

Projekt Ü-LG-065/2013

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

„Regenerative Mineralrohstoffe Österreich“

Bericht über das Arbeitsjahr 2013-14

von

S. PFLEIDERER, H. REITNER, M. HEINRICH,
I. LIPIARSKA, P. LIPIARSKI, J. RABEDER, B. TRÄXLER & T. UNTERSWEIG



iii + 20 Seiten, 13 Abbildungen, 1 Tabelle, 3 Beilagen

Wien, April 2014

Projektleitung und verantwortliche Durchführung:

Dr. M Heinrich und Dr. S. Pfeleiderer

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter:

Dr. M. Heinrich	Rohstoffgeologie
Mag. I. Lipiarska	GIS-Bearbeitung
Mag. P. Lipiarski	GIS-Bearbeitung
Dr. S. Pfeleiderer	Rohstoffgeologie
Mag. J. Rabeder	Sedimentgeologie
cand.geol. H. Reitner	GIS-Bearbeitung
Mag. B. Träxler	GIS-Bearbeitung
Dr. T. Untersweg	Rohstoffgeologie

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 Inhalt des Projektes	3
3. Arbeitsschritte und vorläufige Ergebnisse	4
3.1. Abgrenzung morphologischer Einzugsgebiete	6
3.2. Ableitung morphometrischer Parameter	9
3.3. Lithologische Zusammensetzung der Einzugsgebiete	11
3.3.1. Kartengrundlagen	12
3.4. Vorhersage der lithologischen Zusammensetzung der Sedimentkörper	14
4. Weiteres Arbeitsprogramm	15
4.1. Abschätzung der sedimentpetrographischen Parameter	15
4.2. Verifizierung der Ergebnisse	15
4.2.1. Beprobung von Sedimentkörpern	15
4.2.2. Visuelle petrographische Geröllanalyse	18
4.2.3. Petrographische Geröllanalyse mittels Petroscope	18
4.3. Einstufung der Qualität und potentiellen Nutzbarkeit als Baurohstoff	18
5. Literatur	19

Beilagen

- Beilage 1: Bearbeitung Niederösterreich – Lage der berechneten Einzugsgebiete
- Beilage 2: Bearbeitung Oberösterreich – Lage der berechneten Einzugsgebiete
- Beilage 3: Bearbeitung Steiermark – Lage der berechneten Einzugsgebiete

Zusammenfassung

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

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

Der erste Projektabschnitt setzte den Schwerpunkt auf GIS-Arbeiten für die Abgrenzung und Charakterisierung der morphologischen Einzugsgebiete von Schwemmfächern, Schuttkegeln und Talalluvionen (Wildbachschutt) in den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark. Insgesamt wurden 4538 Einzugsgebiete berechnet, davon 657 in Niederösterreich, 571 in Oberösterreich und 3310 in der Steiermark. Die überwiegende Mehrheit der Gebiete liegt in den nördlichen Kalkalpen, im Bundesland Steiermark auch im ostalpinen Kristallin und in der Grauwackenzone. Morphologische Parameter wie Fläche, Seehöhe, Reliefenergie, Hangneigung und Transportdistanz für jedes Einzugsgebiet stehen zur Auswertung in einer Geodatenbank zur Verfügung.

Ebenso sind die vorkommenden Gesteinsarten und deren prozentuelle Flächenanteile am Einzugsgebiet in der Geodatenbank abgelegt. Diese dienen zur Vorhersage der lithologischen Zusammensetzung der Sedimentkörper. Auf Grund der Erfahrungen aus dem Pilotprojekt werden die Lithospektren der Sedimente in erster Näherung direkt mit den prozentuellen Flächenanteilen der Ausgangsgesteine im Liefergebiet gleichgesetzt. Die genaue Beziehung muss allerdings noch verifiziert, beziehungsweise in Abhängigkeit der Gesteinstypen, Transportdistanzen oder –arten möglicherweise noch modifiziert werden.

Zur Verifizierung der automatisch abgeleiteten Charakteristika regenerativer Lockergesteinsvorkommen werden Sedimentkörper beprobt und untersucht. Die Auswahl der Probenahmepunkte für 2014 erfolgte nach fachlichen Gesichtspunkten (Typ der Lockergesteinsvorkommen, geologische Situation im Liefergebiet, Transportweite des Sediments) und logistischen Kriterien (Erreichbarkeit, Möglichkeit der Probenahme). In den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg und Steiermark wurden 28 Punkte, davon 7 Talfüllungen und 21 Schwemmkegel / Schuttfächer, festgelegt.

Als weitere Arbeitsschritte sind die Beprobung von Sedimentkörpern und petrographische Geröllanalysen des Materials sowohl visuell als auch unter Einsatz eines Petrosopes geplant. Das Petroscope erlaubt eine objektive und reproduzierbare Quantifizierung der Parameter Kornform, Spherizität und Rundungsgrad spezifisch für Lithologieklassen und Korngrößen. Die Ergebnisse werden zur Validierung der Umsetzung von GIS-Resultaten in Materialparameter herangezogen.

Abschließend werden anhand der lithologischen und sedimentpetrographischen Parameter die rohstoff-geologische Qualität der Sedimente und deren potentielle Nutzbarkeit als Baurohstoffe abgeschätzt. Kriterien wie Lithospektrum, Sortierung, Fein- und Mürbkornanteil werden mittels einer noch zu testenden Übersetzungstabelle in mögliche Verwendungsarten des Materials als Baurohstoff umgesetzt.

1. Ausgangslage

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

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

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

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

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

2. Ziele und Inhalte des Projektes

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

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

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

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

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

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

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

3. Arbeitsschritte und vorläufige Ergebnisse

Der erste Projektabschnitt setzte den Schwerpunkt auf die GIS-Arbeiten für die Abgrenzung und Charakterisierung der morphologischen Einzugsgebiete. Tabelle 3.-1 und Abbildung 3.-1 geben einen Überblick über den Fortschritt dieser Arbeiten (Stand März 2014).

Tab. 3.-1: Übersicht über den Stand der Bearbeitung von Einzugsgebieten.

Bundesland	Schwemmfächer / Schuttkegel	Talfüllungen	Hangschuttkörper
Niederösterreich	abgeschlossen	abgeschlossen	
Oberösterreich	abgeschlossen		
Steiermark	abgeschlossen		
Salzburg	in Bearbeitung		
Kärnten	in Bearbeitung		
Tirol			
Vorarlberg			

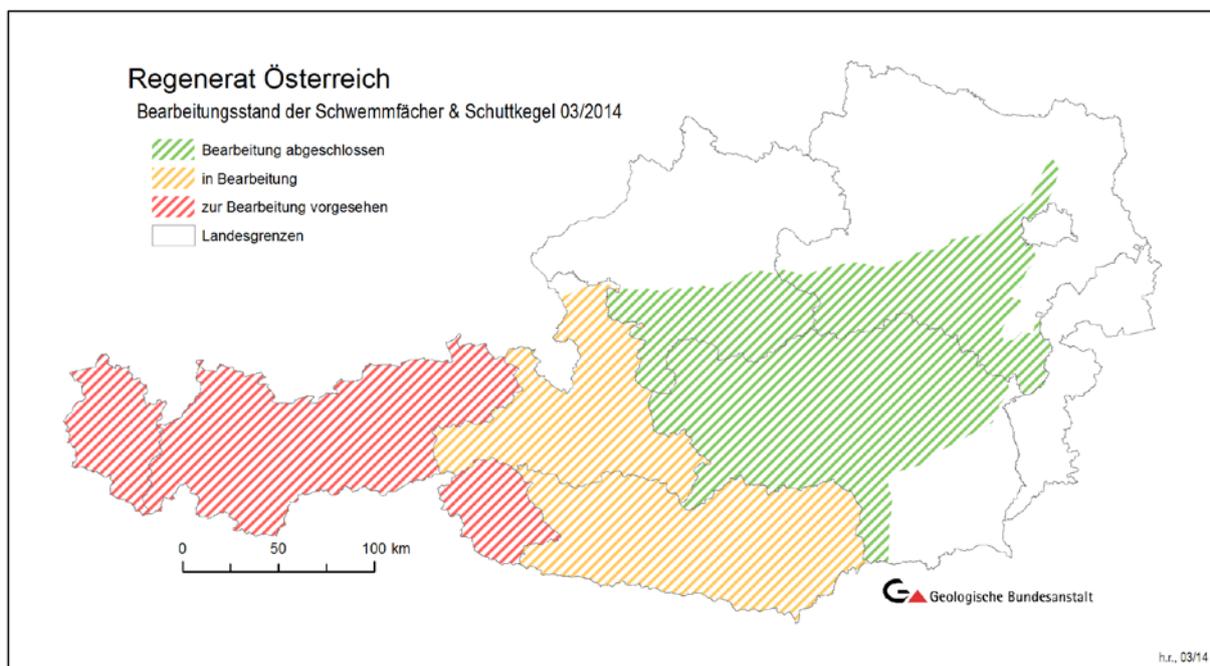


Abb. 3.-1: Stand der Bearbeitung 03/2014 – Schwemmfächer und Schuttkegel.

Das Arbeitsgebiet wird im Norden und Osten Österreichs vom Nordrand der Flyschzone begrenzt, bzw. im Osten Österreichs mit dem Alpenrand festgelegt (Abb. 3.-2). Ausgespart bleiben dabei die großen Sedimentbecken (Molassebecken, Wiener Becken, Steirisches Becken), in denen einerseits kaum regenerative Sedimentkörper (rezente Schwemmfächer, Schuttkegel, Wildbachschutt) vorkommen, und andererseits der auf dem digitalen Höhenmodell basierte Ansatz der GIS Routinen für die ebene Geländeausbildung nicht geeignet ist. Ebenso ausgespart ist derzeit das Gebiet der Böhmisches Masse.

Bei jedem Lockergesteinsvorkommen werden sowohl das Liefergebiet abgegrenzt (Kap. 3.1) als auch die morphometrischen Parameter abgeleitet (Kap. 3.2) und die Flächenanteile der vorkommenden Gesteinsarten berechnet (Kap. 3.3).

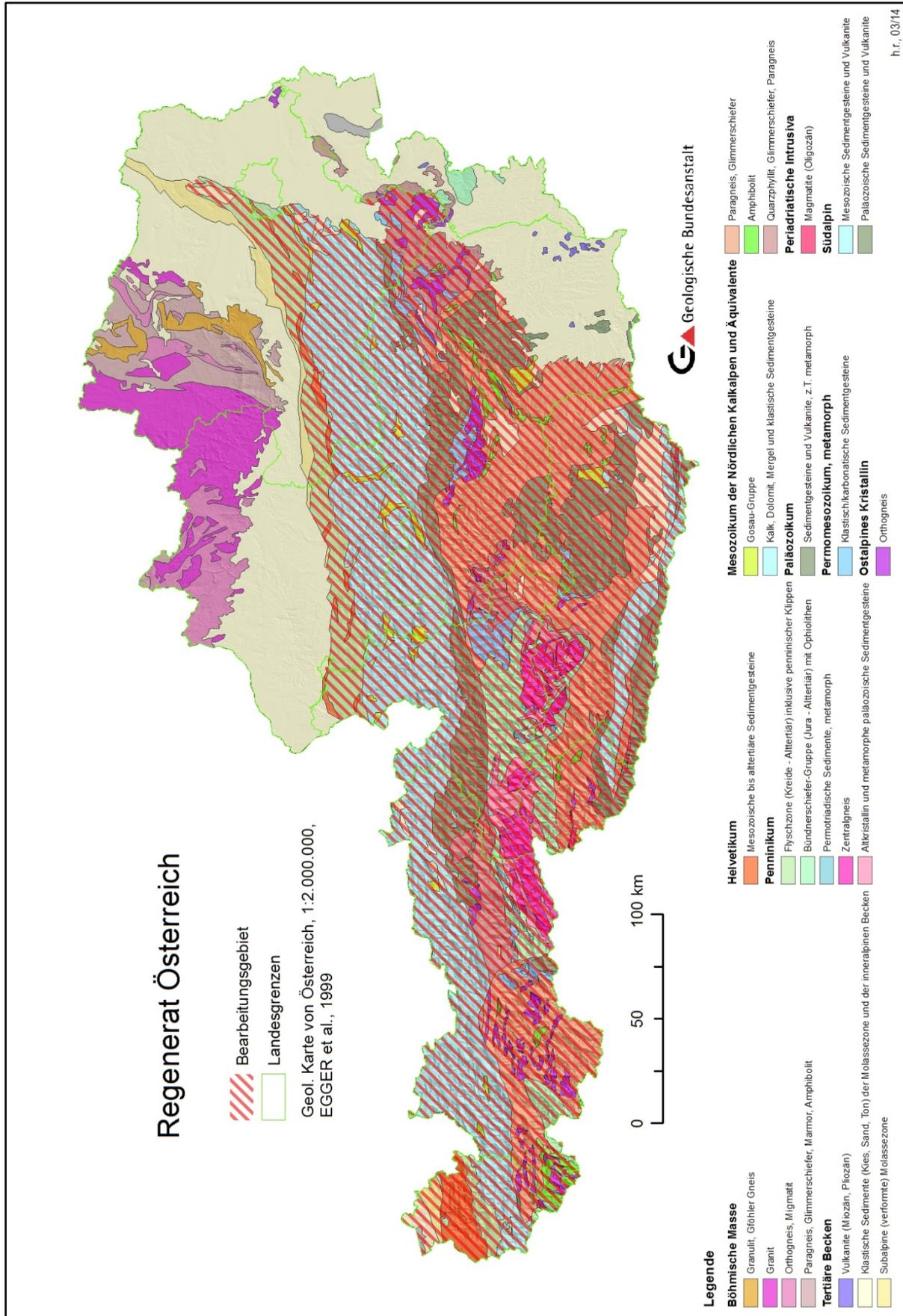


Abb. 3.-2: Lage des Arbeitsgebiets.

3.1. Abgrenzung morphologischer Einzugsgebiete

Für die Abgrenzung der morphologischen Einzugsgebiete von Schwemmfächern und Schuttkegeln werden die Polygonumrisse aus dem digitalen Geodatenatz der „Digitale(n) Arbeitskarte zur Verbreitung von Lockergesteinen in Österreich“ (Heinrich et al., 2014) herangezogen. Die ausgewählten Polygone werden als Abfluss- bzw. Auslassstelle eines Einzugsgebietes betrachtet und dienen als Startpolygone für die GIS-Routinen.

Die Berechnung der Einzugsgebiete von Talalluvionen (Wildbachschutt) folgt demselben Prinzip, jedoch können hier nicht einfach die Polygone der Lockergesteinskarte ausgewählt werden. Stattdessen wird bei diesen Sedimentkörpern manuell festgelegt, ab welcher Stelle innerhalb des Talverlaufs (Startpunkt der GIS-Routinen) die Berechnung erfolgen soll.

Die Vorgehensweise bei der Berechnung der Einzugsgebiete kann zusammengefasst in drei Schritte gegliedert werden:

- Schritt 1: Das zu berechnende Polygon wird mit Mausclick am Bildschirm markiert (Abb. 3.-3) und der Bildausschnitt wird an die zu erwartende Einzugsgebietsgröße angepasst.
- Schritt 2: Das Einzugsgebiet wird mittels hydrologischer Auswerteroutinen berechnet und das Ergebnis am Bildschirm angezeigt (Abb. 3.-4). Hierbei kommt ein automatisiertes GIS-Werkzeug „Regenerat“ zur Anwendung, das im Pilotprojekt entwickelt wurde (Reitner et al., 2014).
- Schritt 3: Visuelle Kontrolle mit Hilfe von Topographie und digitalem Höhenmodell.

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

Die Lage der berechneten Einzugsgebiete wird übersichtsmäßig in den Beilagen 1 – 3 für die Bundesländer Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark dargestellt. Insgesamt wurden dort bisher 4538 Einzugsgebiete bestimmt, davon 657 in Niederösterreich, 571 in Oberösterreich und 3310 in der Steiermark. Die statistische Verteilung auf die großtektonischen Einheiten Österreichs wird in Abb. 3.-5 gezeigt. Die überwiegende Mehrheit der Gebiete liegt erwartungsgemäß in den Nördlichen Kalkalpen, im Bundesland Steiermark auch im ostalpinen Kristallin und in der Grauwackenzone.

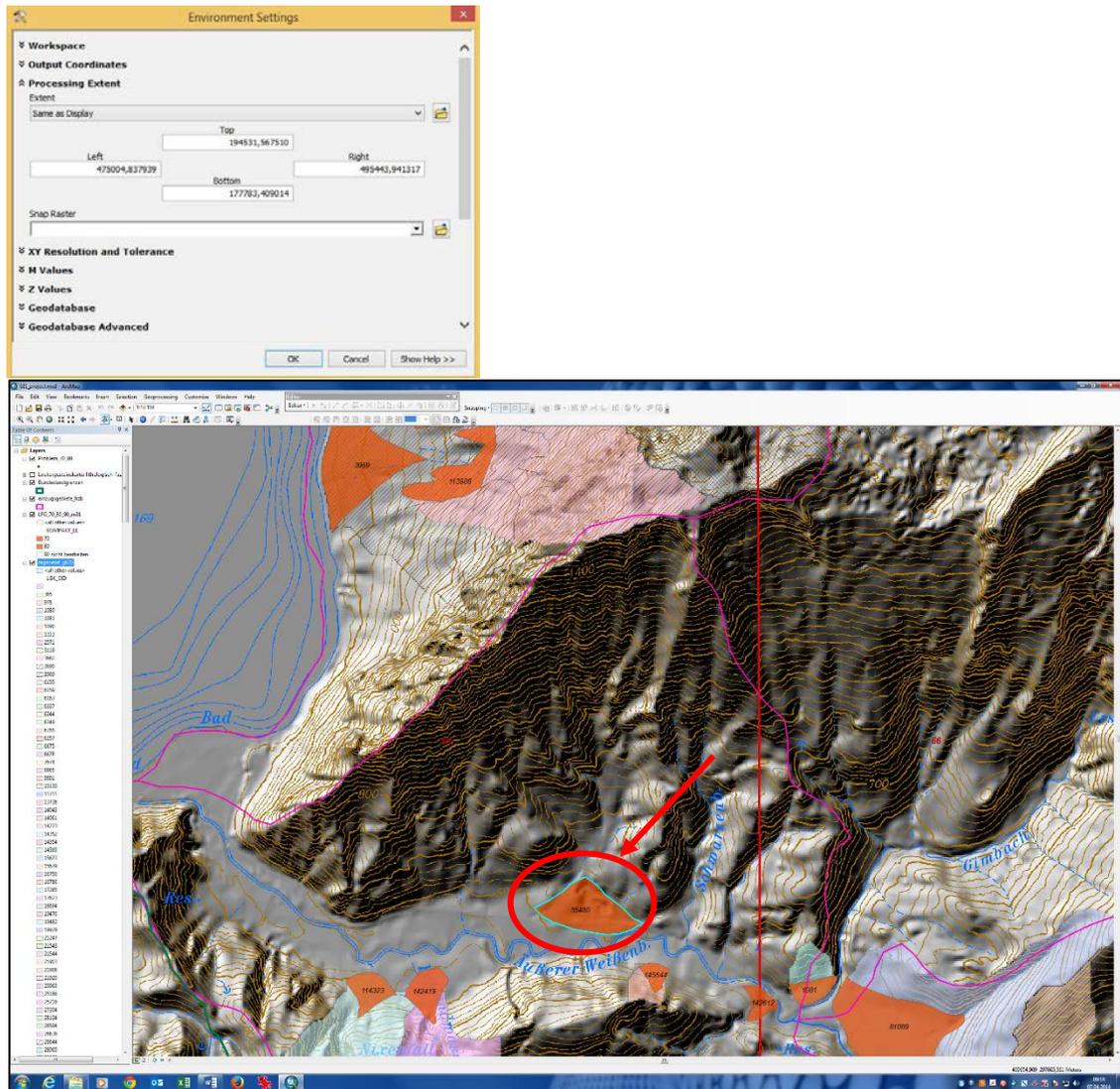


Abb. 3-3: Auswahl des Sedimentkörpers und des Bearbeitungsgebietes (Processing Extent).

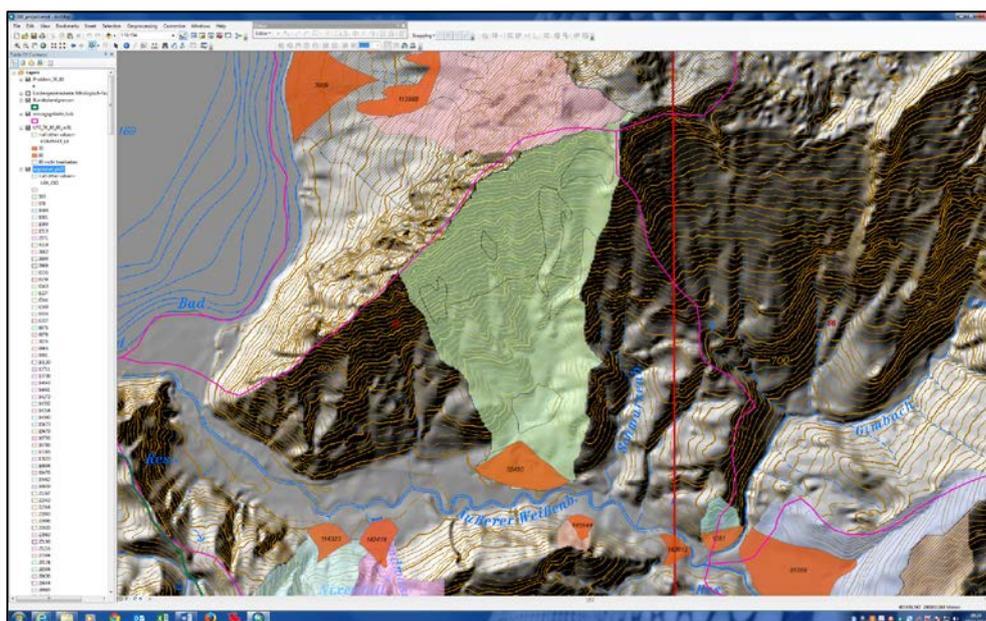


Abb. 3-4: Berechnetes Einzugsgebiet (grün eingefärbt) für den gewählten Sedimentkörper.

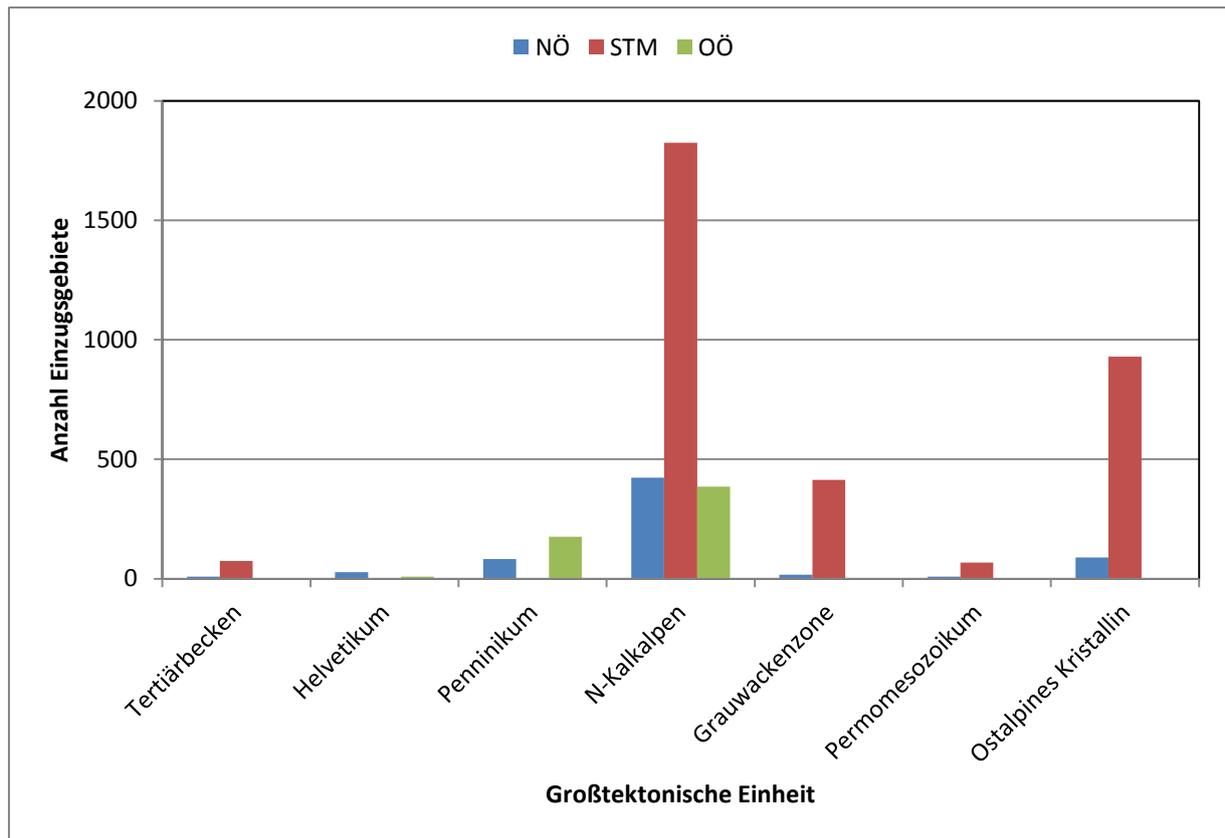


Abb. 3.-5: Verteilung der Einzugsgebiete von Schwemmfächern und Schuttkegeln auf großtektonische Einheiten.

Die Abgrenzung der Einzugsgebiete mittels Höhenmodell im GIS liefert nicht immer plausible Ergebnisse. In wenig geneigten Gebieten (z.B. im unteren Bereich von Schwemmfächern) kann die durch den GIS-Befehl „Watershed“ gestartete Berechnung wegen zu geringer Hangneigung fehllaufen, auch in Gebieten, in denen die Schwemmfächer weit in ein breites Haupttal ausstreichen, werden fallweise nicht die korrekten Einzugsgebiete errechnet. Zusätzlich liegen in manchen (älteren) geologischen Karten die Eintragungen von Schwemmfächern und Schuttkegeln morphologisch nicht „korrekt“ angepasst an das Geländehöhenmodell vor, auch in diesen Fällen kann es zu unplausiblen Einzugsgebieten kommen.

Bei der visuellen Kontrolle konnten folgende Ursachen für Fehler identifiziert werden:

- Polygone werden an Blattschnittgrenzen abgeschnitten (Abb. 3.-6)
- Die Lage der Polygone auf der Lockergesteinskarte ist vereinzelt nicht morphologisch exakt abgegrenzt und reicht zum Beispiel auch in eine benachbarte Taleinheit oder auf die gegenüberliegende Talflanke (Abb. 3.-7, linker Teil)
- Die Datengrundlage zur Berechnung einzelner Kartenblätter besteht aus unterschiedlichem Kartenmaterial unterschiedlichen Maßstabs
- Polygone liegen fallweise zum DHM verschoben vor, liegen z.B. neben dem zugehörigen Gerinneverlauf.

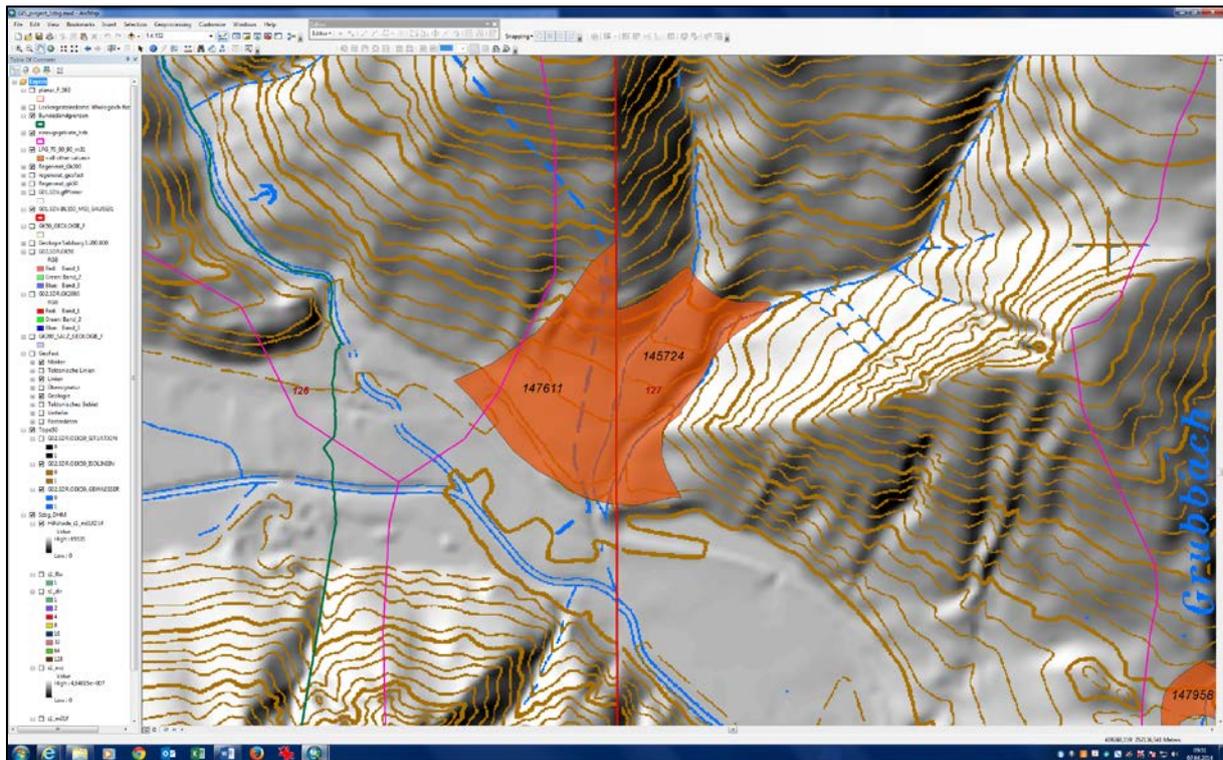


Abb. 3.-6: Blattschnittgrenze in der Lockergesteinskarte.

Die bei der visuellen Überprüfung der Einzugsgebiete beobachteten Fehler werden durch Korrekturarbeiten in der Lockergesteinskarte und eine Neuberechnung des Einzugsgebietes behoben (Abb. 3.-7, rechter Teil). Dabei werden Polygone, deren berechnete Einzugsgebiete nicht plausibel sind, in einer Liste protokolliert und teilweise mit Bildschirm ausdrucken dokumentiert.

Die berechneten Einzugsgebiete können Überlappungsbereiche aufweisen, z.B. kann das Teileinzugsgebiet eines Schuttkegels eines tributären Nebenbaches auch im umfassenderen Einzugsgebiet des Schwemmfächers des Hauptgerinnes zu liegen kommen.

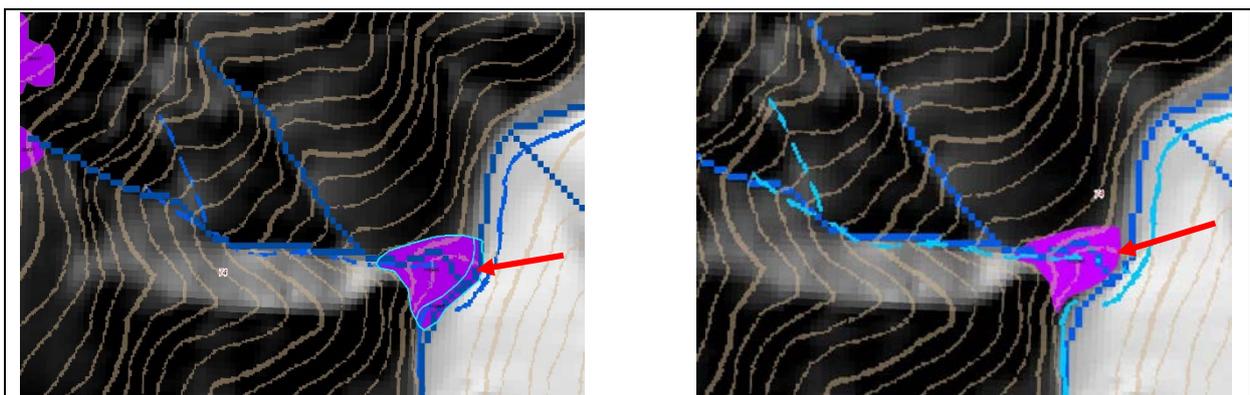


Abb. 3.-7: Detailausschnitt zur Korrekturarbeit in der Polygonebene der Lockergesteinskarte.

3.2. Ableitung morphometrischer Parameter

Bei der Berechnung der Einzugsgebiete werden aus dem DHM gleichzeitig auch morphometrische Parameter abgeleitet. Dabei werden mit dem GIS-Befehl „Get Raster Properties“ die Punkte mit minimaler und maximaler Seehöhe aus dem Geländehöhenmodell ausgelesen. Minimale,

durchschnittliche und maximale Werte der Hangneigung im Einzugsgebiet werden mit dem GIS-Befehl „Slope“ berechnet und mittels „Summary Statistics“ ausgewertet.

Das Fließrichtungsmodell des Geländehöhenmodells wird zur Berechnung der Fließlängen als Proxy der Transportweiten im Einzugsgebiet mit dem GIS-Befehl „Flow Length“ ausgewertet. Die minimale, durchschnittliche und maximale Fließstrecke des Oberflächenabflusses zum ausgewählten Sedimentkörper wird für das Einzugsgebiet berechnet.

Der Flächeninhalt der Einzugsgebiete wird mit Hilfe des GIS-Befehls „Summary Statistics“ berechnet.

Folgende morphologische Attribute stehen damit für jedes Einzugsgebiet zur Verfügung:

- Lgk_Oid Identifikator des Einzugsgebietes = Eindeutige Bezeichnung des Sedimentkörpers in der Lockergesteinskarte
- Area_WS Flächeninhalt des Einzugsgebietes [m²]
- Min_DHM_WS Seehöhe Einzugsgebiet Minimum [m. ü. A.]
- Mean_DHM_WS Seehöhe Einzugsgebiet Mittelwert [m. ü. A.]
- Max_DHM_WS Seehöhe Einzugsgebiet Maximum [m. ü. A.]
- Range_DHM_WS Maximale Höhendifferenz Einzugsgebiet [m]
- Mean_Len_WS Transportdistanz Einzugsgebiet Mittelwert [m]
- Max_Len_WS Transportdistanz Einzugsgebiet Maximum [m]
- Min_Slope_WS Hangneigung Einzugsgebiet Minimum [Grad]
- Mean_Slope_WS Hangneigung Einzugsgebiet Mittelwert [Grad]
- Max_Slope_WS Hangneigung Einzugsgebiet Maximum [Grad]

Die Parameter stehen in einer Geodatabase für die weitere Auswertung zur Verfügung, z.B. kann als Näherungswert für die Reliefenergie in den Einzugsgebieten die maximale Höhendifferenz (H) im Verhältnis zur maximalen Transportdistanz (L) betrachtet werden. In den Nördlichen Kalkalpen liegt dieser Wert im Vergleich zu den anderen großtektonischen Einheiten am höchsten. In Abbildung 3.-8 ist die statistische Verteilung der Reliefenergien der Einzugsgebiete in den Nördlichen Kalkalpen für das Bundesland Niederösterreich (N = 291) dargestellt. Der Großteil der Einzugsgebiete besitzt eine Reliefenergie bis zu 0,8, der Medianwert liegt bei 0,3.

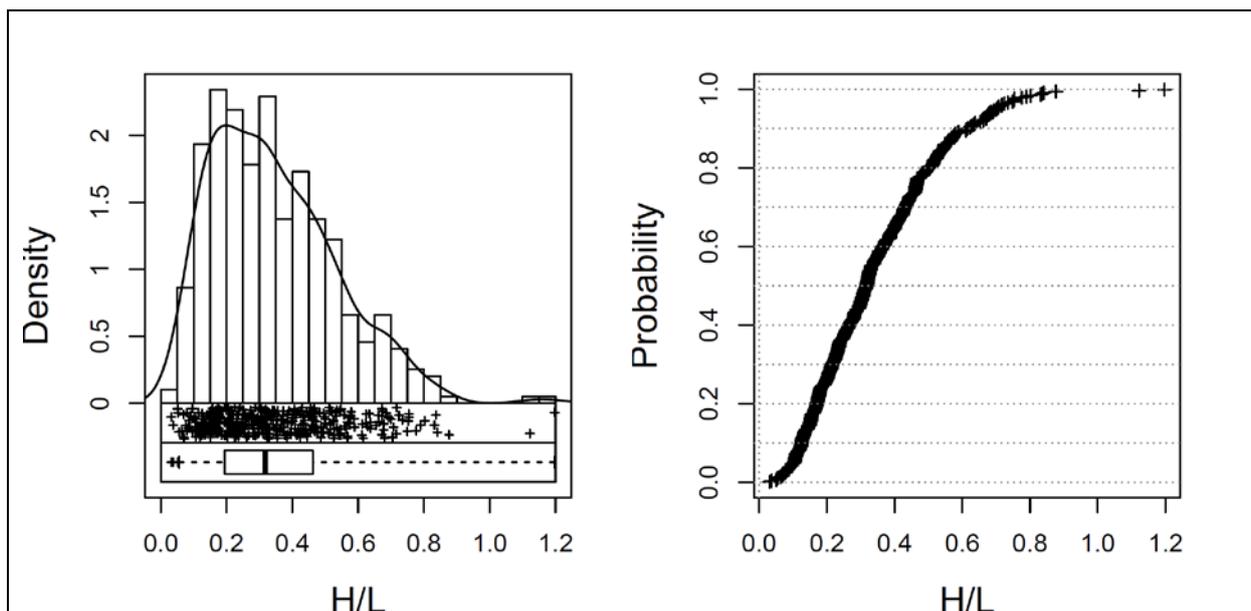


Abb. 3.-8: Statistische Verteilung der Reliefenergien - max. Höhe (H) / max. Fließlänge (L) - für die Nördlichen Kalkalpen in Niederösterreich.

3.3. Lithologische Zusammensetzung der Einzugsgebiete

Unter Verwendung der umhüllenden Grenzlinie des Einzugsgebietes wird mittels GIS-Befehl „Clip“ die ausgewählte geologische Kartengrundlage ausgeschnitten und eine geologische Karte jedes Einzugsgebietes für die Auswertung erstellt. Mit dem GIS-Werkzeug „Zonal Statistics“ werden die Gesamtflächenanteile der geologischen Schichtglieder (d.h. zu den Legendeneinträgen der ausgeschnittenen Karte), sowie die Flächenanteile der einzelnen Polygone der geologischen Schichtglieder im Einzugsgebiet berechnet. Zusätzlich werden auch die Fließlängen und Hangneigungsangaben zu den einzelnen Polygonen und zu den Legendeneinträgen ausgewertet.

Folgende morphologische Attribute stehen für die Legendeneinträge bzw. Polygone der geologischen Karte im Einzugsgebiet zur Verfügung:

- Lgk_Oid Identifikator des Einzugsgebietes = Eindeutige Bezeichnung des Sedimentkörpers in der Lockergesteinskarte
- Leg_Id Legendeneintrag der geologischen Karte
- Area_Leg_Pct Prozentueller Anteil des geologischen Schichtglieds im Einzugsgebiet [%]
- Area_Py_Pct Prozentueller Anteil des Geologie Polygons im Einzugsgebiet [%]
- Min_Len_Py Transportdistanz Geologie Polygon im Einzugsgebiet Minimum [m]
- Mean_Len_Py Transportdistanz Geologie Polygon im Einzugsgebiet Mittelwert [m]
- Max_Len_Py Transportdistanz Geologie Polygon im Einzugsgebiet Maximum [m]
- Min_Slope_Py Hangneigung des Geologie Polygons im Einzugsgebiet Minimum [m]
- Mean_Slope_Py Hangneigung des Geologie Polygons im Einzugsgebiet Mittelwert [m]
- Max_Slope_Py Hangneigung des Geologie Polygons im Einzugsgebiet Maximum [m]
- o_id Laufende Nummer des Geologie Polygons im Einzugsgebiet
- SHAPE_Length Perimeter des Geologie Polygons im Einzugsgebiet [m]
- SHAPE_Area Flächeninhalt des Geologie Polygons im Einzugsgebiet [m²]

Auch diese Parameter werden in einer Geodatabase für die Auswertung gespeichert, so können etwa Legendeneinträge mit bedeutenden Flächenanteilen identifiziert werden.

Im Bundesland Niederösterreich werden z.B. für die Nördlichen Kalkalpen die Anteile von Dolomit mit ca. 50 % der Fläche der Einzugsgebiete von Schwemmfächern und Schuttkegeln ausgewiesen, Dolomit und Kalkstein nehmen gemeinsam ca. 80 % der Fläche dieser Einzugsgebiete ein (Abb. 3.-9).

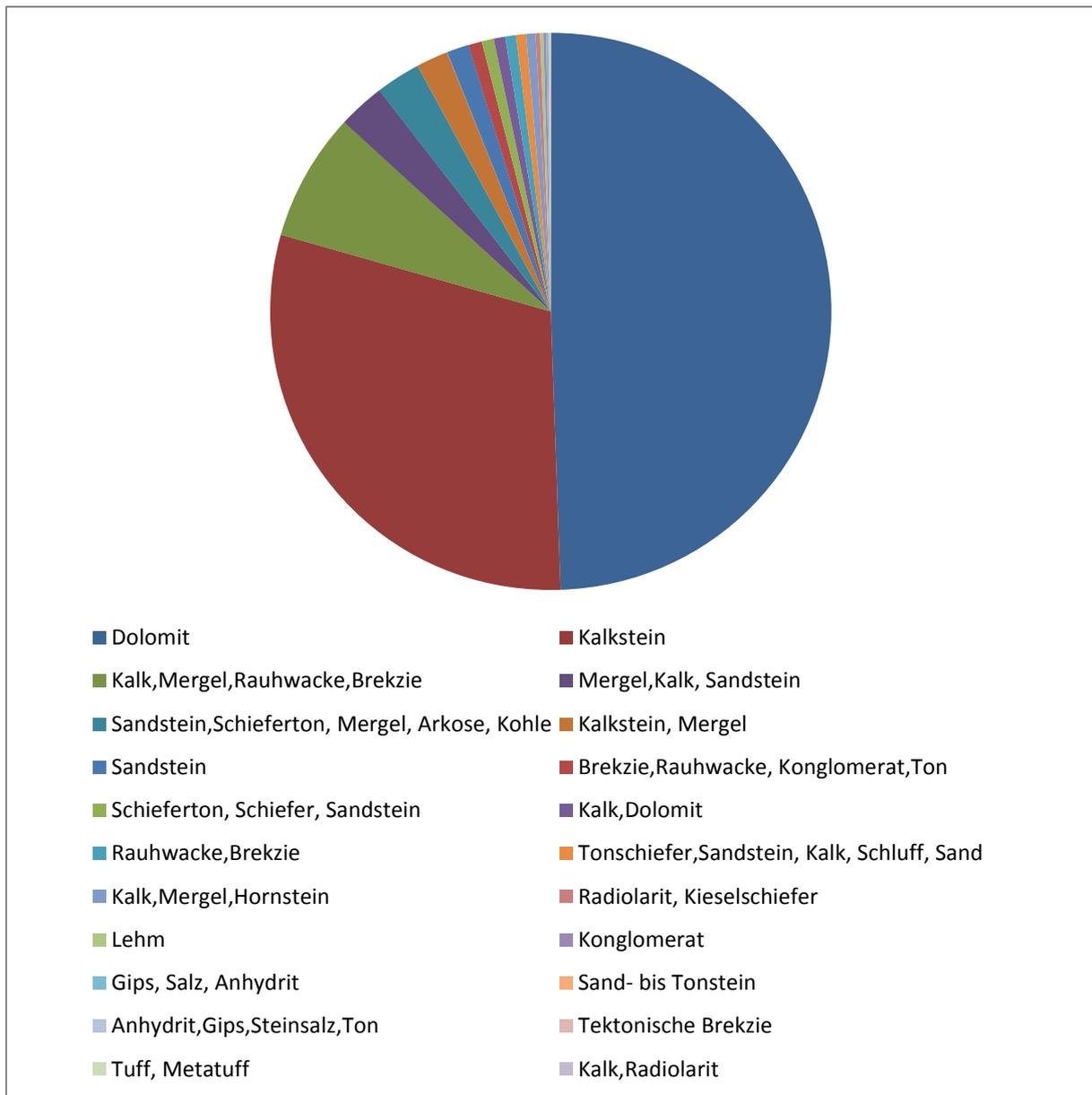


Abb. 3.-9: Lithologien nach Flächenanteil der Einzugsgebiete von Schwemmfächern und Schuttkegeln für die Nördlichen Kalkalpen in Niederösterreich.

3.3.1. Kartengrundlagen

Für die Bestimmung der lithologischen Zusammensetzung der Einzugsgebiete wurden für große Anteile des Arbeitsgebietes als digitale geologische Kartengrundlage der Geodatensatz „Kartographisches Modell Geologie 1:50.000“ (KMGeo50) und das „GEOFASST-GIS-Datenbanksystem“ (Geofast) herangezogen.

Der Datensatz KMGeo50 dient als digitale Datengrundlage für die Erstellung der gedruckten „Geologische(n) Karte der Republik Österreich 1:50.000“ (Geologische Bundesanstalt, 1977 – 2013ff), und liegt im Blattschnitt der „Österreichischen Karte 1:50.000 BMN“ (KM50BMN) des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen vor (Abb. 3.-10).

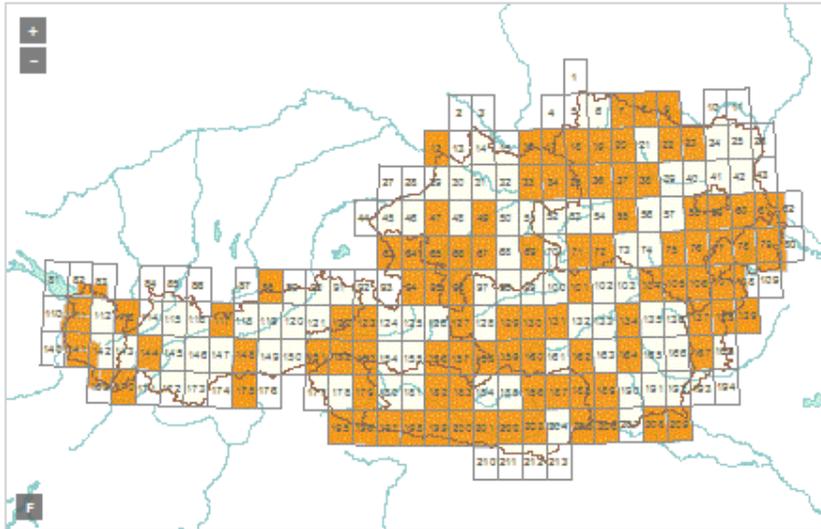


Abb. 3.-10: Blattschnitt der Geologischen Karten 1:50.000 (verfügbare Blätter orange eingefärbt).

Der Datensatz Geofast dient als digitale Grundlage für die Erstellung der als „Plot-on-Demand“ gedruckten „Geofast Karten 1:50.000“ (Geologische Bundesanstalt, 2001 – 2013ff) und liegt ebenfalls im Blattschnitt des KM50BMN vor (Abb. 3.-11).

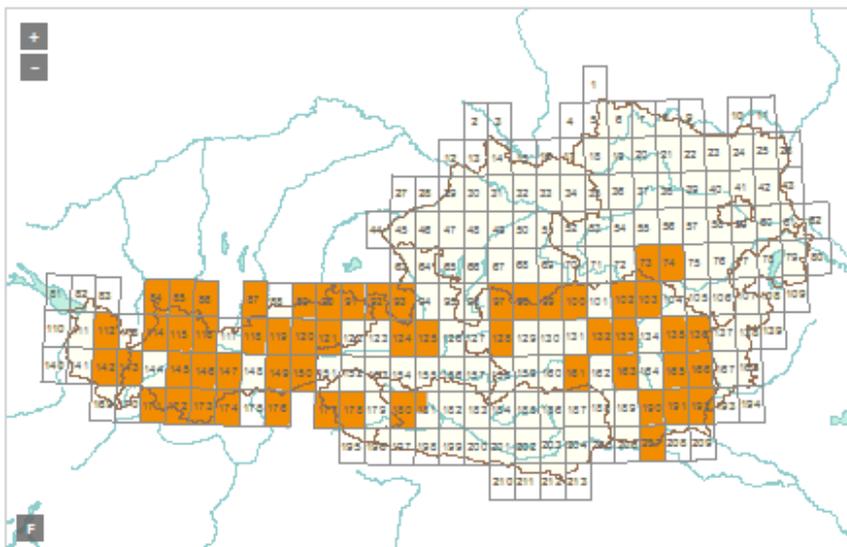


Abb. 3.-11: Blattschnitt der Geofast Karten 1:50.000 (verfügbare Blätter orange eingefärbt).

Aus den Abbildungen 3.-10 und 3.-11 wird ersichtlich, dass die genannten Datensätze nicht das gesamte Arbeitsgebiet abdecken. Auf Grund dessen wurde in den einzelnen Bundesländern für die fehlenden Bereiche auf weitere digital verfügbare geologische Datengrundlagen zurückgegriffen:

- Im Bundesland Oberösterreich wurde die digitale kompilierte geologische Karte von Oberösterreich 1:20.000 (Kohl, 1990 & Reitner, 2009) verwendet.
- Für das Bundesland Niederösterreich wurde der flächendeckend verfügbare digitale Datensatz der „Angewandt-geologische(n) digitale(n) Arbeitskarte Niederösterreich (AngedAN)“ (Lipiarski et al., 2012) in den fehlenden Bereichen herangezogen.
- Für das Bundesland Steiermark wurde der flächendeckend vorliegende digitale Datensatz der geologischen Karte der Steiermark (Schwendt, 1998) für die fehlenden Gebiete verwendet.

- Im Bundesland Salzburg wurde für die fehlenden Areale auf den digitalen Datensatz der „Geologische(n) Karte von Salzburg 1:200.000“ (Braunstingl et al., 2005) zurückgegriffen.

Die genannten geologischen Datengrundlagen bzw. Geodatensätze besitzen jeweils eigenständige geologische Kartenlegenden, die unterschiedliche Legendenummerierung bzw. Legendenbezeichnungen aufweisen. Dadurch liegen die Rechenergebnisse auch getrennt für diese Datengrundlagen vor. Für die gemeinsame Auswertung der Ergebnisse muss dieser Umstand berücksichtigt werden und eine zusammenfassende Auswertung erfolgen.

3.4. Vorhersage der lithologischen Zusammensetzung der Sedimentkörper

Im Rahmen des Pilotprojektes Regenerat wurde die lithologische Zusammensetzung regenerativer Lockergesteinsvorkommen (Schwemmfächer, Hangschuttkörper und Talalluvionen) mit den im Einzugsgebiet vorkommenden Gesteinsarten verglichen. Die Flächenanteile der Ausgangsgesteine im Liefergebiet entsprachen dabei in erster Annäherung den prozentuellen Anteilen im Lithospektrum des Sediments. Abweichungen beschränkten sich auf die Lithospektren der Korngrößenfraktion < 2 mm bei Auftreten von Glimmerschiefer und Paragneis.

Auf Grund der Ergebnisse des Pilotprojektes wird also in erster Näherung das Lithospektrum des Sediments direkt mit den prozentuellen Flächenanteilen der Ausgangsgesteine im Liefergebiet gleichgesetzt. Diese Umsetzung muss allerdings noch mit wesentlich mehr Daten verifiziert werden und auf Gesteinstypen ausgedehnt werden, die bisher noch nicht erfasst wurden. Erst mit einer statistisch belastbaren Anzahl von Stichproben wird es möglich, zu entscheiden, ob die bisher beobachtete Eins-zu-eins-Beziehung hält, beziehungsweise bei welchen Gesteinstypen, Transportdistanzen oder –arten sie modifiziert werden muss.

4. Weiteres Arbeitsprogramm

4.1. Abschätzung der sedimentpetrographischen Parameter

Neben dem Lithospektrum der Sedimente wurden im Rahmen des Pilotprojektes Regenerat auch sedimentpetrographische Parameter wie Sortierung, mittlere Korngröße, Kornform und -rundungsgrad mit Hilfe der GIS-Routinen abgeschätzt. Alle drei Sedimenttypen (Schwemmfächer, Hangschuttkörper und Talalluvionen) waren generell schlecht sortiert, wobei ein Trend erkennbar war, nach dem die Ablagerungen von Hangschutt vergleichsweise am schlechtesten, Sedimente in Talfüllungen am besten sortiert waren und Schwemmfächer eine mittlere Position einnahmen. Außerdem ergab sich eine schwache Korrelation zwischen der Ungleichförmigkeitszahl (D60/D10) und der maximalen Transportweite. Die mittlere Korngröße (D50) zeigte eine Abhängigkeit von der vorherrschenden Lithologie, wobei in Sedimenten aus Kalksteingebieten mittlere Korngrößen von 3 – 16 mm, aus Granitarenalen 5 – 8 mm und aus Paragneis- und Schiefergebieten 2 – 7 mm auftraten. Kalksteingebiete zeigten auch die steilsten mittleren Hangneigungen der Einzugsgebiete. Kornformen und -rundungsgrade zeigten ebenfalls eine direkte Abhängigkeit von der Lithologie, wobei plattige Gerölle vorwiegend aus Sandstein oder Schiefer bestanden und auch am ehesten gerundet waren.

Diese Zusammenhänge bestätigten allgemeine geologische Erwartungen ebenso wie in der Literatur publizierte Trends und werden daher in einem ersten Schritt auch auf die im vorliegenden Projekt bearbeiteten Sedimentvorkommen angewendet. Allerdings stellen die 13 Fallbeispiele des Pilotprojektes keine statistisch belastbare Anzahl dar, beschränken sich auf Transportweiten < 6 km und decken auch nur eine beschränkte Anzahl von Gesteinstypen ab. Es gilt also, die gewonnenen Erfahrungen hinsichtlich bisher nicht erfasster Gesteinstypen und der Untersuchung größerer Einzugsgebiete mit längeren Transportdistanzen auszuweiten. Für die Verifizierung der Ergebnisse sind die im Folgenden dargestellte Beprobung weiterer Sedimentkörper und deren petrographische Geröllanalyse vorgesehen.

4.2. Verifizierung der Ergebnisse

4.2.1. Beprobung von Sedimentkörpern

Zur Verifizierung der automatisch abgeleiteten Charakteristika regenerativer Lockergesteinsvorkommen werden im Sommer 2014 und 2015 Sedimentkörper beprobt und untersucht werden. Die Auswahl der Probenahmepunkte für 2014 erfolgte nach folgenden fachlichen Gesichtspunkten:

- a. Typ des Lockergesteinsvorkommens
- b. Geologische Verhältnisse, z. T. auch in Hinblick auf eine potentielle Rohstoffeignung des Materials, wozu neben den lithologischen Eigenschaften auch die unterschiedlichen Verwitterungstypen gehören.
- c. Auswahl von Einzugsgebieten mit unterschiedlicher Flächenausdehnung.

Darüber hinaus waren logistische Kriterien maßgeblich:

- d. Erreichbarkeit und Probenahmemöglichkeit
- e. Auswahl einer vertretbaren Anzahl
- f. Festlegung einer Route für die Probenahme

ad. a: Für die Beprobung wurden zwei Typen von Lockergesteinsvorkommen festgelegt und dazu Polygone in der Lockergesteinskarte ausgewählt:

- Talfüllungen in schmalen Tälern oder Gräben, wo ein kurzfristiger Materialumsatz zu erwarten ist.

- Schwemmkegel und Schwemmfächer sowie Schuttfächer, die sich möglichst noch in Entwicklung befinden und auf denen Veränderungen (Erosion bzw. Akkumulation) zu beobachten sind.

ad b: Die beprobten Sedimentkörper sollten in geologischen Einheiten liegen, in denen aus lithologischen Gründen und nach dem Verwitterungstyp potentiell geeignete Materialien für die Verwendung als hochwertige Baurohstoffe zu erwarten sind. Bevorzugt wurden daher Einzugsgebiete mit eher blockig verwitternden Gesteinstypen ausgewählt. Welche großtektonischen Einheiten mit den ausgewählten Probenahmepunkten 2014 und den im Pilotprojekt 2012 untersuchten Sedimentkörpern abgedeckt sind, zeigt Abbildung 4.-1.

ad c: Ein wichtiger Faktor für die Auswahl war die Größe der Einzugsgebiete, einerseits wegen der mehr oder weniger komplexen geologischen Verhältnisse und andererseits wegen der unterschiedlichen Transportweiten des Materials. Es wurden daher sowohl kleine, geologisch überschaubare Einzugsgebiete als auch solche mit längeren Transportweiten und komplexerem geologischem Aufbau ausgewählt.

ad d: Neben den fachlichen Kriterien waren auch Fragen der Erreichbarkeit der Probenahmepunkte mit einem Auto bzw. die Möglichkeit zur Probenahme bei der eigentlichen Geländearbeit wichtige Faktoren.

ad e: Eine vom Aufwand her vertretbare Anzahl an Punkten musste festgelegt werden, wobei darauf geachtet wurde, eine halbwegs repräsentative Auswahl im Hinblick auf die fachlichen Kriterien zu finden. Die geplante Beprobung umfasst derzeit 28 Punkte, davon 7 Talfüllungen und 21 Schwemmkegel / Schuttfächer.

ad f: Die letzte Vorbereitung für die Geländearbeit bestand in der Festlegung einer praktikablen Reiseroute für die Probenahme mit endgültiger Auswahl der Probenpunkte.

Für die Beprobung 2014 wurden Probenpunkte für Schwemmkegel und Schwemmfächer sowie Schuttfächer in den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg und Steiermark festgelegt. Punkte für Probenahmen in Talfüllungen in schmalen Tälern oder Gräben konnten bisher nur in Niederösterreich ausgewählt werden.

Eine Übersicht der vorläufig festgelegten Punkte für die Probenahme 2014 gibt Abb. 4.-2.

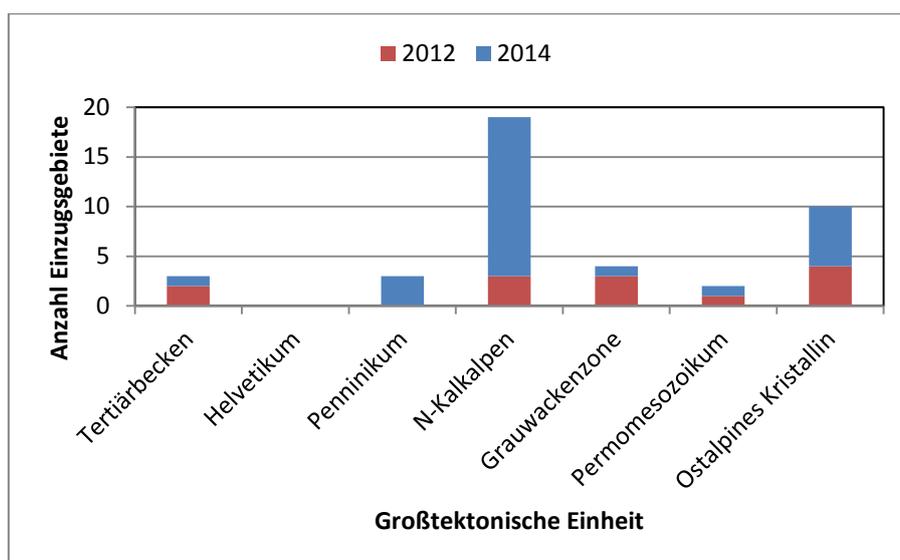


Abb. 4.-1: Verteilung der Beprobungspunkte auf großtektonische Einheiten

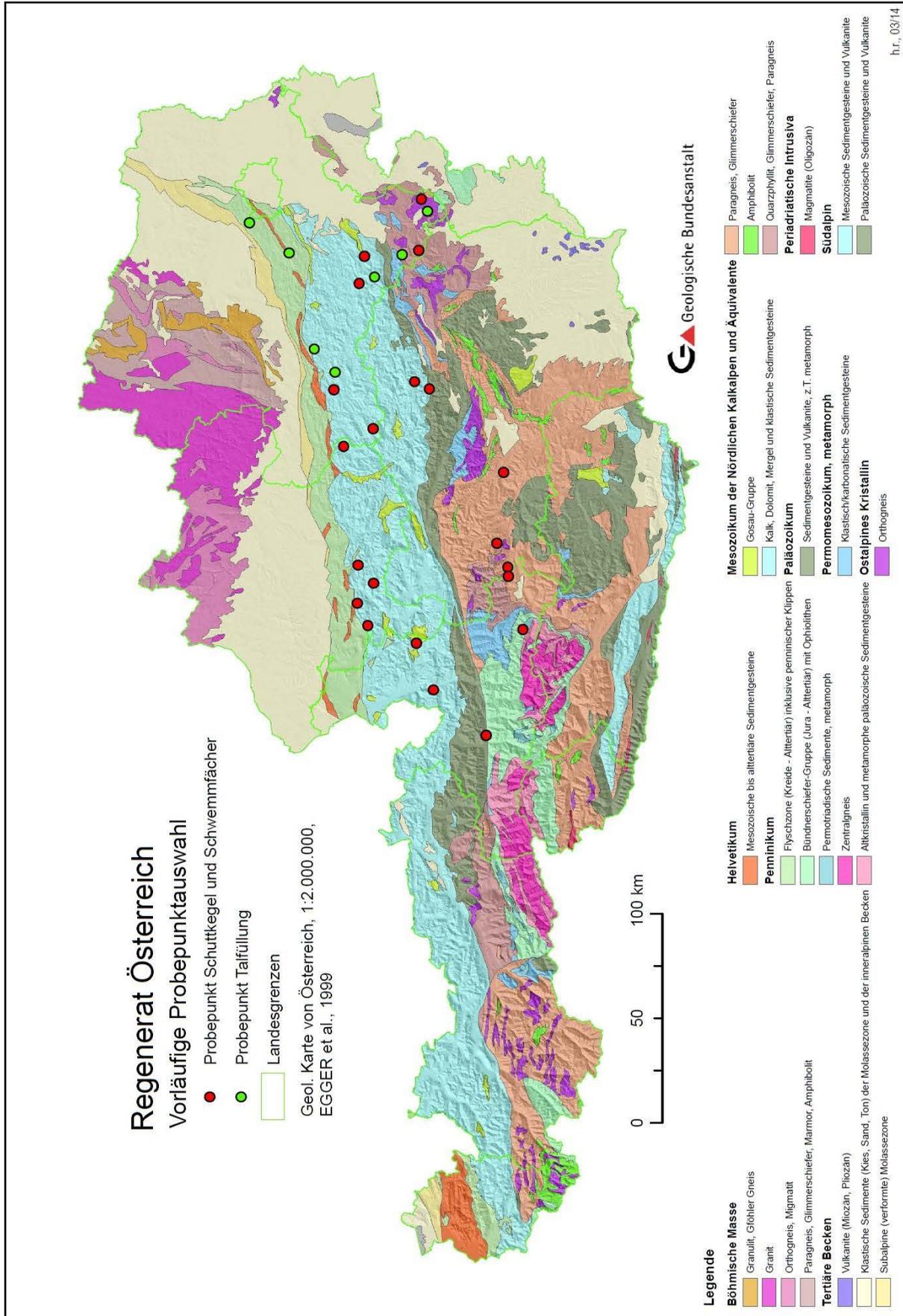


Abb. 4.-2: Vorläufige Punktauswahl für die Beprobung 2014.

4.2.2. Visuelle petrographische Geröllanalyse

Für jede Sedimentprobe wird die Korngrößenverteilung durch Kombination von Trocken- und Nasssiebung ermittelt. Dafür werden die Proben bei 105 °C getrocknet und mittels Trockensiebung und Maschenweiten von 63 mm, 32 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm und 2 mm gesiebt. Die Fraktion < 2 mm wird mit Maschenweiten von 1 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm, 63 µm und 32 µm nass gesiebt. Anschließend wird die Korngrößenverteilung der Gesamtprobe mit Hilfe des Programmes SEDPAK (MALECKI, 1985) dargestellt und ausgewertet.

Kornform und -rundung jeder Sedimentprobe werden an mindestens 100 Geröllen > 2 mm quantifiziert. Hierbei werden die Gesteinsart, der Rundungsgrad nach POWERS (1953) sowie Spherizität und Kornform nach ZINGG (1935) für jedes einzelne Korn und spezifisch für jede Siebfraction visuell bestimmt.

4.2.3. Petrographische Geröllanalyse mittels Petroscope

Als Ergänzung zur visuellen Geröllanalyse ist wie im Pilotprojekt geplant, das Petroscope einzusetzen. Mit dessen aktueller Version wird jedes einzelne Korn mit 3 optischen Kameras abgetastet, spezielle Algorithmen errechnen durch Triangulierung ein drei-dimensionales Abbild des Partikels, danach werden dessen Form, Größe und Angularität bestimmt. Zusätzlich wird die Gesteinsart mittels einer Spektralsonde ermittelt. Mit der neuen Version des Petroscope können circa 1800 Gerölle pro Stunde gemessen werden. Das Gerät liefert dieselben Ergebnisse wie die manuelle Geröllanalyse, jedoch im Vergleich zu letzterer mit objektiver und reproduzierbarer Quantifizierung der Parameter.

Die visuell und automatisch gewonnenen, petrographischen Daten werden den anhand der GIS Routinen abgeleiteten Vorhersagen gegenübergestellt, um die computergestützte rohstoff-geologische Charakterisierung von Schwemmfächern, Schuttkegeln und Talfüllungen zu verifizieren und bedarfsweise zu korrigieren. Dies wird dazu beitragen, sowohl die bisher statistisch nicht ausreichend abgesicherten Zusammenhänge zwischen geologischer / morphologischer Situation im Liefergebiet und resultierender sediment-petrographischer Charakteristik des Sediments zu untermauern, als auch die Zuverlässigkeit der Methodik als solche zu erhöhen.

4.3. Einstufung der Qualität und potentiellen Nutzbarkeit als Baurohstoff

Im Rahmen des Pilotprojektes Regenerat wurden die automatisch abgeleiteten, lithologischen und sedimentpetrographischen Parameter auch in Hinblick auf eine Abschätzung der rohstoff-geologischen Qualität des Sediments und dessen potentielle Nutzbarkeit als Baurohstoff verwendet. Kriterien für diese Abschätzung sind sowohl der genetische Typ des Sedimentvorkommens, die vorkommenden Gesteinsarten, deren prozentuellen Anteile im Lithospektrum, als auch die Transportweite. Davon ausgehend können Sortierung, Fein- und Mürbkornanteil bis zu einer gewissen, noch nicht bekannten Genauigkeit vorhergesagt und mittels einer Übersetzungstabelle die mögliche Verwendung des Materials (Betonzuschlag, Bauzwecke, Straßenschüttung) prognostiziert werden. Im Pilotprojekt wurden diese Vorhersagen bereits tatsächlichen Abbaudaten gegenübergestellt. Mit Ausnahme eines (von fünf) abgebauten Sedimentvorkommens ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen vorhergesagter und wirklicher gewerblich-industrieller Verwendung des Materials.

Die Methodik des Pilotprojektes wird auch im gegenständlichen Projekt angewendet und die Ergebnisse mit aktuellen Abbaudaten verglichen beziehungsweise verifiziert werden. Nach Etablierung einer erfolgreich getesteten Übersetzungstabelle ist geplant, sämtliche bearbeiteten Lockergesteinsvorkommen sowohl mit den abgeleiteten lithologischen und sedimentpetrographischen Parametern als auch mit den vorausgesagten möglichen Verwendungsarten zu

attributieren, um zusätzlich zu den derzeitigen Beschreibungen (Alter, Genese) Informationen über die Verwendbarkeit als Baurohstoff liefern zu können.

5. Literatur

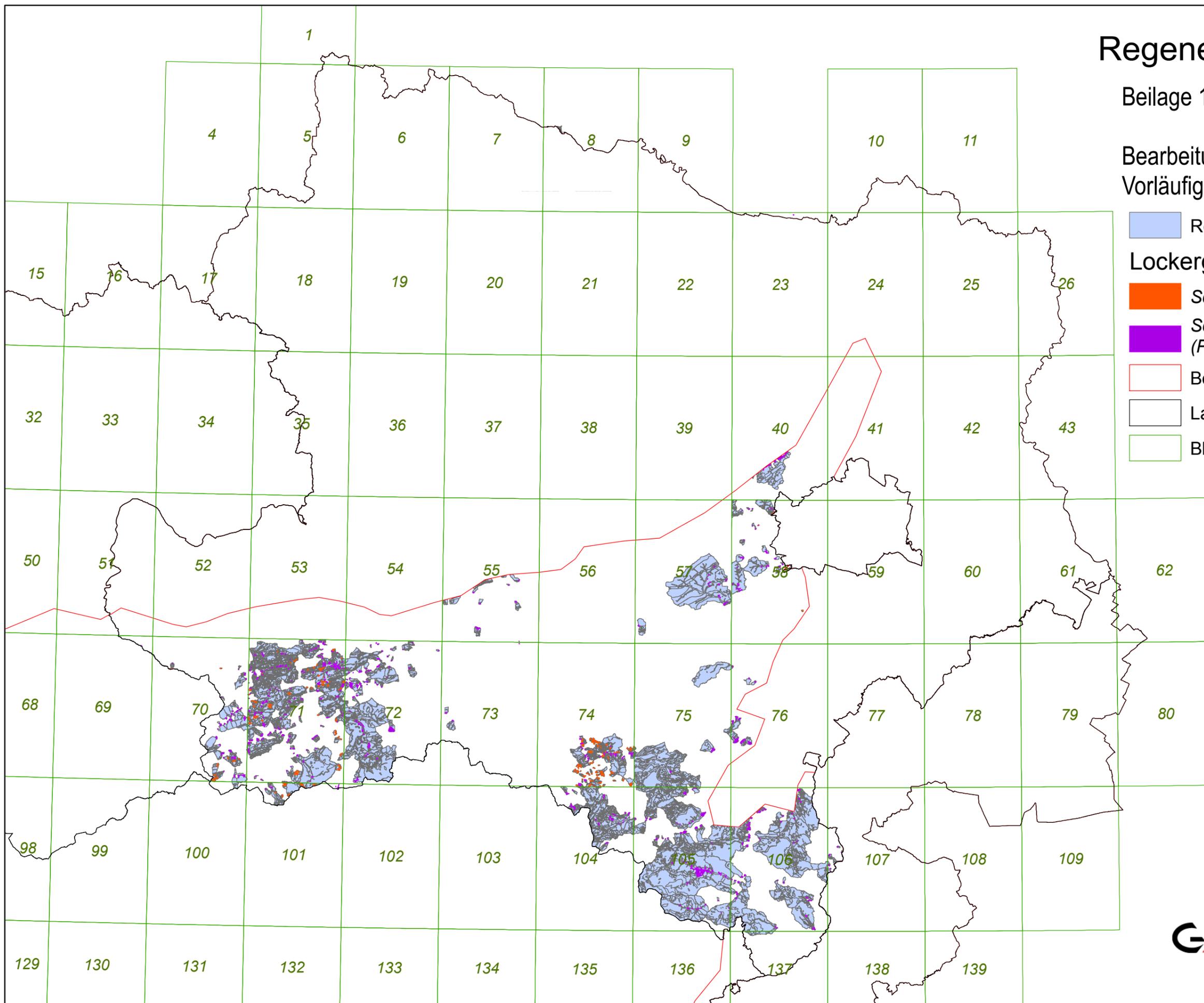
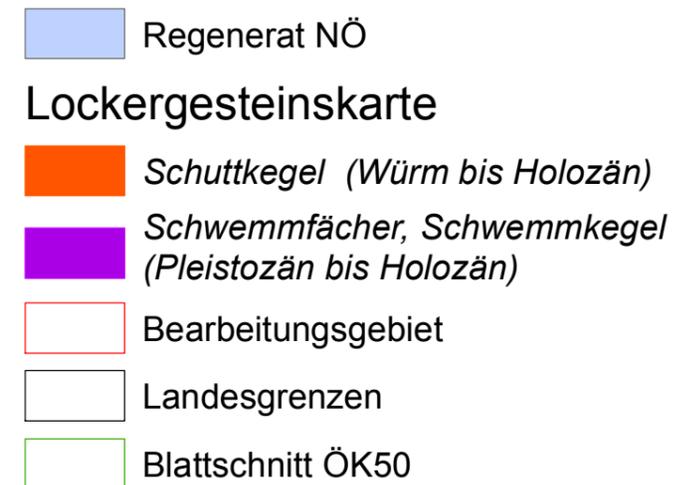
- BRAUNSTINGL, R. (Koord.), PESTAL, G. & HEJL, E. (Bearb.) unter Mitarb. von EGGER, H., VAN HUSEN, D., LINNER, M., MANDL, G.W., REITNER, J., RUPP, CH. & SCHUSTER, R.: Geologische Karte von Salzburg 1:200.000. – Gemeinschaftsproj. Land Salzburg – Geol. B.-A. unterst. vom Verbundkonzern, Geol. B.-A., 1 Bl., Wien, 2005.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (GBA): Geologische Karten der Republik Österreich 1:50.000.- Verl. d. Geol. Bundesanst., Wien, 1977 – 2013ff.
- GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT (GBA): Geofast Karten der Republik Österreich 1:50.000.- Verl. d. Geol. Bundesanst., Wien, 2001 – 2013ff.
- HEINRICH, M.: Bundesweite Übersicht zum Forschungsstand der Massenrohstoffe Kies, Kiessand, Brecherprodukte und Bruchsteine für das Bauwesen hinsichtlich der Vorkommen, der Abbaubetriebe und der Produktion sowie des Verbrauches - Zusammenfassung. Ber. Geol. B.-A., 31, Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt Ü-LG-026/88-90, iv+24 Bl., 10 Tab., 4 Beil., Anh., Wien, 1995.
- HEINRICH, M., UNTERSWEIG, T. & LIPIARSKI, P. (Redakteure) unter Mitwirkung von GRÖSEL, K., KREUSS, O., LIPIARSKA, I., MOSHAMMER, B., MOSTLER, H., POSCH-TRÖZMÜLLER, G., RABEDER, J.: Digitale Arbeitskarte zur Verbreitung von Lockergesteinen in Österreich 1:50.000 unter Verwendung publizierter und unpublizierter geologischer Karten. – Unveröff. digitaler Datensatz VLG-Proj. Bundesweite Vorsorge Lockergesteine, Geol. B.-A. / FA Rohstoffgeologie, Stand März 2014, Wien, 2014ff.
- KOHL, H. : Kompilierte Geologische Karte 1:20.000 des OÖ Zentral- und Donauraumes. – Ber. Geol. B.-A., **20**, Wien, 1990.
- KOLLER, W.: Die volkswirtschaftliche Bedeutung mineralischer Rohstoffe in Österreich. Eine empirische Untersuchung. - Industriewiss. Inst., Endbericht IWI-Studie (Gesamtfassung) i. A. Forum Mineralische Rohstoffe, 59+ 8 S., illustr., Wien, 2007.
- LIPIARSKI, P., UNTERSWEIG, T., LIPIARSKA, I. & HEINRICH, M.: Angewandt-geologische digitale Arbeitskarte Niederösterreich (AngeDAN). – Unveröff. Bericht i. A. Amt der NÖ Landesregierung Zl. BD-1-G-5146/001-2009, 51 Bl., 32 Abb., Wien, 2012.
- MALECKI, G.: SEDPAK.- Software-Entwicklung der Geologischen Bundesanstalt, Wien, 1985.
- MOSHAMMER, B., POSCH-TRÖZMÜLLER, G., LIPIARSKI, P., REITNER, H. & HEINRICH, M.: Erfassung des Baurohstoffpotentials in Kärnten Phase 1: Lockergesteine. - Unveröff. Endbericht Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt K-C-023/2000-01, Bibl. Geol. B.-A./ Wiss. Archiv, iv+77 Bl., ill., 3 Beil., 5 Anh., Wien, 2002.
- PFLEIDERER, S., UNTERSWEIG, T., HEINRICH, M., LIPIARSKA, I., LIPIARSKI, P., RABEDER, J., REITNER, H., WIMMER-FREY, I.: „Regenerat“ - Methodenentwicklung rohstoffgeologische Evaluierung regenerativer Lockergesteinsvorkommen.- Endbericht, 32 S., Geologische Bundesanstalt, Wien, 2012.
- PFLEIDERER, S., UNTERSWEIG, T., HEINRICH, M. & WEBER, L.: The Austrian mineral resources plan - evaluation of aggregates.- Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 06087, 2007.
- POWERS, M.C.: A new roundness scale for sedimentary particles.- Journal of Sedimentary Petrology, 23/2, pp. 117-119, 1953.
- REITNER, H.: Digitale kompilierte geologische Karte von Oberösterreich (GÖK 20 – 2009) Begleittext.- Unveröff. Ber. Proj. „Aktualisierung WellmasterAV – Handbücher“ der Geol. Bundesanstalt i. Auftr. Amt der OÖ Landesreg., Projektteil 6, Wien, 2009.
- REITNER, H., PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., LIPIARSKA, I., LIPIARSKI, P., RABEDER, J., UNTERSWEIG, T. & WIMMER-FREY, I.: Geoprocessing tool Regenerat - Characterization of mineral resource quality of renewable sediment deposits. - In: PARDO-IGÚZQUIZA, E., GUARDIOLA-ALBERT, C., HEREDIA, J., MORENO-MERINO, L., DURÁN, J.J. & VARGAS-GUZMÁN, J.A. (Eds.).- Mathematics of Planet Earth - Proceedings of the 15th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences.- Lecture Notes in Earth System Sciences XXXVI, 315 - 318 pp., 2 fig., Heidelberg, 2014.

- SCHWENDT, A.: Die digitale geologische Karte der Steiermark. – In: Mitt. Ref. Geol. und Paläont. Landesmuseum Joanneum (Joannea Geologie und Paläontologie), Sonderheft **2**, S. 325–328, Graz, 1998.
- ZINGG, T.: Beiträge zur Schotteranalyse.- Schweizerische Mineralogische und Petrologische Mitteilungen, 15, S. 39-140, 1935.

Regenerat Österreich

Beilage 1

Bearbeitung Niederösterreich
Vorläufiges Ergebnis



Regenerat Österreich

Beilage 2

Bearbeitung Oberösterreich
Vorläufiges Ergebnis

 Regenerat Oberösterreich

Lockergesteinskarte

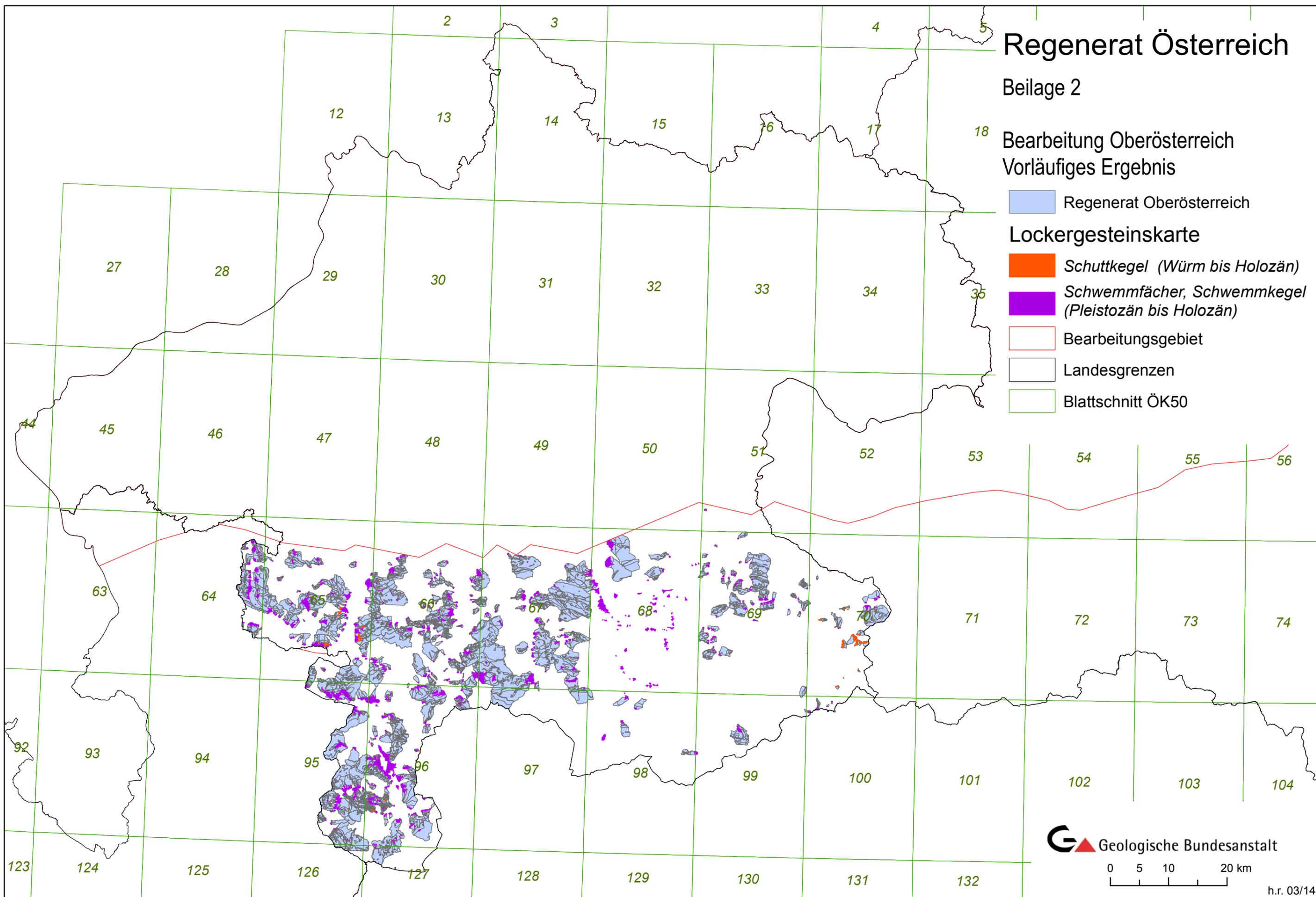
 Schuttkegel (Würm bis Holozän)

 Schwemmfächer, Schwemmkegel (Pleistozän bis Holozän)

 Bearbeitungsgebiet

 Landesgrenzen

 Blattschnitt ÖK50



Regenerat Österreich

Beilage 3

Bearbeitung Steiermark
Vorläufiges Ergebnis

-  Regenerat Steiermark
- Lockergesteinskarte**
 -  Schuttkegel (Würm bis Holozän)
 -  Schwemmfächer, Schwemmkegel (Pleistozän bis Holozän)
-  Bearbeitungsgebiet
-  Landesgrenzen
-  Blattschnitt ÖK50

