Geologische Bundesanstalt

Projekt ÜLG-065/2013 -2015

Computergestützte lithologische Charakterisierung von regenerativen Lockergesteinsvorkommen (Schwemmfächer, Schuttkegel, Talfüllungen) in Österreich hinsichtlich ihrer Qualität und Nutzbarkeit als Baurohstoffe

„Regenerat Österreich“

Endbericht 2015

von

S. PFLEIDERER, M. HEINRICH, I. LIPIARSKA, J. RABEDER,
H. REITNER, B. TRÄXLER, T. UNTERSWEG & I. WIMMER-FREY

iv+ 62 Seiten, 30 Abbildungen, 9 Tabellen, 4 Beilagen, 2 Anhänge

Wien, April 2016

Projektleitung:

Dr. S. Pfleiderer & Dr. M. Heinrich

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter:

L. Barbir	Probenaufbereitung
DI Ch. Benold	Probenahme
Dr. M. Heinrich	Rohstoffgeologie
Mag. I. Lipiarska	GIS-Bearbeitung
Mag. P. Lipiarski	Probenahme
Dr. S. Pfleiderer	Rohstoffgeologie
L. Pöppel	Probenahme
Mag. J. Rabeder	Sedimentgeologie
cand.geol. H. Reitner	GIS-Bearbeitung
Mag. B. Träxler	GIS-Bearbeitung, Sedimentologie
Dr. T. Untersweg	Rohstoffgeologie
Dr. I. Wimmer-Frey	Mineralogie

Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sei herzlich für die gute Zusammenarbeit gedankt!

Besonderer Dank gilt T. Helgason von der Firma Petromodel für die Bereitstellung des Petroscopes.

Die Projektdurchführung erfolgte im Rahmen des Vollzuges des Lagerstättengesetzes
im Auftrag des
Bundesministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft.

Inhalt

Zusammenfassung 1

1. Ausgangslage 3

2. Ziele und Inhalte des Projektes 4

3. Methodik 6
   3.1. GIS-Routine zur Charakterisierung morphologischer Einzugsgebiete 6
   3.2. Bestimmung der lithologischen Zusammensetzung der Sedimentproben 10
   3.3. Bestimmung der Korngrößenverteilung der Sedimentproben 12
   3.4. Bestimmung Korn-geometrischer Parameter der Sedimentproben 12

4. GIS-Arbeiten im dritten Projektjahr (2015) 14
   4.1. Abgrenzung morphologischer Einzugsgebiete 14
   4.2. Morphometrische Parameter der Einzugsgebiete 15
   4.3. Lithologische Zusammensetzung der Einzugsgebiete 16

5. Gelände-Arbeiten im dritten Projektjahr (2015) 17
   5.1. Beschreibung der Einzugsgebiete der beprobten Sedimentkörper 18

6. Labor-Arbeiten im dritten Projektjahr (2015) 25
   6.1. Lithologische Zusammensetzung der Sedimentproben 25
   6.2. Korngrößenverteilung der Sedimentproben 26
   6.3. Korngeometrische Parameter der Sedimentproben 28

7. Ergebnisse 31
   7.1. Darstellung der GIS-Ergebnisse 31
   7.2. Vergleich der GIS-Ergebnisse mit Sedimentproben 34
   7.2.1. Vergleich der lithologischen Zusammensetzungen 34
   7.2.2. Einfluss der Transportweiten auf Geometrie, Form und Sortierung der Gerölle 49
   7.2.3. Einfluss der Höhendifferenz auf Geometrie, Form und Sortierung der Gerölle 52
   7.2.4. Einfluss der Hangneigung auf Geometrie, Form und Sortierung der Gerölle 53
   7.3. Aussagekraft der GIS-Ergebnisse 55
   7.5. Anwendungen der Projektergebnisse 56
   7.6. Ausblick 56
   7.6.1. Einstufung der Qualität und potentiellen Nutzbarkeit der Sedimente als Baurohstoff 56
   7.6.2. Abschätzung der Volumen, Akkumulationsraten und des regenerativen Anteils von geologischen Sedimentkörpern und von Geschiebematerial in Talsperren 57

8. Wissenstransfer 58

9. Literatur 60

Beilagen

- Beilage 1: Lage der Schwemmfächer und -kegel, Schuttkegel und Talfüllungen
- Beilage 2: Lithologische Charakteristik der Einzugsgebiete – Schwemmfächer und -kegel
- Beilage 3: Lithologische Charakteristik der Einzugsgebiete – Talfüllungen
- Beilage 4: Lithologische Charakteristik der Einzugsgebiete – Schuttkegel

Anhänge

- Anhang 1: Ergebnisse der GIS-Verarbeitung, Geröllanalyse und Kornsummenkurven der Proben des dritten Projektjahres (2015)
- Anhang 2: Ergebnisse der Korngrößenbestimmungen der Proben des dritten Projektjahres (2015)

Zusammenfassung

Schwemmfächer, Schuttkegel und Talfüllungen stellen in alpinen Gebieten bedeutende Kiessand-Ressourcen dar, die geologisch gesehen schnell (d.h. in menschlichen Zeiträumen) nachwachsen und einen wesentlichen Beitrag zur Versorgung mit Baurohstoffen leisten. Die Nutzbarkeit der Sedimente hängt von der Qualität des Materials, also von lithologischen Merkmalen wie Korngröße, Sortierung, Rundung, Mürbkornanteil und der lithologischen Zusammensetzung ab. Diese Merkmale wiederum sind stark von der morphologischen Prägung und lithologischen Zusammensetzung der Liefergebiete abhängig.

Die Umrisse der Liefergebiete, die darin vorkommenden Festgesteine, die Transportweiten und Ablagerungsarten können mittels GIS-Routinen anhand von Höhenmodellen und geologischen Karten ermittelt werden und erlauben eine automatisierte Vorhersage der lithologischen und sediment-petrographischen Eigenschaften der Sedimente. Ziel des gegenständlichen Projektes war die österreichweite Anwendung der in einem Vorprojekt entwickelten GIS-Werkzeuge zur computer-gestützten rohstoffgeologischen Charakterisierung von nachwachsenden Lockergesteinsvorkommen im Übersichtsmaßstab.

Mit diesen GIS-Werkzeugen wurden insgesamt 15.259 Schwemmfächer und Schuttkegel, 2.401 Talfüllungen sowie deren Einzugsgebiete charakterisiert. Die Ergebnisse schließen für jedes Einzugsgebiet sowohl morphologische Parameter wie Fläche, Seehöhe, Reliefenergie, Hangneigung und Transportdistanz, als auch die geologischen Einheiten und deren prozentuelle Flächenanteile im Einzugsgebiet ein, und sind in einer Geodatenbank abgelegt.

Zur Verifizierung der GIS-Berechnungen wurden 59 Proben, davon 22 aus Talfüllungen, 34 aus Schwemm-/Schuttkegel und drei aus Hangschuttkörpern, beprobt und deren Gerölle im Labor untersucht. Bei der petrographischen Geröllanalyse wurden die Korngrößenverteilung, Kornform und -rundung, Sphärizität und Gesteinsart (lithologisches Spektrum) bestimmt.

Hinsichtlich des Lithospektrums ergibt sich eine gute Übereinstimmung zwischen den aus den geologischen Kartengrundlagen errechneten Flächenanteilen der Lithologien in den Einzugsgebieten und deren Anteil am Gesteinsspektrum der Sedimentproben. Der Medianwert der Abweichungen beträgt für alle Gesteinsarten insgesamt 4 %, bei Schiefern und Gneisen bis zu 10 %. Euklidische Distanzen für alle Probenpunkte betragen im Mittel 2 3%. Zusätzlich wurden die GIS-Berechnungen an 215 Geschiebesperren Vorarlbergs mit bekannten Geröllspektren getestet. Hierbei ergibt sich eine etwas geringere, aber immer noch gute Übereinstimmung der lithologischen Zusammensetzung des Sediments mit dem geologischen Aufbau im Liefergebiet. Die Medianwerte der Abweichungen betragen je nach Gesteinsart 1 – 6 %, bei Gneisen bis zu 16 %, euklidische Distanzen für alle Probenpunkte betragen im Mittel 38 %. Die mit den GIS-Werkzeugen abgeleiteten Flächenanteile der in den Einzugsgebieten auftretenden Gesteinsarten eignen sich also sehr gut zur Vorhersage der lithologischen Zusammensetzung von Sedimentkörpern.

Hinsichtlich des Einflusses von Transportweite und Höhendifferenz auf Geometrie, Form und Sortierung der Gerölle lässt sich erkennen, dass mit zunehmender Transportweite Sortierung und Rundung zunehmen. Auch mit zunehmender Höhendifferenz nimmt der Rundungsgrad generell zu.

Mit diesen Trends und der Vorhersage der lithologischen Zusammensetzung wird die Ableitung von rohstoffgeologisch relevanten Parametern wie Sortierung, Rundung, Feinkorn- und Mürbkornanteil sowie eine Einstufung der Qualität und potentiellen Nutzbarkeit als Baurohstoff von allen Schwemmfächern, Schuttkegeln und Talfüllungen im inneralpinen Bereich von Österreich möglich.

Damit ist ein wesentlicher Schritt bei der Bewertung der rohstoffgeologischen Eignung von Kiessand-Ressourcen erreicht. In einem Folgeprojekt ist die Abschätzung der Volumen, Akkumulationsraten und des regenerativen Anteils von geologischen Sedimentkörpern und von Geschiebematerial in Talsperren geplant, um so eine nachhaltige Nutzung von Baurohstoffen in alpinen Gebieten zu ermöglichen.

1. Ausgangslage

Der Verbrauch an Kiessand beträgt in Österreich ca. 11,8 Tonnen pro Jahr und Einwohner (berechnet nach KOLLER, 2007, auf Basis Volkszählung 2001). Während diese Mengen im Alpenvorland und in den Becken an der Alpenostabdachung hauptsächlich aus mächtigen pleistozänen Flussterrassen gewonnen werden, treten in den alpinen Gebieten Schwemmfächer, Schuttkegel und Talfüllungen als Kiessand-Lieferanten wirtschaftlich in den Vordergrund. Diese (geologisch gesehen schnell, d.h. in menschlichen Zeiträumen) nachwachsenden Lockergesteine stellen bedeutende Ressourcen dar und leisten einen wesentlichen Beitrag zur Versorgung mit Baurohstoffen.

Die Bedeutung von Schwemmfächern, Schuttkegeln und Talfüllungen als Kiessand-Lieferanten wird durch rohstoffgeologische Studien belegt, die seit vielen Jahren an der Geologischen Bundesanstalt durchgeführt werden, um das bundesweite natürliche Angebot an Lockergesteinen für die Rohstoffvorsorge regional, qualitativ und quantitativ zu erfassen (HEINRICH, 1995; MOSHAMMER et al., 2002). Auch die Bewertung dieser Vorkommen hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit als Baurohstoffe wird im Rahmen des Österreichischen Rohstoffplans seitens der Geologischen Bundesanstalt durchgeführt (PFLEIDERER et al., 2007).

Bei diesen Studien zeigt sich, dass nicht alle dieser Lockergesteinsvorkommen gleichermaßen als Baurohstoff genutzt werden bzw. nutzbar sind. Die Nutzbarkeit der Sedimente hängt vielmehr von der Qualität des Materials, also von lithologischen Merkmalen wie Korngröße, Sortierung, Rundung, Mürbkornanteil oder lithologischer Zusammensetzung ab. Diese Merkmale wiederum sind stark von der lithologischen Zusammensetzung der Liefergebiete abhängig. Eine ausführliche, lithologische Charakterisierung des Materials und eingehende Kenntnis des geologischen Umfelds im Hinterland sind daher für eine Abschätzung der rohstoffwirtschaftlichen Eignung unabdingbar.

Auf geologischen Karten lässt sich die Lithologie der Sedimentkörper von Schwemmfächern, Schuttkegeln und Talfüllungen nicht direkt ablesen, sie werden meist nur nach Genese und Alter klassifiziert. Rohstoffgeologisch wichtige Merkmale wie Korngröße, Rundung, Mürbkornanteil, Quarz- oder Karbonatgehalt werden von den kartierenden Geologen nicht systematisch aufgenommen und in den geologischen Karten festgehalten. Allerdings lassen die in den Liefergebieten dieser Sedimentkörper vorkommenden Festgesteine, die Transportweite und die Ablagerungsart (fluviatil oder gravitativ) Rückschlüsse auf die lithologische Charakteristik und damit auf die rohstoffwirtschaftliche Eignung zu. Es besteht also der Bedarf, diese auf geologischen Karten inhärente Information nutzbar zu machen, um eine lithologische Charakterisierung und letztlich rohstoffgeologische Evaluierung der Sedimente automatisch abzuleiten.

In dem Pilotprojekt Regenerat (PFLEIDERER et al., 2012) wurde die Methodik entwickelt und an ausgewählten Fallbeispielen angewendet. Es liegen nun GIS-Routinen vor, die per Knopfdruck morphologische Kennwerte der Einzugsgebiete anhand eines Höhenmodells sowie Flächenanteile der Ausgangsgesteine anhand der geologischen Karten berechnen. Sedimenttrends wurden formuliert, um GIS-Ergebnisse in Materialeigenschaften umzusetzen. Diese Umsetzung wurde mithilfe von Daten aus visuellen und automatisierten sedimentpetrographischen Geröllanalysen kalibriert. Sämtliche Berechnungen, Umsetzungen und Schlussfolgerungen des Pilotprojektes basieren allerdings auf einer beschränkten Anzahl von Fallbeispielen und sollen im Zuge des vorliegenden Projektes statistisch erhärtet werden.

2. Ziele und Inhalte des Projektes

Ziel des Vorhabens ist die österreichweite Anwendung der im Pilotprojekt Regenerat (PFLEIDERER et al., 2012) entwickelten GIS-Werkzeuge zur computergestützten rohstoffgeologischen Charakterisierung von nachwachsenden Lockergesteinsvorkommen (Schwemmfächer, Schuttkegel, Talfüllungen) als Weiterentwicklung der im österreichischen Rohstoffplan durchgeführten Lockergesteins-Evaluierung unter Bedachtnahme der Vorsorge für eine nachhaltige Rohstoffversorgung.

Als Sachziele werden (a) die Abgrenzung morphologischer Einzugsgebiete von Schwemmfächern, Schuttkegeln und Talfüllungen, (b) die Ableitung morphometrischer Parameter der Einzugsgebiete und (c) die automatisierte Vorhersage der lithologischen Zusammensetzung der Sedimentkörper angestrebt. Auf Basis dieser Ergebnisse wird die Vorhersage der sedimentpetrographischen Parameter durch Hinzuziehen von etablierten Transport- und Sedimentationstrends vorgenommen. Durch manuelle und automatisierte Bestimmung der lithologischen Zusammensetzung und sedimentpetrographischer Parameter ausgewählter Proben sollen diese Vorhersagen anschließend verifiziert und die Qualität und potentielle Nutzbarkeit des Materials als Baurohstoff abgeschätzt werden.

Die österreichweite Abgrenzung der Liefergebiete und Ableitung morphometrischer Parameter erfolgt – ausgehend von den digital erfassten Lockergesteinsvorkommen – mithilfe der bereits entwickelten GIS-Werkzeuge. Diese benutzen ein digitales Höhenmodell zur Berechnung von Kennwerten wie Flächenausmaß, Hangneigung und Reliefenergie der Gebiete sowie Transportweite der Erosionsprodukte bis zum Sedimentkörper. Nach den Erfahrungen aus dem Pilotprojekt liefern die Werkzeuge verlässliche Ergebnisse, vorausgesetzt die Morphologie des Gebietes ist ausreichend ausgeprägt und die Reliefenergie nicht zu gering.

Die Berechnung der Flächenanteile geologischer Schichtglieder innerhalb der Liefergebiete erfolgt ebenfalls mit GIS-Werkzeugen. Dabei hängt die Genauigkeit der Ergebnisse direkt von der Qualität der zur Verfügung stehenden geologischen Karten ab. Die an der Geologischen Bundesanstalt vorhandenen Datensätze GK50 und GeoFast decken das Bundesgebiet annähernd flächendeckend ab, in nicht abgedeckten Gebieten wird auf ältere oder weniger detaillierte Karten zurückgegriffen.

Die Vorhersage der Materialeigenschaften der Sedimentkörper aufgrund der GIS-Ergebnisse erfolgt anhand von publizierten Sedimenttrends (Abnahme der Korngröße mit zunehmender Transportweite, Abhängigkeit der Kornform vom Verwitterungstyp des Ausgangsgesteins etc.) und einfachen Umsetzungstabellen. Diese wurden im Pilotprojekt ansatzweise formuliert, müssen jedoch ausgebaut und statistisch abgesichert werden.

Die stichprobenartige Verifizierung der automatisch vorhergesagten Materialeigenschaften erfolgt mithilfe visueller und automatisierter, sedimentpetrographischer Geröllanalysen ausgewählter Proben. Bei beiden Analysearten werden Korngrößenverteilung, mittlere Korngröße, Kornform, Kornrundung und Sortierung bestimmt. Bei der automatisierten Geröllanalyse mittels Petroscope erfolgt die Bestimmung der Korngrößen und -formen mithilfe optischer Kameras. Das Gerät wurde bereits im Pilotprojekt eingesetzt. Die lithologische Bestimmung jedes einzelnen Sedimentpartikels durch das Petroscope mithilfe Spektralanalyse ist derzeit für einzelne Gesteinsarten möglich, der Aufbau einer umfassenden Lithodatenbank für weitere Gesteinsarten ist im Zuge eines zukünftigen Projektes beabsichtigt.

Die Einstufung der Qualität und Nutzbarkeit der Lockergesteinsvorkommen als Baurohstoff auf Basis der gewonnenen lithologischen Charakterisierung erfolgt nach Kriterien, die im Zuge der Kiessandbewertung im Rahmen des österreichischen Rohstoffplans erprobt und erfolgreich angewendet wurden. Die Ergebnisse werden Daten des Abbauarchivs der Geologischen Bundesanstalt hinsichtlich Verwendung des Materials und Bedeutung des Abbaus gegenübergestellt und damit kalibriert.

3. Methodik

3.1. GIS-Routine zur Charakterisierung morphologischer Einzugsgebiete

Die Charakterisierung der Liefergebiete von Kiesvorkommen mithilfe der GIS-Routine ist bei REITNER et al. (2014) beschrieben. Die Routine grenzt ausgehend von einem Kiessandvorkommen (Abbaupunkt oder Fläche eines Sedimentkörpers) das morphologische Einzugsgebiet anhand eines digitalen Höhenmodells ab, berechnet die Flächenanteile der darin vorkommenden geologischen Einheiten und liefert morphologische Parameter wie Höhendifferenz, Transportweite und Geländeneigung (Abb. 3.-1).

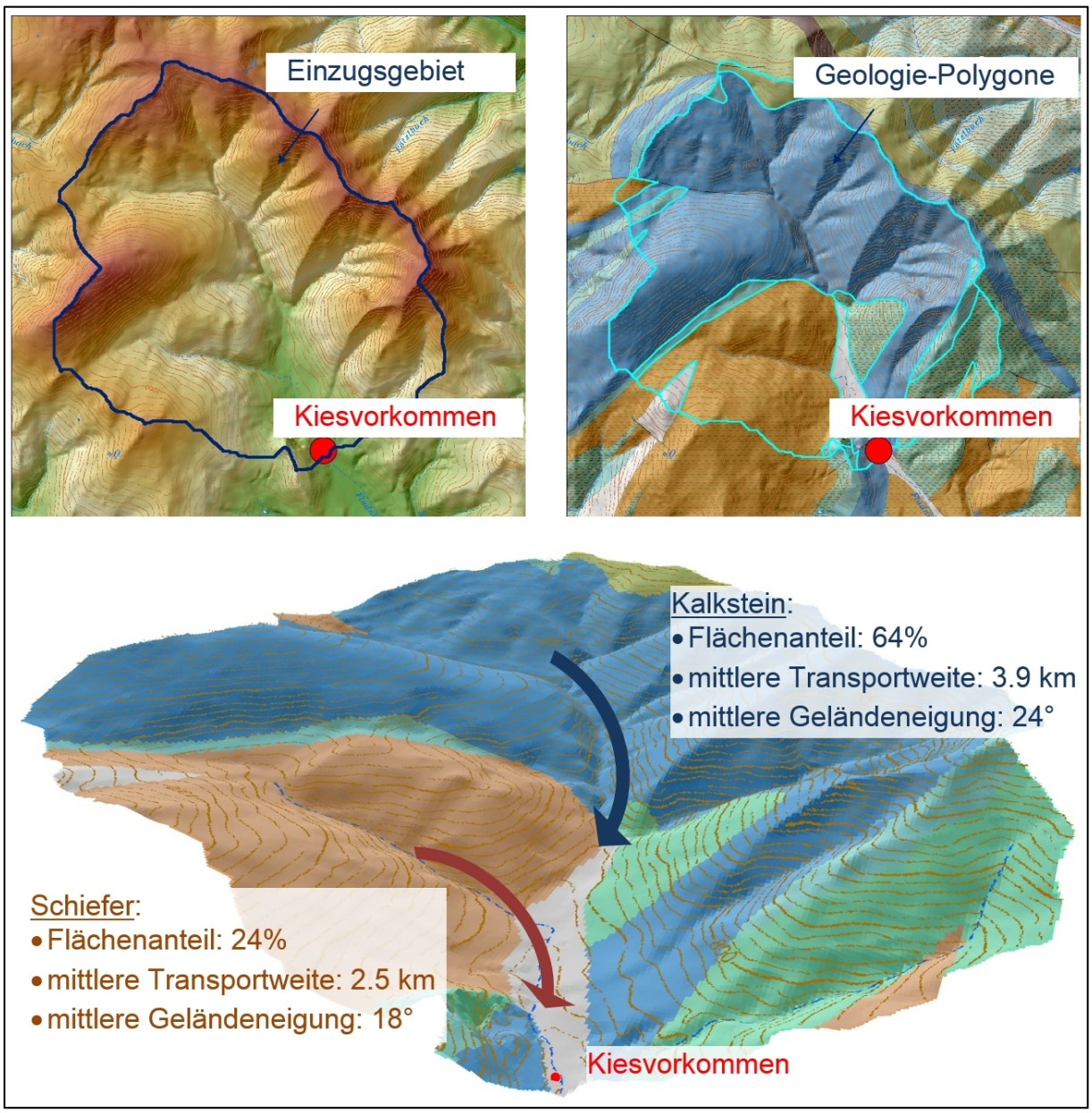


Abb. 3.-1: (a) Berechnung des Liefergebietes eines Kiesvorkommens mithilfe des Höhenmodells, (b) Verschnitt des Liefergebietes mit der geologischen Karte, (c) mithilfe der GIS-Routinen abgeleitete morphologische und lithologische Parameter des Liefergebietes (nach PFLEIDERER et al., 2015).

Als Ausgangspolygone wurden Sedimentkörper (Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel, Talalluvionen) aus dem digitalen Geodatensatz der „Digitale(n) Arbeitskarte zur Verbreitung von Lockergesteinen in Österreich“ (HEINRICH et al., 2014, jeweils aktueller Datensatz) verwendet.

Die Vorgehensweise bei der Berechnung jedes einzelnen Einzugsgebietes war in drei Schritte gegliedert:

- Schritt 1: Das zu berechnende Polygon wurde mit Mausklick am Bildschirm selektiert.
- Schritt 2: Das Einzugsgebiet wurde mittels hydrologischer Auswerteroutinen berechnet. Hierbei kam das automatisierte GIS-Werkzeug „Regenerat“ zur Anwendung, das im Pilotprojekt entwickelt wurde (REITNER et al., 2014).
- Schritt 3: Visuelle Kontrolle mit Hilfe von Topographie und digitalem Höhenmodell.

Für den Einzugsgebietsalgorithmus musste das digitale Höhenmodell (DHM) in Vorbereitung von abflusslosen Dellen und Gruben, den sogenannten „Sinks“ bereinigt werden, die Bereinigung wurde mit dem Algorithmus „Fill“ durchgeführt. Zusätzlich wurde aus dem DHM ein Fließakkumulationsmodell (Flowaccumulation) und ein Fließrichtungsmodell (Flowdirection) berechnet. Durch Anwendung des Geoverarbeitungswerkzeugs bzw. -algorithmus „Watershed“ wurde anschließend für das gewählte Polygon das zugehörige Einzugsgebiet errechnet.

Gleichzeitig wurden aus dem Geländehöhenmodell auch morphometrische Parameter abgeleitet. Mit dem GIS-Befehl „Get Raster Properties“ wurden die minimale und maximale Seehöhe der Einzugsgebiete berechnet. Minimale, durchschnittliche und maximale Werte der Hangneigung im Einzugsgebiet wurden mittels GIS-Befehl „Slope“ berechnet und mit dem Befehl „Summary Statistics“ ausgelesen.

Aus den Geländehöhenmodell wurde ein Fließrichtungsmodell erstellt und zur Berechnung der Fließlängen zur Abschätzung der Transportweiten im Einzugsgebiet mit dem GIS-Befehl „Flow Length“ verwendet. Die minimale, durchschnittliche und maximale Fließlänge des Oberflächenabflusses zum ausgewählten Sedimentkörper wurde für jedes Einzugsgebiet ausgewiesen.

Der Flächeninhalt der Einzugsgebiete wurde mit dem GIS-Werkzeug „Summary Statistics“ berechnet.

Damit wurden folgende morphologische Attribute für jedes Einzugsgebiet bestimmt:

- Identifikator des Einzugsgebietes = Eindeutige Bezeichnung des Talfüllungsstandorts pro Bundesland
- Flächeninhalt des Einzugsgebietes [m^2]
- Seehöhe Einzugsgebiet Minimum [m. ü. A]
- Seehöhe Einzugsgebiet Mittelwert [m. ü. A.]
- Seehöhe Einzugsgebiet Maximum [m. ü. A.]
- Maximale Höhendifferenz Einzugsgebiet [m]
- Transportdistanz Einzugsgebiet Mittelwert [m]
- Transportdistanz Einzugsgebiet Maximum [m]
- Hangneigung Einzugsgebiet Minimum [Grad]
- Hangneigung Einzugsgebiet Mittelwert [Grad]
- Hangneigung Einzugsgebiet Maximum [Grad]

Die Parameter wurden in einer Geodatenbank gespeichert.

Nach der Abgrenzung der Einzugsgebiete und der Ableitung morphologischer Parameter wurden die Gebiete mit geologischen Karten verschnitten, um die darin vorkommenden geologischen Einheiten, beziehungsweise deren Lithologien, zu identifizieren und deren prozentualen Flächenanteil am Einzugsgebiet zu berechnen. Hierfür wurden, wo vorhanden, die von der Geologischen Bundesanstalt publizierten Geologischen Karten 1:50.000 herangezogen, in zweiter Linie die Karten aus dem Datenbestand „Geofast“ (Pavlik et al., 2015). In den davon nicht abgedeckten Regionen wurden folgende digital verfügbare geologische Datengrundlagen verwendet:

- Kärnten: Digitale geologische Karte Kärnten (LETOUZÉ-ZEZULA et al., 2005)
- Niederösterreich: Angewandt-geologische digitale Arbeitskarte Niederösterreich (LIPIARSKI et al., 2012)
- Oberösterreich: Kompilierte geologische Karte von Oberösterreich (LETOUZÉ-ZEZULA et al., 1999/2000)
- Salzburg: Geologische Karte von Salzburg (PESTAL et al., 2005)
- Steiermark: Digitale geologische Karte der Steiermark (SCHWENDT, 1998)
- Vorarlberg: (PESTAL et al., 2007)

Abbildung 3.-2 gibt einen Überblick über die verwendeten Karten.

Mit der umhüllenden Grenzlinie des Einzugsgebietes wurde unter Verwendung des GIS-Werkzeugs „Clip“ die geologische Kartengrundlage ausgeschnitten und damit eine geologische Karte jedes Einzugsgebietes erstellt. Mittels GIS-Befehl „Zonal Statistics“ wurden die summarischen Flächenanteile jedes geologischen Schichtgliedes, sowie die Flächenanteile jedes Polygons berechnet. Weiters wurden auch Fließlängen und Hangneigungen zu den Polygonen berechnet.

Folgende morphologische Attribute wurden für die Polygone der geologischen Karte im Einzugsgebiet bestimmt:

- Identifikator des Einzugsgebietes = Eindeutige Bezeichnung des Talfüllungsstandortes pro Bundesland
- Legendeneintrag der geologischen Karte
- Prozentueller Anteil des geologischen Schichtglieds im Einzugsgebiet insgesamt [%]
- Prozentueller Anteil jedes Geologie Polygons im Einzugsgebiet [%]
- Transportdistanz Geologie Polygon im Einzugsgebiet Minimum [m]
- Transportdistanz Geologie Polygon im Einzugsgebiet Mittelwert [m]
- Transportdistanz Geologie Polygon im Einzugsgebiet Maximum [m]
- Hangneigung des Geologie Polygons im Einzugsgebiet Minimum [m]
- Hangneigung des Geologie Polygons im Einzugsgebiet Mittelwert [m]
- Hangneigung des Geologie Polygons im Einzugsgebiet Maximum [m]
- Laufende Nummer des Geologie Polygons im Einzugsgebiet
- Perimeter des Geologie Polygons im Einzugsgebiet [m]
- Flächeninhalt des Geologie Polygons im Einzugsgebiet [m^2]

Diese Parameter wurden ebenfalls in der Geodatenbank gespeichert.

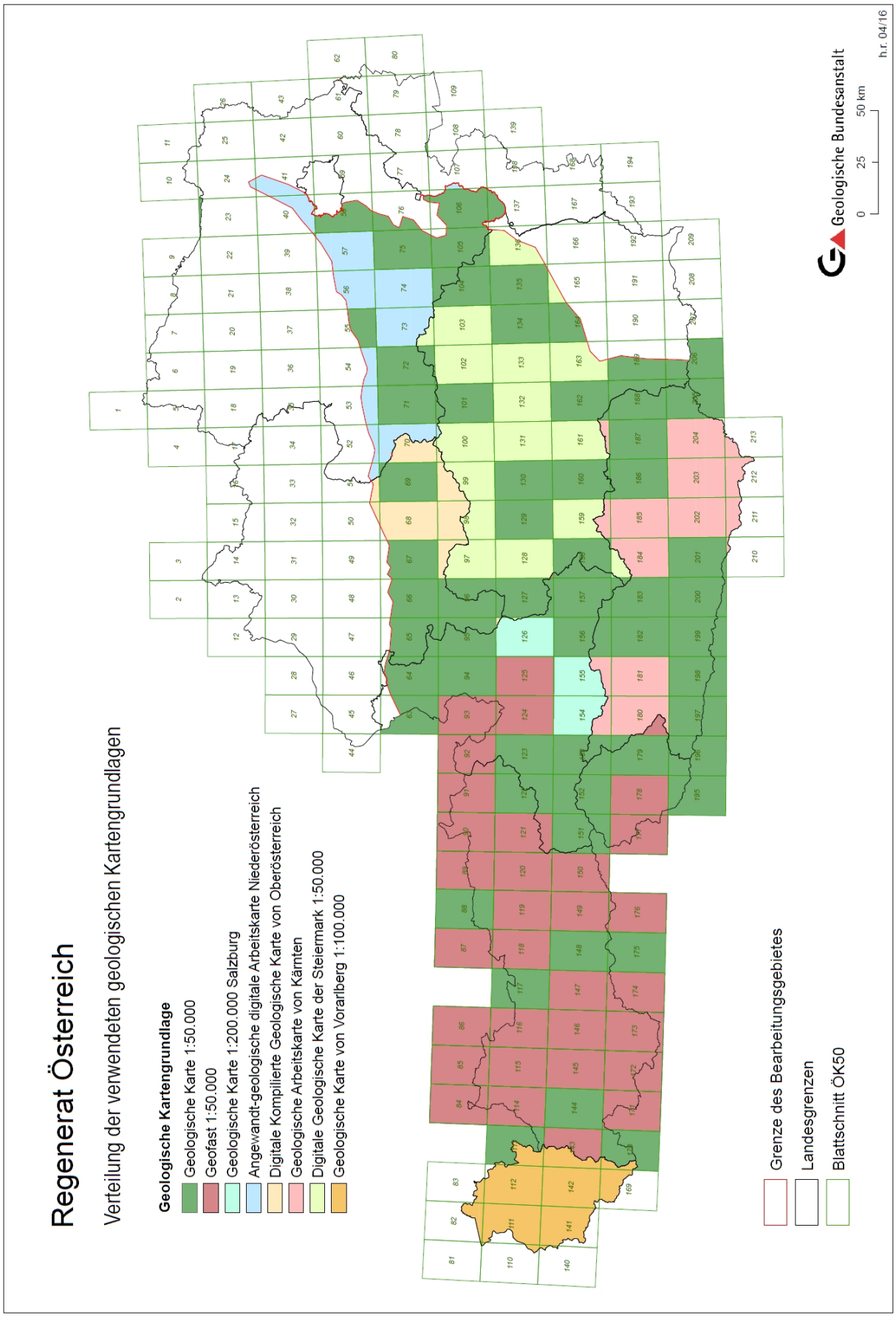


Abb. 3.-2: Überblick über die verwendeten geologischen Karten und Kompilationen.

Die genannten geologischen Datengrundlagen bzw. Geodatensätze stellen eigenständige digitale Datenbestände dar und besitzen jeweils eigenständige geologische Kartenlegenden mit unterschiedlichen Legendennummerierungen bzw. -bezeichnungen. Insgesamt kamen in den Einzugsgebieten 10.270 unterschiedliche Legendenausweisungen beziehungsweise –schreibweisen vor. Für die gemeinsame Auswertung der Ergebnisse wurden sämtliche lithostratigraphischen Einheiten in einer Geodatenbank zusammengeführt und 599 lithologischen Gruppen zugeordnet. Diese Gruppen wurden für die Kartendarstellungen der lithologischen Charakteristik der Einzugsgebiete in acht lithologischen Überbegriffen zusammengefasst (Tab. 3.-1, Beilagen 2 bis 4). Für eine rohstoffgeologische Auswertung ist eine detailliertere Gruppierung unter Berücksichtigung der Genese, des Mineralbestandes und der Verwitterbarkeit zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen.

Tab. 3.-1: Liste der lithologischen Überbegriffe für die Kartendarstellungen der Einzugsgebiete.

Lithologischer Überbegriff
1 - Amphibolit, Serpentinit, Grüngestein
2 - Gneis
3 - karbonatische Gesteine
4 - klastische Sedimentgesteine
5 - magmatische Gesteine
6 - Schiefer, Phyllit
7 - Sonstige
8 - Lockergesteine

3.2. Bestimmung der lithologischen Zusammensetzung der Sedimentproben

Die lithologische Zusammensetzung der Sedimentproben wurde durch visuelle Geröllanalyse bestimmt. Dazu wurde die Lithologie der einzelnen Gerölle für jede Probe bestimmt. Für die meisten Einzugsgebiete lagen dazu Referenzproben der wichtigsten Lithologien vor, die im Zuge der Probennahme genommen wurden. Die Bestimmung erfolgte an bereits gesiebten Proben für die Korngrößenfraktionen > 63 mm, 32-63 mm, 16-32 mm, 8-16 mm, 4-8 mm und 2-4 mm, um die Litho-Spektren auch Korngrößen-spezifisch auswerten zu können. Bei Fraktionen mit einer Komponentenanzahl von deutlich über 100 Einzelkörnern wurde die Auszählung an mindestens 100 repräsentativ entnommenen Einzelkörnern vorgenommen.

Von den 59 Sedimentproben wurden insgesamt 26.444 Gerölle analysiert. Um eine bessere Vergleichbarkeit der sehr vielfältigen Lithologien zu ermöglichen, wurden die Gesteinsarten Hauptgruppen zugeordnet (Tab. 3.-2). Dabei wurden sowohl die Genese als auch der Mineralbestand und die Art der Verwitterung berücksichtigt.

Tab. 3.-2: Einteilung der Gesteinsarten in lithologischen Hauptgruppen.

Hauptgruppe	Typische Lithologien	Anzahl Gerölle
Amphibolit	Amphibolit	487
Brekzie	Brekzie	22
Diabas	Diabas, Metadiabas	105
Dolomit	Dolomit	3952
Ganggestein	Pegmatit	15
glimmerreicher Gneis	Biotitgneis, Biotit-Plagioklas-Gneis, Zweiglimmergneis	1029
Glimmerschiefer	Glimmerschiefer, Kalkglimmerschiefer, Granatglimmerschiefer, Zweiglimmerschiefer, Muskovitschiefer, Biotitschiefer, Phyllitschiefer	3535
Gneis i.A.	Gneis, Plagioklasgneis, Hornblendegneis, Albitgneis, Kalksilikatgneis	1771
Granit	Granit, Gneisgranit, Tonalit, Granodiorit	327
Grünschiefer	Grünschiefer	89
Kalksandstein	Kalksandstein	350
Kalkstein	Kalkstein, Riffkalk	3868
Konglomerat	Konglomerat, Basiskonglomerat	79
Magmatit i.A.	Basalt, Metabasit	4
Marmor	Marmor, Kalkmarmor, Dolomitmarmor	411
Mergel	Mergel, Tonmergel	463
Orthogneis	Orthogneis, Grobgneis, Zentralgneis, Granitgneis	1737
Paragneis	Paragneis	809
Phyllit	Phyllit, Phyllonit, Kalkphyllit, Graphitphyllit	1189
Prasinit	Prasinit, Hornblendeprasinit	41
Quarzit	Quarzit, Biotitquarzit	655
Quarzsandstein	Quarzsandstein, Sandstein (quarzitisch)	415
Radiolarit	Radiolarit	3
Rauhwacke	Rauhwacke	79
Sandstein i.A.	Sandstein	1945
Schiefer i.A.	Schiefer, Wechselschiefer, Schwarzschiefer, Kalkschiefer, Tonschiefer	759
Serpentinit	Serpentinit	223
Siltstein, Tonstein	Siltstein, Tonstein, Schieferton	286
Vulkanit	Vulkanit, Tuffit	3
nicht zugeordnet	Quarz, Gangquarz, Lehm, Kohle, Ziegel, anthropogene Komponente	1793

3.3. Bestimmung der Korngrößenverteilung der Sedimentproben

Die Korngrößenverteilung wurde durch Kombination von Trocken- und Nasssiebung ermittelt. Dafür wurden die Proben bei 105 °C getrocknet und mittels Trockensiebung durch einen Siebsatz bestehend aus Sieben mit Maschenweiten von 63 mm, 32 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm und 2 mm gesiebt. Die Fraktion < 2 mm wurde auf eine Probenmenge von 200 g heruntergeviertelt und mit einem Siebsatz bestehend aus Sieben mit Maschenweiten von 1 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm, 63 µm und 32 µm nass gesiebt.

Bei jenen Proben, bei denen der Anteil < 32 µm mehr als 10 Masseprozent betrug, wurde zusätzlich eine automatische Sedimentationsanalyse mittels Sedigraph III Plus der Firma Micromeritics durchgeführt. Dazu wurde von der Fraktion < 32 µm ein repräsentativer Teil entnommen, dispergiert und im Sedigraph mittels Röntgenstrahlung nach dem Stoke´schen Gesetz analysiert.

Aus der Kornsummenkurve des Sedigraph und den Siebdaten wurde die Korngrößenverteilung der Gesamtprobe mit Hilfe des Programmes SEDPAK (MALECKI, 1985) ermittelt. Dabei wurden die Proben nach dem jeweiligen Anteil an Kies, Sand, Silt und Ton in Konzentrationsdreiecken nach MÜLLER (1961) und FÜCHTBAUER (1959) klassifiziert. Der Anteil an Steinen (Fraktion > 63 mm) wird dabei nomenklatorisch nicht berücksichtigt. Die Anteile an den einzelnen Fraktionen wurden in Masseprozent angegeben. Ebenso wurde eine Berechnung der sedimentologisch wesentlichen Parameter Mittelwert, Standardabweichung und Schiefe der Kornverteilung nach dem Moment-Berechnungsverfahren und zum Vergleich nach dem Verfahren von FOLK & WARD (1957) durchgeführt sowie der Durchlässigkeitsbeiwert nach Formeln von Beyer und Bialas (siehe HÖLTING, 1980) berechnet. Die Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen sind in Tabellenform in Anhang 2 dargestellt. Zusätzlich erfolgte mittels des Programmes SedPakWin (REITNER et al., 2005) eine graphische Darstellung der Ergebnisse in Form von Kornsummenkurven (Anhang 1).

3.4. Bestimmung Korn-geometrischer Parameter der Sedimentproben

Die Probenserien der Projektjahre 2014 und 2015 wurden mittels Petroscope 4D der isländischen Firma Petromodel (Abb. 3.-3) hinsichtlich ihrer Rundung und Kornform analysiert. Das Gerät wurde zur automatischen Analyse von Kornform, Kornrundung und Korngröße entwickelt. Die zu analysierenden Partikel gelangen nach Separation durch ein Rüttlersystem auf ein Förderband, auf dem jedes Korn von einem Laserstrahl und zwei optischen Kameras abgetastet wird. Durch Triangulierung errechnen spezielle Algorithmen für jedes Korn ein dreidimensionales Abbild des Partikels und durch Einpassen in ein Ellipsoid werden Form und Größe errechnet. Die Angularität ergibt sich durch Berechnung des Restvolumens zwischen Ellipsoid und der tatsächlichen Kornoberfläche (LEE et al., 2005; 2007).

Für jedes Korn werden folgende Parameter ausgegeben: Siebmaschenweite, durch die das betreffende Korn noch durchpasst; die drei Achsenlängen des eingepassten Ellipsoids; Volumen; Kornform (diskförmig, würfelig, plattig, stängelig; vgl. ZINGG, 1935) und Rundungsgrad (sehr eckig, eckig, subangular, subgerundet, gerundet, gut gerundet; vgl. POWERS, 1953). Zusätzlich werden für jede Probe eine Kornsummenkurve sowie Histogramme für Kornform und Rundung erstellt.

Nach der Übersiedlung des Petroscope 4D an die Geologische Bundesanstalt wurde das Gerät neu kalibriert, die Kamerapositionen exakt adjustiert sowie an ausgewählten Komponenten Messreihen durchgeführt, um Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit zu optimieren, die auf das zu

analysierende Probenmaterial abgestimmte Kameraapertur zu bestimmen und die Geschwindigkeit des Förderbandes so festzulegen, dass der Einfluss der Ausrichtung der Körner zur Bewegungsrichtung des Förderbandes so gering wie möglich gehalten wird. Die Grenzen der Einsetzbarkeit der Methode liegen zurzeit noch im Bereich der Auflösung der Kameras; kleine bzw. flache Komponenten können nicht oder nur zu einem unzureichenden Prozentsatz reproduzierbar erfasst werden. Für die Auswertung konnten daher ausschließlich jene Ergebnisse der Komponenten > 8 mm herangezogen werden, deren Bildqualität als „gut“ eingestuft wurde.

Abb. 3.-3: Petroscope 4D der isländischen Firma Petromodel; links: Rüttlersystem zur Korntrennung, rechts: Abtasten der Gerölle durch Kameras und Laser.

4. GIS-Arbeiten im dritten Projektjahr (2015)

Im dritten Projektabschnitt konzentrierten sich die GIS-Arbeiten für die Abgrenzung und Charakterisierung der morphologischen Einzugsgebiete auf die Bearbeitung der Talfüllungen.

4.1. Abgrenzung morphologischer Einzugsgebiete

Für die Abgrenzung der morphologischen Einzugsgebiete von Schwemmfächern und Schuttkegeln in den Jahren 2013 und 2014 wurden die Polygonumrisse aus dem digitalen Geodatensatz der „Digitale(n) Arbeitskarte zur Verbreitung von Lockergesteinen in Österreich“ (HEINRICH et al., 2014, jeweils aktueller Datensatz) als Abfluss- bzw. Auslassstelle eines Einzugsgebietes betrachtet und dienten als Startpolygone für die GIS-Routinen.

Die Berechnung der Einzugsgebiete von Talfüllungen (Wildbachschutt) im Jahre 2015 folgte demselben Prinzip, jedoch konnten hier nicht einfach die Polygone der Lockergesteinskarte ausgewählt werden. Stattdessen wurde bei diesen Sedimentkörpern manuell festgelegt, ab welcher Stelle innerhalb des Talverlaufs (Startpunkt der GIS-Routinen) die Berechnung erfolgen soll. An den festgelegten Punkten wurde mittels GIS-Werkzeug „Buffer“ jeweils ein kreisförmiges Polygon als Ausgangsfläche für die GIS-Routine erstellt. Abbildung 4.-1 illustriert ein Beispiel der Einzugsgebietsberechnung von Talfüllungen.

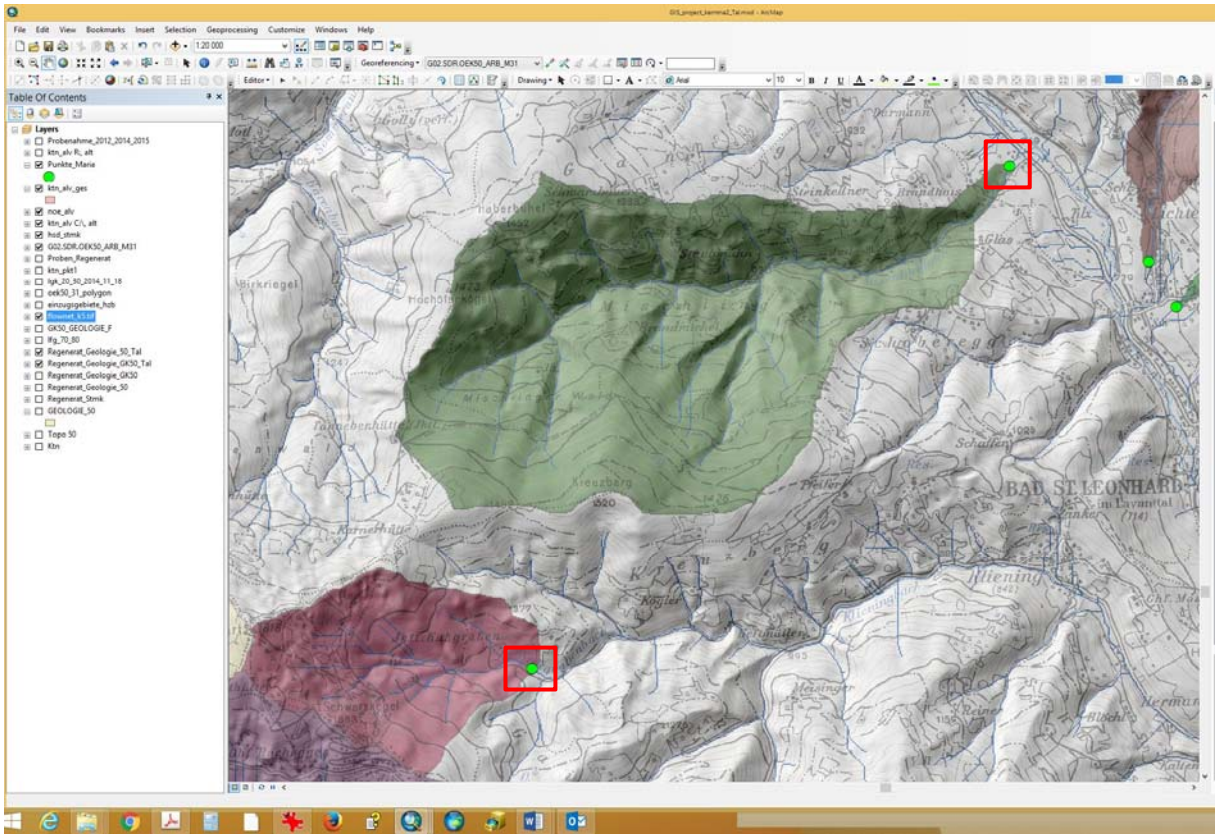


Abb. 4.-1: Berechnetes Einzugsgebiet (grün eingefärbt) von Talfüllungen.

4.2. Morphometrische Parameter der Einzugsgebiete

Mit der in Kapitel 3.1 beschriebenen Methodik wurden für die Einzugsgebiete der Talfüllungen die Parameter Transportweite, Höhendifferenz und Hangneigung berechnet. Für die Analyse der Reliefenergie kann als Näherungswert die maximale Höhendifferenz (H) der maximalen Transportweite (L) gegenübergestellt werden. Abbildung 4.-2 zeigt die statistische Verteilung der Reliefenergien (H/L) der Einzugsgebiete von Talfüllungen. 75 Prozent der Einzugsgebiete besitzen eine Reliefenergie bis zu 0,17, der Medianwert beträgt 0,1 (Tab. 4.-1).

Tab. 4.-1: Statistische Kennzahlen der Reliefenergie der Einzugsgebiete von Talfüllungen.

Minimum	1. Quartil	Median	Mittelwert	3. Quartil	Maximum
0,02	0,08	0,12	0,14	0,17	1

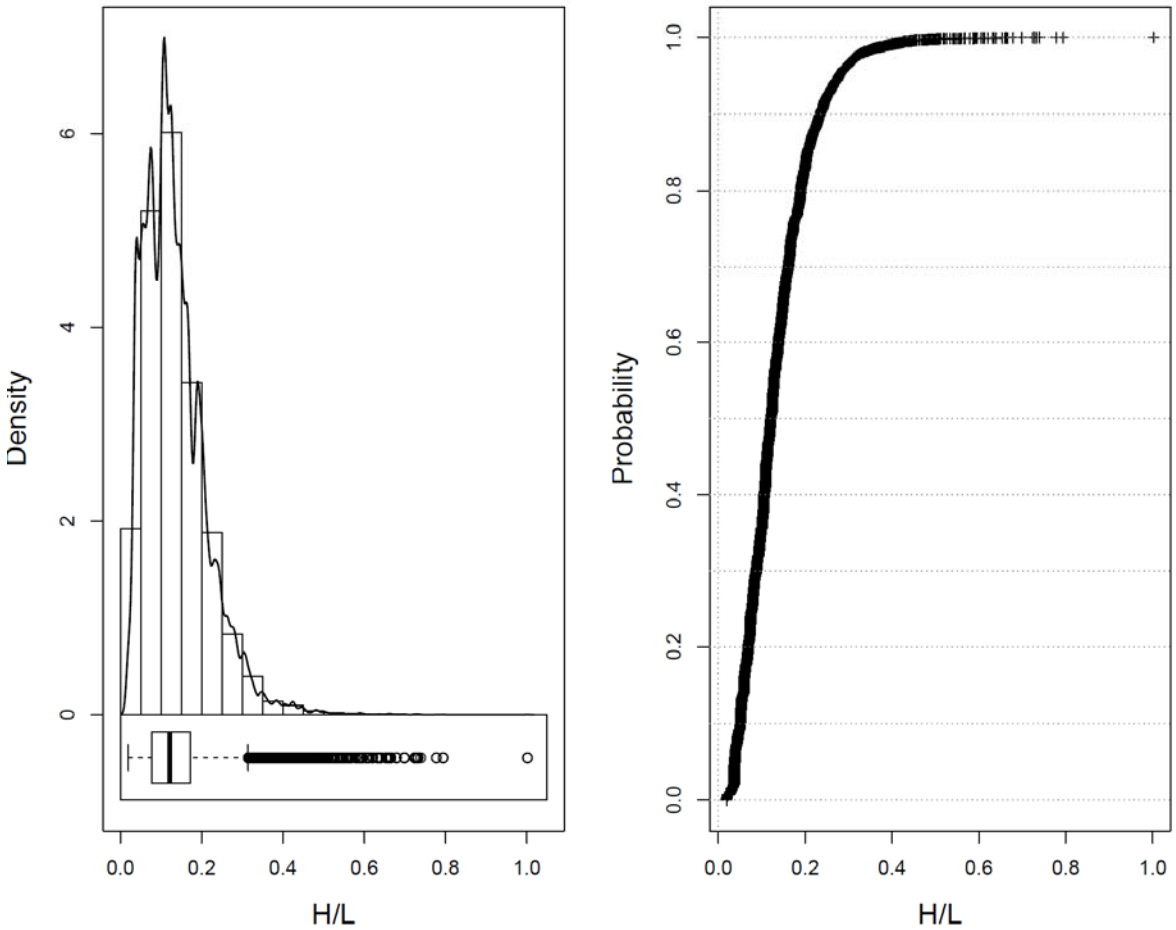


Abb. 4.-2: Statistische Verteilung der Reliefenergien - max. Höhendifferenz (H) zu max. Transportweite (L) - für die Einzugsgebiete von Talfüllungen.

4.3. Lithologische Zusammensetzung der Einzugsgebiete

Mit der in Kapitel 3.1 beschriebenen Methodik wurden für die Einzugsgebiete der Talfüllungen die Flächenanteile der geologischen Einheiten und Lithologien berechnet und in einer Geodatenbank abgelegt. An den Ergebnissen wird unter Anderem ersichtlich, welche Einheiten insgesamt betrachtet bedeutende Flächenanteile erreichen (Abb. 4.-3). Auch können jene Sedimentkörper beziehungsweise Standorte identifiziert werden, deren Einzugsgebiete große Anteile an spezifischen litho-stratigraphischen Einheiten aufweisen. Beilage 3 stellt die lithologische Charakteristik der Einzugsgebiete von Talfüllungen regional dar. Die räumliche Verteilung der lithologischen Hauptgruppen entspricht naturgemäß der tektonisch / geologischen Übersichtskarte Österreichs (SCHUSTER et al., 2014).

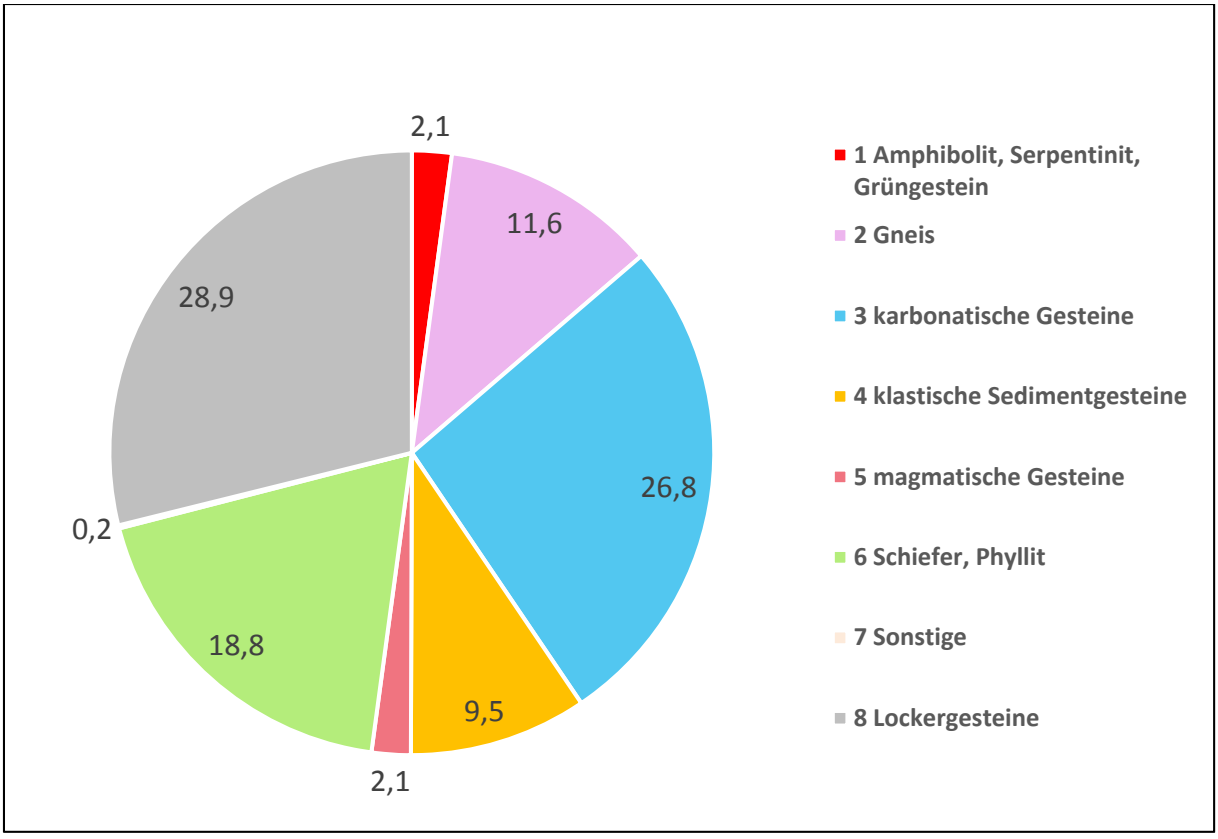


Abb. 4.-3: Flächenanteile nach lithologischen Überbegriffen in den Einzugsgebieten von Talfüllungen (Angaben in Prozent).

5. Gelände-Arbeiten im dritten Projektjahr (2015)

Zur Verifizierung der im GIS automatisch abgeleiteten Charakteristika regenerativer Lockergesteinsvorkommen wurden im Sommer 2015 21 Sedimentkörper (11 Schwemmfächer / Schwemmkegel / Schuttkegel und 10 Talfüllungen) beprobt. Eine Übersicht der Probenahmepunkte auf der geologischen Karte 1:1.500.000 (SCHUSTER et al., 2014) zeigt Abbildung 5.-1. Die Verteilung auf groß-tektonische Einheiten sämtlicher Proben ist in Abbildung 5.-2 dargestellt.

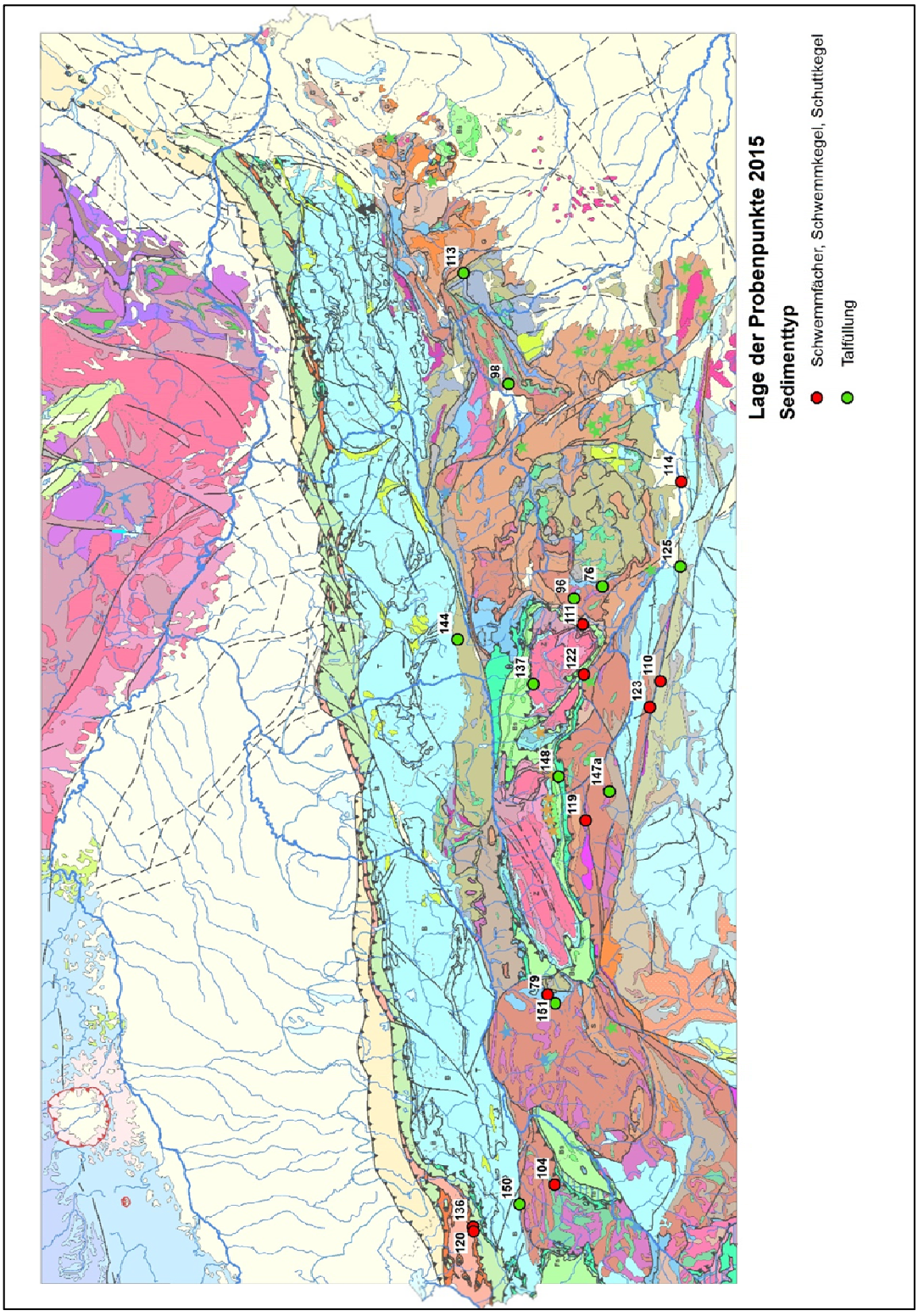


Abb. 5.-1: Lage der Probenahmepunkte 2015.

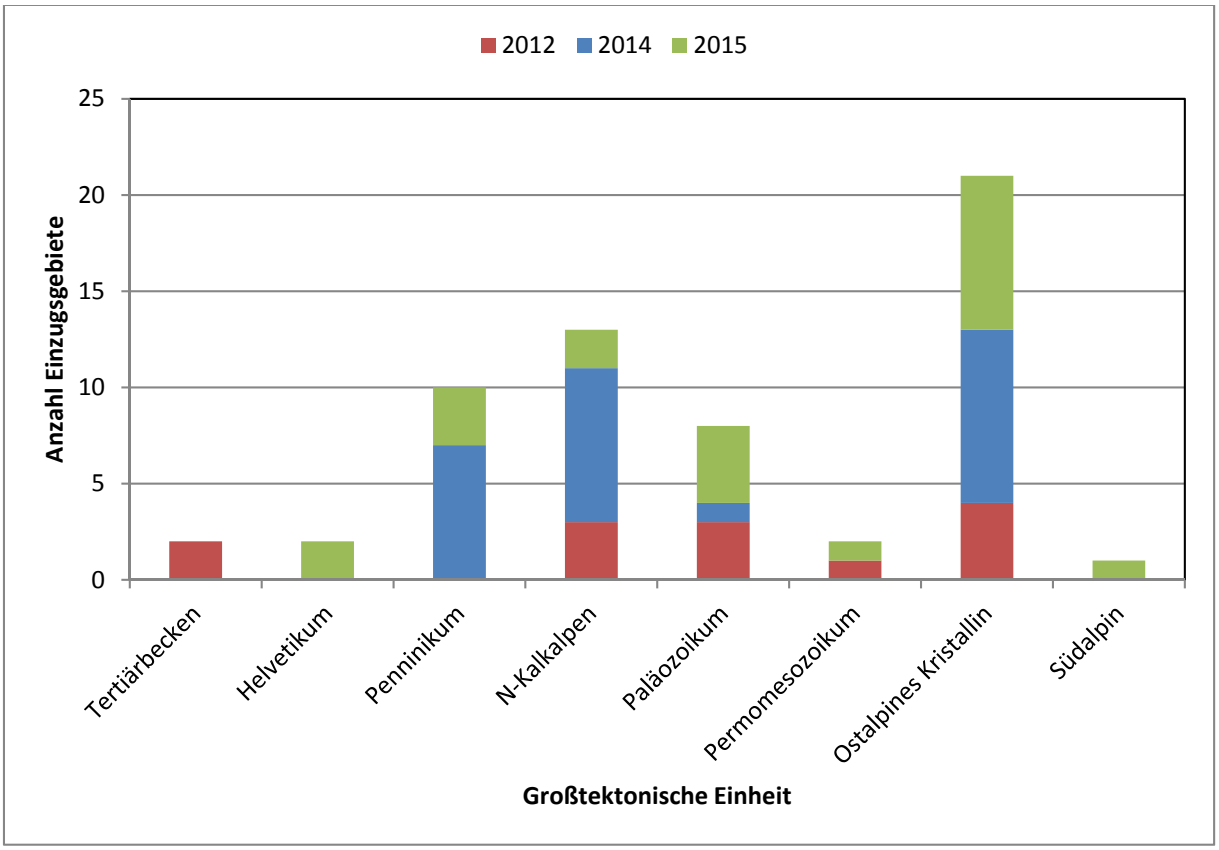


Abb. 5.-2: Verteilung der Beprobungspunkte 2012, 2014 und 2015 auf großtektonische Einheiten.

5.1. Beschreibung der Einzugsgebiete der beprobten Sedimentkörper

Punkt 76 Rossbach, Kaning bei Radenthein, K, Talfüllung

Bis durchschnittlich 1800 m Sh herrscht Waldbedeckung vor, darüber sind im Einzugsgebiet Almen verbreitet. Die höheren Karräume unter dem Rosennock (2440 m) sind von felsigen Karwänden mit gravitativer Schuttbildung geprägt, ebenso die Wände in den Dolomiten am Predigtstuhl. Die Verbreitung der Dolomite bedingt auch Fels- und Schrofenbildungen in tieferen Lagen, z. B. westlich der Erlacher Hütte (1636 m) und östlich Wh. Langalm. Davon abgesehen herrscht unterhalb von 1900 m Sh fluvialer Transport. Die maximalen Transportweiten betragen um 4,3 km. Tektonisch im Grenzbereich zwischen Bundschuh-Priedröf-Komplex, Stangalm-Mesozoikum und Gurktaler Decke (Pfannock-Einheit) angesiedelt, überwiegen lithologisch Paragneise, Wettersteindolomit, Konglomerate und Sandsteine. Granitgneise, phyllonitische Schiefer und Phyllite tragen untergeordnet zum geologischen Aufbau bei. Vor allem in den Karen um und über dem Nassbodensee sind Moränensedimente verbreitet.

Punkt 79 Nennesbach, E Gschnitz, T, Schwemmkegel

Östlich der Ortschaft Gschnitz schüttet der Nennesbach einen mächtigen Schwemmkegel in das Gschnitztal. Die maximale Höhendifferenz beträgt von der Kirchdachspitze (2840 m) bis zum Probenpunkt 1600 m. Das steile Einzugsgebiet ist nur im Schwemmkegelbereich und darüber bis ca. 1600 m Sh geschlossen bewaldet, darüber sind Fels- und Schuttflächen vorherrschend. Fluviale Dynamik ist eigentlich nur in der Tiefenlinie des Nennesbaches bis in etwa 2000 m Sh zu erwarten,

darüber überwiegen episodisch-fluviale bzw. gravitative Prozesse. Die maximale Transportweite kann mit mehr als 3,3 km angegeben werden. Der bewaldete Bereich deckt sich geologisch in etwa mit dem Biotit-Plagioklasgneis des Ötztal-Kristallinkomplexes (Ötztal-Bundschuh-Deckensytem), der von Gesteinen des Permomesozoikums überlagert wird. Lithologisch sind dies Wettersteindolomit, Hauptdolomit, Bänderkalkmarmor und in geringem Ausmaß Phyllite.

Punkt 96 Krems-Heiligenbach, Innerkrems, K, Talfüllung

Die Bewaldung reicht im Einzugsgebiet teilweise bis ca. 2000 m Sh hinauf. Darüber erstrecken sich im Norden zur Gaipahöhe (2130 m) Almen mit nur wenigen Felsschrofen, im Süden sind Kare mit felsigen Umrahmungen und Schuttbildungen ausgebildet, in denen gravitative Prozesse ablaufen. Unterhalb von 1800 m Sh dominiert linearer fluvialer Transport. Streckenweise ist im Kremstal eine schmale Talsohle entwickelt. Die maximalen Transportweiten erreichen über 10 km. Geologisch wird das Einzugsgebiet aus kristallinen Gesteinen des Bundschuh-Priedröf-Komplexes aufgebaut, die von Karbonaten des Stangalm-Mesozoikums überlagert werden. Im Kristallin herrschen quarzitische Glimmerschiefer/Quarzite, Paragneise und meist augige Granitgneise vor, im Bereich des Mesozsoikums dominiert der Wettersteindolomit, ein feinkristalliner, heller, z.T. gebänderter Dolomit.

Punkt 98 Rachauer Bach, Rachau, Stmk, Talfüllung

Das Einzugsgebiet ist größtenteils bewaldet, die maximale Höhendifferenz beträgt 940 m und die Transportprozesse sind insgesamt linear-fluvial. Maximale Transportweiten von knapp 9 km können gemessen werden. Geologisch liegt das Gebiet im Kristallin der Stub- und Gleinalpe und wird lithologisch von Amphiboliten und Plagioklasgneisen (ca. 60 %) dominiert, weiters treten Augengneise und verschiedene Glimmerschiefer und Gneise auf.

Punkt 104 Linker Seitengraben der Trisanna, SW Ischgl, T, Schuttkegel

Das schmale Einzugsgebiet mit dem sehr steilen klammartigen Graben aus dem Bereich „Plattenmähder“ weist eine maximale Höhendifferenz von 1300 m auf. Der Graben schüttet einen aktiven Schuttkegel in das Tal der Trisanna südwestlich von Ischgl. Das Gebiet ist bis in eine Höhe von ca. 1900 m großteils waldbedeckt, darüber liegen Hochalmen mit reichlich Felsschrofen. Insgesamt scheinen gravitative Prozesse eine wichtige Rolle zu spielen, der fluviale Transport ist auf episodische Ereignisse beschränkt. Maximale Transportweiten von 2 km können gemessen werden. In der Silvretta Decke des Silvretta-Seckau-Deckensystems herrschen lithologisch feinkörnige Biotitschiefer und Quarzite mit mehr als 70 % der Fläche vor, in geringem Ausmaß stehen Granitgneise, Schiefergneise und Gneisglimmerschiefer sowie Amphibolite und Hornblendeschiefer an.

Punkt 110 Döbernitzengraben, Kirchbach, K, Schwemmkegel

Das Einzugsgebiet des Baches im Döbernitzengraben und seines rechten fast gleich langen Zubringers erstreckt sich bis in die Gipfelregion der Karnischen Alpen (Hochwipfel 2195 m); die maximale Höhendifferenz beträgt 1525 m. Die relativ kurzen aber steilen Gräben sind im Grabentiefsten selbst durch felsige Partien und Schrofen geprägt. Schrofen und Schuttbildungen sind auch in den höchsten Bereichen vorhanden, was auf einen gewissen Anteil an gravitativen Abtragungsprozessen hinweist.

Der lineare Wildbachtransport gewinnt erst unterhalb von ca. 1700 m Sh an Bedeutung. Bis auf die Gipfelregion über 1800/1900 m Sh ist das Einzugsgebiet waldbedeckt. Die maximale Transportweite beträgt ca. 3,6 km. Geologisch gehört das Einzugsgebiet zum Südalpin, lithologisch sind Hochwipfelschichten, graue Schiefer und Sandsteine (> 50 %), bei weitem vorherrschend; Schiefer und Lydite haben geringen, Kalke extrem geringen Anteil an der Gebietsfäche.

Punkt 111 Zubringerbach zur Malta, Brochendorf südlich von Malta, K, Schwemmfächer

Bis in etwa 1700 m Sh ist das Einzugsgebiet großteils waldbedeckt, darüber erstrecken sich Almen (Dornbacher Wiesen). Es herrscht hautsächlich lineare fluviale Erosion bei einer maximalen Höhendifferenz von 1280 m und einer maximalen Transportweite von 3,5 km. Tektonisch liegt das Gebiet im Bereich des Subpenninikums und Penninikums. Lithologisch vorherrschend sind Kalkglimmerschiefer (Glimmermarmor und Kalkschiefer, Karbonatquarzit) und Prasinit, Grünschiefer, Amphibolit und etwas Serpentinit. Beträchtliche Flächen werden von Moränen und Eisrand-Stausedimenten eingenommen.

Punkt 113 Rechter Zubringer Gasenbach, Gasen, Stmk, Talfüllung

Das großteils bewaldete Einzugsgebiet mit landwirtschaftlich genutzten Inseln, z.T. auch Almflächen (z.B. Plankogel 1531 m), weist eine maximale Höhendifferenz von 681 m auf. Die Abtragungsprozesse sind durchwegs linear-fluvial, wobei die maximale Transportweite mehr als 3,5 km beträgt. Geologisch liegt das Gebiet im Grazer Paläozoikum, lithologisch herrschen Gesteine der Hochschlag-Folge (Kalke und Dolomite) vor, daneben nehmen Schwarzschiefer und Phyllite größere Areale ein. Weiters wird das Einzugsgebiet von Grünschiefer, Plattenkalk, Schiefern, Sandsteinen und in geringem Ausmaß von unterschiedlichen Kalken aufgebaut.

Punkt 114 Waidischbach, Ferlach, K, Schwemmfächer

Der Waidischbach schüttet östlich von Ferlach einen ausgedehnten Schwemmfächer in das Drautal (Rosental). Das durch die Zubringerbäche (Ribnitza, Heinzgraben, Kalter Bach) stark gegliederte Einzugsgebiet ist großteils von Wald bedeckt. Die maximale Höhendifferenz beträgt 1690 m. Die kalkigen Areale sowohl des Ostalpins (nördlich der Längstalfurche von Zell-Pfarre, v.a. Wettersteinkalk) als auch des Südalpins jenseits der periadriatischen Nahtzone sowie die Kammzonen der Koschuta (ca. 2000 m, v.a. Dachsteinkalk) weisen steile Felsgipfel und –grate, Wände und Schrofen auf. In diesen Bereichen ist mit Vorherrschen von gravitativen Prozessen zu rechnen, erst unter ca. 1000 m Sh überwiegt der fluviale Transport. In dem großräumigen Einzugsgebiet erreichen die maximalen Transportweiten fast 15 km. Geologisch liegen v.a. Wettersteindolomit, Wettersteinkalk und verschiedene andere Kalke nördlich der Periadriatica über Alpinem Bundsandstein und Werfener-Fm. (Sandsteine, Tonstein, Tonschiefer). Im Südalpin ist die Abfolge vom Liegenden zum Hangenden: Hochwipfelschichten (karbone Grauwacken, Siltstein, Tonschiefer), Grödener Sandstein, Werfener Bankkalk, Schiefer und Sandstein, Dolomite und Dachsteinkalk am Koschutakamm.

Punkt 119 Froditzbach, Bruggen in Defereggen, T, Schwemmkegel

Der kurze und steile Froditzbach schüttet bei Bruggen einen Schwemmkegel in das Tal der Schwarzach (Defereggental). Die Höhendifferenz beträgt von der Hofspitze (2819 m) bis zum Probenpunkt 1499 m. Bis über 1900 m Sh herrscht geschlossener Wald, einige Felsschrofen und schluchtartige Abschnitte des Bachlaufes prägen den Steilabfall zum Haupttal. Darüber breitet sich das Almgebiet mit etwas sanfteren Hängen aus (In der Grube, Seitenegge 1987 m, Froditzalm 2210 m). Über 2400 m Sh herrschen die Hochkare (Gritzer See) und zum Teil felsige Gipfelaufbauten mit vorwiegend gravitativen Denudationsprozessen. Fluviales Regime herrscht eigentlich nur im Frodnitzbach bzw. in den Abflüssen aus den Karseen. Maximale Transportweiten von über 4 km werden erreicht. Tektonisch gehört das Gebiet zum Koralpe-Wölz-Deckensystem, lithologisch sind es vor allem Gesteine der Muskovitschiefer-Serie, Diorite, Tonalite und Granodiorite der Rieserferner-Intrusion und untergeordnet verschiedene Gneise und Glimmerschiefer. Über 70 % der Einzugsgebietsfläche sind nach der Geofast-Karte von quartären Sedimenten (Moränen und Hangschutt) bedeckt.

Punkt 120 Südlicher Zubringer zur Bregenzerach, Argenau, VB, Schwemmkegel

Der steile Graben westlich der Godlachenalpe schüttet bei seiner Mündung in die Bregenzerach einen mächtigen Schwemmkegel auf. Die maximale Höhendifferenz beträgt vom Lüg (1767 m) bis zum Probenpunkt 867 m. Im zum größten Teil bewaldeten Einzugsgebiet ist der fluviale Transport vorherrschend, wobei die maximale Transportweite mit knapp 1,8 km angegeben werden kann. Geologisch liegt das kleine Einzugsgebiet in der Säntis-Decke des Helvetikums. Der Großteil wird von Mergelstein, Tonstein und (Kalk)sandsteinen aufgebaut.

Punkt 122 linker Zubringer zur Möll, Stallhofen bei Obervellach, K, Schwemmkegel

Das relativ kleine Einzugsgebiet ist großteils bewaldet, es herrschen fluviale Transportprozesse. Die maximale Höhendifferenz kann mit 1100 m angegeben werden. Transportweiten von etwas über 2 km werden erreicht. Kalkschiefer, Kalkglimmerschiefer und –phyllite des Penninikums sind vorherrschend, Dolomitbrekzien und Augengneis treten untergeordnet in Erscheinung.

Punkt 123 Höflingbach, Höfling bei Kötschach-Mauthen, K, Schwemmkegel

Der Höflingbach schüttet aus einem schmalen Einzugsgebiet einen Schwemmkegel in das Gailtal. Die maximale Höhendifferenz beträgt 975 m. Wald herrscht vor, linearer fluvialer Abfluss ist das wesentliche Transportagens. Kleinere Felsbildungen mit Schuttfuß (in Kalken) sind Hinweise auf gravitative Prozesse. Die maximale Transportweite beträgt 3,2 km. Gesteine des Gailtalkristallins (Glimmerschiefer und Gneise, Phyllonit) sowie des Permomesozoikums der Gailtaler Alpen (Gröden-Fm.: Konglomerate, Sandsteine), Dolomite und Kalke der Trias (z.B. Wettersteindolomit und -kalk) nehmen große Areale ein.

Punkt 125 Feistritz, Gödersdorf bei Finkenstein, K, Schwemmkegel

Östlich von Susalitsch schüttet die Feistritz einen Schwemmkegel. Die maximale Höhendifferenz in dem größtenteils waldbedeckten Gebiet beträgt 1301 m. Es herrscht durchwegs lineare, fluviale Erosion, nur kleinere Areale in Dolomitgebieten (südlich und westlich der Truppehütte) und vor allem

in den Schlerndolomiten beim Techantinger Mittagskogel (1931 m) weisen kleine Felswände und Schrofenareale mit Schuttbildungen auf, wo gravitative Hangprozesse vorherrschen. Maximale Transportweiten betragen mehr als 4,2 km. Geologisch gesehen erstreckt sich das Einzugsgebiet zur Gänze im Südalpin und hat lithologisch Anteil am Hochwipfelkarbon (Sandsteine, Konglomerate, Tonschiefer), an verschiedenen, z.T. bunten Kalken (u.a. Werfener Kalkstein) und Dolomiten (in den Hochlagen Schlerndolomit). In der Nähe des Probenpunktes stehen Tonalite des Periadriatikums an.

Punkt 136 Schrannenbach, nördlicher Zubringer zur Bregenzerach, Schoppernau, VB, Schwemmkegel

Der Schrannenbach schüttet bei Schoppernau einen steilen Schwemmkegel in das Tal der Bregenzerach. Die maximale Höhendifferenz beträgt vom Diedamskopf (2090 m) bis zu Sperre in Schoppernau 1250 m. Eine geschlossene Walbedeckung ist nur bis in eine Höhe von knapp 1600 m gegeben. Darüber erstrecken sich Almflächen (Diedamsalpe, Breitenalpe) mit ganz wenigen kleinräumigen Wandbildungen. Schuttbildungen zeigen gravitative Prozesse geringen Ausmaßes an, insgesamt herrscht fluvialer Transport vor. Die maximale Transportweite beträgt über 4 km. Das Einzugsgebiet liegt geologisch in der Säntis-Decke des Helvetikums, wobei es sich lithologisch um Mergelsteine, Tonsteine, Tonschiefer, Sandsteine und Kalksteine handelt, die ungefähr 80 % der Einzugsgebietsfläche einnehmen.

Punkt 137 Kötschachbach, Bad Gastein, S, Talfüllung

Zwischen der Ortschaft Kötschachtal und Badbruck (Bad Gastein) mündet das Tal des Kötschachbaches mit einer Talstufe in das Gasteiner Tal. Die höchste Umrahmung des Einzugsgebietes reicht bis über 3000 m Sh (Tischlerkarkogel 3004 m) hinauf. Von dort bis zum Probenpunkt ergibt sich eine maximale Höhendifferenz von 1944 m. Bis etwa 1900 m Sh reicht die geschlossene Waldbedeckung, darüber sind besonders an den SW-exponierten Hängen Legföhrenfelder verbreitet. Große glazial überformte, von Schrofen und Felswänden durchsetzte und in den höchsten Karbereichen vergletscherte (Tischlerkarkees, Kesselkees) Flächen erstrecken sich im südlichen Drittel des Einzugsgebietes, wo glaziale und gravitative Prozesse Schutt- und Felssturzablagerungen erzeugen. Der fluviale Transport beschränkt sich im Wesentlichen auf die bewaldeten Bereiche, im S-Abschnitt reicht der lineare Transport bis in die Hochkarbereiche (Tischlerkar). Maximale Transportweiten betragen ca. 9,5 km. Der größte Flächenanteil des Einzugsgebietes liegt geologisch in den Zentralgneisen (> 70 % Granitgneis) des Subpenninikums des Tauernfensters. Am Nordrand werden die höheren Hangabschnitte von phyllitischen Bündner Schiefern, Schwarzschiefern, Granosyenitgneis und in geringem Ausmaß von Kalkmarmoren aufgebaut.

Punkt 144 Fritzbach, Eben im Pongau, S, Talfüllung

Das Einzugsgebiet des Fritzbaches reicht im Norden bis in 2458 m Sh (Große Bischofsmütze), die maximale Höhendifferenz beträgt 1583 m. Fast das gesamte Einzugsgebiet ist bewaldet bzw. landwirtschaftlich geprägt, lediglich die nördlichsten Anteile über 1400 m Sh sind Almen (Aualm), die von den Fels- und Schuttarealen des Leckkogel (2032 m), der Kamplbrunnspitze (2190 m) und des Mosermandl (2088 m) überragt werden. Nur in diesem Bereich herrschen gravitative Transportprozesse, ansonsten überwiegt linearer fluvialer Transport bei Weitem. Die maximale Transportweite kann mit > 11 km angegeben werden. Das Fritzbachtal verläuft in seinem W – E

Abschnitt an der Grenze zwischen der Grauwackenzone im Süden und den Einheiten des Tirolikums der Nördlichen Kalkalpen im Norden. Die Gesteine der Grauwackenzone sind vor allem Sand-, Silt- und Tonsteine, Schwarzschiefer und Phyllite. In den kalkalpinen Folgen dominieren rote bis graue Quarzsandsteine (Buntsandstein), an deren Basis Konglomerate, Grobsandsteine und Tonsteine der Präbichl-Formation am Talrand anstehen. Über bunten Werfener Gesteinen bauen im nördlichsten Bereich vor allem Kalke und Dolomite die Felswände und Gipfelregionen um die Bischofsmütze auf.

Punkt 147, 147A Kristeinbach, Kristeinertal, T, Talfüllung

Im Einzugsgebiet herrscht eine maximale Höhendifferenz von 1643 m (Punkt 147), in Bezug auf den Probenpunkt 147A bei der Brücke 1551 m sind es immer noch 1392 m. Das Kristeinertal ist bis in ca. 1900 m Sh ziemlich geschlossen bewaldet. Darüber erhebt sich der Bereich der Hochkare mit Felswänden und –graten. Typische glaziale Kare sind vor allem in der rechten Talflanke unter dem Gölbner (2943 m), in der linken Flanke unter den Zarspitzen (2778 m) und im Talhintergrund um den Sichelsee (2497 m) ausgebildet. Über 2000 m Sh ist der gravitative Transport vorherrschend, darunter überwiegen fluviale Prozesse. Maximale Transportweiten bis zum Punkt 147 erreichen knapp 10 km, bis zum Punkt 147A sind es noch fast 6 km. Tektonisch gehört das Einzugsgebiet zum Michelbach-Deferegger-Komplex des Drauzug-Gurktal-Deckensystems. An Gesteinen sind vor allem verschiedene Glimmerschiefer, Paragneise und Phyllite vertreten, in geringem Ausmaß auch feinkörniger Biotit-Orthogneis (> 38 % der Fläche). Allerdings ist mehr als die Hälfte der Gebietsfläche von quartären Sedimenten verhüllt (Moränen, Schutthalden und Hangschutt).

Punkt 148 Kalserbach-Seebach, Dorfertal, T, Talfüllung

Das Kalsertal (Dorfertal) weist extremen Hochgebirgscharakter auf. Einzig in der Umgebung des Kalser Tauernhauses (1754 m) sind einige zusammenhängende Waldflächen zu finden. Darüber erhebt sich bis über 3500 m Sh (Teufelskamp 3511 m) am Glocknerkamm eine durchwegs kahle, felsige Hochgebirgslandschaft mit meist steilen Karräumen und den großen Gletscherflächen des Fruschnitzkees, des Laperwitzkees und im Talhintergrund zur Granatspitze (3086 m) des Granatspitzkees. Glaziale Abtragung und gravitative Denudation- und Transportprozesse herrschen vor. Erst unterhalb der Hochkarbereiche spielt der fluviale Transport eine größere Rolle. Maximale Tranportweiten betragen von der Granatspitze bis zum Probenpunkt mehr als 12,5 km. Tektonisch dem Subpenninikum und Penninikum des Tauernfensters zugehörig, hat das Einzugsgebiet im Norden Anteil am Granitgneis des Granatspitzkerns, weiters wird das Gebiet von Kalkglimmerschiefern, Amphiboliten und Prasinit sowie Paragneisen und Glimmerschiefern aufgebaut. Allein 14,6 % der Fläche entfallen auf Gletschergebiet, fast 35 % auf Moränen- und Schuttablagerungen.

Punkt 150 Flexenbach-Rautzbach, Stuben am Arlberg, VB, Talfüllung

Morphologisch hebt sich das Einzugsgebiet nördlich des Rautzbaches stark vom Südteil ab. In den Kalkalpen herrschen steile Hänge mit großflächigen Felsbildungen vor; der höchste Punkt in der Umrahmung wird im Trittkopf (2720 m) erreicht; die maximale Höhendifferenz beträgt 1340 m. In den steilen schutt- und moränenbedeckten Karen und Rinnen ist mit einem großen Anteil an gravitativen Denudationsprozessen zu rechnen, im waldbedeckten Anteil herrscht fluvialer Transport vor. Der kristalline Anteil im Süden ist bis in ca. 1800 m Sh bewaldet, darüber erstrecken sich von Schrofen

durchsetzte, z.T. schutt- und vor allen moränenbedeckte Hänge (z.B. um die Maroi-Seen), wo bereichsweise gravitative Prozess stattfinden. Die maximalen Transportweiten betragen ca. 6 km (Rautzbach) bzw. 5,5 km (Flexenbach), im kristallinen Abschnitt sind es vom Arlbergpass bis zum Probenpunkt ca. 4,7 km. Geologisch wird die Südflanke des Klostertales von Gesteinen des Silvretta-Seckau-Deckensystems eingenommen. Vorherrschend sind teilweise quarzitische Paragneise bis Glimmerschiefer und Orthogneise (Muskovitgranitgneis). Diese kristallinen Gesteine nehmen zusammen ca. 25 % der Fläche des Einzugsgebietes ein. Nördlich des Klostertales wird das Gebirge von Gesteinsfolgen der Nördlichen Kalkalpen aufgebaut, im Wesentlichen kalkige und dolomitische Gesteine, untergeordnet auch Sand- und Mergelsteine etwa der Raibler Gruppe und Konglomerate der Präbichl-Formation. Ca. 20 % des Einzugsgebietes werden von Moränenablagerungen bzw. Hang- und Bachschutt eingenommen.

Punkt 151 Gschnitzbach, SW Gschnitz, T, Talfüllung

Das Gebiet umfasst das gesamte innere Einzugsgebiet des Gschnitzbaches mit dem vergletscherten Bereich des Simmingferners und einiger kleinerer Gletscher in den Hochkaren bis zur höchsten Erhebung der Talumrahmung im Habicht (3277 m). Bedeutende seitliche Zubringer kommen im Süden vom Padreilferner, der Schleimsalm und der Grüblalm, aus Norden von der Traulalm und der Glättealm. Der lückenhafte Wald reicht kaum über 1800 m Sh hinauf, darüber folgt eine von Schutt und Moränen, z.T. von Gletschern bedeckte Hochgebirgslandschaft mit schroffen Felskämmen und Wänden mit viel gravitativer, teilweise auch glazialer Denudation. Unterhalb von 2000 m Sh dürfte die lineare fluviale Abtragung vorherrschen. Die maximale Transportweite kann über 8,8 km betragen. Tektonisch liegt das gesamte Einzugsgebiet im Ötztal-Bundschuh-Deckensystem (Ötztalkristallin). Lithologisch sind vorwiegend Schiefergneise und Gneisglimmerschiefer verbreitet (> 50 % der Fläche). Sehr geringen Anteil haben Granitgneise, Amphibolit-Tonalitgneise und Augengneise. Marginal ist am Kamm der Gargglerin (2470 m) ganz im Osten des Einzugsgebietes eine Wettersteindolomit-Auflage vorhanden. Große Teile der Hochgebirgslandschaft (ca. 35 %) sind von Gletschern, Moränenmaterial, Schutthalden und Hangschutt bedeckt.

6. Labor-Arbeiten im dritten Projektjahr (2015)

6.1. Lithologische Zusammensetzung der Sedimentproben

Im Projektjahr 2015 wurden an insgesamt 21 Sedimentproben, 11 aus Schwemmfächern bzw. Schuttkegeln und 10 aus Talfüllungen, petrographische Geröllanalysen zur Bestimmung der lithologischen Zusammensetzung durchgeführt. Abb. 6.-1 stellt diese Zusammensetzungen in Form von Tortendiagrammen auf der geologischen Karte 1:1.500.000 dar (SCHUSTER et al., 2014). Eine Darstellung der Lithologiespektren der einzelnen Proben findet sich zusätzlich in Anhang 1.

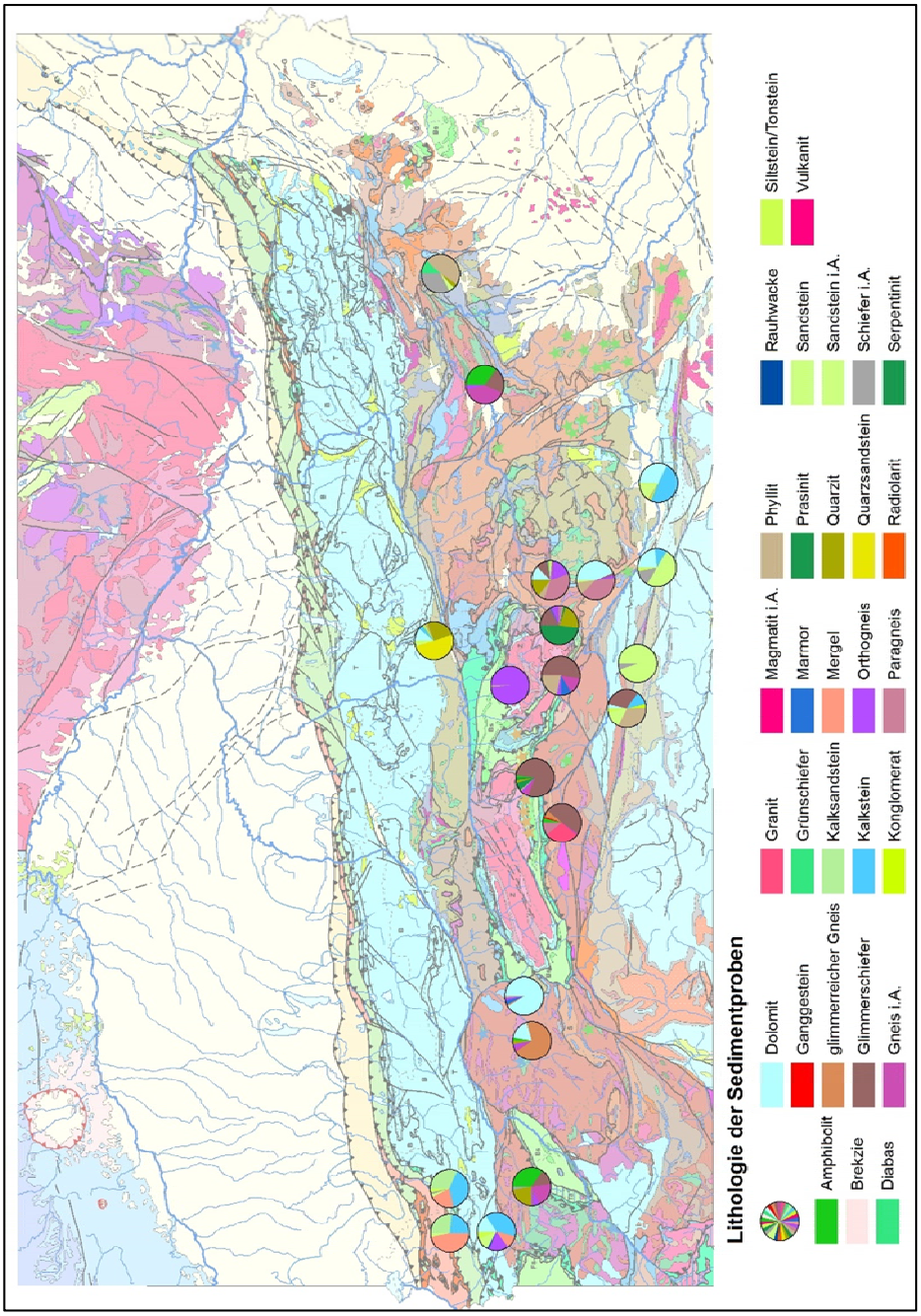


Abb. 6.-1: Darstellung der lithologischen Zusammensetzung der im Jahr 2015 gewonnenen Sedimentproben.

6.2. Korngrößenverteilung der Sedimentproben

Im Zuge der petrographischen Geröllanalysen wurden an den 21 Sedimentproben auch Korngrößenanalysen durchgeführt. Die wichtigsten Parameter der Proben sind in Tabelle 6.-1 zusammengefasst.

Bei allen untersuchten Proben ist die Kiesfraktion mit durchschnittlich 70 Masse% vorherrschend. Steine (Fraktion > 63 mm) nehmen im Extremfall bis zu ein Drittel des Korngrößenspektrums ein, durchschnittlich beträgt ihr Anteil 10 Masse%. Der Sandgehalt liegt in der Regel bei 20 Masse%, während Silt- und Tonfraktion zumeist kaum vorhanden sind.

Deutlich feinkörniger ausgebildet sind die Proben 111, 113 und 122, die aus von Schiefern und Phylliten dominierten Einzugsgebieten stammen, sowie Probe 150, die aus einer Uferböschung eines Gebirgsbaches mit sowohl kristallinem als auch karbonatischem Hinterland entnommen wurde. Besonders hohe Kies-, und hier vor allem Grobkiesanteile weisen die Proben 76, 79, 104, 137 und 147a auf, wobei die Proben 79 und 104 aus Schuttkegeln mit vergleichsweise geringen Transportweiten bei gleichzeitig hoher Höhendifferenz stammen. Die Proben 76, 137 und 147a kommen aus Talfüllungen mit hohen Höhendifferenzen, in deren Einzugsgebieten über der Waldgrenze Felsschroffen und Karbereiche mit gravitativem Transport charakteristisch sind; Rinnen aus solchen Bereichen münden im Nahbereich der Probenahmepunkte in den Talbereich.

Bis auf Probe 137, die sich durch einen Kiesanteil von über 90 Masse% auszeichnet, weisen alle untersuchten Proben sehr schlechte bzw. extrem schlechte Sortierung auf.

Tab. 6.-1: Übersicht über die wichtigsten Parameter der 21 Sedimentproben.

Sedimentkörper	Einzugs-gebiet	maximale Transport-weite [km]	max. Höhen-differenz [m]	Ausgangsgestein	Sediment-material	Sortierung	D60/D10	D50 [mm]	Feinanteil (< 0,125mm) [%]
Schwemmkegel	79	3,3	1600	Dolomit, Kalkmarmor, Biotit-Plagioklasgneis	Kies	sehr schlecht	10,12	33,67	3,04
Schuttkegel	104	2,0	1300	Biotitschiefer/-gneis, Quarzit, Amphibolit	sandiger Kies	extrem schlecht	82,92	26,20	5,57
Schwemmkegel	110	3,6	1525	Sandstein, Schiefer	sandiger Kies	extrem schlecht	22,79	15,91	2,15
Schwemmfächer	111	3,5	1280	Kalkglimmerschiefer, Serpentinit, Prasinit	siltiger Sandkies	extrem schlecht	390,51	4,61	17,36
Schwemmfächer	114	15,0	1690	Sandstein, Dolomit, Kalkstein	sandiger Kies	extrem schlecht	56,73	12,07	5,36
Schwemmkegel	119	4,0	1499	Muskovitschiefer, Tonalit, Gneis	sandiger Kies	sehr schlecht	12,23	11,36	1,06
Schwemmkegel	120	1,8	867	Kalkstein, Kalksandstein, Mergelstein	sandiger Kies	extrem schlecht	33,64	17,33	3,32
Schwemmkegel	122	2,0	1100	Kalkglimmerschiefer, Phyllit, Orthogneis	siltiger Sandkies	extrem schlecht	363,29	3,05	19,82
Schwemmkegel	123	3,2	975	Phyllonit, Glimmerschiefer, Sandstein	sandiger Kies	extrem schlecht	29,34	10,74	2,58
Schwemmkegel	125	4,2	1301	Sandstein, Kalkstein, Dolomit	sandiger Kies	extrem schlecht	63,57	15,72	4,58
Schwemmkegel	136	4,0	1250	Kalksandstein, Kalkstein	sandiger Kies	extrem schlecht	53,42	18,18	5,34
Talfüllung	76	4,3	1110	Dolomit, Paragneis, Phyllit	sandiger Kies	extrem schlecht	43,75	33,32	2,98
Talfüllung	96	10,0	1300	Paragneis, Quarzit, Dolomit	sandiger Kies	extrem schlecht	27,77	11,73	2,02
Talfüllung	98	9,0	940	Amphibolit, diverse Gneise	sandiger Kies	extrem schlecht	173,91	29,58	6,46
Talfüllung	113	3,5	681	Schwarzschiefer, Phyllit, Grünschiefer	siltiger Sandkies	extrem schlecht	162,87	1,29	19,54
Talfüllung	137	9,5	1944	Granitgneis	Kies	schlecht	2,82	37,87	1,17
Talfüllung	144	11,0	1583	Quarzsandstein, Konglomerat	sandiger Kies	extrem schlecht	35,41	12,31	2,48
Talfüllung	147a	6,0	1392	Paragneis, Orthogneis	sandiger Kies	sehr schlecht	28,75	34,90	0,93
Talfüllung	148	12,5	2309	Kalkglimmerschiefer, Amphibolit	sandiger Kies	extrem schlecht	114,95	30,60	4,49
Talfüllung	150	6,0	1340	Orthogneis, Kalkstein, Dolomit, Sandstein	siltiger Sandkies	extrem schlecht	337,52	6,22	12,83
Talfüllung	151	8,8	1920	Gneis, Dolomit	sandiger Kies	extrem schlecht	29,39	14,68	1,77

Die Auswertung der Proben aus dem Projektjahr 2015 bestätigt und ergänzt die Ergebnisse, die sich bereits in den Untersuchungen des Vorjahres (PFLEIDERER et al., 2015) bzw. des Pilotprojekts (PFLEIDERER et al., 2012) abgezeichnet hatten. Zusammenfassend lassen sich folgende Trends ableiten (siehe auch Kap. 7.2):

- Ungeachtet von Transportdistanz und mittlerer Höhendifferenz sind Sedimente aus Schiefer- und Gneisgebieten relativ am feinkörnigsten (Fein- bis Mittelkiesbereich), Sedimente mit granitischem Hinterland relativ am grobkörnigsten (Grobkiesbereich); Sedimente aus Karbonatarealen und der Flyschzone nehmen eine Mittelstellung ein.

- Mit steigender Transportdistanz verbessert sich die Sortierung der Sedimente; dies gilt gleichermaßen für Ablagerungen in Schwemmfächern und Schuttkegeln wie für Talfüllungen.
- Nicht uneingeschränkt bestätigen lässt sich die früher getroffene Annahme, dass die Sedimente in Talfüllungen generell besser sortiert sind als in Schwemmfächern und Schuttkegeln. Bezieht man diese Aussage auf den Mittelwert, so gilt sie nach wie vor (Mittelwert Ungleichförmigkeitszahl U für Talfüllungen: 339; für Schwemmfächer/-kegel: 866); bezogen auf den Median zeigen allerdings Schwemmfächer/-kegel bessere Sortierung als die untersuchten Talfüllungen (Median Ungleichförmigkeitszahl U für Talfüllungen: 85,9; für Schwemmfächer/-kegel: 62,8).
- Es besteht eine, wenngleich wegen der großen Bandbreite der untersuchten Proben recht schwache, positive Korrelation zwischen mittlerer Korngröße und maximaler Höhendifferenz.
- Die Korrelation von mittlerer Korngröße und maximaler Transportdistanz im Einzugsgebiet zeigt nicht die erwartete Korngrößenabnahme.
- Der Feinanteil (Fraktion < 125 µm) ist bei Gebieten mit kurzer Transportdistanz hoch, bei langen Distanzen gering. Dies gilt für alle Sedimentkörper und für alle Lithologien und entspricht nicht dem erwarteten Trend.

6.3. Korngeometrische Parameter der Sedimentproben

Insgesamt wurden 27 Proben aus Schwemmfächern und Schuttkegeln und 19 Proben aus Talfüllungen analysiert. Dies entspricht sämtlichen Proben, die in den Jahren 2014 und 2015 gewonnen wurden. Abbildung 6.-2 gibt einen Überblick über Kornform und Kornrundung gegliedert nach sechs Lithologie-Hauptgruppen und nach Schwemmfächern/-kegeln und Talfüllungen. Eine Auswertung nach den in Kapitel 3.2 definierten 30 Hauptgruppen ist zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen.

Bezüglich der **Kornform** zeigt sich, dass in den untersuchten Sedimentkörpern flache Komponenten deutlich überwiegen. Knapp die Hälfte aller Komponenten wurde als disk-förmig klassifiziert, gut 20 % als plattig; mehr als zwei Drittel der untersuchten Komponenten sind also eher flach. Der Anteil der würfeligen bzw. stängeligen Komponenten ist in etwa gleich hoch und liegt bei jeweils rund 15 %.

Lithologiespezifisch gibt es deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Gesteinsgruppen. Beinahe 90 % der schiefrigen und phyllitischen Komponenten weisen plattige oder disk-förmige Kornformen auf, bei den karbonatischen Gesteinen dagegen sind es nur rund 55 %. Insgesamt sind die Gruppen der karbonatischen Gesteine und der klastischen Gesteine am inhomogensten zusammengesetzt.

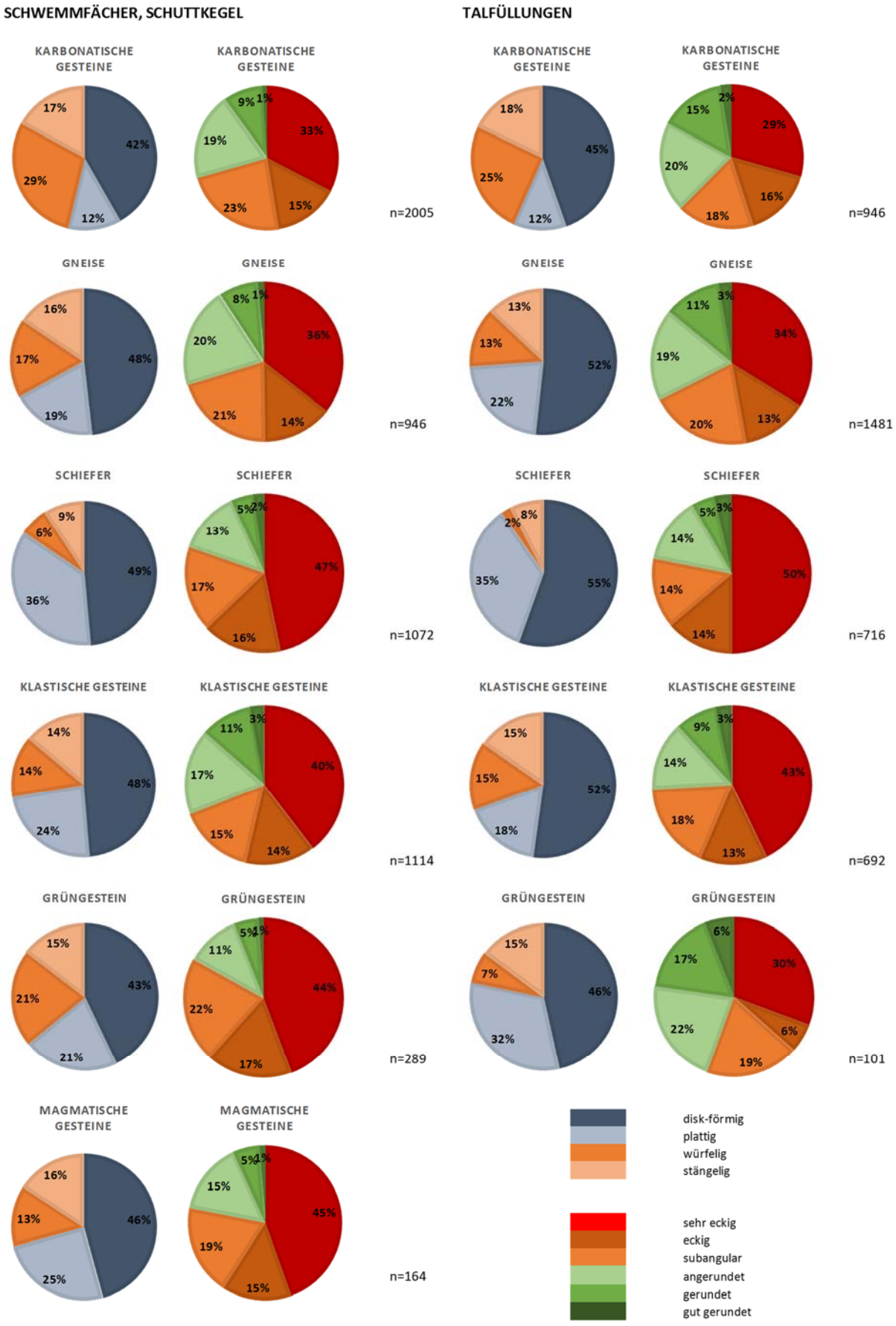


Abb. 6.-2: Kornform (jeweils links) und Rundung (jeweils rechts) nach sechs Lithologie-Hauptgruppen und Art der Sedimentkörper.

Bisweilen treten Unterschiede zwischen Talfüllungen und Schwemmfächern/-kegeln auf. So haben etwa flache Komponenten bei Kalkglimmerschiefer aus Talfüllungen (65 % disk-förmig, 28 % plattig) einen deutlich höheren Anteil am Gesamtspektrum als bei jenen aus Schwemmfächern/-kegeln (49 % disk-förmig, 35 % plattig).

Über alle Lithologiegruppen hinweg lässt sich eine Zunahme der plattigen und disk-förmigen Komponenten mit abnehmender Korngröße feststellen, meist zu Lasten der würfeligen Komponenten, während die stängeligen Komponenten in etwa konstant bleiben.

Die Hälfte der analysierten Komponenten ist schlecht oder sehr schlecht gerundet, gute oder sehr gute **Rundung** findet sich nur bei etwa 10 % der Komponenten. Schiefrige und phyllitische Komponenten weisen den höchsten Anteil an sehr eckigen Komponenten auf, karbonatische Gesteine den niedrigsten. Karbonatische Gesteine, Gneise und klastische Gesteine haben die höchsten Anteile an gut bzw. sehr gut gerundeten Komponenten. Unter den karbonatischen Gesteinen fallen die Marmore mit rund 50 % angerundeten, gerundeten bzw. gut gerundeten Komponenten besonders auf.

Bei vielen Lithologien zeigen sich Unterschiede je nach Zugehörigkeit zu Talfüllungen bzw. Schwemmfächern/-kegeln. So sind karbonatische Gesteine aus Talfüllungen deutlich besser gerundet als solche aus Schwemmfächern/-kegeln, wobei hier die Gruppe der Dolomite besonders hervorsticht. Gleiches gilt für Gneise, vor allem für Paragneise, für schiefrige Gesteine, insbesondere für Kalkglimmerschiefer und Phyllite, für Quarzite und für Grüngesteine.

In allen Lithologie-Hauptgruppen kommt es zu einer deutlichen Abnahme von angerundeten, gerundeten und gut gerundeten Komponenten mit abnehmender Korngröße. Gleichzeitig steigt der Anteil sehr eckiger Komponenten stark an, während eckige und subangulare Komponenten anteilsmäßig konstant bleiben.

7. Ergebnisse

7.1. Darstellung der GIS-Ergebnisse

Die GIS-Arbeiten für die Abgrenzung und Charakterisierung der morphologischen Einzugsgebiete wurden im dritten Projektabschnitt mit der Bearbeitung der Talfüllungen abgeschlossen. Damit ergibt sich der in Abbildung 7.-1 dargestellte Bearbeitungsstand, der nun das gesamte Projektgebiet umfasst.

Bearbeitet wurde ein Gebiet, das im Norden und Osten Österreichs vom Nordrand der Flyschzone begrenzt, bzw. im Osten Österreichs mit dem Alpenrand festgelegt ist (Abb. 7.-1). Ausgespart blieben dabei die großen Sedimentbecken (Molassebecken, Wiener Becken, Steirisches Becken), in denen einerseits kaum regenerative Sedimentkörper (rezente Schwemmfächer, Schuttkegel, Wildbachschutt) vorkommen, und andererseits der auf dem digitalen Höhenmodell basierte Ansatz der GIS Routinen für die ebene Geländeausbildung nicht geeignet ist. Ebenso ausgespart war das Gebiet der Böhmischen Masse.

Bei jedem Lockergesteinsvorkommen wurden sowohl das Liefergebiet abgegrenzt als auch die morphometrischen Parameter abgeleitet und die Flächenanteile der vorkommenden Gesteinsarten berechnet. In Beilage 1 sind die bearbeiteten Sedimentkörper, beziehungsweise die Startpunkte der Berechnungen der Einzugsgebiete von Talfüllungen dargestellt. Die Beilage 2 (Schwemmfächer und –kegel), Beilage 3 (Talfüllungen) und Beilage 4 (Schuttkegel) veranschaulichen die lithologische Charakteristik sämtlicher Einzugsgebiete.

Innerhalb der gesamten Projektdauer (2013-2015) wurden für 15259 Schwemmfächer und Schuttkegel Einzugsgebiete bestimmt, davon 703 in Niederösterreich, 595 in Oberösterreich, 2026 in Kärnten, 6464 in Tirol, 1897 in Salzburg, 138 in Vorarlberg und 3436 in der Steiermark. Für ausgewählte Talfüllungslokationen wurden insgesamt 2401 Einzugsgebiete berechnet, davon 487 in Kärnten, 329 in Niederösterreich, 161 in Oberösterreich, 378 in Salzburg, 703 in der Steiermark, 321 in Tirol und in Vorarlberg 22.

Tabelle 7.-1 zeigt die Anzahl der insgesamt berechneten Einzugsgebiete nach Bundesland und Art des Lockergesteinskörpers. Die Zahlenwerte sind gesamthaft ein Ausdruck des Flächenanteiles der Bundesländer am Projektgebiet, der prozentuelle Anteil der Schwemmfächer und der Schuttkegel in den Bundesländern kann als Ausdruck der vorherrschenden morphologischen bzw. geologischen Bedingungen in den Bundesländern interpretiert werden. So überwiegen zum Beispiel im Bundesland Tirol die Schuttkegel mit einem Anteil von 64 Prozent.

Die statistische Verteilung der Einzugsgebiete der Schwemmfächer und Schuttkegel auf die großtektonischen Einheiten Österreichs wird in Abb. 7.-2 gezeigt. Die überwiegende Mehrheit der Gebiete liegt in den Nördlichen Kalkalpen (zum größten Teil in den Bundesländern Tirol und Steiermark) und im Ostalpinen Kristallin (überwiegend in Tirol, Steiermark und Kärnten), sowie im Penninikum (vor allem in Salzburg und Tirol).

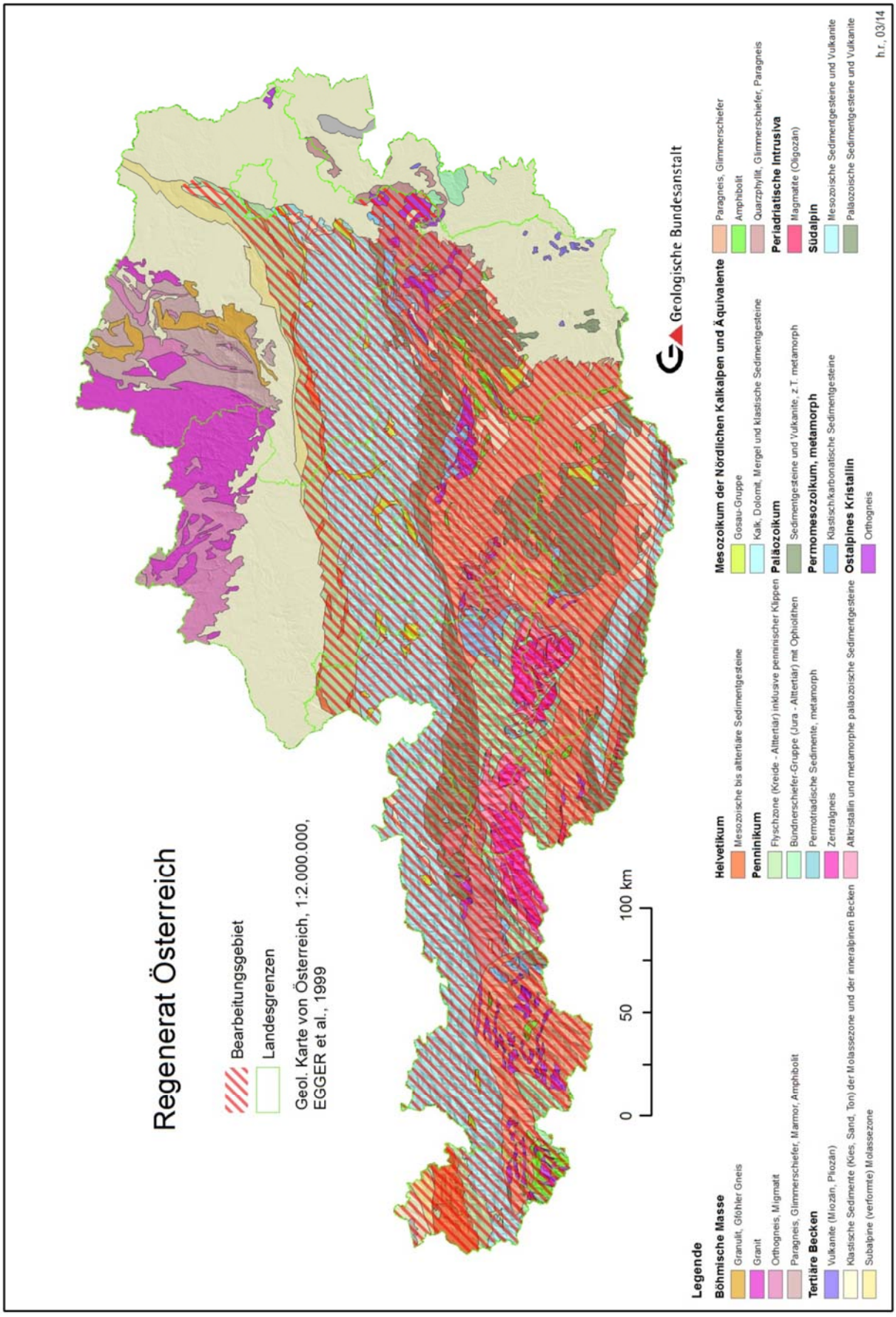


Abb. 7.-1: Lage der untersuchten Gebiete.

Tab. 7.-1: Anzahl der berechneten Einzugsgebiete der Schwemm- und Schuttfächer sowie der Talfüllungen nach Bundesland.

Bundesland	Sedimentkörper	Anzahl gesamt	Prozentanteil gesamt	Anzahl	Prozent
Kärnten	Schwemmfächer, Schwemmkegel (Pleistozän bis Holozän)			1 476	72,9
	Schuttkegel (Würm bis Holozän)			550	27,1
	Summe:	2 026	13,2		100,0
Niederösterreich	Schwemmfächer, Schwemmkegel (Pleistozän bis Holozän)			548	78,0
	Schuttkegel (Würm bis Holozän)			155	22,0
	Summe:	703	4,6		100,0
Oberösterreich	Schwemmfächer, Schwemmkegel (Pleistozän bis Holozän)			569	95,6
	Schuttkegel (Würm bis Holozän)			26	4,4
	Summe:	595	3,9		100,0
Salzburg	Schwemmfächer, Schwemmkegel (Pleistozän bis Holozän)			1 253	66,1
	Schuttkegel (Würm bis Holozän)			644	33,9
	Summe:	1 897	12,3		100,0
Steiermark	Schwemmfächer, Schwemmkegel (Pleistozän bis Holozän)			2 223	64,7
	Schuttkegel (Würm bis Holozän)			1 213	35,3
	Summe:	3 436	22,3		100,0
Tirol	Schwemmfächer, Schwemmkegel (Pleistozän bis Holozän)			2 326	36,0
	Schuttkegel (Würm bis Holozän)			4 138	64,0
	Summe:	6 464	42,0		100,0
Vorarlberg	Schwemmfächer, Schwemmkegel (Pleistozän bis Holozän)			138	100,0
	Summe:	138	0,9		100,0

Bundesland	Anzahl der berechneten Einzugsgebiete der Talfüllungen
Kärnten	487
Niederösterreich	329
Oberösterreich	161
Salzburg	378
Steiermark	703
Tirol	321
Vorarlberg	22
Summe Talfüllungen:	**2 401**

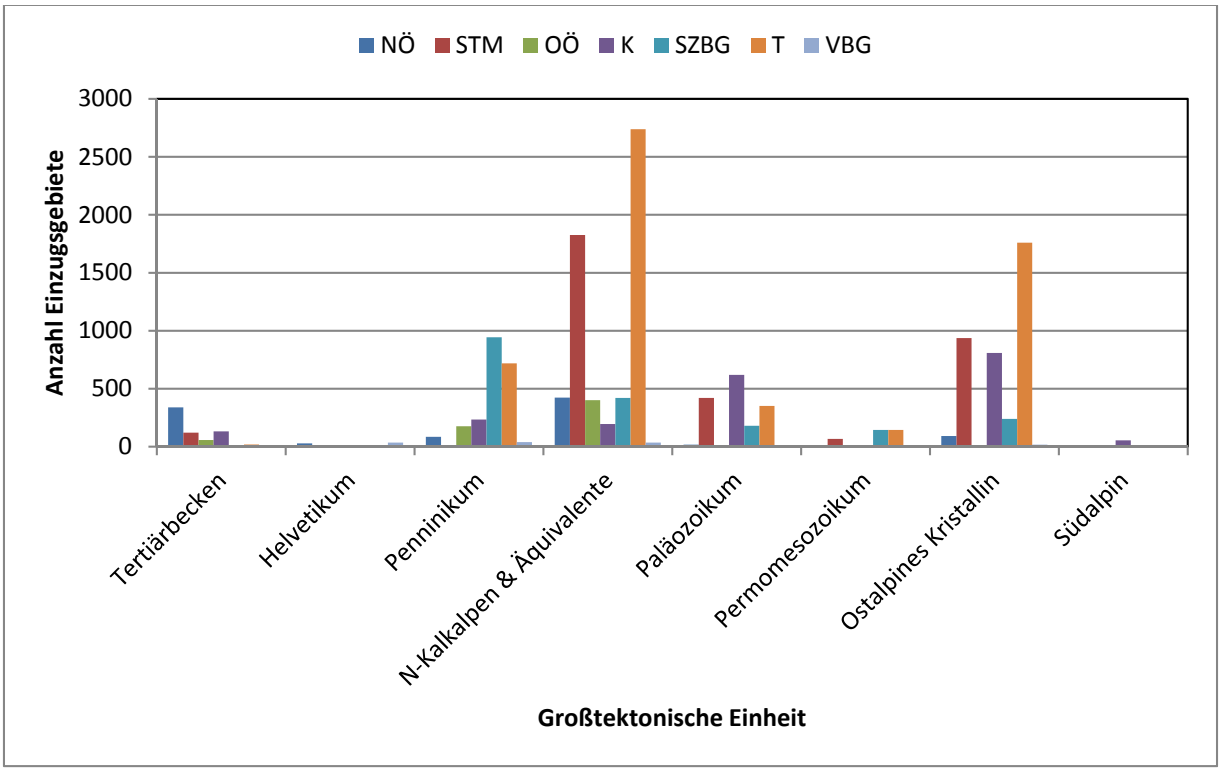


Abb. 7.-2: Verteilung der Einzugsgebiete von Schwemmfächern und Schuttkegeln auf großtektonische Einheiten.

7.2. Vergleich der GIS-Ergebnisse mit Sedimentproben

7.2.1. Vergleich der lithologischen Zusammensetzungen

Für den Vergleich der durch die GIS-Routine errechneten Flächenanteile der geologischen Einheiten mit den lithologischen Zusammensetzungen der Sedimente stehen zwei Datensätze zur Verfügung, einerseits die Daten der petrographischen Geröllanalysen der 59 in den Jahren 2012, 2014 und 2015 seitens der Geologischen Bundesanstalt gewonnenen Sedimentproben, andererseits die Daten einer Studie, bei der Lithospektren von an Talsperren Vorarlbergs anfallendem Material bestimmt wurden (Projekt „Geschiebebewirtschaftung Vorarlberg“; BERTLE, 2000). Zu beiden Datensätzen wurden die morphologischen Einzugsgebiete der Probenpunkte im GIS bestimmt.

Vergleich der lithologischen Zusammensetzungen der Sedimentproben und deren Einzugsgebiete

Für den Vergleich der GIS-Ergebnisse mit den Sedimentproben aus den Jahren 2012, 2014 und 2015 stehen insgesamt 59 Proben, davon 22 aus Talfüllungen, 34 aus Schwemm-/Schuttkegel und drei aus Hangschuttkörpern, und deren Einzugsgebiete zur Verfügung. Um die im GIS errechneten Flächenanteile der geologischen Einheiten mit den lithologischen Zusammensetzungen der Sedimente zu vergleichen, mussten zunächst die lithologischen Inhalte der geologischen Einheiten erfasst und nach Hauptgruppen klassifiziert werden. Dies erfolgte zunächst nach 9 Klassen, eine Klassifizierung gemäß den in Kap. 3.2 für die Sedimentproben definierten 30 Klassen ist zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen.

Anschließend wurden für jede lithologische Klasse die Geschiebe- beziehungsweise Flächenanteile in Prozent verglichen und deren Häufigkeitsverteilungen in Boxplots dargestellt (Abb. 7.-3). Der Vergleich zeigt, dass sich die Häufigkeitsverteilungen recht gut überlagern. Dies bedeutet, dass der Flächenanteil der Lithologien im Einzugsgebiet ein guter Indikator für die lithologische Zusammensetzung der Gerölle darstellt. Eine Ausnahme bilden die magmatischen Gesteine, die in den Proben höhere Prozentanteile erreichen als in den Flächenanteilen der geologischen Einheiten, allerdings ist die Probenanzahl (n = 3) zu gering, um dieser Abweichung statistische Bedeutung zuzumessen. Im Vergleich der Lithologien untereinander zeigt sich, dass die überwiegende Mehrheit der beprobten und berechneten Einzugsgebiete aus Schiefern, Karbonaten und Gneisen besteht.

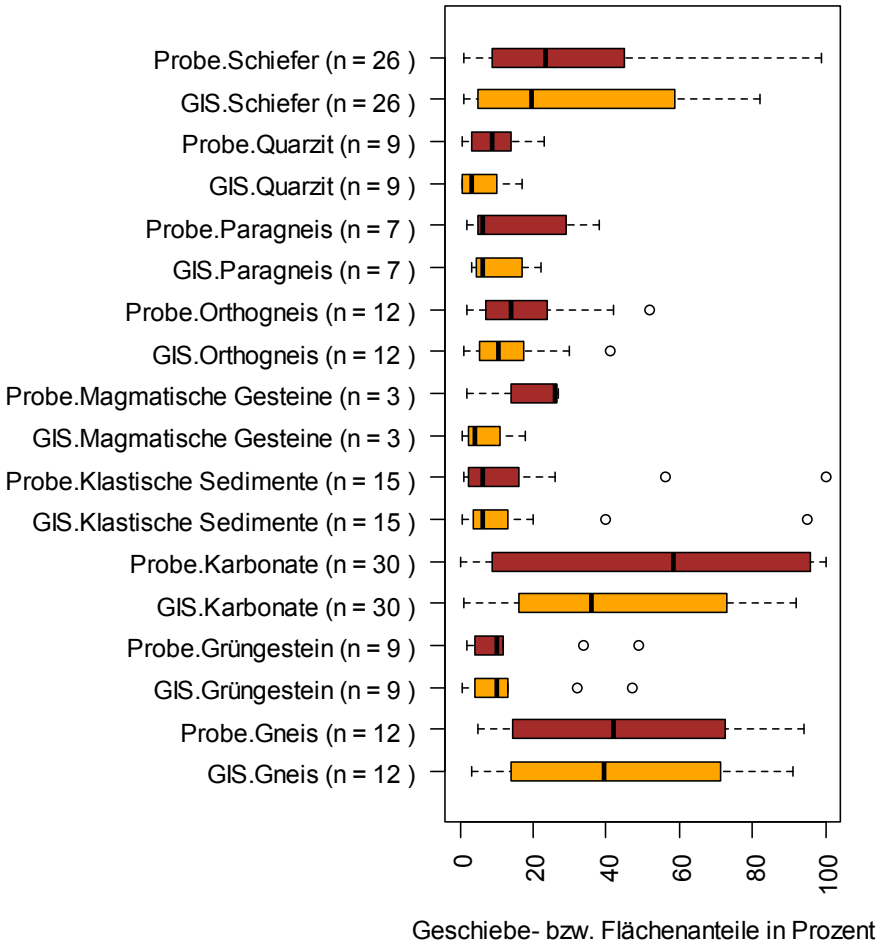


Abb. 7.-3: Vergleich der Geschiebeanteile in den Sedimentproben und der im GIS berechneten Flächenanteile der lithologischen Einheiten der Einzugsgebiete.

Anschließend wurden für jede Lithologie die Differenzen der Anteile pro Einzugsgebiet berechnet und ebenfalls in Boxplots dargestellt (Abb. 7.-4). Hierbei bedeutet eine positive Abweichung, dass die Lithologie in der Probe zu einem geringeren Anteil vertreten ist, als es der Flächenanteil im Einzugsgebiet erwarten lassen würde. Eine negative Abweichung hingegen bedeutet einen größeren Geröllanteil im Vergleich zum Flächenanteil.

Der Medianwert der Abweichungen beträgt insgesamt 4 %, bei Quarzit 3 %, Paragneis und Orthogneis 4,5 %, magmatischen Gesteinen 2 %, klastischen Sedimenten 3 %, Karbonaten 3,5 % und

Grüngesteinen 3,5 %. Nur bei Schiefern (7,5 %) und (undifferenzierten) Gneisen (10,5 %) ergeben sich signifikante Abweichungen. Die Bandbreiten zwischen den ersten und dritten Quartilen der Differenzenverteilungen sind bei Quarziten, Paragneisen, Orthogneisen, klastischen Sedimenten und bei Grüngesteinen gering. Bei Schiefern und magmatischen Gesteinen werden allerdings 30 – 40 %, bei Karbonaten und Gneisen bis zu 50 % erreicht.

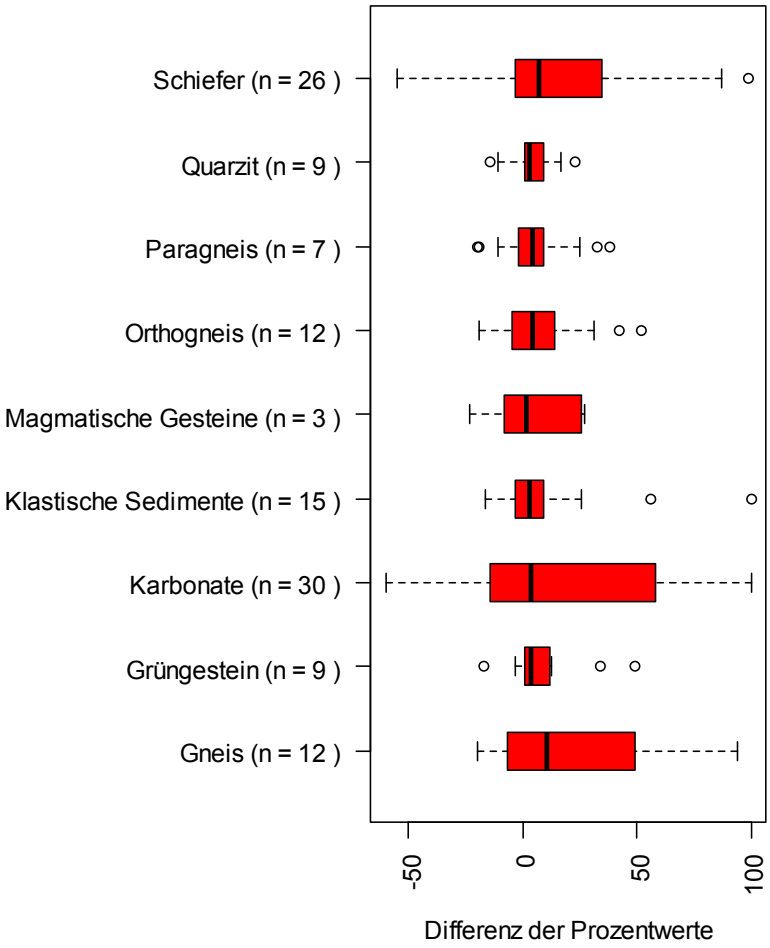


Abb. 7.-4: Abweichungen zwischen den Geschiebeanteilen in den Sedimentproben und den im GIS berechneten Flächenanteilen für einzelne lithologische Klassen.

Die Abweichungen zwischen GIS-Ergebnissen und Sedimentproben wurden anschließend für (fluviatil abgelagerte) Talfüllungen und (gravitativ abgelagerte) Schwemmfächer / Schwemmkegel / Schuttkegel getrennt untersucht. Dabei zeigt sich, dass der Medianwert der Abweichungen bei Talfüllungen 4 % und bei Schwemmfächern/Schwemmkegeln/Schuttkegeln 5 % beträgt. Wiederum zeigen sich die höchsten Abweichungen bei Gneisen (bei Talfüllungen 17,5 % und bei Schwemmfächern / Schwemmkegeln / Schuttkegeln 10,5 %) und bei Schiefern (bei Schwemmfächern / Schwemmkegeln / Schuttkegeln 8,5 %).

Neben den aus nur einer Lithologie bestehenden geologischen Einheiten kommen auch solche vor, in denen mehrere Lithologien zusammenfassend kartiert sind (zum Beispiel „Schiefer / Paragneis“ oder

„Tonstein / Mergel / Sandstein“). Bei der Auswahl der Probenpunkte wurde versucht, diese Situationen auszuschließen, jedoch war dies bei manchen Gebieten aufgrund der vorhandenen geologischen Karten nicht zu umgehen. Daher konnten zwei Proben, die aus den klastischen Sedimenten des Helvetikum gewonnen wurden, nicht ausgewertet werden. Fasst man jedoch die Prozentanteile im Lithospektrum der Probe zusammen, wird ein Vergleich zu den GIS-Berechnungen wiederum möglich.

In Abbildung 7.-5 sind die Abweichungen zwischen GIS-Ergebnissen und Sedimentproben für derartige zusammenfassende lithologische Klassen dargestellt. Die Medianwerte betragen hier bis zu 10 %, bei manchen Gruppen 40 % (Gruppe „Gneis / Schiefer“ oder „Sandstein / Schiefer“). Allerdings sind diese Werte statistisch wegen der geringen Probenanzahl nicht abgesichert.

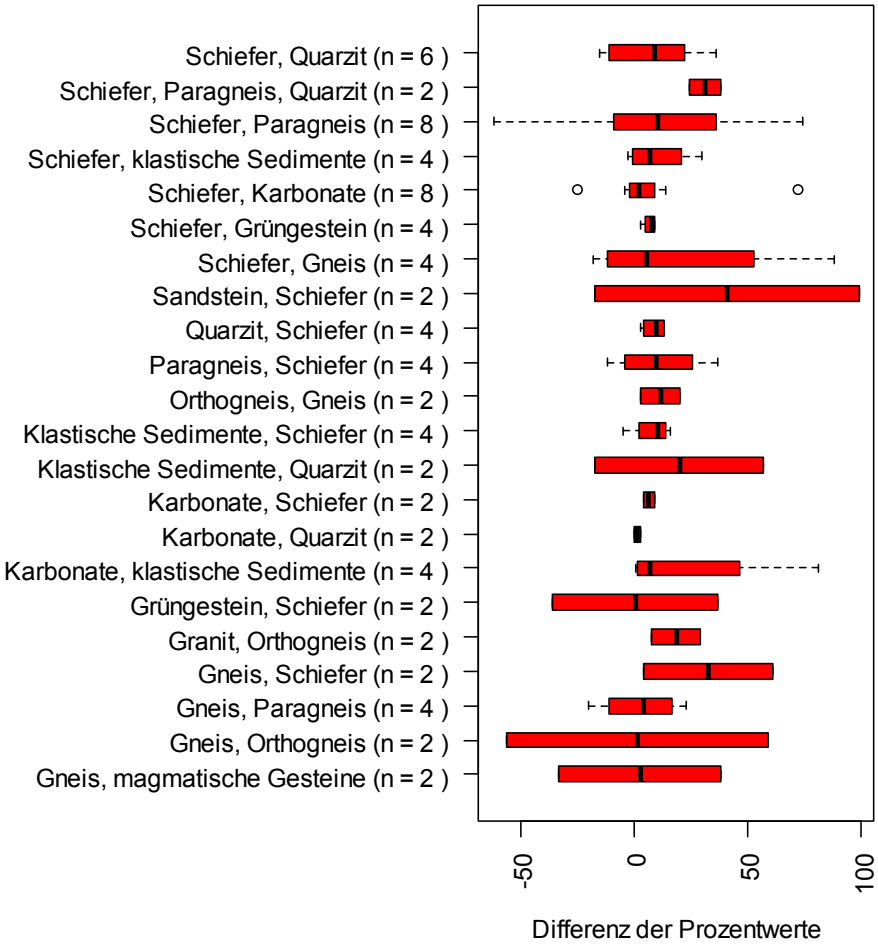


Abb. 7.-5: Abweichungen zwischen den Geschiebeanteilen in den Sedimentproben und den im GIS berechneten Flächenanteilen für zusammenfassende lithologische Klassen.

Zusätzlich zur Betrachtung einzelner Lithologien über alle Einzugsgebiete wurden auch die einzelnen Einzugsgebiete über alle darin vorkommenden Lithologien betrachtet. Abbildungen 7.-6 bis 7.-8 zeigen den Vergleich von Flächen- und Geröllanteilen beispielhaft für drei Einzugsgebiete. Probe 17 aus dem Jahr 2014 (Abb. 7.-6) und Probe 96 (Abb. 7.-7) zeigen sehr gute Übereinstimmung zwischen Flächen- und Geröllanteilen aller Lithologie, Probe 150 (Abb. 7.-8) eine mäßig gute Übereinstimmung.

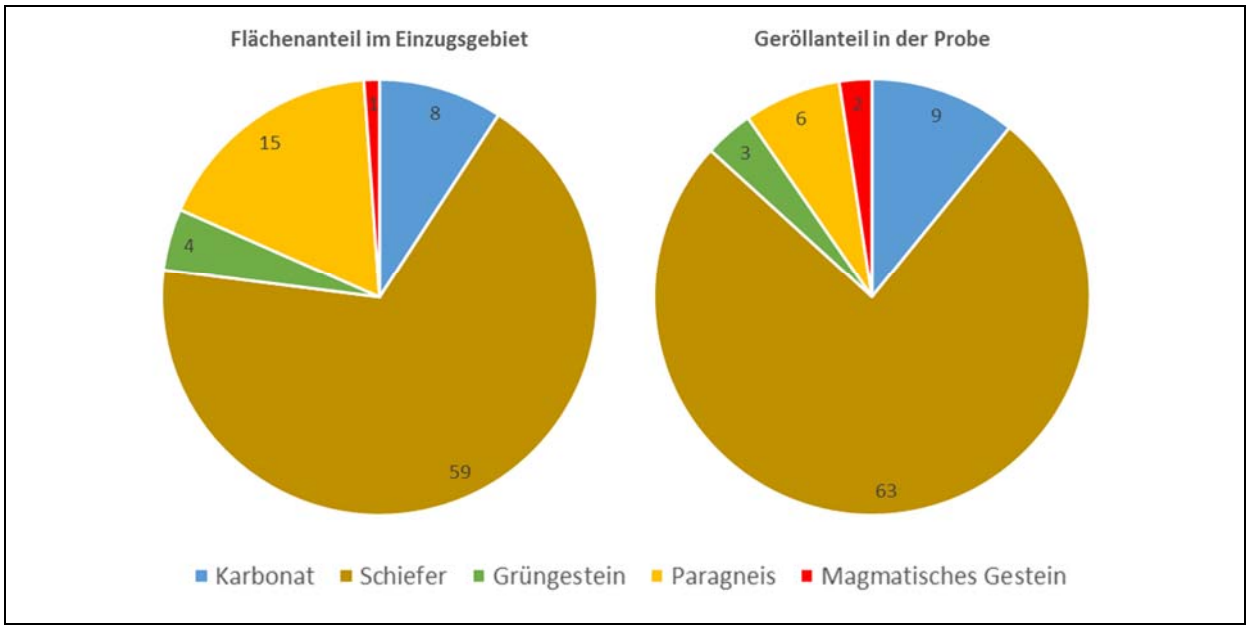


Abb.: 7.-6: Vergleich der Flächen- und Geröllanteile für das Einzugsgebiet 17 aus dem Jahr 2014.

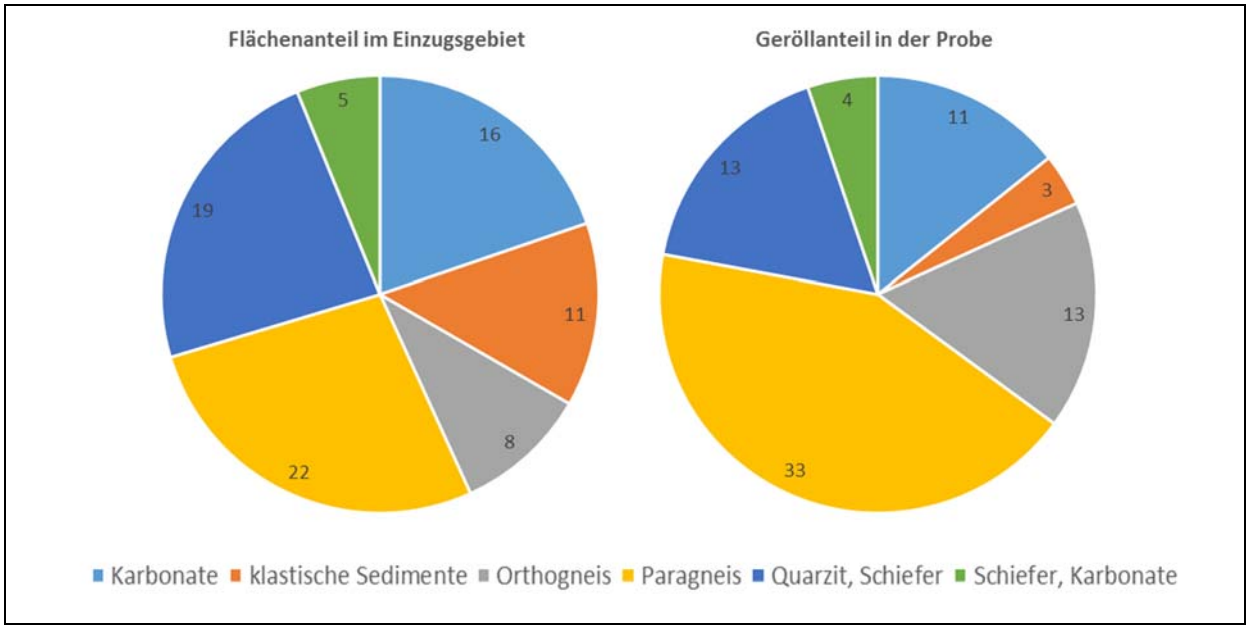


Abb. 7.-7: Vergleich der Flächen- und Geröllanteile für das Einzugsgebiet 96.

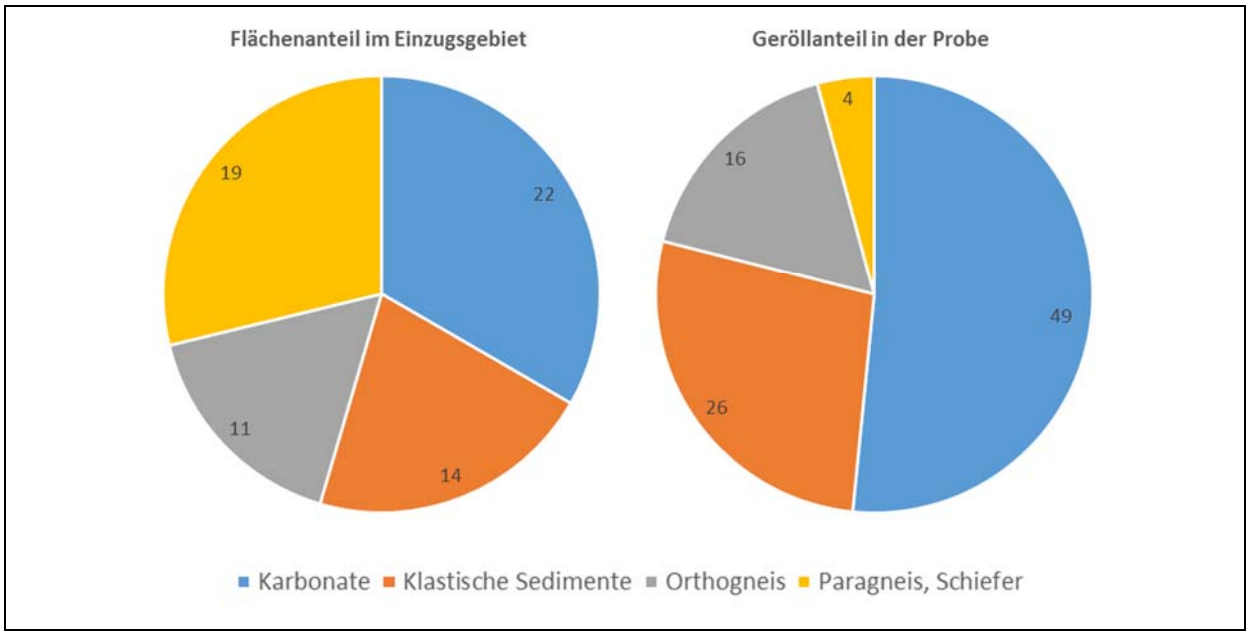


Abb.: 7.-8: Vergleich der Flächen- und Geröllanteile für das Einzugsgebiet 150.

Um die Übereinstimmung zwischen Flächen- und Geröllanteilen pro Einzugsgebiet für alle darin auftretenden Lithologien gleichzeitig zu quantifizieren wurden Methoden der multivariaten Statistik verwendet. Aus den zahlreichen aus der Literatur vorliegenden multivariaten Distanzmetriken (ROCK, 1988) wurden beispielhaft die euklidische Distanz sowie die Manhattan- bzw. City-Block-Distanz für die vorliegenden Daten berechnet. Auf Grund des häufigen Auftretens der Zahl Null als Kennzeichnung von im Einzugsgebiet bzw. den Sperren nicht vorhandenen lithologischen Hauptgruppen, können für diese Auswertungen die speziellen statistischen Methoden für Kompositionsdaten (AITCHISON, 1986) nicht herangezogen werden.

Höhere Werte der Distanzmaße kennzeichnen stärker differierende Ergebnispaare von Sediment und Einzugsgebiet, während niedrigere Werte auf ähnliche Ergebnisse bei GIS-Auswertung und Geschiebeauszählung hinweisen. Bei dem multivariaten Vergleich ergibt sich, dass die euklidische Distanz zwischen den jeweiligen Ergebnissen der GIS-Routine sowie der Proben eine etwas rechtsschiefe, bimodale Verteilung aufweist, deren Median bei einem Wert < 23 % zu liegen kommt. 75 % der Ergebnisse unterschreiten dabei einen Distanzwert von 38 % (Tab. 7.-2). Nur wenige extreme Werte liefern einen Hinweis auf eine relative höhere Differenz der Ergebnisse bei einigen Proben bzw. Einzugsgebieten (Abb. 7.-9).

Tab. 7.-2: Statistische Kennzahlen der euklidischen Distanz zwischen Flächen- und Geröllanteilen (n=54).

Minimum	1. Quartil	Median	Mittelwert	3. Quartil	Maximum
3,3	16,2	22,6	27,8	37,6	87

Mit der Manhattan- (City-Block-) Distanz werden mathematisch bedingt etwas höhere Distanzwerte ausgewiesen, hinsichtlich der Form der Verteilung wird jedoch ein mit den Ergebnissen der euklidischen Distanz vergleichbares Bild ersichtlich (Abb. 7.-9).

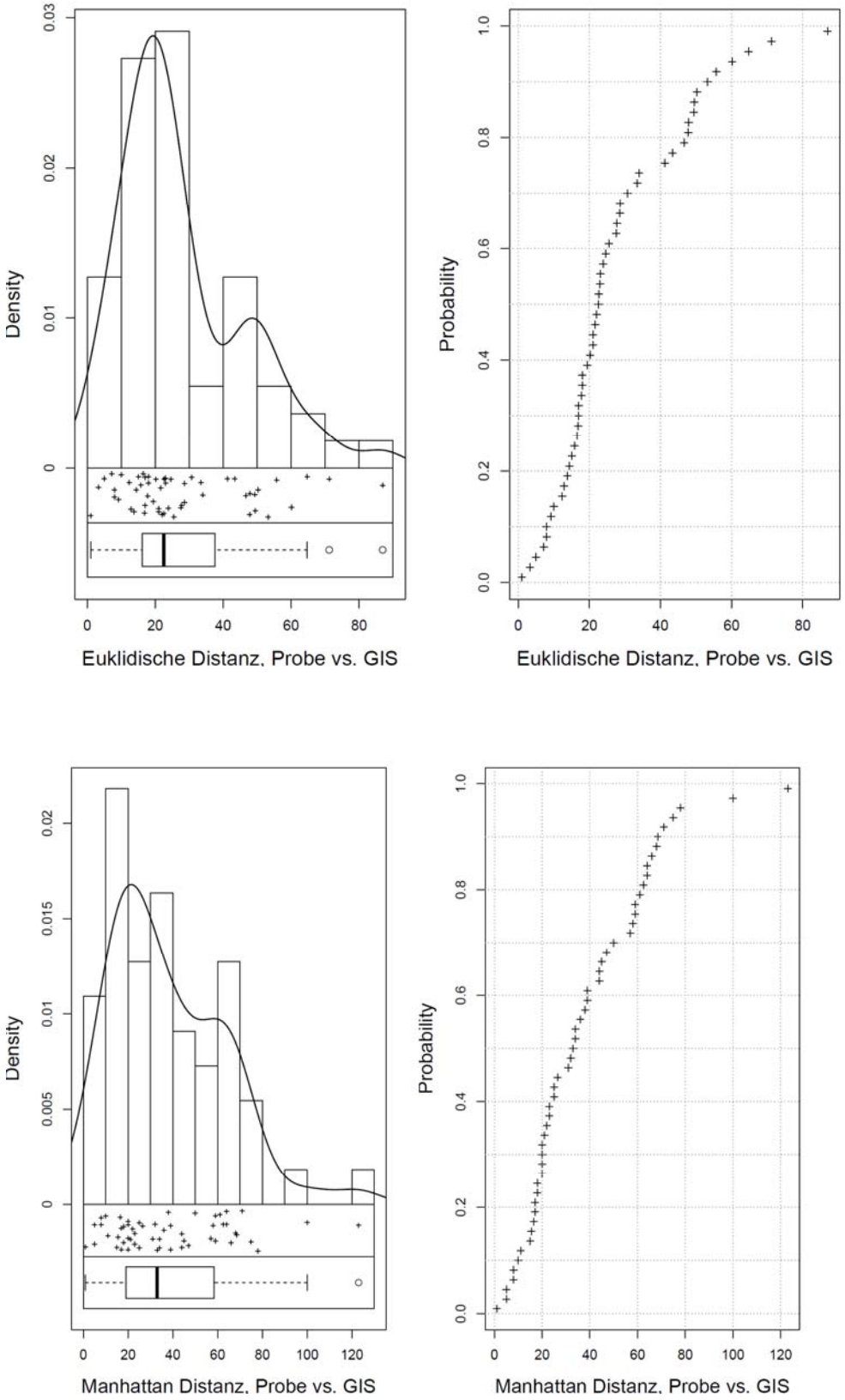


Abb. 7.-9: Multivariate Distanzmessungen der prozentualen Flächen- und Geröllanteile: Euklidische Distanz (oben) und Manhattan Distanz (unten), Darstellung als Histogramm, Dichteverteilung, Scatterplot, Boxplot und Summenkurve (n=54).

Die Distanzangaben wurden den Standorten der Probenahme bzw. deren Einzugsgebieten zugeordnet und können damit zur regionalen Überprüfung der Ähnlichkeitswerte herangezogen werden. Zum Beispiel wird für die Talfüllungsprobe 59, „Haßbach“, ein Distanzwert von 8,5 berechnet (Abb. 7.-10, siehe auch PFLEIDERER et al., (2015), Anhang 1, Abb. I.91, S. 55-57). Das Einzugsgebiet weist laut GIS-Auswertung einen Flächenanteil von 20 % Grobgneis, 10 % Semmeringquarzit und 50 % Glimmerschiefer bzw. Paragneis auf. Für die lithologischen Anteile der Probenauswertung werden für die beprobte Talfüllung die Angaben 17 % Orthogneis, 11 % Quarzit und 51 % Schiefer bzw. Paragneis ausgewiesen.

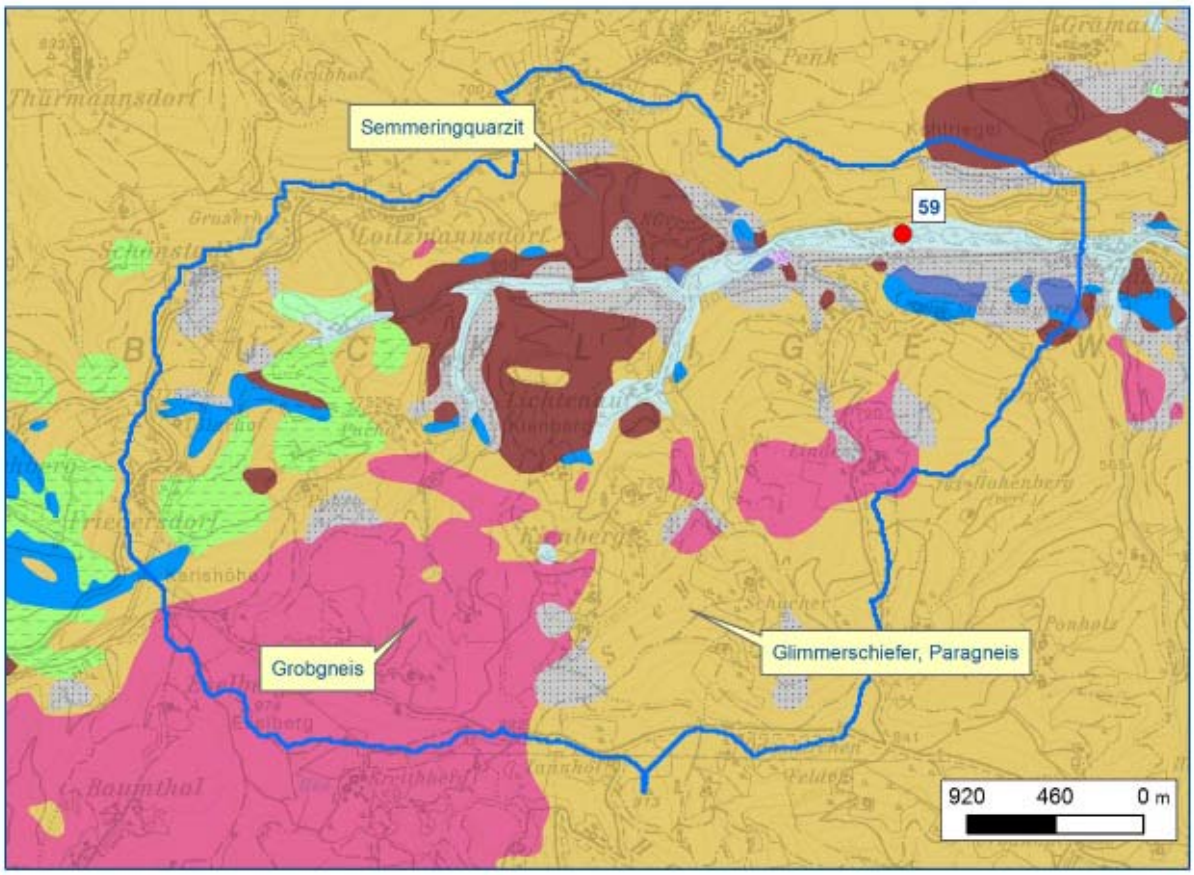


Abb. 7.-10: Probenahmepunkt 59 Haßbach und dessen Einzugsgebiet (PFLEIDERER et al., 2015), Kartengrundlage: AngedAN, ÖK 105 (LIPIARSKI et al., 2012).

Abschließend wurde der Einfluss der Korngröße beleuchtet, da sich je nach Kornfraktion die lithologische Zusammensetzung im Vergleich zur gesamten Probe verschieben kann. Bei den kleinen Kornfraktionen (4 - 8 mm, 2 - 4 mm) zeigen sich beispielsweise höhere Anteile von Glimmernschiefern und anderen, weichen Gesteinsarten, während Gneisgerölle eher abnehmen. Auch die Gesteinsansprache ist bei polymiktem Mineralbestand erschwert, da Mineralkörner bei den kleineren Kornfraktionen aus dem Gesteinsverband gelöst sind. Hingegen können in den Kornfraktionen > 63 mm und 32 – 63 mm aufgrund der geringen Anzahl von Geröllen teilweise keine repräsentativen Aussagen über das Lithospektrum getroffen werden. Die mittleren Kornklassen sind daher meist am repräsentativsten für die lithologische Zusammensetzung der gesamten Probe und entsprechen am ehesten den aus dem GIS abgeleiteten Vorhersagen.

Vergleich der lithologischen Zusammensetzungen von Geschiebeproben der Studie „Geschiebebewirtschaftung Vorarlberg“ (BERTLE, 2000) und deren Einzugsgebiete

Ein erster Vergleich der Ergebnisse des Projektes „Geschiebebewirtschaftung Vorarlberg“ (BERTLE, 2000) mit den Ergebnissen der GIS-Auswertungen wurde bereits von PFLEIDERER et al. (2015) gezogen. Die Abbildungen 7.-11 und 7.-12 zeigen beispielhaft die Ergebnisse dieses Vergleichs an den Sperren Stelzistobel und Glongtobel.

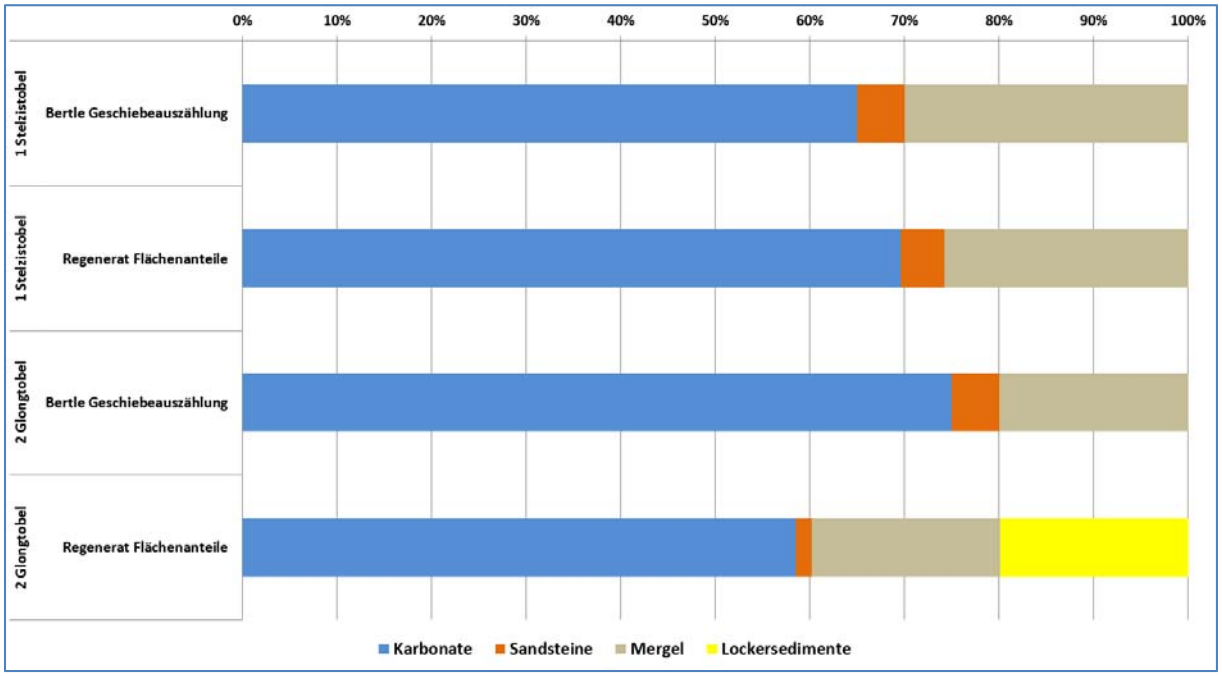


Abb. 7.-11: Vergleich einer Geschiebeauszählung (BERTLE, 2000) mit den Flächenanteilen lithologischer Einheiten im Einzugsgebiet am Beispiel der Sperren 1) Stelzistobel und 2) Glongtobel.

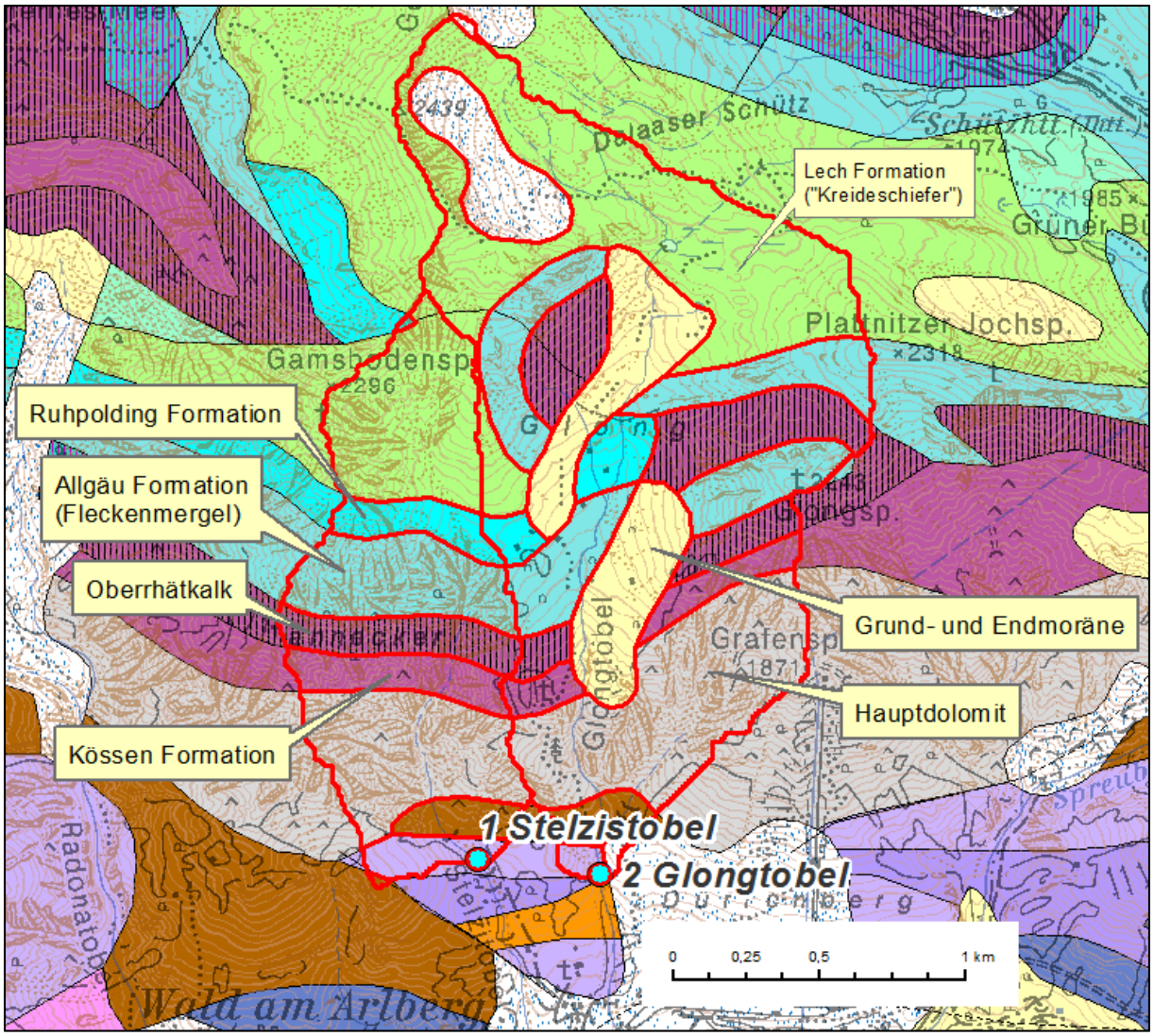


Abb. 7.-12: Einzugsgebiete der Sperren 1) Stelzistobel und 2) Glongtobel am Beispiel der Geologischen Karte von Vorarlberg (PESTAL et al., 2007).

Für einen eingehenderen Vergleich wurden nun für 210 Sperren die Anteile der lithologischen Hauptgruppen der Geröllspektren laut BERTLE (2000) den Flächenanteilen laut GIS-Auswertung der zugehörigen Einzugsgebiete gesamthaft gegenübergestellt sowie die Differenzen der Anteile pro Sperre bzw. Einzugsgebiet gebildet und in Form von Boxplots dargestellt. Bei der Auszählung der Geschiebeanteile wurden die auftretenden Gesteinsarten bereits in 6 Hauptgruppen (Mergel, Sandsteine, Karbonate, Hornblendegesteine, Glimmerschiefer und Gneise) zusammengefasst (BERTLE, 2000). Die lithologischen Inhalte der geologischen Einheiten wurden daher ebenfalls nach diesen Gruppen klassifiziert.

Aus dem Vergleich wird ersichtlich, dass für die lithologische Hauptgruppe „Karbonate“ die Anteile der Geschiebe in den Sperren eine höhere Variabilität aufweisen als laut GIS in den geologischen Kartengrundlagen der Einzugsgebiete ausgewiesen wird (Abb. 7.-13). Für die anderen lithologischen Hauptgruppen liegt in den Sperren im Vergleich gegenüber den GIS-Auswertungen eine vergleichbar identische oder auch eine geringere Variabilität vor.

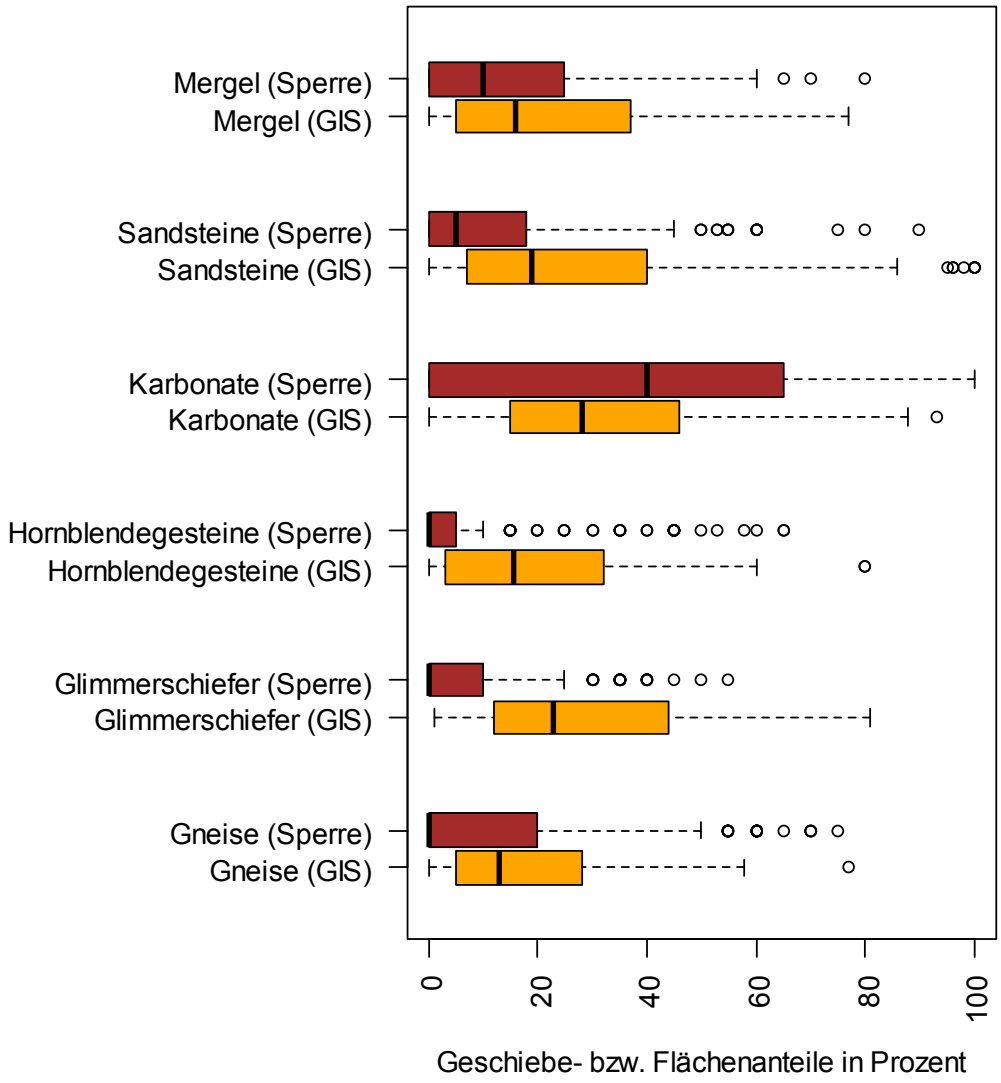


Abb. 7.-13: Vergleich der Geschiebeanteile an den Sperren (BERTLE, 2000) und der im GIS berechneten Flächenanteile der lithologischen Einheiten der Einzugsgebiete.

Aus der Auswertung der Differenzen der Anteile der lithologischen Hauptgruppen der jeweiligen Einzugsgebiete laut GIS-Auswertung gegenüber den Anteilen der lithologischen Hauptgruppen in den zugehörigen Sperren wird sichtbar, dass gesamthaft in den Sperren relativ höhere Anteile an verwitterungsresistenten lithologischen Hauptgruppen beobachtet wurden als laut GIS an Flächenanteilen in den Einzugsgebieten auftreten (negative Medianwerte, Tab. 7.-3 und Abb. 7.-14). Bei jenen lithologischen Hauptgruppen, die stärker von der Verwitterung betroffen sind, sind laut GIS etwas höhere Anteile ausgewiesen, die anscheinend in den Sperren nur mehr in geringerer Häufigkeit angetroffen wurden (positive Medianwerte). Aus dem Ergebnis des Vergleiches kann abgeleitet werden, dass mit den GIS-Methoden der Anteil an verwitterungsresistenten Geschieben in den Sperren etwas unterschätzt wird.

Tab. 7.-3: Medianwerte der Differenz zwischen Flächen- und Geschiebeanteilen, Angaben in Prozent.

Gneise	Glimmerschiefer	Hornblendegesteine	Karbonate	Sandsteine	Mergel
-16,4	4,6	-4,4	-19,3	5,6	0,6

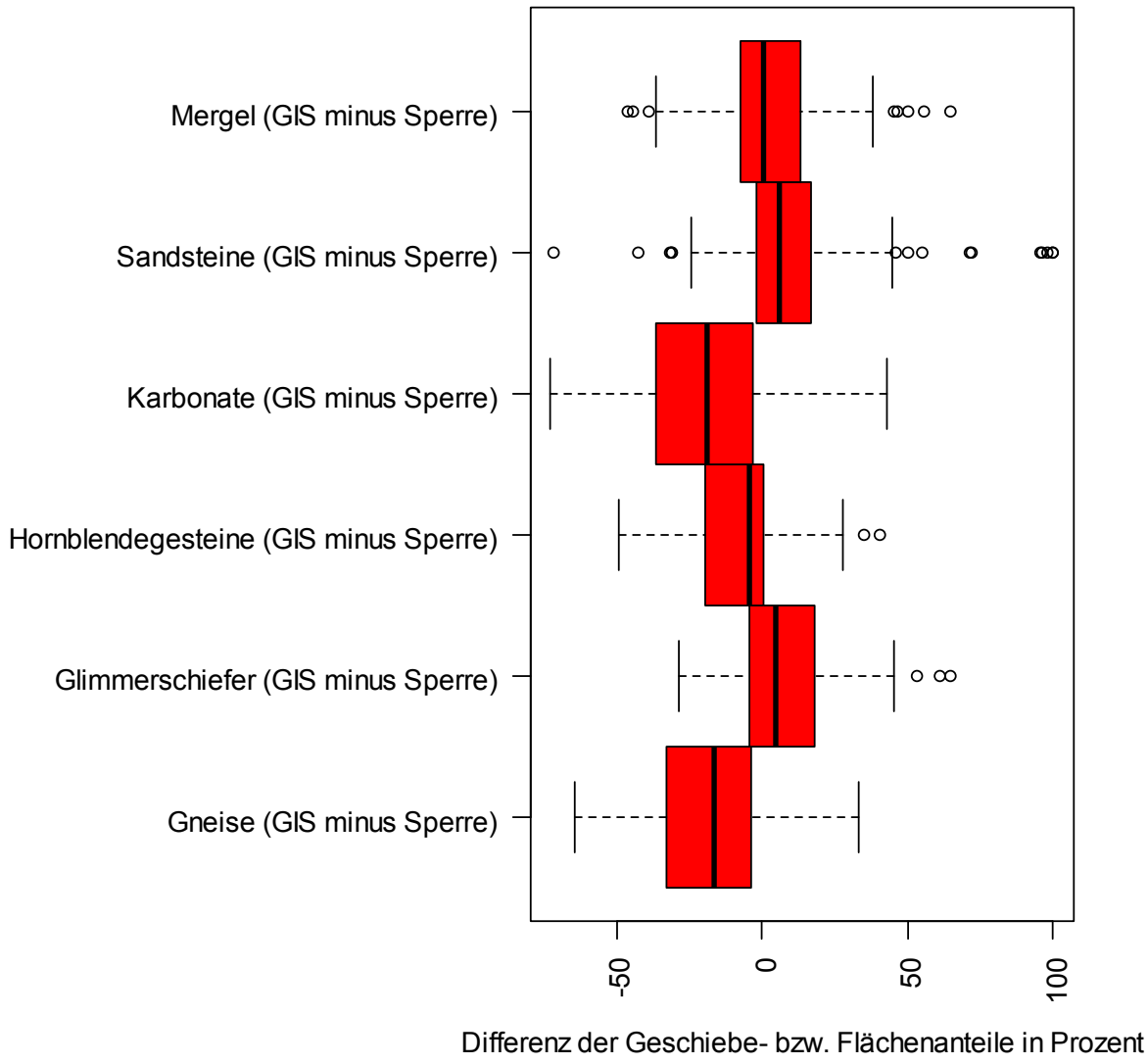


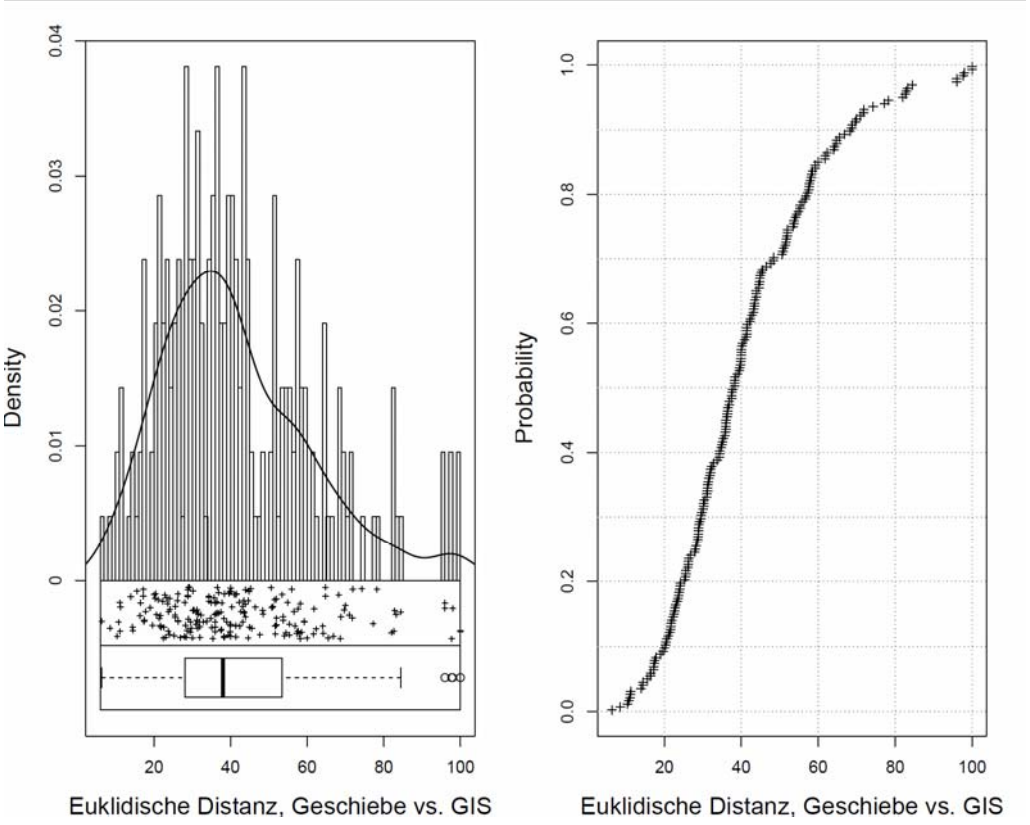
Abb. 7.-14: Abweichungen zwischen den Geschiebeanteilen an den Sperren (BERTLE, 2000) und den im GIS berechneten Flächenanteilen für einzelne lithologische Klassen.

Wie bei den Sedimentproben wurden auch bei den Geschiebesperren euklidische Distanzen berechnet, um die Übereinstimmung zwischen Geschiebe- und Flächenanteilen pro Einzugsgebiet zu quantifizieren. Aus Abb. 7.-15 wird ersichtlich, dass die multivariate euklidische Distanz zwischen den jeweiligen Ergebnissen der GIS-Routine sowie der Geschiebeauszählung an den Sperren eine symmetrische Verteilung aufweist, deren Median bei einem Wert < 40 % zu liegen kommt. Es treten nur wenige extreme Werte auf, die auf eine höhere Differenz der Ergebnisse bei einigen Sperren beziehungsweise Einzugsgebieten hinweisen (Tab. 7.-4).

Tab. 7.-4: Statistische Kennzahlen der euklidischen Distanz zwischen Flächen- und Geschiebeanteilen.

Minimum	1. Quartil	Median	Mittelwert	3. Quartil	Maximum
6,4	28,1	38,0	41,3	53,1	100

Bei der Manhattan- (City Block-) Distanz werden mathematisch bedingt insgesamt etwas höhere Distanzwerte ausgewiesen, die jedoch hinsichtlich der Form der Verteilung ein mit den Ergebnissen der euklidischen Distanz vergleichbares Bild ergeben (Abb. 7.-15).



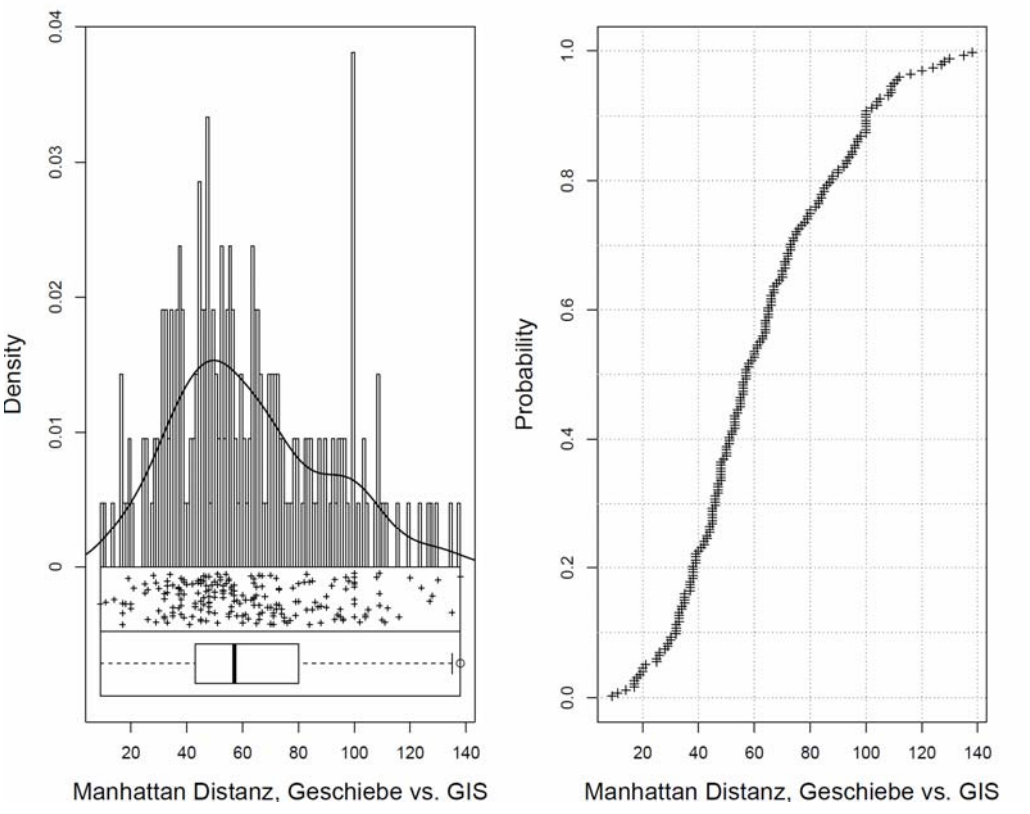


Abb. 7.-15: Multivariate Distanzmessungen der prozentualen Flächen- und Geschiebeanteile: Euklidische Distanz (oben) und Manhattan Distanz (unten), Darstellung als Histogramm, Dichteverteilung, Scatterplot, Boxplot und Summenkurve (n=210).

Die Distanzangaben wurden den Sperrenstandorten bzw. Einzugsgebieten zugeordnet und können damit zur regionalen Betrachtung der Ähnlichkeitswerte herangezogen werden. Abbildung 7.-16 zeigt beispielhaft die Sperre Gluandabächle mit ihrem Einzugsgebiet. Für diese Sperre bzw. dieses Einzugsgebiet wurde ein Distanzwert von 8,5 ausgewiesen, der auf Grund der Geschiebeanteile in der Sperre von 40 % Karbonaten und 60 % Mergel bzw. der Flächenanteile laut GIS von 37 % Karbonaten und 52 % Mergel sehr gering ausfällt. Die restlichen 11 % der Flächenanteile des Einzugsgebietes werden von Lockersedimenten eingenommen.

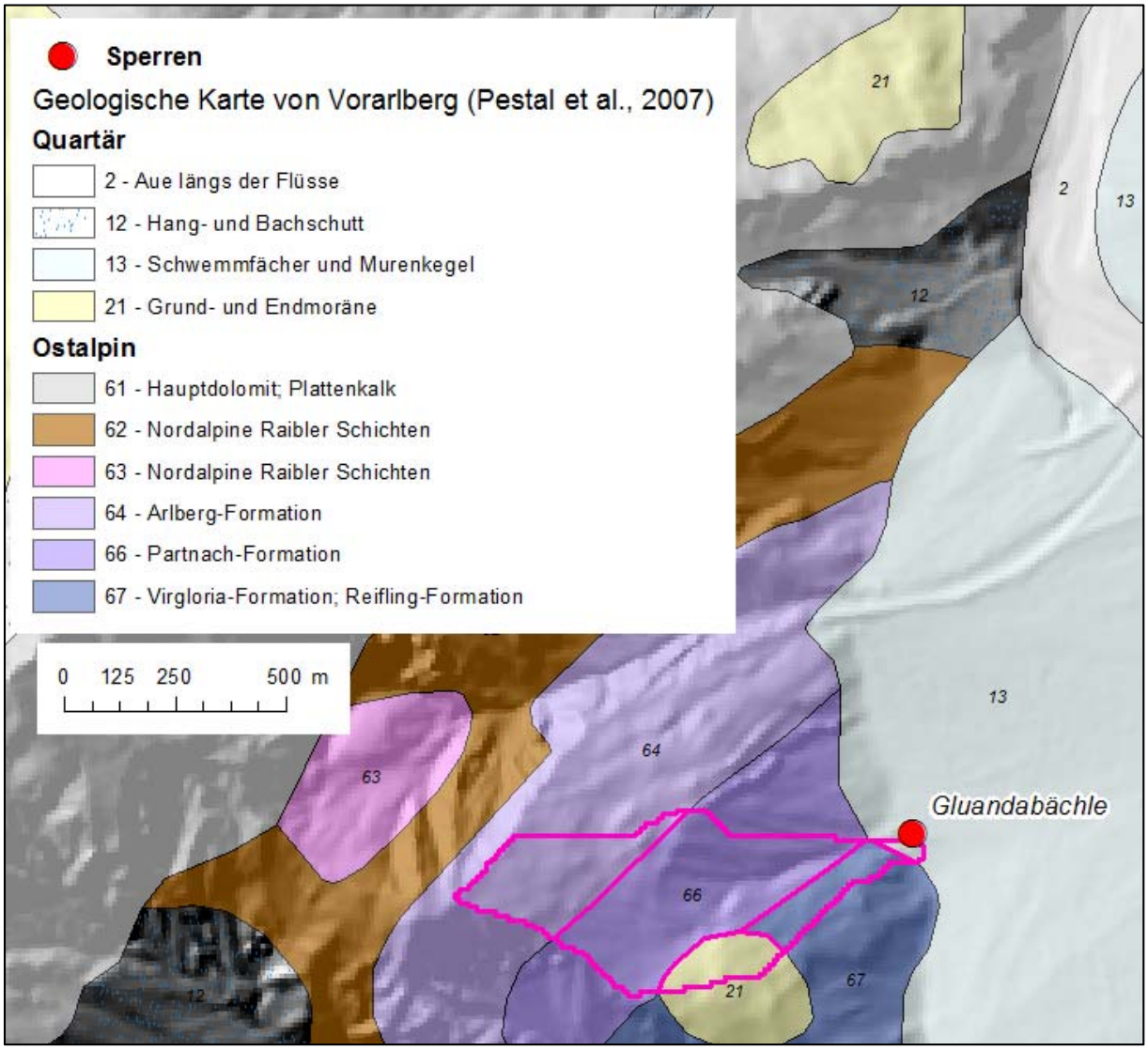


Abb. 7.-16: Sperre Gluandabächle und zugehöriges Einzugsgebiet, Darstellung auf der Geologischen Karte von Vorarlberg 1:100.000 (PESTAL et al., 2007).

7.2.2. Einfluss der Transportweiten auf Geometrie, Form und Sortierung der Gerölle

Für die Auswertungen der Beziehungen zwischen Transportweite und Korngeometrie, -form und -sortierung wurden zusätzlich zu den 46 Proben aus den Projektjahren 2014/2015 und 2015/2016 auch die Proben aus dem Vorgängerprojekt (PFLEIDERER et al., 2012) herangezogen. Ausnahme sind die mittels Petroscope 4D durchgeführten Analysen, für die nur die Proben aus dem gegenständlichen Projekt zur Verfügung standen.

Insgesamt basieren die Aussagen also auf den Daten von 22 Talfüllungen und 34 Schwemmfächern/-kegeln. Die maximalen Transportdistanzen betragen bei den Schwemmfächern/-kegeln zwischen 1,3 km und 16,0 km, bei den Talfüllungen zwischen 2,8 km und 12,5 km. Auf die 3 Hangschuttkörper wird hier nicht explizit eingegangen, sie passen allerdings gut in die allgemeinen Trends. Tabelle 7.-5 fasst die die wichtigsten Parameter aller bearbeiteten Einzugsgebiete zusammen. Abbildung 7.-17 zeigt die Beziehungen zwischen maximaler Transportweite und mittlerer Korngröße bzw. Feinanteil < 125 µm für die unterschiedlichen Sedimentkörper bzw. für vier lithologische Hauptgruppen. Eine Auswertung nach den in Kapitel 3.2 definierten 30 Hauptgruppen ist zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen.

Die in Abbildung 7.-17 dargestellten Daten zeigen keine klare Korrelation von (mittlerer) Korngröße oder Feinkornanteil mit (maximaler) Transportweite. Lithologie-spezifische Aussagen über die Korrelationen lassen sich bei der Einteilung in vier Hauptgruppen nicht ableiten. Dennoch ergeben sich, unabhängig von der Lithologie folgende Trends, die sowohl für Schwemmfächer/-kegel wie für Talfüllungen gleichermaßen gelten:

- Der Grad der Sortierung des Sediments steigt mit zunehmender Transportweite.
- Der Grad der Rundung der Komponenten nimmt mit zunehmender Transportdistanz zu. Dies ist vor allem bei größeren Kornfraktionen (> 16 mm) zu beobachten.

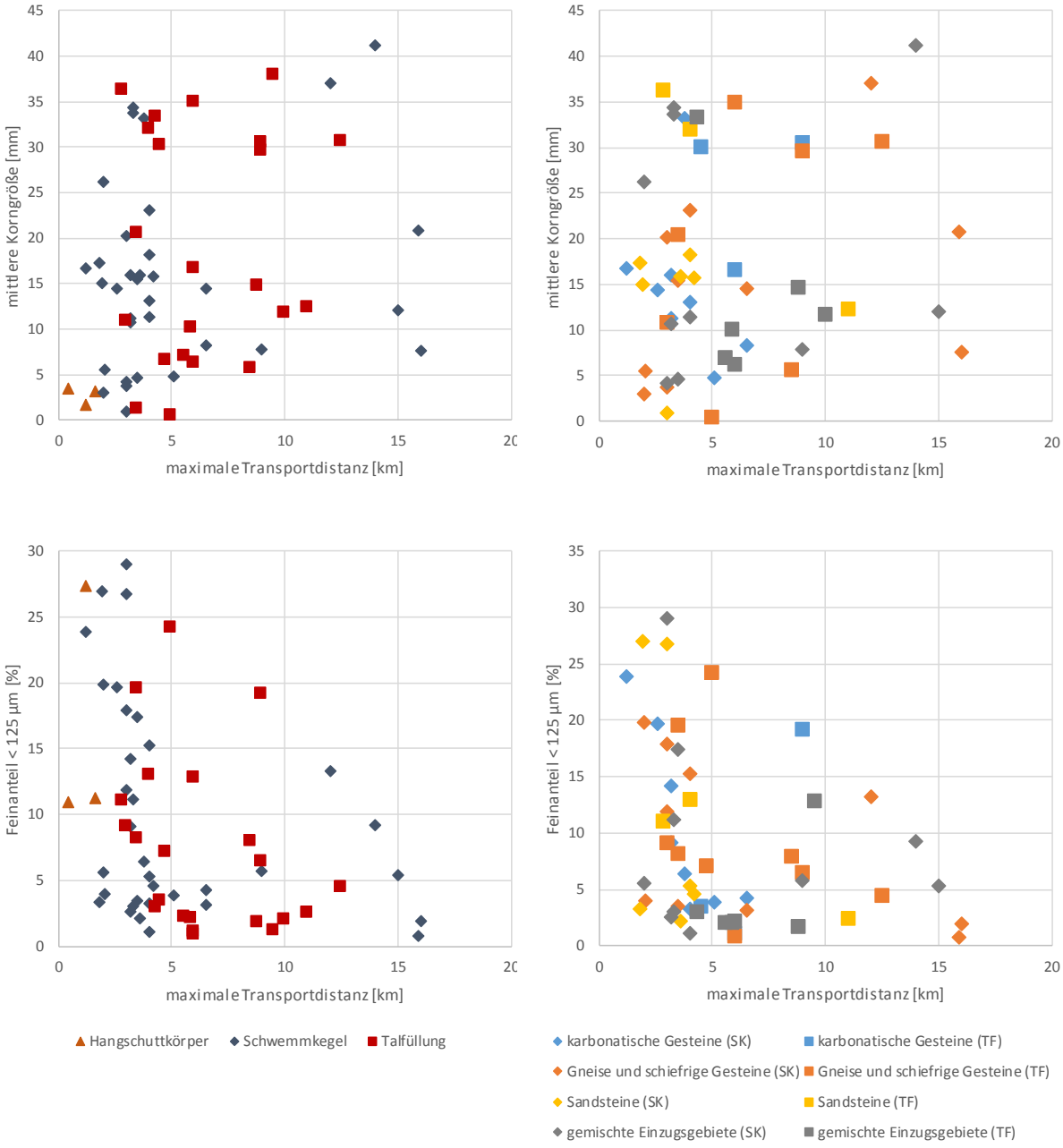


Abb. 7.-17: Relation zwischen maximaler Transportdistanz und mittlerer Korngröße (oben) bzw. Feinanteil < 125 µm (unten), unterteilt nach Art des Sedimentkörpers (links) und nach vier lithologischen Hauptgruppen (rechts, SK – Schwemmkegel, TF - Talfüllung).

Tab. 7.-5: Überblick über die wichtigsten Parameter der in den Projektjahren 2014/2015 und 2015/2016 sowie im Jahr 2012 bearbeiteten Sedimentkörper – Teil 1: Schwemmfächer und Schuttkegel.

Sedimentkörper	Probe-nahme-jahr	Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	maximale Transport-weite [km]	max.Höhen-differenz [m]	Ausgangsgestein	Sediment-material	D60/D10	D50 [mm]	Feinanteil (< 0,125mm) [%]
Schwemmfächer	2012	1	16,85	8,97	2170	Granit, Orthogneis, Glimmerschiefer	sandiger Kies	51,27	7,83	5,74
Schwemmkegel	2014	1	0,89	1,2	370	Dolomit, Kalkstein	siltiger Kies	5595,93	16,73	23,89
Schwemmkegel	2014	5	5,26	3,8	687	Kalkstein, Rauwacke, Dolomit	Kies	61,96	33,12	6,38
Schwemmfächer	2014	6	17,34	6,5	938	Dolomit, Kalkstein	sandiger Kies	26,94	8,26	4,24
Schwemmfächer	2014	11	5,47	4,0	955	Dolomit, Kalkstein	sandiger Kies	54,23	13,05	3,26
Schwemmfächer	2012	15	42,66	16,03	850	Phyllit, Grobgneis	sandiger Kies	22,62	7,59	1,94
Schuttkegel	2014	17	8,87	6,5	1016	Glimmerschiefer	sandiger Kies	52,49	14,48	3,15
Schwemmfächer	2012	19	5,24	5,09	1422	Wettersteinkalk, Quarzite, Schiefer	Sandkies	18,85	4,77	3,86
Schwemmkegel	2014	21	2,45	4,0	738	Schiefer, Gneise	siltig-sandiger Kies	791,90	23,06	15,22
Schwemmfächer	2014	22	43,22	14,0	1553	Granit, Gneisgranit, Gneis	sandiger Kies	305,05	41,11	9,23
Schwemmfächer	2012	25	3	3,2	1616	Kalkstein, Mergel, Dolomit	siltiger Kies	770,78	15,95	14,21
Schuttkegel	2014	27	3,06	2,6	1654	Dolomit, Kalkstein	siltig-sandiger Kies	1894,22	14,37	19,70
Schwemmfächer	2012	28	40,71	15,89	2071	Glimmerschiefer, Gneis	sandiger Kies	16,41	20,81	0,75
Schwemmfächer	2012	30	5,78	3,18	1277	Kalkstein, Dolomit	Sandkies	114,46	11,21	9,1
Schutt-/Schwemmkegel	2014	31	3,22	3,5	1600	Glimmerschiefer, Phyllit	sandiger Kies	38,46	15,50	3,47
Schwemmkegel	2014	32	3,05	3,3	1102	Schiefer, Metadiabas	sandiger Kies	523,09	34,32	11,13
Schuttkegel	2014	36	3,7	3,0	1227	Schiefer, Quarzit, Marmor	siltig-sandiger Kies	363,76	4,25	29,04
Schwemmkegel	2014	38	2,32	3,0	1060	Granatglimmerschiefer, Gneis	siltiger Sandkies	501,38	3,78	17,87
Schwemmfächer	2012	40	0,42	2,07	1320	Gneisgranit, Phyllit	Sandkies	37,71	5,57	3,94
Schwemmfächer	2014	67	1,82	3,0	190	Grobgneis, Granitgneis	sandiger Kies	466,14	20,18	11,87
Schwemmfächer	2014	71	1,17	1,9	330	Sandstein, Mergel, Schiefer kalkalpine Gesteine	siltig-sandiger Kies	14572,08	15,04	26,94
Schwemmfächer	2014	72	6,04	3,0	494	Sandstein, Kalkmergel Kalksandstein	siltiger Sandkies	1361,47	0,87	26,77
Schwemmfächer	2014	74	47,71	12,0	2398	Hornblendeprasinit, Amphibolit, Augengneis	sandiger Kies	684,21	37,03	13,25
Schwemmkegel	2015	79	3,2	3,3	1600	Dolomit, Kalkmarmor, Biotit-Plagioklasgneis	Kies	10,12	33,67	3,04
Schuttkegel	2015	104	0,6	2,0	1300	Biotitschiefer/-gneis, Quarzit, Amphibolit	sandiger Kies	82,92	26,20	5,57
Schwemmkegel	2015	110	4,08	3,6	1525	Sandstein, Schiefer	sandiger Kies	22,79	15,91	2,15
Schwemmfächer	2015	111	3,44	3,5	1280	Kalkglimmerschiefer, Serpentinit, Prasinit	siltiger Sandkies	390,51	4,61	17,36
Schwemmfächer	2015	114	70	15,0	1690	Sandstein, Dolomit, Kalkstein	sandiger Kies	56,73	12,07	5,36
Schwemmkegel	2015	119	4,56	4,0	1499	Muskovitschiefer, Tonalit, Gneis	sandiger Kies	12,23	11,36	1,06
Schwemmkegel	2015	120	1,1	1,8	867	Kalkstein, Kalksandstein, Mergelstein	sandiger Kies	33,64	17,33	3,32
Schwemmkegel	2015	122	1,5	2,0	1100	Kalkglimmerschiefer, Phyllit, Orthogneis	siltiger Sandkies	363,29	3,05	19,82
Schwemmkegel	2015	123	1,65	3,2	975	Phyllonit, Glimmerschiefer, Sandstein	sandiger Kies	29,34	10,74	2,58
Schwemmkegel	2015	125	4,5	4,2	1301	Sandstein, Kalkstein, Dolomit	sandiger Kies	63,57	15,72	4,58
Schwemmkegel	2015	136	4,94	4,0	1250	Kalksandstein, Kalkstein	sandiger Kies	53,42	18,18	5,34

Tab. 7.-5: Überblick über die wichtigsten Parameter der in den Projektjahren 2014/2015 und 2015/2016 sowie im Jahr 2012 bearbeiteten Sedimentkörper – Teil 2: Talfüllungen und Hangschuttkörper.

Sedimentkörper	Probe-nahme-jahr	Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	maximale Transport-weite [km]	max. Höhen-differenz [m]	Ausgangsgestein	Sediment-material	D60/D10	D50 [mm]	Feinanteil (< 0,125mm) [%]
Talfüllung	2012	5	6,06	4,72	704	pegmat. Glimmerschiefer, Feldspat-Glimmerschiefer	Sandkies	91,35	6,61	7,15
Talfüllung	2012	9	12,71	5,85	644	Kalkstein, Schwarzschiefer	sandiger Kies	20,18	10,13	2,07
Talfüllung	2012	13	6,55	5,58	560	Wechselschiefer, Dolomit	Sandkies	21,77	6,96	2,24
Talfüllung	2014	41	3	2,8	174	Sandstein, Mergel, Kalksandstein	sandiger Kies	431,51	36,30	11,02
Talfüllung	2014	43	5,74	4,0	410	Sandstein, Tonstein, Mergel	siltig-sandiger Kies	3165,63	31,97	12,96
Talfüllung	2014	47	21,8	9,0	510	Dolomit, Kalkstein	siltig-sandiger Kies	2175,15	30,50	19,18
Talfüllung	2014	49/1	11,59	6,0	1393	Kalkstein	sandiger Kies	22,23	16,61	1,10
Talfüllung	2014	56	11,2	4,5	1526	Kalkstein, Dolomit	Kies	30,79	30,11	3,45
Talfüllung	2014	58	31,9	8,5	935	Wechselgneis, phyllitische Schiefer	Sandkies	80,35	5,71	7,94
Talfüllung	2014	59	12,72	5,0	444	phyllitische Glimmerschiefer, Paragneis	siltiger Kiessand	106,60	0,46	24,21
Talfüllung	2014	64	4,54	3,0	369	Glimmerschiefer, Grobgneis	Sandkies	131,69	10,87	9,09
Talfüllung	2014	66	2,75	3,5	763	Gneis	sandiger Kies	230,30	20,50	8,20
Talfüllung	2015	76	9,5	4,3	1110	Dolomit, Paragneis, Phyllit	sandiger Kies	43,75	33,32	2,98
Talfüllung	2015	96	50,9	10,0	1300	Paragneis, Quarzit, Dolomit	sandiger Kies	27,77	11,73	2,02
Talfüllung	2015	98	28,5	9,0	940	Amphibolit, diverse Gneise	sandiger Kies	173,91	29,58	6,46
Talfüllung	2015	113	5,79	3,5	681	Schwarzschiefer, Phyllit, Grünschiefer	siltiger Sandkies	162,87	1,29	19,54
Talfüllung	2015	137	37,37	9,5	1944	Granitgneis	Kies	2,82	37,87	1,17
Talfüllung	2015	144	39,51	11,0	1583	Quarzsandstein, Konglomerat	sandiger Kies	35,41	12,31	2,48
Talfüllung	2015	147a	15,75	6,0	1392	Paragneis, Orthogneis	sandiger Kies	28,75	34,90	0,93
Talfüllung	2015	148	61,25	12,5	2309	Kalkglimmerschiefer, Amphibolit	sandiger Kies	114,95	30,60	4,49
Talfüllung	2015	150	19,51	6,0	1340	Orthogneis, Kalkstein, Dolomit, Sandstein	siltiger Sandkies	337,52	6,22	12,83
Talfüllung	2015	151	31,2	8,8	1920	Gneis, Dolomit	sandiger Kies	29,39	14,68	1,77
Hangschutt	2012	17	0,47	1,65	840	Wettersteinkalk	Sandkies	52,82	3,23	11,21
Hangschutt	2012	37	0,3	1,19	360	Biotit-Plagioklasgneis, Glimmerschiefer	siltiger Sandkies	774,42	1,67	27,34
Hangschutt	2012	38	0,03	0,44	200	Phyllit, Kalkstein	Sandkies	52,28	3,46	10,9

7.2.3. Einfluss der Höhendifferenz auf Geometrie, Form und Sortierung der Gerölle

Für die Auswertungen der Beziehungen zwischen Höhendifferenz und Korngeometrie, -form und -sortierung wurde analog wie in Kapitel 7.2.2 beschrieben vorgegangen. Insgesamt basieren die Aussagen auf den Daten von 22 Talfüllungen und 34 Schwemmfächern/-kegeln. Die maximalen Höhendifferenzen betragen bei den Schwemmfächern/-kegeln zwischen 190 m und 2398 m, bei den Talfüllungen zwischen 174 m und 2309 m. Ein Überblick über die wichtigsten Parameter der bearbeiteten Einzugsgebiete findet sich in Tabelle 7.-5. In Abbildung 7.-18 sind die Beziehungen zwischen maximaler Höhendifferenz und mittlerer Korngröße bzw. Feinanteil < 125 µm für die unterschiedlichen Sedimentkörper und für vier lithologische Hauptgruppen dargestellt. Eine Auswertung nach den in Kapitel 3.2 definierten 30 Hauptgruppen ist zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen.

Die in Abbildung 7.-18 dargestellten Daten zeigen keine klare Korrelation von (mittlerer) Korngröße oder Feinkornanteil mit (maximaler) Höhendifferenz. Lithologie-spezifische Aussagen über die Korrelationen lassen sich bei der Einteilung in vier Hauptgruppen nicht ableiten. Dennoch ergibt sich, unabhängig von der Lithologie folgender Trend, der sowohl für Schwemmfächer/-kegel wie für Talfüllungen gleichermaßen gilt:

- Der Grad der Rundung der Komponenten nimmt mit zunehmender Höhendifferenz zu. Dies ist vor allem bei größeren Kornfraktionen (> 16 mm) zu beobachten.

Abbildung 7.-19 zeigt den Einfluss der Korngröße und der Höhendifferenz auf den Grad der Rundung am Beispiel der Gruppe der Gneise aus Talfüllungen. Der Anteil an sehr eckigen Komponenten ist in der Fraktion 8-16 mm oft doppelt so hoch wie in der Fraktion > 32 mm. In den Fraktionen 16-32 mm und > 32 mm macht sich der Effekt der Zunahme des Rundungsgrades stärker bemerkbar als in der Fraktion 8-16 mm.

7.2.4. Einfluss der Hangneigung auf Geometrie, Form und Sortierung der Gerölle

Die Auswertungen der Beziehungen zwischen Hangneigung und Korngeometrie, -form und -sortierung sind zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen. Analog zu den Kapiteln 7.2.1 und 7.2.2 werden die Einflüsse spezifisch für die unterschiedlichen Sedimentkörper und für die in Kapitel 3.2 definierten 30 Hauptgruppen untersucht werden.

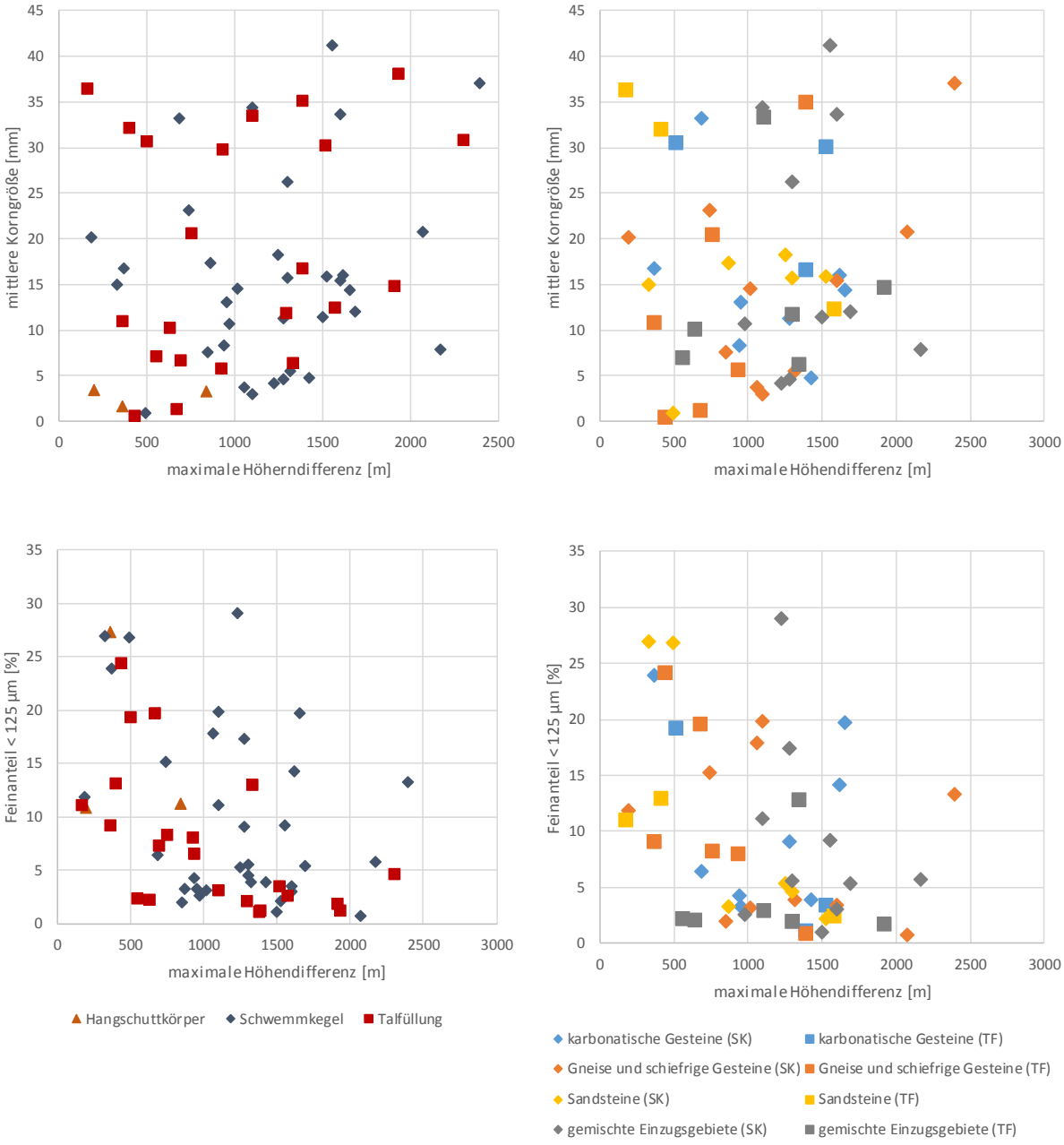


Abb. 7.-18: Relation zwischen maximaler Höhendifferenz und mittlerer Korngröße (oben) bzw. Feinanteil < 125 µm (unten), unterteilt nach Art des Sedimentkörpers (links) und nach vier lithologischen Hauptgruppen (rechts, SK – Schwemmkegel, TF - Talfüllung).

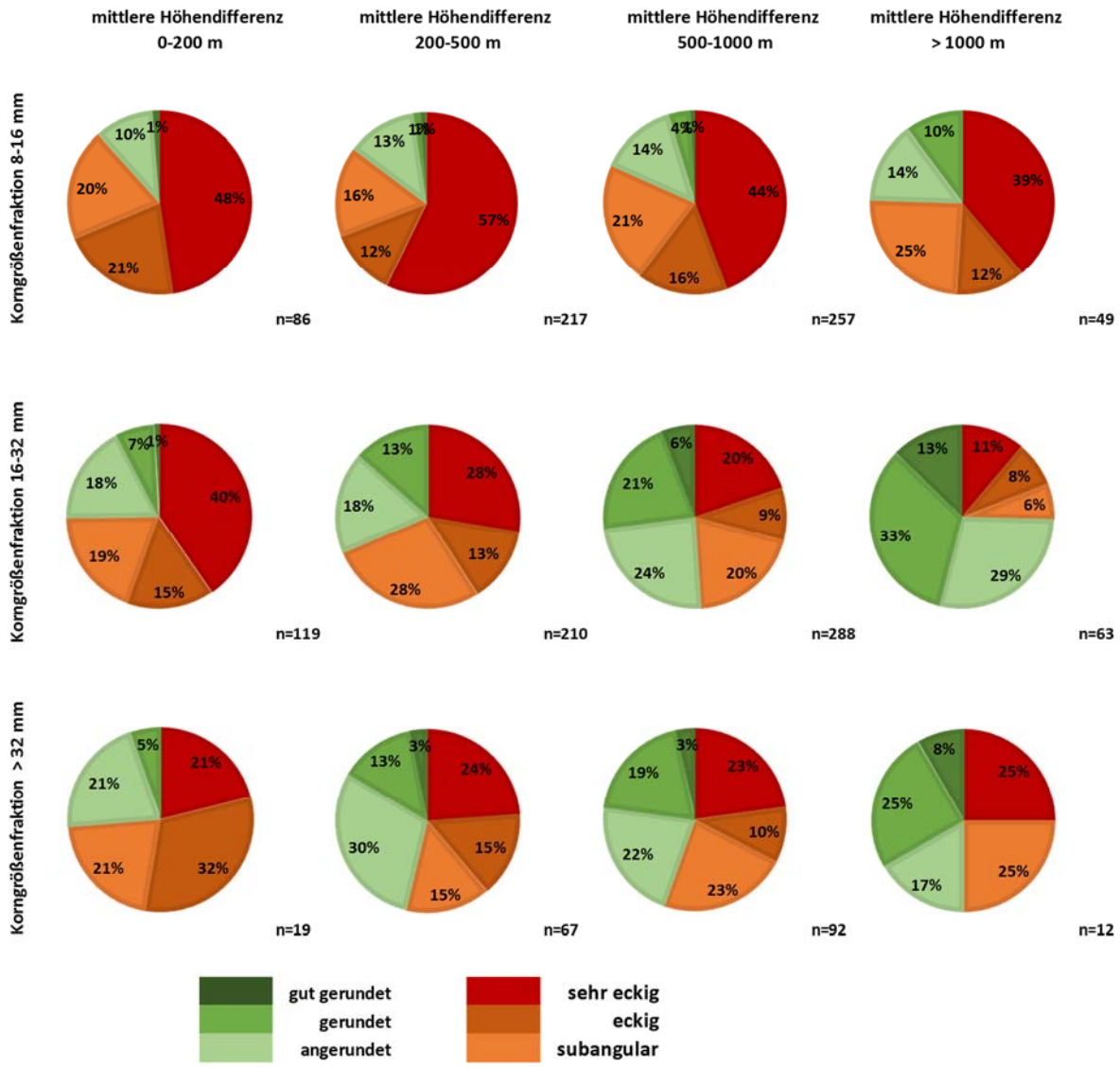


Abb. 7.-19: Entwicklung der Kornrundung mit zunehmender Korngröße und Höhendifferenz am Beispiel von Gneisen aus Talfüllungen.

7.3. Aussagekraft der GIS-Ergebnisse

Die in Kapitel 7.2.1 dargestellten Ergebnisse belegen, dass die aus der GIS-Routine abgeleiteten Flächenanteile der in Einzugsgebieten auftretenden Gesteinsarten sehr gut zur Vorhersage der lithologischen Zusammensetzung von Sedimentkörpern herangezogen werden können. Auch die Unsicherheiten, die bei derartigen Vorhersagen auftreten können, wurden abgeschätzt. Die Aussagekraft der GIS-Ergebnisse ist also hinsichtlich der Lithologie sehr hoch.

Hinsichtlich der beabsichtigten rohstoffgeologischen Aussagen sind zusätzlich auch Parameter wie Sortierung, Rundung, Feinkorn- und Mürbkornanteil ausschlaggebend. Die Ableitung dieser Parameter ist nach den in den Kapiteln 7.2.2 – 7.2.4 dargestellten Trends ebenfalls möglich, allerdings bisher erst qualitativ. Die Trends von Sortierung, Rundung und Feinkornanteil sind noch zu quantifizieren, und der Einfluss der Parameter Transportweite, Höhendifferenz und Hangneigung zu kombinieren, bevor eine Vorhersage für die Sedimentkörper getroffen werden kann. Abbildung 7.-20 zeigt einen ersten Versuch, die Korrelation von Sortierung mit der Transportweite zu beschreiben. Bezüglich der Rundung

steht eine derartige Auswertung noch aus. Für die Quantifizierung des Mürbkornanteils können die Anteile an leicht verwitterbaren Gesteinsarten im Einzugsgebiet herangezogen werden. Hierfür muss noch eine Gruppierung der Lithologie im Hinblick auf ihre Verwitterbarkeit erfolgen.

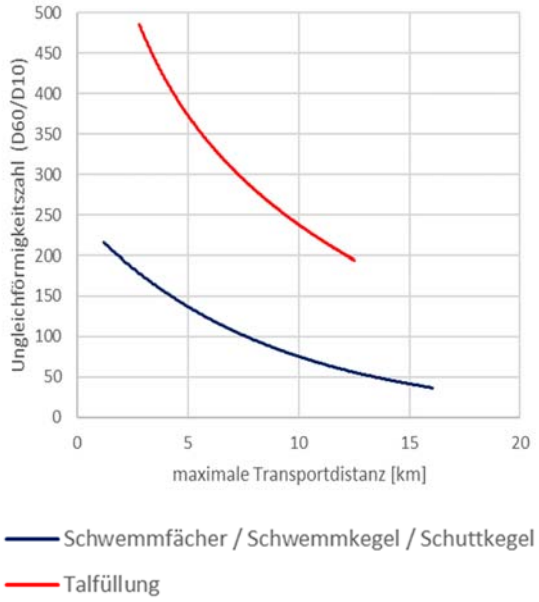


Abb. 7.-20: Korrelation von Sortierung mit der Transportweite.

7.5. Anwendungen der Projektergebnisse

Aufgrund der hohen Aussagekraft der aus der GIS-Routine abgeleiteten Flächenanteile der in Einzugsgebieten auftretenden Gesteinsarten, werden die Sedimentkörper von Schwemmfächern, Schwemmkegeln, Schuttkegeln und Talfüllungen nun in der Lockergesteinskarte (HEINRICH et al., 2014) mit einer prognostizierten lithologischen Zusammensetzung attributiert. Nach der Gruppierung der Lithologien im Hinblick auf ihre Verwitterbarkeit wird auch ein prognostizierter Mürbkornanteil in den Sedimentkörpern angegeben. Sobald die quantitative Beschreibung der Korrelationen von Sortierung, Rundung und Feinkornanteil mit Transportweite, Höhendifferenz und Hangneigung abgeschlossen ist, wird auch die Attributierung mit diesen rohstoffgeologisch relevanten Parametern erfolgen.

7.6. Ausblick

7.6.1. Einstufung der Qualität und potentiellen Nutzbarkeit der Sedimente als Baurohstoff

In einem Folgeprojekt ist geplant, die hier erzielten Projektergebnisse einerseits auf die Sedimentkörper der Lockergesteinskarte (HEINRICH et al., 2014) umzulegen, andererseits aber auch, die Prognosen von lithologischer Zusammensetzung, Sortierung, Rundung, Feinkorn- und Mürbkornanteil in eine Qualität und potentielle Nutzbarkeit der Sedimente als Baurohstoffe zu übersetzen.

Hierbei ist geplant, grobe Klassen der rohstoffgeologischen Qualität zu bilden:

- beste Qualität – Nutzbarkeit als hochwertiger Baurohstoff (z.B. Betonkies) ohne vorherige Aufbereitung
- gute Qualität - Nutzbarkeit als Baurohstoff (z.B. Straßenbau) nach Aufbereitung (Sieben, Waschen)
- mittlere Qualität - Nutzbarkeit als minderwertiger Baurohstoff (Schüttmaterial für Forstwege)
- geringe / keine Qualität

Zur Überprüfung der Qualitätseinstufung werden Daten von aktiven und ehemaligen Abbauen zur Materialverwendung als Richtwerte hinzugezogen.

7.6.2. Abschätzung der Volumen, Akkumulationsraten und des regenerativen Anteils von geologischen Sedimentkörpern und von Geschiebematerial in Talsperren

Die rohstoffgeologische Eignung eines Sedimentkörpers ist neben der Qualität des Materials auch von der Quantität abhängig. Hierfür ist die Kenntnis des Volumens der Vorkommen notwendig, eine Größe, die selten anhand von Erkundungsbohrungen oder geophysikalischen Untersuchungen quantifiziert ist. Dennoch ist geplant, Volumen und Akkumulationsraten anhand von einzelnen gut untersuchten Fallbeispielen abzuschätzen. Studien von OTTO & SCHROTT (2010) zur „Quantifizierung von rezenten und postglazialen Sedimentflüssen in den Ostalpen“ oder von WEBER (2003) zur „Spät- und nacheiszeitlichen Schwemmkegel- und Talentwicklung“ im Raum Kundl, Tirol, bieten hier erste Ansatzpunkte. Bei Talsperren geben Zeitreihen von Daten über Aushubmassen Auskunft über Akkumulationsraten.

Letztendlich ist auch die aktuogeologische Untersuchung des regenerativen Anteils von geologischen Sedimentkörpern und von Geschiebematerial in Talsperren geplant. Dies ist insbesondere im Hinblick auf eine nachhaltige Nutzung von Baurohstoffen in alpinen Gebieten interessant. Bei rezenten Schwemm- oder Schuttkegeln, die periodisch durch Murenabgänge neue Materialanlieferung erfahren, ist die Quantifizierung der Volumensänderung beispielsweise mithilfe von Mehrfach-Überfliegungen durch Drohnen und anschließender photogrammetrischer Auswertung der Daten mit hoher Genauigkeit möglich.

8. Wissenstransfer

Um das Projekt, seine Ziele, Inhalte und Ergebnisse zu verbreiten und bei einer möglichst großen Gruppe an Kollegen und Interessenten bekannt zu machen, wurden neben den Projektberichten auch Vorträge, Poster und Publikationen verfasst. Insgesamt wurde das Projekt bisher in 8 Vorträgen und einem Poster erwähnt bzw. präsentiert, und durch 6 Publikationen veröffentlicht.

Vorträge bei Fachkonferenzen:

- HEINRICH, M. & PFLEIDERER, S.: Grundwasser und mineralische Rohstoffe – konfliktäre Geopotenziale?- NÖ Geotage, 29. – 30.9.2011 in Haindorf bei Langenlois.
- PFLEIDERER, S. & HEINRICH, M.: Versorgung Österreichs mit dem mineralischen Baurohstoff Kiessand. - ÖWAV Fachkonferenz "Innovative Verwertungswege von Abbruchmaterial aus dem Hochbau“ am 17.11.2011 in Wien.
- PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., UNTERSWEG, T., RABEDER, J., LIPIARSKI, P. & LIPIARSKA, I.: Entwicklung von Methoden zur lithologischen Charakterisierung und rohstoffgeologischen Evaluierung von jungen und regenerativen Lockergesteinsvorkommen (Schwemmfächer, Schuttkegel, Talfüllungen) hinsichtlich ihrer Qualität und Nutzbarkeit als Baurohstoffe (Projekt Regenerat). - Kooperationstreffen Geologische Bundesanstalt und Joanneum Research, 6.12.2011 in Wien.
- PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., UNTERSWEG, T., RABEDER, J., LIPIARSKI, P. & LIPIARSKA, I.: Lithologische Charakterisierung regenerativer Lockergesteinsvorkommen – Arbeitsstand Projekt „Regenerat“. - Kooperationstreffen Geologische Bundesanstalt und Joanneum Research, 11.9.2012 in Trautenfels.
- PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., RABEDER, J., REITNER, H., UNTERSWEG, T., HOFER, V. & BACH, H.: Automated Evaluation of Renewable Aggregate Resources.- 12th Biennial SGA Meeting, 12.-15.8.2013 in Uppsala, Schweden.
- REITNER, H., PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., LIPIARSKA, I., LIPIARSKI, P., RABEDER, J., UNTERSWEG, T. & WIMMER-FREY, I.: Geoprocessing tool Regenerat - Characterization of mineral resource quality of renewable sediment deposits. - 15th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences, 2.- 6.9.2013 in Madrid.
- HEINRICH, M.: Entstehung von Kies-Sand-Vorkommen und Zeiträume der Erneuerung. - ÖWAV Fachkonferenz „Abbau von Sand und Kies - Schutz des Grundwassers beim Abbau von Sand und Kies - Vorstellung des ÖWAV-Regelblattes 217“, 5.6.2014 in Wien.
- HEINRICH, M., PFLEIDERER, S., RABEDER, J., REITNER, H., TRÄXLER, B., UNTERSWEG, T. & WIMMER-FREY, I.: Rasche Qualitätsabschätzung regenerierender Kies-Sand-Vorkommen im alpinen Raum. - PANGEO Austria 2014, 14.-19.9.2014 in Graz.
- PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., LIPIARSKA, I., RABEDER, J., REITNER, H., TRÄXLER, B., UNTERSWEG, T. & WIMMER-FREY, I.: GIS-derived resource quality of alluvial fans, valley fills and debris cones in Austria. - PANGEO Austria 2016, 26.-28.9.2016 in Innsbruck.

Poster Präsentationen:

- HEINRICH, M.: Entwicklung von Methoden zur lithologischen Charakterisierung und rohstoffgeologischen Evaluierung von jungen und regenerativen Lockergesteinsvorkommen hinsichtlich ihrer Qualität und Nutzbarkeit als Baurohstoffe. - GBA Beiratssitzung im November 2012 in Wien.

Veröffentlichungen in Form von Abstracts oder Artikeln:

- HEINRICH, M. & PFLEIDERER, S.: Grundwasser und mineralische Rohstoffe – konfliktäre Geopotenziale? - Berichte Geol. B.-A., 88, S. 69-71, Wien, 2011.
- HEINRICH, M., PFLEIDERER, S., RABEDER, J. & UNTERSWEG, T.: Auf der Suche nach erneuerbaren Lockergesteinsvorkommen. - Stein & Kies, S. 8-9, Juli-August 2012.
- PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., RABEDER, J., REITNER, H. & UNTERSWEG, T.: Automated evaluation of renewable aggregate resources. - In: JONSSON, E. et al. (Ed.) *Mineral Deposit Research for a High-Tech World*. Proceedings of the 12th Biennial SGA Meeting, Society for Geology Applied to Mineral Deposits, **4**, pp. 1822–1824, 2013.
- REITNER, H., PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., LIPIARSKA, I., LIPIARSKI, P., RABEDER, J., UNTERSWEG, T. & WIMMER-FREY, I.: Geoprocessing tool Regenerat - Characterization of mineral resource quality of renewable sediment deposits. - In: PARDO-IGÚZQUIZA, E., GUARDIOLA-ALBERT, C., HEREDIA, J., MORENOMERINO, L., DURÁN, J.J. & VARGAS-GUZMÁN, J.A. (Eds.).- *Mathematics of Planet Earth – Proceedings of the 15th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences*. - Lecture Notes in Earth System Sciences **XXXVI**, pp. 315 - 318, 2014.
- HEINRICH, M., PFLEIDERER, S., RABEDER, J., REITNER, H., TRÄXLER, B., UNTERSWEG, T. & WIMMER-FREY, I.: Rasche Qualitätsabschätzung regenerierender Kies-Sand-Vorkommen im alpinen Raum. - Berichte des Instituts für Erdwissenschaften, Karl-Franzens-Universität Graz, **20/1**, S. 85, 2014.
- PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., RABEDER, J., REITNER, H., UNTERSWEG, T. & WIMMER-FREY, I.: Application of a new method for rapid quality assessment of renewable aggregate resources in alpine regions. In: PŘIKRYL, R., TÖRÖK, Á., GÓMEZ-HERAS, M., MISKOVSKY, K. & THEODORIDOU, M. (Eds) *Sustainable Use of Traditional Geomaterials in Construction Practice*. Geological Society, London, Special Publications, **416**. First published online March 3, 2015, http://dx.doi.org/10.1144/SP416.8
- PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., LIPIARSKA, I., RABEDER, J., REITNER, H., TRÄXLER, B., UNTERSWEG, T. & WIMMER-FREY, I.: GIS-derived resource quality of alluvial fans, valley fills and debris cones in Austria. - PANGEO Austria, 26.-28.9.2016.

9. Literatur

AITCHISON, J.: The Statistical Analysis of Compositional Data. – Monographs on Statistics and Applied Probability. 416 pp., Chapman & Hall Ltd., London (UK), 1986. (Neuauflage 2003 mit zusätzlichem Inhalt, The Blackburn Press).

BERTLE, H.: Geschiebebewirtschaftungskonzept für die Räumung der Geschiebesperren der Wildbach- und Lawinenverbauung sowie der Bundeswasserbauverwaltung. – Studie im Auftrag des Amtes der Vorarlberger Landesregierung, Abt. VIId Wasserwirtschaftliches Planungsorgan, Schruns, 2000.

BRAUNSTINGL, R. (Koord.), PESTAL, G. & HEJL, E. (Bearb.) unter Mitarb. von EGGER, H., VAN HUSEN, D., LINNER, M., MANDL, G.W., REITNER, J., RUPP, Ch. & SCHUSTER, R.: Geologische Karte von Salzburg 1:200.000. – Gemeinschaftsproj. Land Salzburg – Geol. B.-A. unterst. vom Verbundkonzern, Geol. B.-A., 1 Bl., Wien, 2005.

FOLK, R. L. & WARD, W.: Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters. – Journal of Sedimentary Petrology, 27, 23 pp., 1957.

FÜCHTBAUER, H.: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. – Erdöl und Kohle, 12/8, S. 605-613, Hamburg, 1959.

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (GBA): Geologische Karten der Republik Österreich 1:50.000. – Verl. d. Geol. B.-A., Wien, 1977 – 2014ff.

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (GBA): Geofast Karten der Republik Österreich 1:50.000. – Verl. d. Geol. B.-A., Wien, 2001 – 2014ff.

HEINRICH, M.: Bundesweite Übersicht zum Forschungsstand der Massenrohstoffe Kies, Kiessand, Brecherprodukte und Bruchsteine für das Bauwesen hinsichtlich der Vorkommen, der Abbaubetriebe und der Produktion sowie des Verbrauches - Zusammenfassung. – Ber. Geol. B.-A., 31, Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt Ü-LG-026/88-90, iv+24 Bl., 10 Tab., 4 Beil., Anh., Wien, 1995.

HEINRICH, M., UNTERSWEG, T. & LIPIARSKI, P. (Redakteure) unter Mitwirkung von GRÖSEL, K., KREUSS, O., LIPIARSKA, I., MOSHAMMER, B., MOSTLER, H., POSCH-TRÖZMÜLLER, G., RABEDER, J.: Digitale Arbeitskarte zur Verbreitung von Lockergesteinen in Österreich 1:50.000 unter Verwendung publizierter und unpublizierter geologischer Karten. – Unveröff. digitaler Datensatz VLG-Proj. Bundesweite Vorsorge Lockergesteine, Geol. B.-A. / FA Rohstoffgeologie, Stand März 2014, Wien, 2014ff.

HÖLTING, B.: Einführung in die allgemeine und angewandte Hydrogeologie. – 340 S., 103 Abb., Enke, Stuttgart, 1980.

KOHL, H.: Kompilierte Geologische Karte 1:20.000 des OÖ Zentral- und Donauraumes. – Ber. Geol. B.-A., 20, Wien, 1990.

KOLLER, W.: Die volkswirtschaftliche Bedeutung mineralischer Rohstoffe in Österreich. Eine empirische Untersuchung. – Industriewiss. Inst., Endbericht IWI-Studie (Gesamtfassung) i. A. Forum Mineralische Rohstoffe, 59+ 8 S., illustr., Wien, 2007.

LEE, J.R.J., SMITH, M.L., SMITH, L.N. & MIHDA, P.S.: A mathematical morphology approach to image based 3D particle shape analysis. - Machine Vision and Applications, Vol. 16(5), pp. 282-288, 2005.

LEE, J.R.J., SMITH, M.L. & SMITH, L.N.: A new approach to the three-dimensional quantification of angularity using image analysis of the size and form of coarse aggregates. – Engineering Geology, Vol. 91, pp. 254-264, 2007.

LETOUZÉ-ZEZULA, G., ATZENHOFER, B., BERKA, R., HEINRICH, M., HELLERSCHMIDT-ALBER, J., LIPIARSKA, I., LIPIARSKI, P., MOSHAMMER, B., POLTNIG, W., POSCH-TRÖZMÜLLER, G., SCHUSTER, R. & UNTERSWEG, T.: GIS-Generierung einer geologischen Arbeitskarte von Kärnten als Basis weiterführender rohstoff- und angewandt-geologischer Bearbeitungen – Digitale geologische Karte Kärnten. – Unveröff. Endbericht Bund-Bundesländer-Proj. K-C-025/04, Bibl. Geol. B.-A. / Wiss. Archiv, 29 S., 8 Abb., 17 Beil., 1 Anh., Wien, 2005. Digitaler Datensatz.

LETOUZÉ-ZEZULA, G., KOCIU, A., LIPIARSKI, P., PFLEIDERER, S. & REITNER, H.: Massenrohstoffsicherung OÖ <und> Beiträge zur Baurohstoff-Vorsorge in OÖ. – Unveröff. Endbericht, Bund-/Bundesländer-Rohstoffprojekte O-C-010/95 und O-C-010a/1997, Bibl. Geol. B.-A. / Wiss. Archiv, 87 S., 5 Abb., 59 Beil., Wien, 1999/2000. Digitaler Datensatz der Kompilierten geologischen Karte von Oberösterreich, mit Aktualisierungen in den Jahren 2004, 2008, 2009, 2013.

LIPIARSKI, P., UNTERSWEG, T., LIPIARSKA, I. & HEINRICH, M.: Angewandt-geologische digitale Arbeitskarte Niederösterreich (AngedAN). – Unveröff. Bericht i. A. Amt der NÖ Landesregierung Zl. BD-1-G-5146/001-2009, 51 Bl., 32 Abb., Wien, 2012.

MALECKI, G.: SEDPAK. – Software-Entwicklung der Geol. B.-A., Wien, 1985.

MOSHAMMER, B., POSCH-TRÖZMÜLLER, G., LIPIARSKI, P., REITNER, H. & HEINRICH, M.: Erfassung des Baurohstoffpotentials in Kärnten Phase 1: Lockergesteine. – Unveröff. Endbericht Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt K-C-023/2000-01, Bibl. Geol. B.-A./ Wiss. Archiv, iv+77 Bl., ill., 3 Beil., 5 Anh., Wien, 2002.

MÜLLER, G.: Das Sand-Silt-Ton-Verhältnis in rezenten marinen Sedimenten. – Neues Jahrbuch d. Mineralogie, S. 148-163, Stuttgart, 1961.

OTTO, J.-C. & SCHROTT, L. (Hrsg.): Quantifizierung von rezenten und postglazialen Sedimentflüssen in den Ostalpen. – Salzburger Geographische Arbeiten, 46, 112 S., Salzburg, 2010.

PAVLIK, W., KREUSS, O., MOSER, M., BAYER, I., KRENMAYR, H. G.: Geofast - Zusammenstellung ausgewählter Archivunterlagen der Geologischen Bundesanstalt 1:50.000, Bearbeitungsstand 2015, GBA-Projekt Geofast, Geologische Bundesanstalt (GBA), Wien, 2015. Datenebene G01.SDV.gfPlanar des Kartographischen Modells Geofast 1:50.000.

PESTAL, G., OBERHAUSER, R., BERTLE, H. & BERTLE, R.: Geologische Karte von Vorarlberg 1:100.000. – Geologische B.-A., Wien, 2007.

PFLEIDERER, S., UNTERSWEG, T., HEINRICH, M. & WEBER, L.: The Austrian mineral resources plan - evaluation of aggregates. – Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 06087, 2007.

PFLEIDERER, S., UNTERSWEG, T., HEINRICH, M., LIPIARSKA, I., LIPIARSKI, P., RABEDER, J., REITNER, H. & WIMMER-FREY, I.: „Regenerat“ – Methodenentwicklung rohstoffgeologische Evaluierung regenerativer Lockergesteinsvorkommen. – Unveröff. Bericht Geol. B.-A., iii+32 S., 11 Abb., 2 Tab., 3 Anh., Wien, 2012.

PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., LIPIARSKA, I., RABEDER, J., REITNER, H., TRÄXLER, B., UNTERSWEG, T. & WIMMER-FREY, I.: „Regenerat Österreich“ – Computergestützte lithologische Charakterisierung von regenerativen Lockergesteinsvorkommen (Schwemmfächer, Schuttkegel, Talfüllungen) in

Österreich hinsichtlich ihrer Qualität und Nutzbarkeit als Baurohstoffe. – Unveröff. Bericht Geol. B.-A., iii+44 S., 20 Abb., 3 Tab., 7 Blg., 3 Anh., Wien, 2015.

POWERS, M.C.: A new roundness scale for sedimentary particles. – Journal of Sedimentary Petrology, 23/2, pp. 117-119, 1953.

REITNER, H.: Digitale kompilierte geologische Karte von Oberösterreich (GÖK 20 – 2009) Begleittext. – Unveröff. Ber. Proj. „Aktualisierung WellmasterAV – Handbücher“ der Geol. B.-A. i. Auftr. Amt der OÖ Landesreg., Projektteil 6, Wien, 2009.

REITNER, H., MALECKI, G. & ROETZEL, R.: SEDPACWIN – SEDPACMAC Characterization of sediments by grainsize analysis. – Geophysical Research Abstracts, Vol. 7, EGU General Assembly Vienna, 24.-29. April 2005, Wien, 2005.

REITNER, H., PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., LIPIARSKA, I., LIPIARSKI, P., RABEDER, J., UNTERSWEG, T. & WIMMER-FREY, I.: Geoprocessing tool Regenerat - Characterization of mineral resource quality of renewable sediment deposits. – In: PARDO-IGÚZQUIZA, E., GUARDIOLA-ALBERT, C., HEREDIA, J., MORENO-MERINO, L., DURÁN, J.J. & VARGAS-GUZMÁN, J.A. (Eds.).- Mathematics of Planet Earth - Proceedings of the 15th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences.- Lecture Notes in Earth System Sciences XXXVI, 315 - 318 pp., 2 fig., Heidelberg, 2014.

ROCK, N.M.S: Numerical Geology - A Source Guide, Glossary and Selective Bibliography to Geological Uses of Computers and Statistics, Lecture Notes in Earth Sciences, 18, Springer, 1988.

SCHUSTER, R., EGGER, H., KRENMAYR, H.G., LINNER, M., MANDL, G., MATURA, A., NOWOTNY, A., PASCHER, G., PESTAL, G., PISTOTNIK, J., ROCKENSCHAUB, M. & SCHNABEL, W.: Geologische Übersichtskarte dr Republik Österreich 1:1.500.000. – In: SCHUSTER, R., DAURER, A., KRENMAYR, H.G., LINNER, M., MANDL, G., PESTAL, G., REITNER, J. & HISTON, K.: Rocky Austria: The Geology of Austria – brief and colourful.- 80 pp., Geol. B.-A., Wien, 2014.

SCHWENDT, A.: Die digitale geologische Karte der Steiermark. – In: Mitt. Ref. Geol. und Paläont. Landesmuseum Joanneum (Joannea Geologie und Paläontologie), Sonderheft 2, S. 325–328, Graz, 1998.

WEBER, A.: Geomorphologische Untersuchungen im Raum Kundl. Eine chronologische Darstellung der spät- und nacheiszeitlichen Schwemmkegel- und Talentwicklung unter Einbeziehung der prähistorischen Funde aus der Schottergrube Wimpassinger. – Unveröff. Dipl. Arbeit, Univ. Innsbruck, 107 S., 35 Abb., 14 Tab., 6 Ktn., Innsbruck, 2003.

ZINGG, T.: Beiträge zur Schotteranalyse. – Schweiz. Mineralog. Petrolog. Mitt., 15, S. 39-140, 1935.

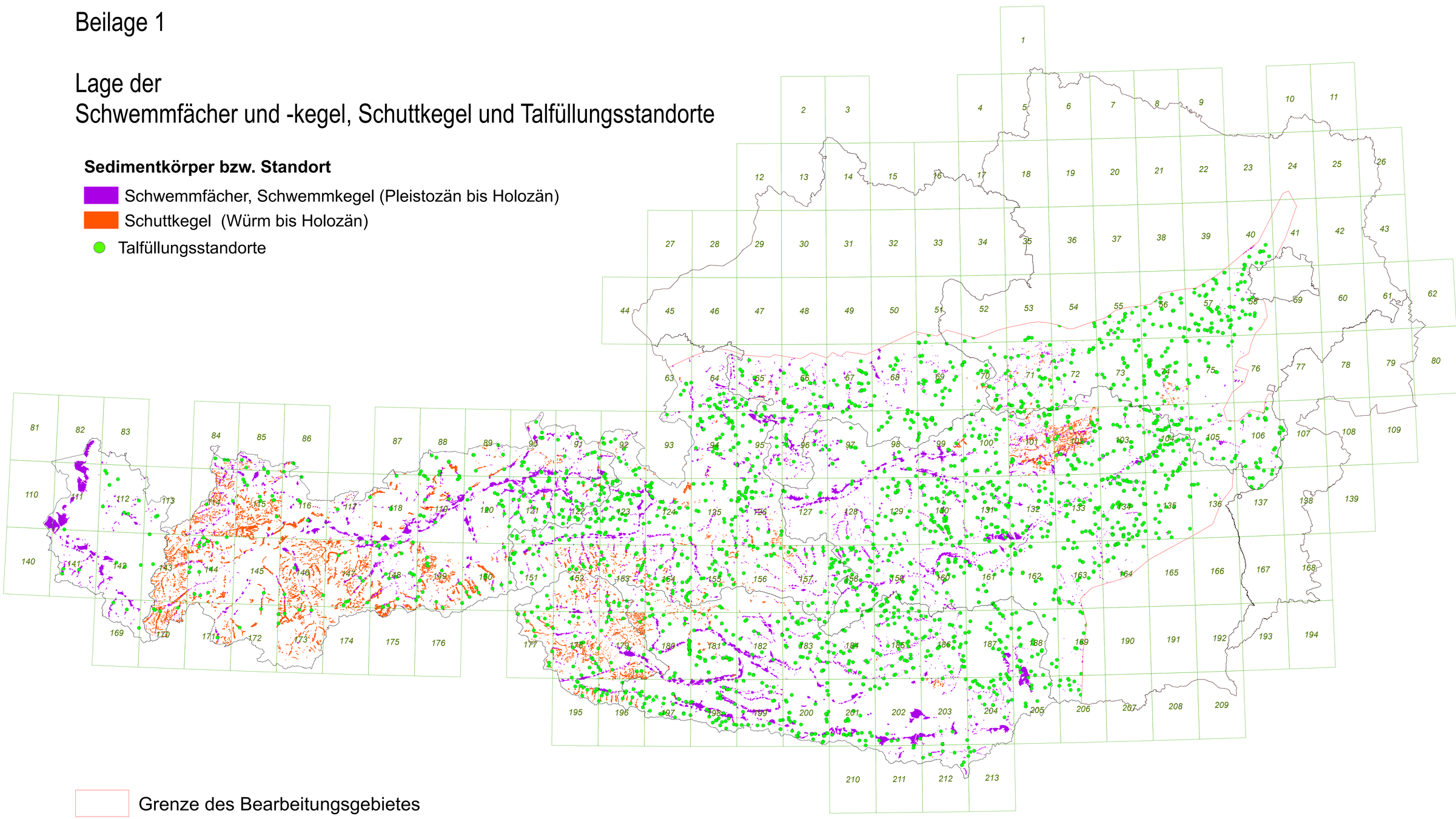
Regenerat Österreich

Beilage 1

Lage der
Schwemmfächer und -kegel, Schuttkegel und Talfüllungsstandorte

Sedimentkörper bzw. Standort

- Schwemmfächer, Schwemmkegel (Pleistozän bis Holozän)
- Schuttkegel (Würm bis Holozän)
- Talfüllungsstandorte



- Grenze des Bearbeitungsgebietes
- Landesgrenzen
- Blattschnitt ÖK50

Geologische Bundesanstalt

0 25 50 km

h.r. 04/16

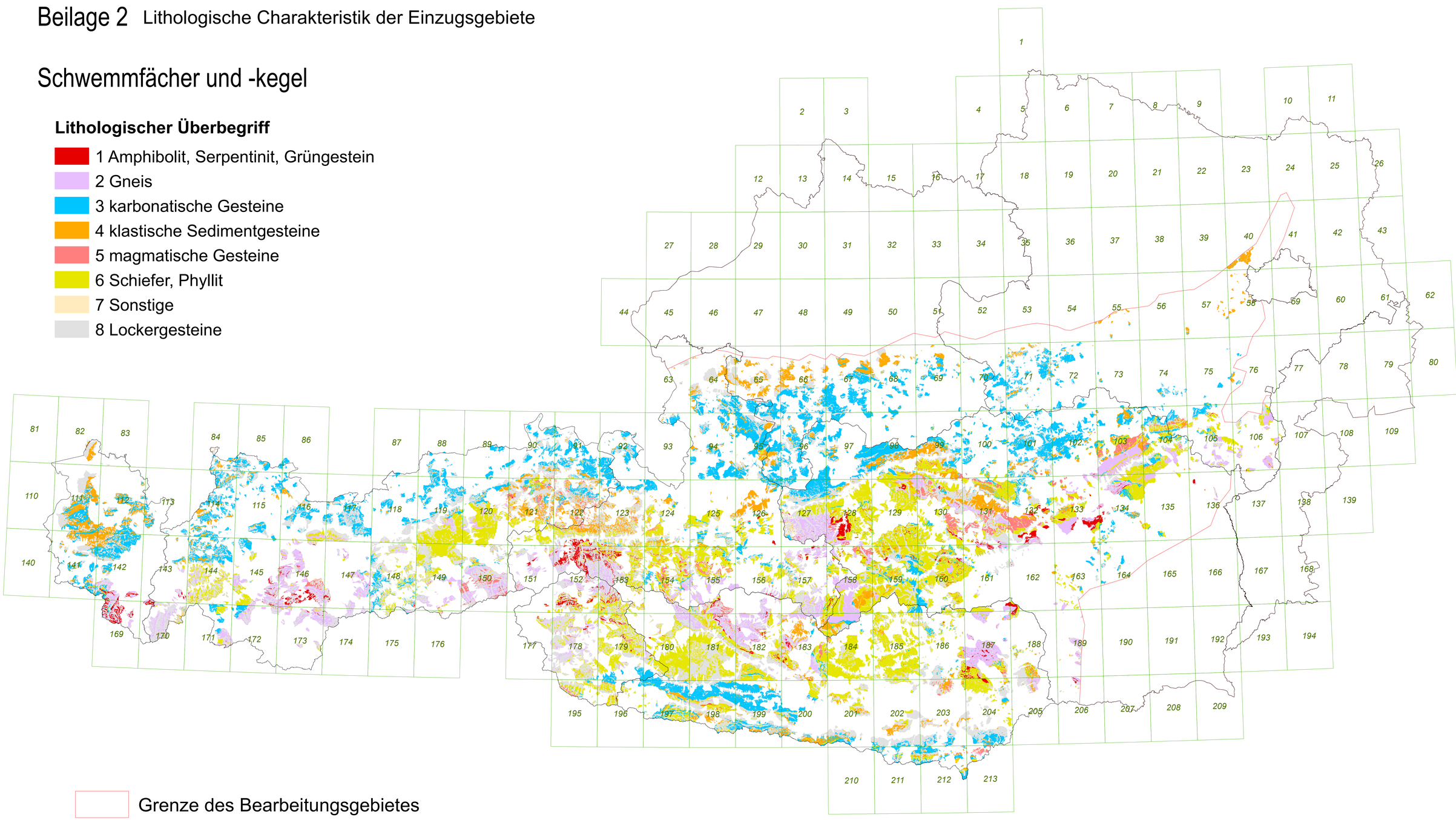
Regenerat Österreich

Beilage 2 Lithologische Charakteristik der Einzugsgebiete

Schwemmfächer und -kegel

Lithologischer Überbegriff

- 1 Amphibolit, Serpentinit, Grüngestein
- 2 Gneis
- 3 karbonatische Gesteine
- 4 klastische Sedimentgesteine
- 5 magmatische Gesteine
- 6 Schiefer, Phyllit
- 7 Sonstige
- 8 Lockergesteine



Grenze des Bearbeitungsgebietes

Landesgrenzen

Blattschnitt ÖK50

Geologische Bundesanstalt

0 25 50 km

h.r. 04/16

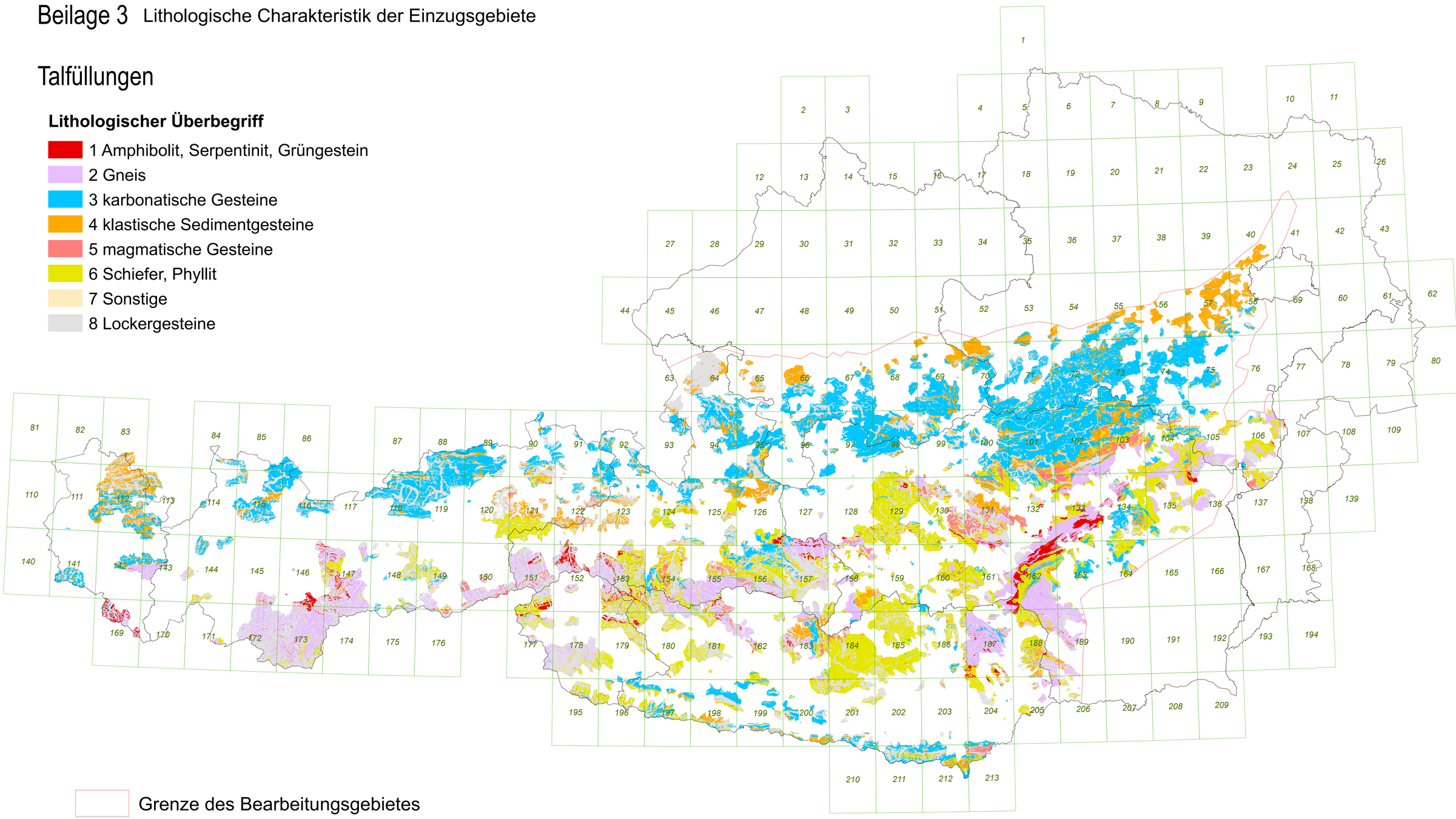
Regenerat Österreich

Beilage 3 Lithologische Charakteristik der Einzugsgebiete

Talfüllungen

Lithologischer Überbegriff

- 1 Amphibolit, Serpentinit, Grüngestein
- 2 Gneis
- 3 karbonatische Gesteine
- 4 klastische Sedimentgesteine
- 5 magmatische Gesteine
- 6 Schiefer, Phyllit
- 7 Sonstige
- 8 Lockergesteine



- Grenze des Bearbeitungsgebietes
- Landesgrenzen
- Blattschnitt ÖK50

Geologische Bundesanstalt

0 25 50 km

h.r. 04/16

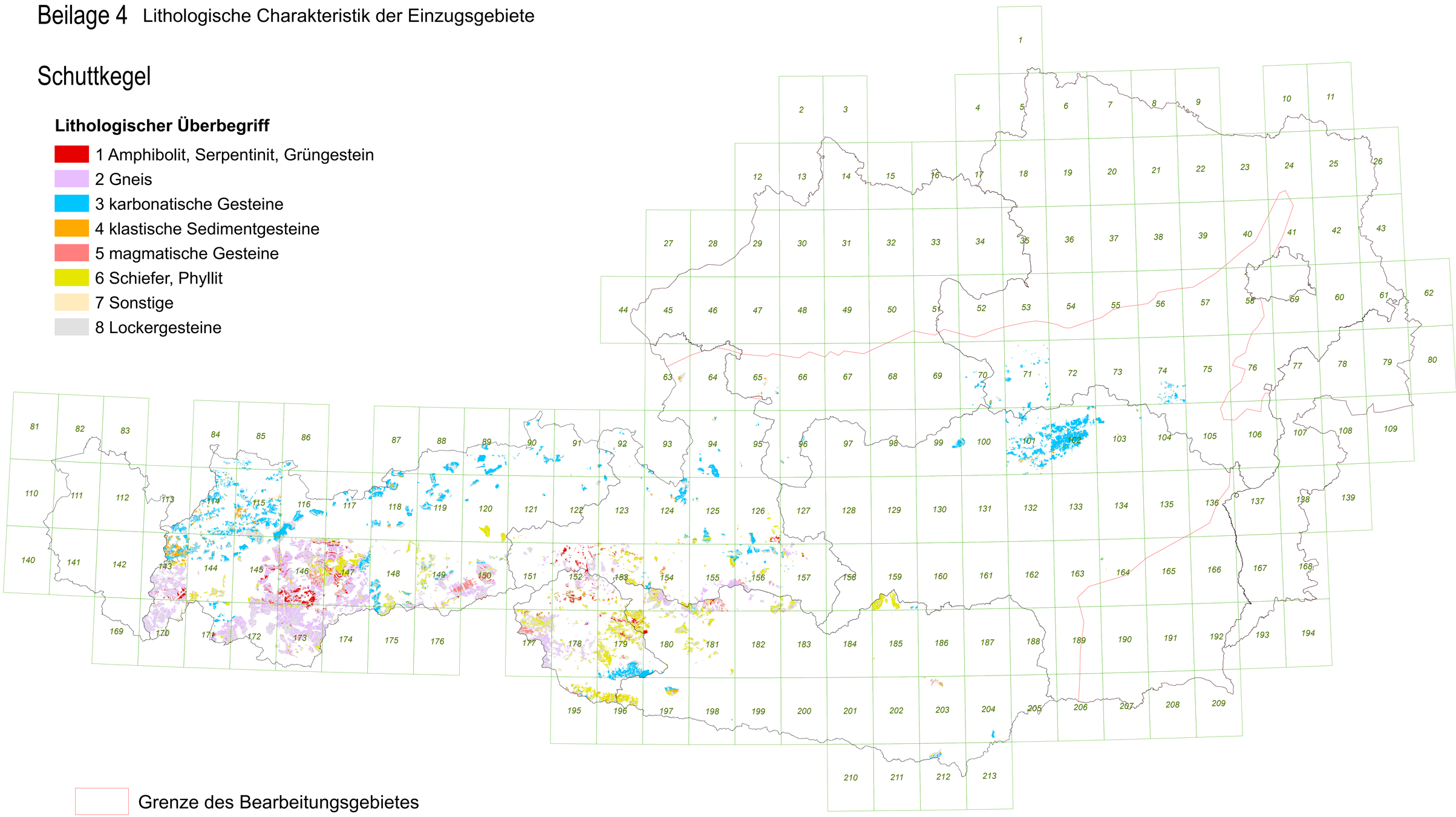
Regenerat Österreich

Beilage 4 Lithologische Charakteristik der Einzugsgebiete

Schuttkegel

Lithologischer Überbegriff

- 1 Amphibolit, Serpentinit, Grüngestein
- 2 Gneis
- 3 karbonatische Gesteine
- 4 klastische Sedimentgesteine
- 5 magmatische Gesteine
- 6 Schiefer, Phyllit
- 7 Sonstige
- 8 Lockergesteine



Grenze des Bearbeitungsgebietes

Landesgrenzen

Blattschnitt ÖK50

Geologische Bundesanstalt

0 25 50 km

h.r. 04/16

Anhang 1: Ergebnisse der GIS-Verarbeitung, Geröllanalyse und Kornsummenkurven der Proben des dritten Projektjahres (2015)

Kurzlegende zu den verwendeten Kartengrundlagen:

Gk 50:

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (Hrsg.): Kartenserie Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Bearbeitungsstand 2015, Wien, 2015. Datenebene G01.SDV.GK50_GEOLOGIE_F des Kartographischen Modells Geologie 1:50.000 (KM50 Geologie).

Gk 200 Szbg:

PESTAL, G., HEJL, E., EGGER, H., VAN HUSEN, D., LINNER, M., MANDL, M., MOSER, M., REITNER, J., RUPP, CH., SCHUSTER, R., BRAUNSTINGL, R. (Koord): Geologische Karte von Salzburg 1:200.000, Geologische Bundesanstalt (GBA), Wien, 2005. Datenebene G01.SDV.GK200_SALZ_GEOLOGIE_F des Kartographischen Modells Geologie 1:200.000 (KM200 Geologie).

Geofast:

PAVLIK, W., KREUSS, O., MOSER, M., BAYER, I., KRENMAYR, H. G.: Geofast - Zusammenstellung ausgewählter Archivunterlagen der Geologischen Bundesanstalt 1:50.000, Bearbeitungsstand 2015, GBA-Projekt Geofast, Geologische Bundesanstalt (GBA), Wien, 2015. Datenebene G01.SDV.gfPlanar des Kartographischen Modells Geofast 1:50.000.

Ktn_Geol:

LETOUZÉ-ZEZULA, G. (Ltg.), ATZENHOFER, B., BERKA, R., HEINRICH, M., HELLERSCHMIDT-ALBER, J., LIPIARSKA, I., LIPIARSKI, P., MOSHAMMER, B., POLTNIG, W., POSCH-TRÖZMÜLLER, G., SCHUSTER, R. & UNTERSWEG, T.: GIS-Generierung einer geologischen Arbeitskarte von Kärnten als Basis weiterführender rohstoff- und angewandt-geologischer Bearbeitungen – Digitale geologische Karte Kärnten.- Unveröff. Endbericht Bund-Bundesländer-Proj. K-C-025/04, Bibl. Geol. B.-A. / Wiss. Archiv, 29 S., 8 Abb., 17 Beil., 1 Anh., Wien, 2005. Digitaler Datensatz.

Stmk:

SCHWENDT, A. (1998): Digitale geologische Karte der Steiermark 1:50.000. – Joanneum Research – Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung, Graz. Digitaler Datensatz.

Vrbg_100:

PESTAL, G. (Red.), OBERHAUSER, R. (Bearb.), BERTLE, H. (Beitr.), BERTLE, R. (Beitr.): Geologische Karte von Vorarlberg 1:100.000, Geologische Bundesanstalt (GBA), Wien, 2007. Datenebene „geop“ der Digitalen Geologischen Karte von Vorarlberg 1:100.000 (DGK100-Vorarlberg).

Lockergesteinskarte:

HEINRICH, M., UNTERSWEG, T. & LIPIARSKI, P. (Redakteure) unter Mitwirkung von GRÖSEL, K., KREUSS, O., LIPIARSKA, I., MOSHAMMER, B., MOSTLER, H., POSCH-TRÖZMÜLLER, G., RABEDER, J.: Digitale Arbeitskarte zur Verbreitung von Lockergesteinen in Österreich 1:50.000 unter Verwendung publizierter und unpublizierter geologischer Karten. – Unveröff. digitaler Datensatz VLG-Proj. Bundesweite Vorsorge Lockergesteine, Geologische Bundesanstalt (GBA) / FA Rohstoffgeologie, Wien, 2015.

Einzugsgebiet 76:

Rossbach, Kaning bei Radenthein, K, Talfüllung

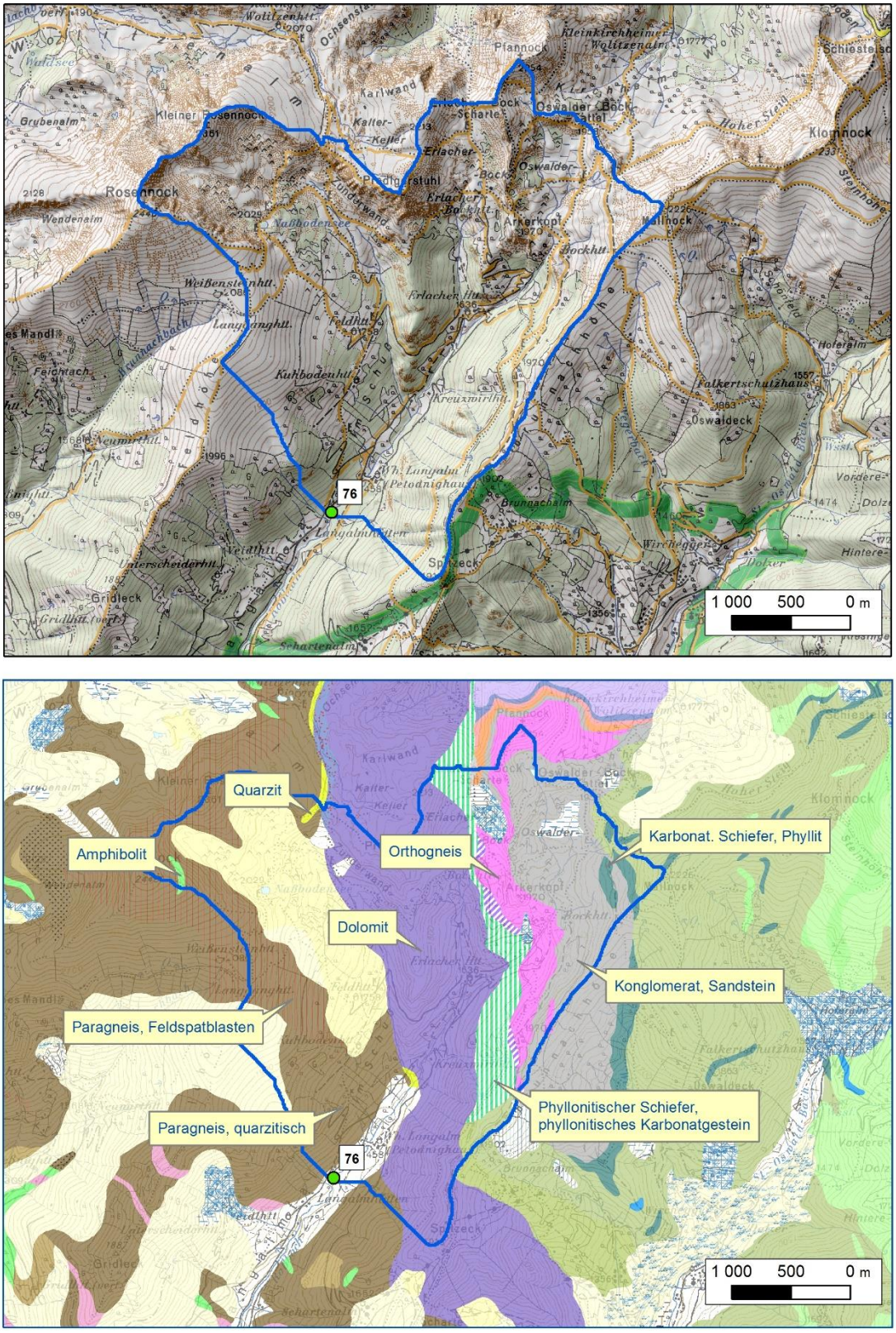


Abb. I.1: Morphologie und Geologie Einzugsgebiet 76

Kartengrundlage: GK 50, ÖK_Blatt 183

Tab. I.1: Parameter Einzugsgebiet 76

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
76	9,50	2,78	26	Dolomit	29	3,2	23
				Konglomerat, Sandstein	12	3,7	24
				Paragneis, quarzitisch	10	1,5	27
				Paragneis, Feldspatblasten	9	3,6	29
				Orthogneis, Granitgneis	6	3,3	28
				Phyllonitischer Schiefer, Phyllit	8	3,1	24

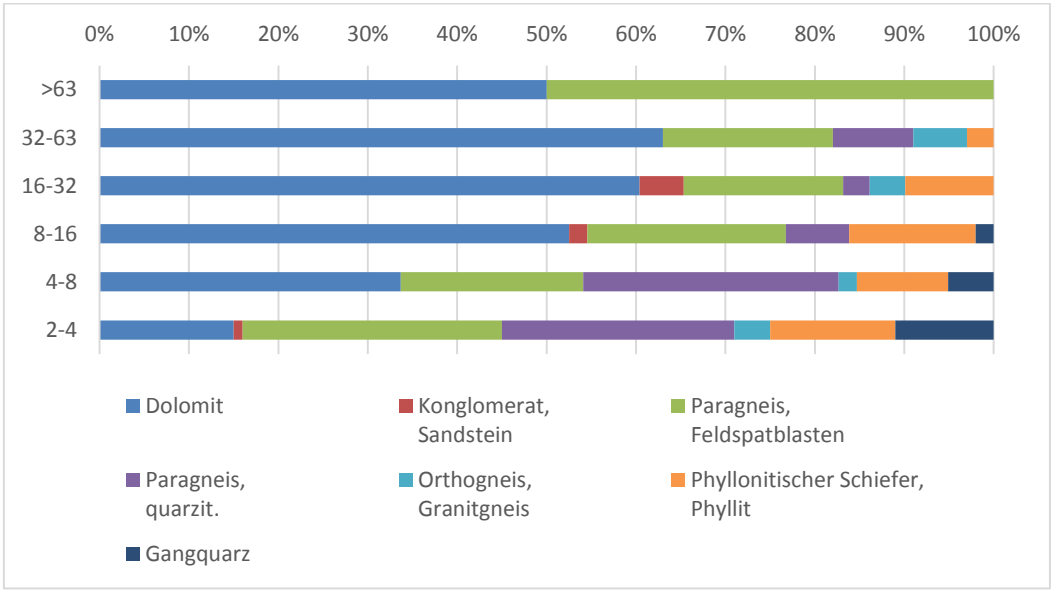


Abb. I.2: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 76

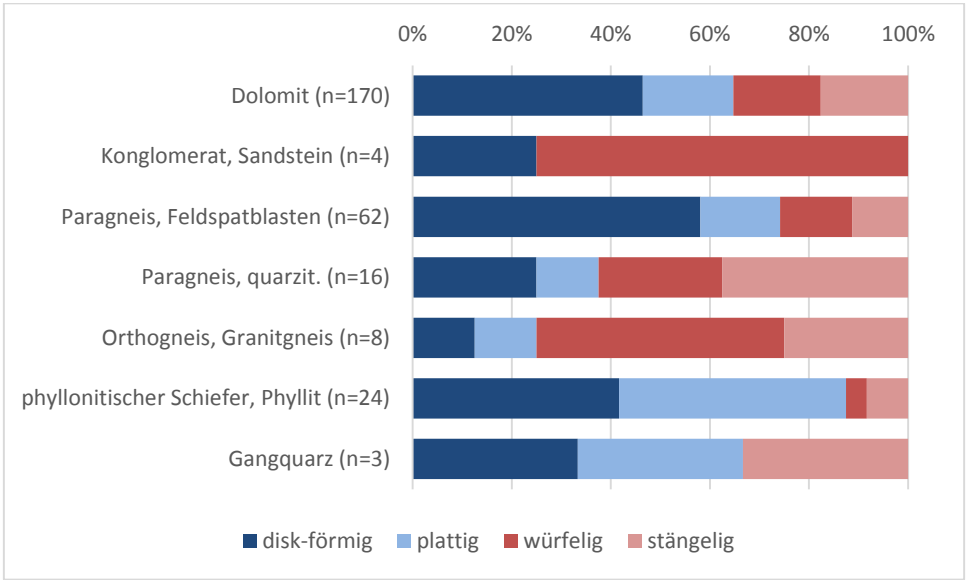


Abb. I.3: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 76

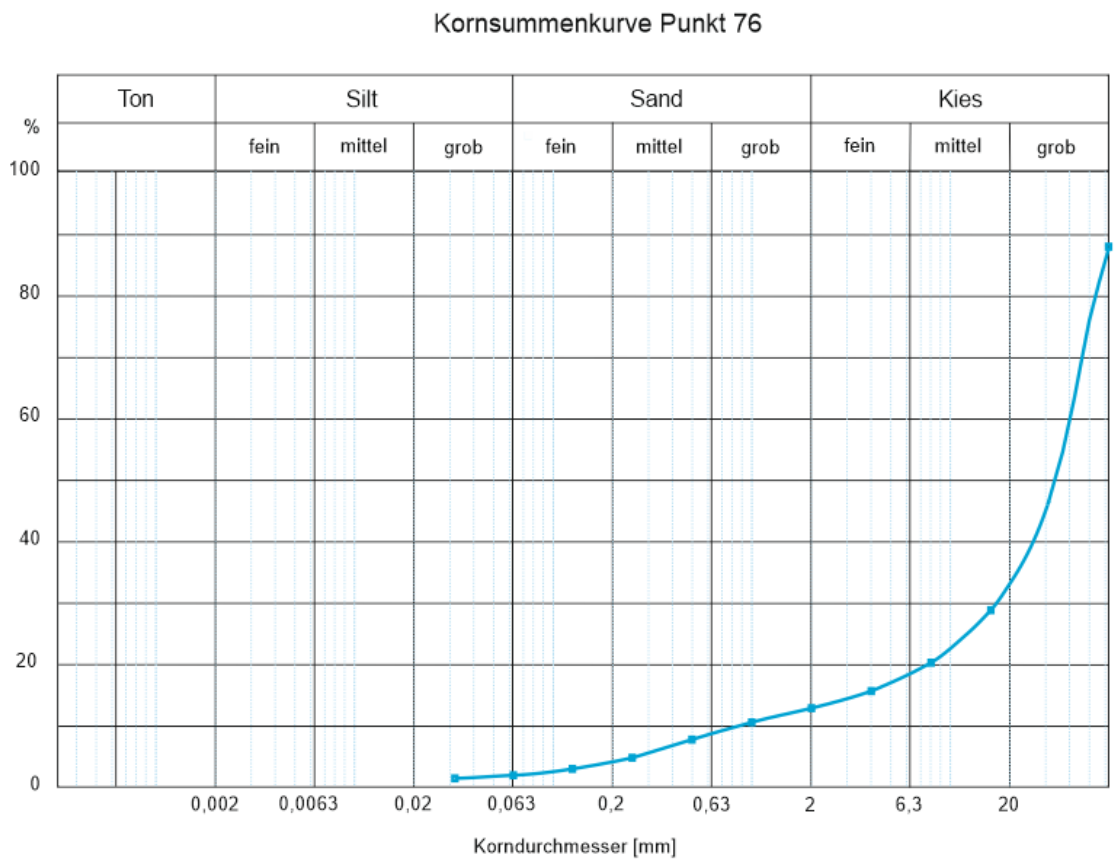


Abb. I.4: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 76

Abb. I.5: Probenpunkt 76

Einzugsgebiet 79:

Nennesbach, östlich von Gschnitz, T, Schwemmkegel

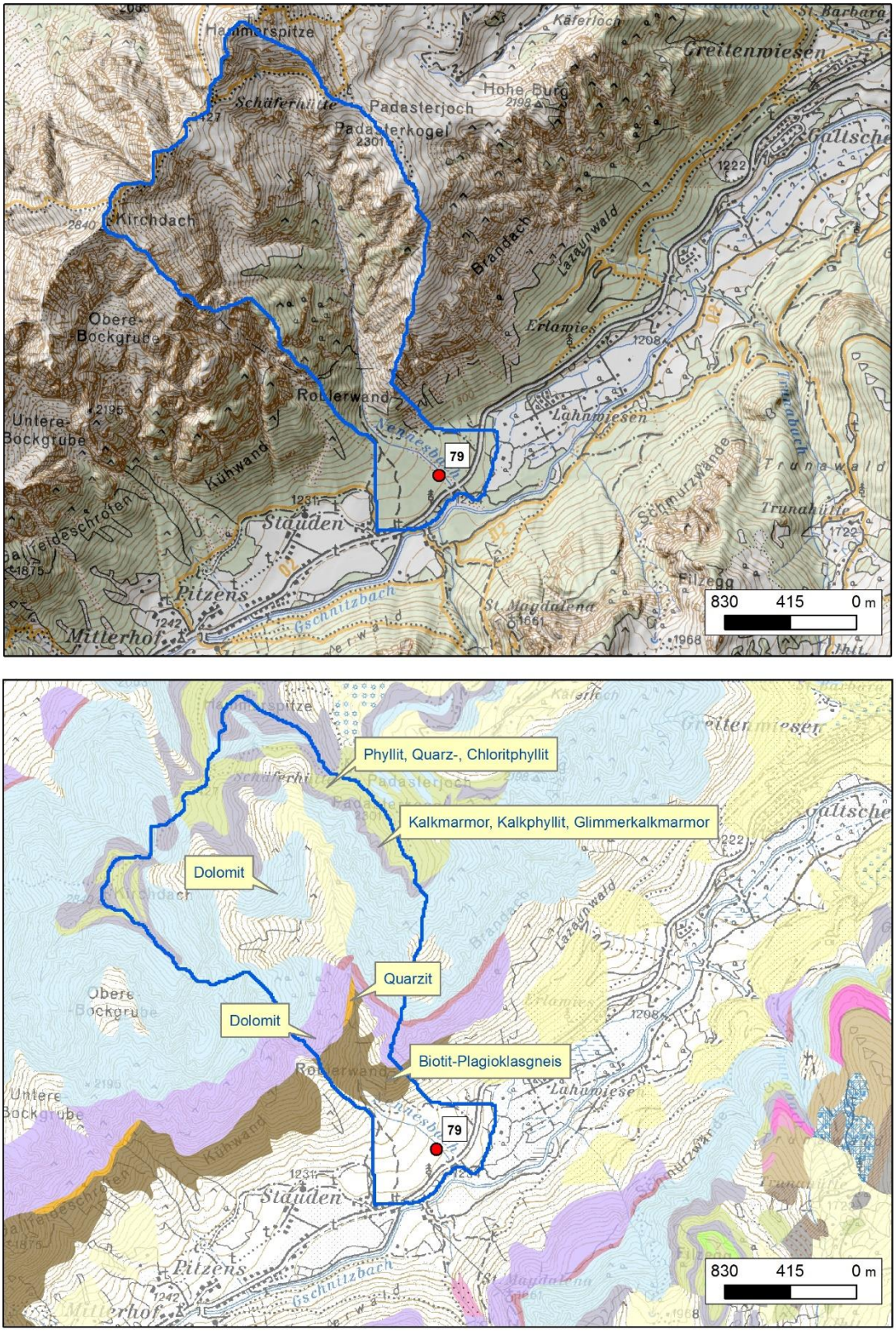


Abb. I.6: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 79

Kartengrundlage: GK 50, ÖK_Blatt 148

Tab. I.2: Parameter Einzugsgebiet 79

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
79	3,20	2,18	37	Dolomit	38	2,0	46
				Kalkmarmor, Kalkphyllit, Glimmerkalkmarmor	13	3,2	41
				Phyllit, Quarz-, Chloritphyllit	8	3,2	33
				Biotit-Plagioklasgneis	5	1,0	39
				Quarzit	< 1	1,4	40

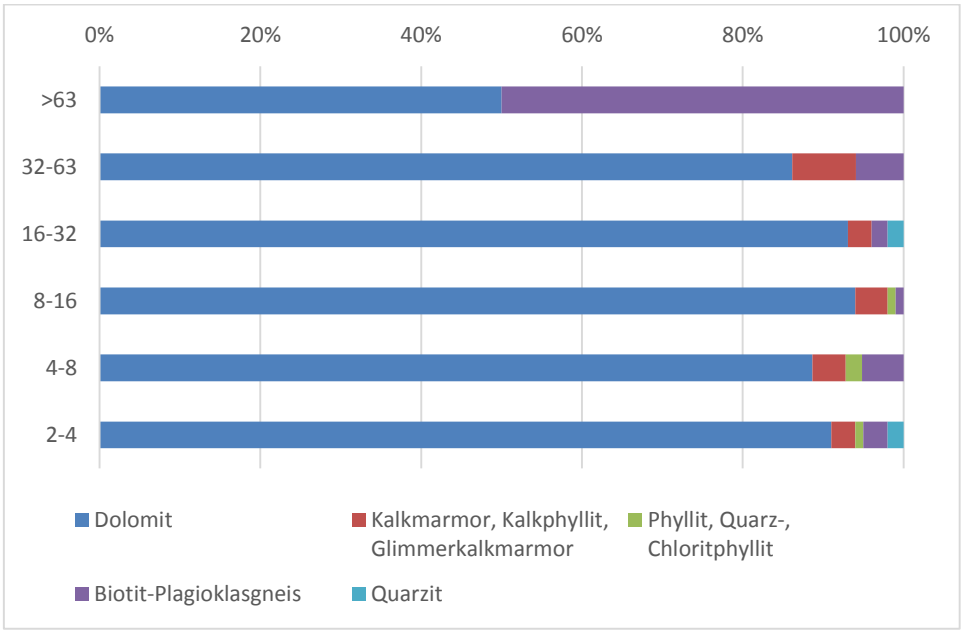


Abb. I.7: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 79

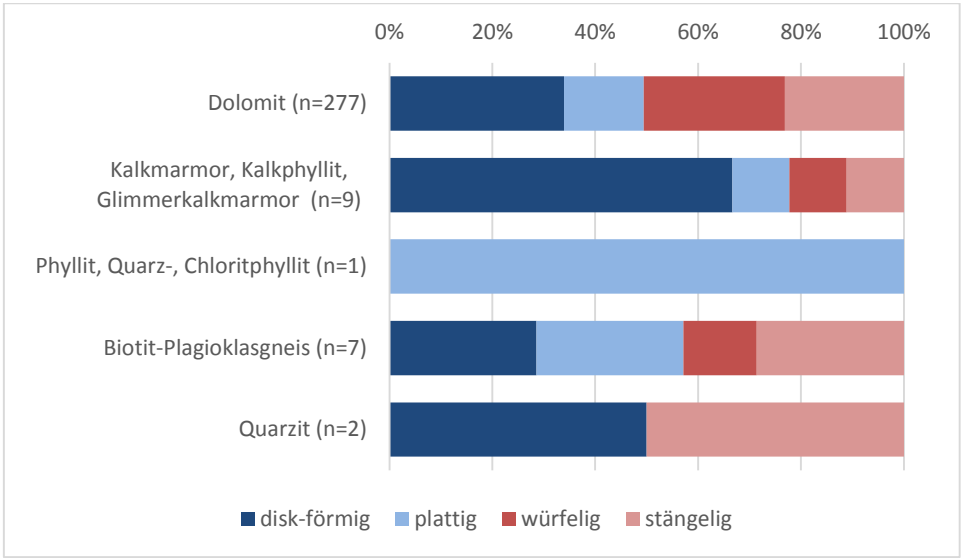


Abb. I.8: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 79

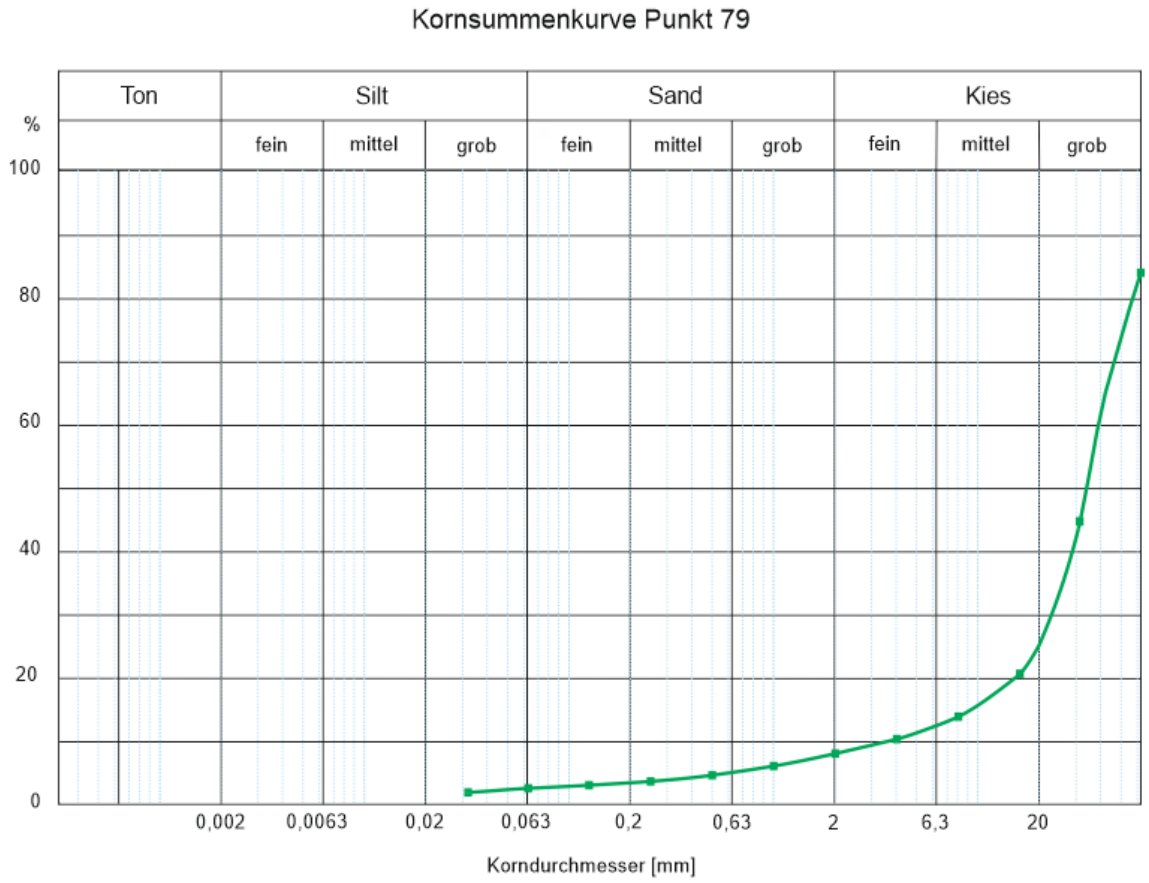


Abb. I.9: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 79

Abb. I.10: Probenpunkt 79

Einzugsgebiet 96:

Krems-Heiligenbach, Innerkrems, K, Talfüllung

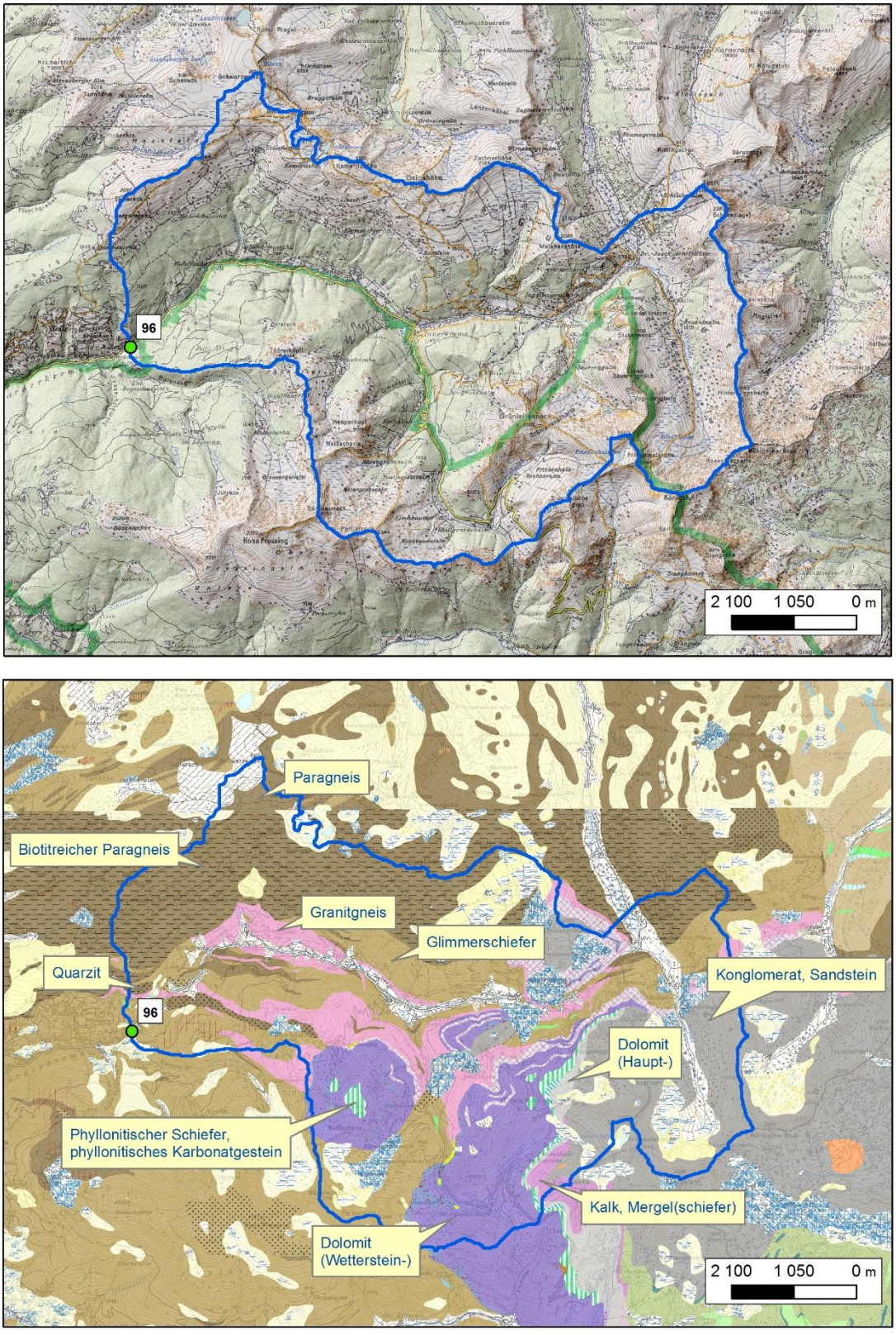


Abb. I.11: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 96

Kartengrundlage: GK 50, ÖK_Blatt 183

Tab. I.3: Parameter Einzugsgebiet 96

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
96	50,90	8,33	23	Paragneis	22	5,6	21
				Quarzit, quarzit. Glimmerschiefer	19	5,9	26
				Dolomit	16	10,2	23
				Konglomerat, Sandstein	11	12,7	26
				Granitgneis	8	6,2	27
				Phyllonit. Schiefer, Kalkphyllit, Kalk	5	10,2	20

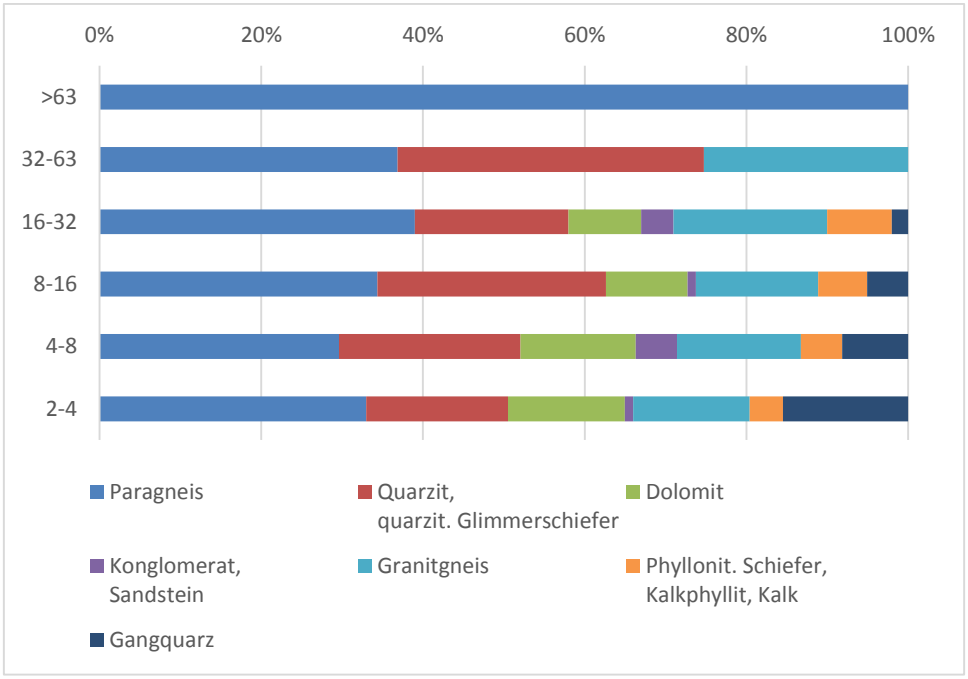


Abb. I.12: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 96

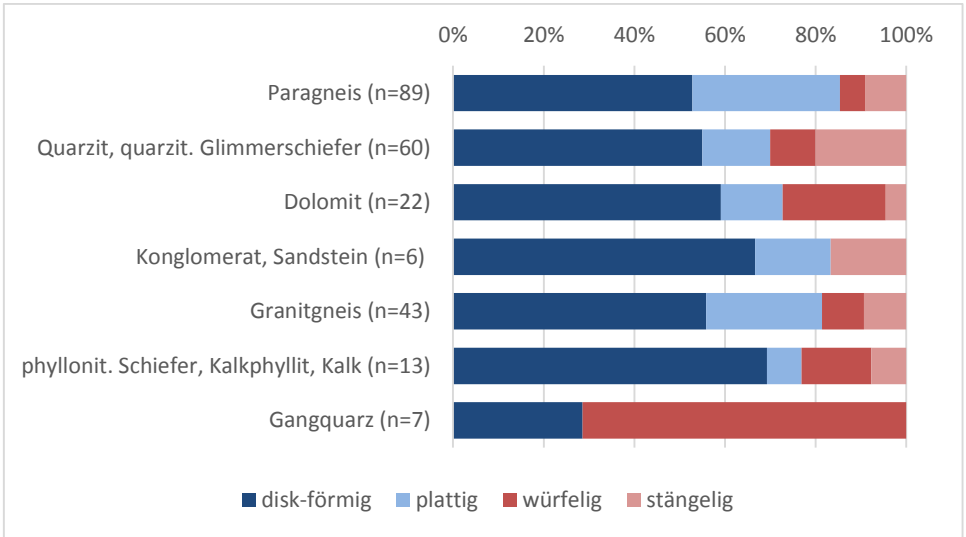


Abb. I.13: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 96

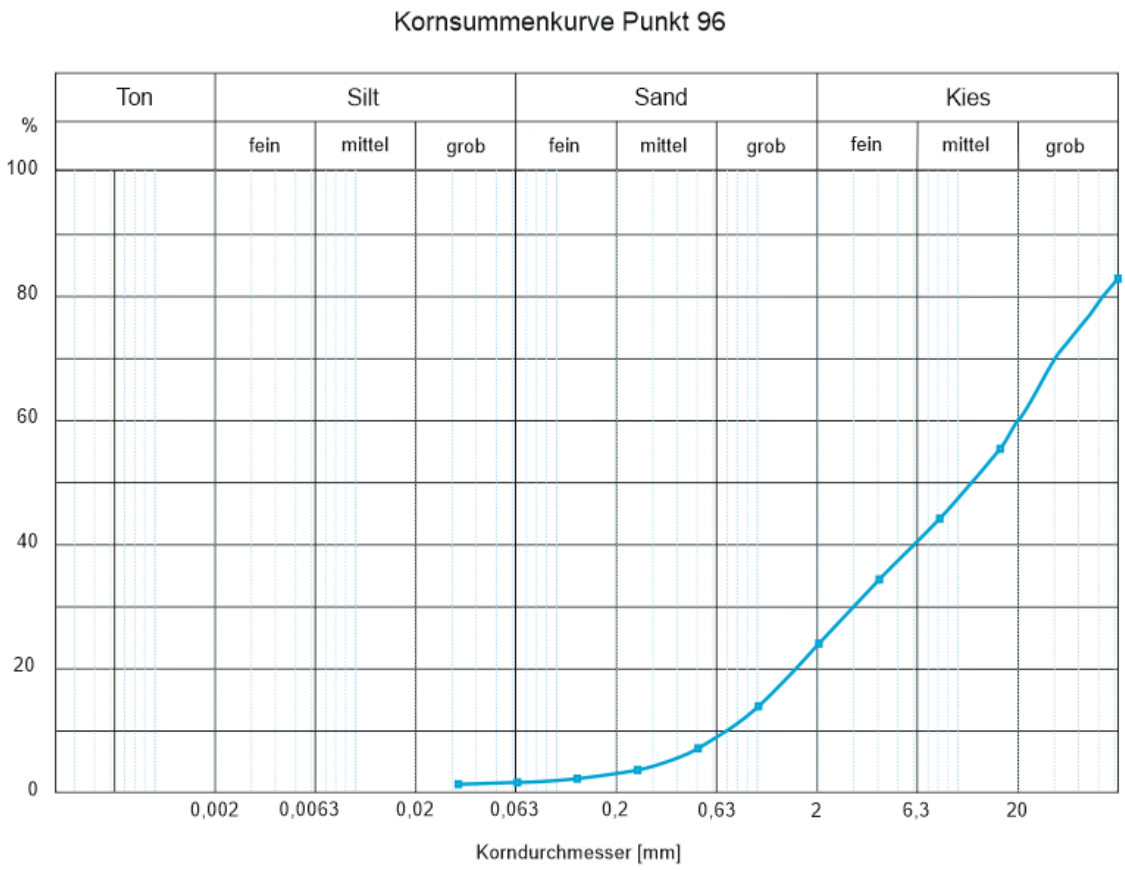


Abb. I.14: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 96

Abb. I.15: Probenpunkt 96

Einzugsgebiet 98:

Rachauer Bach, Rachau, Stmk, Talfüllung

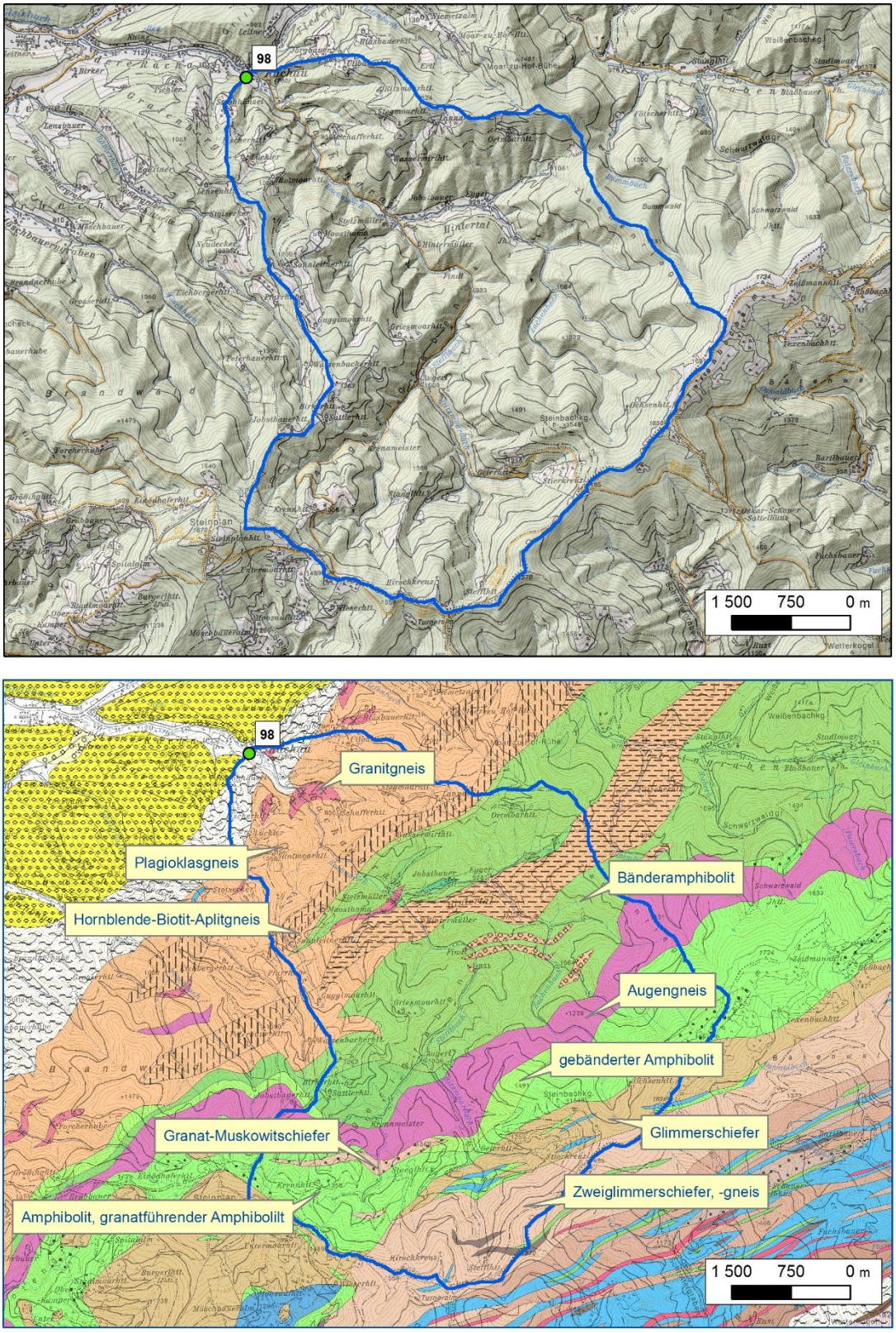


Abb. I.16: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 98

Kartengrundlage: Stmk, ÖK_Blatt 162

Tab. I.4: Parameter Einzugsgebiet 98

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
98	28,50	6,12	27	Amphibolit	47	7,4	27
				Plagioklasgneis	17	3,1	27
				Gneis	11	4,6	29
				Zweiglimmerschiefer, -gneis	21	9,0	24
				Hornblende-Bi-Aplitgneis	7	5,0	28
				Granat-Muskowitschiefer	1	8,3	30

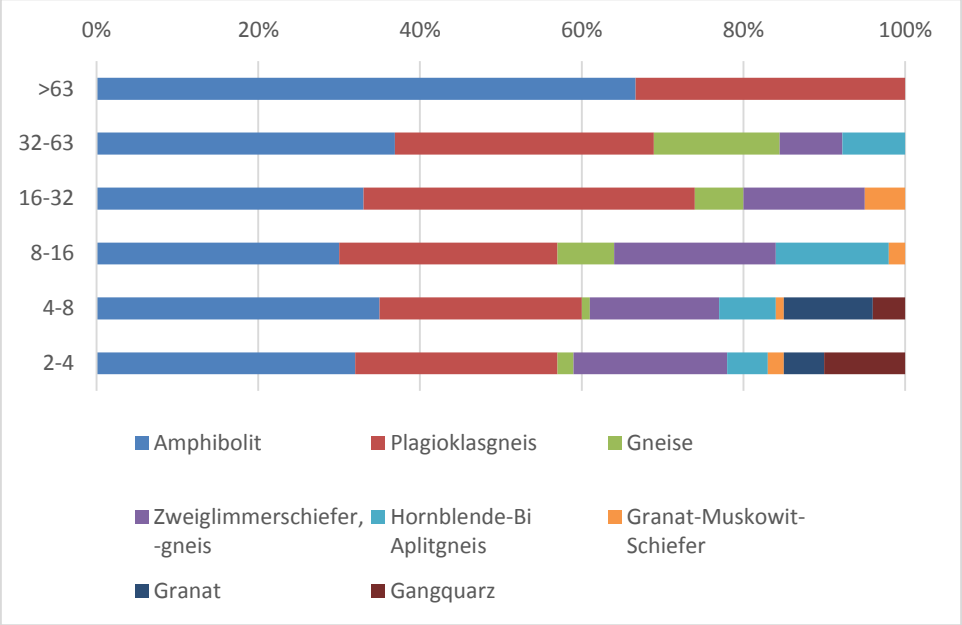


Abb. I.17: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 98

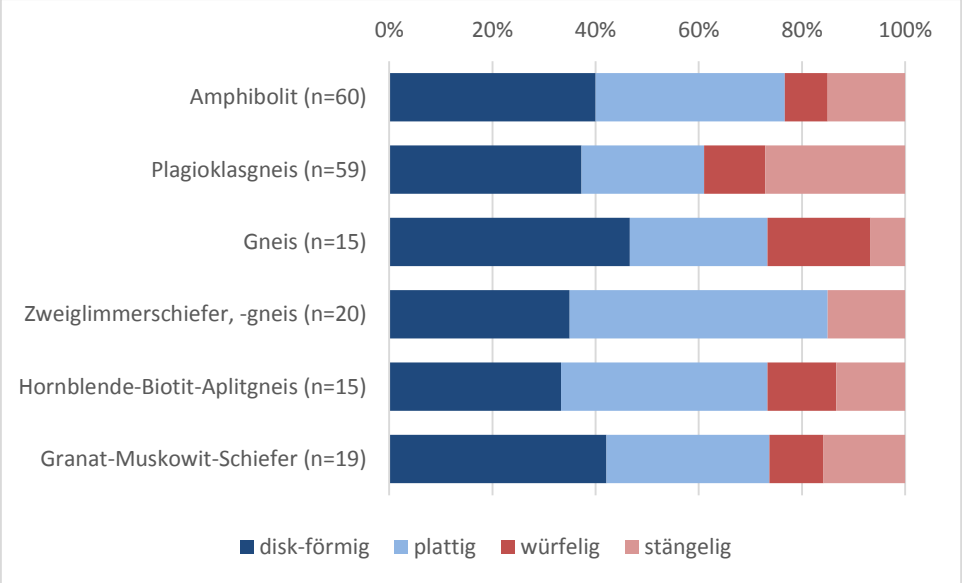


Abb. I.18: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 98

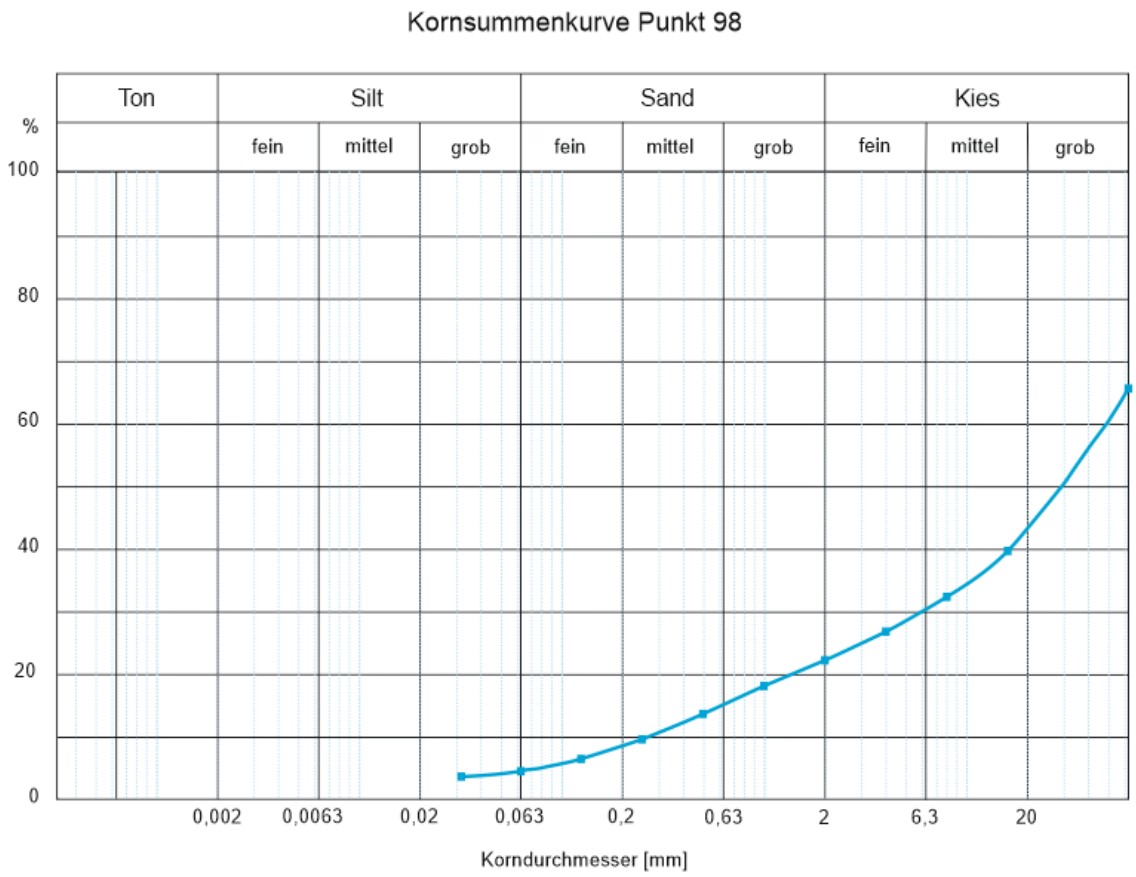


Abb. I.19: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 98

Abb. I.20: Probenpunkt 98

Einzugsgebiet 104:

Linker Seitengraben der Trisanna, SW Ischgl, T, Schuttkegel

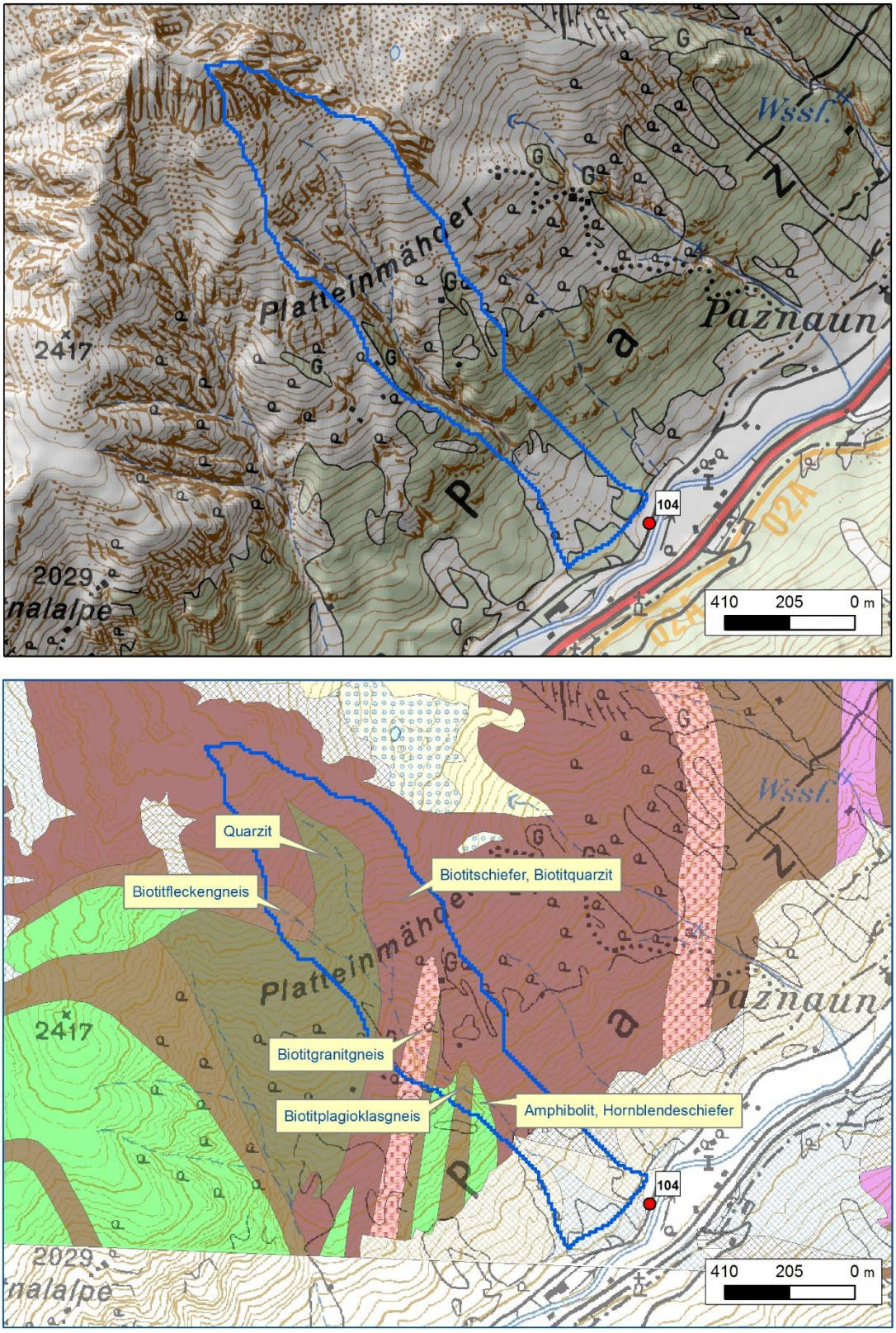


Abb. I.21: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 104

Kartengrundlage: Geofast, ÖK_Blatt 143

Tab. I.5: Parameter Einzugsgebiet 104

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
104	0,60	1,07	37	Biotitschiefer, -gneis, Biotitquarzit	62	1,1	42
				Quarzit	17	1,4	39
				Biotitgranitgneis	5	0,9	43
				Amphibolit, Hornblendeschiefer	1	0,6	50

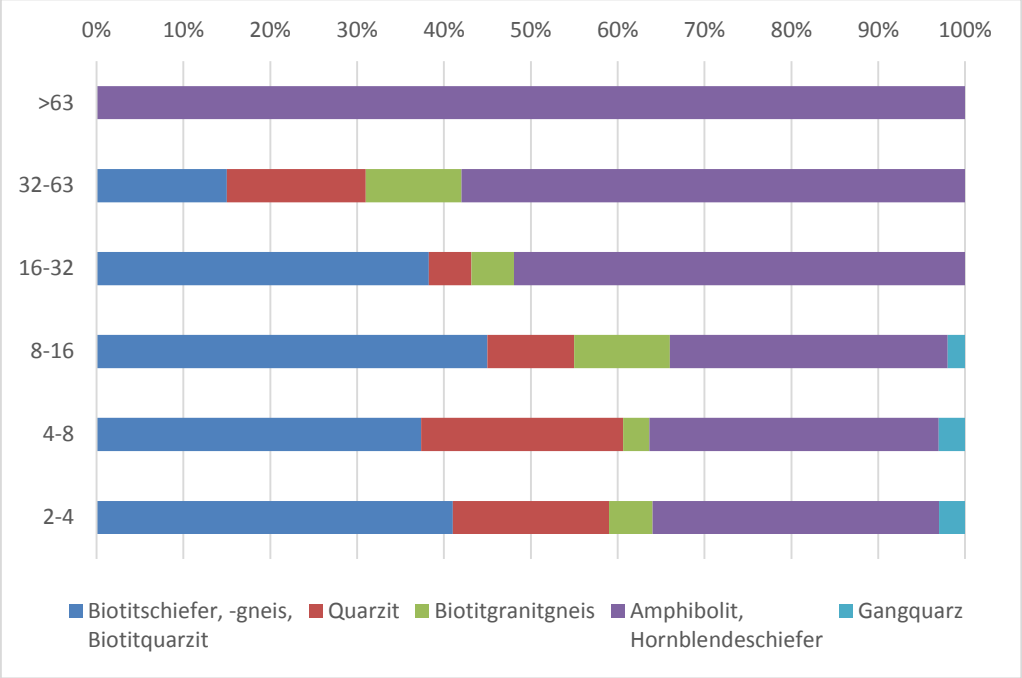


Abb. I.22: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 104

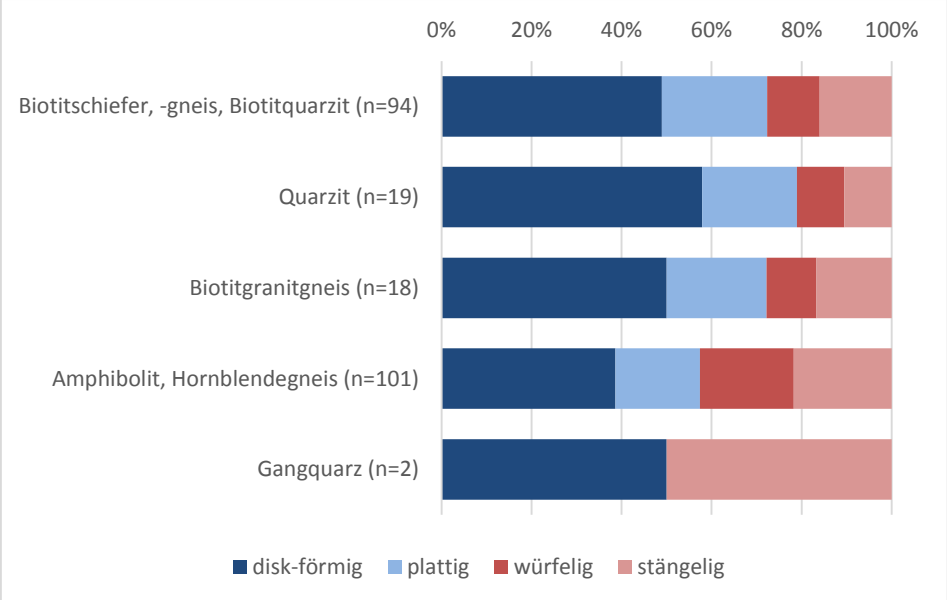


Abb. I.23: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 104

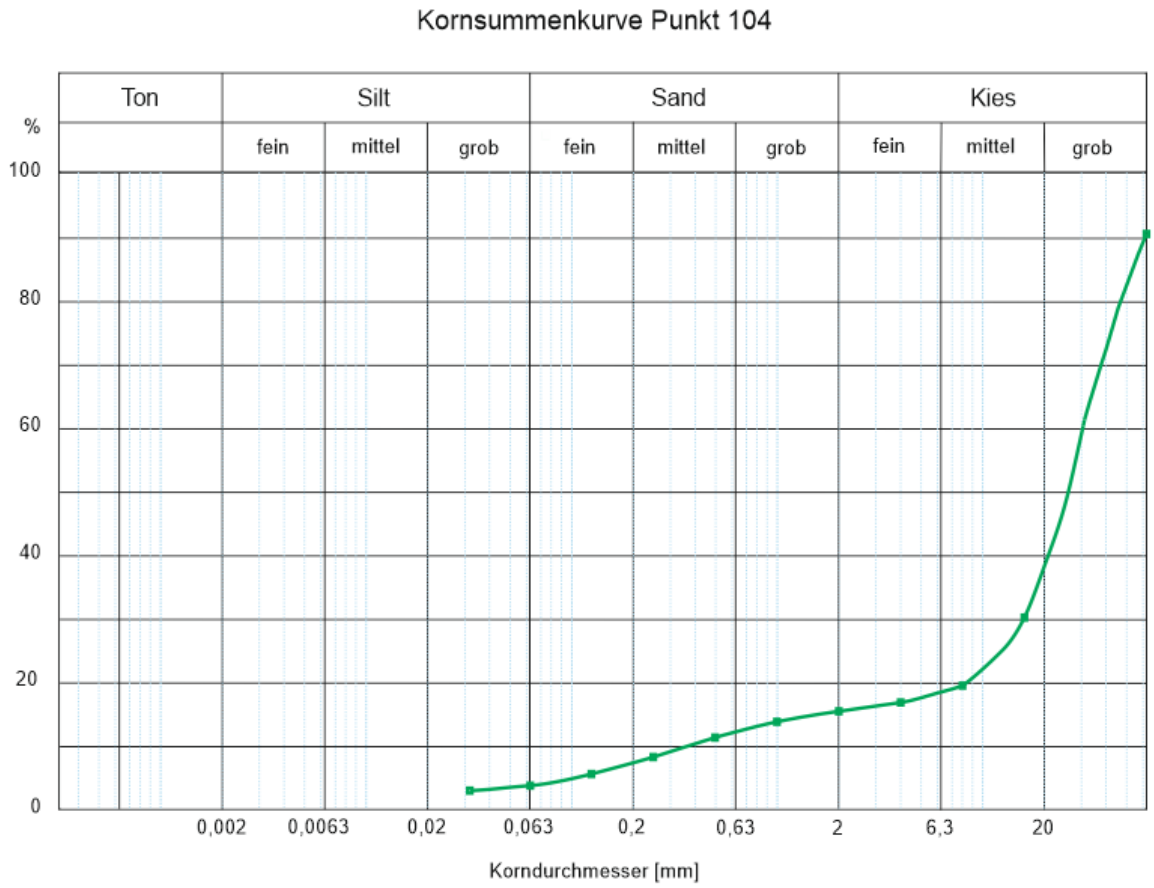


Abb. I.24: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 104

Abb. I.25: Probenpunkt 104

Einzugsgebiet 110:

Döbernitzengraben, Kirchbach, K, Schwemmkegel

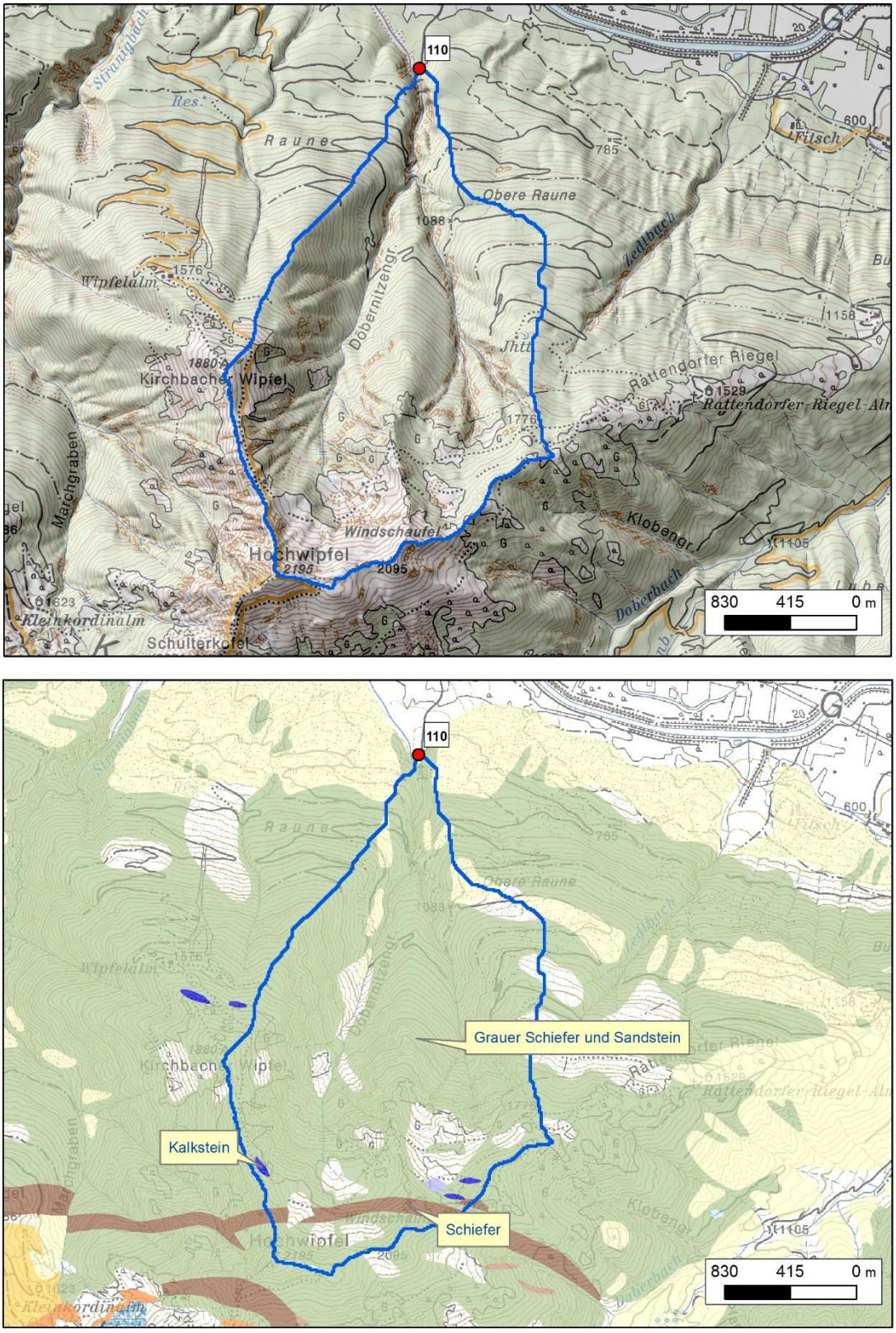


Abb. I.26: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 110

Kartengrundlage: Ktn_Geol, ÖK_Blatt 198

Tab. I.6: Parameter Einzugsgebiet 110

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
110	4,08	2,18	36	Grauer Schiefer und Sandstein	82	2,0	36

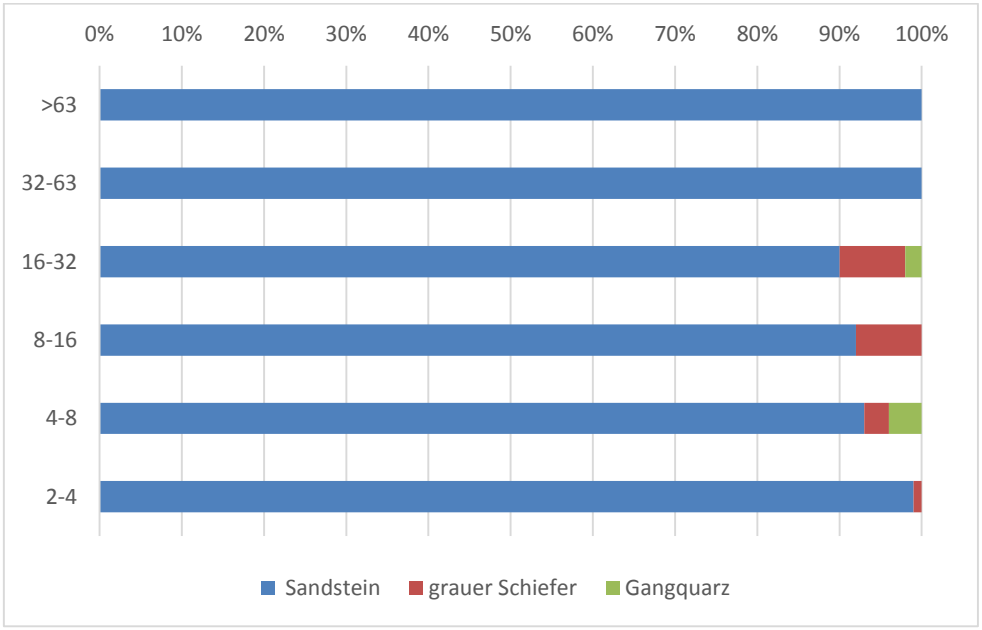


Abb. I.27: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 110

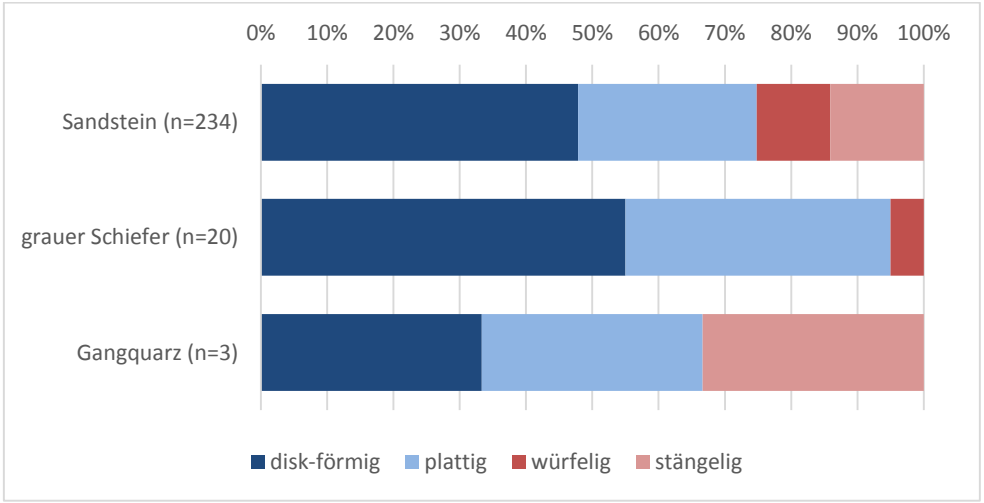


Abb. I.28: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 110

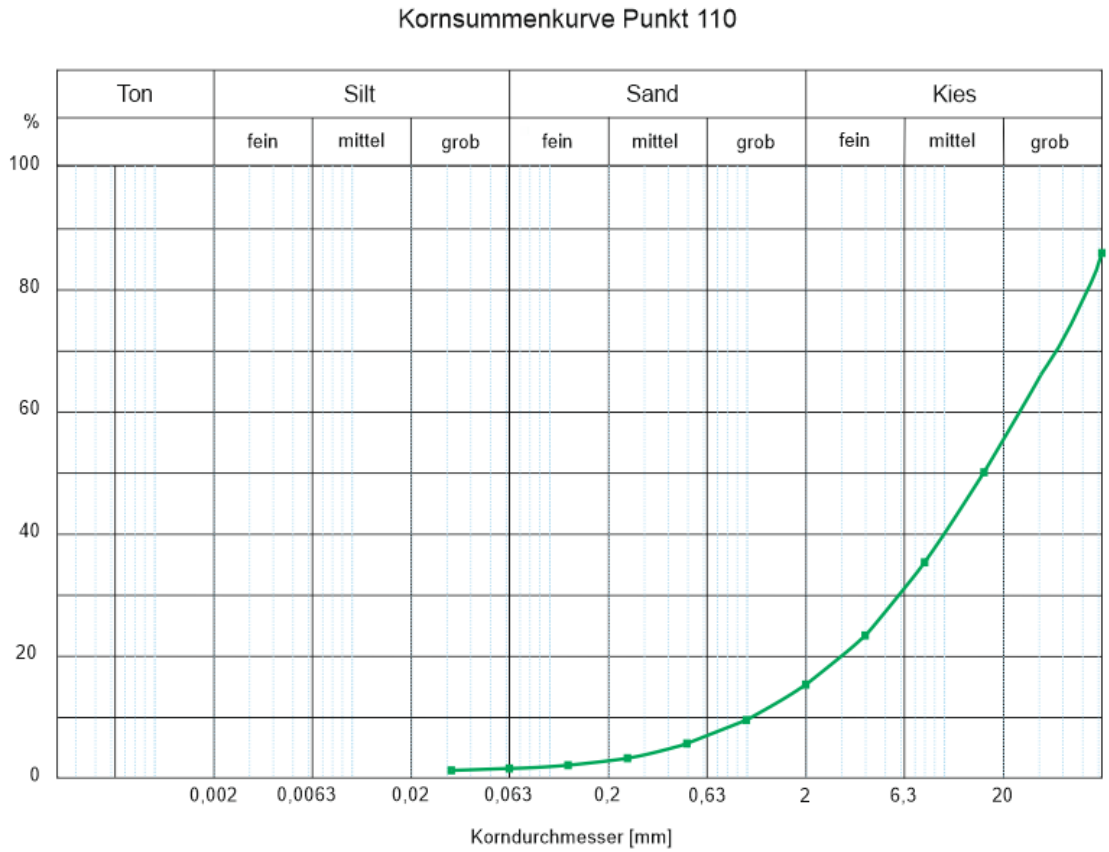


Abb. I.29: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 110

Abb. I.30: Probenpunkt 110

Einzugsgebiet 111:

Zubringerbach zur Malta, Brochendorf, S Malta, K, Schwemmfächer

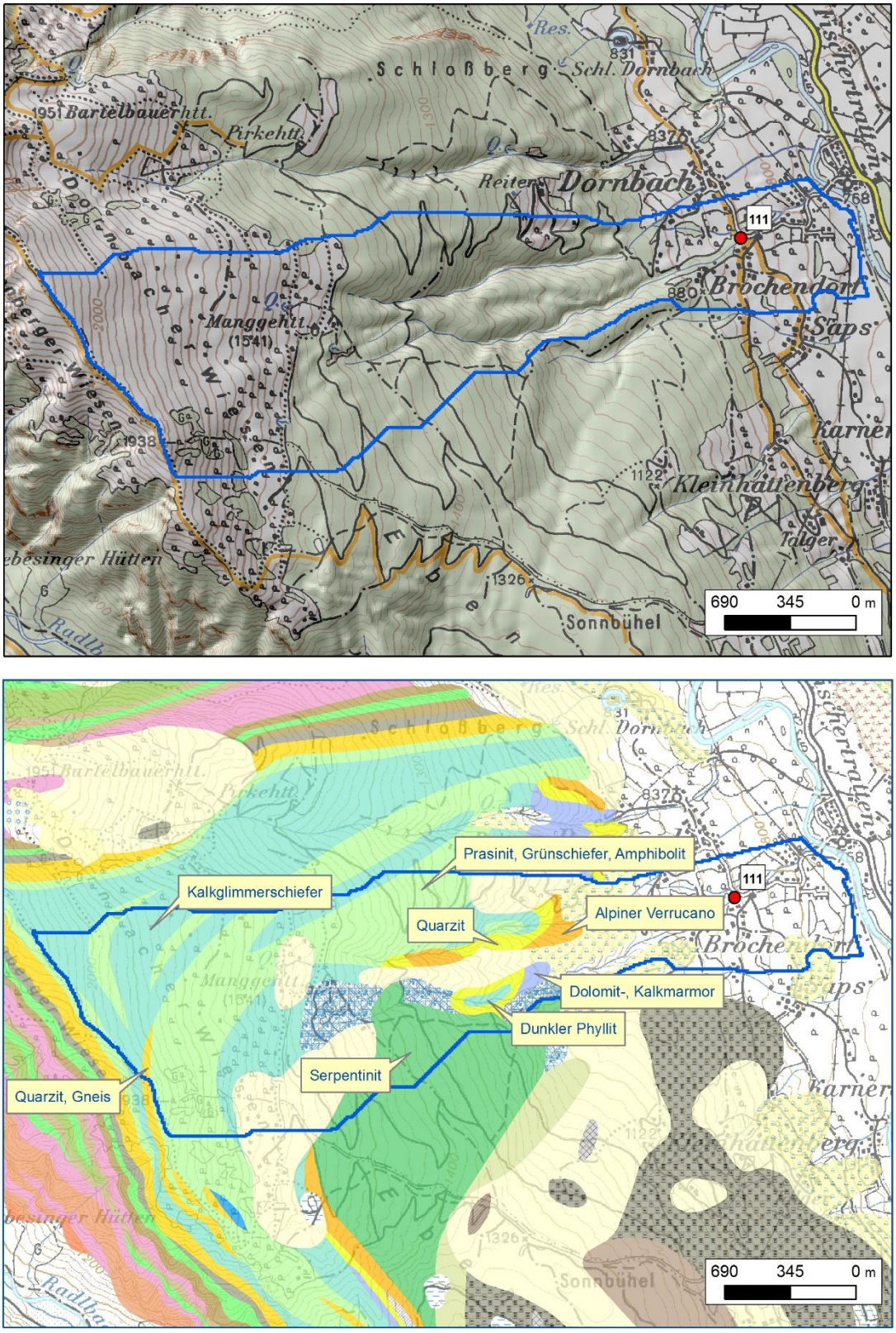


Abb. I.31: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 111

Kartengrundlage: GK 50, ÖK_Blatt 182

Tab. I.7: Parameter Einzugsgebiet 111

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
111	3,44	2,44	21	Kalkglimmerschiefer, Karbonatquarzit	18	3,5	24
				Prasinit, Grünschiefer Amphibolit	25	3,2	25
				Serpentinit	7	2,6	20
				Dunkler Phyllit	1	3,1	31
				Quarzit	3	3,1	30
				Kalk-, Dolomitmarmor	1	1,08	25
				Gneis	< 1		

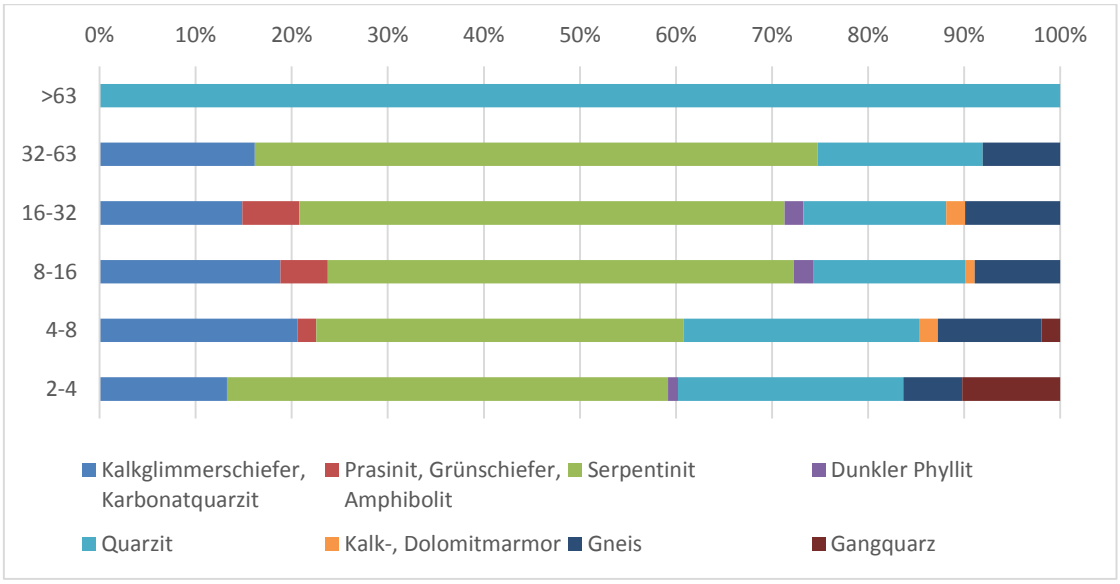


Abb. I.32: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 111

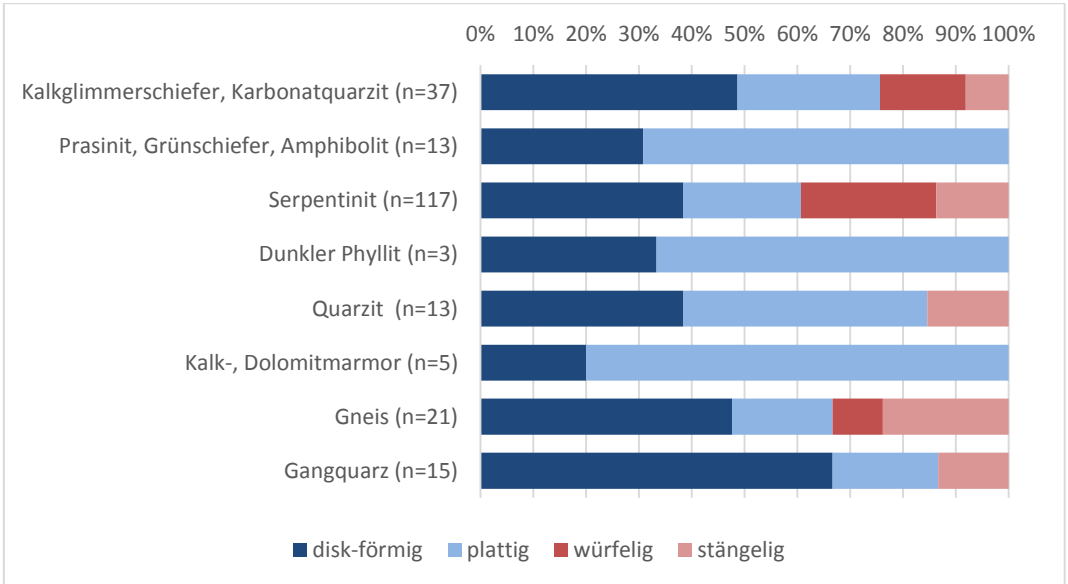


Abb. I.33: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 111

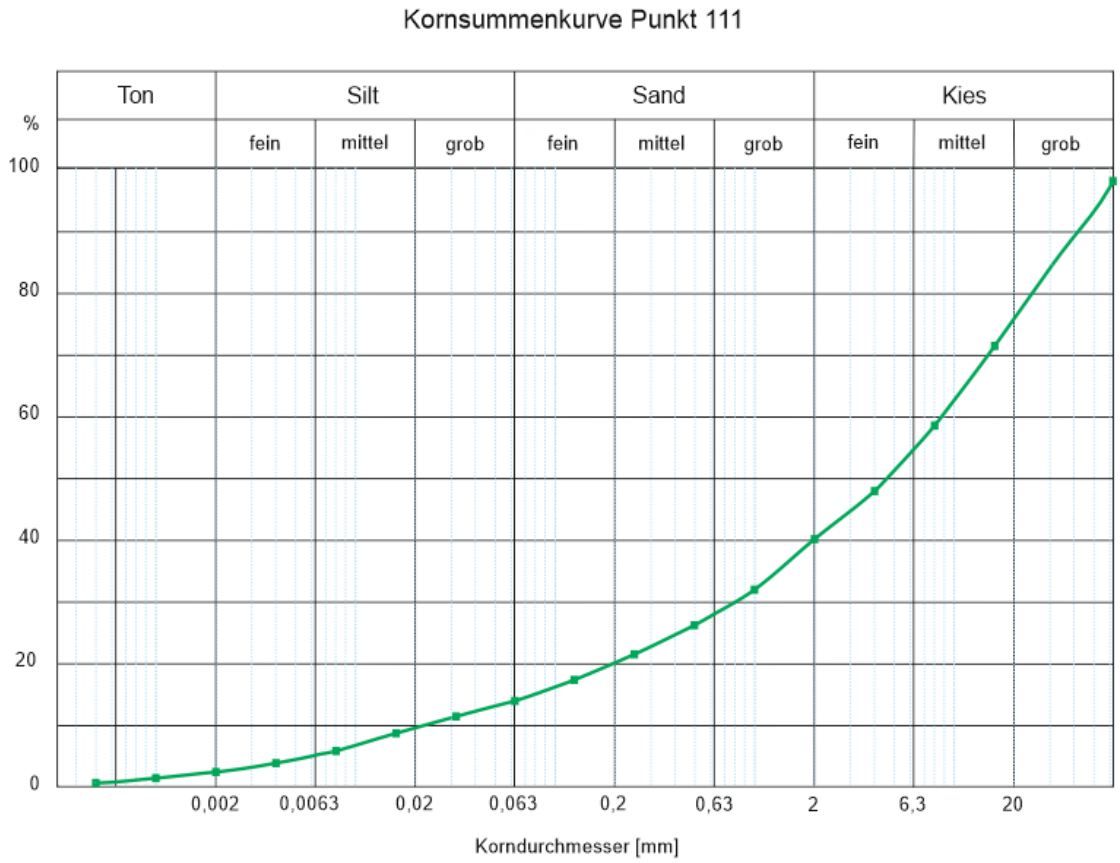


Abb. I.34: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 111

Abb. I.35: Probenpunkt 111

Einzugsgebiet 113:

Rechter Zubringer Gasenbach, Gasen, Stmk, Talfüllung

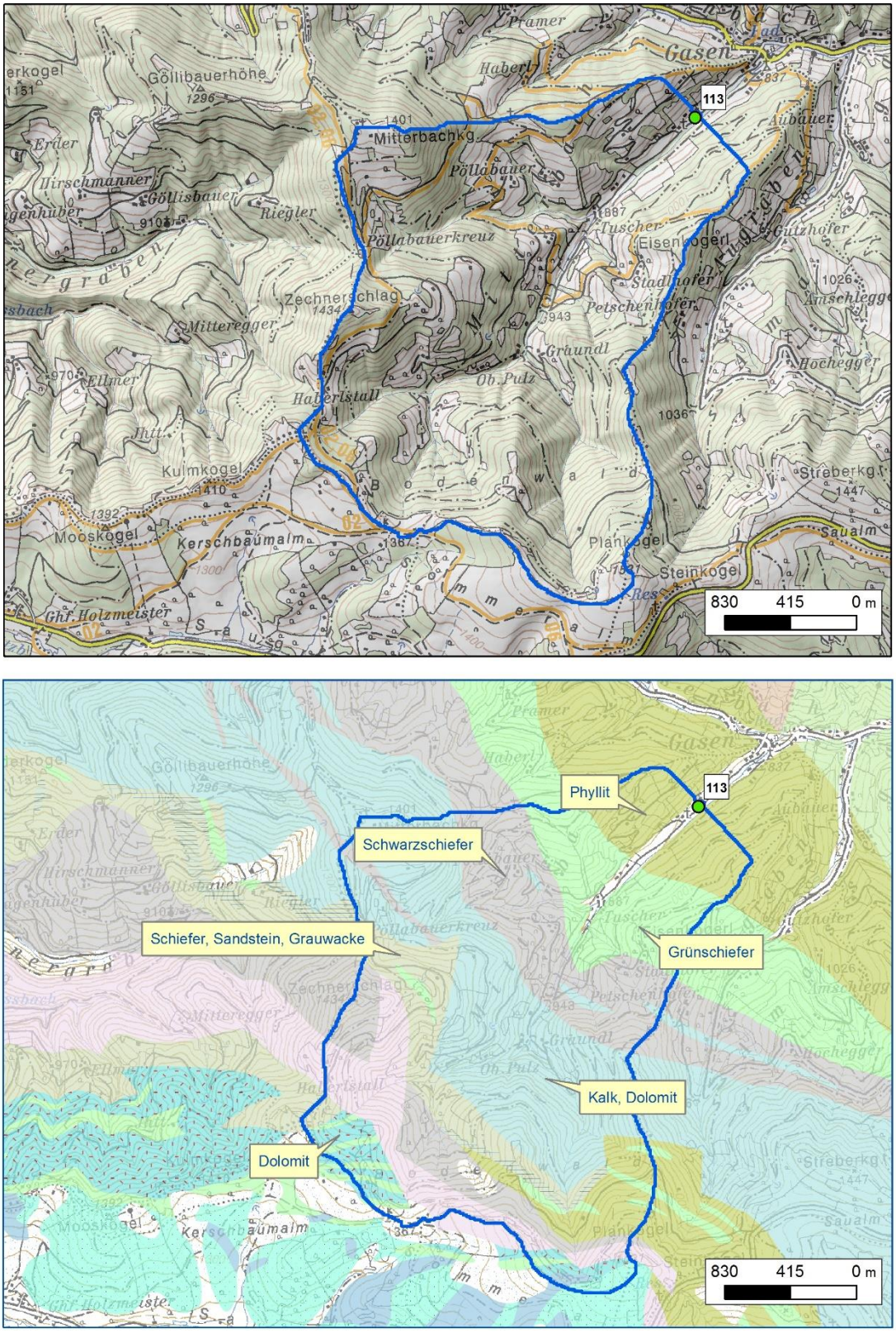


Abb. I.36: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 113

Kartengrundlage: Stmk, ÖK_Blatt 134

Tab. I.8: Parameter Einzugsgebiet 113

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
113	5,79	2,34	27	Schwarzschiefer	22	2,4	25
				Phyllit	12	1,7	25
				Grünschiefer	12	1,3	26
				Kalk, Dolomit	42	3,3	27
				Schiefer, Sandstein	9	3,4	19

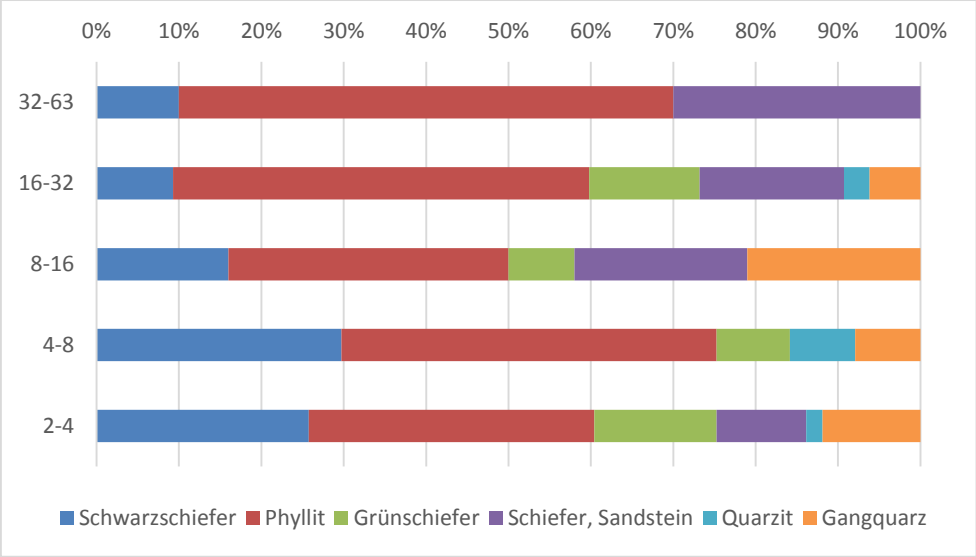


Abb. I.37: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 113

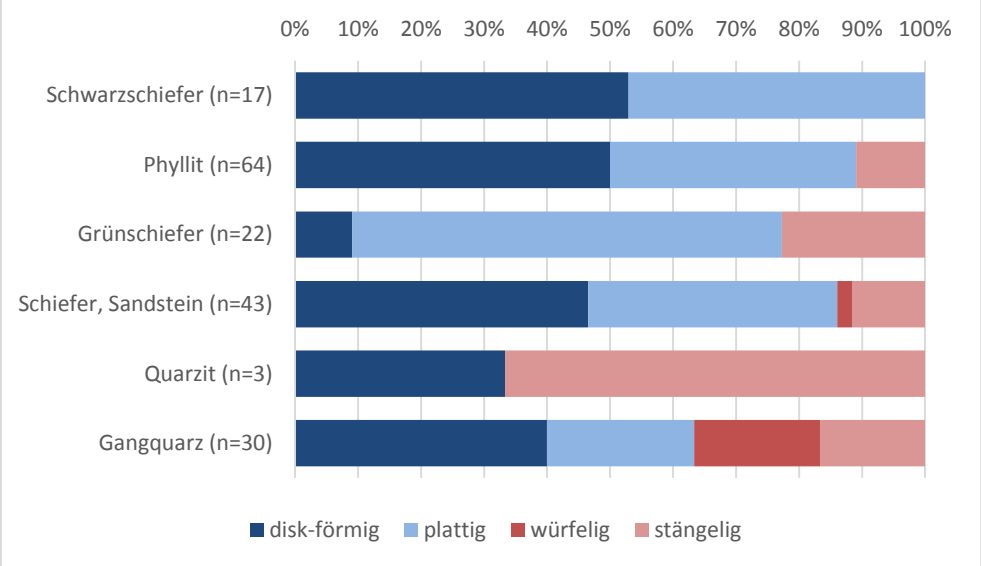


Abb. I.38: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 113

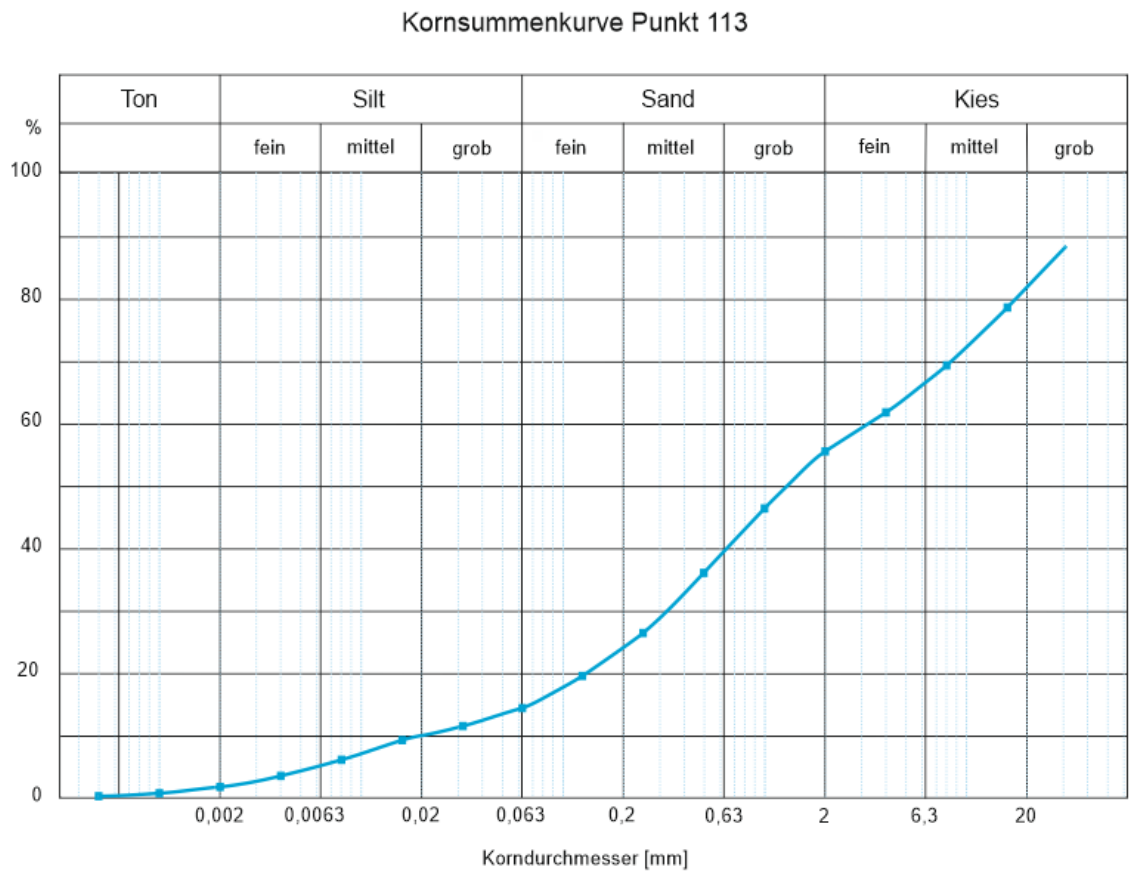


Abb. I.39: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 113

Abb. I.40: Probenpunkt 113

Einzugsgebiet 114:
Waidischbach, Ferlach, K, Schwemmfächer

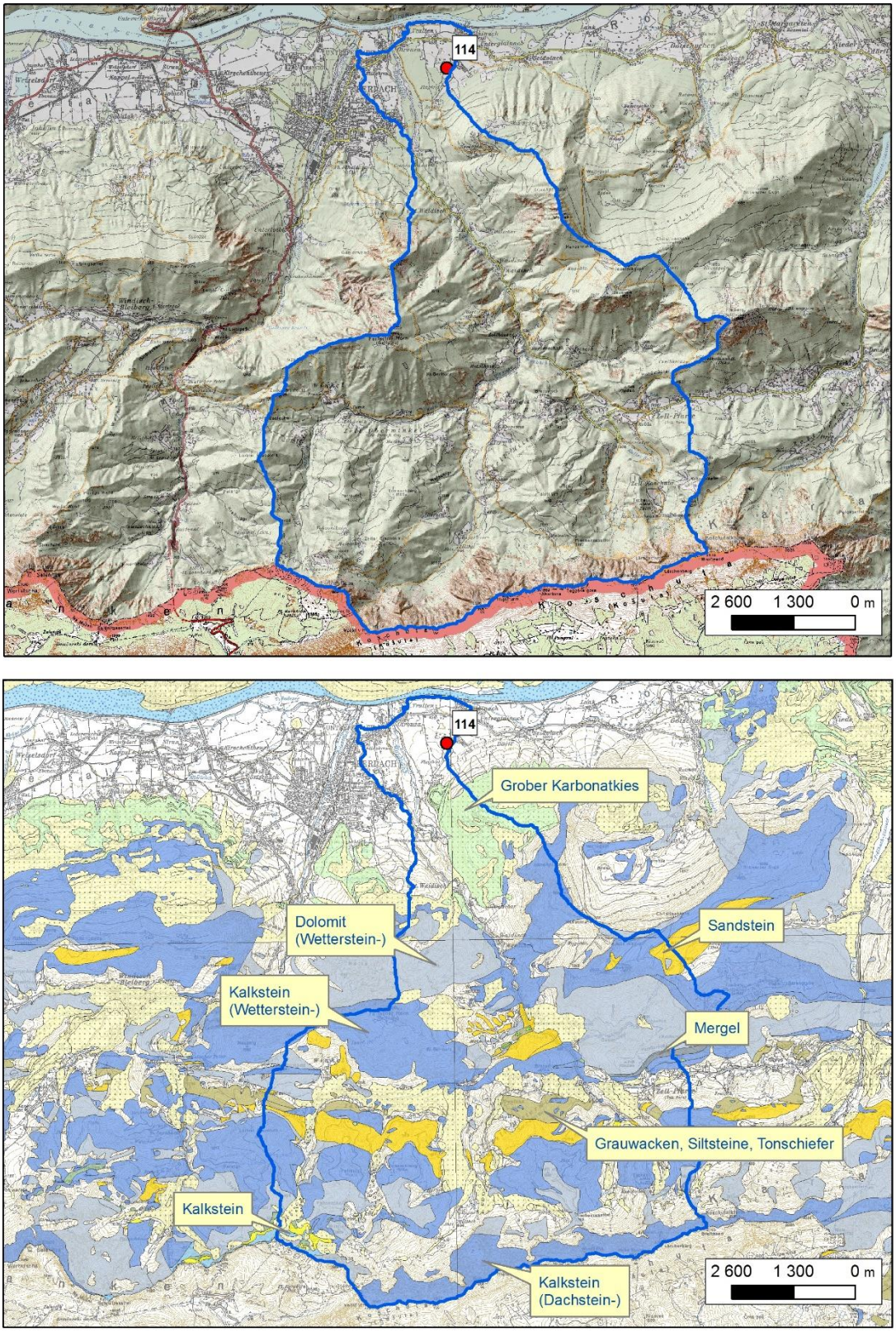


Abb. I.41: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 114
Kartengrundlage: Ktn_Geol, ÖK-Blatt 202/203

Tab. I.9: Parameter Einzugsgebiet 114

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
114	70,00	11,20	29	Sandstein, Schiefer	11	12,9	29
				Dolomit	11	13,7	37
				Kalkstein	22	12,4	39
				verfestigter Karbonatkies	4	3,5	26

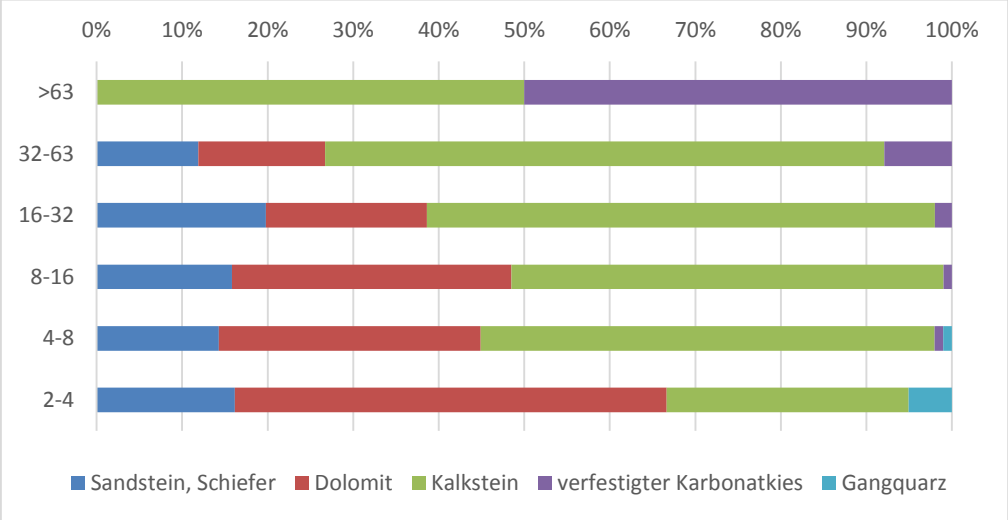


Abb. I.42: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 114

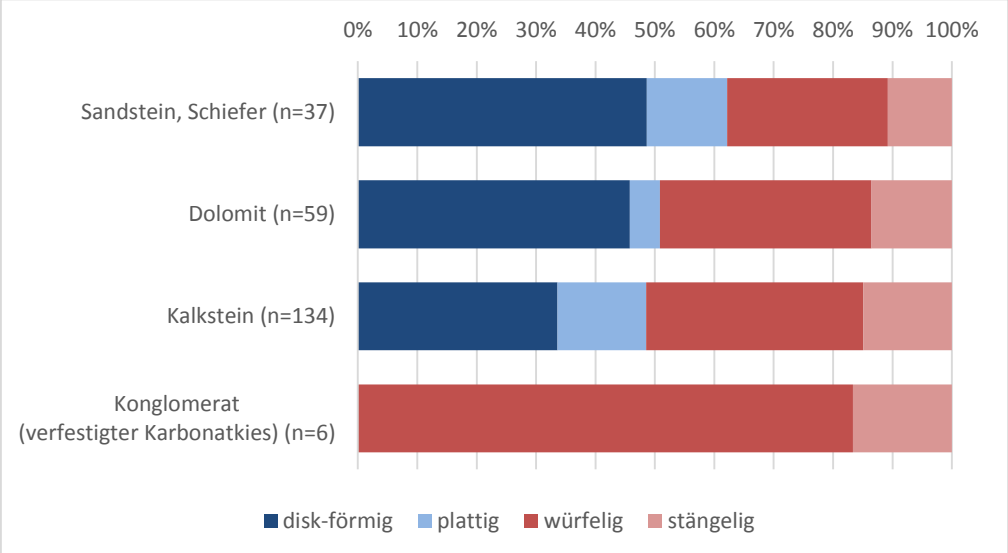


Abb. I.43: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 114

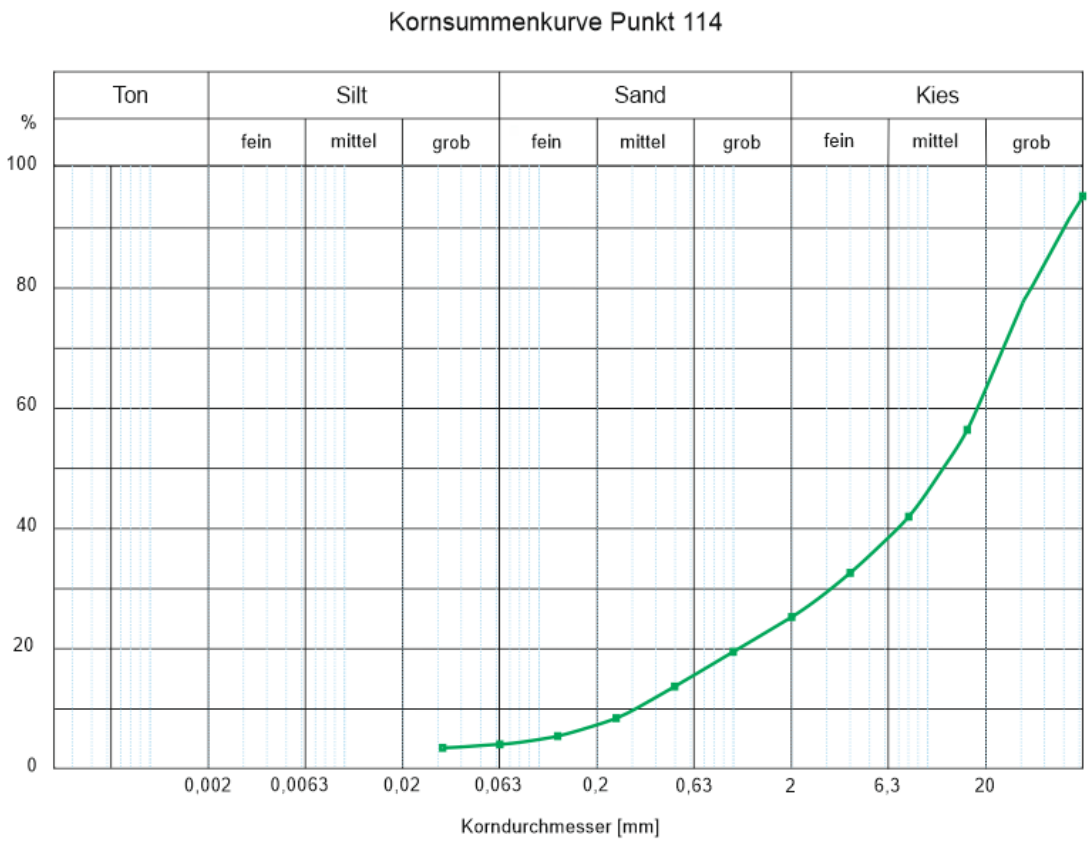


Abb. I.44: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 114

Abb. I.45: Probenpunkt 114

Einzugsgebiet 119:
Froditzbach, Bruggen in Defereggen, T, Schwemmkegel

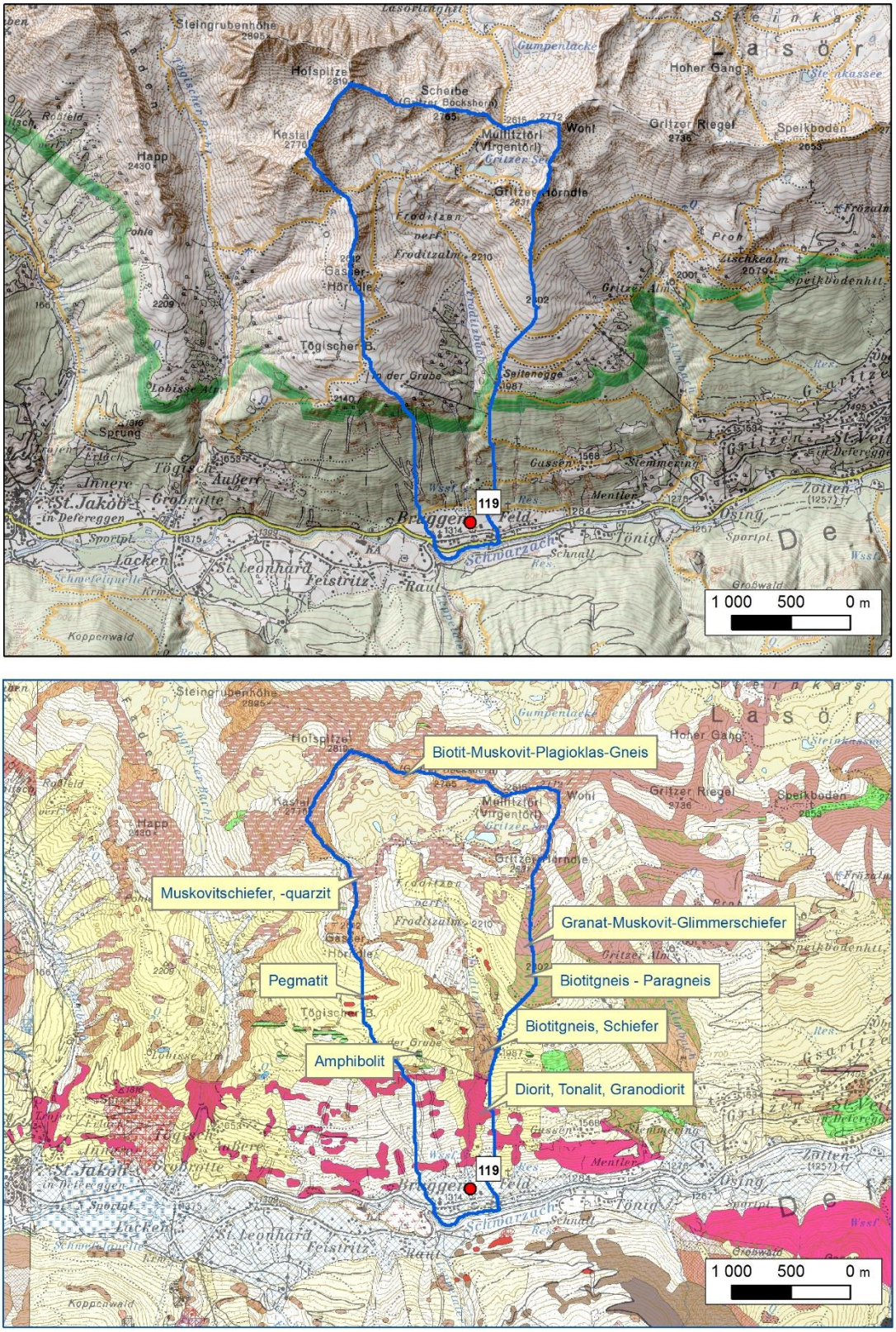


Abb. I.46: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 119
Kartengrundlage: Geofast, ÖK_Blatt 178

Tab. I.10: Parameter Einzugsgebiet 119

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
119	4,56	2,71	28	Muskovitschiefer-Serie	11	2,8	31
				Tonalit, Granodiorit	4	0,9	41
				Biotitgneis, Paragneis	8	1,9	33
				Amphibolit	< 1	1,5	37
				Pegmatit	< 1	2,3	29

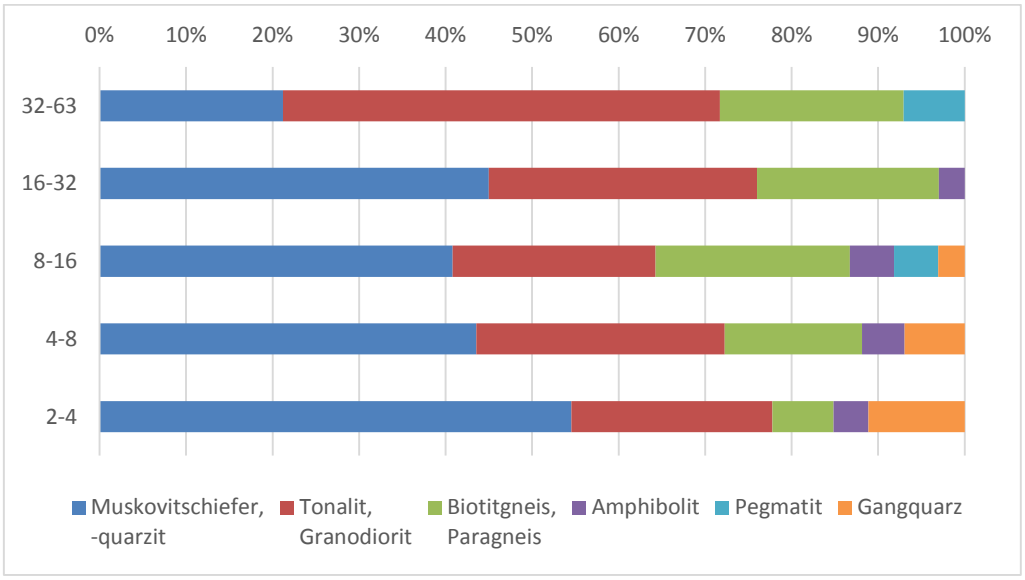


Abb. I.47: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 119

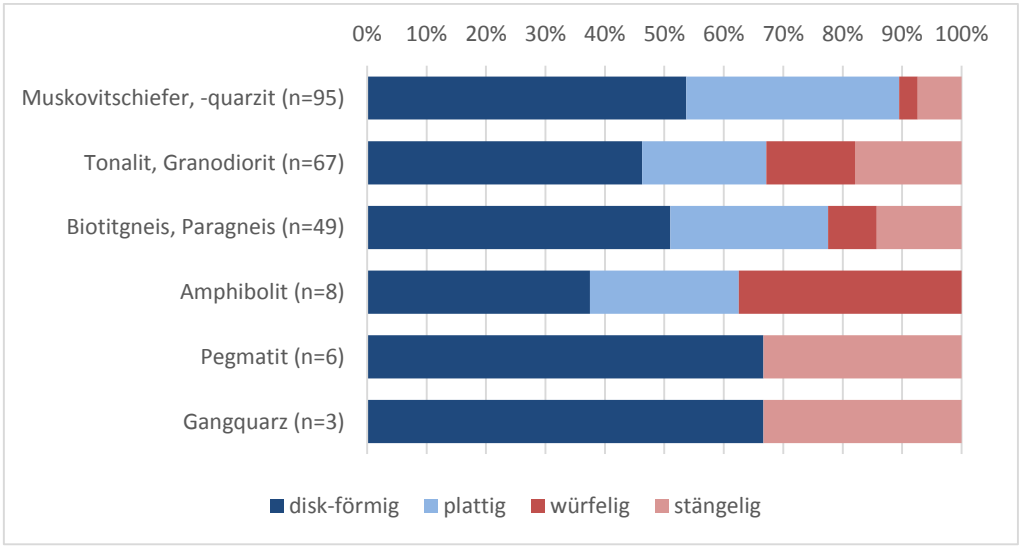


Abb. I.48: Kornform der verschiedenen Lithologien im (für Kornfraktionen > 8mm) Einzugsgebiet 119

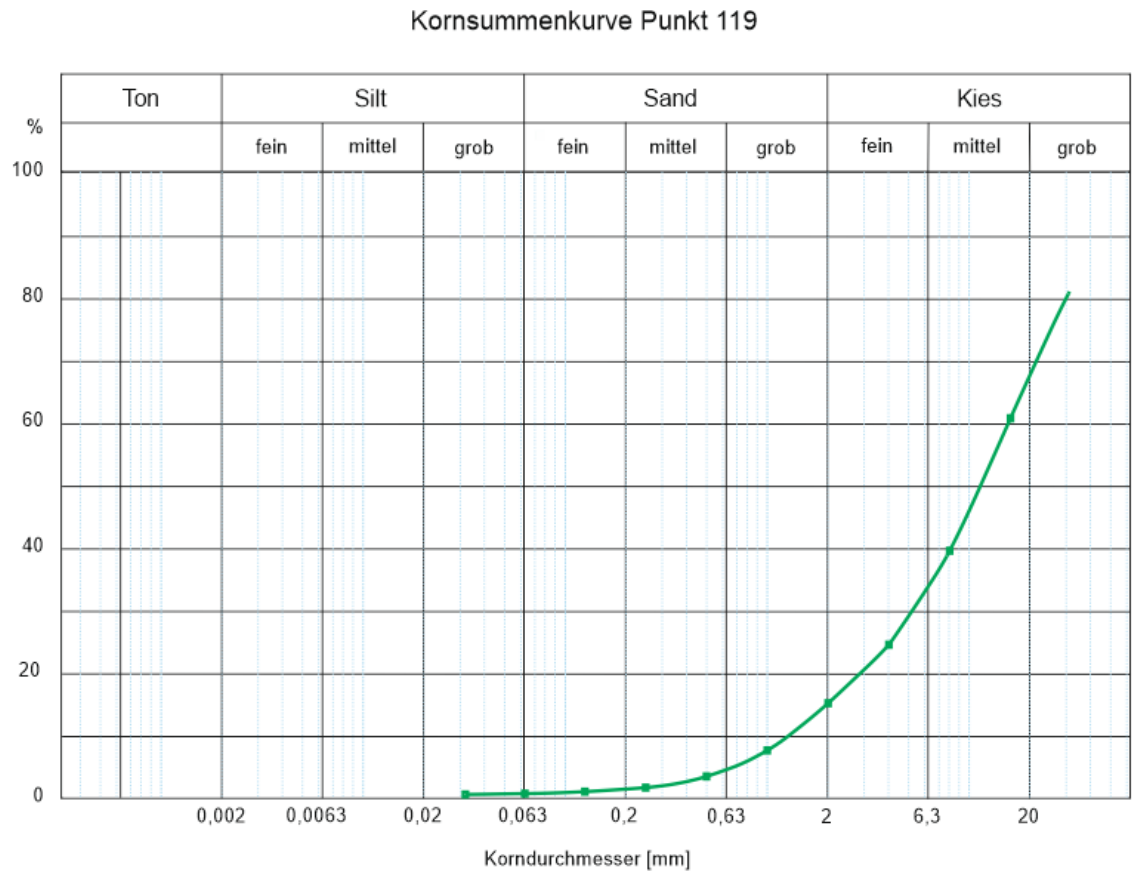


Abb. I.49: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 119

Abb. I.50: Probenpunkt 119

Einzugsgebiet 120:

Südlicher Zubringer zur Bregenzerarch, Argenau, Vbg, Schwemmkegel

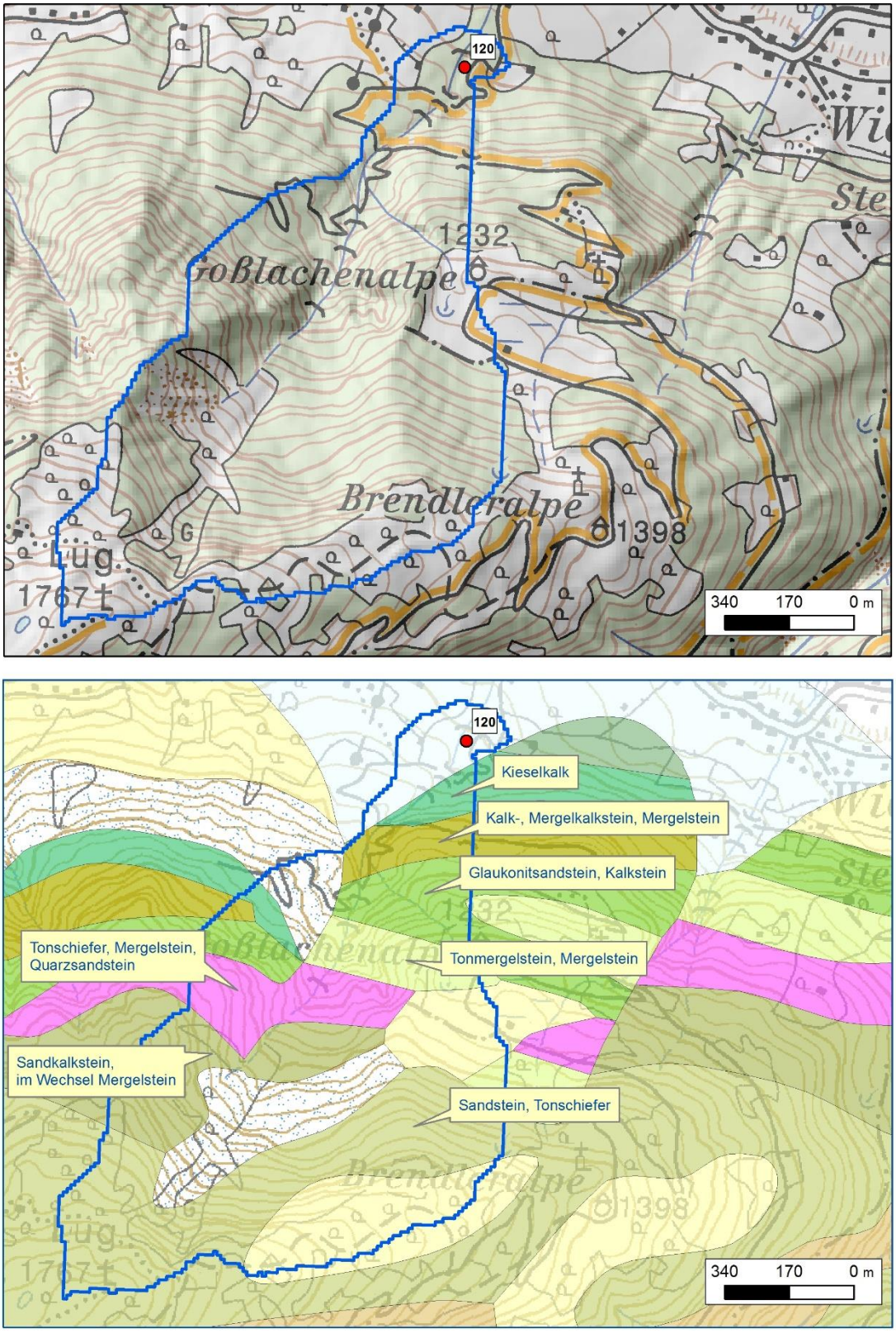


Abb. I.51: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 120

Kartengrundlage: Vrbg_100, ÖK_Blatt 112

Tab. I.11: Parameter Einzugsgebiet 120

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
120	1,10	1,16	32	Sandstein, Tonschiefer	26	1,5	35
				Glaukonitsandstein, Kalkstein	8	0,4	39
				Kalk-, Mergelkalkstein, Mergel	4	0,5	32
				Sandkalkstein, Mergel	11	1,4	35
				Tonmergel, Mergel, (Kalkstein)	6	0,9	32
				Kieselkalk	3	0,5	28
				Tonschiefer, Mergel, Sandstein	8	1,1	40

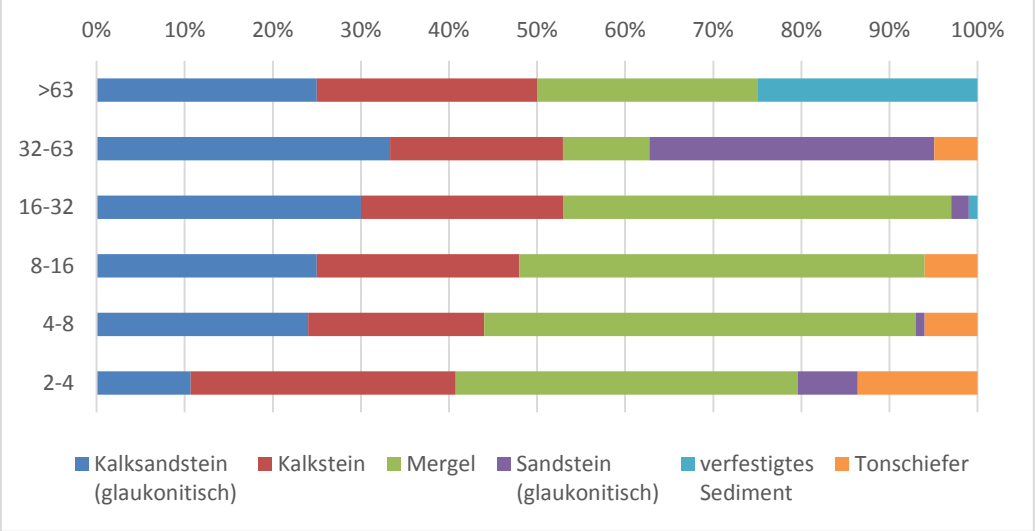


Abb. I.52: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 120

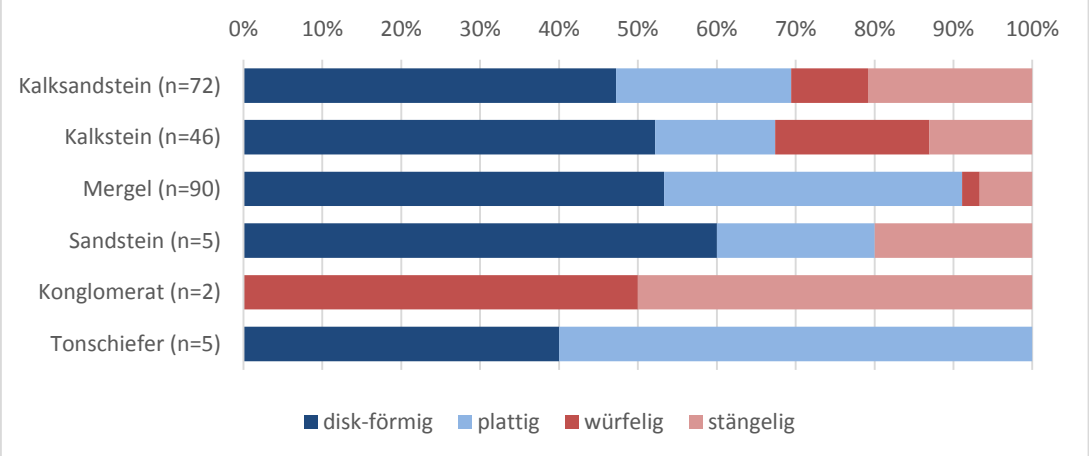


Abb. I.53: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 120

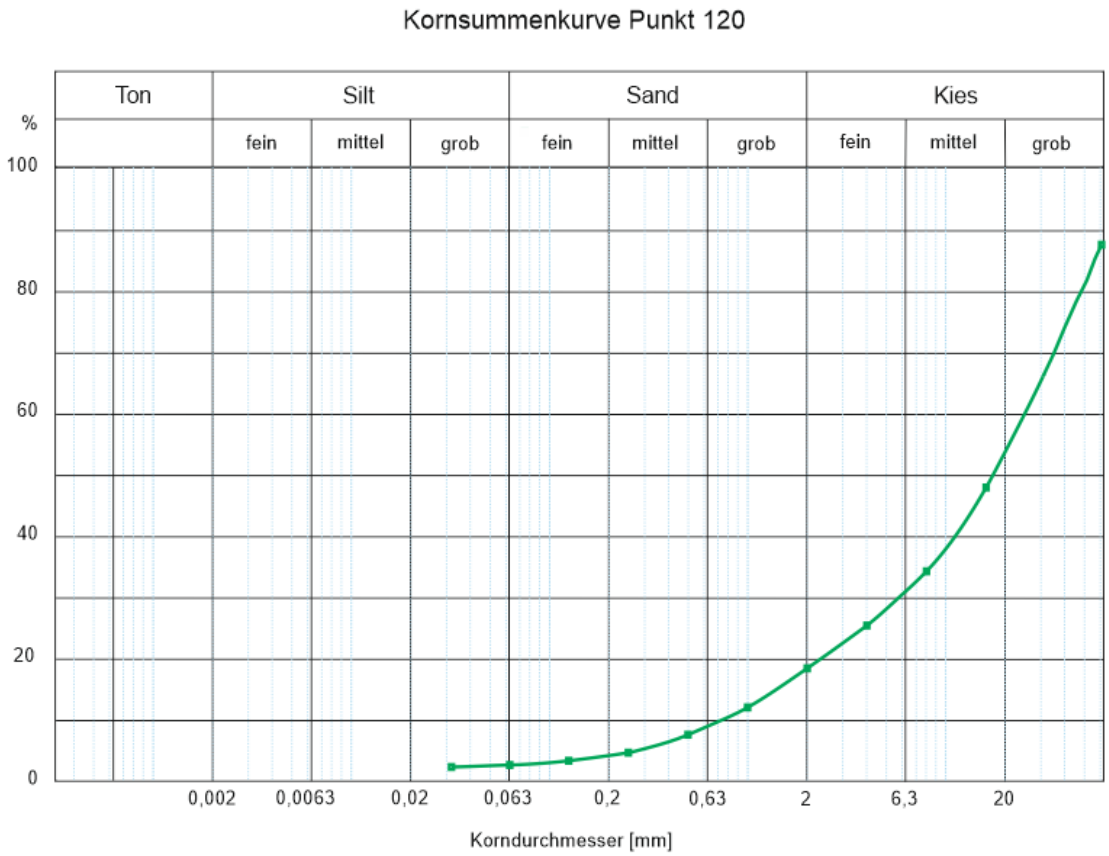


Abb. I.54: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 120

Abb. I.55: Probenpunkt 120

Einzugsgebiet 122:

Linker Zubringer zur Möll, Stallhofen bei Obervellach, K, Schwemmkegel

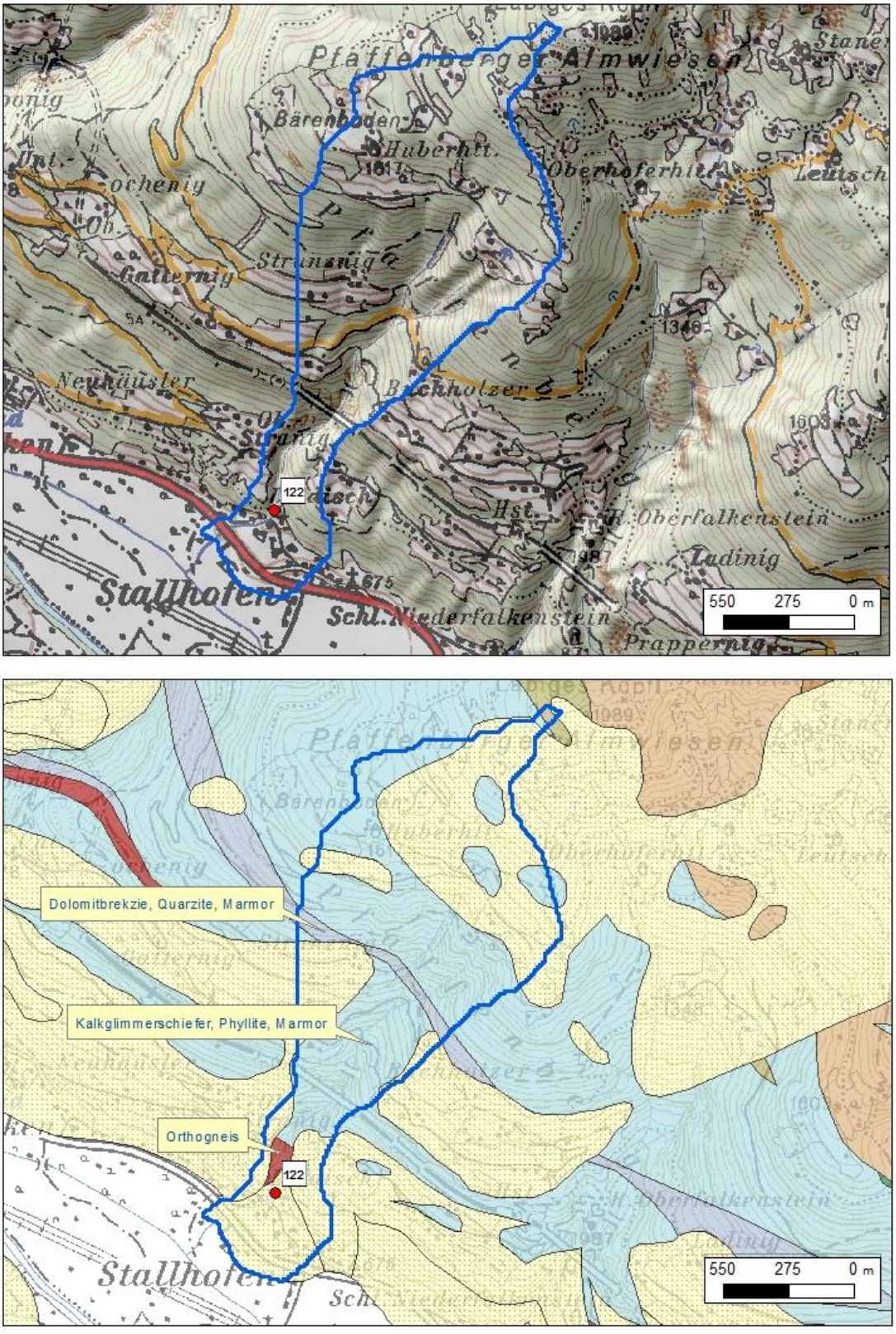


Abb. I.56: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 122

Kartengrundlage: Ktn_Geol, ÖK_Blatt 181

Tab. I.12: Parameter Einzugsgebiet 122

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
122	1,50	1,57	30	Kalkglimmerschiefer Phyllite, Marmor	47	1,6	34
				Dolomitbrekzie, Quarzit, Marmor	3	1,5	38
				Orthogneis (Augengneis, Gneis)	1	0,5	36

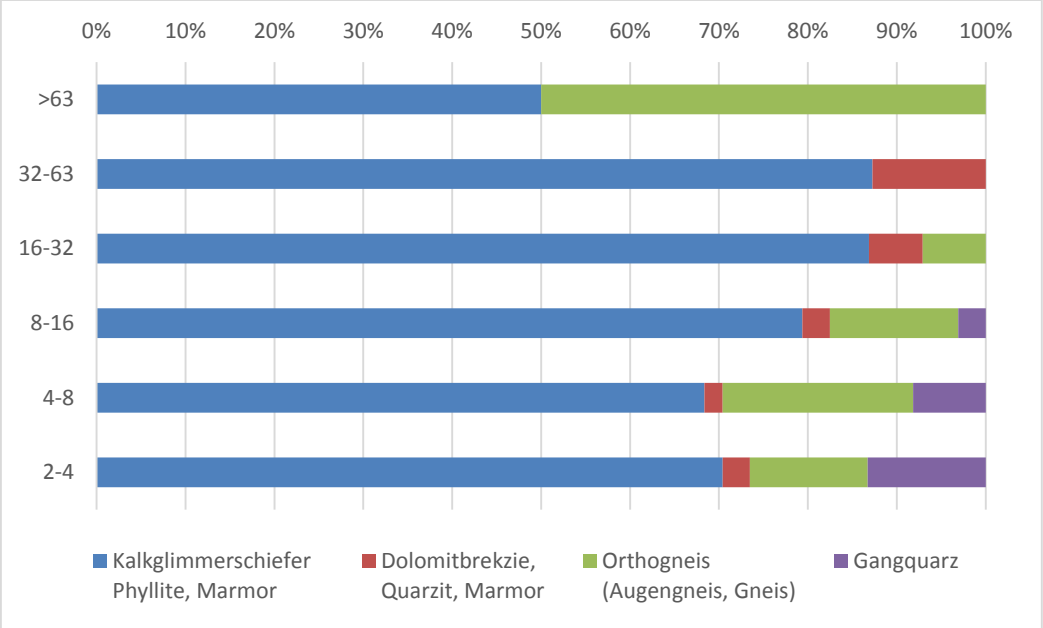


Abb. I.57: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 122

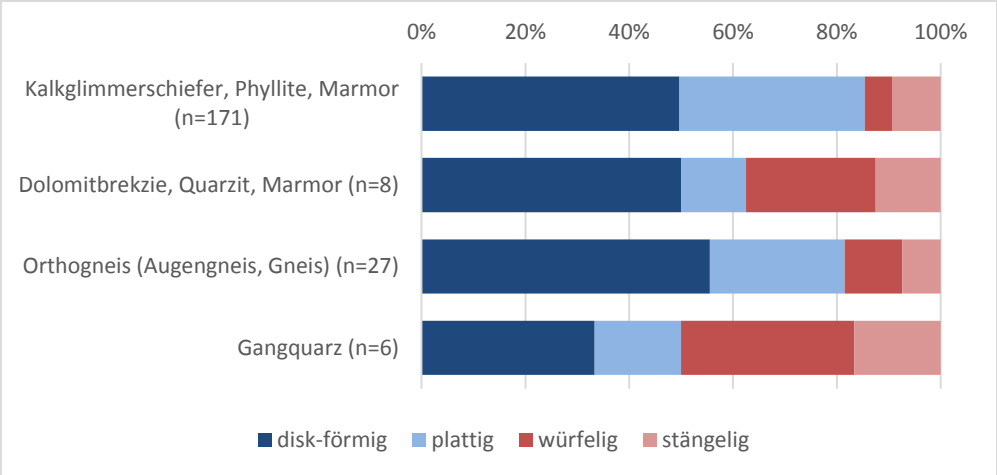


Abb. I.58: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 122

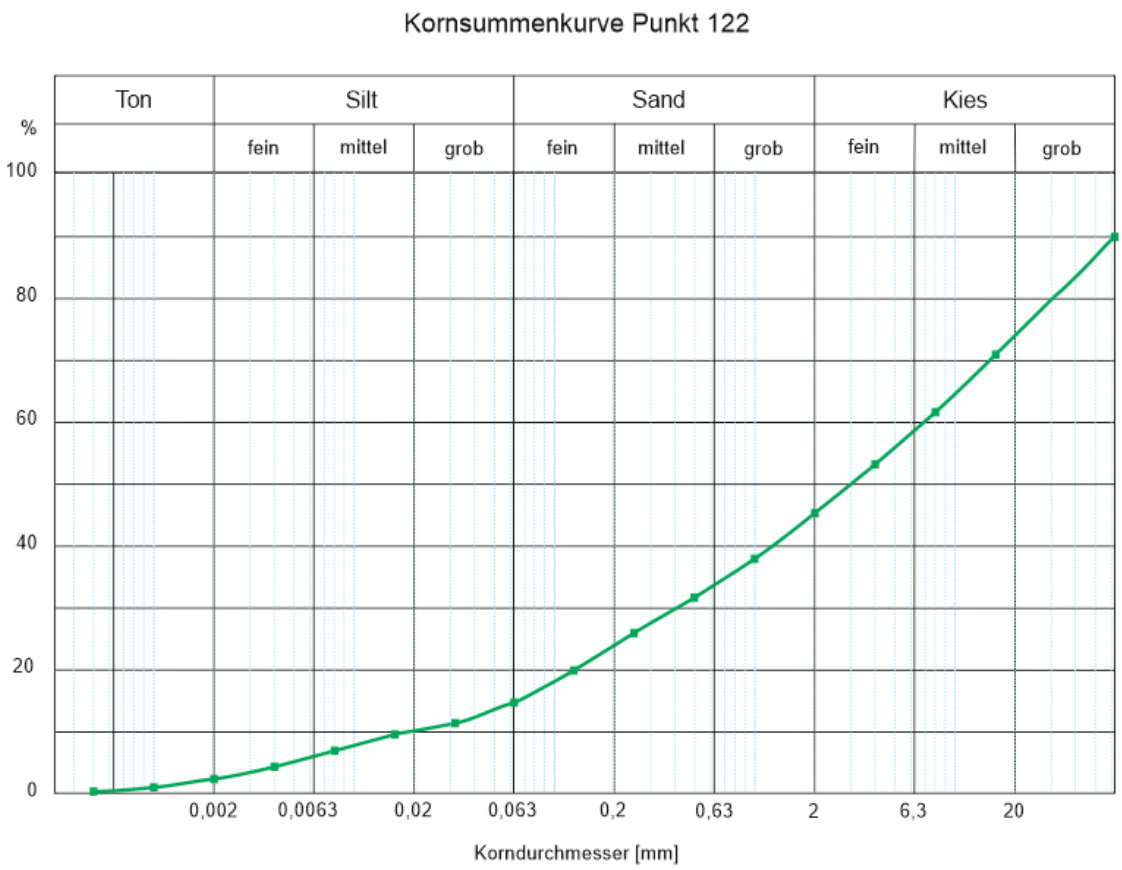


Abb. I.59: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 122

Abb. I.60: Probenpunkt 122

Einzugsgebiet 123:
Höflingbach, Höfling bei Kötschach-Mauthen, K, Schwemmkegel

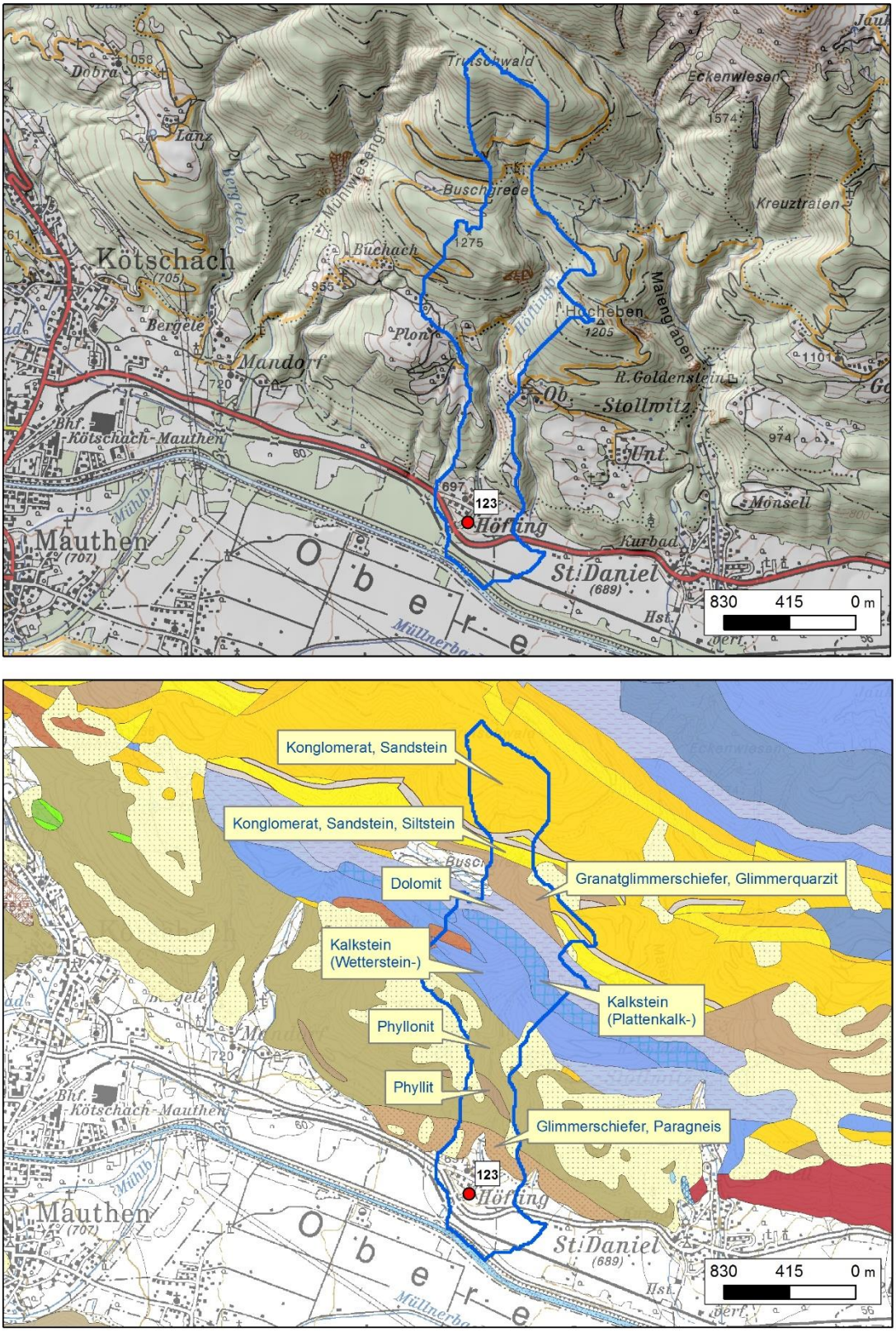


Abb. I.61: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 123
Kartengrundlage: Ktn_Geol, ÖK_Blatt 197

Tab. I.13: Parameter Einzugsgebiet 123

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
123	1,65	1,70	25	Phyllonit	12	1,2	30
				Konglomerat, Sandstein	20	2,9	29
				Kalkstein (Wetterstein-)	15	1,9	30
				Dolomit (Wetterstein-)	8	2,2	28
				Granatglimmerschiefer Paragneis	4	0,4	29
				Granatglimmerschiefer Glimmerquarzit	7	2,4	28

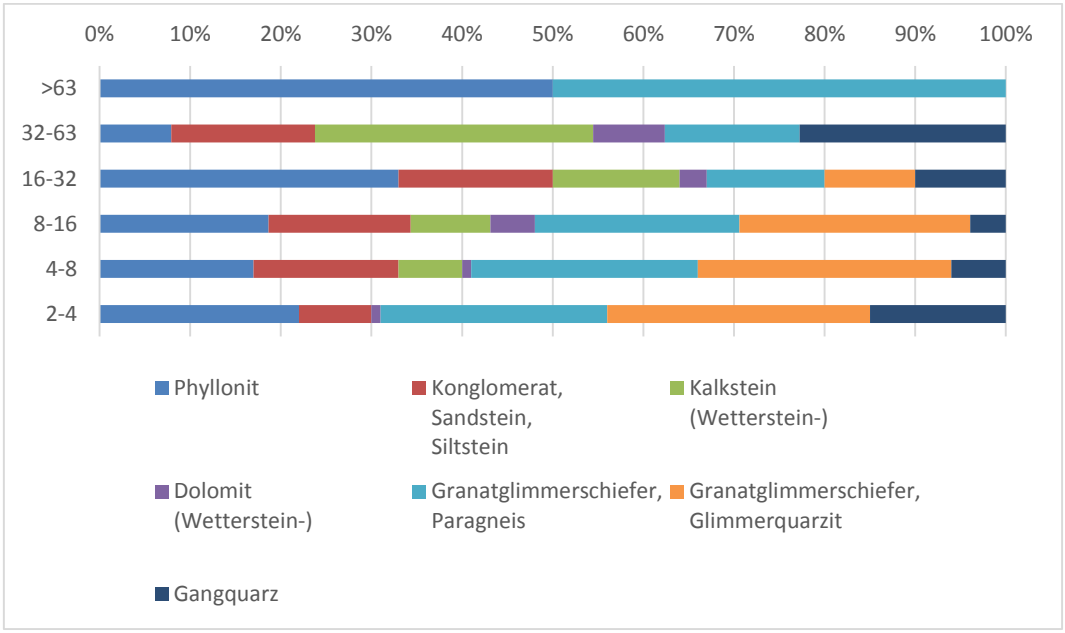


Abb. I.62: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 123

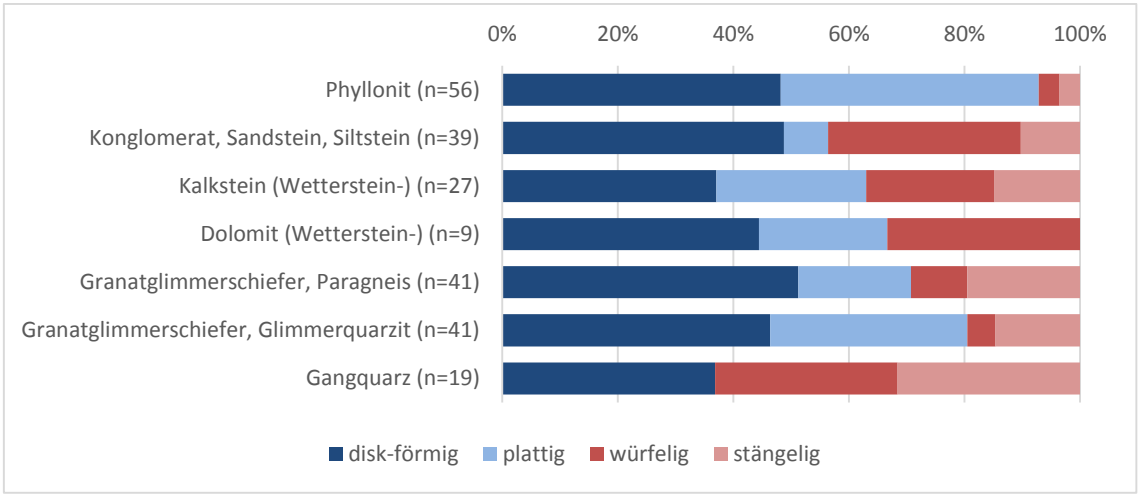


Abb. I.63: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 123

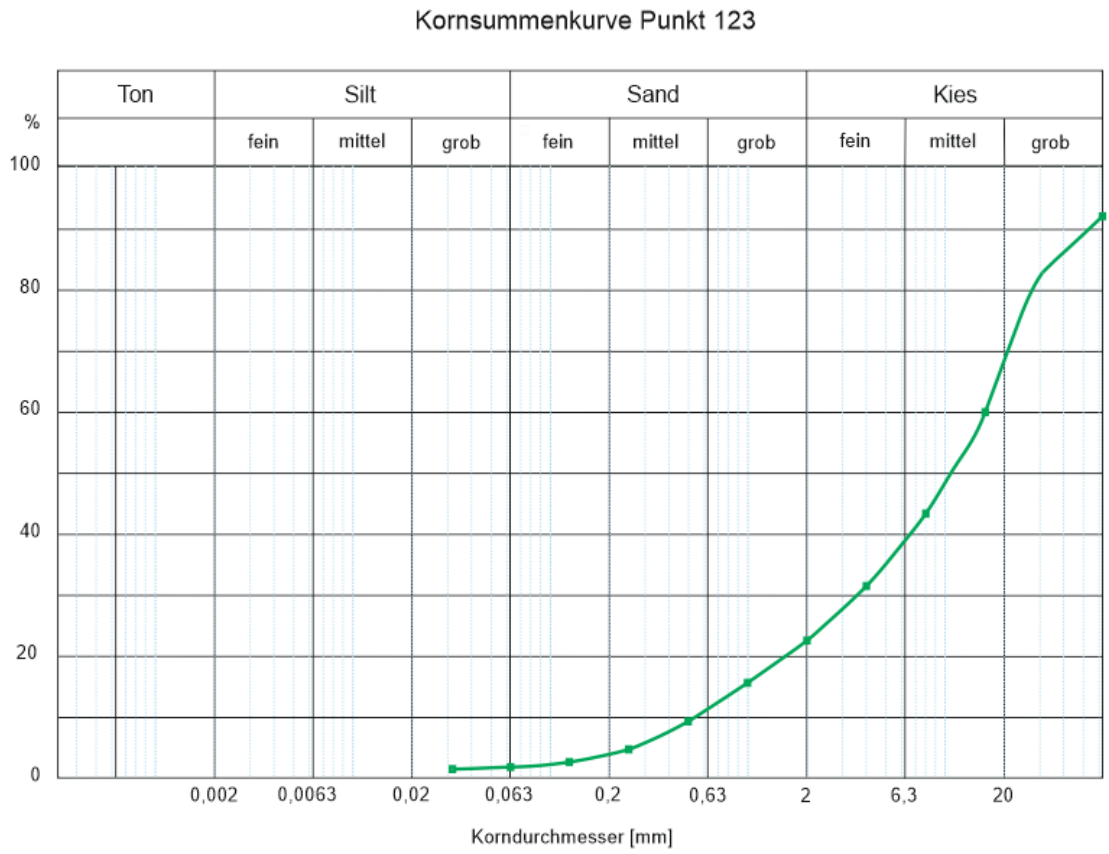


Abb. I.64: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 123

Abb. I.65: Probenpunkt 123

Einzugsgebiet 125:

Feistritz, Gödersdorf bei Finkenstein, K, Schwemmkegel

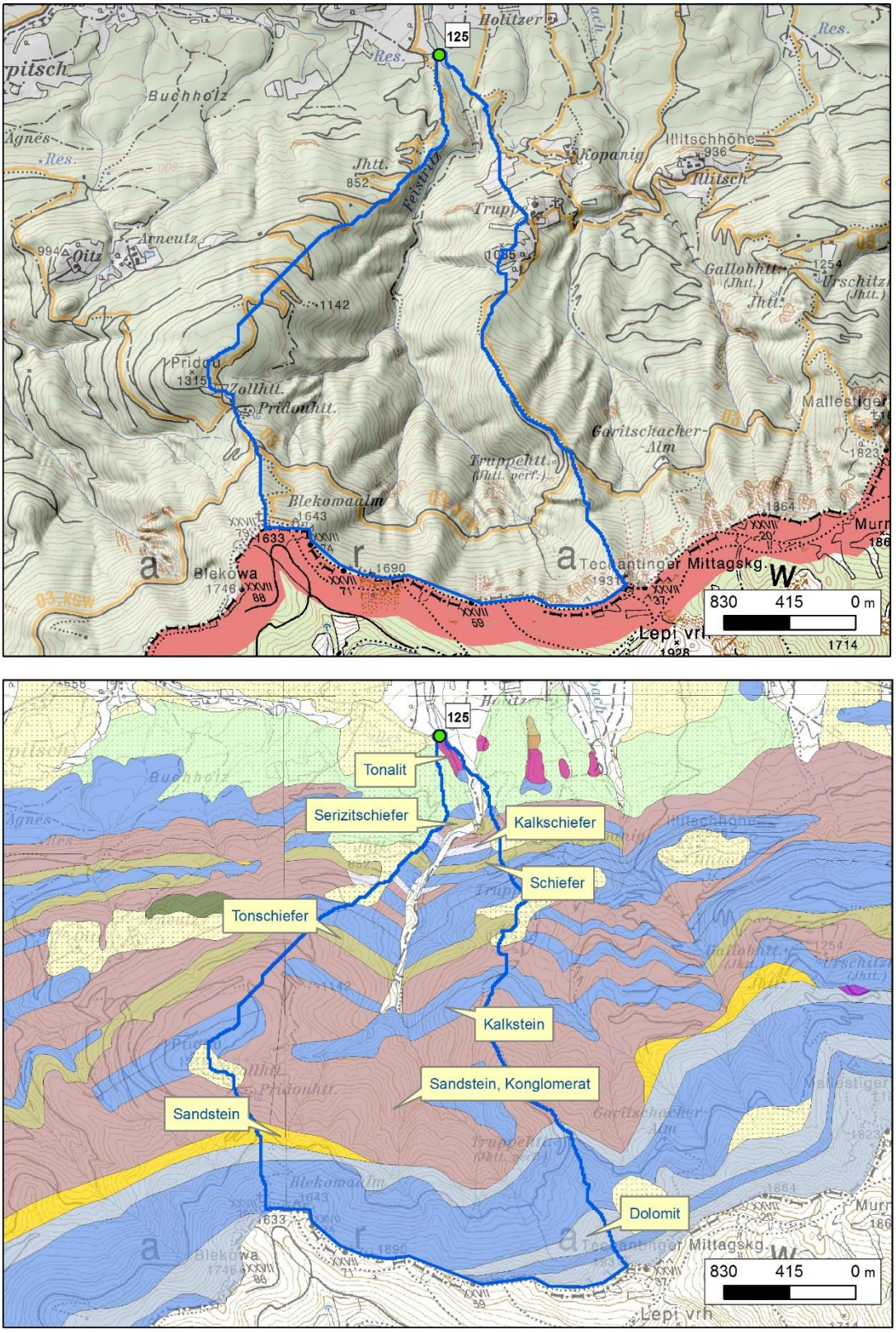


Abb. I.66: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 125

Kartengrundlage: Ktn_Geol, ÖK_Blatt 200/201

Tab. I.14: Parameter Einzugsgebiet 125

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
125	4,50	2,89	32	Sandstein, Konglomerat	40	3,2	31
				Kalkstein	40	2,7	30
				Dolomit	8	4	39
				Tonschiefer	4	1,5	30
				Kalkschiefer	1	1,2	35
				Schiefer, Serizitschiefer	< 1	0,8	19

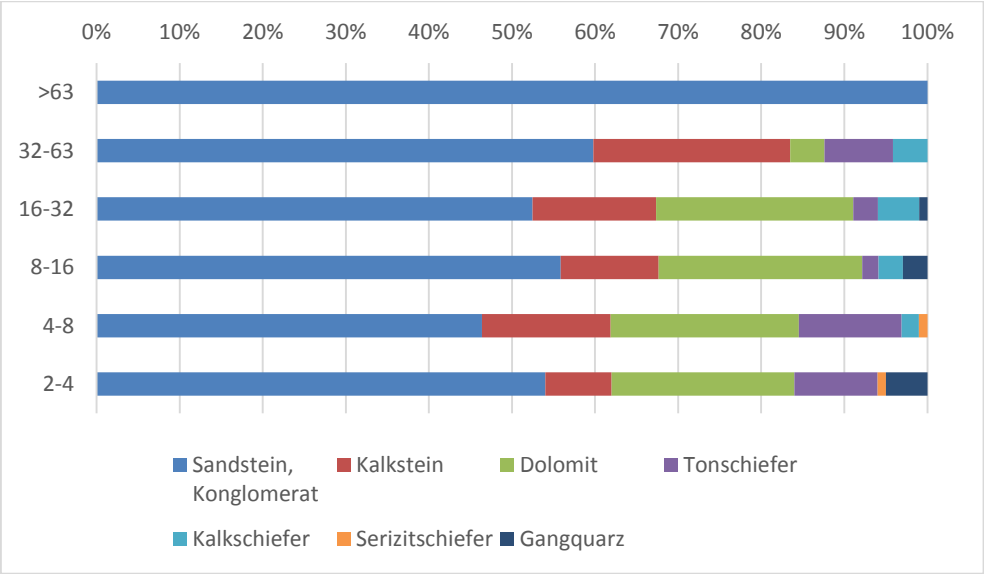


Abb. I.67: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 125

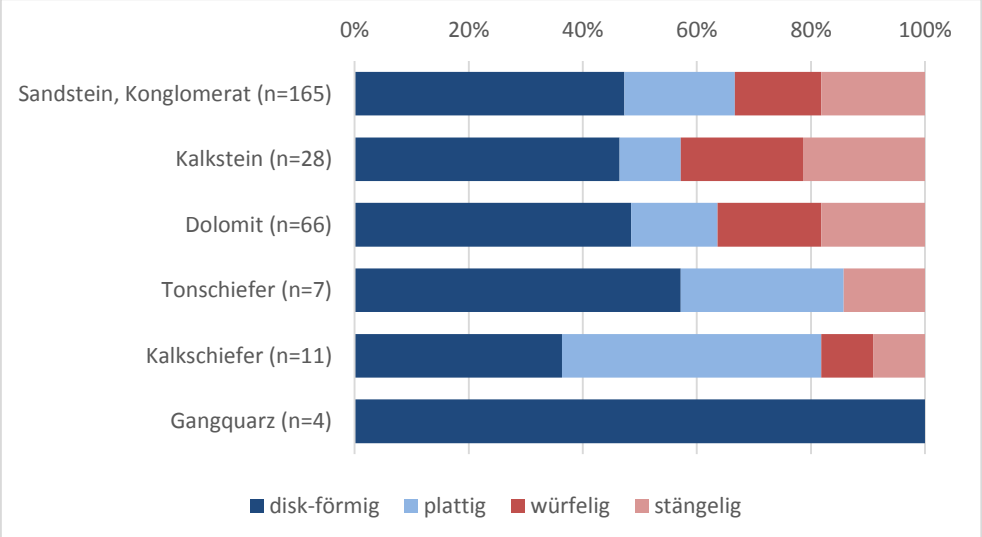


Abb. I.68: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 125

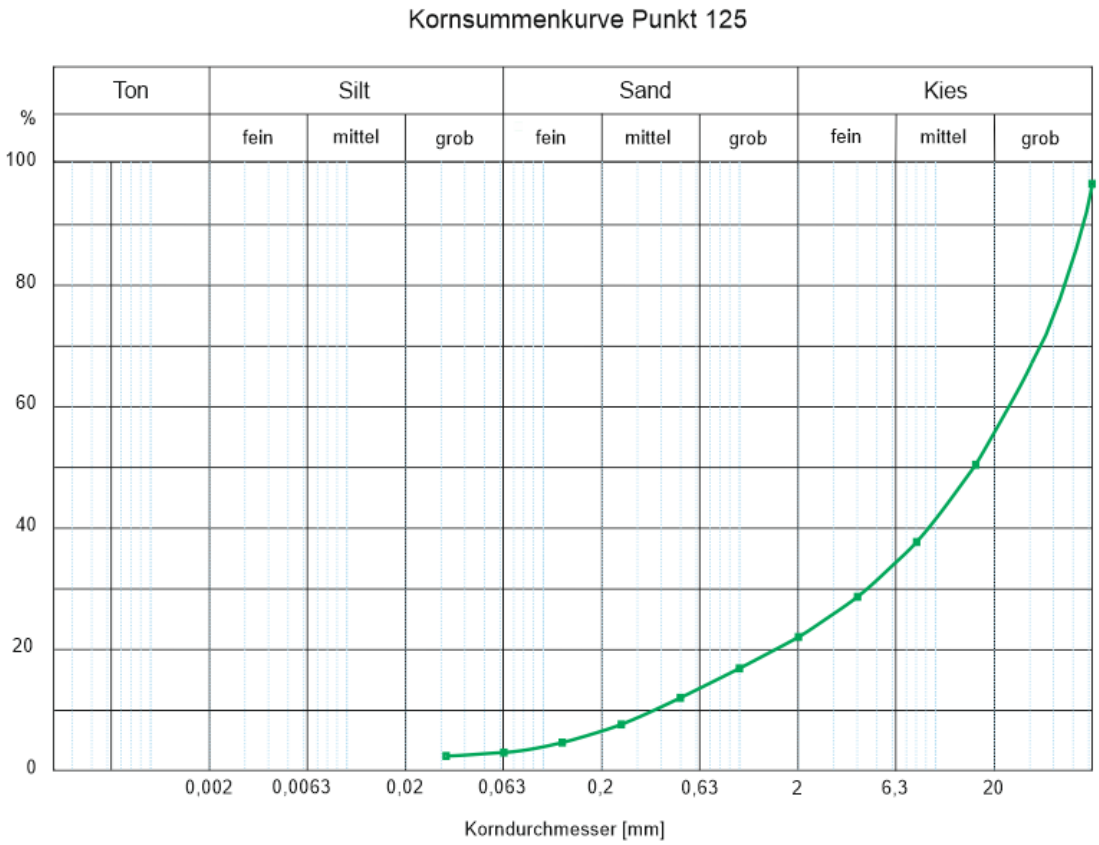


Abb. I.69: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 125

Abb. I.70: Probenpunkt 125

Einzugsgebiet 136:

Schrannenbach, nördlicher Zubringer zur Bregenzerach, Schoppernau, Vbg, Schwemmkegel

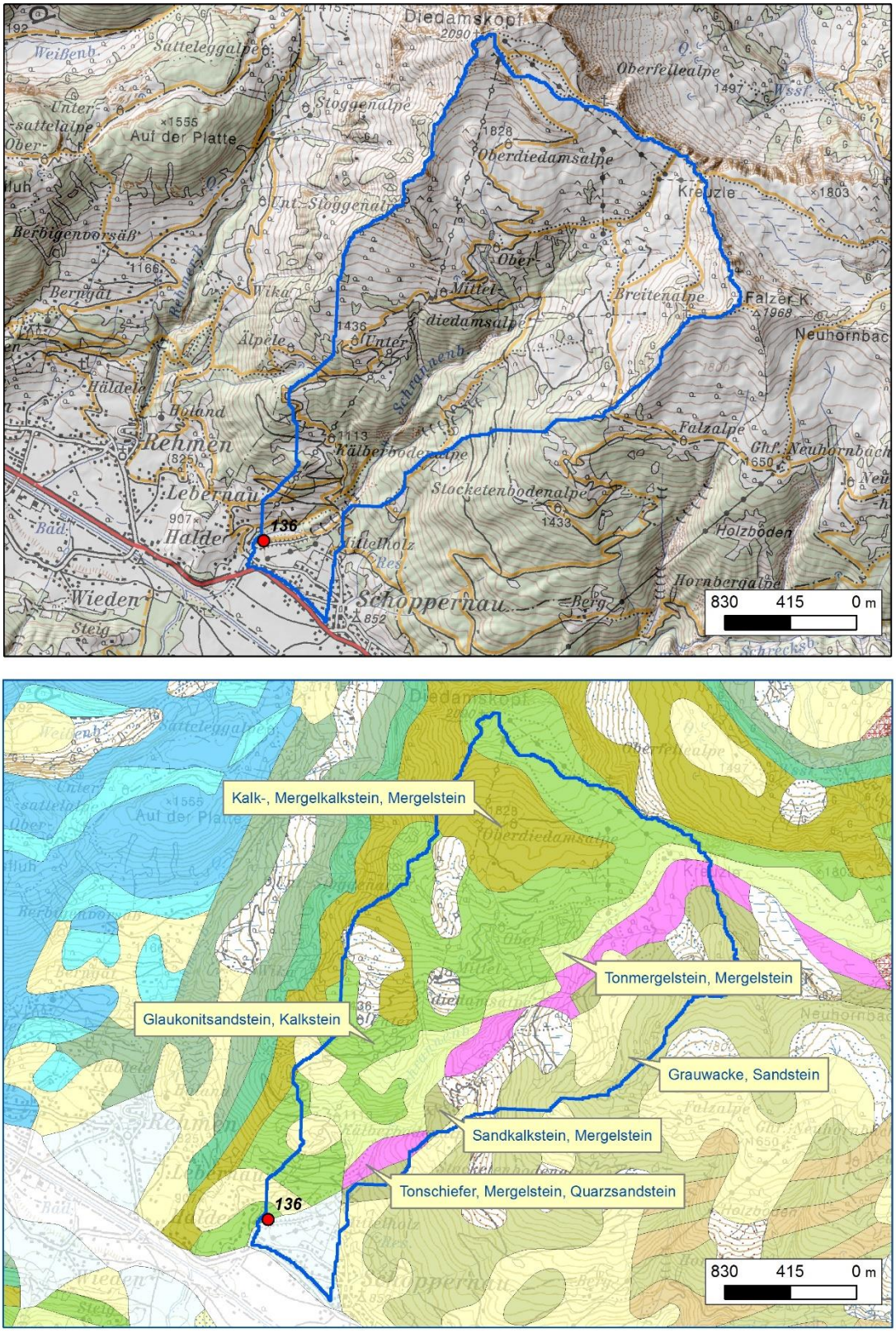


Abb. I.71: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 136
Kartengrundlage: Vrbg_100, ÖK_Blatt 112

Tab. I.15: Parameter Einzugsgebiet 136

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
136	4,94	2,73	25	Glaukonitsandstein, Kalkstein	32	2,8	27
				Kalk- Mergelkalk, Mergel	14	3,5	21
				Tonmergel, Mergel, (Kalkstein)	11	2,2	29
				Sandstein, Tonschiefer	9	3,2	32
				Tonschiefer, Mergel, Sandstein, Kalkstein	9	2,8	25
				Sandkalkstein, Mergel	4	2,9	24

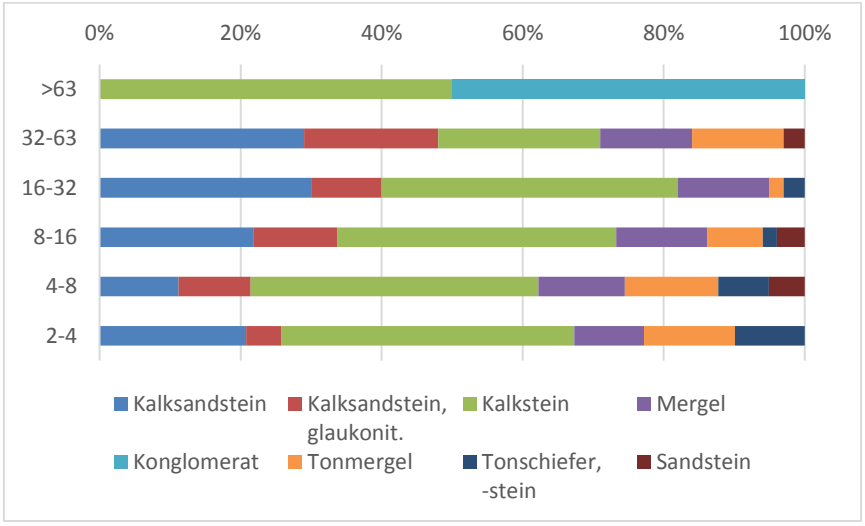


Abb. I.72: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 136

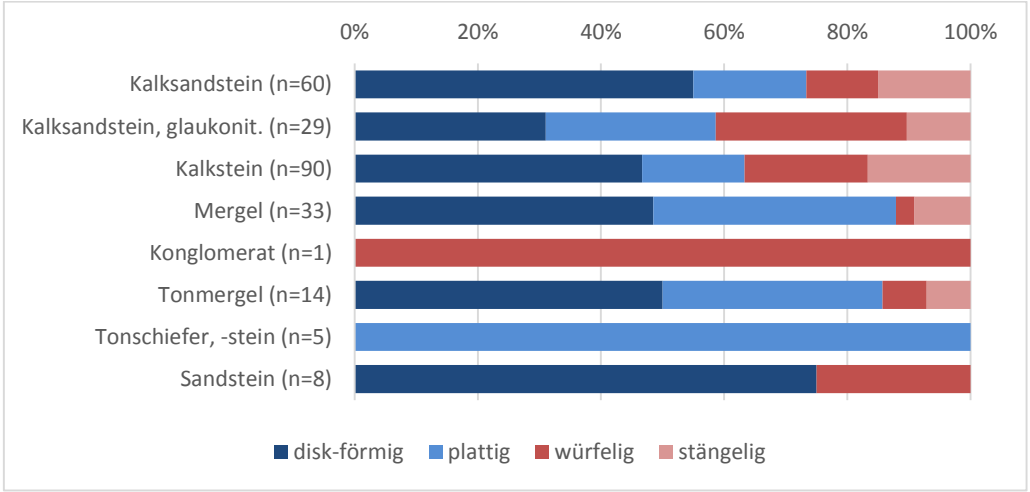


Abb. I.73: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 136

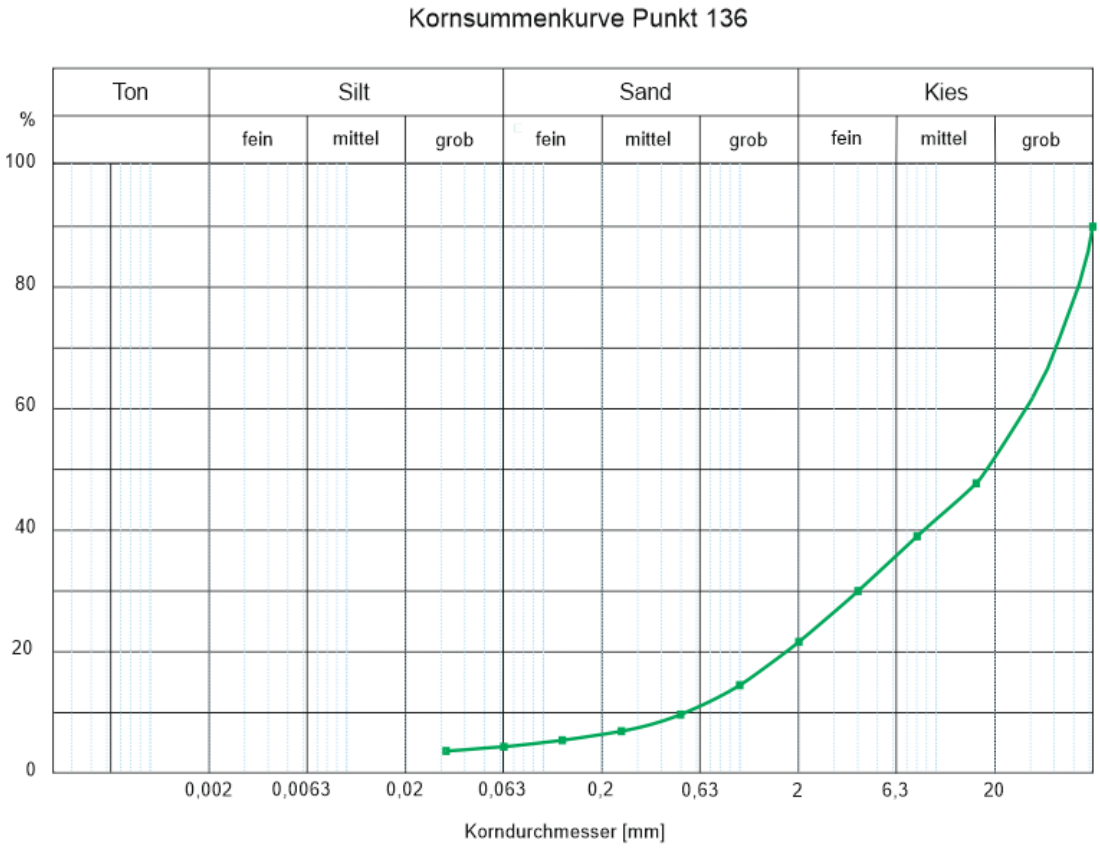


Abb. I.74: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 136

Abb. I.75: Probenpunkt 136

Einzugsgebiet 137:

Kötschachbach, Bad Gastein, S, Talfüllung

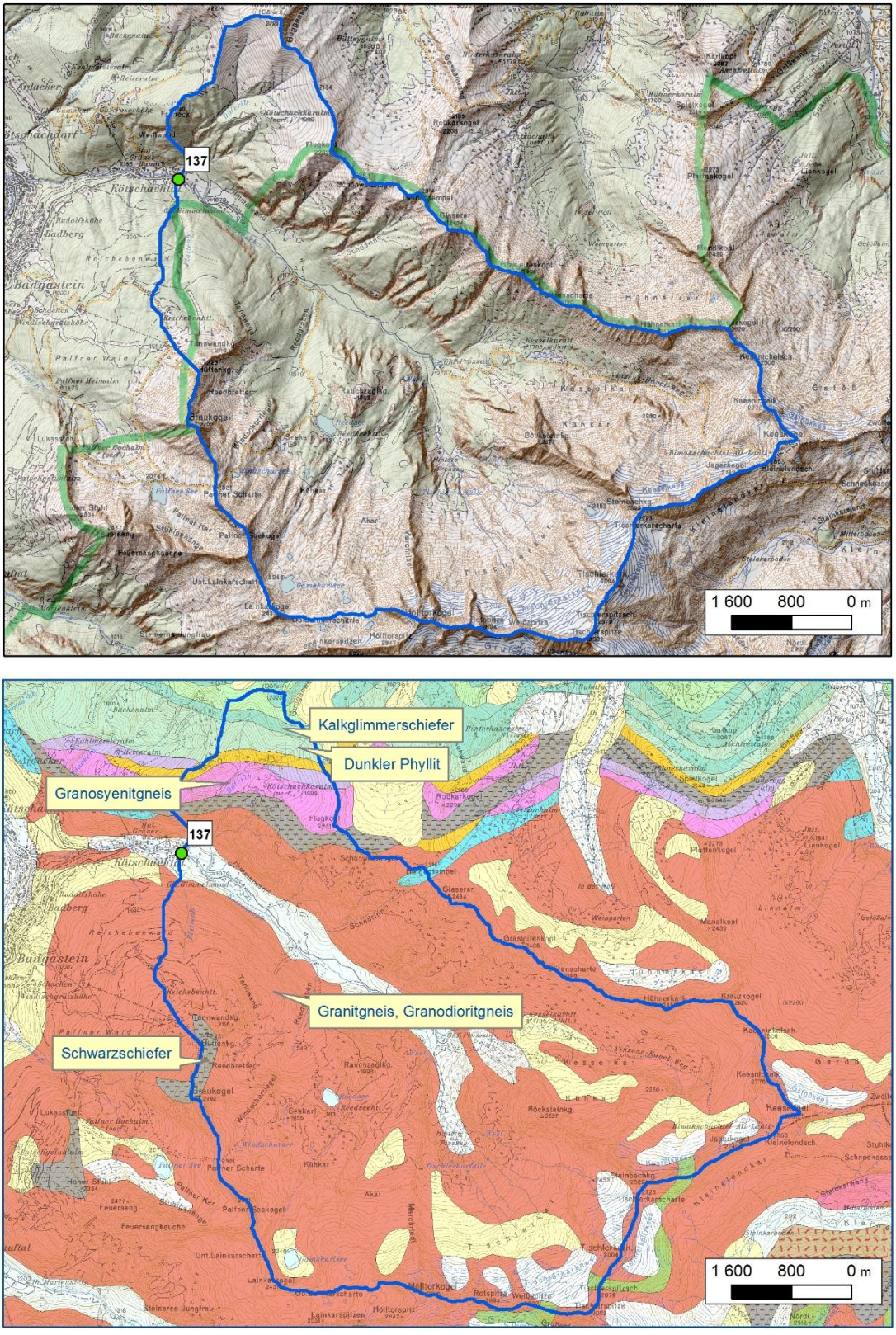


Abb. I.76: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 137

Kartengrundlage: GK 200 Szbg, ÖK_Blatt 155

Tab. I.16: Parameter Einzugsgebiet 137

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
137	37,37	5,82	33	Zentralgneis	76	3,3	32,5
				Phyllit, Glimmerschiefer	2	2,5	32,5

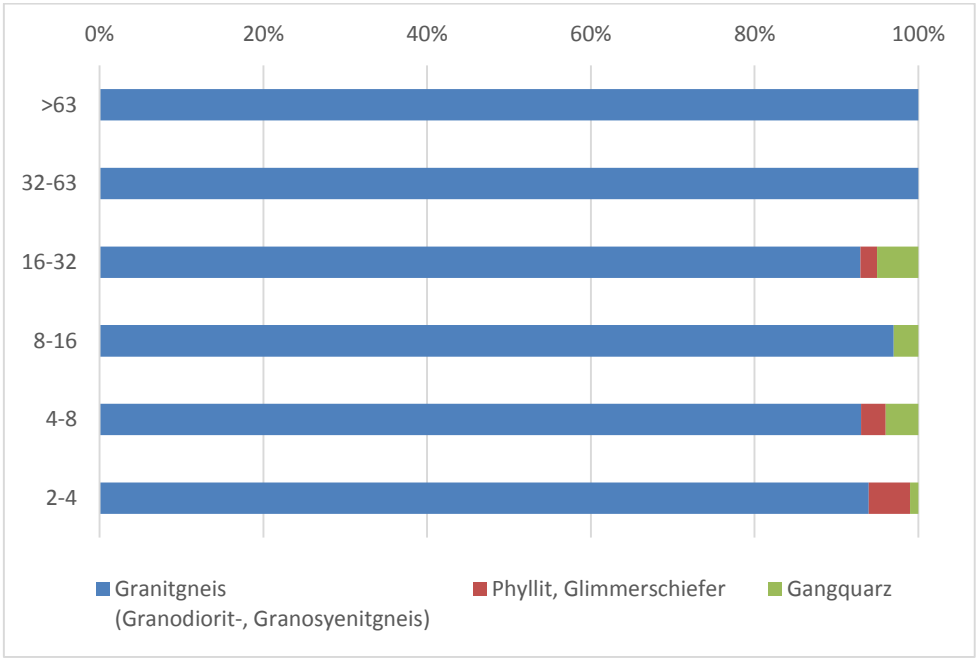


Abb. I.77: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 137

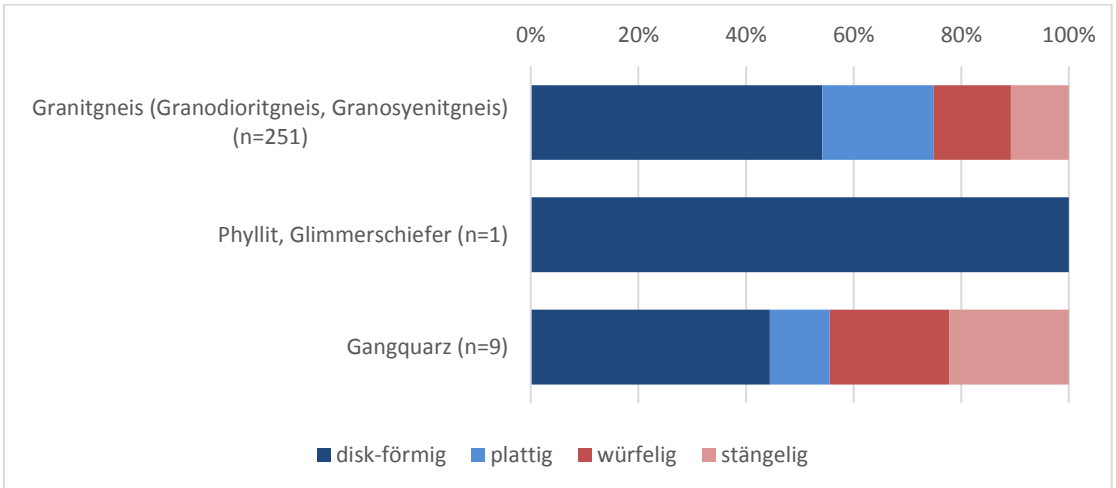


Abb. I.78: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 137

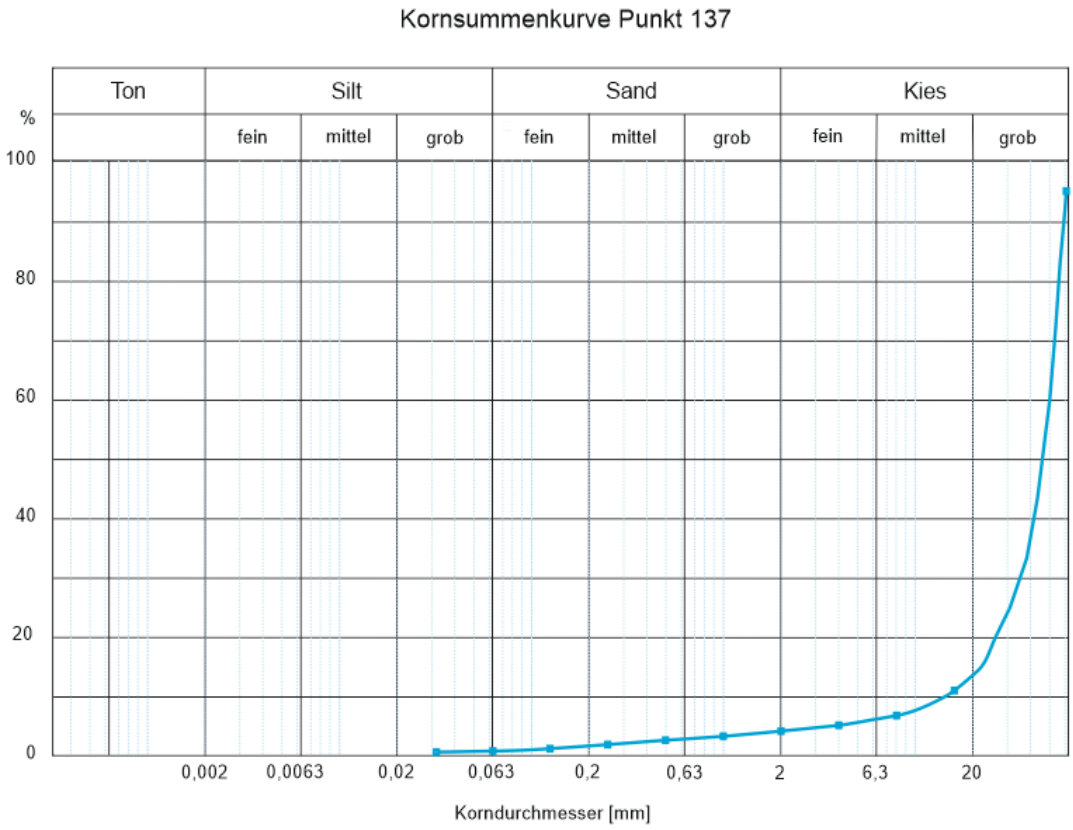


Abb. I.79: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 137

Abb. I.80: Probenpunkt 137

Einzugsgebiet 144:

Fritzbach, Eben im Pongau, S, Talfüllung

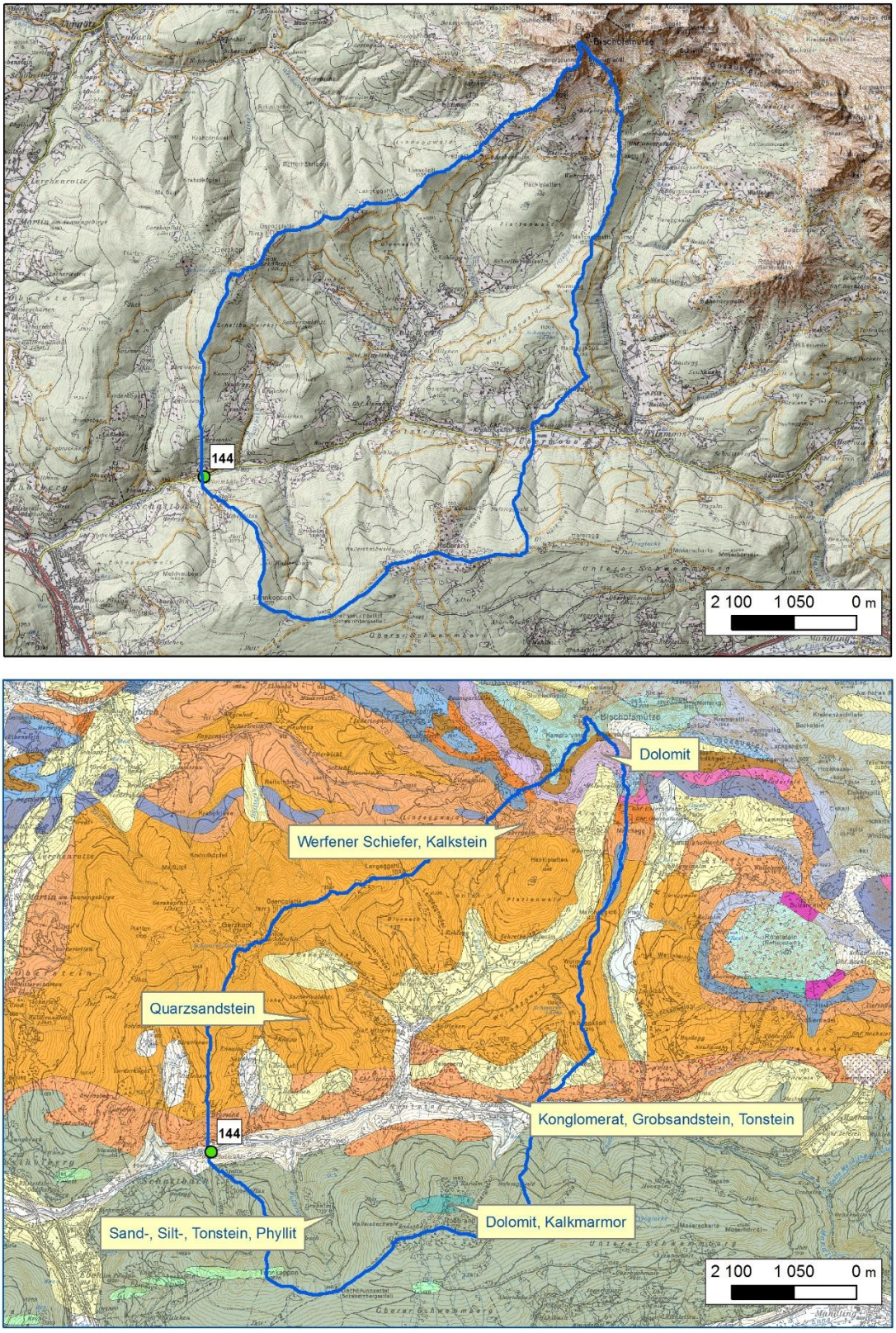


Abb. I.81: Morphologie und Geologie des Einzugsgebiets 144

Kartengrundlage: GK 200 Szbg, ÖK_Blatt 126

Tab. I.17: Parameter Einzugsgebiet 144

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
144	39,51	6,10	23	Quarzsandstein, Quarzit	40	6,9	23
				Sand-, Silt-, Tonstein, Phyllit	21	4,6	26
				Konglomerat, Grobsandstein, Tonstein	8	3,9	26
				Schiefer, Kalkstein (Werfener)	3	10,2	26
				Dolomit	2	9,7	31

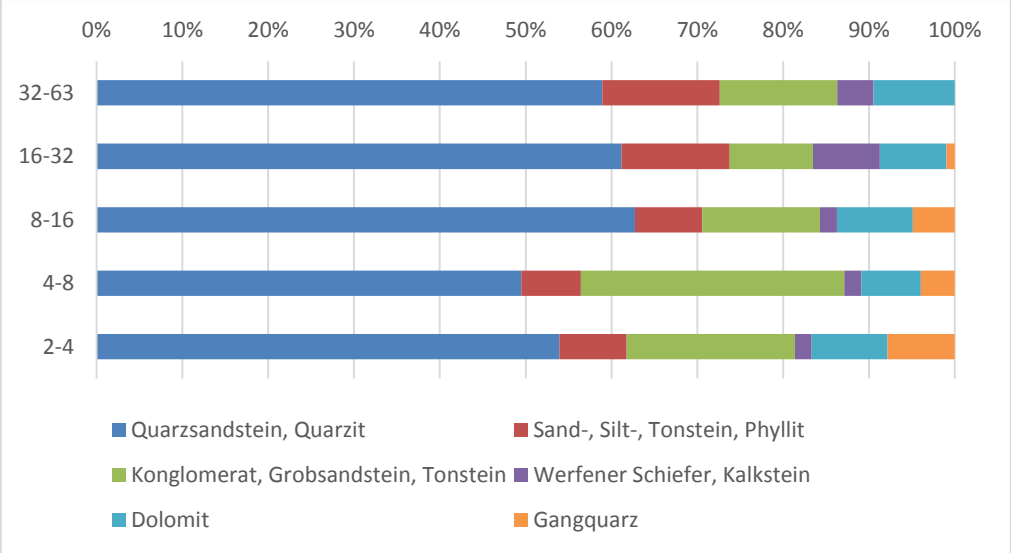


Abb. I.82: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 144

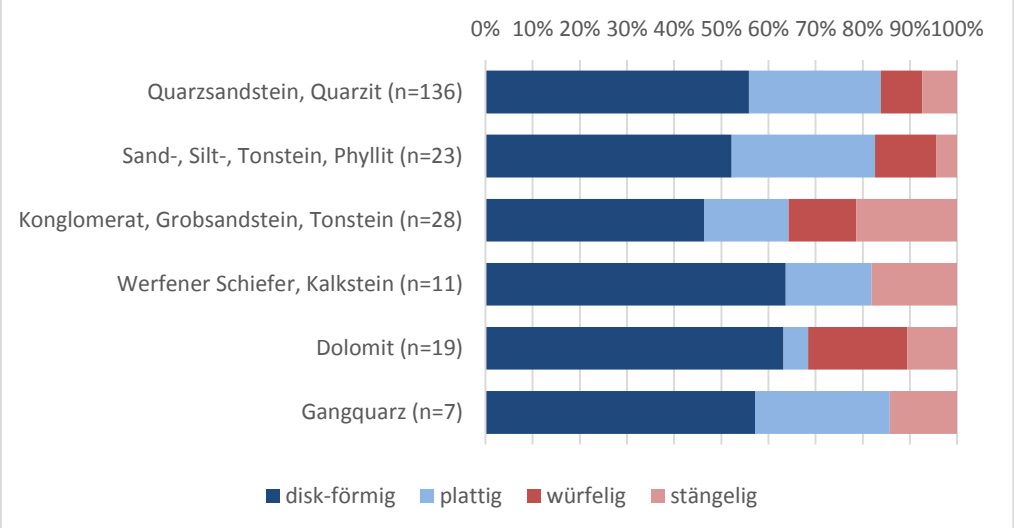


Abb. I.83: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 144

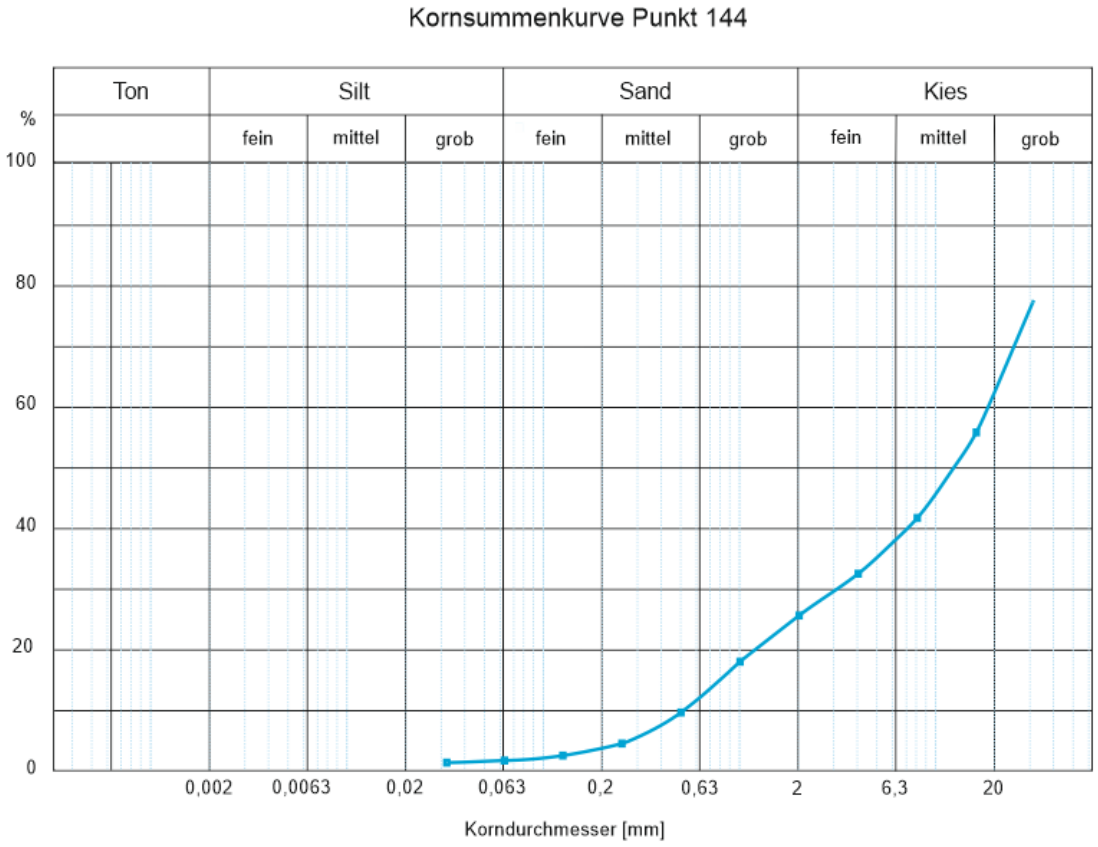


Abb. I.84: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 144

Abb. I.85: Probenpunkt 144

Einzugsgebiet 147a:

Kristeinbach, Kristeinertal, T, Talfüllung

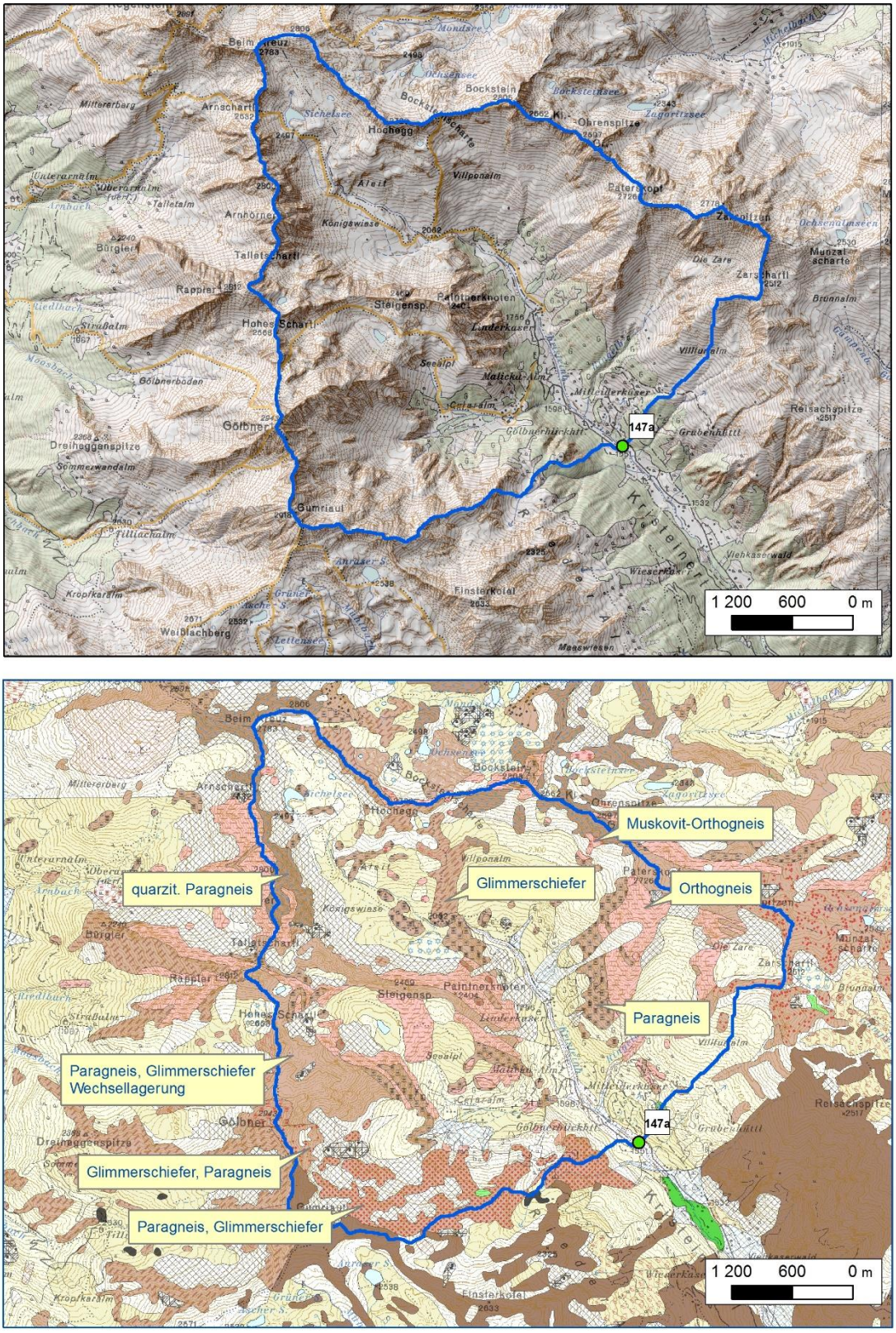


Abb. I.86: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 147a

Kartengrundlage: Geofast, ÖK_Blatt 178/179

Tab. I.18: Parameter Einzugsgebiet 147a

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
147a	15,75	3,20	33	Paragneis, Glimmerschiefer	25	3,8	39
				Orthogneis	11	3,0	42
				quarzit. Paragneis	3	4,3	40
				Muskovit-Orthogneis	1	4,3	37

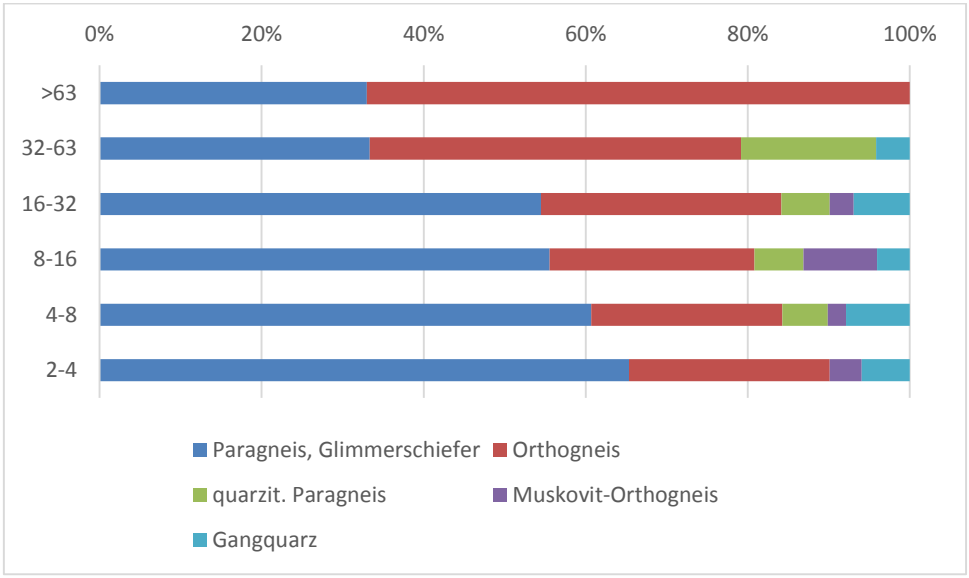


Abb. I.87: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 147a

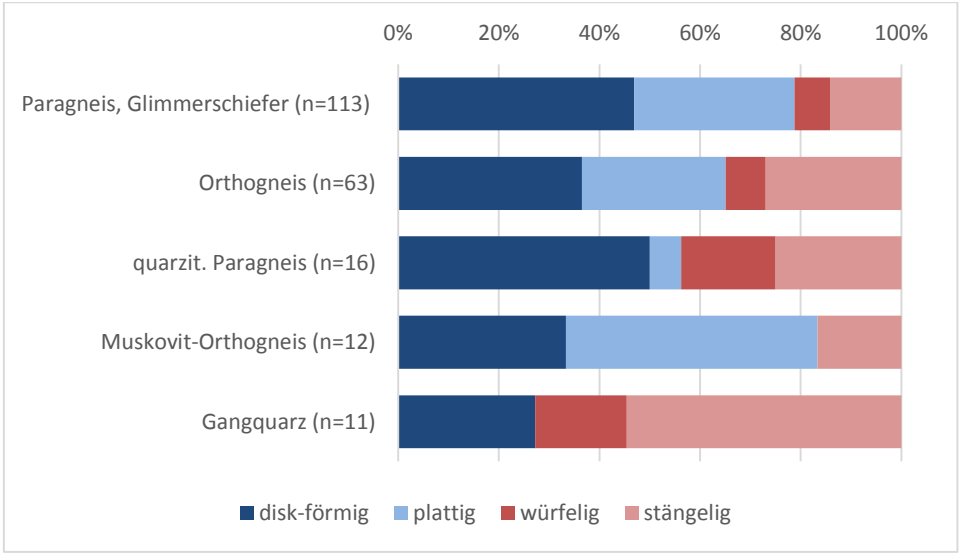


Abb. I.88: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 147a

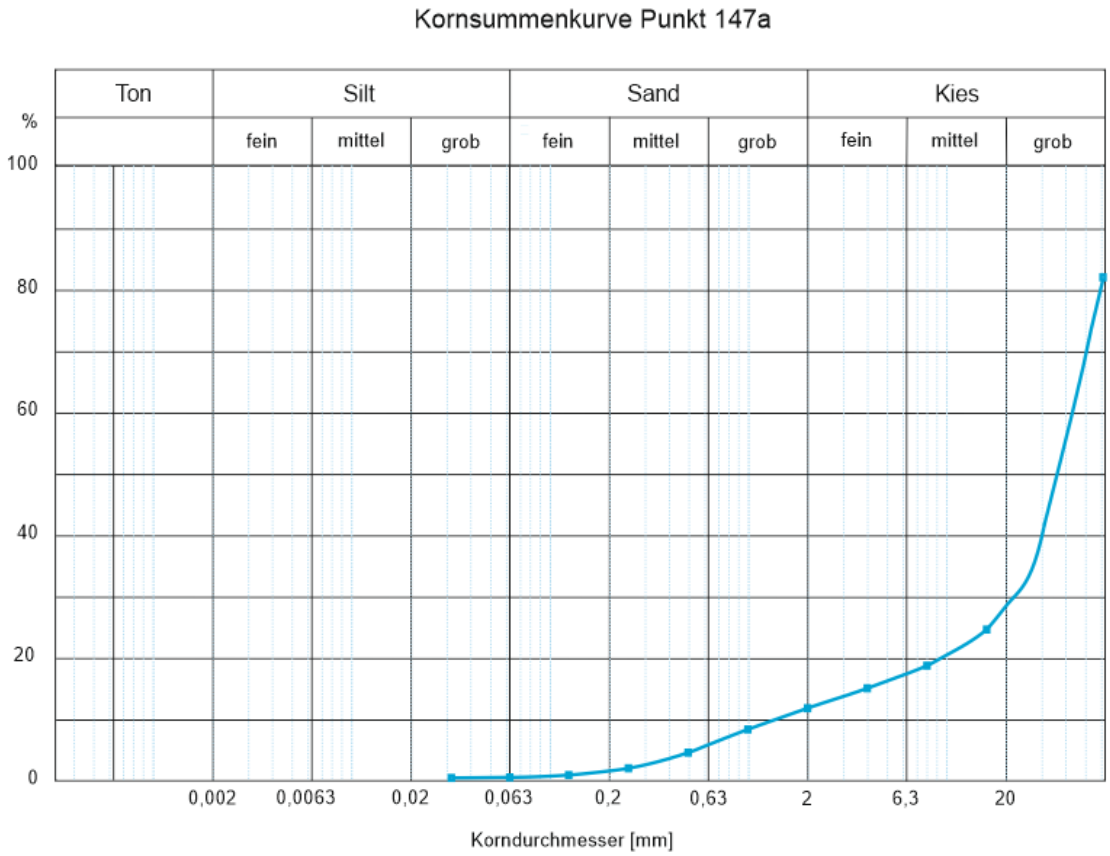


Abb. I.89: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 147a.

Abb. I.90: Probenpunkt 147a

Einzugsgebiet 148:

Kalserbach-Seebach, Dorfertal, T, Talfüllung

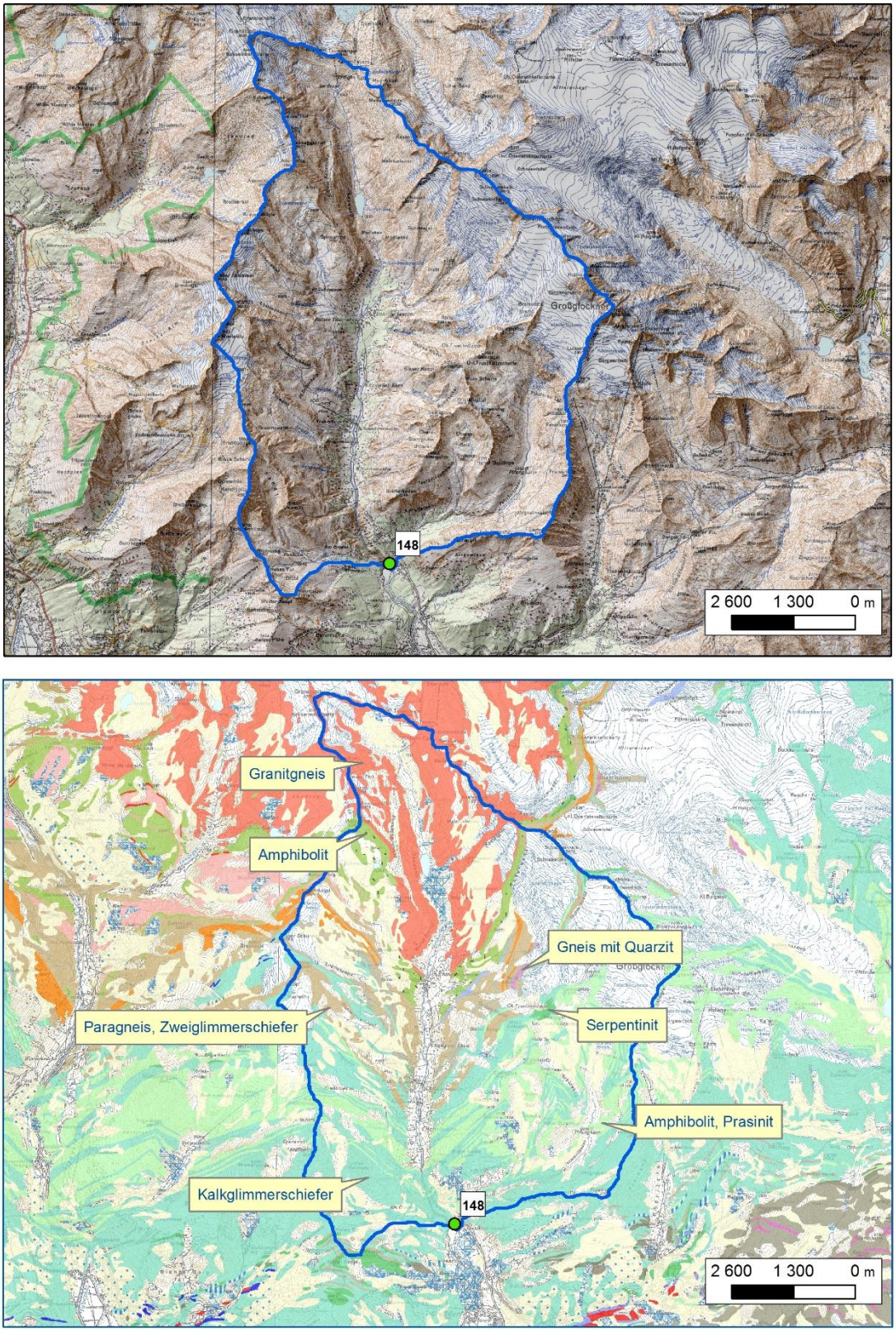


Abb. I.91: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 148

Kartengrundlage: GK 50, ÖK_Blatt 153

Tab. I.19: Parameter Einzugsgebiet 148

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
148	61,25	7,01	32	Kalkglimmerschiefer	17	5,7	42
				Amphibolit, Prasinit	10	7,6	39
				Glimmerschiefer, Choritschiefer, Phyllit	3	7,0	41
				Paragneis	6	7,5	40
				Granitgneis	10	10,3	39
				Quarzit	< 1	2,7	39
				Serpentinit	< 1	8,6	43

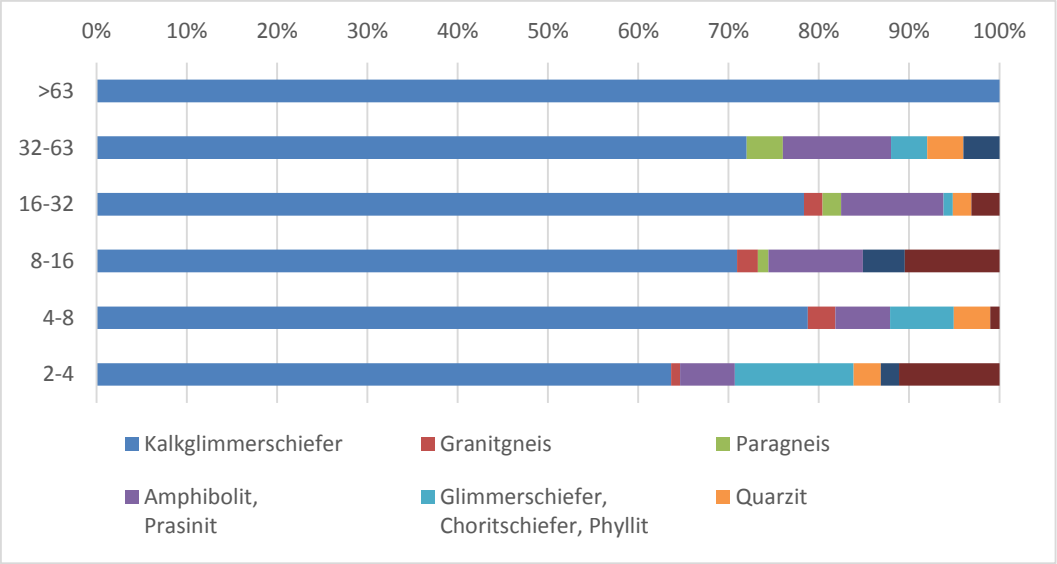


Abb. I.92: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 148

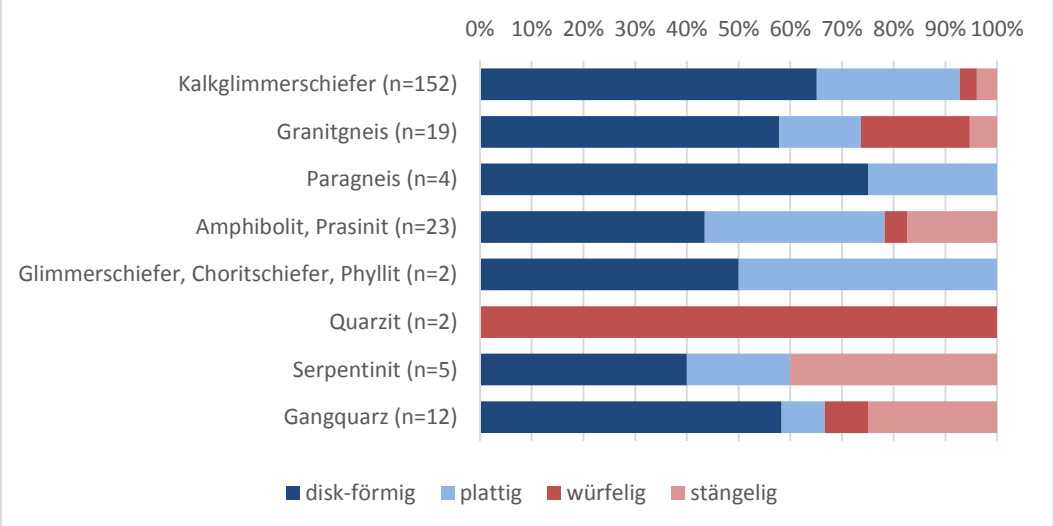


Abb. I.93: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 148

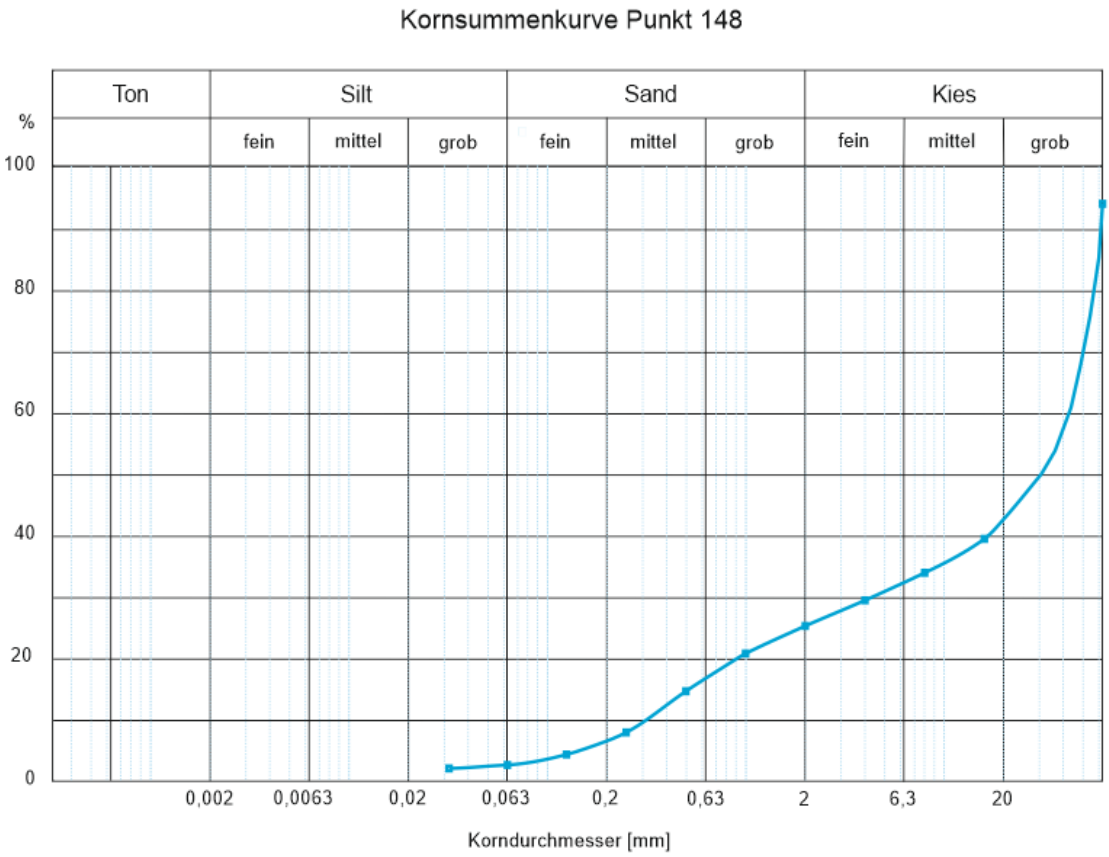


Abb. I.94: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 148

Abb. I.95: Probenpunkt 148

Einzugsgebiet 150:

Flexenbach-Rautzbach, Stuben am Arlberg, Vbg, Talfüllung

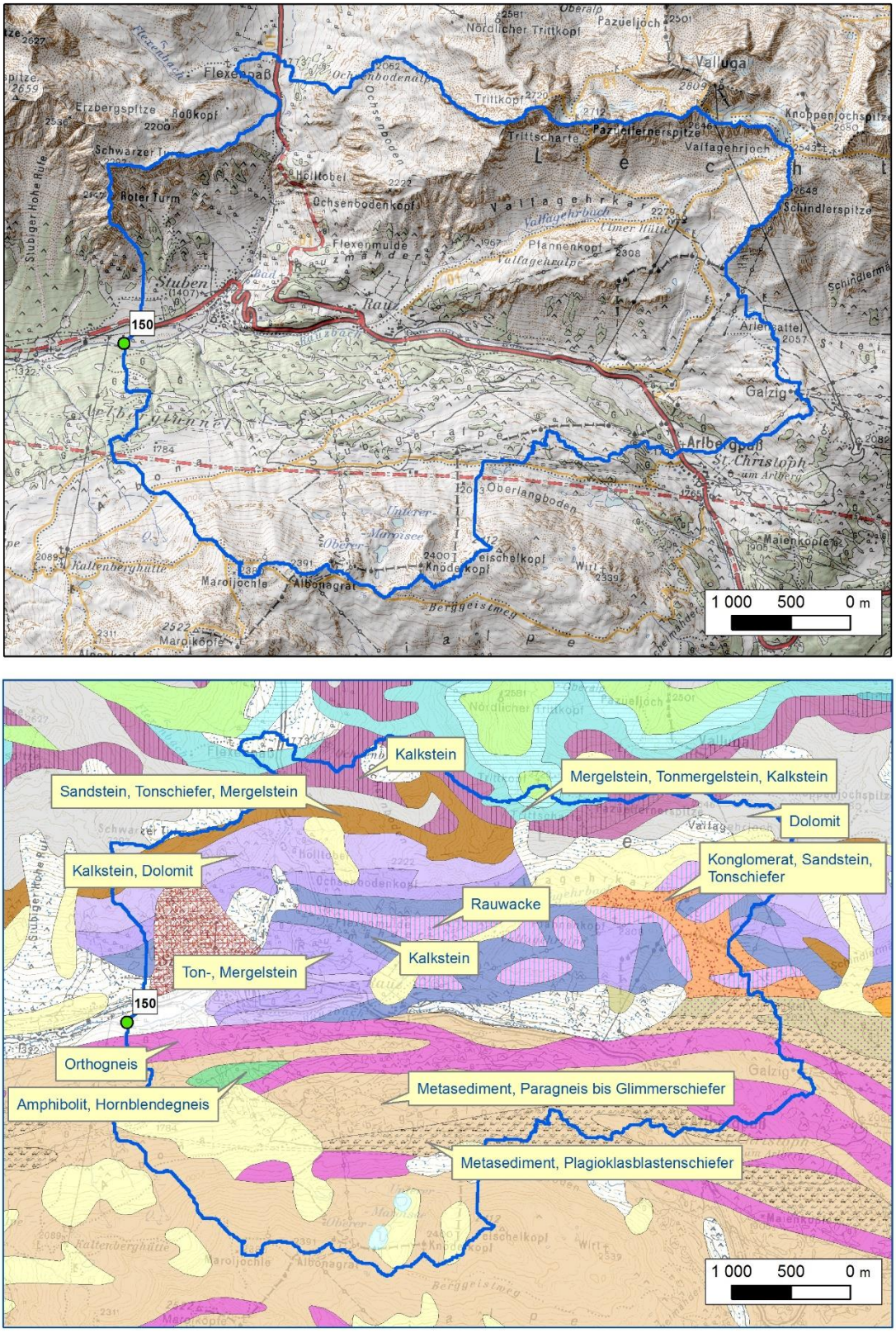


Abb. I.96: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 150

Kartengrundlage: Vrbg_100, ÖK_Blatt 143

Tab. I.20: Parameter Einzugsgebiet 150

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
150	19,51	4,02	29	Paragneis bis Glimmerschiefer	19	4,7	25
				Orthogneis	11	3,5	28
				Kalkstein, Dolomit	22	4,0	35
				Sandstein, Mergel, Tonstein	14	4,2	37
				Rauwacke	4	4,4	30

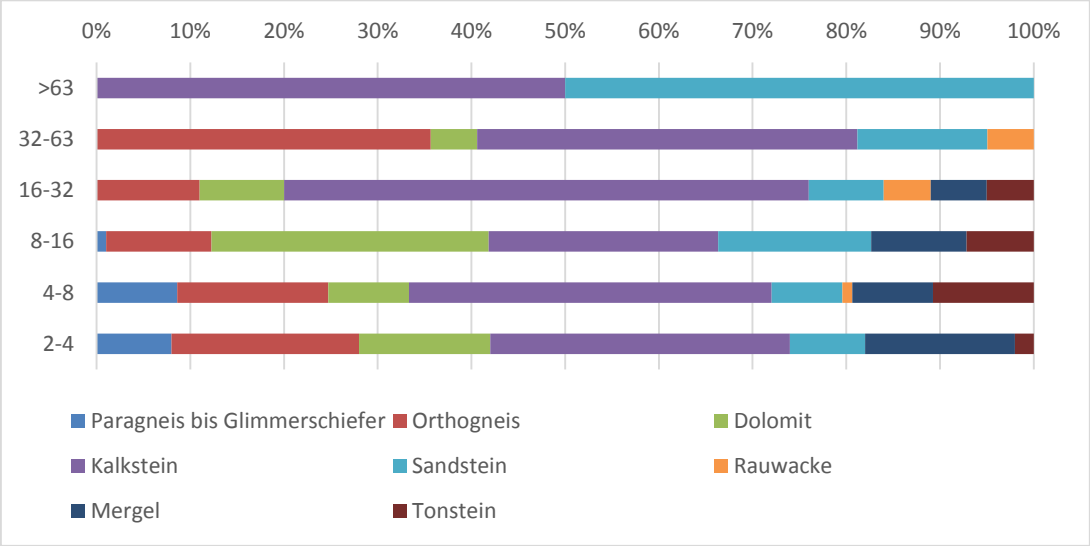


Abb. I.97: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 150

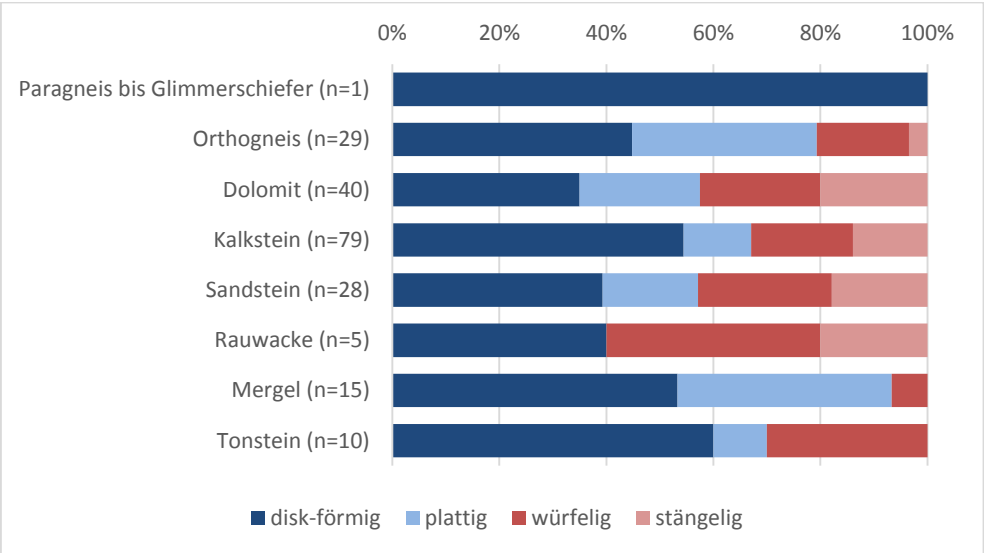


Abb. I.98: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 150

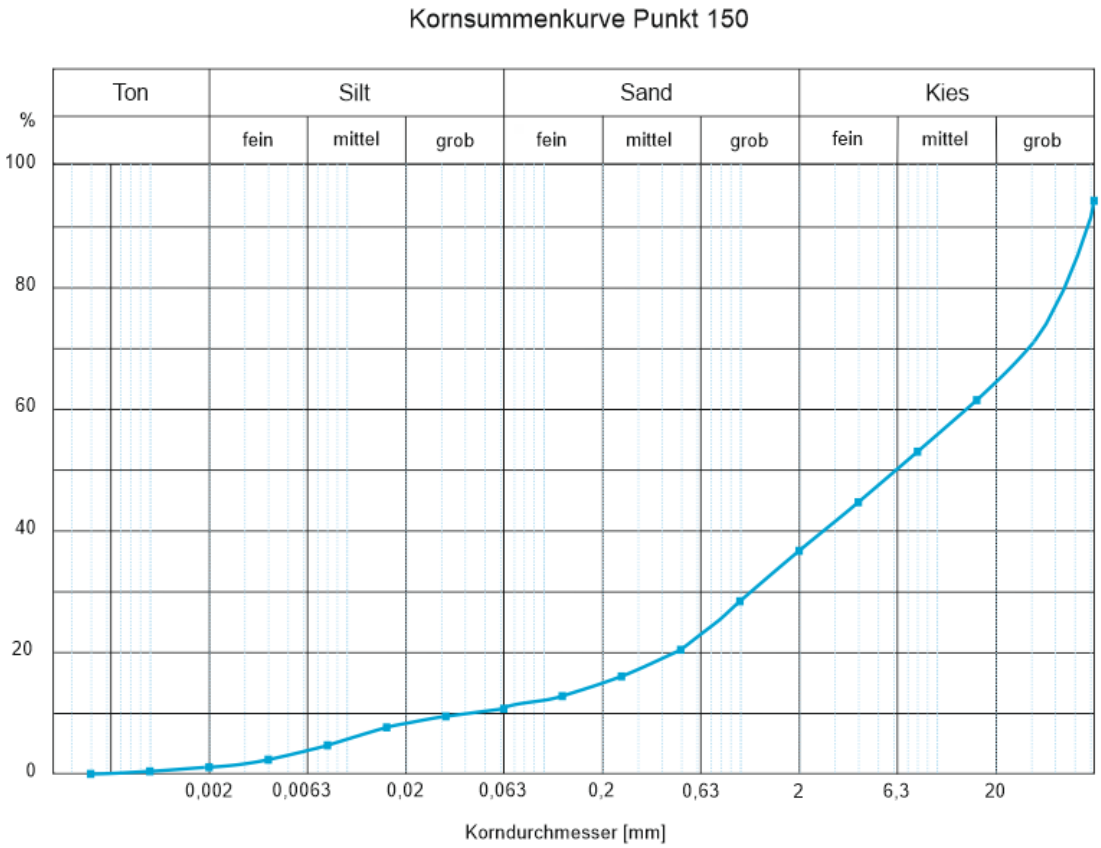


Abb. I.99: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 150

Abb. I.100: Probenpunkt 150

Einzugsgebiet 151:

Gschnitzbach, SW Gschnitz, T, Talfüllung

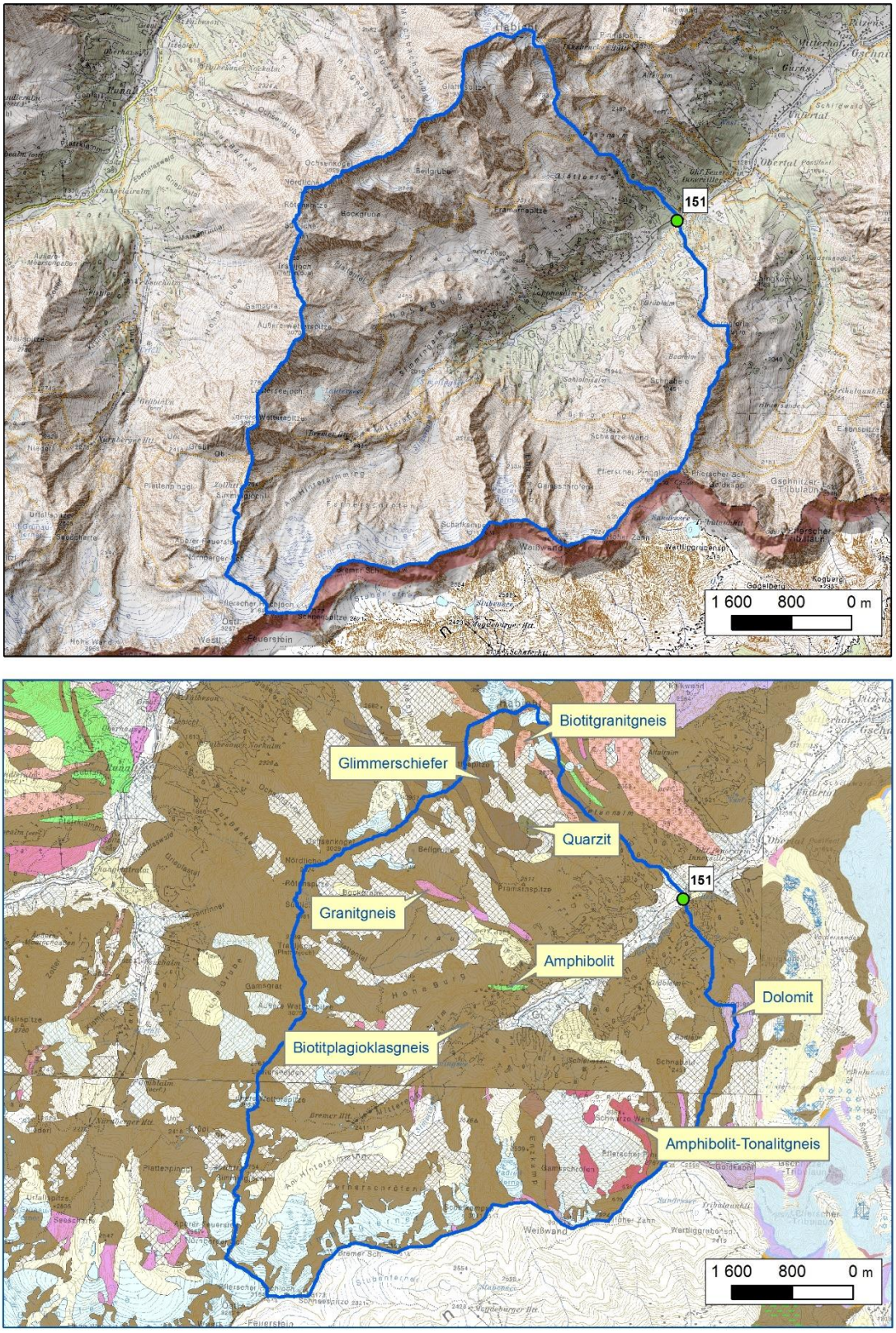


Abb. I.101: Morphologie und Geologie des Einzugsgebietes 151

Kartengrundlage: Geofast, ÖK_Blatt 147/174

Tab. I.21: Parameter Einzugsgebiet 151

Einzugs-gebiet	Fläche [km²]	Mittlere Länge [km]	Mittlere Hangneigung [°]	**Lithologie**	Flächen-anteil [%]	Mittlere Transport-distanz [km]	Mittlere Hangneigung [°]
151	31,2	4,9	33	Gneise	55	4,7	39,6
				Amphibolit-Tonalitgneis	1	4,9	40,5
				Dolomit	1	2,6	47,4
				Amphibolit	< 1	3,3	44,7
				Quarzit	< 1	3,3	34,5

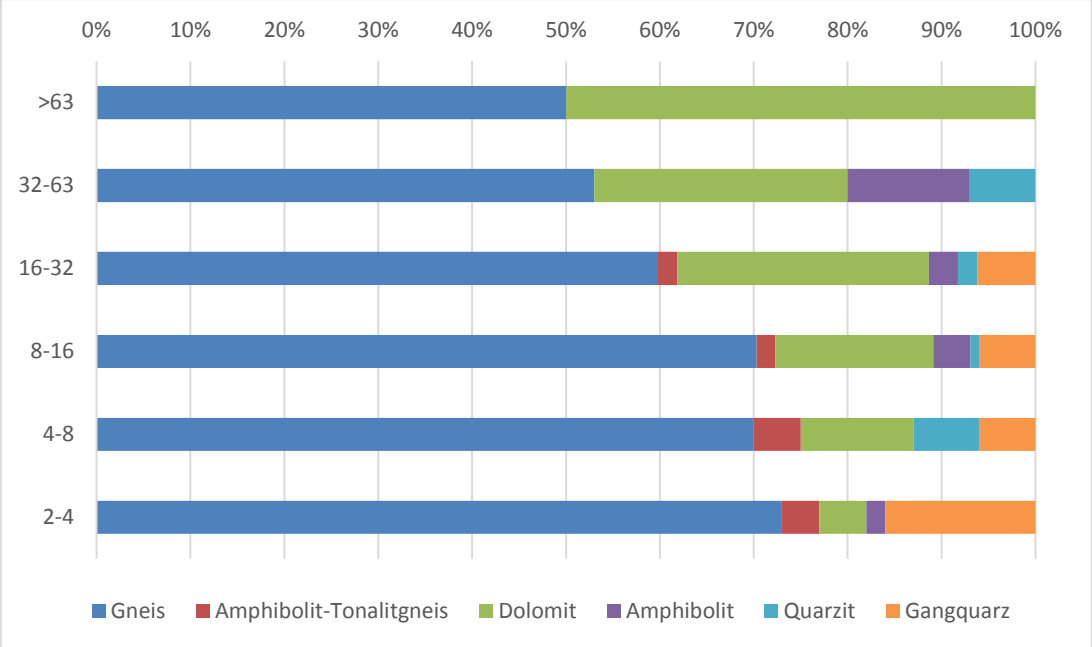


Abb. I.102: Lithologiespektrum Probe im Einzugsgebiet 151

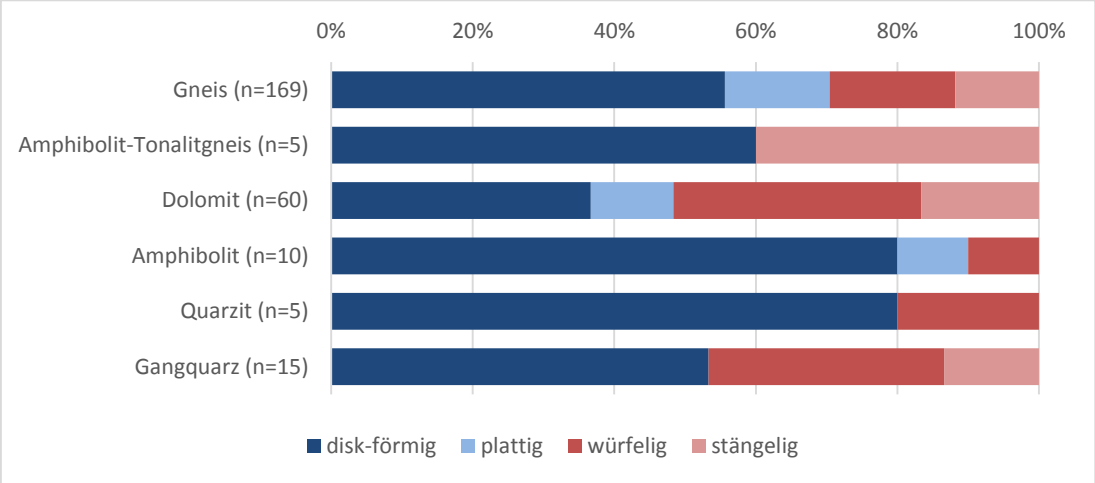


Abb. I.103: Kornform der verschiedenen Lithologien (für Kornfraktionen > 8mm) im Einzugsgebiet 151

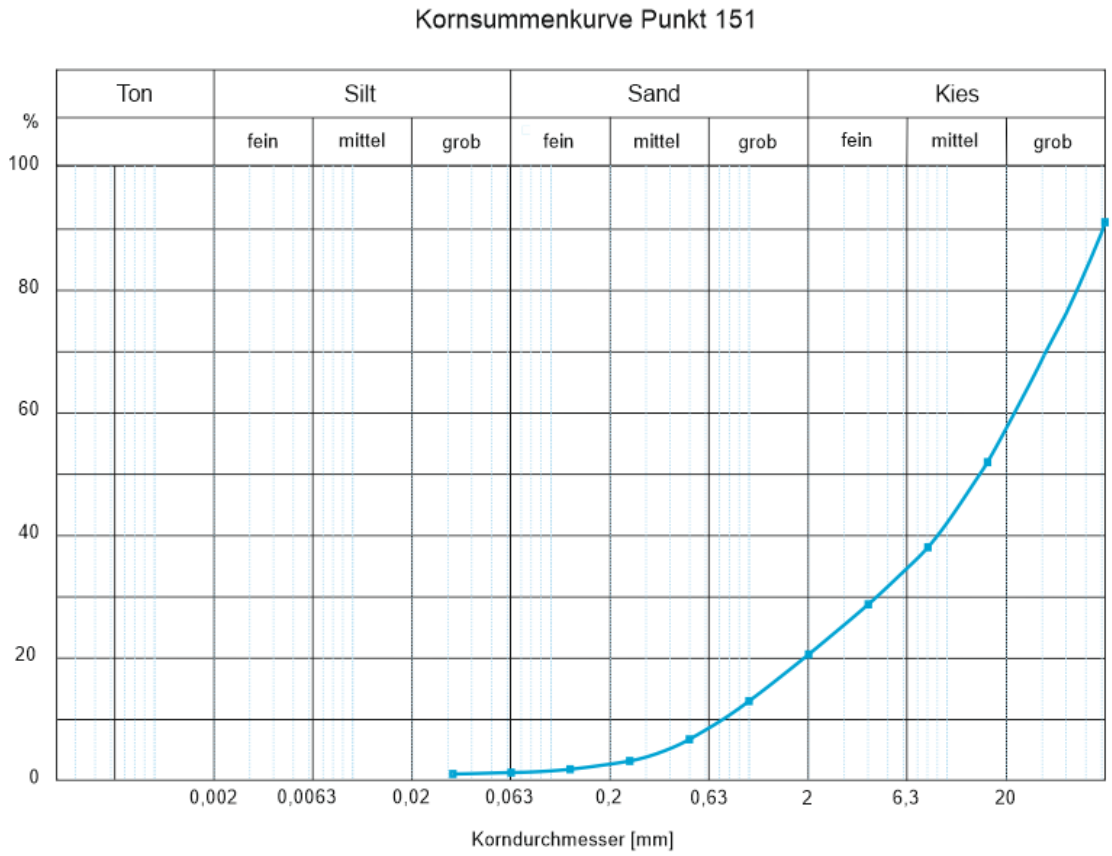


Abb. I.104: Kornsummenkurve Einzugsgebiet 151

Abb. I.105: Probenpunkt 151

Anhang 2: Ergebnisse der Korngrößenbestimmungen der Proben des dritten Projektjahres (2015)

21 S., 21 Tab.

Tabelle II.1: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 76

	%		%
		STEINE	12
Grobkies	54	**KIES**	75
Mittelkies	15		
Feinkies	6		
Grobsand	4	**SAND**	11
Mittelsand	5		
Feinsand	2		
Grobsilt	1	**SILT**	1
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	1

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	4,5E-03	21,9
BIALAS	4,0E-01	42

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-4,32	-4,04
Standarddev.	2,22	2,74
Skewness	0,62	2,13
Kurtosis	1,81	7,86
Mean-cubed dev.	----	43,82

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,2636	1,9235
D90/10	0,8669	0,2061
D84/16	4,253	-2,09
D80/20	7,7266	-2,95
D75/25	12,1855	-3,61
D50/50	33,3185	-5,06
D40/60	37,9313	-5,2453
D25/75	46,5026	-5,5392
D16/84	56,5968	-5,8226
D5/95	96,3685	-6,5905
D1/99	120,9695	-6,9185

Ungleichförmigkeitszahl

U (d60/d10):	43,75

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	12,36	12,36	12,36	87,64	-6,477
32	-5	40,18	40,18	52,54	47,46	-5,489
16	-4	18,63	18,63	71,17	28,83	-4,5
8	-3	8,56	8,56	79,73	20,27	-3,5
4	-2	4,62	4,62	84,35	15,65	-2,5
2	-1	2,78	2,78	87,13	12,87	-1,5
1	0	2,31	2,31	89,44	10,56	-0,5
0,5	1	2,81	2,81	92,25	7,75	0,5
0,25	2	2,95	2,95	95,2	4,8	1,5
0,125	3	1,82	1,82	97,02	2,98	2,5
0,063	3,99	1,04	1,04	98,06	1,94	3,494
0,032	4,97	0,5	0,5	98,56	1,44	4,477
0,000488	11	1,44	1,44	100	0	7,983

Tabelle II.2: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 79

	%		%
		STEINE	16
Grobkies	58	**KIES**	76
Mittelkies	13		
Feinkies	4		
Grobsand	3	**SAND**	5
Mittelsand	2		
Feinsand	1		
Grobsilt	1	**SILT**	2
Mittelsilt	1		
Feinsilt	0		
		TON	0

Kies
sehr schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	9,3E-02	35,5
BIALAS	1,9E+00	49

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-4,81	-4,4
Standarddev.	1,79	2,56
Skewness	0,42	2,92
Kurtosis	2,35	12,90
Mean-cubed dev.	----	48,89

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,609	0,7155
D90/10	3,6374	-1,86
D84/16	10,3332	-3,37
D80/20	15,1743	-3,92
D75/25	19,7425	-4,3
D50/50	33,6704	-5,07
D40/60	36,8063	-5,2019
D25/75	48,8267	-5,6096
D16/84	63,9531	-5,9989
D5/95	108,6316	-6,7633
D1/99	122,1425	-6,9324

Ungleichförmigkeitszahl

U (d60/d10):	10,12

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	16,23	16,23	16,23	83,77	-6,477
32	-5	38,27	38,27	54,5	45,5	-5,489
16	-4	24,84	24,84	79,34	20,66	-4,5
8	-3	6,78	6,78	86,12	13,88	-3,5
4	-2	3,55	3,55	89,67	10,33	-2,5
2	-1	2,29	2,29	91,96	8,04	-1,5
1	0	1,97	1,97	93,93	6,07	-0,5
0,5	1	1,45	1,45	95,38	4,62	0,5
0,25	2	0,98	0,98	96,36	3,64	1,5
0,125	3	0,6	0,6	96,96	3,04	2,5
0,063	3,99	0,49	0,49	97,45	2,55	3,494
0,032	4,97	0,65	0,65	98,1	1,9	4,477
0,000488	11	1,9	1,9	100	0	7,983

Tabelle II.3: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 96

	%		%
		STEINE	17
Grobkies	23	**KIES**	59
Mittelkies	19		
Feinkies	17		
Grobsand	15	**SAND**	22
Mittelsand	6		
Feinsand	1		
Grobsilt	0	**SILT**	1
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	1

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	3,1E-03	20,2
BIALAS	1,0E-02	25,5

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-3,30	-3,07
Standarddev.	2,71	2,82
Skewness	0,17	0,99
Kurtosis	0,8	4,66
Mean-cubed dev.	----	22,29

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,3687	1,4394
D90/10	0,7144	0,4852
D84/16	1,187	-0,247
D80/20	1,5629	-0,644
D75/25	2,1702	-1,12
D50/50	11,7253	-3,55E+00
D40/60	19,8357	-4,31
D25/75	39,6663	-5,3098
D16/84	68,4256	-6,0965
D5/95	109,6528	-6,7768
D1/99	123,3488	-6,9466

Ungleichförmigkeitszahl	
U (d60/d10):	27,77

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	17,41	17,41	17,41	82,59	-6,477
32	-5	11,55	11,55	28,96	71,04	-5,489
16	-4	15,86	15,86	44,82	55,18	-4,5
8	-3	11,25	11,25	56,07	43,93	-3,5
4	-2	9,81	9,81	65,88	34,12	-2,5
2	-1	10,34	10,34	76,22	23,78	-1,5
1	0	10,1	10,1	86,32	13,68	-0,5
0,5	1	6,78	6,78	93,1	6,9	0,5
0,25	2	3,49	3,49	96,59	3,41	1,5
0,125	3	1,39	1,39	97,98	2,02	2,5
0,063	3,99	0,61	0,61	98,59	1,41	3,494
0,032	4,97	0,28	0,28	98,87	1,13	4,477
0,000244	12	1,13	1,13	100	0	8,483

Tabelle II.4: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 98

	%		%
		STEINE	34
Grobkies	23	**KIES**	44
Mittelkies	13		
Feinkies	8		
Grobsand	7	**SAND**	18
Mittelsand	7		
Feinsand	4		
Grobsilt	1	**SILT**	2
Mittelsilt	0		
Feinsilt	1		
		TON	3

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	4,4E-04	11,4
BIALAS	7,5E-03	24,2

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-3,68	-3,42
Standarddev.	3,37	3,78
Skewness	0,57	1,56
Kurtosis	0,9	5,1
Mean-cubed dev.	----	84,32

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,0789	3,6636
D90/10	0,2693	1,8929
D84/16	0,7218	4,70E-01
D80/20	1,3771	-4,62E-01
D75/25	3,0663	-1,62E+00
D50/50	29,581	-4,89E+00
D40/60	46,8264	-5,5492
D25/75	85,6143	-6,4198
D16/84	99,4366	-6,6357
D5/95	117,1164	-6,8718
D1/99	124,3704	-6,9585

Ungleichförmigkeitszahl	
U (d60/d10):	173,91

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	33,73	33,73	33,73	66,27	-6,477
32	-5	14,78	14,78	48,51	51,49	-5,489
16	-4	11,81	11,81	60,32	39,68	-4,5
8	-3	7,33	7,33	67,65	32,35	-3,5
4	-2	5,56	5,56	73,21	26,79	-2,5
2	-1	4,57	4,57	77,78	22,22	-1,5
1	0	4,12	4,12	81,9	18,1	-0,5
0,5	1	4,46	4,46	86,36	13,64	0,5
0,25	2	4,05	4,05	90,41	9,59	1,5
0,125	3	3,13	3,13	93,54	6,46	2,5
0,063	3,99	1,97	1,97	95,51	4,49	3,494
0,032	4,97	0,85	0,85	96,36	3,64	4,477
0,000122	13	3,64	3,64	100	0	8,983

Tabelle II.5: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 104

	%		%
		STEINE	9
Grobkies	53	**KIES**	75
Mittelkies	20		
Feinkies	3		
Grobsand	3	**SAND**	12
Mittelsand	5		
Feinsand	4		
Grobsilt	1	**SILT**	2
Mittelsilt	0		
Feinsilt	1		
		TON	2

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	8,3E-04	14,3
BIALAS	4,8E-01	42,9

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-3,92	-3,6
Standarddev.	2,52	3,2
Skewness	0,61	2,16
Kurtosis	2,33	7,49
Mean-cubed dev.	----	70,94

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,1057	3,2426
D90/10	0,3709	1,4309
D84/16	2,6486	-1,41
D80/20	8,4172	-3,07
D75/25	12,4726	-3,64
D50/50	26,1985	-4,71E+00
D40/60	30,7572	-4,9429
D25/75	40,2387	-5,3305
D16/84	50,345	-5,6538
D5/95	83,0142	-6,3753
D1/99	110,7685	-6,7914

Ungleichförmigkeitszahl	
U (d60/d10):	82,92

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	9,19	9,19	9,19	90,81	-6,477
32	-5	28,22	28,22	37,41	62,59	-5,489
16	-4	32,39	32,39	69,8	30,2	-4,5
8	-3	10,71	10,71	80,51	19,49	-3,5
4	-2	2,66	2,66	83,17	16,83	-2,5
2	-1	1,39	1,39	84,56	15,44	-1,5
1	0	1,65	1,65	86,21	13,79	-0,5
0,5	1	2,48	2,48	88,69	11,31	0,5
0,25	2	3,07	3,07	91,76	8,24	1,5
0,125	3	2,67	2,67	94,43	5,57	2,5
0,063	3,99	1,83	1,83	96,26	3,74	3,494
0,032	4,97	0,78	0,78	97,04	2,96	4,477
0,000244	12	2,96	2,96	100	0	8,483

Tabelle II.6: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 110

	%		%
		STEINE	14
Grobkies	23	**KIES**	70
Mittelkies	24		
Feinkies	16		
Grobsand	8	**SAND**	14
Mittelsand	4		
Feinsand	1		
Grobsilt	0	**SILT**	1
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	1

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	6,8E-03	23,7
BIALAS	4,6E-02	32,4

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-3,66	-3,45
Standarddev.	2,38	2,69
Skewness	0,28	1,66
Kurtosis	0,97	7,48
Mean-cubed dev.	----	32,37

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,4243	1,2369
D90/10	1,0634	-0,0887
D84/16	2,1261	-1,09E+00
D80/20	3,0323	-1,60E+00
D75/25	4,4297	-2,15E+00
D50/50	15,9138	-3,99E+00
D40/60	24,2349	-4,599
D25/75	43,1664	-5,4318
D16/84	59,3734	-5,8917
D5/95	91,567	-6,5168
D1/99	116,687	-6,8665

Ungleichförmigkeitszahl	
U (d60/d10):	22,79

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	14,29	14,29	14,29	85,71	-6,477
32	-5	18,87	18,87	33,16	66,84	-5,489
16	-4	16,72	16,72	49,88	50,12	-4,5
8	-3	14,75	14,75	64,63	35,37	-3,5
4	-2	11,97	11,97	76,6	23,4	-2,5
2	-1	8,05	8,05	84,65	15,35	-1,5
1	0	5,81	5,81	90,46	9,54	-0,5
0,5	1	3,84	3,84	94,3	5,7	0,5
0,25	2	2,41	2,41	96,71	3,29	1,5
0,125	3	1,14	1,14	97,85	2,15	2,5
0,063	3,99	0,54	0,54	98,39	1,61	3,494
3,20E-02	4,97	0,31	0,31	98,7	1,3	4,477
1,22E-04	13	1,3	1,3	100	0	8,983

Tabelle II.7: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 111

	%		%
		STEINE	2
Grobkies	22	**KIES**	58
Mittelkies	21		
Feinkies	15		
Grobsand	12	**SAND**	26
Mittelsand	8		
Feinsand	6		
Grobsilt	4	**SILT**	12
Mittelsilt	4		
Feinsilt	3		
		TON	2

siltiger Sandkies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	3,0E-06	0
BIALAS	8,4E-05	4

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-1,25	-1,03
Standarddev.	4,06	4,14
Skewness	0,4	1,02
Kurtosis	0,98	3,42
Mean-cubed dev.	----	72,76

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,006038	7,3718
D90/10	0,0222	5,4948
D84/16	0,0962	3,38E+00
D80/20	0,1956	2,35E+00
D75/25	0,42	1,25E+00
D50/50	4,6114	-2,21E+00
D40/60	8,6603	-3,1144
D25/75	19,1346	-4,2581
D16/84	30,1701	-4,915
D5/95	53,7254	-5,7475
D1/99	77,487	-6,2759

Ungleichförmigkeitszahl	
U (d60/d10):	390,51

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	2,05	2,05	2,05	97,95	-6,477
32	-5	12,79	12,79	14,84	85,16	-5,489
16	-4	13,68	13,68	28,52	71,48	-4,5
8	-3	12,9	12,9	41,42	58,58	-3,5
4	-2	10,62	10,62	52,04	47,96	-2,5
2	-1	7,79	7,79	59,83	40,17	-1,5
1	0	8,19	8,19	68,02	31,98	-0,5
0,5	1	5,76	5,76	73,78	26,22	0,5
0,25	2	4,71	4,71	78,49	21,51	1,5
0,125	3	4,15	4,15	82,64	17,36	2,5
0,063	3,99	3,41	3,41	86,05	13,95	3,494
3,20E-02	4,97	2,52	2,52	88,57	11,43	4,477
1,60E-02	5,97	2,72	2,72	91,29	8,71	5,466
8,00E-03	6,97	2,869	2,869	94,159	5,841	6,466
4,00E-03	7,97	1,966	1,966	96,125	3,875	7,466
2,00E-03	8,97	1,44	1,44	97,565	2,435	8,466
1,00E-03	9,97	0,994	0,994	98,56	1,44	9,466
5,00E-04	10,97	0,777	0,777	99,337	0,663	10,466
3,05E-05	15	0,663	0,663	100	0	12,983

Tabelle II.8: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 113

	%		%
Grobkies	18	**KIES**	44
Mittelkies	15		
Feinkies	11		
Grobsand	16	**SAND**	41
Mittelsand	15		
Feinsand	10		
Grobsilt	4	**SILT**	13
Mittelsilt	5		
Feinsilt	3		
		TON	2

siltiger Sandkies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	2,4E-06	0
BIALAS	3,4E-05	0

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-0,42	-0,2
Standarddev.	4,01	3,95
Skewness	0,09	0,58
Kurtosis	0,91	2,74
Mean-cubed dev.	----	35,82

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,006047	7,3695
D90/10	0,0201	5,6367
D84/16	0,0802	3,64E+00
D80/20	0,1314	2,93E+00
D75/25	0,2184	2,20E+00
D50/50	1,2943	-3,72E-01
D40/60	3,2736	-1,7109
D25/75	12,2951	-3,62
D16/84	23,0962	-4,5296
D5/95	48,6355	-5,6039
D1/99	60,6284	-5,9219

Ungleichförmigkeitszahl

U (d60/d10):	162,87

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
32	-5	11,24	11,24	11,24	88,76	-5,489
16	-4	10,14	10,14	21,38	78,62	-4,5
8	-3	9,28	9,28	30,66	69,34	-3,5
4	-2	7,54	7,54	38,2	61,8	-2,5
2	-1	6,24	6,24	44,44	55,56	-1,5
1	0	9,16	9,16	53,6	46,4	-0,5
0,5	1	10,33	10,33	63,93	36,07	0,5
0,25	2	9,64	9,64	73,57	26,43	1,5
0,125	3	6,89	6,89	80,46	19,54	2,5
0,063	3,99	5,15	5,15	85,61	14,39	3,494
0,032	4,97	2,88	2,88	88,49	11,51	4,477
1,60E-02	5,97	2,256	2,256	90,746	9,254	5,466
8,00E-03	6,97	3,154	3,154	93,9	6,1	6,466
4,00E-03	7,97	2,578	2,578	96,478	3,522	7,466
2,00E-03	8,97	1,773	1,773	98,25	1,75	8,466
1,00E-03	9,97	1,013	1,013	99,263	0,737	9,466
5,00E-04	10,97	0,472	0,472	99,735	0,265	10,466
3,05E-05	15	0,265	0,265	100	0	12,983

Tabelle II.9: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 114

	%		%
		STEINE	5
Grobkies	32	**KIES**	70
Mittelkies	25		
Feinkies	13		
Grobsand	10	**SAND**	21
Mittelsand	8		
Feinsand	3		
Grobsilt	1	**SILT**	2
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	2

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	6,1E-04	12,9
BIALAS	4,3E-03	21,6

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-2,77	-2,52
Standarddev.	2,86	3,37
Skewness	0,45	1,68
Kurtosis	0,97	6,25
Mean-cubed dev.	----	64,21

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,1093	3,1936
D90/10	0,3185	1,6504
D84/16	0,667	5,84E-01
D80/20	1,0769	-1,07E-01
D75/25	1,9585	-9,70E-01
D50/50	12,0728	-3,59E+00
D40/60	18,0711	-4,1756
D25/75	28,6343	-4,8397
D16/84	39,1635	-5,2914
D5/95	62,4103	-5,9637
D1/99	100,4058	-6,6497

Ungleichförmigkeitszahl	
U (d60/d10):	56,73

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	4,8	4,8	4,8	95,2	-6,477
32	-5	16,61	16,61	21,41	78,59	-5,489
16	-4	22,26	22,26	43,67	56,33	-4,5
8	-3	14,45	14,45	58,12	41,88	-3,5
4	-2	9,35	9,35	67,47	32,53	-2,5
2	-1	7,35	7,35	74,82	25,18	-1,5
1	0	5,79	5,79	80,61	19,39	-0,5
0,5	1	5,77	5,77	86,38	13,62	0,5
0,25	2	5,27	5,27	91,65	8,35	1,5
0,125	3	2,99	2,99	94,64	5,36	2,5
0,063	3,99	1,37	1,37	96,01	3,99	3,494
3,20E-02	4,97	0,58	0,58	96,59	3,41	4,477
6,10E-05	14	3,41	3,41	100	0	9,483

Tabelle II.10: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 119

	%		%
Grobkies	32	**KIES**	85
Mittelkies	34		
Feinkies	19		
Grobsand	11	**SAND**	14
Mittelsand	3		
Feinsand	1		
Grobsilt	0	**SILT**	0
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	0

sandiger Kies
sehr schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	1,1E-02	26,1
BIALAS	4,1E-02	31,8

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-3,24	-3,11
Standarddev.	1,97	2,13
Skewness	0,24	1,64
Kurtosis	0,99	8,46
Mean-cubed dev.	----	15,81

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,6808	0,5548
D90/10	1,2748	-0,35
D84/16	2,1282	-1,09E+00
D80/20	2,8849	-1,53E+00
D75/25	4,0904	-2,03E+00
D50/50	11,3586	-3,51E+00
D40/60	15,5938	-3,9629
D25/75	25,3507	-4,664
D16/84	35,0617	-5,1318
D5/95	55,8609	-5,8038
D1/99	61,5261	-5,9431

Ungleichförmigkeitszahl	
U (d60/d10):	12,23

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
32	-5	18,36	18,36	18,36	81,64	-5,489
16	-4	20,82	20,82	39,18	60,82	-4,5
8	-3	21,2	21,2	60,38	39,62	-3,5
4	-2	15,04	15,04	75,42	24,58	-2,5
2	-1	9,37	9,37	84,79	15,21	-1,5
1	0	7,54	7,54	92,33	7,67	-0,5
0,5	1	4,17	4,17	96,5	3,5	0,5
0,25	2	1,79	1,79	98,29	1,71	1,5
0,125	3	0,65	0,65	98,94	1,06	2,5
0,063	3,99	0,31	0,31	99,25	0,75	3,494
0,032	4,97	0,14	0,14	99,39	0,61	4,477
0,000122	13	0,61	0,61	100	0	8,983

Tabelle II.11: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 120

	%		%
		STEINE	12
Grobkies	34	**KIES**	69
Mittelkies	23		
Feinkies	13		
Grobsand	9	**SAND**	16
Mittelsand	5		
Feinsand	2		
Grobsilt	0	**SILT**	1
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	2

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

k-Werte	NP
m/s	%
HAZEN ----	--
BEIER 3,3E-03	20,5
BIALAS 2,6E-02	29,7

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-3,52	-3,26
Standarddev.	2,55	3,1
Skewness	0,39	2,01
Kurtosis	1	8,56
Mean-cubed dev.	----	60,11

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,2795	1,8391
D90/10	0,7447	0,4253
D84/16	1,5577	-6,39E-01
D80/20	2,3484	-1,23E+00
D75/25	3,8461	-1,94E+00
D50/50	17,3298	-4,12E+00
D40/60	25,0508	-4,6468
D25/75	41,3592	-5,3701
D16/84	55,6092	-5,7973
D5/95	89,4225	-6,4826
D1/99	114,0556	-6,8341

Ungleichförmigkeitszahl

U (d60/d10):	33,64

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	12,35	12,35	12,35	87,65	-6,477
32	-5	20,59	20,59	32,94	67,06	-5,489
16	-4	19,1	19,1	52,04	47,96	-4,5
8	-3	13,69	13,69	65,73	34,27	-3,5
4	-2	8,86	8,86	74,59	25,41	-2,5
2	-1	6,99	6,99	81,58	18,42	-1,5
1	0	6,39	6,39	87,97	12,03	-0,5
0,5	1	4,46	4,46	92,43	7,57	0,5
0,25	2	2,93	2,93	95,36	4,64	1,5
0,125	3	1,32	1,32	96,68	3,32	2,5
0,063	3,99	0,69	0,69	97,37	2,63	3,494
3,20E-02	4,97	0,33	0,33	97,7	2,3	4,477
3,05E-05	15	2,3	2,3	100	0	9,983

Tabelle II.12: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 122

	%		%
		STEINE	10
Grobkies	16	**KIES**	45
Mittelkies	15		
Feinkies	13		
Grobsand	12	**SAND**	31
Mittelsand	10		
Feinsand	9		
Grobsilt	5	**SILT**	12
Mittelsilt	4		
Feinsilt	4		
		TON	2

siltiger Sandkies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	2,3E-06	0
BIALAS	3,2E-05	0

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-1,09	-0,83
Standarddev.	4,4	4,34
Skewness	0,24	0,67
Kurtosis	0,88	2,67
Mean-cubed dev.	----	54,67

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	4,92E-03	7,6683
D90/10	0,0194	5,6858
D84/16	0,0768	3,70E+00
D80/20	0,1277	2,97E+00
D75/25	0,2266	2,14E+00
D50/50	3,0483	-1,61E+00
D40/60	7,0577	-2,8192
D25/75	21,5941	-4,4326
D16/84	40,922	-5,3548
D5/95	87,9961	-6,4594
D1/99	116,1141	-6,8594

Ungleichförmigkeitszahl

U (d60/d10):	363,29

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	9,8	9,8	9,8	90,2	-6,477
32	-5	9,71	9,71	19,51	80,49	-5,489
16	-4	9,64	9,64	29,15	70,85	-4,5
8	-3	9,3	9,3	38,45	61,55	-3,5
4	-2	8,43	8,43	46,88	53,12	-2,5
2	-1	7,88	7,88	54,76	45,24	-1,5
1	0	7,39	7,39	62,15	37,85	-0,5
0,5	1	6,26	6,26	68,41	31,59	0,5
0,25	2	5,73	5,73	74,14	25,86	1,5
0,125	3	6,04	6,04	80,18	19,82	2,5
0,063	3,99	5,2	5,2	85,38	14,62	3,494
3,20E-02	4,97	3,32	3,32	88,7	11,3	4,477
1,60E-02	5,97	1,808	1,808	90,508	9,492	5,466
8,00E-03	6,97	2,644	2,644	93,152	6,848	6,466
4,00E-03	7,97	2,588	2,588	95,74	4,26	7,466
2,00E-03	8,97	1,978	1,978	97,717	2,283	8,466
1,00E-03	9,97	1,356	1,356	99,073	0,927	9,466
5,00E-04	10,97	0,667	0,667	99,74	0,26	10,466
3,05E-05	15	0,26	0,26	100	0	12,983

Tabelle II.13: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 123

	%		%
		STEINE	8
Grobkies	24	**KIES**	70
Mittelkies	29		
Feinkies	16		
Grobsand	11	**SAND**	21
Mittelsand	7		
Feinsand	2		
Grobsilt	0	**SILT**	1
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	1

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	1,8E-03	17,7
BIALAS	1,0E-02	25,5

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-2,85	-2,77
Standarddev.	2,51	2,76
Skewness	0,31	1,4
Kurtosis	1,04	6,19
Mean-cubed dev.	----	29,23

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	2,68E-01	1,902
D90/10	0,5461	8,73E-01
D84/16	1,0453	-6,39E-02
D80/20	1,5667	-6,48E-01
D75/25	2,4523	-1,29E+00
D50/50	10,7441	-3,43E+00
D40/60	16,0253	-4,0023
D25/75	23,7847	-4,572
D16/84	33,641	-5,0721
D5/95	83,2123	-6,3787
D1/99	118,5457	-6,8893

Ungleichförmigkeitszahl

U (d60/d10):	29,34

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	7,84	7,84	7,84	92,16	-6,477
32	-5	8,91	8,91	16,75	83,25	-5,489
16	-4	23,31	23,31	40,06	59,94	-4,5
8	-3	16,63	16,63	56,69	43,31	-3,5
4	-2	11,87	11,87	68,56	31,44	-2,5
2	-1	8,94	8,94	77,5	22,5	-1,5
1	0	6,93	6,93	84,43	15,57	-0,5
0,5	1	6,32	6,32	90,75	9,25	0,5
0,25	2	4,59	4,59	95,34	4,66	1,5
0,125	3	2,08	2,08	97,42	2,58	2,5
0,063	3,99	0,82	0,82	98,24	1,76	3,494
3,20E-02	4,97	0,33	0,33	98,57	1,43	4,477
1,22E-04	13	1,43	1,43	100	0	8,983

Tabelle II.14: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 125

	%		%
		STEINE	4
Grobkies	40	**KIES**	74
Mittelkies	21		
Feinkies	12		
Grobsand	8	**SAND**	19
Mittelsand	7		
Feinsand	4		
Grobsilt	1	**SILT**	1
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	2

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

k-Werte	NP
m/s	%
HAZEN ----	--
BEIER 8,3E-04	14,3
BIALAS 9,8E-03	25,4

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-3,13	-2,92
Standarddev.	2,77	3,15
Skewness	0,5	1,63
Kurtosis	0,95	6,01
Mean-cubed dev.	----	50,9

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	1,40E-01	2,8336
D90/10	0,3728	1,42E+00
D84/16	0,8937	1,62E-01
D80/20	1,5438	-6,27E-01
D75/25	2,7787	-1,47E+00
D50/50	15,7234	-3,97E+00
D40/60	23,6966	-4,5666
D25/75	38,4481	-5,2648
D16/84	47,9887	-5,5846
D5/95	61,6046	-5,945
D1/99	94,326	-6,5596

Ungleichförmigkeitszahl

U (d60/d10): 63,57

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	3,98	3,98	3,98	96,02	-6,477
32	-5	27,86	27,86	31,84	68,16	-5,489
16	-4	17,81	17,81	49,65	50,35	-4,5
8	-3	12,73	12,73	62,38	37,62	-3,5
4	-2	9,02	9,02	71,4	28,6	-2,5
2	-1	6,63	6,63	78,03	21,97	-1,5
1	0	5,17	5,17	83,2	16,8	-0,5
0,5	1	4,85	4,85	88,05	11,95	0,5
0,25	2	4,38	4,38	92,43	7,57	1,5
0,125	3	2,99	2,99	95,42	4,58	2,5
0,063	3,99	1,64	1,64	97,06	2,94	3,494
3,20E-02	4,97	0,57	0,57	97,63	2,37	4,477
1,22E-04	13	2,37	2,37	100	0	8,983

Tabelle II.15: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 136

	%		%
		STEINE	10
Grobkies	38	**KIES**	69
Mittelkies	16		
Feinkies	14		
Grobsand	11	**SAND**	17
Mittelsand	5		
Feinsand	2		
Grobsilt	1	**SILT**	2
Mittelsilt	0		
Feinsilt	1		
		TON	2

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	1,7E-03	17,6
BIALAS	1,3E-02	26,6

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-3,39	-3,00
Standarddev.	2,83	3,45
Skewness	0,49	1,83
Kurtosis	0,98	6,85
Mean-cubed dev.	----	75,16

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,1023	3,2892
D90/10	0,538	0,8944
D84/16	1,1836	-2,43E-01
D80/20	1,7411	-8,00E-01
D75/25	2,682	-1,42E+00
D50/50	18,1779	-4,18E+00
D40/60	28,7411	-4,845
D25/75	43,3314	-5,4373
D16/84	53,4601	-5,7404
D5/95	81,0351	-6,3405
D1/99	109,4326	-6,7739

Ungleichförmigkeitszahl

U (d60/d10):	53,42

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	9,71	9,71	9,71	90,29	-6,477
32	-5	27,57	27,57	37,28	62,72	-5,489
16	-4	15,1	15,1	52,38	47,62	-4,5
8	-3	8,72	8,72	61,1	38,9	-3,5
4	-2	9,01	9,01	70,11	29,89	-2,5
2	-1	8,36	8,36	78,47	21,53	-1,5
1	0	7,13	7,13	85,6	14,4	-0,5
0,5	1	4,83	4,83	90,43	9,57	0,5
0,25	2	2,74	2,74	93,17	6,83	1,5
0,125	3	1,49	1,49	94,66	5,34	2,5
0,063	3,99	1,07	1,07	95,73	4,27	3,494
3,20E-02	4,97	0,69	0,69	96,42	3,58	4,477
6,10E-05	14	3,58	3,58	100	0	9,483

Tabelle II.16: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 137

	%		%
		STEINE	5
Grobkies	82	**KIES**	91
Mittelkies	7		
Feinkies	2		
Grobsand	1	**SAND**	3
Mittelsand	1		
Feinsand	1		
Grobsilt	0	**SILT**	0
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	0

Kies
schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	2,4	50,2
BEIER	2,1E+00	49,5
BIALAS	6,6E+00	54,7

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-5,16	-4,89
Standarddev.	0,9	1,79
Skewness	0,44	4,33
Kurtosis	3,12	25,97
Mean-cubed dev.	----	24,94

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	3,7369	-1,9
D90/10	14,4112	-3,85
D84/16	23,2193	-4,54E+00
D80/20	26,2772	-4,72E+00
D75/25	31,2601	-4,97E+00
D50/50	37,8745	-5,24E+00
D40/60	40,6196	-5,3441
D25/75	45,2938	-5,5012
D16/84	51,5451	-5,6878
D5/95	62,6576	-5,9694
D1/99	114,7380	-6,8422

Ungleichförmigkeitszahl	
U (d60/d10):	2,82

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	4,64	4,64	4,64	95,36	-6,477
32	-5	69,56	69,56	74,2	25,8	-5,489
16	-4	14,83	14,83	89,03	10,97	-4,5
8	-3	4,22	4,22	93,25	6,75	-3,5
4	-2	1,65	1,65	94,9	5,1	-2,5
2	-1	0,97	0,97	95,87	4,13	-1,5
1	0	0,87	0,87	96,74	3,26	-0,5
0,5	1	0,67	0,67	97,41	2,59	0,5
0,25	2	0,73	0,73	98,14	1,86	1,5
0,125	3	0,69	0,69	98,83	1,17	2,5
0,063	3,99	0,41	0,41	99,24	0,76	3,494
3,20E-02	4,97	0,16	0,16	99,4	0,6	4,477
2,44E-04	12	0,6	0,6	100	0	8,483

Tabelle II.17: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 144

	%		%
Grobkies	37	**KIES**	74
Mittelkies	24		
Feinkies	13		
Grobsand	13	**SAND**	24
Mittelsand	8		
Feinsand	2		
Grobsilt	0	**SILT**	1
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	1

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	1,6E-03	17,3
BIALAS	5,5E-03	22,8

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-2,89	-2,75
Standarddev.	2,53	2,72
Skewness	0,41	1,33
Kurtosis	0,8	5,25
Mean-cubed dev.	----	26,86

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	0,2771	1,8514
D90/10	0,5196	0,9446
D84/16	0,8582	2,21E-01
D80/20	1,1999	-2,63E-01
D75/25	1,8948	-9,22E-01
D50/50	12,3079	-3,62E+00
D40/60	18,3998	-4,2016
D25/75	29,0039	-4,8582
D16/84	38,5511	-5,2687
D5/95	56,2226	-5,8131
D1/99	61,5686	-5,9441

Ungleichförmigkeitszahl	
U (d60/d10):	35,41

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
32	-5	21,78	21,78	21,78	78,22	-5,489
16	-4	22,44	22,44	44,22	55,78	-4,5
8	-3	14,12	14,12	58,34	41,66	-3,5
4	-2	9,19	9,19	67,53	32,47	-2,5
2	-1	6,89	6,89	74,42	25,58	-1,5
1	0	7,62	7,62	82,04	17,96	-0,5
0,5	1	8,37	8,37	90,41	9,59	0,5
0,25	2	5,12	5,12	95,53	4,47	1,5
0,125	3	1,99	1,99	97,52	2,48	2,5
0,063	3,99	0,82	0,82	98,34	1,66	3,494
0,032	4,97	0,34	0,34	98,68	1,32	4,477
2,44E-04	12	1,32	1,32	100	0	8,483

Tabelle II.18: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 147a

	%		%
		STEINE	18
Grobkies	53	**KIES**	70
Mittelkies	11		
Feinkies	6		
Grobsand	6	**SAND**	11
Mittelsand	4		
Feinsand	1		
Grobsilt	0	**SILT**	0
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	0

sandiger Kies
sehr schlecht sortiert

k-Werte	NP
m/s	%
HAZEN ----	--
BEIER 1,2E-02	26,1
BIALAS 6,3E-01	44,1

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-4,51	-4,35
Standarddev.	2,14	2,38
Skewness	0,52	2
Kurtosis	1,95	7,93
Mean-cubed dev.	----	27,01

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	5,44E-01	0,8797
D90/10	1,3845	-0,469
D84/16	4,7933	-2,26E+00
D80/20	9,4369	-3,24E+00
D75/25	16,3759	-4,03E+00
D50/50	34,8969	-5,13E+00
D40/60	39,8036	-5,3148
D25/75	50,0159	-5,6443
D16/84	71,1715	-6,1532
D5/95	110,6224	-6,7895
D1/99	122,5222	-6,9369

Ungleichförmigkeitszahl

U (d60/d10):	28,75

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	18,11	18,11	18,11	81,89	-6,477
32	-5	38,5	38,5	56,61	43,39	-5,489
16	-4	18,75	18,75	75,36	24,64	-4,5
8	-3	5,88	5,88	81,24	18,76	-3,5
4	-2	3,69	3,69	84,93	15,07	-2,5
2	-1	3,25	3,25	88,18	11,82	-1,5
1	0	3,46	3,46	91,64	8,36	-0,5
0,5	1	3,78	3,78	95,42	4,58	0,5
0,25	2	2,55	2,55	97,97	2,03	1,5
0,125	3	1,1	1,1	99,07	0,93	2,5
0,063	3,99	0,38	0,38	99,45	0,55	3,494
3,20E-02	4,97	0,09	0,09	99,54	0,46	4,477
1,22E-04	13	0,46	0,46	100	0	8,983

Tabelle II.19: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 148

	%		%
		STEINE	6
Grobkies	30	**KIES**	57
Mittelkies	10		
Feinkies	7		
Grobsand	9	**SAND**	23
Mittelsand	10		
Feinsand	4		
Grobsilt	1	**SILT**	1
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	1

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

k-Werte	NP
m/s	%
HAZEN ----	--
BEIER 5,9E-04	12,7
BIALAS 2,8E-03	19,7

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-3,24	-3,15
Standarddev.	2,95	3,34
Skewness	0,77	1,39
Kurtosis	0,83	4,5
Mean-cubed dev.	----	51,92

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	1,42E-01	2,8202
D90/10	0,3123	1,68E+00
D84/16	0,5687	8,14E-01
D80/20	0,8921	1,65E-01
D75/25	1,8624	-8,97E-01
D50/50	30,6029	-4,94E+00
D40/60	35,9019	-5,166
D25/75	40,3035	-5,3328
D16/84	47,9674	-5,584
D5/95	69,3263	-6,1153
D1/99	111,6701	-6,8031

Ungleichförmigkeitszahl

U (d60/d10):	114,95

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	5,88	5,88	5,88	94,12	-6,477
32	-5	43,14	43,14	49,02	50,98	-5,489
16	-4	11,33	11,33	60,35	39,65	-4,5
8	-3	5,53	5,53	65,88	34,12	-3,5
4	-2	4,49	4,49	70,37	29,63	-2,5
2	-1	4,18	4,18	74,55	25,45	-1,5
1	0	4,5	4,5	79,05	20,95	-0,5
0,5	1	6,15	6,15	85,2	14,8	0,5
0,25	2	6,71	6,71	91,91	8,09	1,5
0,125	3	3,6	3,6	95,51	4,49	2,5
0,063	3,99	1,71	1,71	97,22	2,78	3,494
3,20E-02	4,97	0,56	0,56	97,78	2,22	4,477
2,44E-04	12	2,22	2,22	100	0	8,483

Tabelle II.20: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 150

	%		%
		STEINE	6
Grobkies	30	**KIES**	57
Mittelkies	14		
Feinkies	13		
Grobsand	14	**SAND**	26
Mittelsand	8		
Feinsand	4		
Grobsilt	3	**SILT**	10
Mittelsilt	4		
Feinsilt	3		
		TON	1

siltiger Sandkies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	1,1E-05	0
BIALAS	6,3E-04	13

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-2,10	-1,74
Standarddev.	3,89	4
Skewness	0,34	0,99
Kurtosis	0,95	3,27
Mean-cubed dev.	----	63,1

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	8,51E-03	6,877
D90/10	0,042	4,57E+00
D84/16	0,2467	2,02E+00
D80/20	0,4684	1,09E+00
D75/25	0,7621	3,92E-01
D50/50	6,2175	-2,64E+00
D40/60	14,1619	-3,8239
D25/75	37,2518	-5,2192
D16/84	51,2352	-5,6791
D5/95	68,1082	-6,0898
D1/99	103,1714	-6,6889

Ungleichförmigkeitszahl

U (d60/d10):	337,52

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	5,91	5,91	5,91	94,09	-6,477
32	-5	22,6	22,6	28,51	71,49	-5,489
16	-4	9,97	9,97	38,48	61,52	-4,5
8	-3	8,48	8,48	46,96	53,04	-3,5
4	-2	8,32	8,32	55,28	44,72	-2,5
2	-1	7,99	7,99	63,27	36,73	-1,5
1	0	8,3	8,3	71,57	28,43	-0,5
0,5	1	7,98	7,98	79,55	20,45	0,5
0,25	2	4,38	4,38	83,93	16,07	1,5
0,125	3	3,24	3,24	87,17	12,83	2,5
0,063	3,99	2,08	2,08	89,25	10,75	3,494
3,20E-02	4,97	1,25	1,25	90,5	9,5	4,477
1,60E-02	5,97	1,814	1,814	92,314	7,686	5,466
8,00E-03	6,97	2,954	2,954	95,269	4,731	6,466
4,00E-03	7,97	2,356	2,356	97,625	2,375	7,466
2,00E-03	8,97	1,235	1,235	98,86	1,14	8,466
1,00E-03	9,97	0,684	0,684	99,544	0,456	9,466
5,00E-04	10,97	0,428	0,428	99,971	0,029	10,466
3,05E-05	15	0,029	0,029	100	0	12,983

Tabelle II.21: Ergebnisse der Korngrößenuntersuchungen - Sedimentprobe im Einzugsgebiet 151

	%		%
		STEINE	9
Grobkies	34	**KIES**	71
Mittelkies	23		
Feinkies	14		
Grobsand	12	**SAND**	19
Mittelsand	6		
Feinsand	1		
Grobsilt	0	**SILT**	1
Mittelsilt	0		
Feinsilt	0		
		TON	1

sandiger Kies
extrem schlecht sortiert

	k-Werte	NP
	m/s	%
HAZEN	----	--
BEIER	3,3E-03	20,5
BIALAS	1,6E-02	27,6

Statistik:

	FOLK & WARD	Moment Verf.
Mean	-3,31	-3,19
Standarddev.	2,46	2,67
Skewness	0,35	1,35
Kurtosis	0,86	5,94
Mean-cubed dev.	----	25,74

Percentilen (Kurveninterpolation)

Percentile	mm	Phi
D95/5	3,90E-01	1,3586
D90/10	7,46E-01	4,22E-01
D84/16	1,3363	-4,18E-01
D80/20	1,9121	-9,35E-01
D75/25	2,9391	-1,56E+00
D50/50	14,6793	-3,88E+00
D40/60	21,9353	-4,4552
D25/75	37,1955	-5,2171
D16/84	49,7447	-5,6365
D5/95	78,0722	-6,2867
D1/99	111,6082	-6,8023

Ungleichförmigkeitszahl

U (d60/d10):	29,39

Rohdaten

mm	Phi	Eingabe	%	%-Summe aufstg.	%-Summe abstg.	Kornkl. mpkt.
63	-5,98	8,78	8,78	8,78	91,22	-6,477
32	-5	20,83	20,83	29,61	70,39	-5,489
16	-4	18,5	18,5	48,11	51,89	-4,5
8	-3	13,9	13,9	62,01	37,99	-3,5
4	-2	9,31	9,31	71,32	28,68	-2,5
2	-1	8,17	8,17	79,49	20,51	-1,5
1	0	7,62	7,62	87,11	12,89	-0,5
0,5	1	6,24	6,24	93,35	6,65	0,5
0,25	2	3,53	3,53	96,88	3,12	1,5
0,125	3	1,35	1,35	98,23	1,77	2,5
0,063	3,99	0,54	0,54	98,77	1,23	3,494
3,20E-02	4,97	0,23	0,23	99	1	4,477
1,22E-04	13	1	1	100	0	8,983