



Geologische Bundesanstalt

Projekt ÜLG-065/F

Computergestützte lithologische Charakterisierung von regenerativen
Wildbachsedimenten in Österreich hinsichtlich ihrer Qualität und Nutzbarkeit
als Baurohstoffe

„Regenerative Mineralrohstoffe Österreich II“

Bericht über das Arbeitsjahr 2017/18

von

S. PFLEIDERER, J. RABEDER, H. REITNER, B. TRÄXLER



iii + 21 Seiten, 9 Abbildungen, 6 Tabellen, 2 Beilagen

Wien, Mai 2018

Projektleitung und verantwortliche Durchführung:

Dr. S. Pfeleiderer

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter:

Dr. S. Pfeleiderer	Rohstoffgeologie
Mag. J. Rabeder	Sedimentgeologie, Rohstoffgeologie
and.geol. H. Reitner	GIS-Bearbeitung, Datenbanken
Mag. B. Traxler	GIS-Bearbeitung

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

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

INHALT

Zusammenfassung.....	1
1. Ausgangslage.....	2
2. Ziele und Inhalte des Projektes	3
3. Arbeitsschritte und vorläufige Ergebnisse.....	4
3.1. Vorhersage des lithologischen Spektrums im Sediment	5
3.2. Trenderkennung von Materialparametern.....	7
3.3. Vorhersage der Eignung als Baurohstoff	13
3.4. Verifizierung der Eignung anhand von Abbaudaten.....	16
3.5. Attributierung der Lockergesteinskarte.....	18
4. Weiteres Arbeitsprogramm.....	20
5. Literatur	20

Beilagen

- Beilage 1: Ergebnisdokumentation der 59 Sedimentproben – Einzugsgebietsparameter, vorhergesagtes und tatsächliches lithologisches Spektrum, Materialparameter, vorhergesagte und tatsächliche Eignung
- Beilage 2: Zusammenstellung von Anforderungen an natürliche Gesteinskörnungen je nach Verwendungszweck

Zusammenfassung

In alpinen Gebieten stellen Schwemmfächer, Schuttkegel und Talfüllungen bedeutende Kiessand-Ressourcen dar. Diese (geologisch gesehen schnell, das heißt in menschlichen Zeiträumen) nachwachsenden Lockergesteine leisten einen wesentlichen Beitrag zur Versorgung mit Baurohstoffen. Die Bewertung der Vorkommen hinsichtlich ihrer Materialqualität, Rohstoffeignung und potenzieller Nutzbarkeit steht im Fokus des Forschungsschwerpunktes „Regenerat“ der Geologischen Bundesanstalt.

Das derzeitige Projekt „Regenerat Österreich II“ konzentriert sich einerseits auf eine Vorabschätzung der Rohstoffqualität von Wildbachsedimenten, andererseits auf eine Abschätzung der Volumina und Akkumulationsraten dieser Vorkommen. Das Gesamtvolumen von Wildbachsedimenten, die sich vor Österreichs Tal- oder Geschiebesperren anhäufen, wird von der Wildbach- und Lawinenverbauung auf 60 Mio. m³ geschätzt. Jährlich werden circa 0,5 Mio. m³ an Geschiebemengen geräumt, bei entsprechender Qualität könnte ein Teil dieses Materials als Kiessand-Ressource verwendet werden.

Während im ersten Projektjahr die Abgrenzung der Einzugsgebiete von Tal- und Geschiebesperren sowie die Charakterisierung der Morphologie und Geologie mit GIS-Routinen im Vordergrund standen, wurde in diesem Projektjahr zunächst die Vorhersage des lithologischen Spektrums der Sedimente und deren Materialparameter vorgenommen. Hierfür wurden die im Vorprojekt an 59 Sedimentproben durchgeführten Bestimmungen von Sortierung, Rundung, Kornform und Feinkornanteil mit der Lithologie sowie mit Transportweite, Reliefenergie und Hangneigung korreliert und Trends quantitativ beschrieben.

Danach wurde die Eignung der Sedimente als Baurohstoff abgeschätzt. Hierfür wurden Anforderungskriterien an natürliche Gesteinskörnungen aus österreichischen und europäischen Normen zusammengestellt und ein Abfrageschema entwickelt, um die potentielle Verwendung im Hoch- und Tiefbau, im Straßenbau, im Bahn-, Wasser- und Wegebau oder als Baumaterial im Allgemeinen vorherzusagen und notwendige Aufbereitungsmaßnahmen anzugeben.

Die vorhergesagten Materialeigenschaften, Eignungsklassen und Aufbereitungsmaßnahmen werden anschließend anhand von Daten über Aufbereitung und Verwendung bei aktiven und ehemaligen Abbaustellen stichprobenartig verifiziert. Hierfür wurden die Basisdaten aus der Abbaudatenbank der Geologischen Bundesanstalt zusammengestellt und aufbereitet. Bei dem im nächsten Projektjahr durchzuführenden Vergleich mit den Vorhersagen werden die entwickelten Methoden wenn nötig adaptiert und die Prognosen neu berechnet, damit die abgeleiteten Ergebnisse bestmöglich den tatsächlichen Daten entsprechen. Anschließend werden die Prognosen den Sedimentkörpern und Talsperren als zusätzliche Spalten in der Attributtabelle der Lockergesteinskarte beziehungsweise dem Datensatz der Talsperren zugeordnet. Dies wird ein Abfragen sämtlicher Projektergebnisse in der Lockergesteinskarte ermöglichen.

Für das Projektjahr 2018 / 2019 ist außerdem geplant, Volumen und Akkumulationsraten von Sedimentkörpern anhand von gut untersuchten Fallbeispielen zu untersuchen. Materialnachschieb bei Talsperren in Abhängigkeit von Morphologie und Geologie des Liefergebietes wird anhand von Daten über Räumungsmassen quantifiziert. Die aktuo-geologische Untersuchung und Quantifizierung des regenerativen Anteils von Schwemmfächern wird an ausgewählten Ablagerungen durch Mehrfach-Überfliegung mittels Drohnen und anschließender photogrammetrischer Auswertung nach periodisch wiederkehrenden Murgängen erfolgen.

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 Flussterrassen gewonnen werden, treten in den alpinen Gebieten geologische Körper wie Schwemmfächer, Schuttkegel und Talfüllungen als Liefergebiet für Kiessand-Akkumulationen 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-Liefergebiete 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; Moshhammer et al., 2002). Auch die Bewertung dieser Vorkommen hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit als Baurohstoffe wurde im Rahmen des Österreichischen Rohstoffplans seitens der Geologischen Bundesanstalt durchgeführt (Pfleiderer et al., 2007).

In einem Pilotprojekt (Pfleiderer et al., 2012) wurde eine GIS-Methodik zur Vorhersage der lithologischen Zusammensetzung von Lockergesteinskörpern und zur Berechnung morphologischer Kennwerte deren Einzugsgebiete entwickelt und an einigen Fallbeispielen angewendet. Sedimenttrends wurden formuliert, um die Ergebnisse in Materialeigenschaften umzusetzen. Die Umsetzung wurde mithilfe von Daten aus visuellen und automatisierten sedimentpetrographischen Geröllanalysen kalibriert. Sämtliche Berechnungen, Umsetzungen und Schlussfolgerungen des Pilotprojektes basierten auf einer beschränkten Anzahl von Fallbeispielen.

Mittels der entwickelten GIS-Werkzeuge wurden in einem nachfolgenden Projekt (Pfleiderer et al., 2016) österreichweit 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 damals 59 Proben, davon 22 aus Talfüllungen, 34 aus Schwemm-/Schuttkegeln und drei aus Hangschuttkörpern, beprobt und deren Gerölle im Labor untersucht. Bei der petrographischen Geröllanalyse wurden Korngrößenverteilung, Kornform und Kornrundung, Sphärizität und Gesteinsart (lithologisches Spektrum) bestimmt. Hinsichtlich des Lithospektrums ergab 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 betrug für alle Gesteinsarten insgesamt 4 %, bei Schiefen und Gneisen bis zu 10 %. Euklidische Distanzen für alle Probenpunkte betragen im Mittel 23 %.

Zusätzlich wurden die GIS-Berechnungen an 215 Geschiebesperren Vorarlbergs mit bekannten Geröllspektren getestet. Hierbei ergab 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 %. Es konnte also die

Schlussfolgerung gezogen werden, dass sich die Flächenanteile der in den Einzugsgebieten auftretenden Gesteinsarten in erster Näherung gut zur Vorhersage der lithologischen Zusammensetzung von Sedimentkörpern eignen.

In den bisherigen Projekten wurden ausschließlich Schwemmfächer, Schuttkegel und Talfüllungen untersucht, die als Sedimentkörper in geologischen Karten eingetragen sind. Laut Auskunft der Wildbach- und Lawinenverbauung fallen aber auch regelmäßig große Mengen von Wildbachsedimenten an Tal- oder Geschiebesperren an. Das Gesamtvolumen dieser Sedimente beträgt österreichweit circa 60 Mio. m³, die Lage der Sedimente ist durch Datensätze der Wildbach- und Lawinenverbauung bekannt. Jährlich werden circa 0,5 Mio. m³ an Geschiebemengen zu einem Preis von circa 12 – 18 Euro pro m³ geräumt. Bei entsprechender Qualität könnte ein Teil dieses Materials als Kiessand-Ressource verwendet werden. Zur Charakterisierung der Materialqualität kann dieselbe Methodik herangezogen werden, die in den bisherigen Projekten erfolgreich angewendet wurde.

Parallel zu den Arbeiten an der Geologischen Bundesanstalt (GBA) wird seitens der Universität für Bodenkultur (BOKU), Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, eine vom Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT), Abteilung III / 5 - Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) - beauftragte Studie durchgeführt, die die Methodik für ein Prüfverfahren zur Qualität von Räummaterial aus Wildbächen entwickelt, allerdings nicht hinsichtlich der Eignung als Baurohstoff, sondern hinsichtlich möglicher chemischer Kontaminationen. Dennoch ergeben sich thematische Überschneidungen und Synergien zwischen den Arbeiten von GBA und BOKU.

Neben der Qualität des Materials ist die rohstoffgeologische Eignung eines Sedimentkörpers auch von der Quantität abhängig. Hierfür ist die Kenntnis des Volumens der Vorkommen notwendig, eine Größe, die in den bisherigen Projekten nicht untersucht wurde. Volumen und Akkumulationsraten von Sedimentkörpern können entweder anhand von Erkundungsbohrungen oder geophysikalischen Untersuchungen quantifiziert oder anhand von gut untersuchten Fallbeispielen abgeschätzt werden (Otto & Schrott, 2010; Weber, 2003). Bei Talsperren geben Zeitreihen von Daten über Aushubmassen Auskunft über Akkumulationsraten.

2. Ziele und Inhalte des Projektes

Die Ziele des gegenständlichen Projektes sind einerseits eine Vorhersage der Rohstoffqualität regenerativer Kies-Sand-Vorkommen von Wildbachsedimenten im Übersichtsmaßstab, andererseits eine Abschätzung der Volumina und Akkumulationsraten dieser Vorkommen.

Rohstoffqualität

Die österreichweite Abgrenzung der Liefergebiete von Wildbachsedimenten und die Ableitung morphometrischer Parameter erfolgt – ausgehend von bestehenden Talsperren – mithilfe bereits entwickelter 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 der Abgrenzung der morphologischen Einzugsgebiete und der Ableitung morphometrischer Parameter werden die Gebiete mit geologischen Karten verschnitten, um die darin vorkommenden geologischen Einheiten, beziehungsweise deren Lithologien, zu identifizieren und deren prozentuale Flächenanteile am Einzugsgebiet zu berechnen.

Anhand der Morphologie und Geologie der Liefergebiete werden anschließend Vorhersagen zum Material der Wildbachsedimente (lithologische Zusammensetzung, Sortierung, Rundung, Feinkorn- und Mürbkornanteil) getroffen und die Eignung der Sedimente als Baurohstoffe abgeschätzt. Hierbei sind die verschiedenen Verwendungszwecke von natürlichen Gesteinskörnungen im Hoch- und Tiefbau (als Betonzuschlag, Putzsand, Mörtelsand, Splitt oder Edelsplitt), im Straßenbau (für ungebundene, hydraulisch gebundene oder bituminös gebundene Tragschichten oder als Bindemittel für Asphalt), im Wegebau (als Forststraßenschüttung), im Bahnbau (als Gleisschotter), im Wasserbau (als Wurfsteine oder Wasserbausteine) oder als Baumaterial im Allgemeinen (als Schüttmaterial, Filter- oder Drainagekies) zu beachten.

Die vorhergesagten Materialeigenschaften und Eignungsklassen werden anhand von Daten aktiver und ehemaliger Abbaustellen hinsichtlich Aufbereitung und Verwendung stichprobenartig verifiziert. Die Ergebnisse werden letztlich in den Datensatz der Lockergesteinskarte Österreich (Heinrich et al., 2014) überführt (Attributierung der Polygone).

Volumina und Akkumulationsraten

Die Abschätzung von Volumen und Akkumulationsraten erfolgt für Sedimentkörper anhand von gut untersuchten Fallbeispielen, für Talsperren anhand von Daten über Räumungsmassen.

Die aktuogeologische Untersuchung und Quantifizierung des regenerativen Anteils von Schwemmfächern erfolgt an ausgewählten Ablagerungen durch Mehrfach-Überfliegung mittels Drohnen und anschließender photogrammetrischer Auswertung nach periodisch wiederkehrenden Murgängen.

3. Arbeitsschritte und vorläufige Ergebnisse

Die Projektdurchführung ist in folgende Arbeitsschritte gegliedert:

- Datenakquisition
- Einzugsgebietsberechnung für Talsperren
- Vorhersage des lithologischen Spektrums im Sediment
- Trendberechnung von Sortierung, Rundung, Feinkorn- und Mürbkornanteil
- Einstufung der Eignung als Baurohstoff
- Verifizierung anhand von Abbaudaten
- Attributierung der Lockergesteinskarte
- Abschätzung von Volumina und Akkumulationsraten
- Abschätzung des regenerativen Anteils
- Ergebnisdarstellung in Jahresberichten

Die Arbeiten im ersten Projektjahr (2016-2017) umfassten programmgemäß die Datenakquisition und die Einzugsgebietsberechnung für Sedimentanhäufungen an Talsperren (Traxler et al., 2017). Im zweiten Projektjahr erfolgten nun die Vorhersage des lithologischen Spektrums im Sediment (Kap. 3.1.), die Trenderkennung von Materialparametern (Kap. 3.2.), die Einstufung der Eignung (Kap. 3.3.), die Verifizierung der Ergebnisse anhand von Abbaudaten (Kap. 3.4.) und die Umsetzung der Ergebnisse auf die Lockergesteinskarte (Kap. 3.5.).

3.1. Vorhersage des lithologischen Spektrums im Sediment

Die in den Einzugsgebieten vorkommenden geologischen Einheiten sind – wie bei allen geologischen Karten der Geologischen Bundesanstalt – lithostratigraphisch beschrieben. Zwar enthalten diese Beschreibungen meist auch lithologische Inhalte, jedoch musste eine Zuordnung von 7.478 Legendenzeilen zu lithologischen Hauptgruppen erst getroffen werden.

Die Hauptgruppen wurden ausgehend von den im Thesaurus der Geologischen Bundesanstalt definierten Lithologien gewählt. Im GBA Thesaurus sind 252 Gesteinstypen in 74 Hauptgruppen gegliedert. Diese Hauptgruppen wurden nach Rohstoff-geologisch relevanten Aspekten weiter zusammengefasst. Bei der Festlegung der Hauptgruppen waren Unterschiede in der Erosionsbeständigkeit, in den Verwitterungsarten der Gesteine und in der Qualität und Eignung der Verwitterungsprodukte als Baurohstoffe maßgeblich.

Die Erosionsbeständigkeit von geologischem Material wird von drei Faktoren bestimmt:

- Die **Gesteinsfestigkeit** hängt von der mineralogischen Zusammensetzung des Korngerüsts und des Bindemittels, vom Gefüge des Gesteins und vom Verwitterungsgrad ab. In der Norm zur Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels (EN ISO 14689-1) sind sieben Festigkeitsklassen (außerordentlich gering bis außerordentlich hoch) definiert. Diese entsprechen Klassen der einaxialen Druckfestigkeit, die nur an intakten Festgesteinsproben gemessen werden kann. Geschieferte, geschichtete oder geklüftete Gesteine können nach dem geologischen Festigkeitsindex gegliedert werden (Hoek & Brown, 1997).
- Die **Verwitterungsbeständigkeit** von Mineralen beschreibt den Widerstand der Minerale gegenüber physikalisch-mechanisch, chemisch, biologisch und biochemisch wirksamen Kräften (Insolation, Salzverwitterung, Frost-/Tauwechselbeständigkeit sowie gegen Salze und atmosphärische Gase). Die Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinen unterscheidet sich zum Teil wesentlich von der Verwitterungsbeständigkeit der Minerale. Die Ursache der oft geringen Verwitterungsbeständigkeit der Gesteine liegt meist in der Natur des mineralischen Bindemittels (Karbonate, Tonminerale und Eisenoxidhydrate gegenüber Quarz, Chalcedon), zum Beispiel bei Kalk- oder Quarzsandsteinen (Franke, 2009).
- Die **Kohäsion** beschreibt, wie stark die Anteile, aus denen das geologische Material aufgebaut ist, zusammenhalten. Aspekte wie Kornbindung, Bindemittelanteil und Gefüge beziehungsweise Trennflächen (also Korn- und Mineralgefüge, Bankung, Schichtung, Foliation, Schieferung, Klüftung) bestimmen die in-situ Gesteinsfestigkeit maßgeblich.

Insbesondere wegen der Gefüge und Trennflächen wird die Erosionsbeständigkeit oft indirekt abgeleitet, indem die Geländemorphologie, also die Ausbildung von Steilhängen, mit den vorherrschenden Gesteinstypen in Beziehung gesetzt wird (Selby, 1982; Augustinus, 1991; Budetta et al., 2000; Stutenbecker et al., 2016). Demnach sind Gesteine, die in Gebieten mit ausgeprägtem Geländere Relief vorherrschen, stärker erosionsbeständig als solche in flachen Gegenden. Hierbei muss allerdings auf regionale Faktoren wie Niederschlag, Temperaturschwankungen oder tektonische Beanspruchung und Vorgeschichte Rücksicht genommen werden. Eine Reihung der Gesteinstypen nach Erosionsbeständigkeit kann nur innerhalb von Gebieten gleicher klimatischer und tektonischer Situationen erfolgen (Riebe et al., 2001; Heidbach et al., 2010).

Als Synopsis der verschiedenen Ansätze zur Klassifizierung von Gesteinstypen und deren Erosionsbeständigkeit, Verwitterungsart und Verwitterungsprodukten zeigt Tabelle 3.-1 die

festgelegten lithologischen Hauptgruppen, eingeteilt in vier Klassen. Diese Klassifizierung wird in den weiteren Projektschritten als Arbeitshypothese verwendet. Es wird angenommen, dass sich die Gesteinstypen innerhalb einer Klasse bezüglich ihrer Verwitterungsprodukte und deren Qualität und Eignung als Baurohstoffe nach Erosion, Transport und Ablagerung ähnlich verhalten.

Tab. 3.-1: Lithologische Hauptgruppen, klassifiziert nach der Qualität ihrer Verwitterungsprodukte.

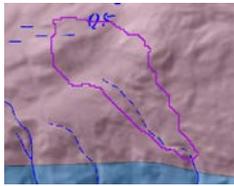
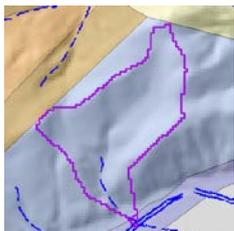
Klasse	Gesteinsart
1	Amphibolit, Aplit, Diabas, Diorit, Eklogit, Gabbro, Ganggestein, Granit, Granodiorit, Hornfels, Migmatit, Orthogneis, Peridotit, Quarzit
2	Andesit, Arkose, Basalt, Brekzie, Dazit, Dolerit, Gneis i.A., Grauwacke, Kalkstein, Konglomerat, Magmatit, Marmor, Metasandstein, Norit, Obsidian, Pegmatit, Porphyry, Prasinit, Quarzsandstein, Radiolarit, Rhyolit, Sandstein i.A., Vulkanit
3	Dolomit, glimmerreicher Gneis, Grünschiefer, Kalksandstein, Kalkschiefer, Kieselschiefer, Lydit, Magnesit, Mylonit, Paragneis, Rauhacke, Schiefer i.A., Serpentin, Tuffit
4	Anhydrit, Gips, Glimmerschiefer, Kohle, Kreide, Mergel, Phyllit, Schiefer, Siltstein, Steinsalz, Tonschiefer, Tonstein, Tuff

Die bei den petrographischen Geröllanalysen bestimmten Lithologien wurden diesen Hauptgruppen bereits im ersten Projektjahr zugeordnet (Träxler et al., 2017). Die bei den GIS Berechnungen innerhalb der Einzugsgebiete vorkommenden lithostratigraphischen Bezeichnungen (Legendenzeilen) wurden nun ebenso diesen Hauptgruppen zugeordnet. Hierbei finden sich auf den verwendeten geologischen Karten allerdings auskartierte Einheiten, die verschiedene Lithologien enthalten (z.B. „Hall-Formation: siltreicher Mergel, feinsandig, mit Sandsteinlagen“ oder „Alpiner Muschelkalk: dunkler Kalk und Dolomit, Rauhacke, Brekzie“). Diesen Bezeichnungen wurden mehrere Lithologien zugeordnet, wobei die Mischungsverhältnisse unbekannt bleiben. Bei der Umsetzung von Flächenanteilen der geologischen Polygone im Einzugsgebiet auf Prozentanteile der Gesteinsarten im Sediment mussten in diesen Fällen Mischungsangaben erfolgen (Tab. 3.-2 – Zeile c).

Kommen im Einzugsgebiet Lockergesteinseinheiten vor, wurden die Prozentanteile – unter der Annahme, dass die Lockergesteine aus Geröllen der anstehenden Festgesteine bestehen – anteilmäßig den Festgesteinsarten zugeschlagen (Tab. 3.-2, Zeile d). Dies ist bei heterogen zusammengesetzten Einzugsgebieten jedoch nicht immer zulässig (z.B. Schuttkegel nur unterhalb einer von mehreren Festgesteinseinheit). Übersteigt der Flächenanteil von Lockergesteinseinheiten 30 % wurde daher die Vorhersage des Lithospektrums im Sediment mit der Anmerkung „> 30 % Lockergesteinsanteil im Einzugsgebiet“ versehen.

Kommen im Einzugsgebiet größere Flächenanteile von Moränensedimenten vor, ist der Ansatz der Herleitung des Lithospektrums im Sediment anhand der anstehenden Festgesteine nicht mehr zulässig, da die vom Gletscher transportierten Gerölle auch von Gebieten außerhalb des heutigen morphologischen Liefergebietes stammen. Übersteigt der Flächenanteil von Moränenablagerungen 20 % wurde daher die Vorhersage des Lithospektrums im Sediment mit der Anmerkung „> 20 % Moränenanteil im Einzugsgebiet“ versehen. In diesem Fall ist die Vorhersage möglicherweise mit großen Fehlern behaftet.

Tab. 3.-2: Vorhersage des lithologischen Spektrums im Sediment anhand von Flächenanteilen der geologischen Polygone im Einzugsgebiet.

	Einzugsgebiet		Sediment
	Legendenzeile / Flächenanteil	Lithologien / Flächenanteil	Vorhersage Lithospektrum
a) 	Wölz-, Rappold- und Radenthein-Komplex 100 %	Glimmerschiefer, Granatglimmerschiefer, z.T. mit Staurolith und Disthen 100 %	100 % Glimmerschiefer
b) 	Dachsteinkalk, gebankt (Nor - Rhät) / 90 % Hauptdolomit (?Karn - Nor) / 10 %	90 % Kalkstein; 10 % Dolomit	90 % Kalkstein; 10 % Dolomit
c) 	Wettersteinkalk, Wetterstein- und Ramsaudolomit; Anisium – Karnium 100 %	Kalkstein, Dolomit 100%	100 % Mischung aus Kalkstein und Dolomit
d) 	Dachsteinkalk, Lagunen- Fazies (Norium - Rhätium) 84 % Schuttkegel, Schuttfeld, Schuttrinne 16%	Kalkstein / 84 % Lockergestein / 16 %	100 % Kalkstein

3.2. Trenderkennung von Materialparametern

Theoretisch nehmen mit zunehmender Transportweite die Kornrundung zu und die Korngröße ab (Abb. 3.-1). Die Herausforderung der Materialparameter-Prognosen ist, diese Abhängigkeit quantitativ zu erfassen (z.B. wie stark nimmt die Korngröße bei welcher Entfernung ab). Hierfür geben die in den Vorprojekten (Pfleiderer et al., 2012 und 2016) gewonnenen 59 Sedimentproben die Möglichkeit, Trends zu beschreiben.

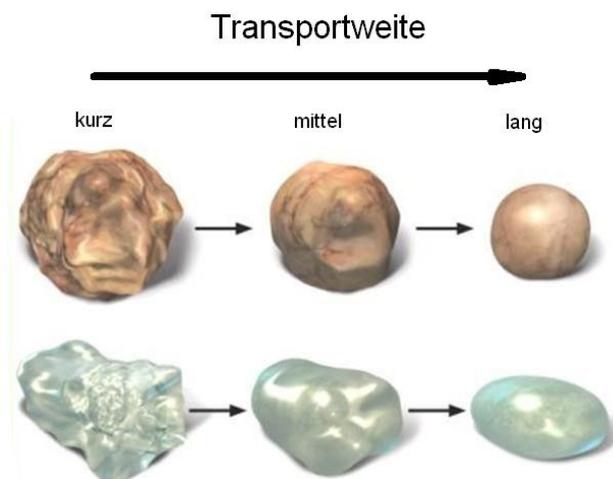


Abb. 3.-1: Kornrundung und -größe in Abhängigkeit von der Transportweite.

Die beobachteten **Rundungsklassen** liegen generell zwischen eckig und angerundet, selten treten extreme Klassen (sehr eckig, gut gerundet) auf. Der Rundungsgrad entwickelt sich für verschiedene Gesteinsarten entlang des Transportweges unterschiedlich (Abb. 3.-2). Für weiche Gesteine (Klasse 4 in Tab. 3.-1) lässt sich in den oberen, steilen Bereichen der Einzugsgebiete (bis ca. 2 km Transportweite) eine ausgeprägte Zunahme der Rundung beobachten, in den unteren, flachen Bereichen hingegen nimmt die Rundung weniger stark zu. Für harte Gesteine (Klasse 2 in Tab. 3.-1) zeigt sich in den steilen Bereichen eine leichte Zunahme der Rundung, in den unteren Bereichen ist dieser Effekt nicht mehr gegeben und der Rundungsgrad bleibt konstant. Die 59 beprobten Einzugsgebiete weisen eine maximale Länge von 16 km auf. Die Daten der Geröllanalysen zeigen, dass die Rundung von harten Gesteinsgeröllen innerhalb dieser Transportweiten nicht weiter fortschreitet als bis zur Rundungsklasse „eckig“. Eine weitere Rundung von harten Gesteinsarten, wie sie z.B. von gut gerundeten Donaukiesen bei Wien bekannt ist, tritt erst bei weit längeren Transportweiten ein.

Die Vorhersage von Rundungsgraden erfolgt mit diesen Erkenntnissen gemäß Tab. 3.-3.

Tab. 3.-3: Vorhersage der Rundungsgrade von Geröllen je nach Gesteinsklasse und Transportweite.

Gesteinsklasse	Rundungsklasse bei Transportweiten < 2 km	Rundungsklasse bei Transportweiten > 2 km
1	eckig bis eckig mit beginnender Kantenrundung	eckig mit beginnender Kantenrundung
2	eckig bis eckig mit beginnender Kantenrundung	eckig mit beginnender Kantenrundung
3	eckig bis eckig mit beginnender Kantenrundung	eckig mit beginnender Kantenrundung bis angerundet
4	eckig bis eckig mit beginnender Kantenrundung	eckig mit beginnender Kantenrundung bis angerundet

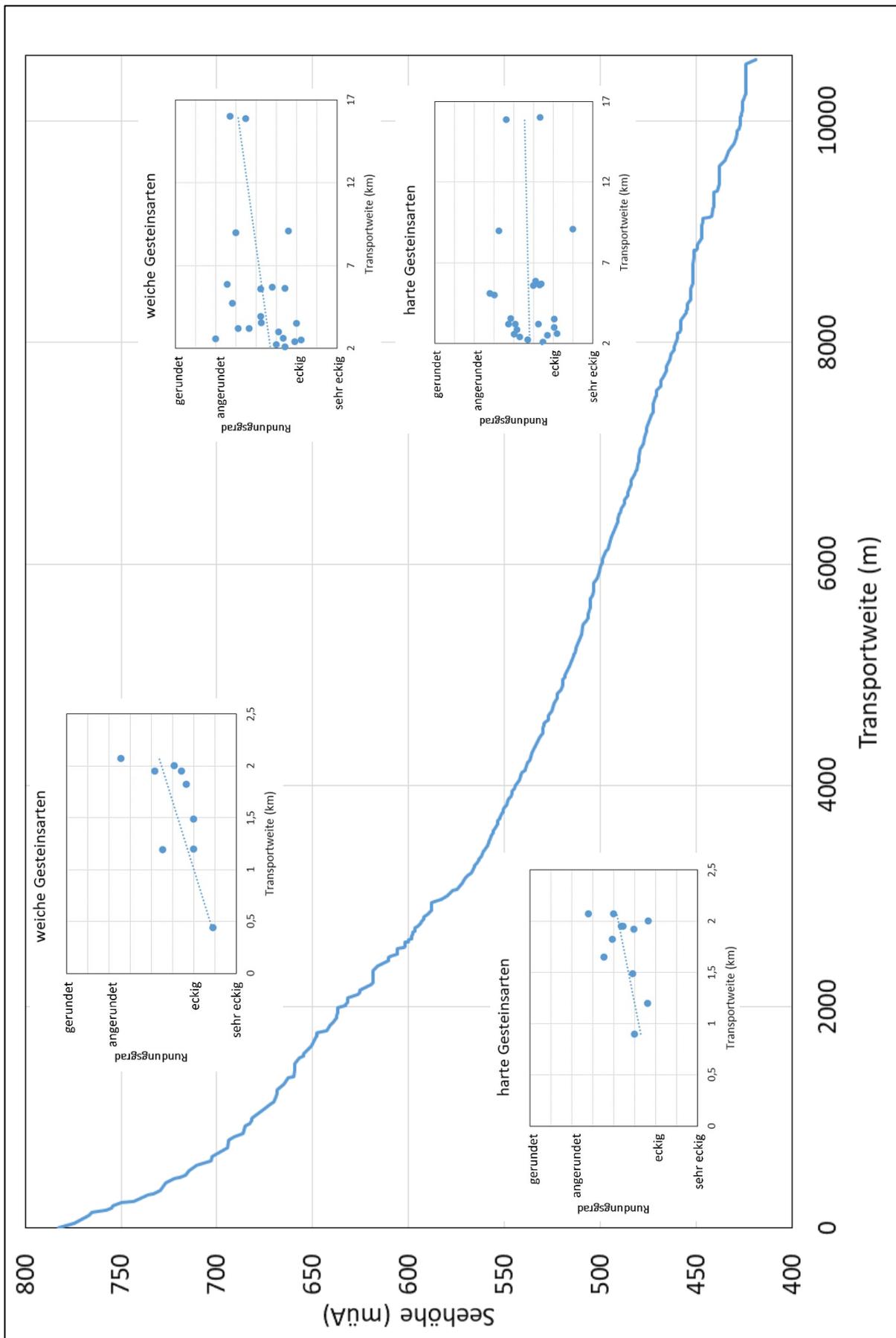


Abb. 3.-2: Kornrundung als Funktion der Transportweite und beispielhaft das Höhenprofil des Weißenbachs (Niederösterreich, östlich von Scheibbs).

Für die **Kornform** ist ausschließlich die Art des Ausgangsgesteins maßgeblich, und zwar nicht die Festigkeit sondern das Gefüge (Schieferung, Schichtung). Die Transportweite hat auf die Form keinen Einfluss. Die Daten der manuellen Geröllanalysen (38 Sedimentproben) zeigen, dass die Ausgangsgesteine Tonstein, Schiefer, Phyllit, Paragneis oder Glimmerschiefer sehr selten würfelige Gerölle ergeben, hingegen Dolomite, Granite, Kalksteine, Konglomerate, Metasandsteine, Pegmatite oder Prasinite sehr selten plattige Komponenten ergeben. Die Auswertung der mittels Petroskop durchgeführten Kornform-Messungen (21 Sedimentproben), bei denen die Achsenverhältnisse automatisch quantitativ bestimmt werden, ergibt, dass Gerölle aus Glimmerschiefer und Phyllit erwartungsgemäß plattig, aus Orthogneis, Sandstein, Kalkstein oder Dolomit eher würfelig ausgebildet sind (Abb. 3.-3, Pfeleiderer et al., 2017).

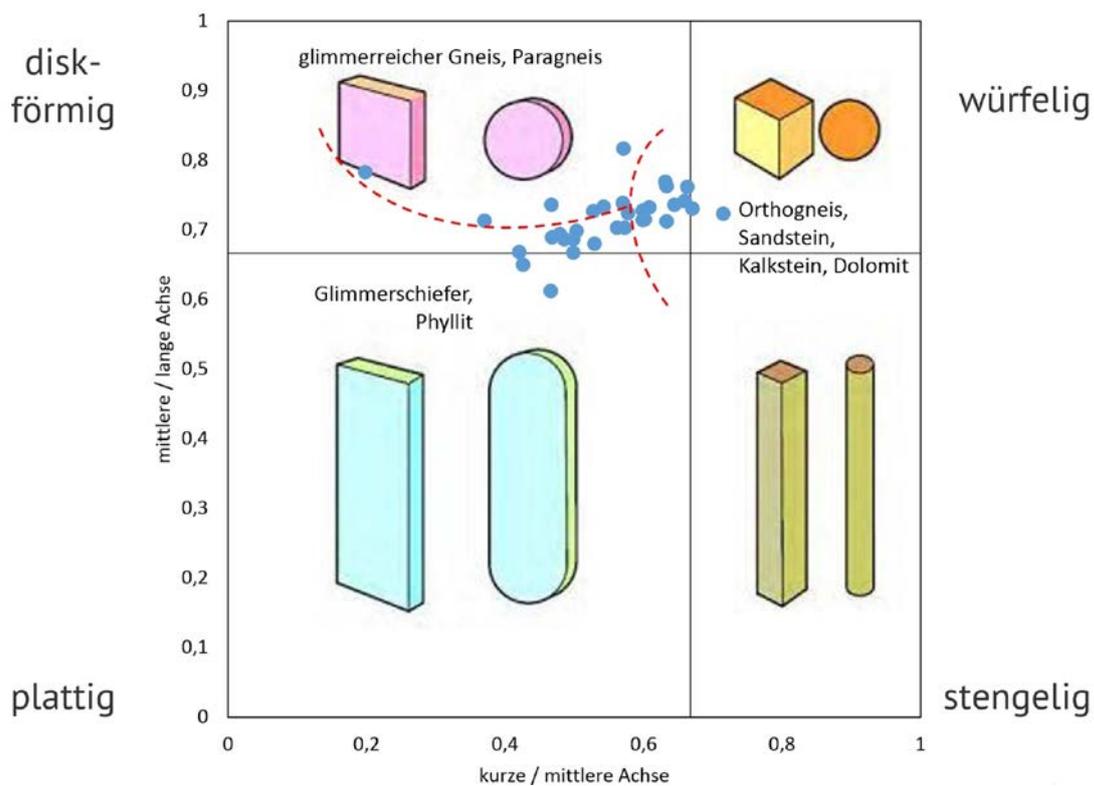


Abb. 3.-3: Kornform als Funktion des Ausgangsgesteins.

Die Vorhersage von Kornformen erfolgt mit diesen Erkenntnissen gemäß Tab. 3.-4.

Tab. 3.-4: Vorhersage der Kornformen von Geröllen je nach Lithologie.

Lithologie	Kornform			
	würfelig	stängelig	disk-förmig	plattig
Gneis i.A.	x	x	x	x
Brekzie, Konglomerat, Rauhwacke	x	x	x	
Amphibolit	x	x		
Dolomit, Kalksandstein, Kalkstein, Metasandstein, Sandstein i.A., Tuffit	x		x	
Diabas, Diorit, Granit, Granodiorit, Lydit, Marmor, Migmatit, Orthogneis, Pegmatit, Prasinit, Quarz, Quarzit, Quarzsandstein, Radiolarit	x			
Grünschiefer, Kalkschiefer, Kieselschiefer, Kohle, Mergel, Schiefer i.A., glimmerreicher Gneis, Paragneis			x	x
Glimmerschiefer, Phyllit, Schiefer-ton, Tonschiefer, Tonstein				x

Die in Abb. 3.-1 dargestellte Abnahme der **Korngröße** mit zunehmender Transportweite lässt sich anhand der Geröllanalysen (59 Sedimentproben) quantifizieren (Abb. 3.-4). In den oberen Bereichen der Einzugsgebiete zeigt sich eine große Streuung der durchschnittlichen Korngrößen (d_{50}) zwischen 1 mm (Grobsand) und 40 mm (Grobkies). Ab ca. 10 km Transportweite erreicht d_{50} maximal nur noch 20 mm (Mittelkies). Dieser (schwache) Trend wurde allerdings nicht zu Vorhersagen der mittleren Korngröße im Sediment herangezogen.

In Abb. 3.-1 nicht dargestellt ist die Beziehung zwischen **Sortierung** und Transportweite, die theoretisch auch positiv korrelieren. Als Maß für die Sortierung gilt unter anderem die Ungleichförmigkeitszahl $U = d_{60}/d_{10}$. Diese liegt bei gleichförmig sortierten Sedimenten unter 5, bei sehr ungleichförmiger Sortierung über 15. Mit Ausnahme von zwei Sedimentproben zeigen sämtliche Proben eine ungleichförmige Sortierung (Abb. 3.-5). Die Werte schwanken zwischen $U = 10$ und $U = 15.000$ (extrem schlecht sortiert). Mit zunehmender Transportweite zeigen sich, ähnlich wie bei d_{50} in Abb. 3.-4, ab einer Transportweite von ca. 10 km nur noch geringere Werte (16 – 60). Auch dieser Trend wurde nicht zu Vorhersagen der Sortierung im Sediment herangezogen.

Der **Feinkornanteil** liegt bei den 59 durchgeführten Geröllanalysen zwischen 0,5 % und 24,3 % mit einem Medianwert von 4,5 %. Plausible Korrelationen etwa mit der Transportweite oder der Ablagerungsart lassen sich nicht erkennen, sodass eine Vorhersage des Feinkornanteils nicht möglich ist. Eine schwache Korrelation ergibt sich jedoch mit der im Einzugsgebiet vorherrschenden Gesteinsart (Tab. 3.-5), wobei weiche Gesteinsarten (Glimmerschiefer, Paragneis, Phyllit) erwartungsgemäß den höchsten mittleren Feinanteil zeigen.

In Beilage 1 sind die Ergebnisse der 59 Sedimentproben dargestellt. Die Karte zeigt die Lage der Einzugsgebiete auf der Geologischen Übersichtskarte 1:1.500.000 (Schuster et al., 2013), die Tabelle listet die morphologischen Parameter der im GIS abgeleiteten Einzugsgebiete (Fläche, Transportweite, Neigung), das lithologische Spektrum der Sedimente (laut petrographischer Geröllanalyse und laut GIS-Vorhersage) und Materialparameter der Sedimente (tatsächlicher und vorhergesagter Mürbkornanteil, Feinanteil, mittlere Korngröße und Ungleichförmigkeit) auf.

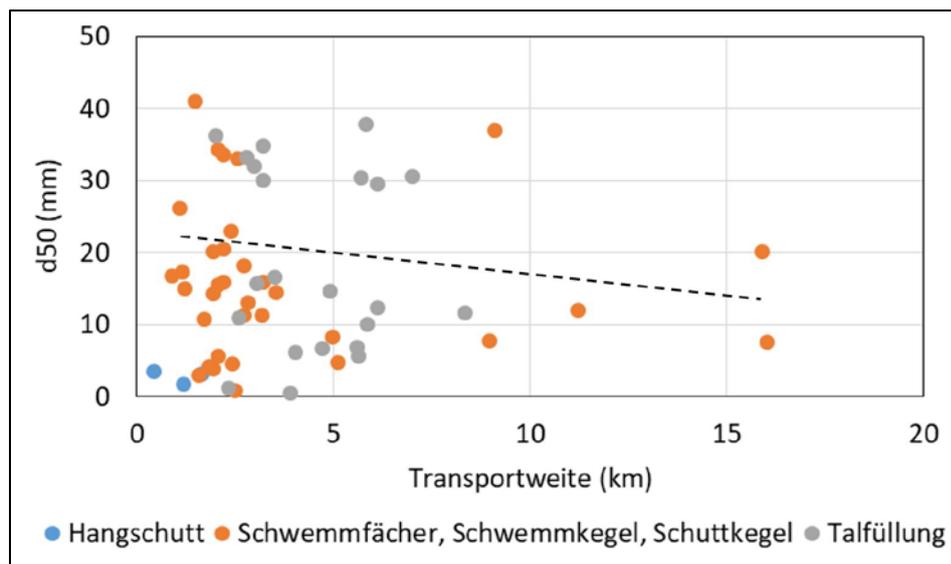


Abb. 3.-4: Abnahme der mittleren Korngröße (d_{50}) mit zunehmender Transportweite.

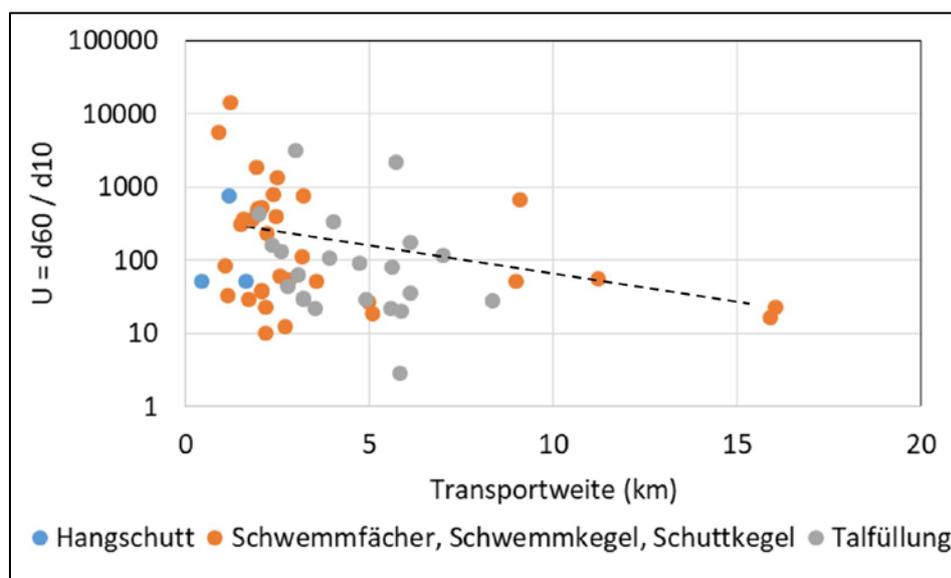


Abb. 3.-5: Abnahme der Ungleichförmigkeitszahl (U) mit zunehmender Transportweite.

Tab. 3.-5: Feinkornanteil je nach im Einzugsgebiet vorherrschender Gesteinsart.

vorherrschende Gesteinsart im Einzugsgebiet	Feinkornanteil (< 0,063 mm) in %		
	Minimum	Median	Maximum
Granit, Orthogneis	0,8	3,5	9,7
Sandstein	1,6	4,3	24,3
Kalkstein, Dolomit	0,9	4,9	22,5
Glimmerschiefer, Paragneis, Phyllit	0,5	5,2	22,7

3.3. Vorhersage der Eignung als Baurohstoff

Für die Verwendung von natürlichen Gesteinskörnungen sind die Sieblinie, die Kornform, die Rundung, der Mürbkornanteil und die lithologische Zusammensetzung entscheidend. Die Anforderungen sind je nach Verwendungszweck in verschiedenen Normen festgelegt und in Beilage 2 aufgelistet.

- **Sieblinie:** Während Terrassenkiese eine Sieblinie aufweisen, die die Verwendung beispielsweise als Betonkies teilweise ohne Aufbereitung erlaubt, sind die Kiessande von Schwemmfächern oder Hangschuttkegeln generell so schlecht sortiert (Abb. 3.-5), dass eine Siebung des Sediments und die Herstellung von geeigneten Sieblinien durch Mischung von Korngrößenklassen erforderlich sind. Für Betonkies ist eine Sieblinie aus ca. 40 % Sand und 60 % Kies erforderlich, also $d_{40} = 2 \text{ mm}$. Dies ist nur bei 5 der 59 Sedimentproben der Fall (Beilage 1).

Übersteigt der Feinkornanteil (Anteil an Komponenten $< 0,063 \text{ mm}$) 5 %, so ist das Material nicht frostbeständig. Frostbeständigkeit ist jedoch bei den meisten Verwendungszwecken erforderlich (Ausnahmen sind Splitt, Forststraßenschüttungen, Filter- und Drainagekies). Der Feinkornanteil ist bei den 59 durchgeführten Geröllanalysen jedoch generell so gering (Tab. 3.-5), dass ein Waschen der Sedimente und Abschlämmen des Feinkorns in vielen Fällen nicht erforderlich ist.

Die Vorhersage bezüglich der Aufbereitung vor Verwendung als Baurohstoff lautet also generell „Siebung und Mischung erforderlich, Waschen möglicherweise erforderlich“.

- **Kornform:** Die bei den Verwendungszwecken (Beilage 2) geforderten Kornformen schließen teilweise jene Sedimente aus, die überwiegend aus Gesteinsarten bestehen, welche plattige Gerölle bilden, also Grünschiefer, Kalkschiefer, Kieselschiefer, Mergel, Schiefer i.A., glimmerreicher Gneis, Paragneis, Glimmerschiefer, Phyllit, Tonschiefer und Tonstein (Tab. 3.-4). Die Vorhersage des lithologischen Spektrums (Kap. 3.1.) ermöglicht also die Identifizierung von hinsichtlich ihrer Kornform ungeeigneten Sedimenten.

Die Vorhersage bezüglich der Nutzbarkeit als Baurohstoff lautet „ungeeignet“ je nach Verwendungszweck für Betonzuschlag bei einem Anteil der o.a. Gesteinsarten $> 20 \%$ (Putz- und Mörtelsand $> 0 \%$; Edelsplitt $> 20 \%$; Splitt $> 50 \%$; Straßenbau $> 50 \%$; Wasserbau $> 20 \%$).

- **Rundung:** Die Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit (Rundung) der Gesteinskörner sind nicht sonderlich restriktiv (Beilage 2). Mit Ausnahme von der Verwendung als Putz- oder Mörtelsand und als Gleisschotter, wo scharfkantige Gerölle erforderlich sind, eignen sich die Sedimente von Schwemmfächern oder Hangschuttkegeln generell hinsichtlich ihrer Rundung für sämtliche Verwendungszwecke.
- **Mürbkornanteil:** Die beim Hoch- und Tiefbau, Straßenbau sowie beim Bahn- und Wasserbau gegebenen, hohen Anforderungen an Verwitterungsbeständigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen Abrieb und Verschleiß, Schlag- und Druckfestigkeit von Gesteinskörnern schließen Sedimente mit einem höheren Anteil an Mürbkorn aus. Lediglich beim Wegebau (z.B. Forststraßen) bestehen keine Anforderungen an den Mürbkornanteil. Der Mürbkornanteil wurde anhand der Vorhersage des lithologischen Spektrums (Kap. 3.1.) bestimmt. Als Mürbkorn wurden die Gesteinsarten Anhydrit, Gips, Glimmerschiefer, Kohle, Kreide, Mergel, Phyllit, Schieferton, Siltstein, Steinsalz, Tonschiefer, Tonstein und Tuff (Klasse 4 in Tab. 3.-1) klassifiziert. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass bei im Einzugsgebiet auskartierten, geologischen Polygonen, welche verschiedene Lithologien enthalten, die Vorhersage nicht möglich ist, da die Mischungsverhältnisse unbekannt sind (vgl. Tab. 3.-2). Einheiten, die aus Sandsteinen, Mergeln und Tonschiefern bestehen (z.B. im Flysch), verhindern eine

Quantifizierung des Mürbkornanteils. Hier wurde jeweils der ungünstigste Fall angenommen. Wenn beispielsweise 50 % des Einzugsgebietes aus „Hütteldorf-Formation“ bestehen und das lithologische Spektrum folglich zu 50 % eine „Mischung aus Sandsteinen und Mergeln“ aufweist, wurde ohne besseres Wissen der Mürbkornanteil dieser Mischung mit 50 % berechnet.

Die Vorhersage bezüglich der Nutzbarkeit als Baurohstoff lautet also „ungeeignet“ für Hoch- und Tiefbau, Straßenbau, Bahn- und Wasserbau bei einem Mürbkornanteil > 5 % und „geeignet“ für Wegebau (unabhängig vom Mürbkornanteil).

- **lithologische Zusammensetzung:** Beilage 2 (Tabelle – Fortsetzung) listet geeignete, bedingt geeignete und ungeeignete Ausgangsgesteine je nach Verwendungszweck. Als Betonzuschlag und als Putz- und Mörtelsand sind insbesondere Gesteine mit quellfähigen Tonmineralen (Tonsteine, Mergel, Schiefertone, Sandsteine, Kreide, Konglomerate, Brekzien, Tuffite) und Gesteine mit Schwefel-, Sulfat- oder Chloridgehalten (Anhydrit, Gips, Kohle, Rauhacke, Steinsalz) ungeeignet, als Gleisschotter und im Wasserbau vor allem plattig oder stängelig brechende und poröse Gesteine. Bedingt geeignet als Betonzuschlag sind Basalte, quarzitisches Sandsteine und Grauwacken, für Tragschichten im Straßenbau grobkörnige und glimmerreiche Magmatite, schiefrige Metamorphite und Basalte, für Asphalt Kalksteine.

Die Vorhersage lautet für diese Verwendungszwecke also „ungeeignet“ bzw. „bedingt geeignet“ bei Auftreten dieser Gesteine im lithologischen Spektrum. Zusätzlich zu Gesteinen mit quellfähigen Tonmineralen besteht bei glimmerhaltigen Gesteinsarten (Paragneisen, glimmerreichen Gneisen) die Möglichkeit, dass sich durch chemische Verwitterung quellfähige Tonminerale bilden. Unter der Annahme, dass diese sich in der Feinfraktion anreichern, wurden diese Gesteine allerdings nicht als quellfähig eingestuft.

Abb. 3.-6 illustriert das Abfrageschema zur Ableitung der Eignung. Das Ergebnis dieser Abfragen wurde für sämtliche im GIS berechneten Sedimentkörper in einer Datenbank abgelegt. Für die 59 beprobten Sedimentkörper ist die vorhergesagte Eignung in Beilage 1 aufgelistet.

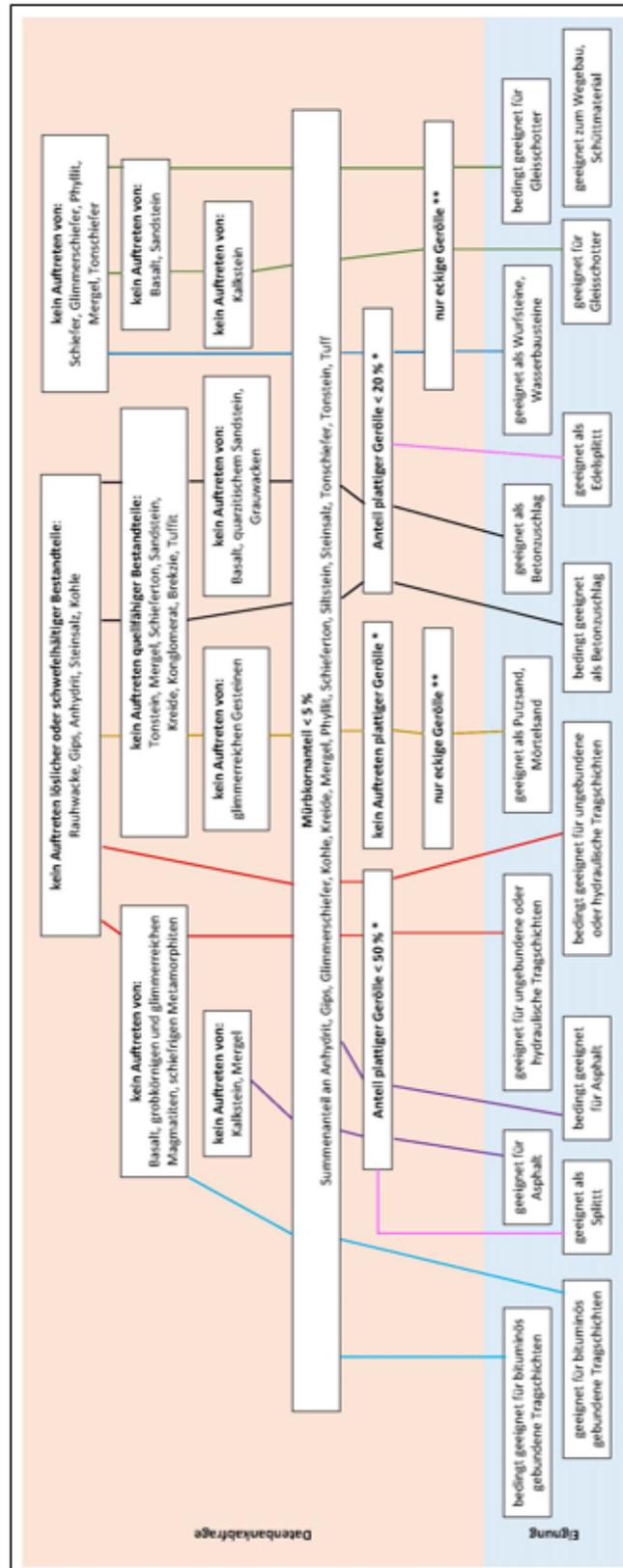


Abb. 3.-6: Abfrageschema zur Ableitung der Eignung (* plattige Gerölle stammen von Grünschiefer, Kalkschiefer, Kieselschiefer, Kohle, Mergel, Schiefer i.A., glimmerreichem Gneis, Paragneis, Glimmerschiefer, Phyllit, Tonschiefer und Tonstein; ** angerundete Gerölle stammen von Dolomit, glimmerreichem Gneis, Grünschiefer, Kalksandstein, Kalkschiefer, Kieselschiefer, Lydit, Magnesit, Mylonit, Paragneis, Rauhwacke, Schiefer i.A., Serpentin, Tuffit, Anhydrit, Gips, Glimmerschiefer, Kreide, Mergel, Phyllit, Schiefer, Siltstein, Steinsalz, Tonschiefer, Tonstein, Tuff ab einer Transportweite > 2 km).

3.4. Verifizierung der Eignung anhand von Abbaudaten

Die Abbaudatenbank der Fachabteilung Rohstoffgeologie enthält Informationen zu weit über 26.000 rohstoffgeologisch relevanten Punkten, mehrheitlich aktive bzw. ehemalige Abbaustellen, aber auch Vorkommen und sonstige Aufschlüsse mit Rohstoffbezug. Diese können zur Verifizierung der mit den GIS-Routinen errechneten Parameter – insbesondere der vorhergesagten Eignung aber auch der Materialeigenschaften, der Lithologie, des Mürbkornanteils, der Korngröße, der Rundung oder der Kornform – herangezogen werden. Von den Punkten wurden jene abgefragt, die sich entweder in einem der untersuchten Schwemmfächer bzw. Talfüllungen oder unmittelbar vor einer der ausgewählten Geschiebesperren befinden und für die Angaben zu Verwendung, Eignung oder technischen Anlagen vorliegen. Die Abfrage ergab insgesamt 439 Punkte (256 Abbaue in Schwemmfächern, 126 Abbaue in Talfüllungen bzw. im Bachbett, 57 Abbaue in Staubecken von Geschiebesperren; Abb. 3.-7).

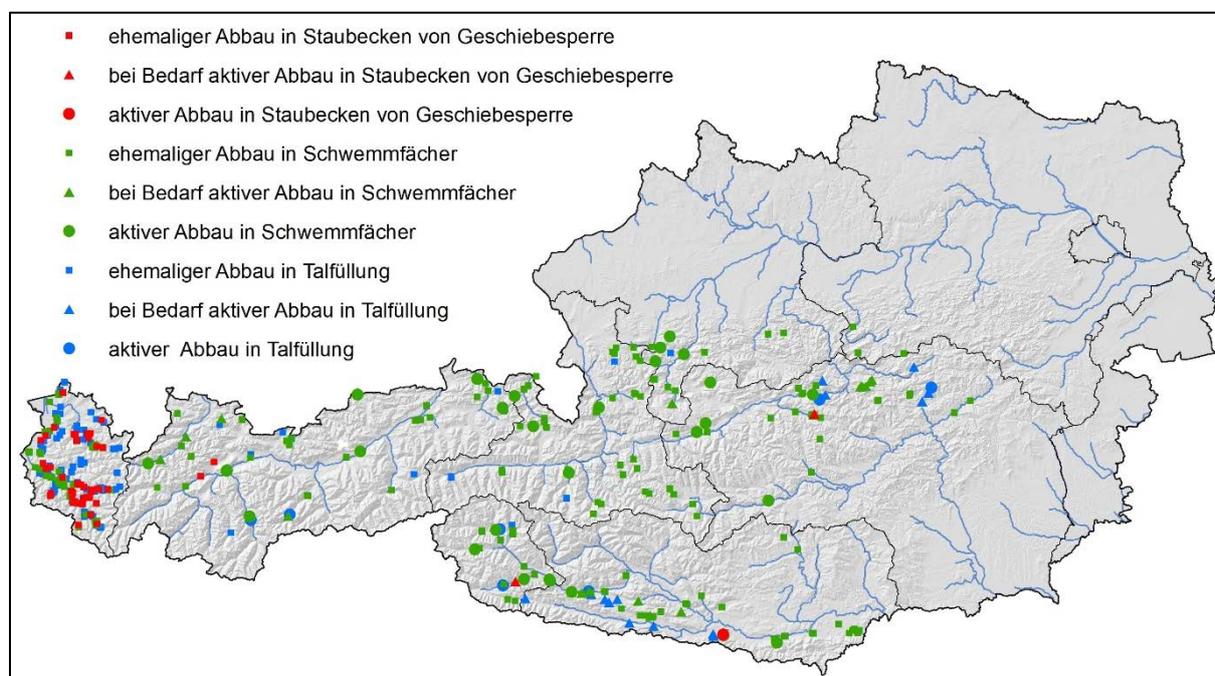


Abb. 3.-7: Abbaue in Schwemmfächern, Staubecken von Geschiebesperren oder Talfüllungen, klassifiziert nach Betriebsstatus.

Die Bestandsaufnahmen, die der Abbaudatenbank zugrunde liegen, sind vor allem anlass- bzw. projektbezogen und eine flächendeckende Aufnahme des gesamten Bundesgebietes liegt bereits mehrere Jahrzehnte zurück. So umfasst der Zeitpunkt der letzten Erhebung der 439 Punkte den Zeitraum zwischen 1939 und 2018. Das hat zur Folge, dass einerseits gewisse Inhomogenitäten hinsichtlich Datendichte und Datenqualität auftreten können, andererseits bei allen folgenden Auswertungen immer in Betracht gezogen werden muss, dass die vorliegenden Angaben nicht in jedem Fall dem aktuellen Zustand entsprechen müssen.

Für 206 der 439 Punkte sind Angaben zur Verwendung verzeichnet, für 215 zur Eignung und für 119 zu technischen Anlagen; für 99 Punkte liegen sowohl Angaben über Verwendung als auch über technische Anlagen vor. Angaben zu Verwendungsmöglichkeiten werden leider nicht standardisiert eingetragen. Die 125 unterschiedlichen Einträge sind in Tabelle 3.-6 zusammengefasst.

Tab. 3.-6: Überblick und Zusammenfassung der Einträge für Verwendungsmöglichkeiten aus der Abbaudatenbank.

Hoch- und Tiefbau	
	Brückenbau, Hausbau, Hochbau, Kanalbau, Tiefbau
Betonzuschlag	B600, B800, Beton, Betonerzeugung, Betonfertigteile, Betonherstellung, Betonindustrie, Betonkies, Betonrohre, Betonschotter, Betonzuschlagstoff, Betonteile, Betonwaren, Betonzuschlag, Deckenbeton, Deckenschotter, Fertigbeton, Mischgutzuschlag, Rohre, Terrazzo, Transportbeton, Waschbeton, Waschbetonplatten, Zuschlagstoff, Zuschlagstoff für Beton
Putzsand, Mörtelsand	Estrichsand, Feinputz, Feinsand, Feinverputzsand, Mauersand, Mörtel, Mörtelkalksand, Mörtelsand, Putzmörtel, Putz-Mörtel, Putzsand
Splitt, Edelsplitt	Brecherprodukte, Brechsand, Splitt, Streusplitt
Straßenbau	
	Autobahnbau, Straßenbau, Straßenbaumaterial, Straßenkies, Straßenschotter
ungebundene Tragschichten	Straßenschüttmaterial, Straßenschüttung, Frostkoffer, Frostschutz, Straßenunterbau, Straßenunterbaumaterial, Tragschichten, Unterbausotter, Walzkies
hydraulisch gebundene Tragschichten	Straßentragsschicht
bituminös gebundene Tragschichten	Asphalt, Asphaltzuschlag, Asphaltzuschlagstoff, Bitumenmischgut, für Heißmischanlage
Bindemittel für Fahrbahndecken	Deckschichten
Wegebau	
	Beschotterung von Forststraßen, Feldwegebau, Forststraßenbau, Forststraßenbeschotterung, Forststraßenschotter, Forstwegebau, Forstwegeerhaltung, Forstwegeinstandhaltung, Forstwegeschotterung, Güterweganschüttung, Schüttmaterial für Forststraßenbau, spezieller Wegeschotter, Wegeschotterung, Wegebau, Wegebbaumaterial, Wegeschotter, Wegeschüttung
Bahnbau	
Gleisschotter	Bahndammschotter, Schotter für Bahnbau
Wasserbau	
Wurfsteine, Wasserbausteine	Drauerbauung, Flussbausteine, Wasserbausteine, Wildbach- und Lawinenverbauung, Wildwasserverbauung, Wurfsteine
Baumaterial (im Allgemeinen)	
	Baumaterial, Baurohstoff, für Bauzwecke, Schotter, Bausand, Wandschotter, Zement, Bruchsteine, Gartenbau, Kalksand, Sand, Zierwege
Schüttmaterial	Dichtmaterial, Aufschüttung, Dammbaustoff, Dammschüttung, Hinterfüllungen, Planie, Rollierungen, Rollschotter, Schüttgut, Schüttmaterial, Schüttmaterial für Dämme, Schüttungen
Filterkies, Drainagekies	Drainagematerial, Filterkies
Kabelsand	Kabelbettsand, Kabelsand
Sonstige	
	Brantkalk, Brennkalk, Düngekalk, Feuerfestprodukte, Werksteine, Ziegel

Von den 206 Punkten, zu denen Angaben zur Verwendung vorlagen, waren zum Zeitpunkt der letzten Erhebung noch 66 in Betrieb und 63 bei Bedarf in Betrieb. Davon produzierten rund 40 %

Betonzuschlagstoffe sowie jeweils rund 20 % Material für den Straßenbau bzw. für den Wegebau; der Rest entfiel auf andere Verwendungszwecke. Bei der Mehrzahl der Punkte, für die Angaben zur Eignung vorliegen, handelt es sich um Geschiebesperren in Vorarlberg (Bertle, 2000). Für rund die Hälfte dieser 215 Punkte wäre eine Einsatzmöglichkeit als Straßenbaumaterial, überwiegend als Frostkoffer, in Betracht zu ziehen, knapp ein Drittel der Vorkommen wären als Schüttmaterial geeignet, knapp 20 % als Betonzuschlagstoff. Abbildung 3.-8 stellt die tatsächliche Verwendung der potentiellen Eignung gegenüber. Die Unterschiede in den Einsatzmöglichkeiten resultierten zum Teil daraus, dass sich die aktiven Abbaue zum Großteil in karbonatischen Einsatzgebieten befinden und damit tendenziell günstigere Materialparameter aufweisen als potentielle Abbaustellen, die zumeist in kristallinen Gebieten liegen. So zeichnen sich etwa knapp 75 % der Abbaue, die Betonzuschlagstoffe produzieren, durch rein karbonatische Rohstoffe aus.

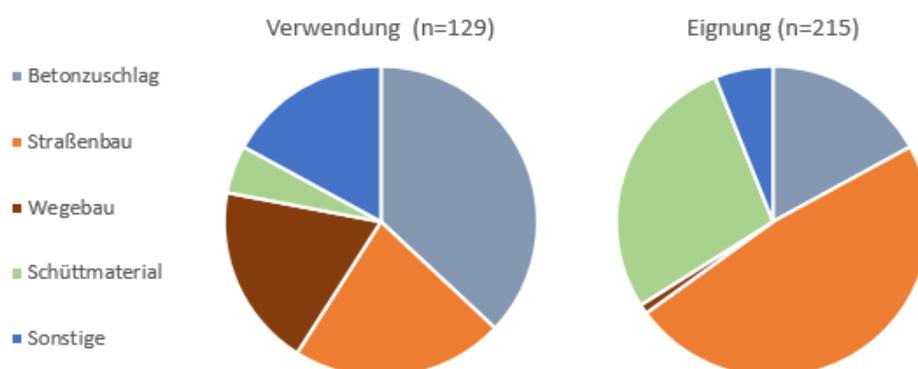


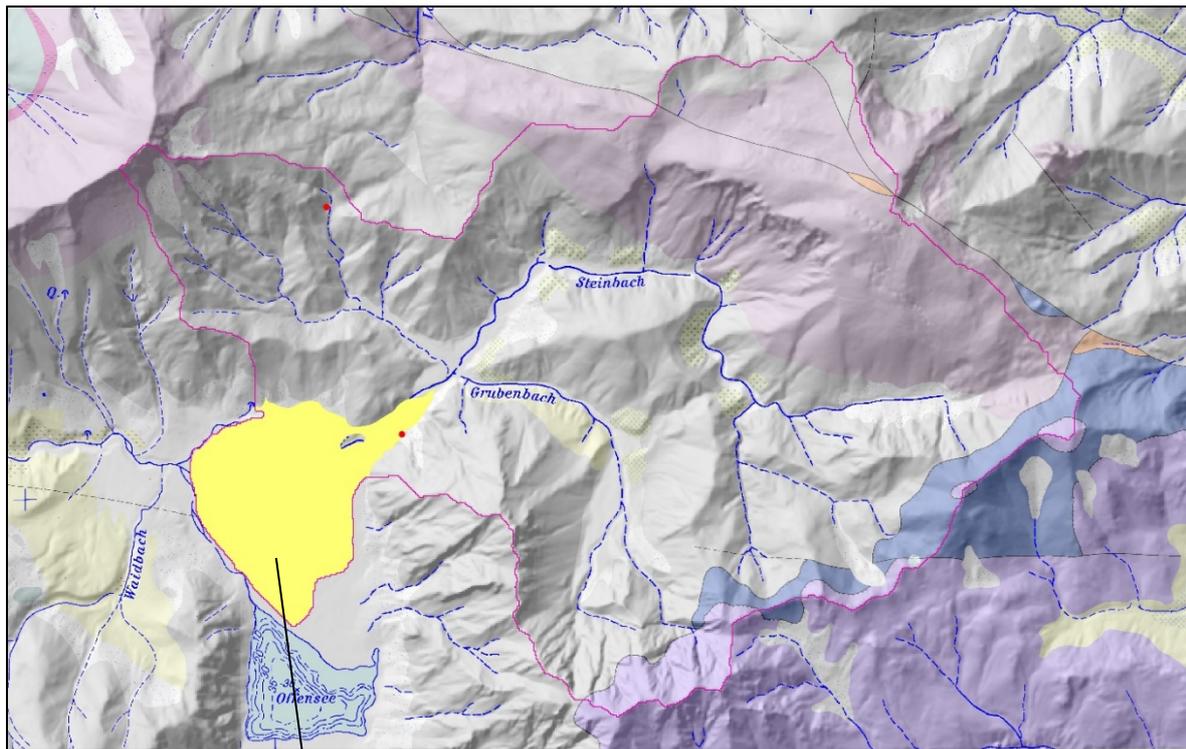
Abb. 3.-8: Verwendung der zumindest teilweise in Betrieb befindlichen Abbaue (links) und potentielle Eignung von regenerativen Sedimenten (rechts) laut Abbaudatenbank.

Der weitaus größte Anteil des tatsächlich verwendeten Materials, nämlich zwischen 60 % bei Straßenbaumaterial und 80 % bei Betonzuschlägen sowie bei Schüttmaterial, stammt aus Schwemmfächern. 20 % der erhobenen Abbaue bezogen ihr Material aus Talfüllungen. In Staubecken von Geschiebesperren wird nur ein minimaler Anteil des produzierten Materials gewonnen, obwohl eine Eignung in vielen Fällen durchaus gegeben wäre. Neben Materialeigenschaften spielen hier vermutlich auch Faktoren wie Erreichbarkeit und Zugänglichkeit eine entscheidende Rolle.

Die hier zusammengestellten Informationen über Verwendung bzw. Eignung von abgebautem Kiessand werden in einem nächsten Arbeitsschritt den aus dem GIS abgeleiteten Eignungsvorhersagen zur Verifizierung gegenübergestellt. Bei Bedarf wird das Abfrageschema (Abb. 3.-6) angepasst, damit die Vorhersagen bestmöglich den tatsächlichen Daten entsprechen.

3.5. Attributierung der Lockergesteinskarte

Nach der Verifizierung von vorhergesagter Lithologie, Materialparameter und Eignung durch Abbaudaten werden die Prognosen den Sedimentkörpern und Talsperren als zusätzliche Spalten in der Attributtabelle der Lockergesteinskarte beziehungsweise dem Datensatz der Talsperren zugeordnet. Dies wird ein Abfragen sämtlicher Projektergebnisse in der Lockergesteinskarte ermöglichen (Abb. 3.-9).



Schwemmkegel:

- Einzugsgebiet
 - Fläche: 17,34 km²
 - mittlere Seehöhe: 967 müA
 - Transportdistanz: 4,98 km
 - Reliefunterschied: 951 m
 - Neigung: 26°
 - geologische Zusammensetzung:
 - 50 % Hauptdolomit-Formation
 - 23 % Dachstein-Formation; Wechselfolge im gebankten Dachsteinkalk
 - 10 % Schwemmfächer
 - 4 % Hangschutt
 - 3 % Wetterstein-Formation; Dolomit
 - 3 % Gutenstein-Formation
 - 3 % Talfüllung; i.a. (rezent), in schmalen Tälern
 - 1 % Plattenkalk;
 - 1 % Terrasse; Würm-Eisrandterrasse
 - 1 % Glaziale Elemente; Würm; Staukörper am Eisrand
 - 1 % Glaziale Elemente; Grundmoräne; i.a., z.T. mit Drumlins
- Materialvorhersage:
 - lithologische Zusammensetzung:
 - 66 % Dolomit
 - 34 % Kalkstein
 - Mürbkornanteil: 0 %
 - Kornform: würfelig, disk-förmig
 - Rundungsgrad: eckig mit beginnender Kantenrundung bis angerundet
 - Eignung als Baurohstoff: geeignet als Betonzuschlag, Splitt, Edelsplitt, ungebundene und hydraulische gebundene Tragschichten, bituminös gebundene Tragschichten, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies; bedingt geeignet als Bindemittel für Asphalt
 - Aufbereitung: Siebung und Mischung erforderlich, Waschen möglicherweise erforderlich

Abb. 3.-9: Zukünftige Informationsabfrage eines Schwemmkegels aus der Lockergesteinskarte.

4. Weiteres Arbeitsprogramm

Folgende Arbeitsschritte sind für das nächste Arbeitsjahr vorgesehen:

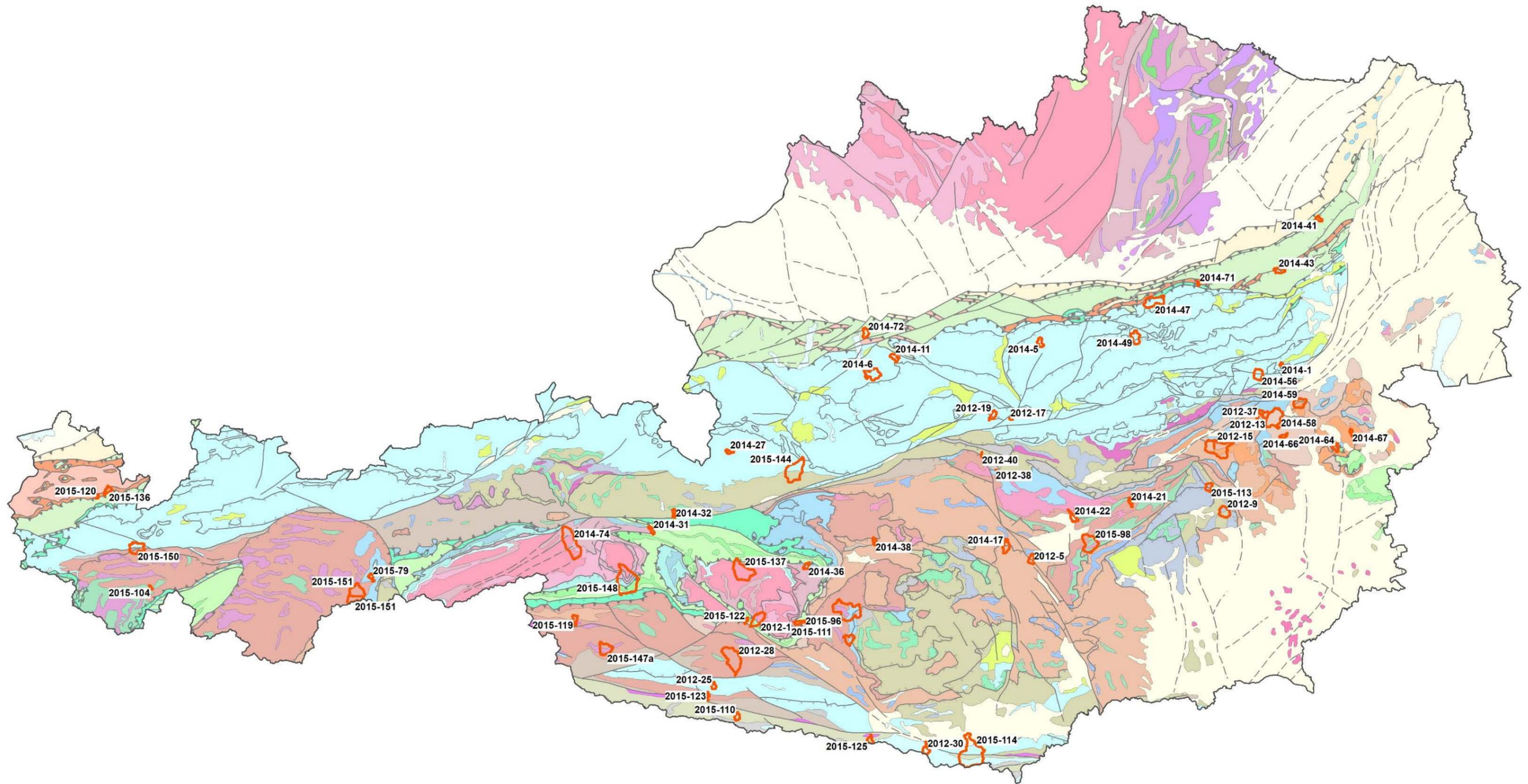
- **Abschätzung von Volumen und Akkumulationsraten** von Sedimentkörpern und **Berechnung des regenerativen Anteils** aktiver Schwemmfächer / Schuttkegel: Volumen, Mächtigkeiten und Akkumulationsraten werden einerseits anhand von publizierten Fallbeispielen, andererseits anhand von Entnahmemengen regelmäßig geräumter Talsperren abgeschätzt. Der regenerative Anteil zweier Schwemmfächer wird durch Mehrfach-Überfliegung mittels Drohnen und Berechnung der Volumen-Differenzen abgeschätzt.
- **Endauswertung, Zusammenfassung und Berichtlegung:** Diese Arbeiten sind zum Abschluss des Projektes 2019 geplant.

5. Literatur

- Augustinus, P.C. (1991): Rock resistance to erosion: Some further considerations. - Earth Surf. Process. Landforms, Vol. 16, pp. 563–569.
- Bertle, H. (2000): Geschiebemanagementkonzept für die Räumung der Geschiebesperren der Wildbach- und Lawinenerosion sowie der Bundeswasserbauverwaltung. – Studie im Auftrag des Amtes der Vorarlberger Landesregierung, Abt. VIII Wasserwirtschaftliches Planungsorgan, Schruns.
- Budetta, P., Galletta, G., & Santo, A. (2000): A methodology for the study of the relation between coastal cliff erosion and the mechanical strength of soil and rock masses. - Engineering Geology, Vol. 56, pp. 243–256.
- Franke, W.A. (2009): The durability of rocks – Developing a test of rock resistance to chemical weathering. - American Journal of Science, Vol. 309, pp. 711–730.
- Heidbach, O., Tingay, M., Barth, A., Reinecker, J., Kurfeß, D. & Müller, B. (2010): Global crustal stress pattern based on the World Stress Map database release 2008. - Tectonophys., Vol. 482, pp. 3-15.
- Heinrich, M. (1995): 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.
- Heinrich, M., Untersweg, T. & Lipiarski, P. (Redakteure) unter Mitwirkung von Grösel, K., Kreuss, O., Lipiarska, I., Moshhammer, B., Mostler, H., Posch-Trözmüller, G., Rabeder, J. (2014ff): 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.
- Hoek, E. & Brown, E.T. (1997): Practical estimates of rock mass strength. - International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 34, No. 8, pp. 1165-1186.
- Koller, W. (2007): Die volkswirtschaftliche Bedeutung mineralischer Rohstoffe in Österreich. Eine empirische Untersuchung. – Industriegewiss. Inst., Endbericht IWI-Studie (Gesamtfassung) i. A. Forum Mineralische Rohstoffe, 59 + 8 S., illustr., Wien.

- Moshammer, B., Posch-Trözmüller, G., Lipiarski, P., Reitner, H. & Heinrich, M. (2002): 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.
- Otto, J.-C. & Schrott, L. (Hrsg.) (2010): Quantifizierung von rezenten und postglazialen Sedimentflüssen in den Ostalpen.- Salzburger Geographische Arbeiten, 46, 112 S., Salzburg.
- Pfleiderer, S., Heinrich, M., Lipiarska, I., Rabeder, J., Reitner, H., Träxler, B., Untersweg, T. & Wimmer-Frey, I. (2016): Computergestützte lithologische Charakterisierung von regenerativen Lockergesteinsvorkommen (Schwemmfächer, Schuttkegel, Talfüllungen) in Österreich hinsichtlich ihrer Qualität und Nutzbarkeit als Baurohstoffe. – Endbericht Projekt ÜLG-065, Geologische Bundesanstalt, Wien, 62 S, Wien.
- Pfleiderer, S., Heinrich, M., Lipiarska, I., Rabeder, J., Reitner, H., Träxler, B., Untersweg, T. & Wimmer-Frey, I. (2017): Automatisierte Ableitung der Rohstoffqualität von Schwemmfächern, Hangschuttkörpern und Talfüllungen in Österreich. In Wimmer-Frey, I., Römer, A. & Janda, Ch.: Angewandte Geowissenschaften an der GBA. Tagungsband der Arbeitstagung in Bad Ischl, Hallstatt, Gmunden, Juni 2017, S. 75 – 79.
- Pfleiderer, S., Untersweg, T., Heinrich, M., Lipiarska, I., Lipiarski, P., Rabeder, J., Reitner, H. & Wimmer-Frey, I. (2012): "Regenerat" - Methodenentwicklung rohstoffgeologische Evaluierung regenerativer Lockergesteinsvorkommen. – Unveröff. Bericht im Auftrag der Kommission für Grundlagen der Mineralrohstoffforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Bibl. Geol. B.-A. / Wiss. Archiv, iii + 32 Blatt, 11 Abb., 2 Tab., 3 Anh., Wien.
- Pfleiderer, S., Untersweg, T., Heinrich, M. & Weber, L. (2007): The Austrian mineral resources plan - evaluation of aggregates. – Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 06087.
- Riebe, C.S., Kirchner, J.W., Granger, D.E. & Finkel, R.C. (2001): Minimal climatic control on erosion rates in the Sierra Nevada, California. – Geology, Vol. 29, No. 5, pp. 447–450.
- Schuster, R., Daurer, A., Krenmayr, H.G., Linner, M., Mandl, G.W., Pestal, G. & Reitner, J.M. (2013): Rocky Austria. Geologie von Österreich – kurz und bunt. – 4. Auflage, Geologische Bundesanstalt, S. 1–80.
- Selby, M.J. (1982): Controls on the stability and inclinations of hillslopes formed on hard rock. - Earth Surf. Process. Landforms, Vol. 7, pp. 449–467.
- Stutenbecker, L., Costa, A., & Schlunegger, F. (2016): Lithological control on the landscape form of the upper Rhône Basin, Central Swiss Alps. - Earth Surf. Dynam., Vol. 4, pp. 253 - 272.
- Träxler, B., Reitner, H., Lipiarska, I., Pfleiderer, S., Rabeder, J. & Heinrich, M. (2017): Computergestützte lithologische Charakterisierung von regenerativen Wildbachsedimenten in Österreich hinsichtlich ihrer Qualität und Nutzbarkeit als Baurohstoffe. – Zwischenbericht Projekt ÜLG-065/F, Geologische Bundesanstalt, 19 S., Wien.
- Weber, A. (2003): 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.

Beilage 1: Ergebnisdokumentation der 59 Sedimentproben – Einzugsgebietsparameter, vorhergesagtes und tatsächliches lithologisches Spektrum, Materialparameter, vorhergesagte und tatsächliche Eignung



Lage der 59 Sedimentproben auf der Geologischen Übersichtskarte 1:1.500.000 (Schuster et al., 2013)

Probejahr-Punktnr.	Typ	Geologische Einheit	Länge (km)	Fläche (km²)	Neigung (°)	Lithospektrum	Lithospektrum (GIS-Ableitung)	Mürbkornanteil (%)	Mürbkornanteil (%) (GIS-Ableitung)	Feinanteil (%)	d40 (mm)	d50 (mm)	U	Verwendung/Eignung als Baurohstoff	Eignung als Baurohstoff (GIS Ableitung)
2012-1	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	SP; Granitgneis; Zentralgneis - UPD; Bündnerschiefer-Gruppe	8,97	16,85	34	31 % Granit; 24 % Paragneis; 19 % Glimmerschiefer; 12 % Quarz; 8 % Amphibolit; 6 % Gneis i.A.;	nicht abgeleitet	19		3,45	4,2	7,83	51,27		
2012-5	Talfüllung	Oberostalpin, Glimmerschiefer	4,72	6,06	22	87 % Glimmerschiefer; 13 % Quarz;	87 % Glimmerschiefer; 14 % Marmor;	87	87	4,73	2,6	6,61	91,35		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2012-9	Talfüllung	Oberostalpin Paläozoikum Karbonate - Metapelite	5,85	12,71	23	87 % Kalkstein; 13 % Phyllit;	52 % Marmor; 20 % Phyllit; 20 % Mischung aus Marmor, Tonschiefer; 4 % Mischung aus Marmor, Dolomit; 2 % Glimmerschiefer; 1 % Tonschiefer; 1 % Mischung aus Phyllit, Grünschiefer;	13	44	1,47	6,3	10,13	20,18		geeignet als Splitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2012-13	Talfüllung	Oberostalpin, Glimmerschiefer - Unterostalpin; Metapelit, Neoproterozoikum - Perm	5,58	6,55	23	38 % Phyllit; 29 % Dolomit; 23 % Quarzit; 5 % Glimmerschiefer; 4 % Kalkstein;	69 % Orthogneis; 12 % Mischung aus Amphibolit, Gneis i.A.; 10 % Phyllit;	43	10	1,43	4,1	6,96	21,77		geeignet als Splitt, Edelsplitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2012-15	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin, Glimmerschiefer - Orthogneis; Perm	16,03	42,66	19	47 % Orthogneis; 30 % Quarz; 21 % Phyllit; 1 % Dolomit; 1 % Kalkstein;	44 % Phyllit; 31 % Orthogneis; 23 % Glimmerschiefer; 1 % Mischung aus Phyllit, Kalkstein, Dolomit; 1 % Mischung aus Quarzit, Phyllit; 1 % Vulkanit;	21	69	0,82	5	7,59	22,62	geeignet als Betonzuschlag, Straßenbaumaterial	geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2012-17	Hangschutt	Oberostalpin Trias - Kreide	1,65	0,47	30	91 % Dolomit; 9 % Kalkstein;	nicht abgeleitet	0		8,89	2,2	3,23	52,82	verwendet als Betonzuschlag	
2012-19	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin Trias - Kreide	5,09	5,24	35	89 % Dolomit; 9 % Kalkstein; 1 % Brekzie; 1 % Rauhwanke; 1 % Sandstein i.A.;	nicht abgeleitet	0		2,37	3,5	4,77	18,85		
2012-25	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin Trias - Kreide	3,2	3	38	94 % Kalkstein; 4 % Mergel; 2 % Dolomit;	nicht abgeleitet	4		12,25	11	15,95	770,78	verwendet als Schotter (Straßenbau, Bahndämme)	
2012-28	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin, Paragneis	15,89	40,71	27	80 % Glimmerschiefer; 11 % Quarz; 8 % Gneis i.A.;	99 % Mischung aus Glimmerschiefer, Paragneis, Marmor;	80	99	0,48	14	20,18	16,41		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2012-30	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Südalpin; Trias - Jura	3,18	5,78	30	71 % Kalkstein; 28 % Dolomit; 1 % Sandstein i.A.;	nicht abgeleitet	0		7,61	5	11,21	114,46		
2012-37	Hangschutt	Oberostalpin, Glimmerschiefer	1,19	0,3	25	60 % glimmerreicher Gneis; 26 % Glimmerschiefer; 14 % Quarz;	nicht abgeleitet	26		22,67	0,6	1,67	774,42		
2012-38	Hangschutt	Oberostalpin Karbon - Perm (Schiefer, Sandstein, Konglomerat, Karbonat)	0,44	0,03	23	99 % Phyllit; 1 % Kalkstein;	nicht abgeleitet	99		6,88	1,8	3,46	52,28		
2012-40	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin Paläozoikum Metapelite	2,07	0,42	23	55 % Gneis i.A.; 28 % Phyllit; 13 % Quarz; 3 % Kalkstein; 1 % Orthogneis;	nicht abgeleitet	28		2,12	3	5,57	37,71		
2014-1	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin Trias - Kreide	0,9	0,89	26	57 % Kalkstein; 39 % Dolomit; 2 % Brekzie; 2 % Rauhwanke;	52 % Dolomit; 42 % Mischung aus Kalkstein, Tuffit; 5 % Kalkstein; 2 % Tonschiefer;	0	44	22,49	13	16,73	5595,53		geeignet als Splitt, Edelsplitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;

Probejahr-Punktnr.	Typ	Geologische Einheit	Länge (km)	Fläche (km²)	Neigung (°)	Lithospektrum	Lithospektrum (GIS-Ableitung)	Mürbkornanteil (%)	Mürbkornanteil (%) (GIS-Ableitung)	Feinanteil (%)	d40 (mm)	d50 (mm)	U	Verwendung/Eignung als Baurohstoff	Eignung als Baurohstoff (GIS Ableitung)
2014-5	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin Trias - Kreide	2,56	5,26	21	61 % Dolomit; 28 % Kalkstein; 9 % Rauhwacke; 2 % Sandstein i.A.;	43 % Kalkstein; 37 % Dolomit; 19 % Rauhwacke;	0	0	5,9	21	33,12	61,96		geeignet als Splitt, Edelsplitt, bituminös gebundene Tragschichten, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies; bedingt geeignet als Bindemittel für Asphalt
2014-6	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin Trias - Kreide	4,98	17,34	26	87 % Dolomit; 13 % Kalkstein;	66 % Dolomit; 34 % Kalkstein;	0	0	2,78	5,3	8,26	26,94	verwendet für Forststraßenbeschotterung	geeignet als Betonzuschlag, Splitt, Edelsplitt, ungebundene und hydraulische gebundene Tragschichten, bituminös gebundene Tragschichten, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies; bedingt geeignet als Bindemittel für Asphalt
2014-11	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin Trias - Kreide	2,82	5,47	30	93 % Dolomit; 7 % Kalkstein;	75 % Dolomit; 25 % Kalkstein;	0	0	2,81	7	13,05	54,23		geeignet als Betonzuschlag, Splitt, Edelsplitt, ungebundene und hydraulische gebundene Tragschichten, bituminös gebundene Tragschichten, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies; bedingt geeignet als Bindemittel für Asphalt
2014-17	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin, Glimmerschiefer	3,54	8,87	25	63 % Glimmerschiefer; 10 % Marmor; 9 % Quarz; 7 % Gneis i.A.; 5 % glimmerreicher Gneis; 4 % Amphibolit; 2 % Pegmatit;	69 % Glimmerschiefer; 17 % Paragneis; 9 % Marmor; 5 % Mischung aus Amphibolit, Glimmerschiefer; 1 % Pegmatit;	63	74	2,34	8	14,48	52,49		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-21	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin, Paragneis	2,4	2,45	25	46 % glimmerreicher Gneis; 28 % Glimmerschiefer; 25 % Gneis i.A.;	88 % Gneis i.A.; 12 % Mischung aus Glimmerschiefer, Paragneis;	28	12	11,48	12	23,06	791,9		geeignet als Splitt, Edelsplitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-22	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin, Paragneis - Inneralpine Becken	1,49	5,4	4	52 % Granit; 24 % Gneis i.A.; 15 % Orthogneis; 8 % Quarzit; 1 % Glimmerschiefer;	73 % Mischung aus Granit, Orthogneis; 18 % Mischung aus Glimmerschiefer, Paragneis;	1	18	7,75	37	41,11	305,05		geeignet als Splitt, Edelsplitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;

Probejahr-Punktnr.	Typ	Geologische Einheit	Länge (km)	Fläche (km ²)	Neigung (°)	Lithospektrum	Lithospektrum (GIS-Ableitung)	Mürbkornanteil (%)	Mürbkornanteil (%) (GIS-Ableitung)	Feinanteil (%)	d40 (mm)	d50 (mm)	U	Verwendung/Eignung als Baurohstoff	Eignung als Baurohstoff (GIS Ableitung)
2014-27	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin Trias - Kreide	1,92	3,06	36	82 % Kalkstein; 18 % Dolomit;	55 % Dolomit; 46 % Kalkstein;	0	0	16,66	5,3	14,37	1894,22	verwendet für Betonzuschlag, Frostkoffer, Putzmörtel, Düngekalk	geeignet als Betonzuschlag, Putz- und Mörtelsand, Splitt, Edelsplitt, ungebundene und hydraulische gebundene Tragschichten, bituminös gebundene Tragschichten, Wurfsteine und Wasserbausteine, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies; bedingt geeignet als Bindemittel für Asphalt, Gleisschotter
2014-31	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	SP; Phyllit, Unterkarbon - UPD; Bündnerschiefer-Gruppe	2,08	3,22	33	69 % Glimmerschiefer; 12 % Phyllit; 7 % Quarzit; 6 % Gneis i.A.; 4 % Quarz; 1 % Marmor;	37 % Phyllit; 35 % Glimmerschiefer; 8 % Mischung aus Phyllit, Glimmerschiefer, Paragneis, Prasinit, Grünschiefer; 5 % Marmor; 5 % Mischung aus Phyllit, Kalkschiefer, Paragneis, Glimmerschiefer, Brekzie; 4 % Mischung aus Quarzit, Paragneis; 3 % Mischung aus Phyllit, Quarzit; 1 % Mischung aus Diabas, Gabbro;	81	88	2,3	9	15,5	38,46		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-32	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin Paläozoikum Metapelite	2,07	3,05	27	72 % Schiefer i.A.; 27 % Diabas;	43 % Mischung aus Phyllit, Grauwacke; 37 % Phyllit; 21 % Diabas;	0	80	9,62	23	34,32	523,09		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-36	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	SP; Phyllit + Marmor - UPD; Bündnerschiefer-Gruppe	1,82	3,7	29	72 % Marmor; 9 % Quarzit; 6 % Schiefer i.A.; 6 % Kalkschiefer; 5 % Glimmerschiefer; 2 % Quarz; 1 % Prasinit;	20 % Marmor; 20 % Mischung aus Kalkschiefer, Marmor, Quarzit; 16 % Mischung aus Dolomit, Marmor; 14 % Mischung aus Quarzit, Schiefer i.A., Orthogneis; 14 % Mischung aus Tonschiefer, Quarzit; 10 % Quarzit; 6 % Mischung aus Tonschiefer, Grünschiefer; 2 % Grünschiefer; 2 % Rauhwacke;	5	20	20,81	0,8	4,25	363,76		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-38	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin, Glimmerschiefer	1,95	2,32	24	38 % Gneis i.A.; 22 % Quarz; 20 % Glimmerschiefer; 12 % Amphibolit; 6 % Orthogneis; 1 % Brekzie; 1 % Migmatit;	62 % Glimmerschiefer; 17 % Orthogneis; 15 % Mischung aus Amphibolit, Gabbro; 6 % Mischung aus Paragneis, Quarzit, Migmatit;	20	62	14,02	1,3	3,78	501,38		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-41	Talfüllung	UPD; Rhenodanubischer Flysch	2	3	9	87 % Sandstein i.A.; 6 % Tonstein; 3 % Quarz; 2 % Kalksandstein; 2 % Mergel; 1 % Quarzit;	68 % Mischung aus Kalksandstein, Mergel; 15 % Kalksandstein; 13 % Mischung aus Sandstein i.A., Schiefer i.A.; 4 % Mischung aus Kalkstein, Mergel;	5	72	8,01	23	36,3	431,51		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-43	Talfüllung	UPD; Rhenodanubischer Flysch	2,97	5,74	12	64 % Quarzsandstein; 35 % Tonstein; 1 % Kalksandstein; 1 % Mergel;	97 % Mischung aus Sandstein i.A., Mergel; 3 % Mischung aus Kalkstein, Mergel;	36	100	11,62	10	31,97	3165,63		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;

Probejahr-Punktnr.	Typ	Geologische Einheit	Länge (km)	Fläche (km²)	Neigung (°)	Lithospektrum	Lithospektrum (GIS-Ableitung)	Mürbkornanteil (%)	Mürbkornanteil (%) (GIS-Ableitung)	Feinanteil (%)	d40 (mm)	d50 (mm)	U	Verwendung/Eignung als Baurohstoff	Eignung als Baurohstoff (GIS Ableitung)
2014-47	Talfüllung	Oberostalpin Trias - Kreide	5,7	21,8	23	47 % Dolomit; 22 % Kalkstein; 13 % Mergel; 6 % Rauhwacke; 5 % Kalksandstein; 3 % Sandstein i.A.; 2 % Kieselschiefer; 1 % Gneis i.A.; 1 % Tonstein; 1 % Konglomerat;	56 % Dolomit; 13 % Kalkstein; 8 % Mischung aus Kalkstein, Mergel; 7 % Mischung aus Dolomit, Tonstein; 6 % Mischung aus Mergel, Kalkstein; 4 % Mischung aus Kalkstein, Dolomit; 4 % Mischung aus Radiolarit, Kieselschiefer; 2 % Mischung aus Sandstein i.A., Mergel;	14	23	15,85	10	30,5	2175,15		geeignet als Splitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-49	Talfüllung	Oberostalpin Trias - Kreide	3,51	11,59	28	78 % Kalkstein; 14 % Dolomit; 3 % Sandstein i.A.; 3 % Mergel; 1 % Konglomerat;	89 % Kalkstein; 5 % Mischung aus Anhydrit, Gips; 4 % Dolomit; 1 % Mischung aus Kalkstein, Dolomit; 1 % Mischung aus Sandstein i.A., Quarzit;	3	5	0,87	11	16,61	22,23		geeignet als Splitt, Edelsplitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-56	Talfüllung	Oberostalpin Trias - Kreide	3,2	11,2	33	84 % Kalkstein; 7 % Konglomerat; 5 % Dolomit; 2 % Mergel; 2 % Kalksandstein;	95 % Kalkstein; 2 % Mischung aus Sandstein i.A., Mergel; 1 % Dolomit; 1 % Mischung aus Sandstein i.A., Tonschiefer;	2	3	2,26	21	30,11	30,79		geeignet als Splitt, Edelsplitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies; bedingt geeignet als ungebundene und hydraulische gebundene Tragschichten, bituminös gebundene Tragschichten, Bindemittel für Asphalt
2014-58	Talfüllung	Unterstalpin; Metapelit, Neoproterozoikum - Perm	5,62	31,9	21	26 % glimmerreicher Gneis; 26 % Glimmerschiefer; 17 % Gneis i.A.; 16 % Quarz; 11 % Orthogneis; 4 % Schiefer i.A.;	54 % Paragneis; 38 % Tonschiefer; 4 % Mischung aus Kalkstein, Dolomit; 1 % Mischung aus Glimmerschiefer, Tonschiefer; 1 % Mischung aus Quarzsandstein, Quarzit;	26	39	5,23	2,3	5,71	80,35		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-59	Talfüllung	Orthogneis; Perm - Unterostalpin; Metapelit, Neoproterozoikum - Perm	3,91	12,72	15	27 % Glimmerschiefer; 24 % Paragneis; 20 % Quarz; 17 % Orthogneis; 11 % Quarzit;	60 % Glimmerschiefer; 24 % Orthogneis; 12 % Mischung aus Quarzsandstein, Quarzit; 2 % Marmor; 1 % Amphibolit; 1 % Mischung aus Kalkstein, Dolomit;	27	60	16,19	0,26	0,46	106,6		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-64	Talfüllung	Orthogneis; Perm	2,6	4,54	17	48 % Orthogneis; 29 % Glimmerschiefer; 11 % Quarz; 6 % Metasandstein; 6 % Grünschiefer;	83 % Mischung aus Glimmerschiefer, Gneis i.A., Amphibolit; 7 % Grünschiefer; 5 % Kalkschiefer; 2 % Konglomerat; 2 % Mischung aus Glimmerschiefer, Amphibolit; 1 % Orthogneis;	29	85	5,88	4	10,87	131,69		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-66	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Unterstalpin; Metapelit, Neoproterozoikum - Perm	2,2	2,75	20	87 % Gneis i.A.; 7 % Quarz; 4 % Glimmerschiefer; 2 % Phyllit;	97 % Paragneis; 3 % Glimmerschiefer;	4	3	5,64	8	20,5	230,3		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies; bedingt geeignet als bituminös gebundene Tragschichten

Probejahr-Punktnr.	Typ	Geologische Einheit	Länge (km)	Fläche (km ²)	Neigung (°)	Lithospektrum	Lithospektrum (GIS-Ableitung)	Mürbkornanteil (%)	Mürbkornanteil (%) (GIS-Ableitung)	Feinanteil (%)	d40 (mm)	d50 (mm)	U	Verwendung/Eignung als Baurohstoff	Eignung als Baurohstoff (GIS Ableitung)
2014-67	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Orthogneis; Perm	1,95	1,82	10	77 % Orthogneis; 8 % Gneis i.A.; 6 % Quarz; 6 % Glimmerschiefer; 3 % Amphibolit;	99 % Orthogneis; 1 % Mischung aus Glimmerschiefer, Amphibolit;	6	1	9,67	7	20,18	466,14		geeignet als Betonzuschlag, Splitt, Edelsplitt, Bindemittel für Asphalt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies; bedingt geeignet als ungebundene und hydraulische gebundene Tragschichten, bituminös gebundene Tragschichten
2014-71	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Ultrahelvetikum, Südhelvetikum (Kalkstein, Mergelstein, Mergel, Kohle; Jura - Paläogen) - Verschuppte Bereiche (Melangezone) aus Ophiolit und Sedimentgesteinen (Bündnerschiefer Gruppe); Jura - Kreide	1,2	1,17	17	79 % Sandstein i.A.; 11 % Kalksandstein; 7 % Kalkstein; 1 % Mergel; 1 % Radiolarit; 1 % Dolomit;	33 % Mischung aus Sandstein i.A., Schiefer i.A.; 22 % Mergel; 21 % Mischung aus Kalkstein, Mergel; 13 % Mischung aus Dolomit, Tonstein; 9 % Rauhacke; 2 % Radiolarit; 1 % Mischung aus Sandstein i.A., Mergel; 1 % Mischung aus Siltstein, Tonstein;	0	58	24,34	1,4	15,04	14572,08		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-72	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	UPD; Rhenodanubischer Flysch	2,5	6,04	14	74 % Sandstein i.A.; 10 % Tonstein; 5 % Kalksandstein; 5 % Mergel; 3 % Quarz; 2 % Kalkstein;	85 % Sandstein i.A.; 15 % Mergel;	15	15	20,94	0,32	0,87	1361,47		geeignet als Splitt, Edelsplitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2014-74	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	SP; Phyllit, Unterkarbon - SP; Granitgneis; Zentralgneis	9,1	47,71	34	24 % Glimmerschiefer; 20 % Orthogneis; 15 % glimmerreicher Gneis; 12 % Phyllit; 12 % Amphibolit; 10 % Quarz; 6 % Paragneis;	39 % Orthogneis; 20 % Mischung aus Prasinit, Amphibolit; 7 % Paragneis; 5 % Mischung aus Glimmerschiefer, Phyllit; 4 % Gneis i.A.; 2 % Amphibolit; 2 % glimmerreicher Gneis; 2 % Phyllit; 2 % Mischung aus glimmerreicher Gneis, Grünschiefer;	36	7	9,54	22	37,03	684,21		geeignet als Splitt, Edelsplitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-76	Talfüllung	Oberostalpin Trias - Jura metamorph - Oberostalpin, Paragneis	2,78	9,5	26	41 % Dolomit; 38 % Paragneis; 10 % Phyllit; 4 % Quarz; 3 % Orthogneis; 2 % Sandstein i.A.; 2 % Glimmerschiefer;	44 % Glimmerschiefer; 14 % Phyllit; 5 % Quarzit; 3 % Rauhacke; 2 % Marmor;	12	58	1,94	24	33,32	43,75		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-79	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin Trias - Jura metamorph	2,18	3,2	37	90 % Dolomit; 4 % Marmor; 2 % Orthogneis; 1 % Quarzit; 1 % glimmerreicher Gneis; 1 % Phyllit;	58 % Dolomit; 20 % Mischung aus Marmor, Kalkschiefer; 12 % Phyllit; 8 % glimmerreicher Gneis; 2 % Mischung aus Sandstein i.A., Siltstein, Phyllit, Dolomit;	1	14	2,55	26	33,67	10,12	verwendet für Betonzuschlag, Schüttmaterial, Wegebau	geeignet als Splitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-96	Talfüllung	Oberostalpin, Paragneis, Orthogneis - Oberostalpin Trias - Jura metamorph	8,33	50,9	23	34 % Paragneis; 16 % Orthogneis; 13 % Quarzit; 11 % Dolomit; 9 % Glimmerschiefer; 7 % Quarz; 5 % Phyllit; 2 % Konglomerat; 1 % Amphibolit; 1 % Kalkstein;	35 % Glimmerschiefer; 15 % Phyllit; 6 % Quarzit; 2 % Rauhacke; 2 % Marmor;	14	50	1,41	6	11,73	27,77		geeignet als Splitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;

Probejahr-Punktnr.	Typ	Geologische Einheit	Länge (km)	Fläche (km²)	Neigung (°)	Lithospektrum	Lithospektrum (GIS-Ableitung)	Mürbkornanteil (%)	Mürbkornanteil (%) (GIS-Ableitung)	Feinanteil (%)	d40 (mm)	d50 (mm)	U	Verwendung/Eignung als Baurohstoff	Eignung als Baurohstoff (GIS Ableitung)
2015-98	Talfüllung	Oberostalpin, Paragneis, Amphibolit, Orthogneis	6,12	28,05	27	34 % Amphibolit; 30 % Gneis i.A.; 21 % Glimmerschiefer; 11 % Orthogneis; 4 % Quarz;	48 % Amphibolit; 18 % Orthogneis; 17 % Gneis i.A.; 8 % Glimmerschiefer; 8 % Mischung aus Glimmerschiefer, Paragneis;	21	16	4,49	16	29,58	173,91		geeignet als Splitt, Edelsplitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-104	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin, Paragneis	1,07	0,6	37	34 % Amphibolit; 22 % Quarzit; 18 % Gneis i.A.; 13 % Glimmerschiefer; 8 % Orthogneis; 3 % Schiefer i.A.; 2 % Quarz;	67 % Mischung aus Glimmerschiefer, Quarzit; 20 % Quarzit; 6 % Orthogneis; 4 % Paragneis; 2 % Mischung aus Paragneis, Glimmerschiefer; 1 % Mischung aus Amphibolit, Schiefer i.A.;	13	69	3,74	21	26,2	82,92		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-110	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Südalpin; Paläozoikum (Kalk, Schiefer, Vulkanit; Kambrium - Devon)	2,18	4,08	36	94 % Sandstein i.A.; 5 % Schiefer i.A.; 1 % Quarz;	89 % Mischung aus Schiefer i.A., Sandstein i.A.; 7 % Sandstein i.A.; 4 % Kieselschiefer;	0	0	1,61	10	15,91	22,79		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies; bedingt geeignet als bituminös gebundene Tragschichten
2015-111	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	UPD; Bündnerschiefer-Gruppe	2,44	3,44	21	46 % Serpentin; 21 % Quarzit; 16 % Glimmerschiefer; 6 % Orthogneis; 3 % Paragneis; 3 % Quarz; 2 % Prasinit; 1 % Phyllit; 1 % Marmor; 1 % Grünschiefer; 1 % Amphibolit;	45 % Mischung aus Prasinit, Grünschiefer, Amphibolit; 33 % Glimmerschiefer; 13 % Serpentin; 5 % Quarzit; 4 % Mischung aus Sandstein i.A., Konglomerat, Tonschiefer; 2 % Marmor; 2 % Phyllit;	17	39	13,95	2	4,61	390,51		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-113	Talfüllung	Oberostalpin Paläozoikum Karbonate	2,34	5,79	27	41 % Phyllit; 29 % Schiefer i.A.; 12 % Quarz; 11 % Grünschiefer; 4 % Sandstein i.A.; 3 % Quarzit;	30 % Mischung aus Marmor, Dolomit; 23 % Tonschiefer; 12 % Phyllit; 12 % Grünschiefer; 9 % Kalkstein; 8 % Mischung aus Schiefer i.A., Sandstein i.A., Grauwacke; 3 % Dolomit; 1 % Ganggestein; 1 % Mischung aus Kalkstein, Dolomit; 1 % Sandstein i.A.;	41	35	14,39	0,63	1,29	162,87		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-114	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin Trias - Kreide - Südalpin; Paläozoikum (Kalk, Schiefer, Vulkanit; Kambrium - Devon)	11,2	70	29	48 % Kalkstein; 32 % Dolomit; 14 % Sandstein i.A.; 2 % Tonstein; 1 % Mergel; 1 % Quarz; 1 % Konglomerat;	29 % Kalkstein; 24 % Dolomit; 20 % Mischung aus Kalkstein, Tonschiefer, Sandstein i.A.; 7 % Sandstein i.A.; 5 % Mischung aus Kalkstein, Dolomit; 5 % Mischung aus Dolomit, Kalkstein; 2 % Mischung aus Grauwacke, Siltstein, Tonschiefer; 2 % Mischung aus Kalkstein, Mergel; 2 % Mischung aus Sandstein i.A., Tonschiefer, Kalkstein, Dolomit;	3	26	3,99	7	12,07	56,73		geeignet als Splitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-119	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin, Glimmerschiefer, Paragneis, Tonalit, Granodiorit	2,71	4,56	28	45 % Glimmerschiefer; 25 % Granit; 10 % Paragneis; 6 % glimmerreicher Gneis; 5 % Quarz; 4 % Amphibolit; 3 % Granodiorit; 1 % Pegmatit; 1 % Orthogneis; 1 % Quarzit;	41 % Mischung aus Glimmerschiefer, Quarzit; 15 % Mischung aus Diorit, Granodiorit; 11 % glimmerreicher Gneis; 11 % Mischung aus Paragneis, Glimmerschiefer; 7 % Orthogneis; 7 % Paragneis; 4 % Glimmerschiefer;	45	56	0,75	8	11,36	12,23		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-120	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Ultrahelvetikum, Südhelvetikum (Kalkstein, Mergelstein, Mergel, Kohle; Jura - Paläogen) - UPD; Rhenodanubischer Flysch	1,16	1,1	32	44 % Mergel; 24 % Kalksandstein; 22 % Kalkstein; 6 % Tonschiefer; 3 % Sandstein i.A.;	39 % Mischung aus Grauwacke, Sandstein i.A.; 17 % Mischung aus Kalksandstein, Mergel; 12 % Sandstein i.A.; 12 % Mischung aus Tonschiefer, Mergel, Quarzsandstein, Kalkstein; 9 % Mischung aus Tonstein, Mergel; 6 % Mischung aus Kalkstein, Mergel; 5 % Kalkstein;	50	44	2,63	10,1	17,33	33,64	geeignet als Schüttmaterial	geeignet als Splitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;

Probejahr-Punktnr.	Typ	Geologische Einheit	Länge (km)	Fläche (km²)	Neigung (°)	Lithospektrum	Lithospektrum (GIS-Ableitung)	Mürbkornanteil (%)	Mürbkornanteil (%) (GIS-Ableitung)	Feinanteil (%)	d40 (mm)	d50 (mm)	U	Verwendung/Eignung als Baurohstoff	Eignung als Baurohstoff (GIS Ableitung)
2015-122	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	UPD; Bündnerschiefer-Gruppe	1,57	1,5	30	45 % Glimmerschiefer; 20 % Phyllit; 12 % Gneis i.A.; 8 % Marmor; 7 % Quarz; 3 % Grünschiefer; 3 % Orthogneis; 1 % Quarzit;	94 % Mischung aus Kalkschiefer, Phyllit, Marmor; 6 % Brekzie; 2 % Orthogneis;	65	94	14,62	1,2	3,05	363,29		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-123	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Oberostalpin, Paragneis	1,7	1,65	25	44 % Glimmerschiefer; 22 % Phyllit; 10 % Sandstein i.A.; 9 % Quarz; 8 % Kalkstein; 2 % Dolomit; 2 % Konglomerat; 1 % Schiefertone; 1 % Tonstein;	26 % Kalkstein; 23 % Mischung aus Sandstein i.A., Konglomerat; 16 % Phyllit; 11 % Dolomit; 8 % Mischung aus Glimmerschiefer, Quarzit; 5 % Mischung aus Glimmerschiefer, Paragneis; 3 % Porphy; 3 % Mischung aus Kalkstein, Dolomit; 3 % Mischung aus Konglomerat, Sandstein i.A., Siltstein; 1 % Mischung aus Brekzie, Konglomerat; 1 % Mischung aus Phyllit, Quarzit;	68	33	1,76	7	10,74	29,34		geeignet als Splitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-125	Talfüllung	Südalpin; Paläozoikum (Kalk, Dolomit, Schiefer, Vulkanit; Kambrium - Devon) - Tonalit, Granodiorit	3,06	4,8	32	48 % Sandstein i.A.; 22 % Dolomit; 10 % Kalkstein; 6 % Tonschiefer; 4 % Schiefer i.A.; 3 % Tonstein; 3 % Kalkschiefer; 2 % Quarz; 1 % Konglomerat; 1 % Quarzit;	41 % Mischung aus Sandstein i.A., Konglomerat; 22 % Kalkstein; 22 % Mischung aus Kalkstein, Tonschiefer, Sandstein i.A.; 6 % Dolomit; 3 % Tonschiefer; 2 % Mischung aus Dolomit, Kalkstein; 1 % Kalkschiefer; 1 % Schiefer i.A.;	9	25	2,94	9	15,72	63,57		geeignet als Splitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-136	Schwemmfächer, Schwemmkegel, Schuttkegel	Ultrahelvetikum, Südhelvetikum (Kalkstein, Mergelstein, Mergel, Kohle; Jura - Paläogen)	2,73	4,94	25	40 % Kalkstein; 31 % Kalksandstein; 21 % Mergel; 3 % Tonstein; 2 % Sandstein i.A.; 2 % Tonschiefer; 1 % Quarzit;	42 % Sandstein i.A.; 18 % Mischung aus Kalkstein, Mergel; 14 % Mischung aus Tonstein, Mergel; 12 % Mischung aus Grauwacke, Sandstein i.A.; 12 % Mischung aus Tonschiefer, Mergel, Quarzsandstein, Kalkstein; 5 % Mischung aus Kalksandstein, Mergel;	26	49	4,27	8	18,18	53,42	geeignet als Schüttmaterial	geeignet als Splitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-137	Talfüllung	SP; Granitgneis; Zentralgneis	5,82	37,37	33	94 % Orthogneis; 3 % Quarz; 1 % Grünschiefer; 1 % Phyllit;	93 % Orthogneis; 4 % Glimmerschiefer; 1 % Marmor; 1 % Phyllit; 1 % Mischung aus Prasinit, Amphibolit; 1 % Mischung aus Quarzit, Paragneis;	1	5	0,76	31	37,84	2,82	geeignet als Brecherprodukte, Straßenbaumaterial	geeignet als Splitt, Edelsplitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-144	Talfüllung	Oberostalpin Trias - Kreide + Phyllit, Schiefer, Grauwacke; Kambrium - Devon	6,1	39,51	23	38 % Quarzsandstein; 19 % Quarzit; 16 % Sandstein i.A.; 8 % Dolomit; 6 % Metasandstein; 4 % Quarz; 3 % Kalkstein; 2 % Phyllit; 1 % Konglomerat; 1 % Tonstein;	53 % Quarzsandstein; 28 % Mischung aus Sandstein i.A., Siltstein, Tonstein, Tonschiefer, Phyllit; 11 % Mischung aus Konglomerat, Sandstein i.A., Tonstein; 3 % Dolomit; 3 % Mischung aus Tonstein, Kalksandstein, Mergel, Kalkstein; 1 % Mischung aus Dolomit, Marmor, Kalkschiefer; 1 % Mischung aus Mergel, Sandstein i.A., Tonstein, Rauhwacke; 1 % Mischung aus Rauhwacke, Gips;	3	44	1,66	7,5	12,31	35,41		geeignet als Splitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-147a	Talfüllung	Oberostalpin, Paragneis + Orthogneis	3,2	15,75	33	31 % Glimmerschiefer; 31 % Orthogneis; 30 % Paragneis; 6 % Quarz; 2 % Quarzit;	28 % Orthogneis; 28 % Paragneis; 18 % Mischung aus Paragneis, Glimmerschiefer; 13 % Mischung aus Paragneis, Glimmerschiefer, Quarzit; 8 % Glimmerschiefer; 8 % Mischung aus Glimmerschiefer, Paragneis;	31	47	0,55	30	34,9	28,75		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;

Probejahr-Punktnr.	Typ	Geologische Einheit	Länge (km)	Fläche (km ²)	Neigung (°)	Lithospektrum	Lithospektrum (GIS-Ableitung)	Mürbkornanteil (%)	Mürbkornanteil (%) (GIS-Ableitung)	Feinanteil (%)	d40 (mm)	d50 (mm)	U	Verwendung/Eignung als Baurohstoff	Eignung als Baurohstoff (GIS Ableitung)
2015-148	Talfüllung	SP; Granitgneis, Paragneis, Phyllit, Glimmerschiefer - UPD; Ophiolit	7,01	61,25	32	72 % Glimmerschiefer; 6 % Prasinit; 6 % Quarz; 5 % Gneis i.A.; 2 % Serpentin; 2 % Amphibolit; 2 % Quarzit; 2 % Grünschiefer; 2 % Orthogneis; 1 % Paragneis; 1 % Phyllit;	27 % Glimmerschiefer; 16 % Orthogneis; 14 % Mischung aus Amphibolit, Prasinit; 5 % Paragneis; 3 % Mischung aus Glimmerschiefer, Paragneis; 3 % Mischung aus Paragneis, Glimmerschiefer; 2 % Amphibolit; 2 % Gneis i.A.; 2 % Mischung aus Glimmerschiefer, Phyllit; 2 % Mischung aus Prasinit, Glimmerschiefer;	73	37	2,78	15	30,6	114,95	verwendet für Wegebau	geeignet als Splitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-150	Talfüllung	Oberostalpin Trias - Kreide - Oberostalpin, Paragneis	4,02	19,51	29	36 % Kalkstein; 16 % Orthogneis; 15 % Dolomit; 10 % Sandstein i.A.; 10 % Mergel; 6 % Tonstein; 4 % Metasandstein; 1 % Rauhwacke; 1 % Quarz;	25 % Mischung aus Paragneis, Glimmerschiefer; 14 % Orthogneis; 14 % Kalkstein; 8 % Mischung aus Tonstein, Mergel; 6 % Mischung aus Rauhwacke, Gips, Dolomit, Kalkstein; 6 % Mischung aus Sandstein i.A., Tonschiefer, Mergel, Rauhwacke, Gips; 5 % Schiefer i.A.; 4 % Mischung aus Dolomit, Brekzie, Mergel, Kalkstein; 3 % Mischung aus Brekzie, Konglomerat, Sandstein i.A.; 1 % Mischung aus Amphibolit, Gneis i.A.; 1 % Mischung aus Mergel, Kalkstein;	16	50	10,75	2,5	6,22	337,52	geeignet als Betonzuschlag	geeignet als Splitt, Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;
2015-151	Talfüllung	Oberostalpin, Paragneis	4,9	31,2	33	64 % glimmerreicher Gneis; 16 % Dolomit; 8 % Quarz; 6 % Orthogneis; 3 % Quarzit; 2 % Amphibolit; 1 % Glimmerschiefer;	58 % Mischung aus Paragneis, Glimmerschiefer; 20 % Paragneis; 4 % Glimmerschiefer; 4 % Orthogneis;	1	62	1,23	9	14,68	29,39		geeignet als Wegschotter, Schüttmaterial, Filter- und Drainagekies;

Beilage 2: Zusammenstellung von Anforderungen an natürliche Gesteinskörnungen je nach Verwendungszweck

Überbegriff	Verwendungszweck	Quellen	häufig verwendete Körnungen	Korngröße	Unterkorn	Überkorn	Abschlämmbares (Ton- und Siltfraktion / < 0,063 mm)	Kornform	Oberflächenbeschaffenheit	Mürbkorn	Beständigkeit
Hoch- und Tiefbau	Betonzuschlag	<ul style="list-style-type: none"> FprEN 12620 ÖNORM EN 12620 Lorenz & Gwosdz, 2003 Informationszentrum Beton ÖNORM B 3304 	0/2, 0/4, 2/8, 5,6/22,1, 8/16, 11,2/22,4, 8/31,5, 16/31,5	<ul style="list-style-type: none"> abhängig von Körnung (weit gestuft)- Verhältnis Obergrenze D zu Untergrenze d > 1,4 mindestens 20-60 % im Bereich d-D bei weitgestuften Körnungen mindestens 20-80 % Siebdurchgang durch das mittlere Sieb Kiesanteil 40-87 % 	<ul style="list-style-type: none"> D < 4 mm: < 15 % D > 4 mm: < 20 % 	<ul style="list-style-type: none"> 1-20 % bei größeren Körnungen 1-15 % bei feineren Körnungen (D < 4 mm) 	<ul style="list-style-type: none"> <0,5-4 % für Kieskörnungen < 3-16 % für natürliche Gemische 0/8mm < 3-22 % für feine Gemische 	<ul style="list-style-type: none"> gedrungen (> 80 % mit Längen-/Dickenverhältnis < 3:1) Plattigkeitskennzahl < 15-50 	<ul style="list-style-type: none"> rauh, frei von Krusten natürlich gerundet oder gebrochen 	< 5 %	<ul style="list-style-type: none"> frostbeständig verwitterungsbeständig < 0,5 % quellfähige Bestandteile in Kornfraktionen < 4 mm < 0,1 % quellfähige Bestandteile in Kornfraktionen > 4 mm widerstandsfähig gegen Abrieb und Verschleiß
Hoch- und Tiefbau	Putzsand, Mörtelsand	<ul style="list-style-type: none"> FprEN 13139 ÖNORM EN 13139 Lorenz & Gwosdz, 2003 ÖNORM B 3340 	0/1, 0/2, 0/4, 0/8, 2/4, 2/8	<ul style="list-style-type: none"> Verhältnis Obergrenze D zu Untergrenze d > 1,4 Fein- und Mittelsandanteil: 10-40 % Größtkorn 1-2 mm für Feinputz bzw. 2-4 mm für Grobputz 	0-20 %	< 1-10 %	<ul style="list-style-type: none"> < 3 % für Estrich < 5 % für Putzmörtel < 8-30 % für Mauermörtel 	gedrungen	scharfkantig		<ul style="list-style-type: none"> frostbeständig verwitterungsbeständig
Hoch- und Tiefbau	Splitt/Edelsplitt	<ul style="list-style-type: none"> Lorenz & Gwosdz, 2003 	<ul style="list-style-type: none"> 5/11, 11/22, 22/32 für Splitt 2/5, 5/8, 8/11, 11/16, 16/22 für Edelsplitt 	abhängig von Körnung, eher eng gestuft	< 5-20 %	< 10 %		<ul style="list-style-type: none"> kugelig/würfelig (> 50 % mit Längen-/Dickenverhältnis < 3:1) bei Edelsplitt > 80 %) 			
Straßenbau	ungebundene Tragschichten	<ul style="list-style-type: none"> FprEN 13242 ÖNORM EN 13242 Lorenz & Gwosdz, 2003 	0/32, 0/45, 0/56	<ul style="list-style-type: none"> Verhältnis Obergrenze D zu Untergrenze d > 1,4 für weitgestufte, grobe Körnungen mindestens 20-80 % Siebdurchgang durch das mittlere Sieb, für weitgestufte, feine Körnungen 20-70 % Kiesanteil 30-80 % für Frostkoffer Kiesanteil 60-80 % für Tragschichten 	< 10-35 % für grobe Körnungen	< 10-20 %	<ul style="list-style-type: none"> < 0,5-4 % für grobe Körnungen, < 3-22 % für feine Körnungen < 7 % für Frostkoffer 	<ul style="list-style-type: none"> Plattigkeitskennzahl < 10-50 für grobe Körnungen Anteil gebrochener Körner 50-100 % Anteile vollständig gerundeter Körner 0-70 % 			<ul style="list-style-type: none"> frostbeständig verwitterungsbeständig widerstandsfähig gegen Abrieb und Verschleiß
Straßenbau	hydraulisch gebundene Tragschichten	<ul style="list-style-type: none"> FprEN 13242 ÖNORM EN 13242 Lorenz & Gwosdz, 2003 	0/32, 0/45	<ul style="list-style-type: none"> Verhältnis Obergrenze D zu Untergrenze d > 1,4 für weitgestufte, grobe Körnungen mindestens 20-80 % Siebdurchgang durch das mittlere Sieb, für weitgestufte, feine Körnungen 20-70 % Kiesanteil: 55-84 % 	< 10-35 % für grobe Körnungen	< 10-20 %	<ul style="list-style-type: none"> < 0,5-4 % für grobe Körnungen < 3-22 % für feine Körnungen 	<ul style="list-style-type: none"> Plattigkeitskennzahl < 10-50 für grobe Körnungen Anteil gebrochener Körner 50-100 % Anteile vollständig gerundeter Körner 0-70 % 			<ul style="list-style-type: none"> frostbeständig verwitterungsbeständig widerstandsfähig gegen Abrieb und Verschleiß
Straßenbau	bituminös gebundene Tragschichten	<ul style="list-style-type: none"> FprEN 13043 Lorenz & Gwosdz, 2003 	0/16, 0/22, 0/32	<ul style="list-style-type: none"> Verhältnis Obergrenze D zu Untergrenze d > 1,4 bei weitgestuften, groben Körnungen mindestens 20-80 % Siebdurchgang durch das mittlere Sieb Kiesanteil: 20-65 % 	< 10-35 % für grobe Körnungen	<ul style="list-style-type: none"> < 10-20 % für grobe Körnungen < 15-20 % für feine Körnungen 	<ul style="list-style-type: none"> < 0,5-4 % für grobe Körnungen < 3-22 % für feine Körnungen 	<ul style="list-style-type: none"> Anteil gebrochener Körner 50-100 % Anteil vollständig gerundeter Körner 0-70 % 			<ul style="list-style-type: none"> frostbeständig verwitterungsbeständig

Überbegriff	Verwendungszweck	Quellen	häufig verwendete Körnungen	Korngröße	Unterkorn	Überkorn	Abschlämmbares (Ton- und Siltfraktion / < 0,063 mm)	Kornform	Oberflächenbeschaffenheit	Mürbkorn	Beständigkeit
Straßenbau	Bindemittel für Fahrbahndecken (Asphalt und Beton)	<ul style="list-style-type: none"> FprEN 13043 Lorenz & Gwosdz, 2003 	0/11, 0/16, 0/22	<ul style="list-style-type: none"> Verhältnis Obergrenze D zu Untergrenze d > 1,4 bei weitgestuften, groben Körnungen mindestens 20-80 % Siebdurchgang durch das mittlere Sieb Kiesanteil: 50-80 % 	< 10-35 % für grobe Körnungen	<ul style="list-style-type: none"> < 10-20 % für grobe Körnungen < 15-20 % für feine Körnungen 	<ul style="list-style-type: none"> < 0,5-4 % für grobe Körnungen < 3-22 % für feine Körnungen 	<ul style="list-style-type: none"> gedrungen (> 50 % mit Längen-/Dicken-Verhältnis < 3:1 bei Edelsplitt > 80 %, bei Flüsterbeton > 90 %) Anteil gebrochener Körner 50-100 % Anteil vollständig gerundeter Körner 0-70 % 			<ul style="list-style-type: none"> frostbeständig verwitterungsbeständig schlagfest druckfest
Wegebau	Fundations- und Tragschichten für Forst- und Güterwege	<ul style="list-style-type: none"> Hirt, 2000 www.modre.at 	0/15, 0/30, 0/70	<ul style="list-style-type: none"> Größtkorn 90 mm (Überkorn bis max. 125 mm) Kiesanteil: 50-90% 		< 20 %	1-12 %; (7-12 % leicht frostempfindlich, < 7 % frostsicher)				frostsicher bis leicht frostempfindlich
Bahnbau	Gleisschotter	<ul style="list-style-type: none"> FprEN 13450 ÖNORM EN 13450 Lorenz & Gwosdz, 2003 ÖNORM B 3111 	31,5/50, 31,5/63, 22,4/40, 16/31,5, 11,5/31,5		< 7-25 %	<ul style="list-style-type: none"> < 7 % für Körnung 31,5/63 < 30 % für Körnung 31,5/50 	< 1,5 %	<ul style="list-style-type: none"> unregelmäßig geformt mit 100 % Bruchflächen Mischung aus gedrunenen, eher flachen und keilförmigen Körnern, scharfkantig 			<ul style="list-style-type: none"> frostbeständig verwitterungsbeständig schlagfest druckfest
Wasserbau	Wurfsteine, Wasserbausteine	<ul style="list-style-type: none"> ÖNORM EN 13383-1 Lorenz & Gwosdz, 2003 	45/125, 63/180, 90/250, 45/180, 90/180	Steine bis Blöcke	< 5-15 %	< 10-20 %		<ul style="list-style-type: none"> kubisch - quaderförmig, scharfkantig, frei von Klüften/Rissen > 80 % mit Längen-/Dickenverhältnis < 3:1 	<ul style="list-style-type: none"> rauh < 5 % mit weniger als 50 % gebrochener Oberfläche 		<ul style="list-style-type: none"> frostbeständig verwitterungsbeständig druckfest
Baumaterial i.A.	Schüttmaterial	<ul style="list-style-type: none"> www.quarzsande.at www.modre.at 	0/22, 0/150, 0/300, 0/500								frostbeständig
Baumaterial i.A.	Filterkies, Drainagekies	<ul style="list-style-type: none"> www.quarzsande.at www.modre.at 	4/8, 8/16, 16/32, 16/22, 22/30, 30-70	Kies (eng gestufte Abmessung)			< 4 %	<ul style="list-style-type: none"> Rundkorn Kantkorn 			
Baumaterial i.A.	Kabelsand	<ul style="list-style-type: none"> www.quarzsande.at 	0/3					Rundkorn	frei von Krusten		

Überbegriff	Verwendungszweck	geeignete Ausgangsgesteine	bedingt geeignete Ausgangsgesteine	ungeeignete Ausgangsgesteine
Hoch- und Tiefbau	Betonzuschlag	Magmatite, Karbonate	Basalte (wegen Sonnenbrand), quarzische Sandsteine, Grauwacken (wegen zum Teil alkalilöslichem SiO ₂)	mergelige Gesteine, tonige Gesteine; Gesteine mit Schwefelgehalt > 1 %, mit säurelöslichen Sulfatgehalten > 0,8 % oder wasserlöslichen Chloridionen > 0,01 %
Hoch- und Tiefbau	Putzsand, Mörtelsand	quarzreiche Sande (> 50 % SiO ₂), Karbonatsande, Sande aus vulkanischen Ausgangsgesteinen		glimmerreiche Sande (ab 2-3 % Glimmer), Sande mit Pyritgehalt, Sande mit quellfähigen Bestandteilen
Hoch- und Tiefbau	Splitt/Edelsplitt			
Straßenbau	ungebundene Tragschichten	Magmatite, Metamorphite, quarzische Sandsteine, Quarzite, Grauwacken, Karbonate	grobkörnige und glimmerreiche Magmatite, schiefrige Metamorphite, Basalte (wegen Sonnenbrand)	Gesteine mit Schwefelgehalt > 1 %, mit säurelöslichen Sulfatgehalten > 0,8 %
Straßenbau	hydraulisch gebundene Tragschichten	Magmatite, Metamorphite, quarzische Sandsteine, Quarzite, Grauwacken, Karbonate	grobkörnige und glimmerreiche Magmatite, schiefrige Metamorphite, Basalte (wegen Sonnenbrand)	Gesteine mit Schwefelgehalt > 1 %, mit säurelöslichen Sulfatgehalten > 0,8 %
Straßenbau	bituminös gebundene Tragschichten	Magmatite, Metamorphite, quarzische Sandsteine, Quarzite, Grauwacken, Karbonate	grobkörnige und glimmerreiche Magmatite, schiefrige Metamorphite, Basalte (wegen Sonnenbrand)	
Straßenbau	Bindemittel für Fahrbahndecken (Asphalt und Beton)		Karbonate (wegen guter Polierbarkeit)	
Wegebau				
Bahnbau	Gleisschotter	Rhyolit, Granit, Basalt, Bolerit, Gabbro, Hornfels, Quarzit, Dolomit, Diabas, Grauwacke, Syenit, Diorit, Gneis, Quarzporphyr, Granulit, Glaukonitsandstein, Trachyt, Andesit	Kalkstein (wegen meist zu geringer Schlagfestigkeit)	plattig oder stängelig brechende Gesteine, Schiefer, Glimmerschiefer, Phyllit, Mergel, Tonschiefer, poröser Basalt, poröse Gesteine
Wasserbau	Wurfsteine, Wasserbausteine			Schiefer, Glimmerschiefer, Phyllite, Mergel, Tonschiefer
Baumaterial i.A.	Schüttmaterial			
Baumaterial i.A.	Filterkies, Drainagekies			
Baumaterial i.A.	Kabelsand			

Anmerkungen:

- für die meisten Verwendungszwecke gibt es unterschiedliche Qualitätskategorien mit unterschiedlichen Anforderungskriterien
- daraus resultieren die in obiger Tabelle angegebenen Schwankungsbreiten bei manchen Anforderungskriterien
- der für manche Verwendungszwecke in der Spalte "Korngröße" angegebene Kiesanteil (in %) ist den Siebkurven aus Lorenz & Gwosdz (2003) entnommen, entspricht dem Stand (DIN, Literatur) von 2003 und davor und dient daher eher zur groben Einstufung
- für "Wegschotter" wurden keine Anforderungskriterien gefunden bzw. definiert - entspricht vermutlich - mit gewissen Abschlägen - in etwa den Anforderungen für Straßenbau
- siehe Registerblatt "Anforderungen mit Quellen" für Zuordnung der einzelnen Tabelleneinträge zur jeweiligen Quelle (Eintrag und Zitat in gleicher Farbe)

Begriffe:

- Korngruppe ("Körnung"): Bezeichnung einer Gesteinskörnung mittels unterer (d) und oberer (D) Siebgröße, ausgedrückt als d/D
- Siebsätze (nach Überarbeitungsvorschlag für neue EN): Grundsiebsatz: 0 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm, 31,5 mm, 63 mm
- Ergänzungssiebsatz 1: 5,6 mm, 11, 2 mm, 22,4 mm, 45 mm, 90 mm
- bzw. alternativ Ergänzungssiebsatz 2: 6,3 mm, 10 mm, 12,5 mm, 14 mm, 20 mm, 40 mm, 80 mm
- grobe Körnungen (nach Überarbeitungsvorschlag für neue EN): $D > 4 \text{ mm}$ und $d > 1 \text{ mm}$ oder $D < 4 \text{ mm}$ und $d > 1 \text{ mm}$
- feine Körnungen (nach Überarbeitungsvorschlag für neue EN): $D < 4 \text{ mm}$ und $d = 0$

Quellen:

- Lorenz, W. & Gwosdz, W. (2003): Handbuch zur geologisch-technischen Bewertung von mineralischen Baurohstoffen.- Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte Reihe H, SH16, Hannover.
- Hirt, R. (2000): Kiessande für sekundäre Straßen.- Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, Zürich.
- Austrian Standards Institute (2014): ÖNORM EN 12620 Gesteinskörnungen für Beton.- Wien.
- Austrian Standards Institute (2014): ÖNORM EN 13450 Gesteinskörnungen für Gleisschotter.- Wien.
- Austrian Standards Institute (2014): ÖNORM EN 13242 Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für Ingenieur- und Straßenbau.- Wien.
- Österreichisches Normungsinstitut (1952): ÖNORM B 3111 Natürliche Gesteine Gleisbettungstoffe.- Wien.
- Österreichisches Normungsinstitut (1977): ÖNORM B 3340 Fertigmörtel für Putzzwecke. Anforderungen und Prüfungen.- Wien.
- Österreichisches Normungsinstitut (1981): ÖNORM B 3304 Betonzuschläge aus natürlichem Gestein. Begriffe, Anforderungen, Prüfungen, Lieferung und Güteüberwachung.- Wien.
- Österreichisches Normungsinstitut (2002): ÖNORM EN 13383-1 Wasserbausteine. Teil 1: Anforderungen.- Wien.
- Österreichisches Normungsinstitut (2002): ÖNORM EN 13139 Gesteinskörnungen für Mörtel.- Wien.
- Informationszentrum Beton [Biscoping, M.] (2012): Gesteinskörnungen für Normalbeton. Zement-Merkblatt Betontechnik B2. 1.2012.- Erkrath.
- www.quarzsande.at - Produktdatenblätter
- www.modre.at/produkte