



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 2016/17

von

B. TRÄXLER, H. REITNER, I. LIPIARSKA, S. PFLEIDERER,
J. RABEDER & M. HEINRICH



iii + 19 Seiten, 9 Abbildungen, 5 Tabellen, 1 Beilage

Wien, Mai 2017

Projektleitung und verantwortliche Durchführung:

Dr. S. Pfeleiderer

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter:

Dr. M. Heinrich	Rohstoffgeologie
Mag. I. Lipiarska	GIS-Bearbeitung
Dr. S. Pfeleiderer	Rohstoffgeologie
Mag. J. Rabeder	Sedimentgeologie
cand.geol. H. Reitner	GIS-Bearbeitung
Mag. B. Träxler	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 Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft.

INHALT

Zusammenfassung.....	1
1. Ausgangslage.....	2
2. Ziele und Inhalte des Projektes	3
3. Arbeitsschritte und vorläufige Ergebnisse.....	4
3.1. Datenakquisition.....	5
3.2. Adaptierung der GIS-Werkzeuge	8
3.3. Berechnung morphometrischer Parameter	9
3.4. Berechnung der lithologischen Zusammensetzung der Einzugsgebiete	10
3.5. Rohstoffgeologisch relevante lithologische Gruppierung	15
4. Weiteres Arbeitsprogramm.....	16
5. Literatur	17

Beilagen

Beilage 1: Wildbacheinzugsgebiete – Stand der Bearbeitung (April 2017)

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.

Um die Qualität zu untersuchen, wurden ausgehend von Datensätzen der Wildbach- und Lawinenverbauung die Einzugsgebiete von 1899 Geschiebesperren berechnet, mit morphologischen Kennwerten charakterisiert und hinsichtlich ihres geologischen Aufbaus beschrieben. Davon konnten bei 170 Sperren Berechnungen aus den Vorprojekten übernommen werden, bei 771 Sperren wurden die Abgrenzungen der Einzugsgebiete aus dem Datensatz der Wildbach- und Lawinenverbauung übernommen und nur die Morphologie und Geologie neu berechnet, bei 958 Bauwerken wurden sowohl Liefergebietsabgrenzung als auch Morphologie und Geologie neu bestimmt. Hierfür wurde dieselbe Methodik herangezogen, die in den bisherigen „Regenerat“-Projekten erfolgreich angewendet wurde.

Als Vorbereitung der weiteren Arbeitsschritte wurden 55 lithologische Hauptgruppen nach rohstoff-geologisch relevanten Kriterien festgelegt und nach Erosionsbeständigkeit, Verwitterungsart und Qualität / Eignung der Verwitterungsprodukte als Kiessand klassifiziert. Diese Klassifizierung soll Vorhersagen zum Material der Lockersedimente (lithologische Zusammensetzung, Sortierung, Rundung, Feinkorn- und Mürbkornanteil) und die Abschätzung der Qualität und potentiellen Nutzbarkeit als Baurohstoffe ermöglichen. In weiterer Folge werden die vorhergesagten Materialeigenschaften und Qualitätsklassen anhand von Daten über Aufbereitung und Verwendung bei aktiven und ehemaligen Abbaustellen stichprobenartig verifiziert und die Ergebnisse in den Datensatz der Lockergesteinskarte Österreich überführt werden.

Für die Jahre 2018 / 2019 ist geplant, Volumen und Akkumulationsraten von Sedimentkörpern anhand von gut untersuchten Fallbeispielen zu untersuchen. Materialnachschub 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 Sedimentkörpern an ausgewählten Ablagerungen wird 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 Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), 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 Qualität und potentielle Nutzbarkeit der Sedimente als Baurohstoffe abgeschätzt. Hierbei ist geplant, vier Klassen der rohstoffgeologischen Qualität zu bilden:

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

Die vorhergesagten Materialeigenschaften und Qualitätsklassen 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 Sedimentkörpern an ausgewählten Ablagerungen erfolgt 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
- rohstoffrelevante Gruppierung der Lithologien
- Trendberechnung von Sortierung, Rundung, Feinkorn- und Mürbkornanteil
- Einstufung der Qualität und Nutzbarkeit 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 umfassten programmgemäß die Datenakquisition (Kap. 3.1.), die Einzugsgebietsberechnung für Sedimentanhäufungen an Talsperren (Kap. 3.3. und 3.4.), und die Festlegung von lithologischen Hauptgruppen nach rohstoff-geologisch relevanten Kriterien (Kap. 3.5.).

3.1. Datenakquisition

Zur Erfassung relevanter Einzugsgebiete wurden der Geologischen Bundesanstalt von der Abteilung Wildbach- und Lawinenverbauung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) zwei Datenbestände, basierend auf dem digitalen Wildbach- und Lawinenkataster, der Bauwerksdatenbank und der Ereignisdatenbank, zur Verfügung gestellt (BMLFUW, 2015). Der erste Datenbestand beinhaltet Attribute zu Flächenausmaßen von 21.647 Wildbacheinzugsgebieten, von denen 2.281 geschiebewirtschaftlich genutzt werden. Der zweite Datenbestand enthält Daten zu Typ und geographischer Lage für 4.864 Geschiebesperren (Bauwerke zur Geschiebebewirtschaftung) (Abb. 3.-1).

Aus diesen Datenbeständen wurde nach geographischen Gesichtspunkten, Art und Wirkungsweise der Geschiebesperren sowie der Repräsentativität des zu erwartenden Gesteinsspektrums im Rückhaltebecken für das Einzugsgebiet eine Selektion der Geschiebesperren vorgenommen.

So wurden nur jene Sperren, die im Projektgebiet liegen (Abb. 3.-3), berücksichtigt. Die großen Sedimentbecken (Molassebecken, Wiener Becken, Steirisches Becken) und die Böhmisches Masse blieben ausgespart.

Des Weiteren wurden aufgrund ihrer Wirkungsweise im Rückhaltebecken folgende drei Bauwerkstypen ausgewählt:

- Geschiebedosiersperren
- Geschieberückhaltesperren
- Grobgeschiebefiltersperren.

Um zu gewährleisten, dass sich das gesamte lithologische Spektrum eines Einzugsgebietes im Rückhaltebecken widerspiegelt, wurde in jenen Fällen, in denen an einem Gewässerlauf mehrere Sperren vorkommen, jeweils nur die bachaufwärts am höchsten liegende berücksichtigt (Abb. 3.-2).

Nach Anwendung dieser Auswahlkriterien standen aus dem Gesamtdatenbestand schließlich 1.899 Geschiebesperren für weitere Auswertungen zur Verfügung.

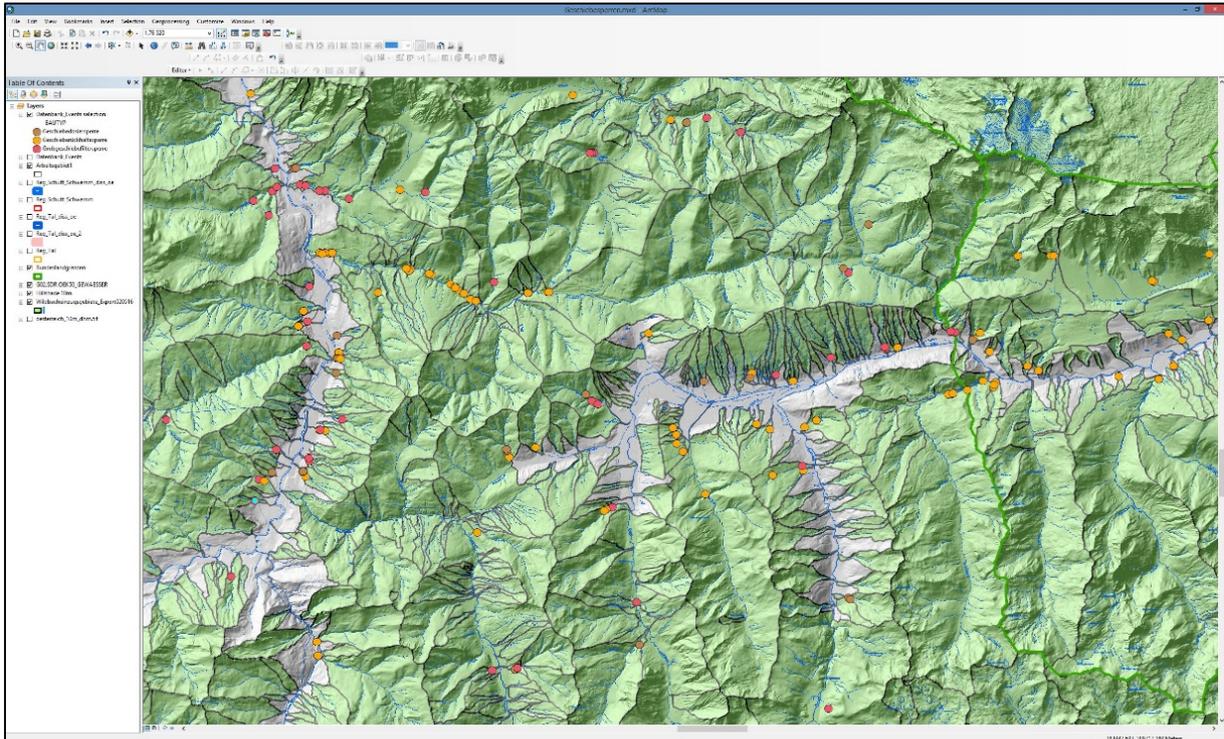


Abb.3.-1: Datenakquisition - Wildbacheinzugsgebiete (grün eingefärbt) mit Geschiebesperren, Teilgebiet.

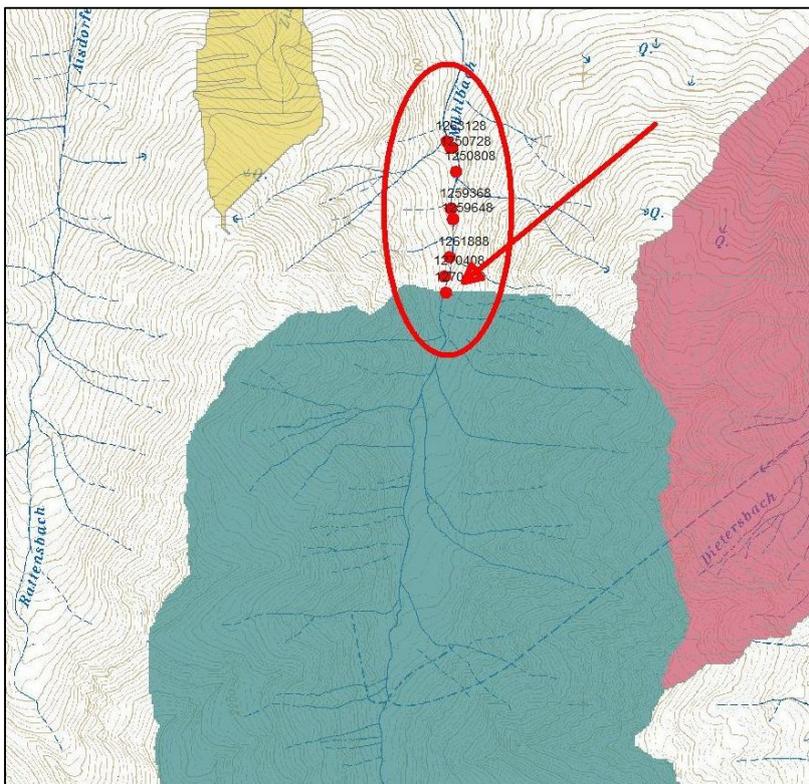


Abb. 3.-2: Serie von Geschiebesperren entlang eines Gewässerlaufs, Markierung der Auswahl mit Pfeil.

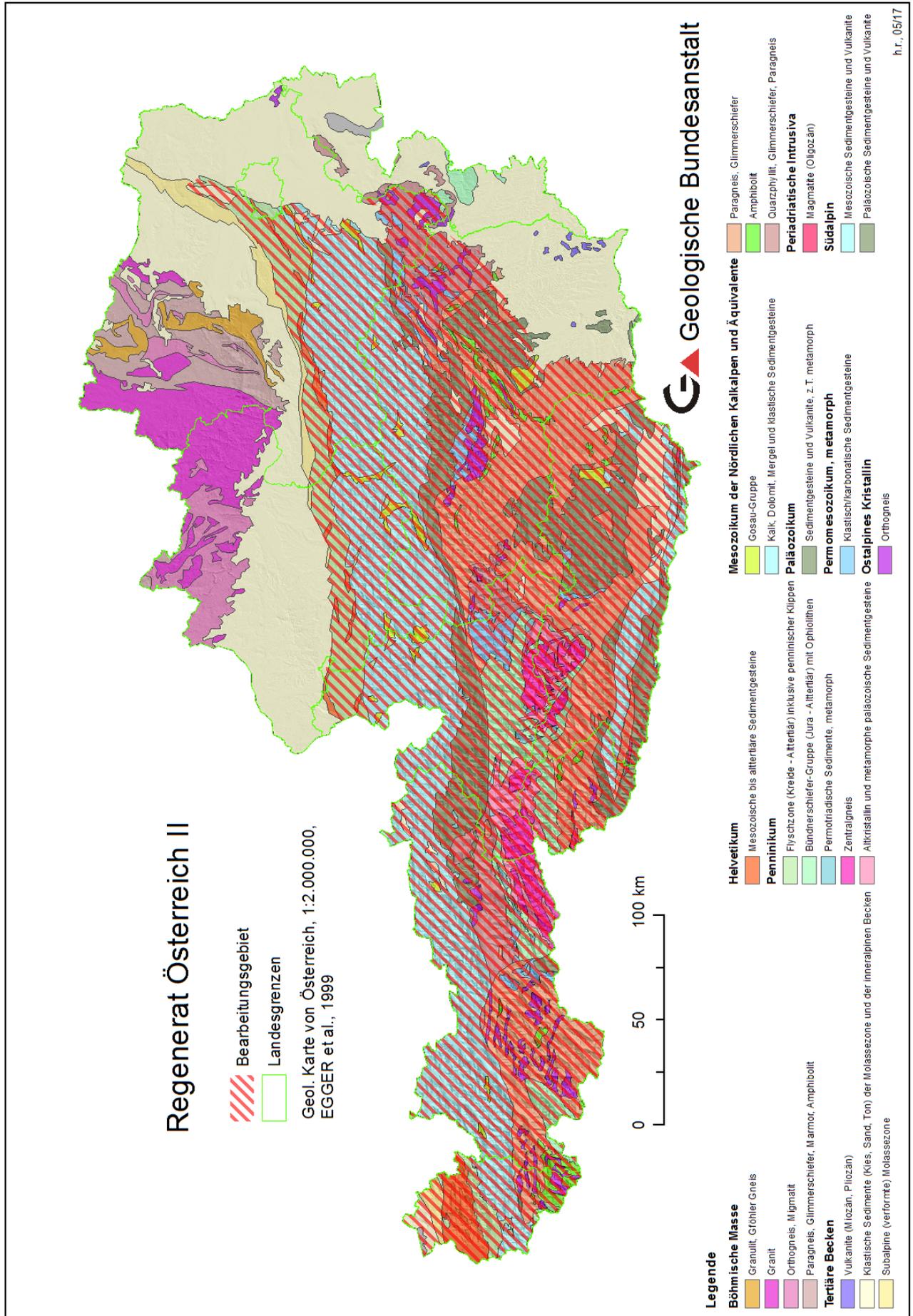


Abb. 3.-3: Lage des Arbeitsgebietes (ident mit Vorprojekt).

3.2. Adaptierung der GIS-Werkzeuge

Im Rahmen der Projektarbeiten wurde für die GIS-Auswertungen eine Adaptierung der GIS-Werkzeuge für auf Wildbach-Einzugsgebiete bezogene Auswertungen vorgenommen. Als Entwicklungsumgebung diente dabei vorrangig die visuelle Programmiersprache Model Builder® der GIS-Software ArcGis® 10.x des Herstellers ESRI® (www.esri.com). Zusätzlich wurde für einzelne Teile der GIS-Programmierungsaufgaben die Programmiersprache Python (www.python.org) verwendet.

Die aus den Vorprojekten bestehenden GIS-Werkzeuge wurden für die Berechnung der Einzugsgebiete von Rückhaltebauwerken (Geschiebesperren) der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) adaptiert. Damit wurde eine selektive Auswahl und Bearbeitung einzelner Standorte der Geschiebesperren ermöglicht. Nach der Auswahl eines Standortes wird auf Basis des bundesweiten Geländehöhenmodells 10 m (Quelle: data.gv.at) das zugehörige Einzugsgebiet berechnet. Zusätzlich werden statistische Kenngrößen ausgewählter morphologischer Parameter des Einzugsgebietes berechnet, z.B. mittlere und maximale Neigung oder mittlere und maximale Fließweglänge, und dem Einzugsgebietspolygon zugewiesen. Abschließend werden für das Einzugsgebiet auf Basis der an der Geologischen Bundesanstalt verfügbaren digitalen geologischen Kartengrundlagen die Flächenanteile der lithostratigraphischen bzw. lithodemischen Einheiten berechnet und ebenfalls den Ergebnispolygonen zugewiesen.

Ein weiterer Katalog an GIS-Werkzeugen wurde für die Auswertung bereits digital vorliegender Einzugsgebiete für Rückhaltebauwerke der WLV erstellt (Abb. 3.-4). Mit diesen Werkzeugen kann im GIS eine Auswahl an bereits vorliegenden WLV-Einzugsgebieten vorgenommen werden, diese werden sodann als Gruppe in fortlaufender Reihenfolge abgearbeitet (Stapel- bzw. Batchverarbeitung). Die Auswertungen werden dabei entsprechend dem oben beschriebenen Umfang vorgenommen.

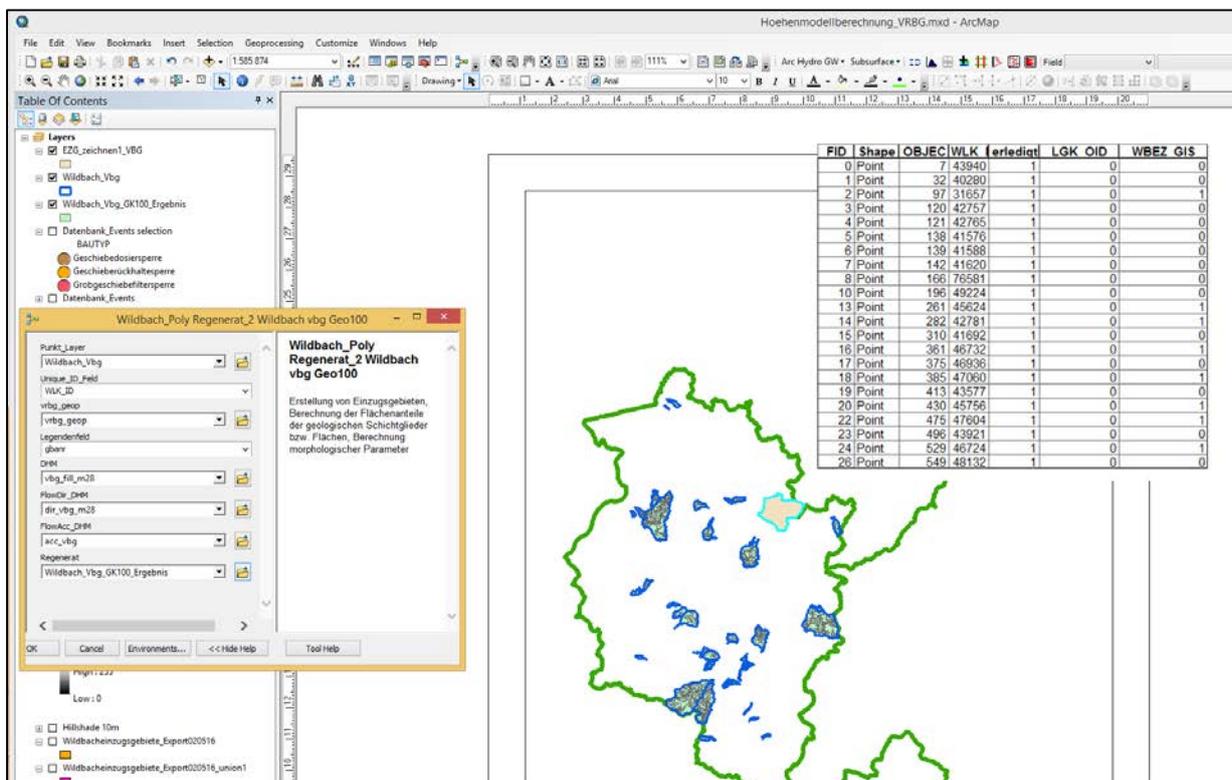


Abb. 3.-4: Beispiel eines GIS-Werkzeugs zur Auswertung ausgewählter vorliegender Einzugsgebiete von Rückhaltebauwerken der Wildbach- und Lawinenverbauung des BMLFUW mittels Stapelverarbeitung.

3.3. Berechnung morphometrischer Parameter

Die Abgrenzung der Einzugsgebiete für das gesamte Projektgebiet erfolgte, ausgehend von bestehenden Geschiebesperren, mithilfe der in Kapitel 3.2. beschriebenen GIS-Werkzeuge. Die Definition des Einzugsgebietes stellt die Grundlage zur Berechnung der morphometrischen Parameter und in weiterer Folge zur lithologischen Charakterisierung des Geschiebematerials an einer Sperre dar. Anhand dieser Werte kann eine Aussage bezüglich lithologischer Zusammensetzung und sedimentpetrographischer Parameter getroffen und die rohstoffgeologische Qualität der Sedimente und deren Nutzbarkeit abgeschätzt werden.

Es erfolgte ein Abgleich der ausgewählten Geschiebesperren mit bereits berechneten Einzugsgebieten aus dem Datensatz der Wildbacheinzugsgebiete des BMLFUW. Die Begrenzungen von 771 Wildbacheinzugsgebieten konnten übernommen und mit den für die Auswertung bereits digital vorliegender Einzugsgebiete adaptierten GIS-Werkzeugen die morphometrischen Parameter berechnet werden. Tabelle 3.-1 zeigt einen Überblick zur Anzahl berechneter WLV-Einzugsgebiete pro Bundesland.

Tab. 3.-1: Anzahl der WLV-Einzugsgebiete pro Bundesland.

Bundesland	Auswertung WLV-Einzugsgebiete
Ktn	94
Noe	15
Ooe	44
Stmk	221
Sbg	141
Tirol	213
Vbg	43
Gesamt	771

Bei 18 Geschiebesperren war eine Berechnung des Einzugsgebietes mit der GIS-Routine nicht möglich. In diesen Fällen wurde anhand der Topografie ein Polygon für die Begrenzung des Einzugsgebietes mit dem Zeichenwerkzeug abgegrenzt und aus der daraus resultierenden Fläche die morphometrischen Parameter berechnet (Abb. 3.-5).

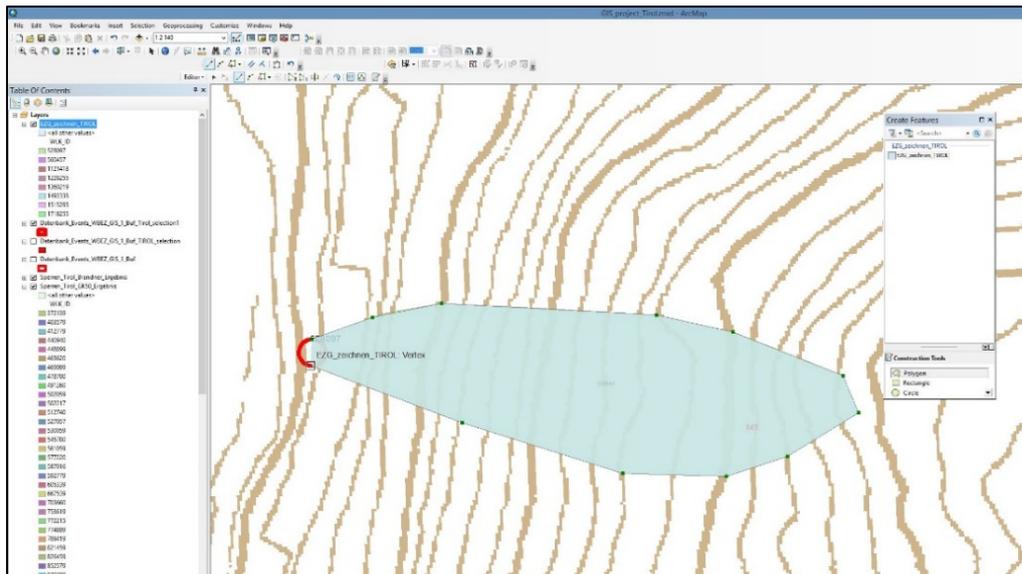


Abb. 3.-5: Digital neu erstelltes Wildbacheinzugsgebiet-Polygon in Bezug zum Geländehöhenmodell.

3.4. Berechnung der lithologischen Zusammensetzung der Einzugsgebiete

Die lithologische Zusammensetzung des Geschiebematerials ergibt sich aus den prozentuellen Flächenanteilen der Ausgangsgesteine im Einzugsgebiet und erfolgt mit den adaptierten GIS-Werkzeugen. Auf Grund der Erfahrung aus dem Vorgängerprojekt ist die Genauigkeit der Ergebnisse direkt von der Qualität der zur Verfügung stehenden geologischen Karten abhängig. Die an der Geologischen Bundesanstalt vorhandenen Datensätze GK50 und GEOFAST decken das Bundesgebiet annähernd zur Gänze ab, in nicht abgedeckten Gebieten wird auf ältere oder weniger detaillierte Karten zurückgegriffen. Abbildung 3.-6 und Tabelle 3.-2 geben einen Überblick über die verwendeten Kartengrundlagen.

Bei 958 Geschiebesperren wurden die lithologischen Flächenanteile der Einzugsgebiete ausgehend von den Geschiebesperren mittels der im Vorgängerprojekt erprobten GIS-Routine zur Ableitung geologischer und morphologischer Kennwerte bundeslandweise neu berechnet (Abb. 3.-7).

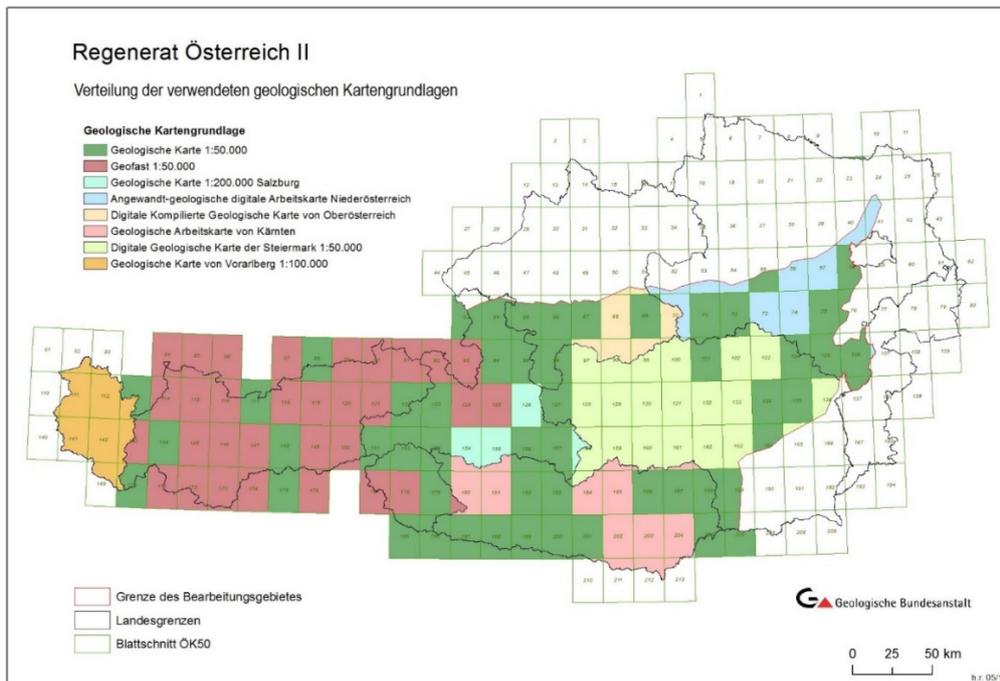


Abb. 3.-6: Kartenspiegel geologische Kartengrundlagen.

Tab. 3.-2: Übersicht über die verwendeten Kartengrundlagen:

Zitat Karte	Kürzel Karte
Geologische Bundesanstalt (Hrsg.): Kartenserie Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Bearbeitungsstand 2015, Wien, 2015. Datenebene G01.SDV.GK50_GEOLOGIE_F des Kartographischen Modells Geologie 1:50.000 (KM50 Geologie).	GK50
Pestal, G., Hejl, E., Egger, H., Van Husen, D., Linner, M., Mandl, M., Moser, M., Reitner, J., Rupp, Ch., Schuster, R., Braunstingl, R. (Koord): Geologische Karte von Salzburg 1:200.000, Geologische Bundesanstalt (GBA), Wien, 2005. Datenebene 01.SDV.GK200_SALZ_GEOLOGIE_F des Kartographischen Modells Geologie 1:200.000 (KM200 Geologie).	GK_200_Sbg
Pavlik, W., Kreuss, O., Moser, M., Bayer, I., Krenmayr, H. G.: Geofast - Zusammenstellung ausgewählter Archivunterlagen der Geologischen Bundesanstalt 1:50.000, Bearbeitungsstand 2015, GBA-Projekt Geofast, Geologische Bundesanstalt (GBA), Wien, 2015. Datenebene G01.SDV.gfPlanar des Kartographischen Modells Geofast 1:50.000.	Geofast
Letouzé-Zezula, G. (Ltg.), Atzenhofer, B., Berka, R., Heinrich, M., Hellerschmidt-Alber, J., Lipiarska, I., Lipiarski, P., Moshhammer, B., Poltnig, W., Posch-Trözmüller, G., Schuster, R. & Untersweg, T.: GIS-Generierung einer geologischen Arbeitskarte von Kärnten als Basis weiterführender rohstoff- und angewandt-geologischer Bearbeitungen – Digitale geologische Karte Kärnten.- Unveröff. Endbericht Bund-Bundesländer-Proj. K-C-025/04, Bibl. Geol. B.-A. / Wiss. Archiv, 29 S., 8 Abb., 17 Beil., 1 Anh., Wien, 2005. Digitaler Datensatz.	Geol 50_Ktn
Schwendt, A.: Digitale geologische Karte der Steiermark 1:50.000. – Joanneum Research – Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung, Graz, 1998. Digitaler Datensatz.	DGKStmk 50
Pestal, G. (Red.), Oberhauser, R. (Bearb.), Bertle, H. (Beitr.), Bertle, R. (Beitr.): Geologische Karte von Vorarlberg 1:100.000, Geologische Bundesanstalt (GBA), Wien, 2007. Datenebene „geop“ der Digitalen Geologischen Karte von Vorarlberg 1:100.000 (DGK100-Vorarlberg).	Vbg_GK100
Lipiarski, P., Untersweg, T., Lipiarska, I. & Heinrich, M.: Angewandt-geologische digitale Arbeitskarte Niederösterreich (AngedAN). – Unveröff. Bericht i. A. Amt der NÖ Landesregierung Zl. BD-1-G-5146/001-2009, 51 Bl., 32 Abb., Wien, 2012.	AngedAN
Reitner, H.: Digitale kompilierte geologische Karte von Oberösterreich (GÖK 20 – 2009) Begleittext. - Unveröff. Ber. Proj. „Aktualisierung WellmasterAV – Handbücher“ der Geol. Bundesanstalt i. Auftr. Amt der OÖ Landesreg., Projektteil 6, Wien, 2009.	GK 20_Ooe
Brandner, R.: Geologische Übersichtskarte von Tirol (1:3.000.000) & Tektonik (1:600.000); – Tirolatlas (Amt der Tiroler Landesregierung). – Univ. Verlag Wagner, 1980.	Brandner

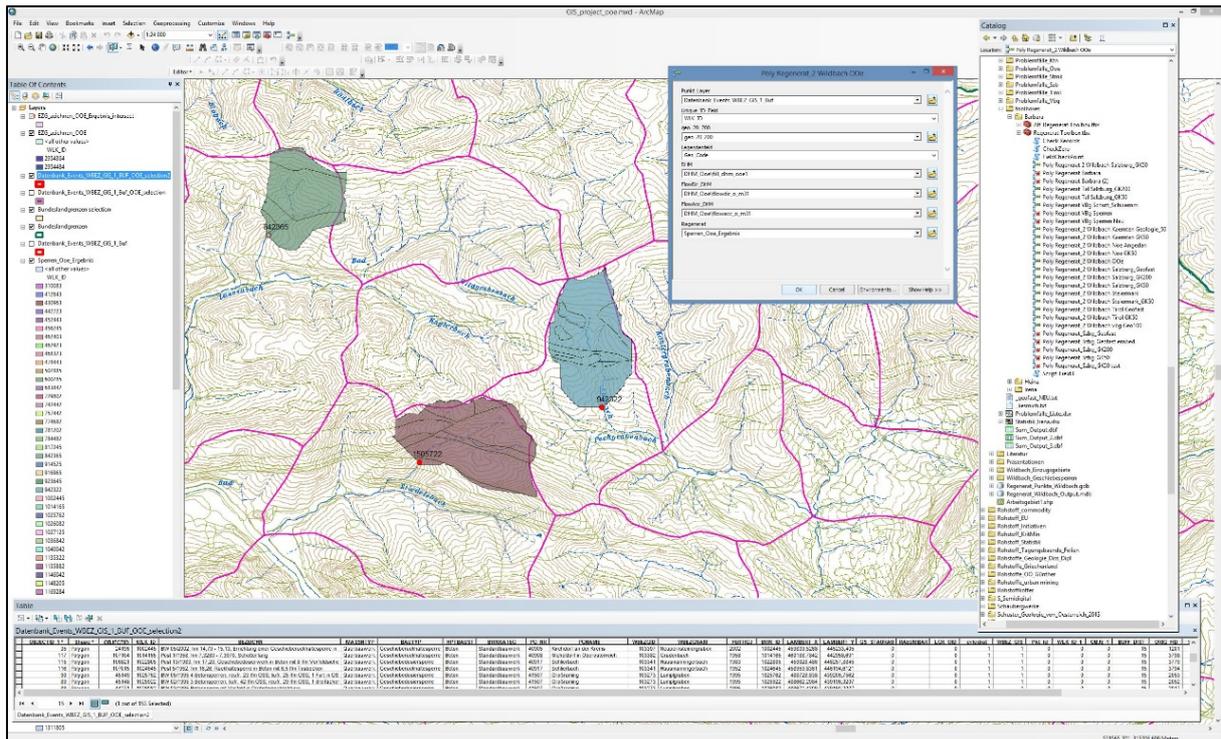


Abb. 3-7: Beispiel für die Berechnung eines Einzugsgebietes mittels GIS-Routine ausgehend von einer Geschiebesperre.

Tabelle 3-3 zeigt die Anzahl der berechneten Sperren pro Bundesland, sowie deren Verteilung zu den verwendeten geologischen Kartengrundlagen.

Tab. 3-3: Übersicht Anzahl Sperren pro Bundesland und geologischer Kartengrundlage.

Bundesland	Berechnete Sperren	
	GIS-Routine	Geologie – Kartengrundlage
Noe	21	8 AngedAN; 13 GK50
Ktn	141	66 GK50; 75 Geol 50_Ktn
Stmk	237	201 DGKStmk 50; 36 GK50
Ooe	86	86 GK 20_Ooe
Sbg	142	80 GK50; 20 Geofast; 42 GK_200_Sbg
Tirol	275	13 Brandner; 76 GK50; 186 Geofast
Vbg	56	56 Vbg_GK100
Gesamt	958	

Bei der Festlegung der Ausgangspunkte für die Berechnung der Einzugsgebiete lagen die Geschiebesperren oftmals geringfügig neben dem Gerinneverlauf. Die Punkte wurden manuell so verschoben, dass die Berechnung mit der GIS-Routine, die an das Digitale Höhenmodell (DHM) bzw. an die Fließlinien des Gewässernetzes gekoppelt ist, gestartet werden konnte (Abb. 3-8).

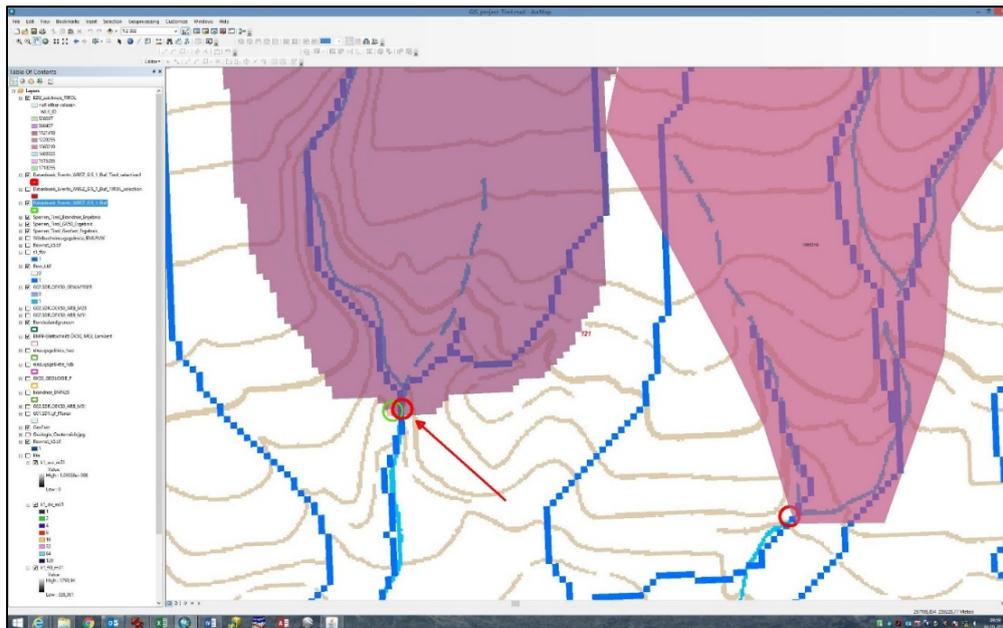


Abb. 3.-8: Adaptierung der Lage der Geschiebesperren - ursprüngliche (grün) und verschobene Lage (rot).

Bei den bereits berechneten Einzugsgebieten aus dem Datensatz der Wildbacheinzugsgebiete des BMLFUW wurden die zugehörigen Flächen zur Berechnung der lithologischen Zusammensetzung mit den Polygonen der jeweiligen geologischen Kartengrundlage im GIS mit dem Tool „Intersect“ verschnitten (Abb. 3.-9).

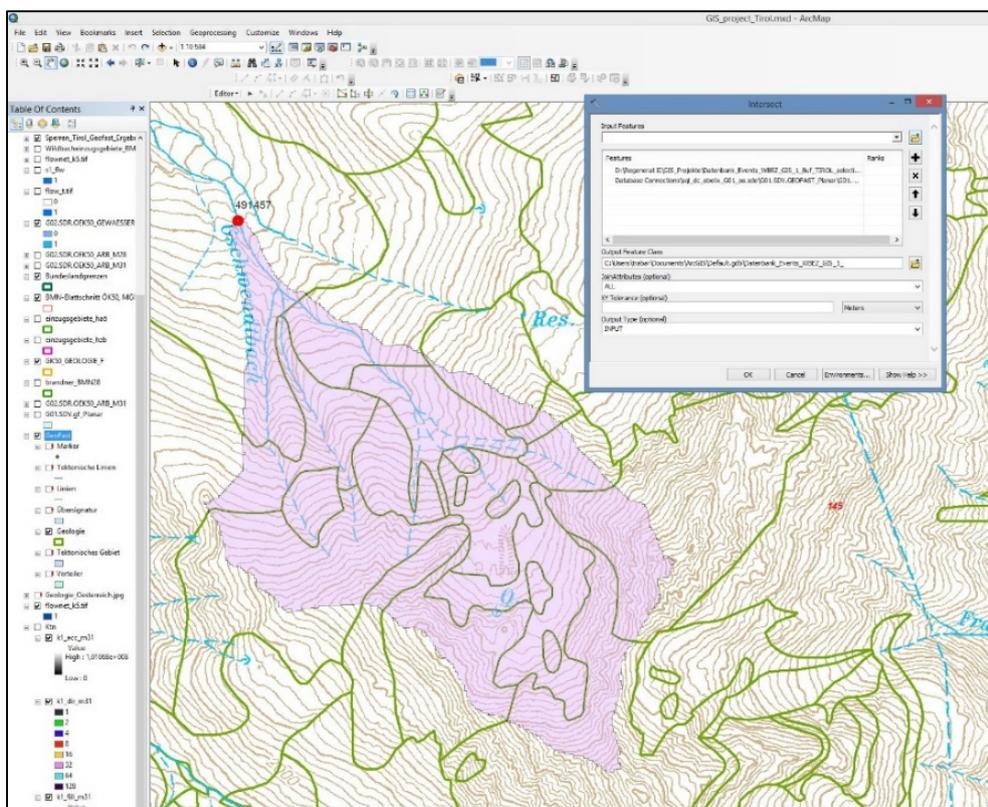


Abb. 3.-9: Verschneidung eines WLV-Einzugsgebietes mit den Polygonen der Geologischen Karte.

Aus dem bereits bestehenden Datensatz des Vorprojektes „Regenerat Österreich“, der für 17.660 Einzugsgebiete von Schwemmfächern, Schuttkegeln und Talfüllungen mittels GIS-Routine berechnete geologische und morphologische Kennwerte sowie die prozentuellen lithologischen Flächenanteile

enthält, konnten für 170 Wildbacheinzugsgebiete die bestehenden Ergebnisse von 114 Schwemm- und Schuttfächer und 56 Talfüllungen übernommen werden, da bei den morphologischen Begrenzungen eine sehr gute Deckungsgleichheit bestand.

Die in mehreren Arbeitsschritten und mit unterschiedlichen Methoden ermittelten lithologischen und morphometrischen Kennwerte für 1899 Geschiebesperren liegen getrennt nach Bundesländern bzw. geologischen Kartengrundlagen vor und werden in einer Geodatabase zusammengeführt. Einen Überblick über die Anzahl der berechneten Geschiebesperren zeigt Tabelle 3.-4.

Tab. 3.-4: Anzahl berechneter Geschiebesperren nach Methodik.

Geschiebesperren gesamt	Übernommene WLV- Wildbacheinzugsgebiete	Datenübernahme Schutt-, Schwemmfächern, Talfüllungen	GIS-Routine neu berechnete
1899	771	170	958

Für die weiteren Arbeitsschritte des Projektes stehen somit 1899 berechnete Einzugsgebiete zur Verfügung.

3.5. Rohstoffgeologisch relevante lithologische Gruppierung

Bei den im Vorprojekt (Pfleiderer et al., 2016) durchgeführten petrographischen Geröllanalysen wurden an 59 Sedimentproben insgesamt 26.444 Gerölle untersucht. Dabei wurden 342 verschiedene Lithologien beschrieben. Diese wurden nun in lithologische Hauptgruppen zusammengefasst. Beispielsweise wurden die Gesteinsbeschreibungen „Amphibolit“, „Prasinit-Amphibolit“, „granatführender Amphibolit“, „Amphibolit/Eklogit“ und „Bänderamphibolit“ in der lithologischen Hauptgruppe „Amphibolit“ zusammengefasst.

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 Verwitterungsprodukte zeigt Tabelle 3.-5 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.-5: Lithologische Hauptgruppen, klassifiziert nach der Qualität ihrer Verwitterungsprodukte.

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

Die bei den petrographischen Geröllanalysen bestimmten Lithologien wurden diesen Hauptgruppen zugeordnet. Für die Lithologien, die bei den GIS Berechnungen innerhalb der Einzugsgebiete vorkommen, muss diese Zuordnung erst noch durchgeführt werden, bevor mit den weiteren Arbeitsschritten (siehe Kap. 4) begonnen werden kann.

4. Weiteres Arbeitsprogramm

Folgende Arbeitsschritte sind für die nächsten Arbeitsjahre vorgesehen:

- **Trenderkennung von Materialparametern:** Hierfür werden die gemessenen Materialparameter (Sortierung, Rundung, Kornform, Feinkorn- und Mürbkornanteil) mit den in Kap. 3.5. definierten Lithologiegruppen sowie mit Transportweite, Reliefenergie und Hangneigung korreliert und Trends quantitativ beschrieben. Die Trends werden danach zur Berechnung von Materialparameter-Prognosen pro Sedimentkörper oder Talsperre herangezogen.
- **Einstufung der Qualität und Nutzbarkeit als Baurohstoff:** In weiterer Folge werden die Materialparameter in Qualitäts- und Nutzbarkeitsklassen übersetzt und Qualitäts- und Nutzbarkeitsprognosen pro Sedimentkörper oder Talsperre berechnet.
- **Verifizierung anhand von Abbaudaten:** Die Ergebnisse werden mit Abbaudaten (Aufbereitung, Verwendung) verglichen, wobei gegebenenfalls die Übersetzung von Materialparameter-Prognosen korrigiert und Qualitäts- und Nutzbarkeitsprognosen neu berechnet werden.
- **Attributierung der Lockergesteinskarte:** Die Prognosen zu Lithologie, Materialparameter, Qualität und Nutzbarkeit werden anschließend im GIS den Sedimentkörpern und Talsperren als zusätzliche Spalten in der Attributtabelle der Lockergesteinskarte beziehungsweise dem Datensatz der Talsperren zugeordnet.

- **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 wird durch Mehrfach-Überfliegung mittels Drohnen und Berechnung der Volumen-Differenzen abgeschätzt.
- **Endauswertung, Zusammenfassung und Berichterlegung:** 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.
- Brandner, R. (1980): Geologische Übersichtskarte von Tirol (1:3,000.000) & Tektonik (1:600.000); – Tirolatlas (Amt der Tiroler Landesregierung). – Univ. Verlag Wagner.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2015): Sedimentmanagement in Wildbacheinzugsgebieten: Zahlen und Karten – Faktenblatt. – Unveröff. Bericht, BMLFUW, 2 Bl., 2 Abb., 2 Tab., Wien, 2015.
- Budetta, P., Galiotta, 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.
- Geologische Bundesanstalt (1977-2014ff): Geologische Karten der Republik Österreich 1:50.000.- Verl. der Geol. B.-A., Wien.
- Geologische Bundesanstalt (2001-2014ff): Geofast Karten der Republik Österreich 1:50.000.- Verl. der Geol. B.-A., 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.
- 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.
- Koller, W. (2007): Die volkswirtschaftliche Bedeutung mineralischer Rohstoffe in Österreich. Eine empirische Untersuchung. – Industriewiss. Inst., Endbericht IWI-Studie (Gesamtfassung) i. A. Forum Mineralische Rohstoffe, 59+ 8 S., illustr., Wien.
- Letouzé-Zezula, G. (Ltg.), Atzenhofer, B., Berka, R., Heinrich, M., Hellerschmidt-Alber, J., Lipiarska, I., Lipiarski, P., Moshhammer, B., Poltnig, W., Posch-Trözmüller, G., Schuster, R. & Untersweg, T. (2005): GIS-Generierung einer geologischen Arbeitskarte von Kärnten als Basis weiterführender rohstoff- und angewandt-geologischer Bearbeitungen – Digitale geologische Karte Kärnten.- Unveröff. Endbericht Bund-Bundesländer-Proj. K-C-025/04, Bibl. Geol. B.-A. / Wiss. Archiv, 29 S., 8 Abb., 17 Beil., 1 Anh., Wien.
- Lipiarski, P., Untersweg, T., Lipiarska, I. & Heinrich, M. (2012): Angewandt-geologische digitale Arbeitskarte Niederösterreich (AngeDAN). – Unveröff. Bericht i. A. Amt der NÖ Landesregierung Zl. BD-1-G-5146/001-2009, 51 Bl., 32 Abb., Wien.
- Moshhammer, 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, 2002.
- Otto, J.-C. & Schrott, L. (Hrsg.) (2010): Quantifizierung von rezenten und postglazialen Sedimentflüssen in den Ostalpen.- Salzburger Geographische Arbeiten, 46, 112 S., Salzburg.
- Pavlik, W., Kreuss, O., Moser, M., Bayer, I., Krenmayr, H. G. (2015): Geofast - Zusammenstellung ausgewählter Archivunterlagen der Geologischen Bundesanstalt 1:50.000, Bearbeitungsstand 2015, GBA-Projekt Geofast, Geologische Bundesanstalt (GBA), Wien.
- Pestal, G., Hejl, E., Egger, H., Van Husen, D., Linner, M., Mandl, M., Moser, M., Reitner, J., Rupp, Ch., Schuster, R., Braunstingl, R. (Koord) (2005): Geologische Karte von Salzburg 1:200.000, Geologische Bundesanstalt (GBA), Wien.
- Pestal, G. (Red.), Oberhauser, R. (Bearb.), Bertle, H. (Beitr.), Bertle, R. (Beitr.) (2007): Geologische Karte von Vorarlberg 1:100.000, Geologische Bundesanstalt (GBA), Wien.
- 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 Seiten.
- 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.

- Reitner, H. (2009): Digitale kompilierte geologische Karte von Oberösterreich (GÖK 20 – 2009) Begleittext. - Unveröff. Ber. Proj. „Aktualisierung WellmasterAV – Handbücher“ der Geol. Bundesanstalt i. Auftr. Amt der OÖ Landesreg., Projektteil 6, Wien.
- Reitner, H., Pfeleiderer, S., Heinrich, M., Lipiarska, I., Lipiarski, P., Rabeder, J., Untersweg, T. & Wimmer-Frey, I. (2014): Geoprocessing tool Regenerat - Characterization of mineral resource quality of renewable sediment deposits. - 15th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences, 2.- 6.9.2013 in Madrid.
- 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.
- Schwendt, A. (1998): Digitale geologische Karte der Steiermark 1:50.000. – Joanneum Research – Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung, Graz.
- Selby, M. J. (1982): Controls on the stability and inclinations of hillslopes formed on hard rock. - *Earth Surf. Process. Landforms*, Vol. 7, Seiten 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.
- 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.

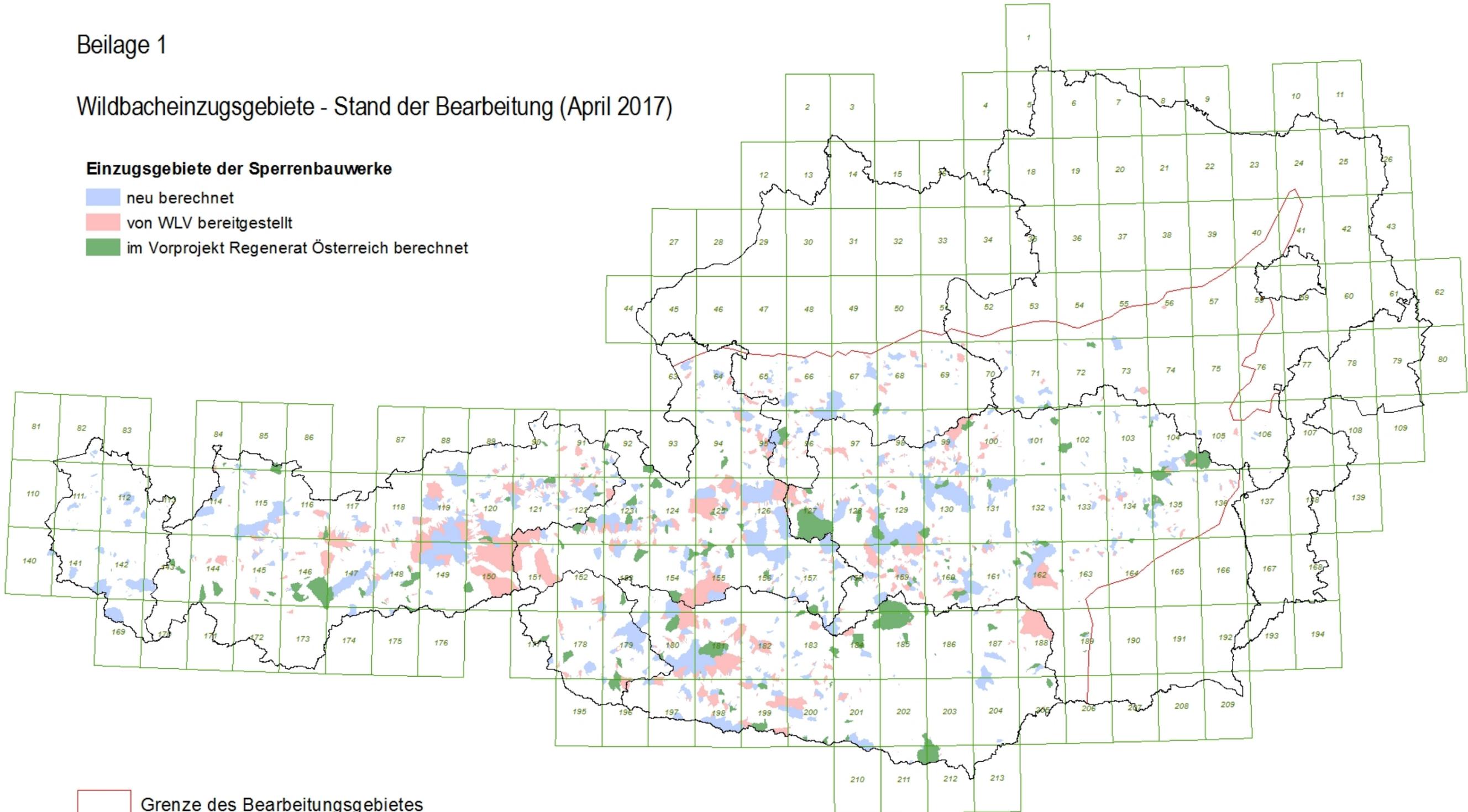
Regenerat Österreich II

Beilage 1

Wildbacheinzugsgebiete - Stand der Bearbeitung (April 2017)

Einzugsgebiete der Sperrbauwerke

- neu berechnet
- von WLW bereitgestellt
- im Vorprojekt Regenerat Österreich berechnet



- Grenze des Bearbeitungsgebietes
- Landesgrenzen
- Blattschnitt ÖK50