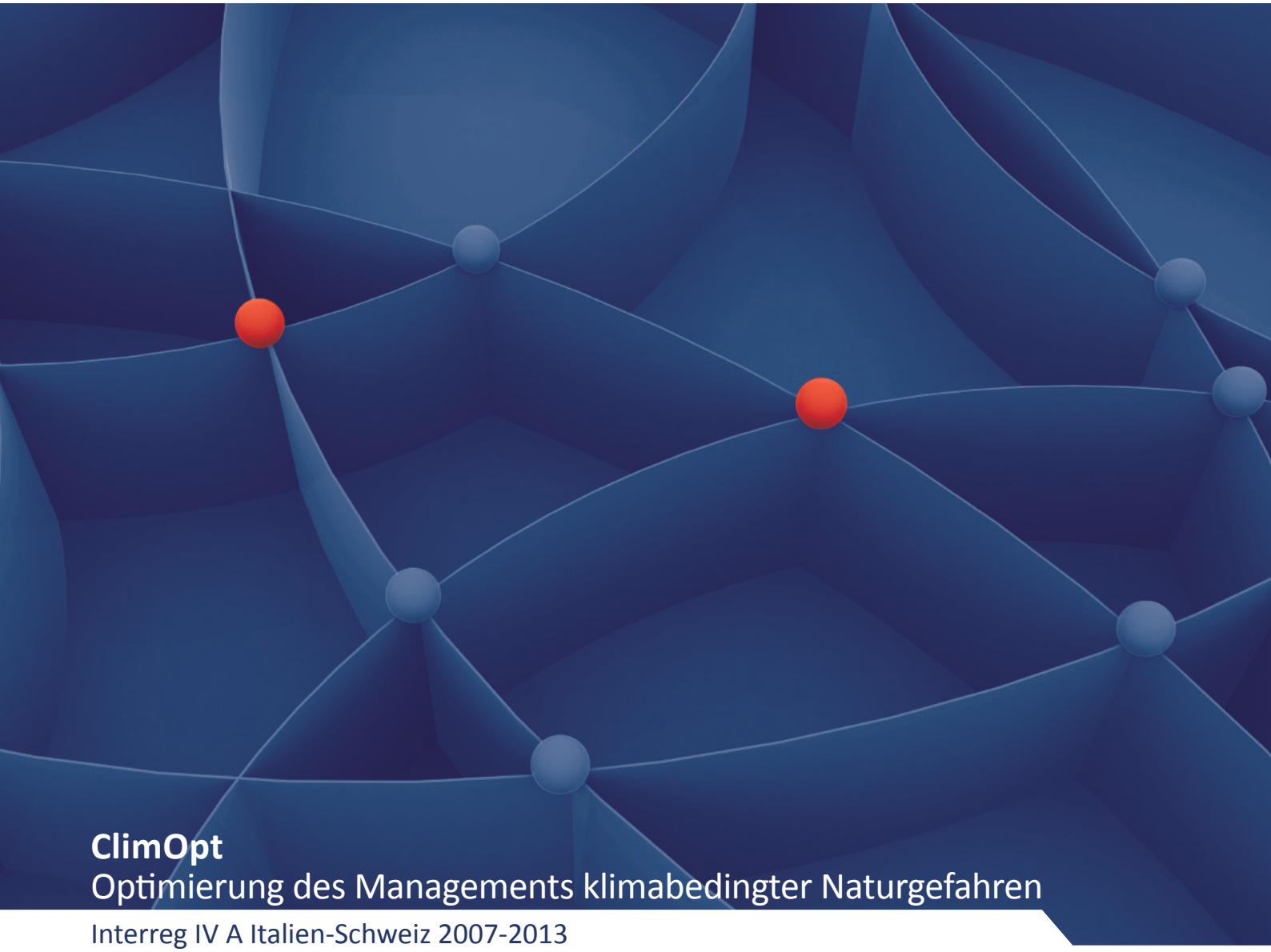
Programma di Cooperazione Transfrontaliera Italia-Svizzera 2007-2013
Le opportunità non hanno confini
FESR

Unione Europea
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

INTERREG
ITALIA-SVIZZERA ITALIE-SUISSE ITALIEN-SCHWEIZ

Projektnummer: 27401079, CUP: E49E11003020007



ClimOpt

Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren

Interreg IV A Italien-Schweiz 2007-2013

Evaluation und Validierung der mit einem halbautomatischen Verfahren erstellten Bodenkarte für das Pilotgebiet Vinschgau (Busetto, 2012) mittels Feldaufnahmen

AUTONOME PROVINZ BOZEN SÜDTIROL
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO ALTO ADIGE

KANTON GRAUBÜNDEN
AMT FÜR WALD UND NATURGEFAHREN

Herausgeber: Autonome Provinz Bozen - Südtirol und Kanton Graubünden

Autonome Provinz Bozen - Südtirol
Abteilung Brand- und Zivilschutz, Drususallee 116, 39100 Bozen
brand.zivilschutz@provinz.bz.it, www.provinz.bz.it/zivilschutz
Abteilungsdirektor Hanspeter Staffler

Kanton Graubünden
Amt für Wald und Naturgefahren, Loëstraße 14, CH-7000 Chur
info@awn.gr.ch, www.awn.gr.ch
Bereichsleiter Christian Wilhelm

© 2014

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

Grafik
sonya-tschager.com

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers gestattet.

ClimOpt – Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren

Interreg Italien-Schweiz 2007-2013

Autoren:

Michael Margreth, Simon Scherrer

Unione Europea
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

INTERREG
ITALIA-SVIZZERA ITALIE-SUISSE ITALIEN-SCHWEIZ

Le opportunità non hanno confini.

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangslage 3

2 Feldaufnahmen 5
2.1 Einleitung 5
2.2 Kriterien für die Auswahl der Transekte und Profilstandorte 5
2.3 Beschreibung der Transekte 6

3 Ergebnisse 8
3.1 Validierung der Bodentypen 8
3.2 Validierung der Bodenmächtigkeit 10
3.3 Validierung der Bodenart 12
3.4 Validierung des Skelettgehaltes 15
3.5 Beobachtungen zur Geologie 16

4 Schlussfolgerungen 18

1 Ausgangslage

Im Rahmen des INTERREG IV A Italien-Schweiz Projektes „IRKIS“ wurde mit Hilfe eines halb automatisierten GIS-Verfahrens eine Bodenkarte für das Vinschgau erstellt. Die Bodenkarte soll Grundlage für die Abschätzung der Wasserspeicherfähigkeit der Böden und für die Klassifizierung der massgebenden Abflussprozesse bereitstellen, um so die Frühwarnung vor extremen Hochwasserereignissen zu verbessern (Autonome Provinz Bozen – Südtirol, 2012). Die Bodenkarte beinhaltet im Wesentlichen homogen abgegrenzte Bodenlandschaften mit den Bodeneigenschaften „Bodentyp“, „Bodenmächtigkeit“, „Skelettgehalt“ und „Textur“. Die Abteilung Brand- und Zivilschutz der Autonomen Provinz Südtirol – Bozen beabsichtigt, die Bodenkarte auch für den restlichen Teil von Südtirol zu erstellen. Deshalb soll die im Pilotgebiet Vinschgau erarbeitete und getestete Methodik evaluiert werden. Die erstellte Bodenkarte bedeckt eine Fläche von 1‘588 km2. Stärken und Schwächen von automatisierten Karten lassen sich einerseits aufgrund der Prüfung der Plausibilität identifizieren. Eigene erfolgreich abgeschlossene Projekte (z.B. Prüfung von Abflussprozesskarten in Rheinland-Pfalz, Erstellung automatisierter Abflussprozesskarten im Kanton Zürich) zeigten, dass die Qualität und Plausibilität automatisierter Karten stark von dem dahinter stehendem Regelwerk abhängt. Wie geeignet das Regelwerk ist, um realistische Bodenkarten herzuleiten, kann zum Teil durch eine Vorerkundung im Büro durch den Vergleich der Grundlagendaten mit der vorliegenden Bodenkarte untersucht werden. Je nach Resultat dieser ersten Plausibilitätsprüfung, kann der Aufwand im Felde räumlich aber auch zeitlich eingegrenzt werden.
Im Rahmen des Interreg-Italien-Schweiz Projektes „ClimOpt – Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren / Ottimizzazione della gestione dei rischi climatici“ erhielt die Bürogemeinschaft Soilcom GmbH / Scherrer AG am 25.10.2012 den Auftrag, die automatisch hergeleitete Bodenkarte (Busetto, 2012)[1] zu prüfen.

Die Plausibiliserung im Büro wurde im Zwischenbericht (Soilcom GmbH / Scherrer AG, 2013)[2] zusammengestellt und die wichtigsten Resultate sind nachfolgend aufgeführt:

Die mit dem halb automatischen Verfahren erstellte Bodenkarte Vinschgau (Busetto, 2012) zeigt einen guten Überblick über die in den einzelnen Tälern vorkommenden Böden. Aufgrund einer ersten Sichtung scheint die Qualität der Karte lokal stark zu variieren.
Auffällig ist, dass sich das Verfahren stark auf die Höhenstufen abstützt, im Freiland ausgeprägter als im Wald. Im Wald scheinen die Einheiten der Vegetationskarte einen bedeutenden Inputparameter darzustellen.

1 Busetto, D. (2012): Erstellung einer Bodenkarte im Vinschgau. Interregionales Früh- und Kriseninformationssystem – IRKIS.

2 Soilcom GmbH / Scherrer AG (2013): Evaluation der Bodenkarte des Vinschgaus im Massstab 1:50‘000 im Rahmen des Interreg IV A Italien-Schweiz Projektes „27401079 ClimOpt – Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren“. Zwischenbericht vom 20.2.2013. Auftraggeberin: Autonome Provinz Bozen Südtirol, Abteilung Brand und Zivilschutz.

Die Bodeneinheiten im Freiland wurden vielerorts zu grossflächig abgegrenzt. Aufgrund unserer Erfahrungen variieren die Bodenmächtigkeiten und die Bodentypen kleinräumig wesentlich stärker als dies anhand der vorliegenden Bodenkarte zum Ausdruck kommt. Die räumliche Auflösung der Bodeninformationen der zu evaluierenden Bodenkarte reicht unserer Meinung nach nicht aus, um mit einer daraus abgeleiteten Abflussprozesskarte die Abflussbereitschaft von kleinen Einzugsgebieten zuverlässig abschätzen zu können.
Substrat und Topographie beeinflussen die Bodenbildung wesentlich und führen, vor allem in alpinem Gelände mit stark variierenden geologischen und topographischen Verhältnissen häufig zu einem kleinräumigen Muster an unterschiedlichen Bodenmächtigkeiten und auch Bodentypen. Dabei spielen die geomorphologische Aktivität des Untergrundes, die Tiefe des anstehenden Festgesteines und das Alter der Ablagerungen eine wesentliche Rolle. Die Berücksichtigung dieser Faktoren bei der Erstellung der Karte lässt sich anhand des Musters und des Inhaltes der Bodeneinheiten nicht in genügendem Ausmass erkennen.
Auch wenn die Jahresniederschläge vielerorts geringer sind als in der Schweiz, gehen wir davon aus, dass vernässte Böden wie Gleye und Pseudogleye im Vinschgau häufiger vorkommen müssten als von der erstellten Bodenkarte angezeigt wird.
Hinsichtlich einer Verwendung der Bodenkarte als Input für eine Abflussprozesskarte sollte die Definition der Bodenmächtigkeit über die streng bodenkundliche Bedeutung hinaus weiter gefasst werden. Sowohl mächtige Ablagerungen wie Hangschutt oder Moränen, als auch durch die Verwitterungsprozesse aufgelockerte Schichten zwischen der eigentlichen Bodenschicht und dem Festgestein (C-Material) stellen bedeutende Speicher dar und tragen stark zur Dämpfung der Abflussbereitschaft von steilen alpinen Einzugsgebieten bei. Mit diesem Thema beschäftigen sich gerade zwei Doktorarbeiten am Institut für Umweltingenieurwissenschaften der ETH in Zürich. Unter Berücksichtigung dieses Gesichtspunkts unterschätzt die vorliegende Bodenkarte die Bodenmächtigkeiten, bzw. das Wasserspeichervermögen vielerorts.
Als Input für die Herleitung einer Abflussprozesskarte müsste die vorliegende Bodenkarte vor allem hinsichtlich der Vorkommen von vernässten Böden, von Lockergesteinsböden, der Variabilität der Bodenmächtigkeiten und hinsichtlich ihrer räumlichen Auflösung mit Hilfe von topographischen Parametern und unter stärkerem Einbezug der geologischen und geomorphologischen Einheiten verbessert werden. Die vorliegende Bodenkarte bietet nach unseren Einschätzungen eine gute und wertvolle Basis für eine solche Weiterentwicklung.

Aufgrund dieser Resultate wurden weitere Grundlagendaten (Geologie, topographische Karten) zusammengetragen und gesichtet und die Feldkampagne (Kap. 2) geplant, indem verschiedene Transekte festgelegt (Kap. 3) und anschliessend die Feldkampagne im September 2013 durchgeführt wurden. Die Resultate sind im Kapitel 4 aufgeführt, die Schlussfolgerungen im Kapitel 5.

2 Feldaufnahmen

2.1 Einleitung

Insgesamt wurden an 106 Standorten die Parameter Bodentyp, Bodenmächtigkeit, Körnung und Skelettgehalt bestimmt. An 27 Standorten wurden Bohrungen mit dem Pürckhauer-Bohrer und an 79 Standorten wurden Handprofile aufgegraben. Es hat sich gezeigt, dass die Pürckhauerbohrungen an vielen Standorten ungeeignet sind, weil ein zu hoher Gehalt an grobem Skelett die Erschliessung der gesamten vorhandenen Bodenmächtigkeit erschwert oder gar verunmöglicht. Zudem lässt sich der Skelettgehalt nur anhand eines Profiles zuverlässig bestimmen. Parameter wie die Bodenvernässung, die aufgrund der visuellen Ansprache aufgenommen werden, lassen sich mit Handprofilen zuverlässiger bestimmen wie anhand von Bohrungen. Das Öffnen und die Ansprache von Handprofilen sind zeitintensiver als die Ansprache von Pürckhauerbohrungen. Deshalb konnten mit dem budgetierten Aufwand für die Feldarbeiten nur 106 anstatt der offerierten 140 Standorte untersucht werden. Der Vorteil der qualitativ besseren und vollständigeren Ansprache des Bodens überwiegt aber den Nachteil der reduzierten Anzahl an untersuchten Standorten.

Die Handprofile wurden meist an Standorten mit einem schon vorhandenen Aufschluss in der Nähe der Strasse angelegt. Einige Gebiete in höheren Lagen, deren Untersuchung für eine umfassende Beurteilung der Bodenkarte unerlässlich war, waren mit dem Auto nicht zugänglich. Zum Erreichen dieser Standorte mussten teilweise Gehzeiten von mehreren Stunden aufgewendet werden.

2.2 Kriterien für die Auswahl der Transekte und Profilstandorte

Die Profil- und Bohrstandorte wurden nach folgenden Kriterien festgelegt:

1. ***Topographische Standortfaktoren:*** Es besteht ein wesentlicher Einfluss der topographischen Faktoren wie Höhenlage, Geländeneigung, Exposition und Geländeformen auf die Bodenbildung. Mit der Anordnung der Standorte in Transekten soll vor allem die Abhängigkeit der Bodenbildung von der Höhenlage erfasst werden. Die vorgängig durchgeführte Sichtung der Bodenkarte hat gezeigt, dass im verwendeten automatisierten Verfahren ein starker Einfluss der Höhenlage auf die Bodenbildung angenommen wurde. Der Einfluss von Faktoren wie der Geländeneigung, der Exposition und der Geländeformen wurden im Verfahren hingegen eher als schwach angenommen.
2. ***Geologie:*** Wesentliche Fehlerquellen in der automatisierten Herleitung von Bodeneigenschaften sind die ungenügende räumliche Auflösung der geologischen Karten und das noch fehlende Prozessverständnis der Bodenverwitterung in Abhängigkeit des Ausgangsmaterials. Schwierigkeiten entstehen vor allem in Gebieten, wo die quartären Deckschichten wie

Moränen, Hangschutt-, Bergsturz- oder Murgangablagerungen zu wenig präzise auskartiert wurden. Solche Lockergesteinsablagerungen haben nicht nur einen wesentlichen Einfluss auf die Bodenbildung (Bodentyp, Mächtigkeit, Skelettgehalt), sondern auch auf die Abflussbildung.

3. ***Bodenvernässung:*** Die Sichtung der Bodenkarte und der verfügbaren Grundlagen haben uns dazu bewogen, auch einigen Standorte auf ihre Bodenvernässung hin zu überprüfen.
4. ***Erreichbarkeit:*** Die Erreichbarkeit von Standorten mit dem Auto war ein ausschlaggebendes Kriterium zur Planung der Feldkampagne.

Obwohl vom Auftraggeber nicht vorgesehen, wurden viele Standorte im Wald untersucht. Hierfür gibt es die folgenden Gründe:

- Die Sichtung der erstellten Bodenkarte hat ergeben, dass die Schwachstellen des verwendeten automatisierten Verfahrens systematisch auftreten und deshalb auch in Waldgebieten zu fehlerhaften Ergebnissen führen.

- Die Untersuchung von Transekten konnte so wesentlich vereinfacht werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen liefern so ein vollständigeres Bild zur Bodenbildung entlang eines Transekts.

Viele Standorte auf Freilandgebieten liegen in höheren Lagen und sind somit schlechter erreichbar. Eine Beschränkung der Standorte auf Freilandgebiete hätte eine wesentliche Reduktion der Anzahl an untersuchten Standorten und der unterschiedlichen Regionen zur Folge gehabt.

2.3 Beschreibung der Transekte

Nach den oben aufgeführten Kriterien wurden 20 Transekte ausgewählt. Während der Feldkampagne zeigten sich wiederholende Muster, was dazu führte, dass eine neue Gewichtung vorgenommen wurde und die in Tabelle 1 aufgeführten Gebiete dann aufgesucht wurden. Drei Transekte wurden fernab von fahrbaren Strassen und Wegen erhoben (VI, IV und VIIzz).
Die Lage der Transekte und der einzelnen Standorte sind im beiliegenden Shapefile und auf zwei Karten (PDF) ersichtlich. Die im Feld erhobenen Attribute sind in der beiliegenden Excel-Tabelle beschrieben.

Tabelle 1: Die untersuchten Transekte

Bezeichnung	Höhe [m ü.M.]	Geologie (gem. APB_Geologie75	Exposition
I 1-9, Göflan Aussernordersberg	800 – 1900	Gneis, Moräne, Glimmerschiefer	N
II 1-10, Laas-Tarnellerwald	1100 – 2000	Gneis	N
III 1-5, Martell	1200 – 1400	Moräne	SE
IV 1-9, Rojental-Alpberg	2000 – 2400	Gneis, Schiefergneis, Hangschutt	SE
V 1-8, Graun-Rossbodenalm	2000 – 2400	Schiefergneis, Moräne	S
VI 1-10, St.Valentin-Seeberkopf	1900 – 2700	Gneis, Schiefergneis	E / N
VIIy 1-4, Schlinig-Pforzheimerhütte	2300	Moräne	SE
VIIzz 1-6, Watler-Zerzertal	2100 – 2500	Gneis, Schiefergneis, Hangschutt	SE / NE
VIII 1-4, Mals-Spitzige Lun	1600 – 2000	Quarzphylit, Gneis	SE
XIV 1-12, Latsch-St.Martin	700 – 1700	Zweiglimmergneis	S
XV 1-9, Vetzan-Tappein	800 – 1500	Gneis	S
XII 1-8, Kartaus-Klosteralpe	1400 – 2100	Hangschutt, Zweiglimmergneis	NE
XIIx 1-5, Katharineberg-Dick	1000 – 1700	Gneis	W
XIII 1-7, Naturns, Schnatz	800 – 1600	Zweiglimmergneis, Hangschutt, Moräne	S

3 Ergebnisse

Es werden die folgenden Parameter der Bodenkarte validiert:

1. Bodentyp
2. Bodenmächtigkeit
3. Körnung
4. Skelettgehalt

Bei der Validierung der erwähnten Parameter werden die Ergebnisse der Bodenkarte mit den im Feld erhobenen Ergebnissen verglichen. Die Beurteilung der Bodenkarte hinsichtlich der Parameter umfasst das gesamte Untersuchungsgebiet. Bei der Beurteilung der im Folgenden präsentierten Ergebnisse gilt es zu beachten, dass die Bodenklassifikation bei der Ansprache vor allem der Bodentypen einen gewissen Interpretationsspielraum offen lässt. Zudem gilt es zu berücksichtigen, dass die Ansprache der Bodenart eine Fühlprobe darstellt und keine Laboranalysen zur Eichung der Schätzungen vorlagen. Auch die Ansprache des Skelettgehaltes wird mit einer Schätzung vorgenommen.

3.1 Validierung der Bodentypen

In der Bodenkarte Vinschgau sind die Bodentypen zu Klassen zusammengefasst. Die Klassenbildung macht insofern Sinn, dass es sehr schwierig sein dürfte, einzelne Bodentypen korrekt zu modellieren. Vor allem die Differenzierung von Podsolen und Braunerden ist sehr schwierig. Einige Klassen hingegen enthalten verschiedene Bodentypen, wie die Klassen E, I und J. Wenn Braunerden, Pararendzinen und Ranker beispielsweise in der gleichen Klasse vorkommen, ist die Aussagekraft der ausgewiesenen Einheiten entsprechend gering oder gar widersprüchlich.

Abbildung 1 zeigt den Vergleich der modellierten (A-M) und den im Feld beobachteten Bodentypen. Auf der Y-Achse sind die einzelnen Bodentypenklassen der Bodenkarte dargestellt. Die Säulen der X-Achse zeigen die Anteile der im Feld beobachteten Bodentypen. Beispielsweise wurden an den 19 Standorten, wo die Bodenkarte Vinschgau Ranker oder humusreiche Ranker anzeigt (Klasse B), im Feld Felsbraunerde, Feuchtschwarzerden, Gleye, Lockergesteinsbraunerden, Niedermoore, Podsole und Ranker aufgenommen.

Die Validierung der Bodentypen zeigt folgende auffälligen Aspekte:

1. Vernässte Böden wie Feuchtschwarzerden, Gleye und Niedermoore kommen auch in den steileren Lagen und in den Seitentälern häufiger vor, als in der Bodenkarte Vinschgau ausgewiesen. Es handelt sich hierbei um Austrittsstellen von Grund- oder Hangwasser, Quellstandorte oder Standorte entlang von Bächen. Staunässe dürfte im Vinschgau kaum vorkommen. Abbildung 1

zeigt, dass vernässte Böden vor allem bei den Bodentypenklassen B, C, L und M beobachtet wurden. Besonders betroffen sind das Schlinigtal, das Oberdorfertal/Zezertal und das Rojental. Zudem wurden einzelne vernässte Böden auch im Langtauferstal und im Martelltal beobachtet. Auch im Schnalstal dürften sie nicht unbedeutend sein. Standorte mit vernässten Bodenhorizonten weisen gegenüber unvernässten Böden eine geringere Speicherfähigkeit und somit eine höhere Abflussbereitschaft auf. Deren korrekte Ausweisung in der Bodenkarte ist von grosser Bedeutung.

2. Im Allgemeinen dominieren an den untersuchten Standorten Ranker und Podsole (siehe Abbildung 1). Der Anteil an Fels- und Lockergesteinsbraunerden und an Gebirgsschwarzerden ist niedriger als erwartet. Entsprechend kommen in allen Klassen, wo in der Bodenkarte Braunerden ausgewiesen werden (D, E, F, G, I, J, L), viele Ranker vor. Bei den Klassen E, F, I, J und L dominieren die Ranker. Es zeigt sich, dass das Muster an vorkommenden Bodentypen kleinräumig stärker variiert, als von der Bodenkarte ausgewiesen. Gut entwickelte Böden und Rohböden kommen im steileren Gelände auf allen Höhenstufen vor. Deren Verbreitung hängt eher von den topographischen Parametern wie Neigung, Geländeformen und vor allem von der Verbreitung der Lockergesteinsbedeckung und früheren geomorphologischen Prozessen ab als von der Höhenstufe. Die Gewichtung der Höhenstufe im verwendeten Verfahren erachten wir als zu gross.
3. Nur an einem Standort konnte ein kalkhaltiger Boden festgestellt werden, eine Rendzina auf einer Moräne über Marmorgestein. Pararendzinen, Kalkbraunerden, Kalkbraunlehme oder Pelosole wurden keine beobachtet.

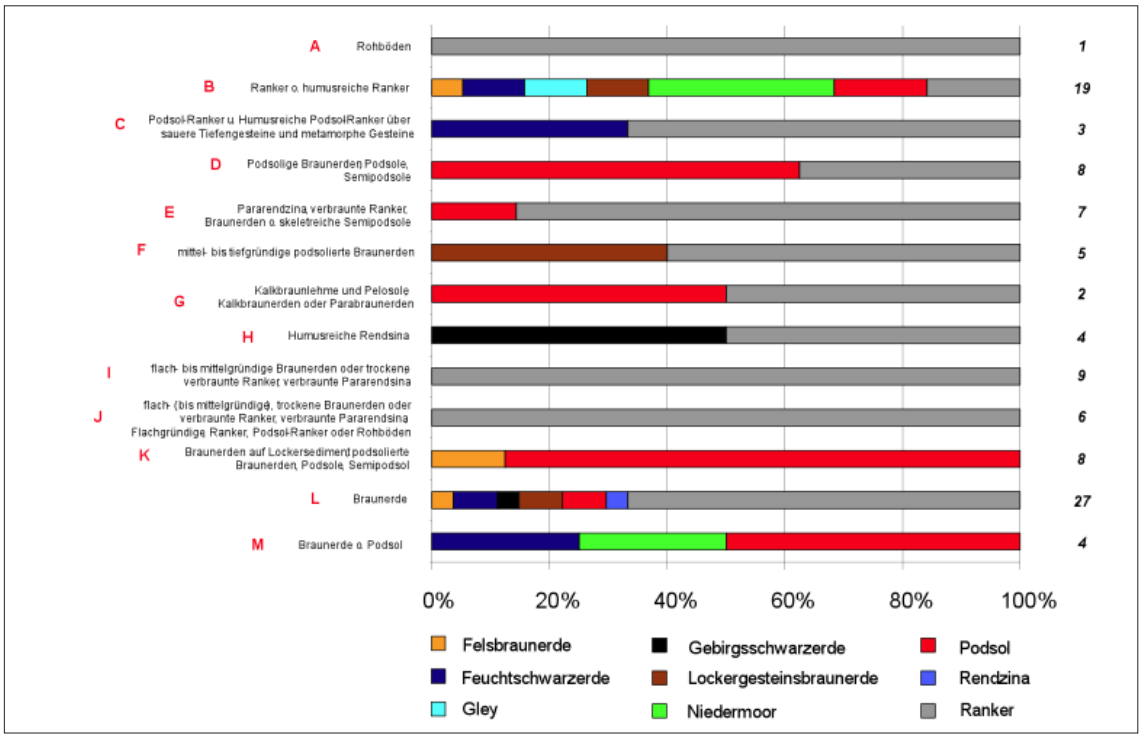


Abbildung 1: Vergleich der modellierten Bodentypen(-klassen) mit den Bodentypen an den im Feld untersuchten Standorten. So wurden beispielsweise an den 19 Standorten, wo die Bodenkarte Vinschgau Ranker oder humusreiche Ranker anzeigt (Klasse B), im Feld Felsbraunerden, Feuchtschwarzerden, Gleye, Lockergesteinsbraunerden, Niedermoore, Podsole und Ranker aufgenommen.

3.2 Validierung der Bodenmächtigkeit

Im bodenkundlichen Sinn wird die Mächtigkeit des C-Horizonts für die Ansprache der Mächtigkeit des gesamten Bodenprofils berücksichtigt (Nestroy et al., 2011). Da je nach Beschaffenheit auch der C-Horizont noch als bedeutender Speicher funktionieren kann, macht diese Regelung für die Verwendung der Bodenmächtigkeiten zur Herleitung von Abflussprozesskarten durchaus Sinn.
Für die Validierung der Bodenmächtigkeiten der Bodenkarte wurden die Klassen gemäss der Klassifikation der Schweiz verwendet (vgl. Tabelle 2; Bunner et al., 1997[3]). Auf dieser baut das Regelwerk zur automatischen Herleitung der Abflussprozesskarten auf.

Tabelle 2: Klassifikation der Bodenmächtigkeit gemäss Bodenklassifikation der Schweiz. Da die Herleitung der Abflussprozesskarten auf diesen Klassen beruht, wurde sie als Grundlage für die Validierung der Bodenmächtigkeiten verwendet.

Klassen	Mächtigkeitsbereiche
1	> 100 cm
2	70-100 cm
3	50-70 cm
4	30-50 cm
5	10-30 cm
6	0-10 cm

Wird bei der Validierung der Bodenmächtigkeiten der Bodenkarte Vinschgau der C-Horizont zur Herleitung der gesamten Bodenmächtigkeit berücksichtigt, so zeigt sich, dass die Bodenmächtigkeiten in der Bodenkarte vielerorts unterschätzt wird (vgl. Abb. 2). Für die Mächtigkeit der Bodenkarte Vinschgau wurde hierzu die Angabe des Attributes „depth“ verwendet. An 15% der Flächen konnte eine Übereinstimmung festgestellt werden. An über fast 70% der Flächen wurden die Bodenmächtigkeiten um eine bis drei Klassen unterschätzt.
Würde auf Basis dieser Bodenkarte eine Abflussprozesskarte erstellt, dann würde die Abflussbereitschaft von vielen Gebieten stark überschätzt werden. Was zu diesen starken Abweichungen führt, ist nicht ersichtlich, aber es scheint im Regelwerk zur Herleitung der Bodenmächtigkeiten ein systematischer Fehler aufzutreten. Weitere mögliche Erklärungen wären, dass zur Bestimmung der Bodenmächtigkeiten der im Modell verwendeten Eichdaten der C-Horizont nicht zur gesamten Bodenmächtigkeit berücksichtigt oder der Skelettgehalt abgezogen wurde.

3 Brunner J., Jäggli F., Nievergelt J., Peyer K., 1997: Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Kartieranleitung. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich Reckenholz.

Es gilt zu berücksichtigen, dass diese Überprüfung auf Punktaufnahmen beruhen und die Bodenmächtigkeit kleinräumig stark variieren kann. Doch eine solch starke Abweichung kann nicht aufgrund einer fehlenden Repräsentativität der untersuchten Standorte erklärt werden.

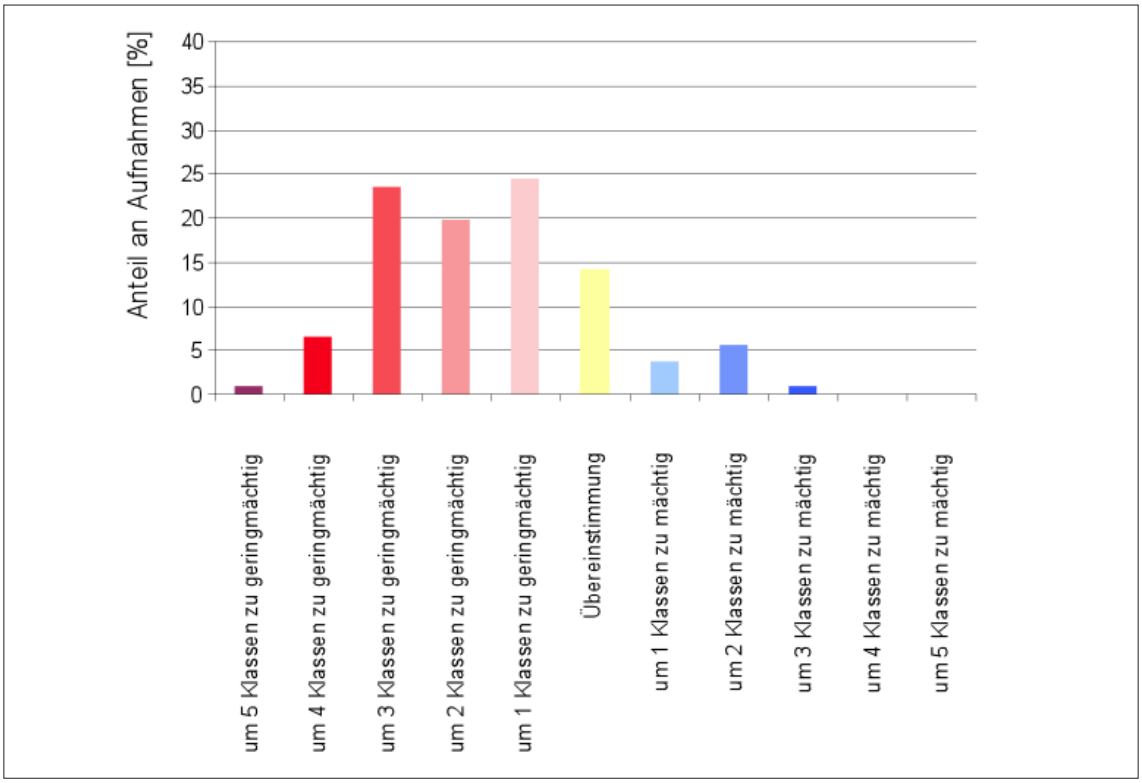


Abbildung 2: Bodenmächtigkeiten der Bodenkarte Vinschgau im Vergleich mit den Bodenmächtigkeiten der Feldaufnahmen. Für die Herleitung der Bodenmächtigkeiten an den Profilstandorten wurden die C-Horizonte berücksichtigt.

Werden für die Validierung der Mächtigkeiten der Bodenkarte Vinschgau die Bodenmächtigkeitsklassen verwendet, so ergibt sich ein etwas besseres Bild (vgl. Abbildung 3). Hierzu wurden die im Feld beobachteten Mächtigkeiten in die Mächtigklassen der Österreichischen Bodensystematik übersetzt, die auch von Busetto et al. (2012) verwendet wurde. Auf der Y-Achse sind die Mächtigkeitsklassen der Bodenkarte Vinschgau aufgetragen, die eingefärbten Säulen zeigen die an den entsprechenden Standorten beobachteten Mächtigkeitsklassen. Es ist ein positiver Trend ersichtlich, dass mit zunehmender Mächtigkeit in der Bodenkarte auch der Anteil an sehr mächtigen Böden zunimmt. Ebenfalls positiv zu werten ist, dass auf den gemäss der Bodenkarte Vinschgau mittel bis tiefen Böden im Feld keine flachen Böden beobachtet wurden. Es fällt aber auch auf, dass an allen Einheiten mit sehr flachen, flachen und mittleren Mächtigkeiten der Anteil an im Feld beobachteten tiefen und tief bis sehr tiefen Mächtigkeiten mindestens 50% beträgt. Es konnten bei allen 6 Mächtigkeitsklassen von sehr flach bis (flach)-mittel-(tief) flache, mittlere, tiefe und tief bis sehr tiefe Mächtigkeiten beobachtet werden.

Dies zeigt, dass in der verwendeten Methodik der Einfluss der Höhenlage auf die Herleitung der Bodenmächtigkeiten zu stark ist. Für die räumliche Verteilung der Bodenmächtigkeit ist der Einfluss von Geländeneigung, Geländeformen und von der Bedeckung von Lockergesteinsablagerungen ebenso wichtig wie für die Verteilung der Bodentypen. Tendenziell zeigt auch dieser Vergleich, dass die Bodenmächtigkeiten in der Bodenkarte Vinschgau generell stark unterschätzt werden.

Die verwendeten Klassen für die Bodenmächtigkeit (Busetto, 2012) haben zum Teil zu grosse Spannweiten, um hoch aufgelöste Abflussprozesskarten zu erstellen. Dies gilt vor allem für die Klassen 31-60cm und 61-120cm. Wenn diese Klassen auch noch zusammengefasst werden wie zu Beispiel bei den Klassen sehr flach - flach - mittel oder mit (flachen) – mittel – (tiefen) oder auch flach – mittel und mittel – tief ist die Aussagekraft der Bodenkarte für die Einschätzung der Abflussreaktion der einzelnen Flächen zu tief.

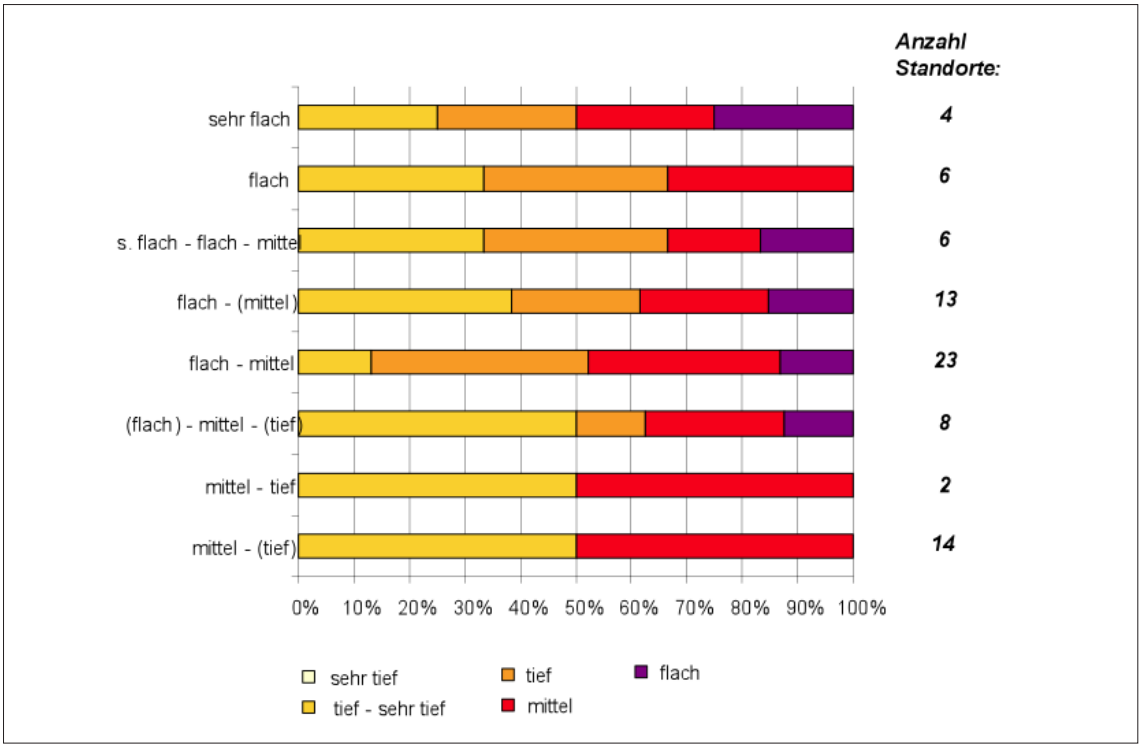


Abbildung 3: Bodenmächtigkeiten der Bodenkarte Vinschgau im Vergleich mit den Bodenmächtigkeiten der Feldaufnahmen. Für die Herleitung der Bodenmächtigkeiten an den Profilstandorten wurden die C-Horizonte berücksichtigt.

3.3 Validierung der Bodenart

An 97 Standorten wurde vom Oberboden und an 83 der 106 Standorten wurde vom Unterboden die Körnung gemäss Österreichischer Bodensystematik abgeschätzt (vgl. Abbildung 4).

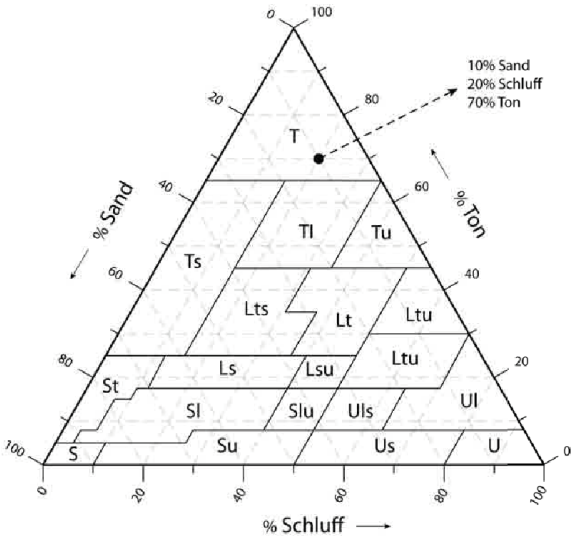


Abbildung 3: Körnungsdreieck nach DIN 4220.

Die Bodenart wurde mit der Fühlprobe eingeschätzt. An Standorten ohne Angaben zur Bodenart war entweder der Anteil an organischer Substanz zu hoch, um eine zuverlässige Fühlprobe durchzuführen (beispielsweise bei Mooren oder Humusauflagen oder es war kein Unterboden vorhanden. Eine Übersicht über die an den Standorten angesprochenen Bodenarten im Ober- (Abb. 5A) und Unterboden (Abb. 5B) zeigt, dass im Vinschgau die sandigen Korngrössenklassen dominieren. An über 90% der untersuchten Standorte kommen die Korngrössenklassen schluffiger Sand (Su) und lehmiger Sand (Sl) vor. Tonanteile von mehr als 20% und Schluffanteile von mehr als 50% wurden kaum angetroffen. Zur Validierung wurde die modellierte Körnung der Bodenkarte Vinschgau mit den im Feld erhobenen Körnungsklassen im Ober- (Abb. 6A) und im Unterboden (Abb. 6B) verglichen. Eine Beurteilung der modellierten Körnung ist nicht abschliessend möglich, weil in Busetto et al. (2012, Tabelle 8, S.11) keine Angaben zu den Ton- und Schluffanteilen der jeweiligen Klassen vorliegen.

Es zeigt sich aber, dass die in der Bodenkarte vorkommende Vielfalt an Korngrössenklassen im Feld nicht beobachtet wird. Bei allen gemäss Bodenkarte vorkommenden Korngrössenklassen (s. leicht bis schwer - s. schwer) wurden im Feld sowohl im Ober- wie im Unterboden schluffige und v.a. lehmige Sande (Su und Sl) beobachtet (vgl. Abb. 6A für den Oberboden und 6B für den Unterboden). Würde die Bodenkarte Vinschgau zuverlässige Körnungsklassen wiedergeben, müsste der Anteil an im Feld aufgenommenen Ls-, Lsu- und Lt- Böden im Ober- und Unterboden bei den Klassen der mittleren und schweren Böden zunehmen, was aber nicht der Fall ist.

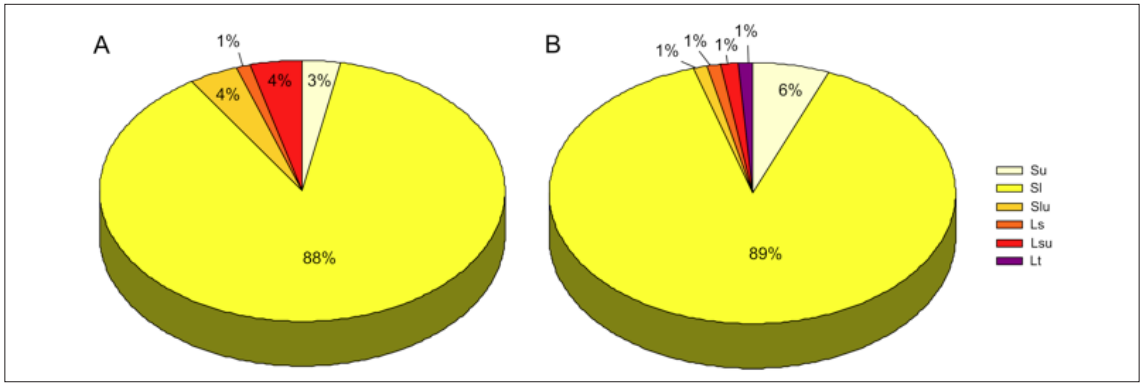


Abbildung 4: Im Feld abgeschätzte Körnungsklassen für den Oberboden A und den Unterboden B. Die Körnungsklasse lehmiger Sand(90%) dominieren die Böden in den untersuchten Gebieten des Vinschgau stark. Böden mit einem Tongehalt von mehr als 20% Ton und mehr als 30% Schluff bilden eher die Ausnahme.

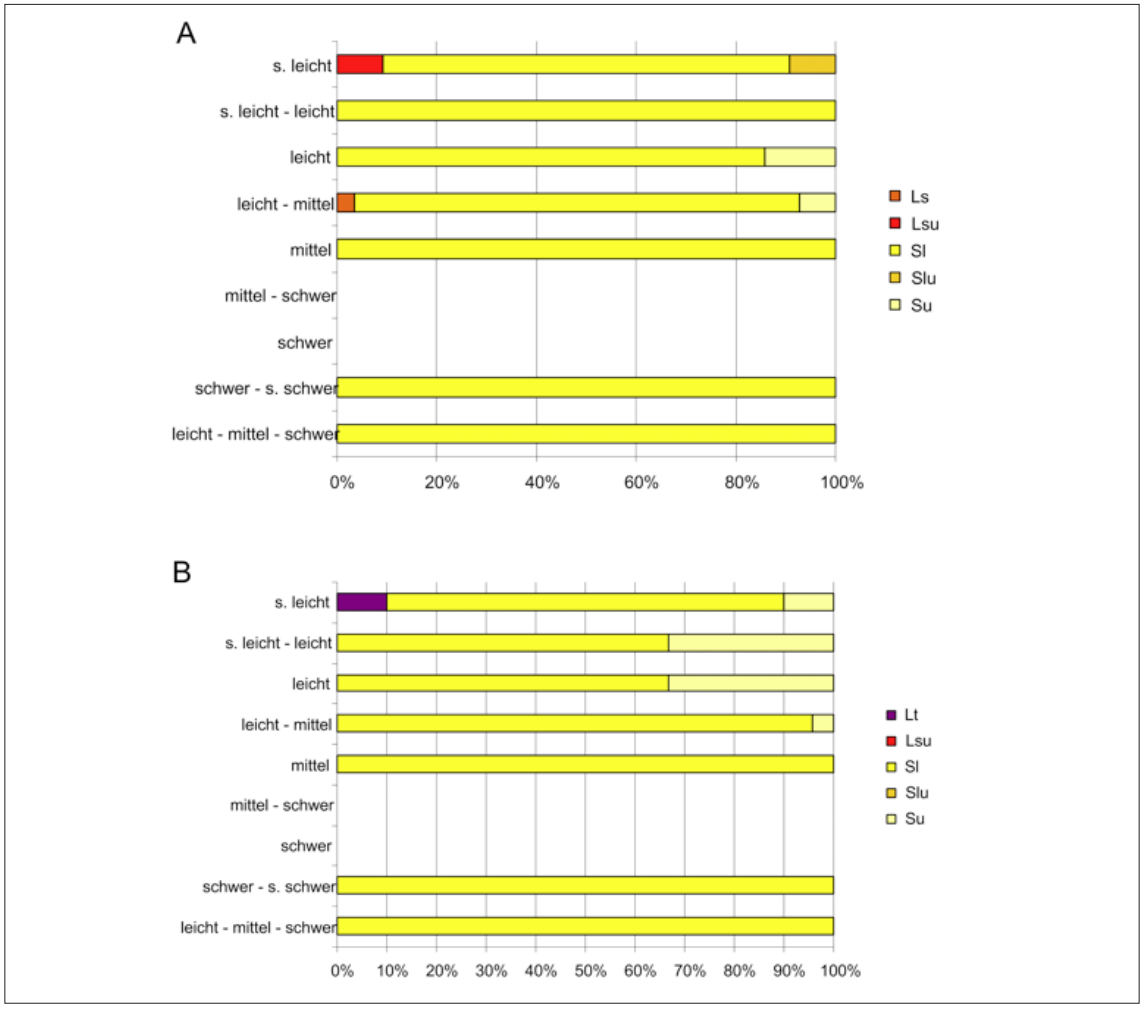


Abbildung 5: Anteil der im Feld beobachteten Körnungsklassen für jede in der Bodenkarte ausgewiesene Körnungsklasse für den Ober- (A) und den Unterboden (B). Die in der Bodenkarte vorkommende Vielfalt in der Körnung konnte im Feld nicht beobachtet werden. Es dominieren durchwegs schluffige Sande (Su) und lehmige Sande (Sl).

3.4 Validierung des Skelettgehaltes

Ein Vergleich der in der Bodenkarte ausgewiesenen mit den im Feld aufgenommenen Skelettgehalten zeigt, dass die Bodenkarte die Skelettgehalte nicht mit genügender Genauigkeit herleiten kann. Im Oberboden dominieren Skelettgehalte von 10-40% (vgl. Abb. 7A), im Unterboden von 20-60% (vgl. Abb. 7B). Es ist auch keine Tendenz ersichtlich, dass mit Zunahme der Skelettgehalte in der Bodenkarte auch die im Feld erhobenen Skelettgehalte zunehmen würden (vgl. Abbildungen 7A und 7B). Die Abschätzung der Skelettgehalte im Feld ist manchmal schwierig vorzunehmen. Es sind auch in unserem Team manchmal verschiedene Schätzungen aufgetreten.

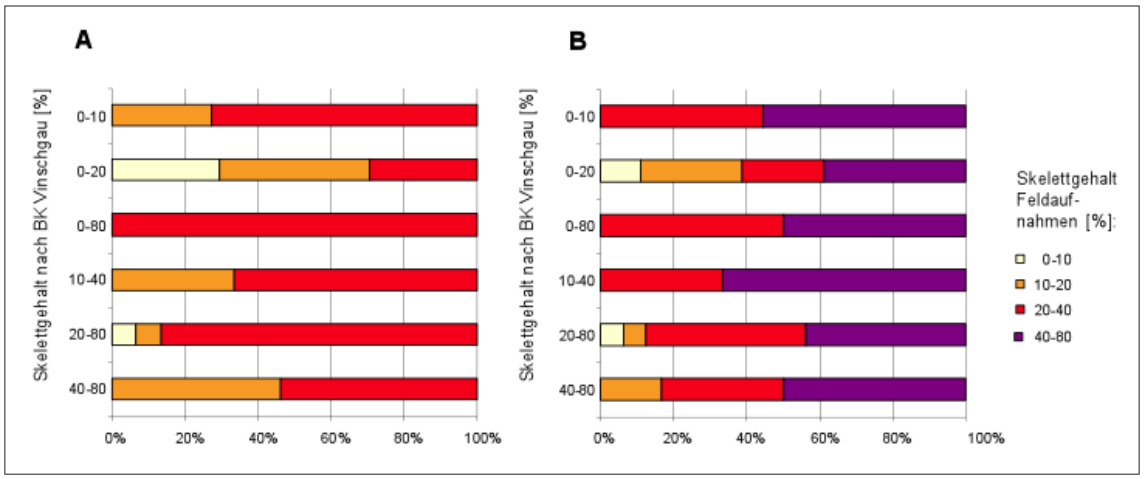


Abbildung 6: Anteil der im Feld beobachteten Skelettklassen für jede in der Bodenkarte ausgewiesene Skelettklasse für den Ober- (A) und den Unterboden (B).

3.5 Beobachtungen zur Geologie

Für eine automatisierte Herleitung von Bodeneigenschaften und Abflussprozesskarten stellen qualitativ gute geologische Karten eine wichtige Voraussetzung dar. Es zeigt sich, dass die quartären und rezenten Deckschichten sehr verbreitet und in der geologischen Karte zuwenig genau abgebildet sind.

An 102 der 106 untersuchten Standorte wurde die Geologie am Standort bestimmt. Eine Gegenüberstellung der im Feld bestimmten mit der in der geologischen Karte ausgewiesenen Geologie zeigt, was schon im Zwischenbericht erwähnt wurde. An rund 50% der Standorte weist die geologische Karte anstehendes festes Ausgangsgestein wie beispielsweise Gneis oder Glimmerschiefer aus, während die Beobachtungen im Feld klar quartäre Ablagerung wie Moränen oder Hangschutt das Festgestein zeigten (vgl. Abb. 8). An 45% der Standorte stimmen Geologie der geologischen Karte mit der Feldbeobachtung überein. Nur an 7% der Standorte zeigt die geologische Karte Quartär und die Beobachtung Festgestein. Es ist keine Vinschgauer Eigenheit, sondern wird oft beobachtet, dass in geologischen Karten den Deckschichten wenig

Aufmerksamkeit geschenkt wird. Für bodenkundliche oder hydrologische Zwecke sind sie aber wesentlich, auch wenn sie nur wenige Meter mächtig sind.

Es ist zudem der Eindruck aufgekommen, dass sich die Zerfalls- oder Verwitterungsproduckte der verschiedenen Gesteine oft kaum oder nur wenig unterscheiden. Dies lässt sich gut an der relativ homogenen Körnung erkennen, die im Feld beobachtet wurde. Eine mögliche Erklärung für die grossen Abweichungen der modellierten von der im Feld beobachteten Körnung wäre, dass im Modellregelwerk eine grössere Vielfalt der Verwitterungsprodukte und somit eine grössere Vielfalt der Korngrössen erwartet wurde.

Eine von Hand kartierte geomorphologische Karte würde nicht nur die Qualität der Bodenkarte, sondern auch der Abflussprozesskarte entscheidend verbessern.

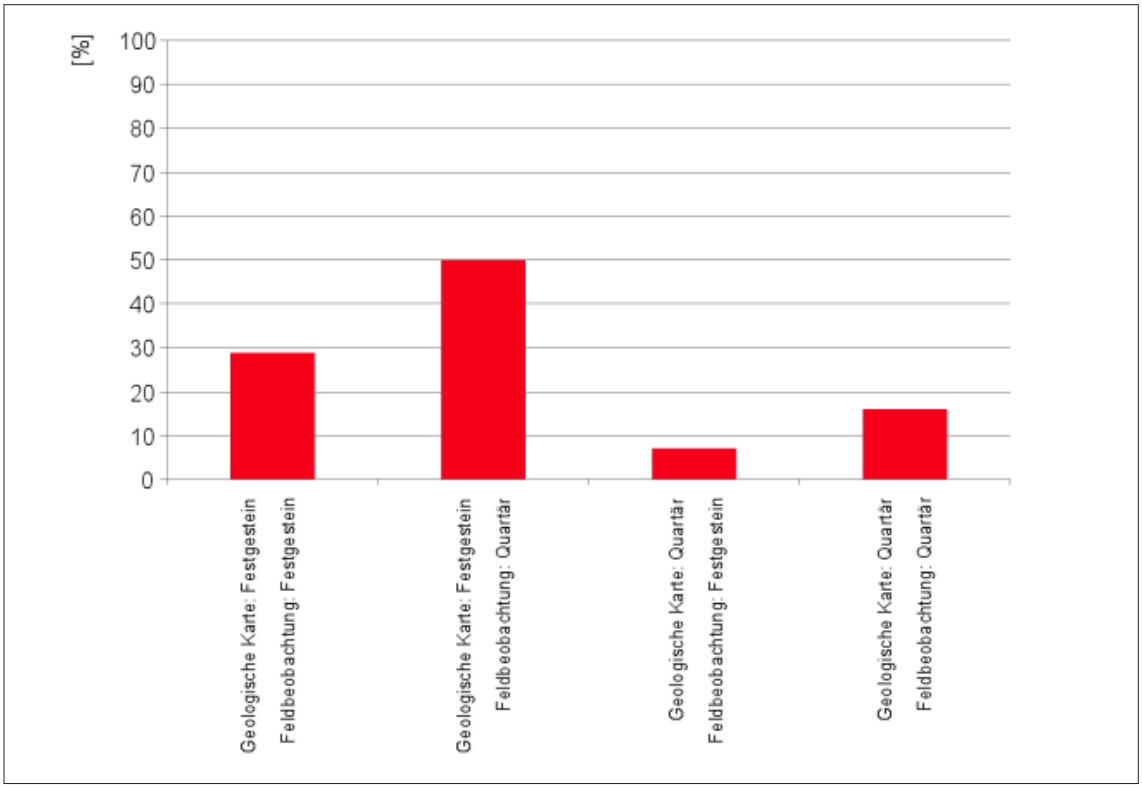


Abbildung 7: Vergleich des Ausgangsgesteins der geologischen Karte mit den Beobachtungen im Feld bezüglich der unmittelbar an der Oberfläche sichtbaren Beschaffenheit „Festgestein/Lockermaterial“ an 102 Standorten. Es zeigt sich, dass in der geologischen Karte die Ausdehnung der Lockermaterialschichten zur Herleitung von Boden- und Abflussprozesskarten zu wenig exakt auskartiert wurden.

4 Schlussfolgerungen

Die Schlussfolgerungen beziehen sich auf den Vergleich der Bodenkarte mit den Feldbeobachtungen.

Durchgeführte Sondierungen: An 106 Bodenprofilen verteilt auf 14 Transekte zwischen 800 und 2700 m ü.M. wurde die modellierte Bodenkarte überprüft.

a) Validierung der Bodentypen:

- Die Ansprache von Bodenprofilen und die Zuweisung zu bestimmten Bodentypen führt bei Bodenkundlern immer wieder zu Diskussionen, da die Bodenklassifikation Interpretationsspielraum offenlässt. Die Bodenkarte weist Klassen von Böden aus, die z.T. ungünstig gewählt sind. Wenn beispielsweise Braunerden, Pararendzinen und Ranker in der gleichen Klasse vorkommen, ist die Aussagekraft der ausgewiesenen Einheiten entsprechend gering oder gar widersprüchlich.

- Vernässte Böden wurden bei Austrittsstellen von Grund- oder Hangwasser, an Quellstandorten oder Standorte entlang von Bächen beobachtet. Auf der Bodenkarte sind sie nicht vermerkt.

- Die Feldbeobachtungen zeigen, dass in den Hängen und Seitentälern des Vinschgaus viele Ranker und Podsole vorkommen. Braunerden treten überraschend selten auf.

- Die Gewichtung der Höhenstufe im verwendeten Verfahren erachten wir als zu gross.

b) Validierung der Bodenmächtigkeit

- An über fast 70% der Flächen wurden die Bodenmächtigkeiten um ein bis drei Klassen unterschätzt. Würde auf Basis dieser Bodenkarte eine Abflussprozesskarte erstellt, dann würde die Abflussbereitschaft von vielen Gebieten stark überschätzt werden. Im Regelwerk zur Herleitung der Bodenmächtigkeit scheint ein systematischer Fehler enthalten sein.

- Für die räumliche Verteilung der Bodenmächtigkeit ist der Einfluss der Geländeneigung, Geländeformen und die Verbreitung der Lockergesteinsablagerungen ebenso wichtig wie für die Verteilung der Bodentypen. Auch hier wurde im Modell die Höhenabhängigkeit zu stark gewichtet.

- Die verwendeten Klassen für die Bodenmächtigkeit (Busetto, 2012) haben zum Teil zu grosse Spannweiten, um hoch aufgelöste Abflussprozesskarten zu erstellen. Dies gilt vor allem für die Klassen 31-60cm und 61-120cm.

c) Validierung der Bodenart

- Die modellierte Körnung der Bodenkarte Vinschgau wurde anhand der im Feld erhobenen Körnung validiert. Es zeigt sich, dass vielerorts die modellierten Werte nicht mit den im Feld erhobenen Körnungsklassen übereinstimmen. Dies gilt sowohl für den Ober- als auch für den Unterboden.

d Validierung des Skelettgehaltes

Der Vergleich Bodenkarte und Feldbeobachtungen bezüglich Skelettgehalte zeigt, dass die Bodenkarte die Skelettgehalte nicht realistisch herleitet. Die Gründe dafür dürften wohl vor allem darin liegen, dass die verwendete geologische Karte die Ausdehnung der quartären Deckschichten zuwenig exakt wiedergibt.

e) Beobachtungen zur Geologie

Es zeigt sich, dass die quartären und rezenten Deckschichten sehr verbreitet und in der geologischen Karte zuwenig genau abgebildet sind.