

Digitale Karte der geotechnischen Grobcharakteristika von Oberösterreich im Maßstab 1:200.000 (KGG 200 OÖ)

NILS TILCH (1), CHRISTOPH KOLMER (2) & ARBEN KOÇIU (1)

Einleitung und Zielsetzung

Für jegliche Bauvorhaben sind Kenntnisse zu den Baugrundverhältnissen und -eigenschaften sehr wichtig. Ingenieurgeologischen Karten kommt deshalb eine große Bedeutung zu, da durch diese boden- und felsmechanische Eigenschaften und Charakteristika kartografisch dargestellt und erläutert sowie Hinweise auf Baugrundrisiken gegeben werden.

Kleinmaßstäbige ingenieurgeologische Übersichtskarten können insbesondere in frühen Anbahnungs- und Planungsphasen von überregionalen Bauvorhaben (z.B. Infrastrukturprojekten) brauchbare Informationen zu planungsrelevanten Aspekten liefern. Beispielsweise können so bereits frühzeitig mögliche Problembereiche erkannt und entsprechende Maßnahmen für detaillierte Untersuchungen vorausgeplant werden. Für derartige Zwecke haben sich ingenieurgeologische Übersichtskarten kleinerer Maßstäbe bereits in Großbritannien (1:1.000.000), der Schweiz (1:200.000) und Deutschland-Niedersachsen (1:500.000) bewährt. Allen diesen Karten ist gemein, dass ingenieurgeologisch und/oder geotechnisch relevante Grobcharakteristika der Locker- und Festgesteine in ihrem großflächigen Zusammenhang aufgezeigt werden.

Vor diesem Hintergrund wurde seitens der Geologischen Bundesanstalt (GBA) im Auftrag des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung, vertreten durch die Abteilung für Grund- und Trinkwasserwirtschaft, eine flächendeckende, vorwiegend für regionale und überregionale Fragestellungen geeignete Informations-, Planungs- und Beurteilungsgrundlage in Form eines digitalen, GIS-basierten Kartensatzes hinsichtlich verschiedener geotechnischer Grobcharakteristika im Maßstab 1:200.000 erstellt. Der Geologischen Karte von Oberösterreich im Maßstab 1:200.000 (KRENMAYR & SCHNABEL, 2006), dem zugrundeliegenden GIS-Datensatz und den

Kartenerläuterungen (RUPP et al., 2011) kamen hierbei eine besondere Bedeutung zu, da durch diese, neben den äußerst wichtigen geologischen Basisinformationen, auch die kartografischen GIS-Geometrien geliefert wurden.

Im Folgenden wird erläutert, wie, aufbauend auf diesen Basisinformationen und Daten und unter Einbindung weiterer, überwiegend allgemein verfügbarer Informationsquellen, Karten mit Informationen zu verschiedenen ingenieurgeologisch-geotechnischen Grobcharakteristika abgeleitet wurden (digitale Karte der Geotechnischen Grobcharakteristika im Maßstab 1:200.000: KGG 200).

Berücksichtigte Daten und Informationen

Als digitaler Basisdatensatz wurden die GIS-Daten der Geologischen Karte von Oberösterreich verwendet. Sämtliche weiteren verwendeten GIS-Daten sind in Tabelle 1 angeführt. Ferner wurden folgende Informationsquellen verwendet, um bestehende Informations- und Wissenslücken schließen sowie flächendeckende Karten erstellen und die Projektergebnisse plausibilisieren zu können:

- Erläuterungen der Geologischen Karte von Oberösterreich im Maßstab 1:200.000 (RUPP et al., 2011).
- Erläuterungen der verfügbaren geologischen Karten im Maßstab 1:50.000 im relevanten Landesgebiet.
- Geotechnische Karte von Oberösterreich (analoge Manuskriptkarte) im Maßstab 1:200.000, inklusive Erläuterungen und Klassifikationstabelle (SCHÄFFER, 1983a, b).
- Manuskriptkarten der geologisch-geotechnischen Risikofaktoren im Maßstab 1:50.000 für Blatt 66 Gmunden (SCHÄFFER, 1983c, d) und Blatt 96 Bad Ischl (SCHÄFFER, 1983e).

(1) Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, 1030 Wien. nils.tilch@geologie.ac.at

(2) Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Abteilung Grund- und Trinkwasserwirtschaft, Kärntnerstraße 10–12, 4021 Linz. christoph.kolmer@ooe.gv.at

Datensatz	Format	Titel/Inhalt
GK 200	GIS-Vektordaten	Geologie von Oberösterreich im Maßstab 1:200.000 (KRENMAYR & SCHNABEL, 2006).
Diverse GK 50	GIS-Vektordaten	Verfügbare geologische Karten im Maßstab 1:50.000.
Lockergesteinskarte	GIS-Vektordaten	Digitale Lockergesteinskarte (HEINRICH et al., 2014; UNTERSWEG et al., 2008).
ÖK 50, ÖK 200	GIS-Rasterdaten	Österreichische Karten im Maßstab 1:50.000 und 1:200.000 zwecks Ableitung von Standortfaktoren (Felsschrofen, Blockschutt, Waldverteilung) vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV).
Braugrundrisiko	GIS-Vektordaten	Prozessdaten.
GEORIOS	GIS-Vektordaten	Prozessdaten.

Tab. 1.
Verwendete digitale GIS-Daten.

- Digitale Ingenieurgeologische Karte der Umgebung von Ampflwang (TILCH & KOÇIU, 2007).
- Per Felderkundung in ausgewählten Bereichen erhaltene Informationen.
- Sonstige recherchierte themenrelevante Literatur.

Methoden und Vorgehensweisen

Die Überführung des digitalen Basisdatensatzes der geologischen Karte im Maßstab 1:200.000 in Karten mit Informationen zu verschiedenen geotechnischen Grobcharakteristiken erfolgte auf zweierlei Weise:

1. *Holistische, synoptische Expertenbeurteilung nach Schäffer (HEB).*

Hierbei handelt es sich nicht um eine streng systematische Bewertung und Gewichtung von Einzelfaktoren (z.B. Härte, Verwitterungsresistenz, Klüftigkeit, Hangposition), sondern um eine erfahrungsbetonte, weitreichend subjektive Expertenbeurteilung, die auf umfangreichen Gebietskenntnissen und Gebietsbeobachtungen beruht. Es wurden für jede einzelne geologische Einheit landesweit – nicht für einzelne Ausstrichbereiche – verschiedene geotechnische Grobcharakteristika abgeschätzt. Diese Vorgehensweise mündete in den frühen 1980er Jahren in der analogen Geotechnischen Karte von Oberösterreich im Maßstab 1:200.000 (SCHÄFFER, 1983a). Aufgrund des Alters dieser Karte ist eine direkte Übertragung der Informationen zu den verschiedenen geotechnischen Grobcharakteristika auf den GIS-Datensatz der digitalen Geologischen Karte von Oberösterreich (GK 200) nicht flächendeckend möglich. Dies liegt darin begründet, dass

zwischenzeitlich jüngere stratigrafische und tektonische Erkenntnisse zu Veränderungen hinsichtlich der Ausdehnung und Bezeichnung verschiedener geologischer Einheiten geführt hatten. In einem ersten Schritt wurden deshalb zunächst nur jene geologischen Einheiten der digitalen geologischen Karte mit den Informationen der analogen Geotechnischen Karte versehen, die direkt vergleichbar sind. Anschließend wurden schrittweise weitere Informationsquellen (u.a. GK 50, Karten-erläuterungen) in hierarchischer Reihenfolge herangezogen, um die noch jeweils bestehenden Informationslücken zu füllen und allen geologischen Einheiten der GK 200 eine Klassifikationseinheit der analogen Geotechnischen Karte zuzuweisen. Ferner wurden so auch bestehende und neue Informationen abgeglichen und gegebenenfalls vorher erlangte Informationen und Bewertungen adaptiert oder korrigiert.

2. *Heuristische Expertenmethode (HEM)*

Im Gegensatz zur rein erfahrungsbasierten Expertenbeurteilung nach SCHÄFFER (HEB) wurden im Zuge der Anwendung der heuristischen Expertenmethode (HEM) weitere fragestellungsrelevante Daten und Informationsquellen herangezogen. Diese Daten wurden zunächst entsprechend des in Abbildung 1 dargestellten hierarchischen Bearbeitungsganges mit überall anwendbaren Klassifikationssystemen und daran gekoppelten Entscheidungsregeln (z.B. wenn-dann-Regeln) bewertet, um fragestellungsorientierte Basiskarten als Zwischenprodukte (thematische Spezialkarten, Substrat-Konzeptkarten) zu erzielen. Diese wurden in weiterer Folge durch Kompilation und/oder durch Verknüpfung mit weiteren allgemein verfügbaren Daten (z.B. digitales Höhenmodell) zu folgenden sieben Themenkarten mit Informationen zu verschiedenen geotechnischen Grobcharakteristika zusammengeführt (TILCH et al., 2016):

1. Bereiche unterschiedlicher Veranlagung für raum-zeitlich variable Untergrundverhältnisse.
2. Bereiche unterschiedlicher Veranlagung für ereignisbezogene, spontane gravitative Massenbewegungen im Lockergestein.
3. Bereiche unterschiedlicher Veranlagung für progressive, tiefgründige gravitative Massenbewegungen.
4. Bereiche unterschiedlicher Veranlagung für Sturzprozesse im Fels.
5. Bereiche unterschiedlicher Veranlagung für setzungsempfindlichen Untergrund.
6. Bereiche unterschiedlicher Veranlagung für betonaggressive Wässer.
7. Bereiche unterschiedlicher Veranlagung für Karst-bezogene Untergrundinstabilität.

Exemplarisch soll im Folgenden die Erstellung der Themenkarte 2 mit Informationen zu den Bereichen unterschiedlicher Veranlagung für ereignisbezogene, spontane gravitative Massenbewegungen im Lockergestein näher erläutert werden:

Die Themenkarte 2 wurde mit einer heuristischen Expertenmethode erstellt, welche seitens der GBA zum Zweck der Erzeugung von Dispositionskarten für ereignisbezogene, spontane Massenbewegungen im Lockergestein (= Rutschungsanfälligkeitskarten = Gefahrenhinweiskarten = susceptibility maps) entwickelt und bereits in unterschiedlichen Landschaftsräumen zielführend angewendet wurde. Die verwendete Methode wurde insbesondere für Anwendungen in großen, landschaftlich heterogenen Gebieten der überregionalen Raumskala (z.B. für einzelne Bundesländer) konzipiert. Diese beruht im Wesentlichen auf „Faustregeln“, welche auf der Basis von Expertenwissen entwickelt wurden. Mittels dieser Methode werden in vereinfachender Weise Bereiche unterschiedlicher/vergleichbarer relativer Prozessdisposition (relative Rutschungsanfälligkeit) flächendeckend und -detailliert ausgewiesen, indem die Ausprägung und die Kombination folgender drei räumlich variabler Standortparameter mit bedeutsamem Einfluss auf die Hangstabilität/Hanginstabilität berücksichtigt werden (Abb. 2):

1.) *Scherwiderstand der relevanten Geosphäre (Lockergestein)*

Diesbezüglich wird eine Parameterkarte verwendet, anhand derer die räumliche Variabilität des physikalischen Materialparameters „Winkel der inneren Reibung (ϕ)“ der potenziell vorkommenden Lockergesteine semiquantitativ in Form von Parameterwert-Klassen abgebildet wird. Als Kartengrundlage wurde hierfür die als Zwischenprodukt erzielte Substrat-Konzeptkarte hinsichtlich der potenziell feinkörnigsten Substratklasse verwendet.

2.) *Waldbestand*

Studien in diversen Katastrophenregionen haben ergeben, dass der kritische bzw. zulässige Hangneigungswinkel für „flachgründige“ Massenbewegungen im Lockergestein in Waldgebieten aufgrund der stabilisierenden Wirkung der Baumwurzeln im Allgemeinen um bis zu fünf Grad größer ist als im Freiland (TILCH et al., 2008). Diesem Sachverhalt wird Rechnung getragen, indem in Waldgebieten der zulässige „Winkel der inneren Reibung (ϕ)“, welcher als kritischer Hangneigungswinkel betrachtet wird, um fünf Grad höher angesetzt wird als in waldfreien Bereichen. Für eine Ausweisung der Waldflächen wurde als Kartengrundlage der Waldlayer der ÖK 200 herangezogen.

3.) *Hangneigung*

Der Hangneigung kommt eine sehr große Bedeutung zu, weil dadurch die Hangabtriebskraft (bzw. vorhandene wirksame Scherspannung) maßgeblich bestimmt wird. Dies äußert sich dahingehend, dass der Anteil und die Dichte der im Rahmen eines Niederschlagsereignisses in einer Region entstandenen Abrissbereiche von Lockergesteinsrutschungen in flacheren Hangbereichen deutlich kleiner sind, als in steileren Hangbereichen. Allerdings nimmt ab Hangneigungen von 35 bis 40 Grad der Prozessanteil häufig aufgrund grobkörnigerer Lockergesteine und Felsausbisse wieder ab, so dass sich vielfach unter der Berücksichtigung von Hangneigungsintervallen eine Normalverteilung ergibt (SCHWARZ et al., 2007). Für die Ableitung der räumlich variablen Hangneigung wurde als Datengrundlage das digitale Höhenmodell mit einem Meter Rasterweite verwendet.

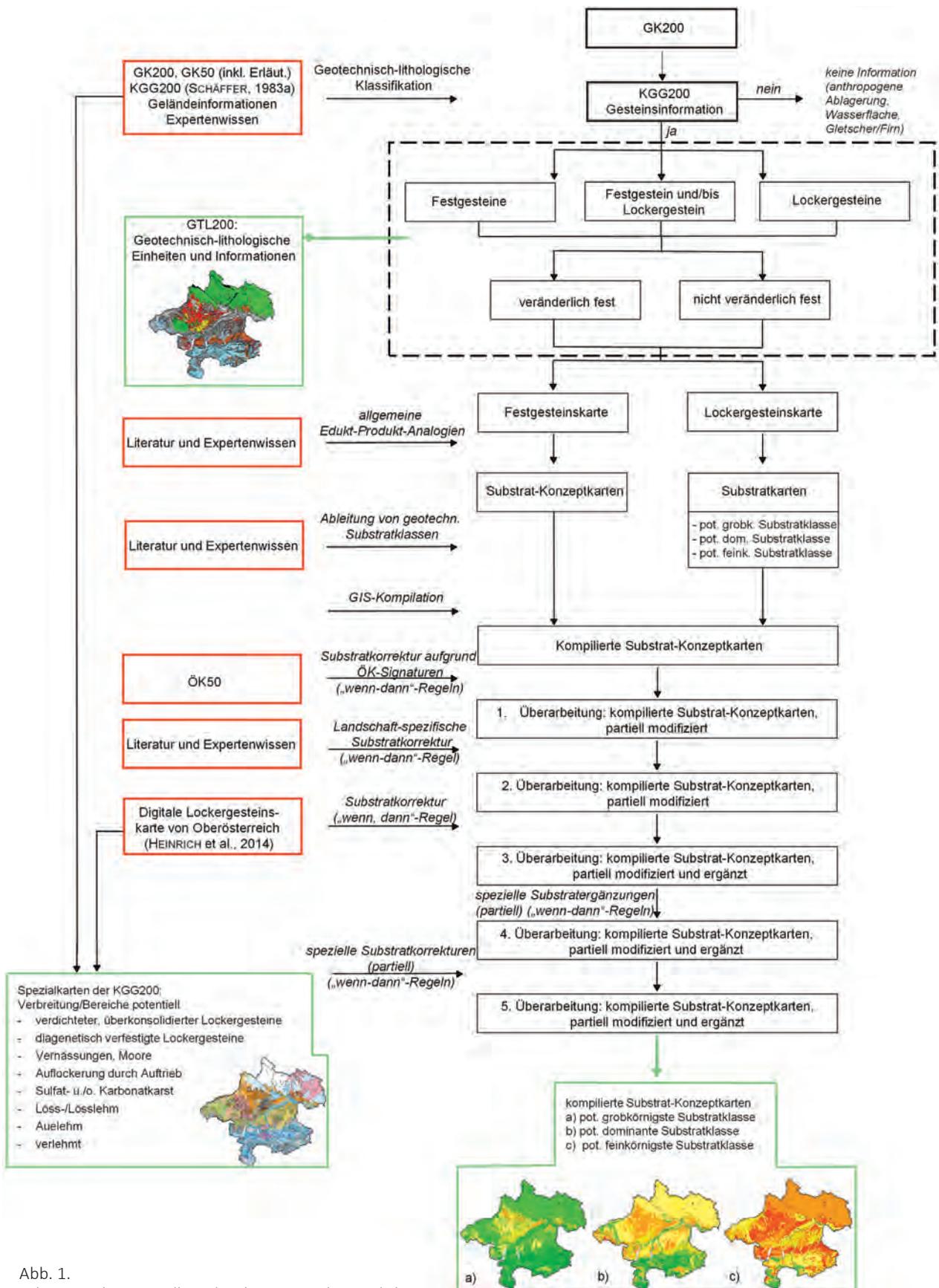


Abb. 1. Schematische Darstellung (nach TILCH et al., 2016) des hierarchischen Bearbeitungsganges inklusive der erforderlichen Informationsquellen und Arbeitsschritte, den angewendeten Methoden und Kriterien sowie den zu erzielenden Zwischenprodukten (grün umrandet). Diese Zwischenprodukte werden als Basiskarten für die Ab-

leitung von Karten mit Informationen zu verschiedenen geotechnischen Grobcharakteristika mittels der heuristischen Expertenmethode benötigt.

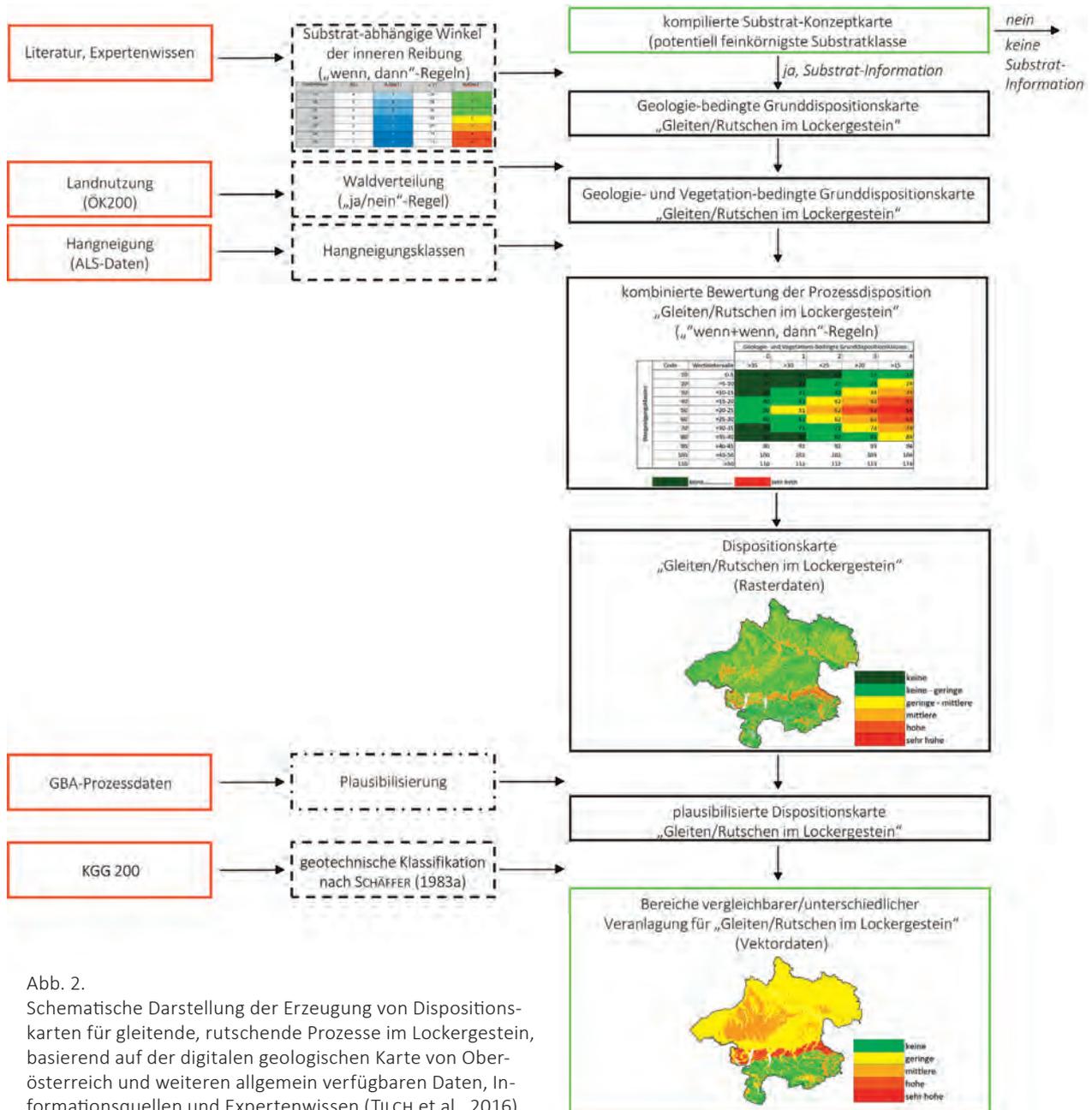


Abb. 2. Schematische Darstellung der Erzeugung von Dispositions-karten für gleitende, rutschende Prozesse im Lockergestein, basierend auf der digitalen geologischen Karte von Ober-österreich und weiteren allgemein verfügbaren Daten, Informationsquellen und Expertenwissen (TILCH et al., 2016).

Diese drei Parameterkarten werden zu Rasterdaten mit 50 m Rasterweite konvertiert und aggregiert. Anschließend werden diese rasterbasierten Parameterkarten im Rahmen der angewendeten heuristischen Methode überlagert und miteinander verrechnet (Abb. 2).

In einem weiteren Schritt werden jene Bereiche eliminiert, in denen sich potenziell Felsausbisse (Festgesteinsklippen, Felsvorsprünge) befinden. Dies erfolgt anhand der zur Verfügung stehenden Parameterkarte „Hangneigung“, indem entsprechend der verwendeten Rasterweite (hier 50 m) ein minimaler Schwellenwert festgelegt wird, ab welchem anzunehmen ist, dass eine Lockerge-

steinsauflage fehlt oder nur partiell/rudimentär vorhanden ist. Zur Festlegung dieses Schwellenwertes wurden die mittels ÖK 50 ausgewiesenen Felsschrofen (Layer Felssignatur) herangezogen.

Das Ergebnis ist zunächst die in Abbildung 2 dargestellte, rasterbasierte Dispositions-karte „Gleiten/Rutschen im Lockergestein“, welche mit verfügbaren Informationen zu gravitativen Massenbewegungen im Lockergestein (Gleiten/Rutschen) plausibilisiert wurde.

Diese Prozessdispositions-karte wurde auf der Basis von kleinmaßstäbigen Datengrundlagen und mittels einfacher Regelwerke und Methoden (siehe heuristische GBA-Methode) erstellt, so dass

viele Unsicherheiten enthalten sind. Nicht zuletzt deshalb wurden in einem abschließenden Schritt die ermittelten, räumlich variablen und rasterbasiert ausgewiesenen Prozessdispositionen für jede einzelne geotechnische Einheit der mittels HEB erzielten digitalen Karte der geotechnischen Grobcharakteristik die statistischen Mittelwerte und Medianwerte berechnet sowie die am wenigsten und häufigsten vorkommenden Dispositionsklassen bestimmt. Anhand dieser Werte wurden alle geotechnischen Einheiten zu fünf Einheiten mit ähnlicher Dispositionsverteilung zusammengefasst (Abb. 2).

Grundsätzlich ist die angewendete und teilweise geschilderte heuristische Bewertungsmethodik auch für eine Beurteilung anderer Regionen geeignet, jedoch bedarf es Adaptierungen, die überwiegend in landschaftsspezifischen Aspekten und in den verfügbaren Daten begründet sind. Basierend auf Expertenwissen sind in vielerlei Hinsicht Entscheidungen zu fällen, so dass es sich ebenfalls um eine heuristische, somit stark vom Wissen und der Erfahrung des jeweiligen Experten geprägte Vorgehensweise handelt. Allerdings ist diese aufgrund eindeutiger Entscheidungsregeln wesentlich nachvollziehbarer als die HEB-Methode und in vielerlei Hinsicht reproduzierbar. Dies liegt u.a. auch darin begründet, dass alle Beurteilungen und Bewertungen schrittweise und flächendeckend weitestgehend in vergleichbarer Weise erfolgen, was eine bessere Vergleichbarkeit verschiedener Teilgebiete ermöglicht.

Abschließend sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die erzeugten Kartenprodukte aufgrund des zugrundeliegenden Maßstabs der verwendeten Basisdaten und der angewendeten Methodik keinesfalls als Ersatz für detailliert erarbeitete Karten und detaillierte Gutachten geeignet sind.

Literatur

- HEINRICH, M., UNTERSWEG, T., LIPIARSKI, P., GRÖSEL, K., KREUSS, O., LIPIARSKI, I., MOSHAMMER, B., MOSTLER, H., POSCH-TRÖZMÜLLER, G. & RABEDER, J. (2014): Digitale Arbeitskarte zur Verbreitung von Lockergesteinen in Österreich 1:50.000 unter Verwendung publizierter und unpublishierter geologischer Karten. – Unveröffentlichter digitaler Datensatz des VLG-Projektes „Bundesweite Vorsorge Lockergesteine“, Geologische Bundesanstalt, Wien.
- KRENMAYR, H.G. & SCHNABEL, W. (2006): Geologische Karte von Oberösterreich. – Geologische Bundesanstalt, Wien.
- RUPP, C., LINNER, M. & MANDL G.W. (2011): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Oberösterreich 1:200.000. – 255 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- SCHÄFFER, G. (1983a): Manuskriptkarte der geotechnischen Karte von Oberösterreich 1:200.000. – Geologische Bundesanstalt, Wien.
- SCHÄFFER, G. (1983b): Die Manuskriptkarte der geotechnischen Karte von Oberösterreich 1:200.000. – In: GATTINGER, T.E.: Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt in Gmunden, Salzkammergut, 26. bis 30. September 1983, 5–6, Gmunden.
- SCHÄFFER, G. (1983c): Die Karte der geologisch-geotechnischen Risikofaktoren der Republik Österreich 1:50.000 anhand des Beispiels von Blatt 66 Gmunden. – In: GATTINGER, T.E.: Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt in Gmunden, Salzkammergut, 26. bis 30. September 1983, 6–15, Gmunden.
- SCHÄFFER, G. (1983d): Manuskriptkarte der Geologisch-Geotechnischen Risikofaktoren der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 66 Gmunden. – Geologische Bundesanstalt, Wien.
- SCHÄFFER, G. (1983e): Manuskriptkarte der Geologisch-Geotechnischen Risikofaktoren der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 96 Bad Ischl. – Geologische Bundesanstalt, Wien.
- SCHWARZ, L., TILCH, N. & KOÇIU, A. (2007): Krisenregion Gasen-Haslau (Bezirk Weiz, Oststeiermark) im August 2005, Teil 2: Bestimmung signifikanter Merkmale für instabile Hangbereiche per bivariater Statistik. – Interner Bericht, 100 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- TILCH, N. & KOÇIU, A. (2007): Digitale Ingenieurgeologische Karte von Blatt 47 Ried im Innkreis. – In: EGGER, H. & RUPP, C. (Red.): Arbeitstagung 2007 der Geologischen Bundesanstalt Blatt 67 Grünau im Almtal und Blatt 47 Ried im Innkreis, 7.–11. Mai 2007, Linz, 217–219, Wien.
Poster: https://www.geologie.ac.at/fileadmin/user_upload/dokumente/pdf/poster/poster_2007_ata2007_tilch_kociu.pdf (abgerufen am 22.03.2017).
- TILCH, N., MELZNER, S., JANDA, C. & KOÇIU, A. (2008): GIS-basierte Raumgliederungs- und Regionalisierungsverfahren zur Erstellung von Substrat-Konzeptkarten und Prozessgrunddispositionskarten. – Endbericht (Teil 3) des Projektes Naturgefahrenmanagement BUWELA – Bucklige Welt-Wechseland“, 115 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- TILCH, N., KOÇIU, A., HABERLER, A. & SCHATTAUER, I. (2016): Karte der geotechnischen Grobcharakteristik (KGG 200) für Oberösterreich. – Endbericht des Projektes „Geogenes Baugrundrisiko“ (OC-053), 75 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- UNTERSWEG, T., LIPIARSKI, P. & HEINRICH, M. (2008): Die digitale Karte quartärer Sedimentgesteine in Österreich: Ein „Spin-off“ rohstoffgeologischer Bearbeitung. – Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, **62**, 117–122, Wien.