

Die Paläooberflächen in den Nockbergen

Von

Martin MASTEN¹ und Kurt STÜWE²

Mit 7 Abbildungen und 1 Tabelle

Angenommen am 16. November 2021

Summary: The palaeo-surfaces in the Nock Mountains. – The Nock Mountains are the westernmost region in the Eastern Alps that largely escaped glacial overprinting and morphological reshaping in the Pleistocene. Because of that, evidence of the pre-Pleistocene landscape is well preserved in this area. In this study we present a new geomorphological map of landforms in the Nock Mountains that can be interpreted as relicts of a pre-Pleistocene landscape. Our approach is twofold. First, we present results of field mapping that was performed with the help of a digital elevation model. After that we apply stream power analysis on selected rivers in the not glacially overprinted areas and in close proximity to the mapped palaeo-surfaces. In total we document eight levels of palaeo-surfaces with different degrees of preservation between 1700 m and 2400 m. These can be grouped into four significant levels: a peak area over 2300 m, a first main level between 2200 m and 2100 m, a lower second main level between 2000 m and 1900 m and a subordinate level system between 1800 m and 1700 m. The difference in the degree of preservation correlates with the change in lithology. The documented levels can be correlated with levels known from the literature in surrounding regions. This shows, that the Pliocene uplift rate of the Eastern Alps may increase in the fringe area of the Tauern window from the east to the west.

Zusammenfassung: Die Nockberge bilden das westlichste Gebiet der Ostalpen, das von den pleistozänen Vereisungsperioden nicht vollständig morphologisch überprägt wurde. Aufgrund dieser Tatsache sind in diesem Bereich die Reste der prä-Pleistozänen Landschaft gut überliefert. In dieser Arbeit wird eine neue geomorphologische Karte der Verebnungsflächen in den Nockbergen präsentiert, die als Relikte solcher prä-Pleistozänen Landschaft interpretiert werden können. Die Herangehensweise setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Zuerst erfolgte eine Kartierung der Verebnungsflächen im Gelände und mittels digitaler Höhenmodelle. Danach wurden Flussprofilanalysen von Flüssen außerhalb des glazial überprägten Bereiches und nahe der kartierten Flächen durchgeführt und mit den kartierten Flächen korreliert. Die Geländearbeit lieferte acht Niveaus unterschiedlicher Erhaltungsqualität zwischen 1700 m und 2400 m. Diese können in vier Flächensysteme zusammengefasst werden: einen Gipfelbereich über 2300 m, ein erstes Hauptniveau zwischen 2200 m und 2100 m, ein darunter liegendes zweites Hauptniveau zwischen 2000 m und 1900 m und ein untergeordnetes Flächensystem zwischen 1800 m und 1700 m. Der unterschiedliche Erhaltungsgrad der Flächen korreliert mit der Lithologie des Untergrundes. Die aus der Geländearbeit resultierenden Daten lassen sich gut mit Literaturdaten zu Verebnungsflächen aus benachbarten Gebieten korrelieren. Sie legen die Interpretation nahe, dass die Pliozäne Hebungsrate der Ostalpen in den Randbereichen des Tauernfensters nach Westen zunimmt.

1 Martin MASTEN (korr. Autor), Institut für Erdwissenschaften, Universität Graz, Universitätsplatz 2, 8010 Graz, Austria. E-Mail: martin.masten@edu.uni-graz.at

2 Kurt STÜWE, Institut für Erdwissenschaften, Universität Graz, Universitätsplatz 2, 8010 Graz, Austria. E-Mail: kurt.stuewe@uni-graz.at

1. Einleitung

Die junge post-Miozäne Hebungsgeschichte der Alpen ist in Bezug auf ihr Ausmaß und zeitlichen Ablauf noch weitestgehend unerforscht. Nur Wenige haben sich bis jetzt mit dieser jungen Entwicklung intensiv auseinandergesetzt (z.B. HEJL 1997; WÖFLER et al. 2011; LEGRAIN et al. 2014; BARTOSCH & STÜWE 2019). Die Spuren dieser jungen Hebungsgeschichte finden sich vor allem in reliktschen Miozänen Landschaftsresten die heute oft in großen Seehöhen erhalten sind. So erkennt man Reste des ehemaligen Basisniveaus, welche heute als Paläooberflächen vorliegen, zum Beispiel im Grazer Bergland (WINKLER-HERMADEN 1957; WAGNER et al. 2010; WAGNER et al. 2011) oder der Koralpe (LEGRAIN et al. 2014). Die morphologische Spurensuche nach solchen Relikten beschränkt sich allerdings auf die eisfreien Oasen der Pleistozänen Vergletscherung, denn der Großteil der Ostalpen wurde im Laufe der Eiszeiten stark glazial überprägt (VAN HUSEN 1987). Das westlichste noch unvergletscherte Gebiet der Ostalpen waren die Nockberge (Abb. 1). Diese ragten in den Eiszeiten als Nunatakker aus dem Eispanzer und sind Teil der ebenso eisfreien Gurktaler Alpen. Die geringe glaziale Überprägung ermöglichte die Erhaltung von prä-Pleistozänen Paläooberflächen auf unterschiedlichen Niveaus, anhand derer die junge Hebungsgeschichte rekonstruiert werden kann. Solche Paläooberflächen wurden in den Gurktaler Alpen bereits ausgiebig von BARTOSCH & STÜWE (2019) untersucht und kartiert. Im Zuge ihrer Arbeit erkannten sie aber bereits, dass sich in den weiter westlich liegenden Nockbergen noch höhere und ältere Paläooberflächen befinden. Diese werden in der Literatur immer wieder als Musterbeispiel im Zusammenhang mit Altflächen genannt (EXNER 1949; PISTOTNIK et al. 1989; NAGL 1967). Eine genaue Untersuchung und Kartierung dieser findet sich in der aktuellen Literatur jedoch nicht, obwohl diese die westlichsten noch erhaltenen prä-Pleistozänen Flächen der Ostalpen darstellen, die von der eiszeitlichen Überprägung verschont worden sind.

In dieser Arbeit wird eine neue und umfangreichere Karte der Paläooberflächen in den Nockbergen präsentiert. Unterstützend dazu werden Knickpunktanalysen von ausgewählten Flüssen durchgeführt. Die Ergebnisse sollen in der Diskussion mit bereits vorhandenen Daten sowie der Ausdehnung des glazialen Maximums verglichen werden.

1.1. Geologische und geomorphologische Verhältnisse

Die Nockberge liegen im westlichsten Teil der Gurktaler Alpen und weisen Gipfelhöhen bis 2441 m auf (Abb. 1). Das Gebiet verteilt sich auf die Bundesländer Kärnten, Salzburg und die Steiermark. Begrenzt werden die Nockberge im Norden durch die Mur, welche sie von den Niederen Tauern trennt. Im Westen bildet das Liesertal die Grenze zu den Hohen Tauern. Im Süden liegt das Klagenfurter Becken und gegen Osten erfolgt entlang der Linie Flattnitz – Gurk die Grenze zu den restlichen Gurktaler Alpen.

Aus geologischer Sicht deckt das Nockgebiet ein breites Spektrum unterschiedlicher Gesteinstypen ab. Tektonisch gesehen befinden sich die Nockberge in den ostalpinen Einheiten. Der westliche Teil des Gebietes ist Teil des Ötztal-Bundschuh Deckensystems. Den kristallinen Untergrund dieses Deckenstapels bilden vorwiegend Paragneise. Auf diese Basis aufgelagert folgen permo-mesozoische Metasedimente, welche die Deckeinheiten bilden und als Stangalm-Mesozoikum bezeichnet werden (PISTOTNIK et al. 1989). Im Hangenden des Ötztal-Bundschuh Deckensystems folgt das Drauzug-Gurktal Deckensystem (SCHUSTER 2015). Dieses baut den östlichen Teil des Arbeitsgebietes auf und lässt sich in eine tiefere Murauer-Decke und eine höhere Stolzalpen-Decke unterteilen (NEUBAUER & PISTOTNIK 1984). Die Abfolgen bestehen aus vulkanogen

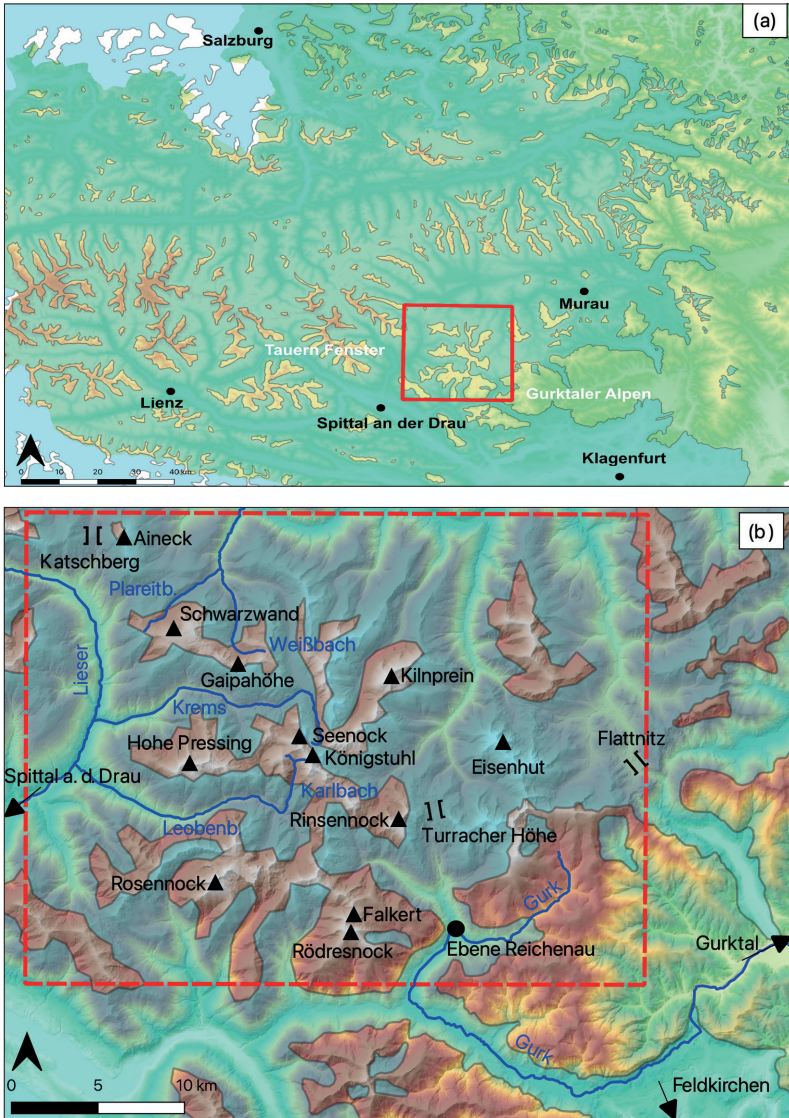


Abb. 1: Ausmaß des letzten glazialen Maximums (LGM) (EHLERS et al. 2011) in den Ostalpen und in den Nockbergen. (a) Das Nockgebiet liegt am Rand der Eismassen. Im Osten ist die eisfreie Oase der Gurktaler Alpen zu erkennen. Die Nockberge ragen als Nunatakker aus dem Eispanzer. Die westlich angrenzenden Hohen Tauern weisen eine höhere Gipfelflur auf und sind deutlich stärker glazial überprägt als die Nockberge. (b) Vergrößerter Ausschnitt der Nockberge. Der rot strichlierte Bereich entspricht dem Arbeitsgebiet und den Kartenausschnitten in Abb. 3, 7.

Fig. 1: Extent of the Last Glacial Maximum (LGM) (EHLERS et al. 2011) in the Eastern Alps and in the Nock Mountain region. (a) The Nock Mountains lie at the edge of the ice coverage. East of them is the ice-free oasis of the Gurktal Alps. The Nock Mountains themselves are nunataks. The Hohen Tauern west of them, have even higher peaks and are completely overprinted by the Pleistocene ice cover. (b) Enlarged region of the Nock Mountains. The red dashed area is the study area and corresponds to the region shown in Figs. 3, 7.

beeinflussten Metapeliten mit unterschiedlichen Einlagerungen (PISTOTNIK et al. 1989; NEUBAUER & PISTOTNIK 1984). Die Überlagerung der mesozoischen Einheiten durch die paläozoischen Einheiten des Drauzug-Gurktal Deckensystems waren für TOLLMANN (1977) ausschlaggebend für eine Zweiteilung des Oberostalpins. Demnach bezeichnet er das Ötztal-Bundschuh Deckensystem als Mittelostalpin. Auf dieses aufgelagert, folgt das Oberostalpin. Die Kontaktzone dieser beiden tektonischen Decken verläuft durch das Nockgebiet (TOLLMANN 1977). Es sei jedoch erwähnt, dass die Unterteilung des Ostalpins in Mittelostalpin und Oberostalpin nach SCHMID et al. (2004) zum Teil überholt ist.

Die Morphologie der Nockberge ist sehr sanft und hügelig. Dies steht im starken Gegensatz zu den schroffen Hochgebirgsgipfeln der Hohen Tauern westlich der Katschberg-Störung. Diese weisen eine rund 900 m höhere Gipfelflur auf als die Nockberge. Dennoch beinhaltet das Nockgebiet die höchsten Erhebungen der Gurktaler Alpen. Die Nockregion ist durch dicht bewaldete Täler charakterisiert, welche durch Schmelzwässer und glaziale Tiefenerosion entstanden sind. Diese Täler zerschneiden eine weit ausgedehnte, flache und meist sumpfige Hochlandschaft. Kare und Mulden greifen immer wieder in diese ein und enthalten oft die Relikte von ehemaligen Blockgletschern.

1.2. Landschaftsentwicklung

In den Pleistozänen Vereisungen, welche den gesamten Alpenraum bedeckten, bildete die Region der Gurktaler Alpen eine eisfreie Oase (Abb. 1). Dies trifft auch auf seinen westlichsten Rand zu. Hier befinden sich die Nockberge (Abb. 1). Im Gegensatz zu den östlicheren Gurktaler Alpen waren die Nockberge nur im zentralen Bereich eisfrei. Dennoch bilden sie, als westlichster nicht vollständig glazial überprägter Bereich der Ostalpen, eine Schlüsselrolle zur Rekonstruktion der post-Miozänen Hebungsgeschichte der Alpen.

Durch Spaltspurendatierung von Apatitkristallen im Bereich der Nockberge konnte die Miozäne Entwicklung des Gebietes rekonstruiert werden (HEJL 1997). Im unteren Miozän kommt es zu einer raschen Exhumation der Gesteinseinheiten mit Abtragungsraten von bis zu 87 m/Ma zwischen 34 und 23 Ma. Auf diese Exhumation folgt eine Phase der Stagnation im mittleren bis oberen Miozän. Zu dieser Zeit kommt es zur Bildung des höchsten und somit ältesten Flächensystems der Nockberge (HEJL 1997). Die Nockfläche dürfte daher nur etwas älter als 7 Ma sein. Nach dieser Zeit der Stagnation der Hebung beschleunigt sich diese im Pliozän und Pleistozän unter dem Einfluss der Gletscher erneut (HEJL 1997). Ältere Datierungen (SPREITZER 1951; WINKLER-HERMADEN 1957) kamen ebenso zu dem Schluss, dass das höchste Flächensystem der Nockberge ein unter Miozänes bis unter Pliozänes Alter besitzt.

In den unvergletscherten Gebieten sind hochgelegene Flächen mit geringem Relief erhalten. Diese werden als Reste einer ehemaligen Flachlandschaft oder einer niedrigen Hügellandschaft interpretiert und werden als Paläooberflächen oder auch als Niveaureste bezeichnet (BARTOSCH & STÜWE 2019). Diese Niveaureste finden sich in unterschiedlichen Höhen und zeigen auch in geringeren Höhenlagen flächenhafte Ausbreitung. Die Korrelation der Niveaureste von unterschiedlichen Gebirgsgruppen untereinander ist ein wichtiges Mittel zur Rekonstruktion der Hebungsgeschichte der Alpen, um Bildungszeiten von Paläoflächen aus anderen Gebieten zu übertragen. Ein Problem stellen hier die dazwischenliegenden Störungssysteme dar. Diese bewirken unterschiedliche Hebungsbeträge zwischen unterschiedlichen Regionen. Daher werden nicht die absoluten Höhen der Flächen, sondern die relative Höhe bezogen auf ein bestimmtes Basisniveau verglichen (BARTOSCH & STÜWE 2019). Eine solche Korrelation wurde zwischen den östlichen Gurktaler Alpen und dem Grazer Bergland bereits durchgeführt.

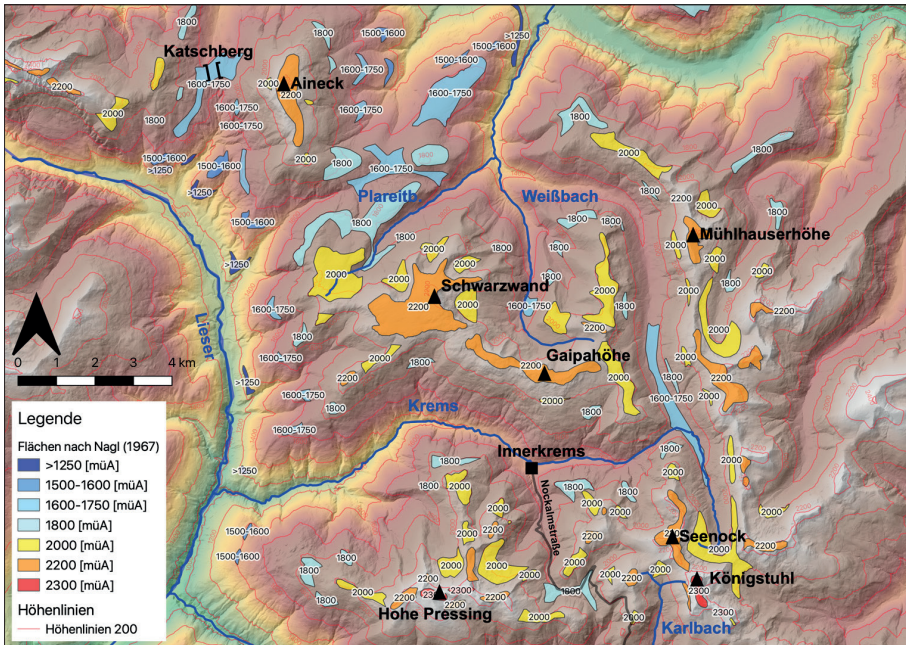


Abb. 2: Digitalisierte Flächensysteme nach NAGL (1967) im nordwestlichen Teil der Nockberge über einem DEM (COOPERATION OGD ÖSTERREICH 2015). Die Flächen liegen zwischen 2300 müA und 1250 müA und sind farblich unterschieden. Im Westen ist die Talfurche der Lieser zu erkennen, welche die Nockberge vom Tauernfenster abgrenzt.

Fig. 2: The palaeo-surfaces of the north western Nock Mountains mapped by NAGL (1967) superimposed on a DEM (COOPERATION OGD ÖSTERREICH 2015). The palaeo-surfaces lie generally between 2300 masl and 1250 masl and are discerned by color. The Lieser valley at the western end of the region marks the border from the Nock Mountains to the Tauern window.

BARTOSCH & STÜWE (2019) verglichen in ihrer Arbeit die von ihnen erfassten Altflächen der Gurktaler Alpen mit jenen von WAGNER et al. (2011) aus dem Grazer Bergland. Es zeigte sich, dass trotz der dazwischenliegenden Pöls-Lavanttal Störung und der Görttschitztal Störung die vier Niveaus der Gurktaler Alpen gut mit den unteren vier bekannten Niveaus des Grazer Berglandes in Bezug auf ihre relativen Höhen korrelierbar sind. Lediglich das höchste Niveau der Gurktaler Alpen weicht gering nach oben ab. Dies begründeten die Autoren damit, dass der Gurktalblock näher an der Hauptachse der Alpen liegt, wo die Hebungsraten am höchsten sind. Die Korrelation zeigte, dass der Gurktalblock in den letzten 6 Ma wahrscheinlich eine Oberflächenhebung von etwa 1000 m erfahren hat (BARTOSCH & STÜWE 2019).

Die vier Paläooberflächen der Gurktaler Alpen liegen auf 800 m, 900 m, 1200 m und 1500 m und gehen stufenartig gegen Westen in die wesentlich höheren Altflächen der Nockberge über (BARTOSCH & STÜWE 2019). Das Alter der vier Niveaureste der Gurktaler Alpen kann, aufgrund Korrelation mit WAGNER et al. (2011), auf oberes Miozän bis ins Pleistozän geschätzt werden. Das Alter der Flächen im Nockgebiet sollte daher aufgrund der höheren Position der Flächen ein älteres ergeben (BARTOSCH & STÜWE 2019).

Äquivalente Flächen zu jenen in den Nockbergen sind in den umliegenden Gebirgsgruppen nicht mehr erhalten. Dies liegt zum Teil daran, dass diese Bereiche durch mas-

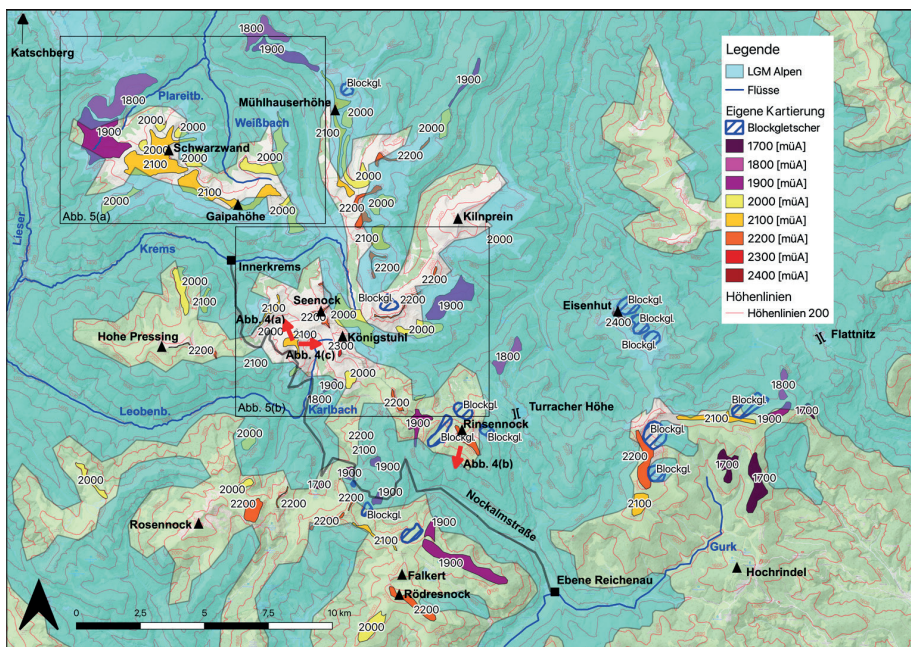


Abb. 3: Karte der kartierten Flächen im Arbeitsgebiet mit Ausdehnung des glazialen Maximum (EHLERS et al. 2011) in hellblau. Die Flächen liegen zwischen 2400 müA und 1700 müA und sind ihrer Höhe entsprechend eingefärbt. Blau schraffierte Flächen sind Relikte ehemaliger Blockgletscher. Die höchsten kartierten Flächen verlaufen in einem zentralen West nach Ost streichenden Bereich. Die niedrigsten Flächen befinden sich am Übergang zu den Gurktaler Alpen im Osten des Gebietes. Die Überlieferung der Landschaftsreste beschränkt sich auf die eisfreien Bereiche. Der Erhaltungsgrad nimmt von Norden nach Süden ab. Zusätzlich sind die Standorte der in Abbildung 4 dargestellten Geländeaufnahmen sowie die Ausschnitte von Abbildung 5 markiert.

Fig. 3: Map of the palaeo-surfaces mapped here and the extent of the LGM ice cover after EHLERS et al. (2011) in light blue. The surfaces are between 2400 masl and 1700 masl and are colored for elevation. Blue dashed areas are relics of block glaciers. The highest mapped surfaces lie in a central west east striking region. The lowest palaeo-surfaces lie in the east at the transition to the Gurktaler Alps. Note that the preservation of the palaeo-surfaces is largely restricted to the ice-free region. The degree of preservation decreases from north to south. The view points of the photos in Figure 4 are marked by the red arrows.

sivere Hebung und Erosion charakterisiert sind, und zum Teil an der dort stärkeren glazialen Überprägung. Die nördlich vom Nockgebiet liegenden Schladminger Tauern haben im Neogen eine starke Hebung erfahren. Mögliche analoge Flächen zu jenen in den Nockbergen wurden dabei im zentralen Bereich vollständig abgetragen (HEJL 1997). Auch im Tauern Fenster westlich der Katschberg-Abschiebung schließt die starke Hebung, sowie die glaziale Überprägung die Erhaltung von Flächenrelikten aus. Spaltspurendatierung von Apatitkristallen im Tauernfenster zeigen, dass in den letzten 5 Ma im südöstlichen Teil des Fensters bis zu 1000 m Material abgetragen wurden (WÖFLER et al. 2012). Paläooberflächen können folglich in diesem Bereich nicht mehr erhalten sein (GRUNDMANN & MORTEANI 1985; WÖFLER et al. 2012).

Anderer Meinung ist hier NAGL (1967). Er versucht Flächen und Talsysteme vom Osten der Katschberg-Abschiebung kommend in das Tauern Fenster hinein zu verfol-

gen. Dies gelang ihm auch und er konnte die zuvor am westlichen Rand der Nockberge kartierten Flächen und Talsysteme bis in die Hafner Gruppe im östlichen Tauern Fenster übertragen. Konkret konnte er in den Nockbergen eine immer wiederkehrende Formengruppe erkennen, welche in den östlichen Hohen Tauern in ähnlicher Weise in höheren Lagen auftritt. Dies steht im Widerspruch zu den aktuelleren zuvor genannten Erkenntnissen. Nichtsdestotrotz ist seine Arbeit im Nockgebiet sehr umfangreich und soll im Nachfolgenden genauer erläutert werden.

Abbildung 2 zeigt die digitalisierte Karte der von NAGL (1967) kartierten Flächen in den nordöstlichen Nockbergen. Wie aus dieser Abbildung hervorgeht, erkennt er sieben Niveaus von 1250 bis 2300 m Seehöhe. Diese ordnet NAGL (1967) bestimmten Systemen zu. Ganz allgemein unterteilt er drei Hauptssysteme: Formengruppe, Übergangsniveau und Talsysteme. Die Formengruppe, welche er in den Hohen Tauern wiederzuerkennen meinte, baut sich aus den obersten drei Niveaus auf. Konkret erkennt er einen Gipfel (>2300 m), von welchem Rücken ausgehen. Diese Rücken werden durch das 2200 m Niveau gebildet und zeigen noch deutliche Verebnungen. Sie schließen mit dem Gipfel eine oberste Hohlform ein, welche auf 2000 m ausläuft. Exemplarisch soll diese Formengruppe am Beispiel des Königstuhles veranschaulicht werden (NAGL 1967). Hierbei stellt der Königstuhl mit seiner Gipfelhöhe über 2300 m das höchste Niveau dar. Der auslaufende Rücken Richtung Seenock (2260 m) repräsentiert das 2200 m Niveau. Vom Königstuhl und von diesem Rücken eingeschlossen, befindet sich der Rosaninsee (2050 m). Dieser geht gegen Osten in das 2000 m Niveau über. Das Gebiet um den Rosaninsee bildet in diesem Beispiel die oberste Hohlform.

Das nächste tiefere Hauptssystem wird von NAGL (1967) als Übergangsniveau bezeichnet. Dieses beinhaltet Mulden und Kuppen in einer Höhe von 1800 m. Das unterste System, welches von ihm als Talsystem bezeichnet wird, umfasst drei Niveaus. Das sogenannte Passniveau im Bereich von 1750 m bis 1600 m. Darunter liegen die Leiterrassen in 1600 m bis 1500 m Höhe. Das tiefste Niveau bilden die präglazialen Talböden, welche Höhen unter 1250 m aufweisen (NAGL 1967).

Neben dieser systematischen Einteilung, erkennt NAGL (1967) auch Auffälligkeiten in der Verbreitung der Flächen in Abbildung 2. Das höchste und somit älteste Niveau ist nur noch im Süden des kartierten Ausschnittes aufgeschlossen. In der Abbildung 2 ist dieses über 2300 m liegende Flächensystem in rot dargestellt und befindet sich am bereits genannten Königstuhl und am westlich davon liegenden Pressingberg. Dieses von NAGL (1967) als zentrales Bergland bezeichnete Gebiet wird von den Flächensystemen in 2200 m und 2000 m umgeben. Die 2200 m Flächen zeigen im Bereich der Schwarzwand eine ausgesprochen gute Erhaltung und stellt den größten zusammenhängenden Flächenrest im Gebiet dar. Das tiefere 2000 m Niveau weist die weiteste Verbreitung im Bereich der Nockberge auf. Besonders gut ist zu erkennen, dass die tieferen Flächen den höheren Flächen immer vorgelagert sind. Dies bestätigt die Interpretation, dass sich die immer jüngeren Flächen durch das tiefere einschneiden der Flusssysteme in Ruheperioden der Hebung gebildet haben (NAGL 1967).

2. Methodik

Um die Altflächen der Nockberge zu kartieren, werden zwei Methoden kombiniert. Neben der Kartierung im Gelände und Analyse des digitalen Höhenmodelles werden auch noch Knickpunktanalysen von ausgewählten Flüssen durchgeführt. Der Zusammenhang zwischen den Niveauresten und den Knickpunkten in den Nebenflüssen ist bereits auf Abbildung 2 in LONTSCHAR & STÜWE (2020) illustriert und der interessierte Leser wird zur näheren Erklärung auf diese Arbeit verwiesen.

Das für die Geländearbeit benötigte Kartenmaterial wurde mit einem Geoinformationssystem (QGIS) aus einem digitalen Höhenmodell in Lambert Projektion mit einer Auflösung von 10 m extrahiert (COOPERATION OGD ÖSTERREICH 2015). Verwendet werden Hangneigungskarten sowie topografische Karten. Als Kriterium für das Erkennen einer Altfläche in der Hangneigungskarte wird eine maximale Neigung von 15° angenommen. Ebenso gut zu erkennen sind morphologische Folgen einer glazialen Überprägung sowie ehemalige Blockgletscher (Abb. 4).

2.1. Numerische Analysen der Flüsse

Die für die Analysen herangezogenen Flüsse liegen innerhalb, oder am Rand der eisfreien Bereiche. Des Weiteren wurde auf einen möglichst hohen Quellaustritt geachtet, um auch möglichst hohe Niveaus in den Profilen zu erkennen. Aus dem digitalen Höhenmodell wurden mittels der MATLAB Topotoolbox von SCHWANGHART & SCHERLER (2014) die nötigen Daten extrahiert. Als mathematische Grundlage dient die sogenannte „Stream Power Gleichung“, der das Gesetz von Hack zugrunde liegt (HACK 1957; FLINT 1974). Nach dieser Gleichung gilt für einen Fluss im sohlmorphologischen Gleichgewicht (und somit konstanter Erosionsrate und Hebungsrate an jedem Punkt des Flusses) folgender Zusammenhang:

$$S = \left(\frac{u}{k}\right)^{\frac{1}{n}} * A^{(-m/n)} = k_s * A^{-\theta} \quad (1)$$

Hierbei ist S die Steigung im Flussbett, u die Hebungsrate, k die Erodierbarkeit, A ist die Einzugsgebietsfläche (stellvertretend für den Wasserfluss) und die Variablen m und n beschreiben den relativen Beitrag der Steigung und der Fläche/Abfluss zur Erosion. Vereinfacht wird dieser Ausdruck durch die Definition des steepness index (k_s) und des concavity index (θ).

$$\theta = \frac{m}{n} \quad (2) \quad k_s = \left(\frac{u}{k}\right)^{\frac{1}{n}}. \quad (3)$$

Dadurch ergibt sich der bereits im rechten Teil von Gleichung 1 vereinfachte Zusammenhang (WOBUS et al. 2006; HERGARTEN et al. 2016; BARTOSCH 2018). Aus dem DEM können die Werte für die Steigung (S) und die Einzugsgebietsfläche (A) ermittelt werden. Die anderen Parameter erhält man durch Logarithmieren der vereinfachten Gleichung 1. Es ergibt sich nachstehende Gleichung 4, welche für einen Fluss, der sich im sohlmorphologischen Gleichgewicht befindet.

$$\log S = \log k_s - \theta * \log A. \quad (4)$$

In einem doppellogarithmischen Diagramm von $\log(S)$ gegen $\log(A)$ ergibt sich so eine lineare Korrelation. Der concavity index (θ) gibt dabei die Steigung der Geraden wieder. Der steepness index (k_s) entspricht dem Schnitt mit der Ordinate des Diagrammes. Abweichungen von dieser linearen Korrelation werden als Knickpunkte interpretiert, die Flussteile darstellen, die nicht im sohlmorphologischen Gleichgewicht sind. Da der steepness index (k_s) stark vom concavity index (θ) abhängt, wird der steepness

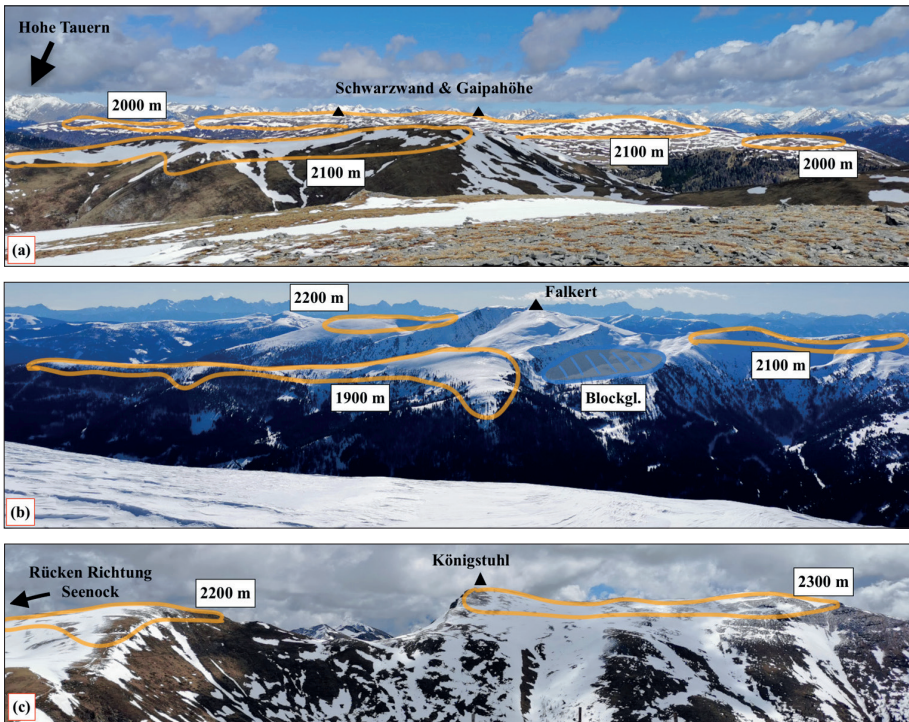


Abb. 4: Geländeaufnahmen mit eingezeichneten Flächenresten. (a) Blick von der Eisentälhöhe Richtung Norden. Zu erkennen sind die Flächen der Schwarzwand mit den dahinter liegenden Hochgebirgsgipfeln der Hohen Tauern. (b) Blick vom Rinsennock (Turracher Höhe) nach Süden. Im Hintergrund die Karawanken und Karnischen Alpen. Im zentralen Bereich der Abbildung sind Relikte eines Blockgletschers zu erkennen. (c) Ausblick von der Eisentälhöhe Richtung Osten. Der Kessel im Vordergrund ist Teil des Einzugsgebietes des Karlbachs (Abb. 5).

Fig. 4: Field photographs of the palaeo-surface relics. (a) View from Eisentälhöhe looking north. Note the palaeo-surfaces of Schwarzwand in front of the summits of the Hohe Tauern. (b) View from the Rinsennock (Turracher Höhe) looking south. In the distance are the peaks of the Karawanken and Karnian Alps ranges. (c) View from Eisentälhöhe looking east. The valley in the foreground is the upper catchment of the Karlbach (shown in Fig. 5).

index gerne für einen fixierten concavity index berechnet, der in der Literatur oft mit $\theta_{ref} = 0,45$ angenommen wird. Dieser referenzierte steepness index wird dann als k_m bezeichnet. Die Verwendung des k_m anstatt des k_s ermöglicht einen besseren Vergleich von unterschiedlichen Flüssen oder Flussegmenten (vgl. LEGRAIN et al. 2014).

3. Ergebnisse

Das Hauptergebnis der Arbeit stellt die in Abbildung 3 dargestellte Karte dar. Die Karte zeigt den zentralen Bereich des Nockgebietes, wobei im Westen der markante Taleinschnitt des Liesertales (Katschbergabschiebung) zu erkennen ist. Dargestellt sind die kartierten Flächen in unterschiedlichen Farben, Relikte von Blockgletschern sowie die Ausdehnung des glazialen Maximums in diesem Gebiet. Die Höhen der kartierten Niveaureste liegen zwischen 2400 m und 1700 m und befinden sich größtenteils im eis-

freien Bereich. Die Erhaltungsqualität variiert stark im Gebiet und wird allgemein nach Norden besser. Die dortigen Flächen im Bereich der Schwarzwand, der Gaipahöhe und entlang des Rückens der Mühlhauserhöhe sind über mehrere Kilometer Länge ungestört erhalten. Abbildung 4a verdeutlicht die gute Erhaltung der Flächen im Bereich der Schwarzwand und der Gaipahöhe. Gegenüber den nördlichen Flächen wirken die zentralen und südlichen Flächen klein und zweitrangig, aber auch die hier aufgeschlossenen Flächen weisen durchschnittliche Längen von rund zwei Kilometern auf. Gegen Süden und Osten nimmt die Erhaltungsqualität wieder geringfügig zu. Abbildung 4b zeigt die südlichsten Flächen des Arbeitsgebietes im Bereich des Rödresnockes. Im Osten der Abbildung 3 erkennt man einen großen unvergletscherten Bereich. Dieser gehört bereits zur eisfreien Oase der niedrigeren Gurktaler Alpen, welche auch in den tieferen Tälern unvergletschert waren. Dort treten die tiefsten Flächen im Arbeitsgebiet in einer Höhe von 1700 m flächenmäßig am stärksten auf. Die höchsten Flächen, also jene in 2300 m und 2400 m Höhe, treten in einem zentralen von West nach Ost verlaufenden Streifen auf. Diese werden unter anderem durch die Gipfel des Königstuhles und des Eisenhutes gebildet. Der Königstuhl und die dort erhaltene 2300 m hohe Fläche sind in Abbildung 4c illustriert. Die tieferen Niveaus hingegen finden sich weitreichend im gesamten Arbeitsgebiet in denselben Höhen wieder. Die am weitesten verbreiteten und am häufigsten auftretenden Flächen sind jene in einer Höhe von 2000 m. Vor allem im Bereich der Schwarzwand greifen die tieferen 2000 m hohen Flächen weit in die höheren und besser erhaltenen 2100 m hohen Flächen zurück. Dies ist im Norden der Schwarzwand besonders gut zu erkennen. Abbildung 4a zeigt die Südansicht der Schwarzwand mit der 2100 m Fläche und den vorgelagerten 2000 m Resten.

3.1. Flussprofile

Unterstützend zur Geländearbeit wurden mehrere Flussprofile im gesamten Gebiet analysiert. Jedoch zeigten nur wenige der betrachteten Profile Knickpunkte. Auf diese Wenigen soll im Zuge dieser Arbeit genauer eingegangen werden.

Die ausgewählten Flüsse wurden in den Perioden der Vereisungen in den für die Analysen relevanten Höhenlagen kaum glazial überprägt und liegen in der Nähe wichtiger reliktsicherer Flächen (Abb. 5). Der Plareitbach und der Weißbach befinden sich im Norden der Schwarzwand und der Gaipahöhe und entwässern die dortigen Hochflächen Richtung Mur. Die Flüsse Krems und Karlbach entwässern hingegen das Gebiet um den Königstuhl, welcher, wie bereits erwähnt, aus den höchsten Flächenresten aufgebaut ist. Die Ergebnisse der numerischen Analysen dieser vier Flusssysteme sind in Abbildung 6 illustriert. Die Abbildung stellt für jeden Fluss das Sohlprofil in blau dar. Auf der gegenüberliegenden Achse ist die Einzugsgebietsgröße entlang der Flusslänge aufgetragen. Im darunterliegenden Diagramm ist die Entwicklung des k_m -Wertes als Funktion der Profillänge dargestellt. Knickpunkte sind in allen Diagrammen mit Sternen markiert und Gleichgewichts-Bereiche sind farblich hervorgehoben. Eine Ausnahme bildet hier der Plareitbach in dem ein glazial überarbeiteter Bereich markiert ist.

Der Weißbach (Abb. 6a) tritt in einer Höhe von 2050 m aus dem Gestein aus und ist im Oberlauf stets eisfrei gewesen. Er schneidet sich zwischen der kartierten 2100 m und der 2000 m Fläche ins Gebirge ein. Er weist einen Knickpunkt bei rund 1850 m auf. Dieser liegt noch im unvergletscherten Bereich und trennt das Sohlprofil in zwei Gleichgewichtsbereiche.

Der Plareitbach (Abb. 6b) befindet sich westlich des Weißbaches und war ebenso zur Zeit der Vereisungsperioden im Oberlauf eisfrei. Er entwässert das 1900 m Niveau wie Abbildung 5 veranschaulicht. Auf dieser Höhe ist im Sohlprofil ein Knickpunkt

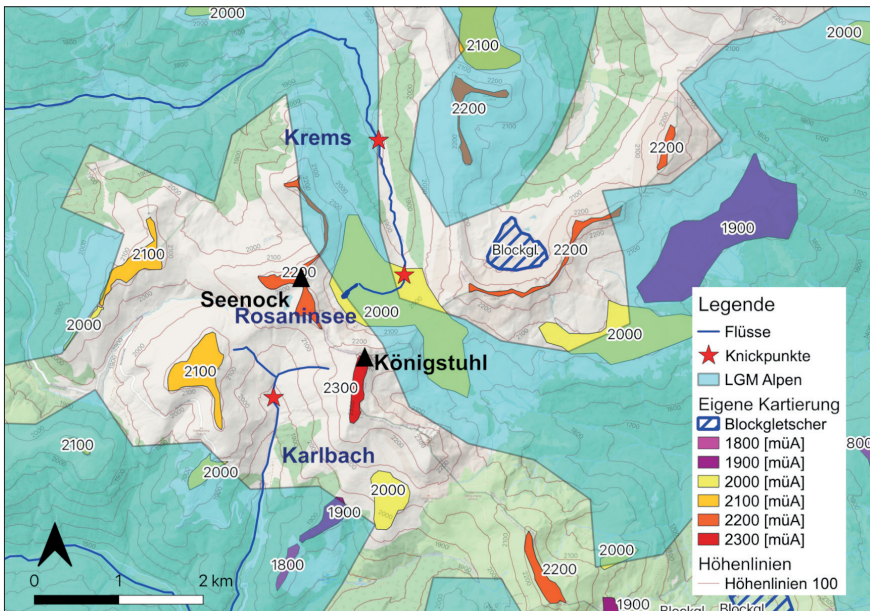
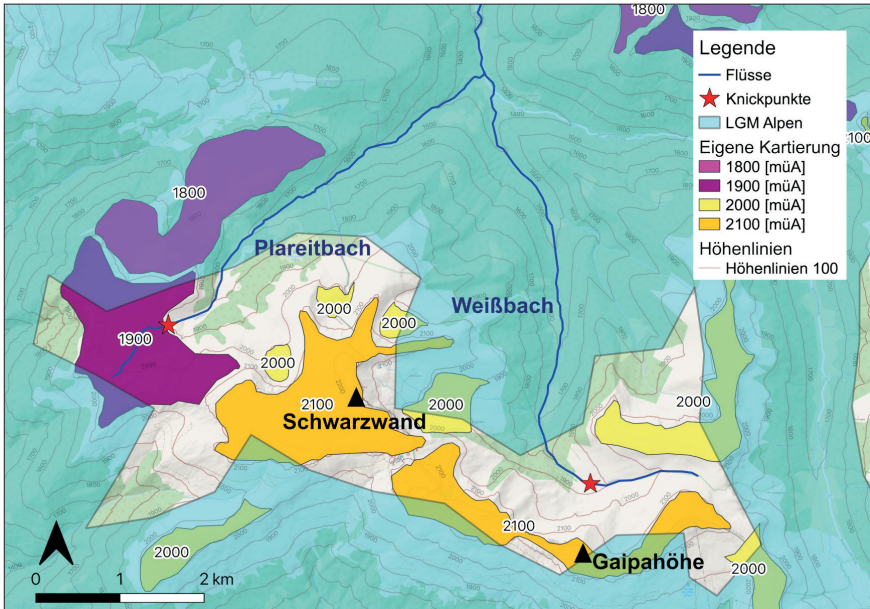


Abb. 5: Lage der Flüsse aus Abbildung 6 mit LGM Rand (EHLERS et al. 2011) in hellblau und den kartierten Flächen in den unterschiedlichen Farben. Die roten Sterne markieren die interpretierten Knickpunkte aus Abbildung 6. Bei der Wahl der Flüsse wurde auf eine möglichst geringe glaziale Überprägung sowie eine große Nähe zu den kartierten Flächen geachtet.

Fig. 5: Location of the streams for which a channel analysis is shown on Fig. 6 and the rim of the LGM (EHLERS et al. 2011) in light blue. The interpreted knickpoints are shown with the asterisks. These rivers were chosen for their limited glacial overprint and proximity to the mapped palaeo-surfaces.

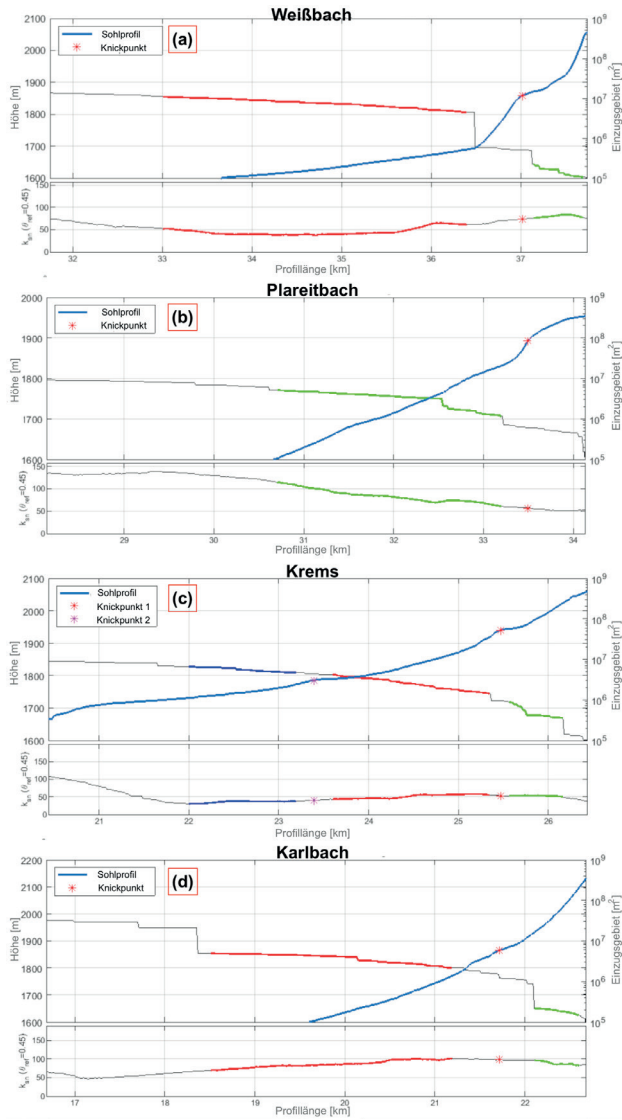


Abb. 6: Ergebnisse der Flussprofilanalysen der vier gewählten Flüsse: (a) Weißbach, (b) Plareitbach, (c) Krems, (d) Karlbach. Das jeweils obere Diagramm zeigt das Sohlprofil des Flusses (in blau), sowie die Änderung der Einzugsgebietsgröße (schwarze, teils eingefärbte Linie). Unter den Sohlprofilen befinden sich die k_{st} -Diagramme. Knickpunkte sind in den Diagrammen als Sterne ausgewiesen und sind fast ausschließlich um 1900 m dokumentiert. Die eingefärbten Segmente auf der Einzugsgebietskurve sind Flussteile, die sich im sohlmorphologischen Gleichgewicht befinden.

Fig. 6: Results of the channel analysis for the chosen four streams also shown on Fig. 5. (a) Weißbach, (b) Plareitbach, (c) Krems, (d) Karlbach. For each river, the upper diagram shows the channel profile of the stream (blue line) and the corresponding catchment size (thin black and partially colored line). The lower diagram shows the corresponding steepness index (k_{st}). Interpreted knickpoints are shown with the asterisk. Note that they lie almost exclusively at about 1900 m. The colored segments of the catchment curve correspond to segments that are interpreted as equilibrium segments of the river.

zu erkennen. Ab diesem geht der Fluss in einen eher mäßig äquilibrierten und glazial überprägten Unterlauf über.

Die Krems (Abb. 6c) entspringt nördlich des Königstuhles und bildet im weiteren Flusslauf eines der tiefen Täler der Nockberge bis sie schließlich in die Lieser mündet. Das Flussprofil zeigt mehrere unterschiedliche Segmente. Der erste Knickpunkt befindet sich wieder in einer Höhe knapp über 1900 m und tritt im Sohlprofil deutlich hervor. Rund zwei Kilometer flussabwärts ist ein zweiter, weniger eindeutiger, Knickpunkt in einer Höhe von 1780 m ausgebildet. Bei genauer Betrachtung erkennt man auch im Bereich des Ursprunges des Flusses einen Knick im Profil. Dieser ist aber auf die natürliche Aufstauung des Rosaninsee, welcher sich in einer Höhe von rund 2050 m befindet, zurückzuführen.

Der Karlbach (Abb. 6d) entwässert den westlichen Bereich des Königstuhles und ist ein Zubringer des Leobenbaches. Der obere Abschnitt seines Einzugsgebietes ist in Abbildung 4c zu erkennen. Das Sohlprofil zeigt einen Knickpunkt zwischen 1800 m und 1900 m. Der Knickpunkt ist aber eher unscharf ausgeprägt und im k_{syn} -Diagramm durch einen geringfügig erhöhten Wert in diesem Bereich zu erkennen.

4. Diskussion

Die zuvor präsentierten Ergebnisse sollen im Folgenden genauer kategorisiert und diskutiert werden. Außerdem werden die Ergebnisse mit älteren Kartierungsarbeiten in diesem Gebiet verglichen.

4.1. Einteilung der Flächen

Die kartierten und in Abbildung 3 dargestellten Flächen reichen von 1700 m bis 2400 m und sind auf acht Niveaus zu finden. Dies würde bedeuten, dass es acht Hebungsphasen mit dazwischenliegenden Ruheperioden gegeben haben könnte. Da aber im Gelände immer wieder bestimmte Vergesellschaftungen von Flächen beobachtet werden, ist es sinnvoll einzelne Niveaus zusammenzufassen. Eine mögliche Einteilung und Kategorisierung der Flächen könnte wie folgt aussehen: Die Gipfel des Königstuhles und des Eisenhutes mit einer Gipfflur von über 2300 m bilden das höchste und älteste Niveau der Nockberge. Dieses tritt aber nur in einem zentralen von West nach Ost streichenden Streifen auf. Die Gründe für dieses begrenzte Auftreten werden später noch genauer diskutiert. Nichtsdestotrotz stellt dieses das höchste Niveau dar und wird daher als Gipfelbereich bezeichnet (Tab. 1). Darunter folgen die 2200 m und 2100 m Flächen. Diese werden aufgrund ihrer nicht eindeutigen Trennung und meist auch fließenden Übergang als ein Niveau zusammengefasst. Die Erhebungen der Schwarzwand machen flächenmäßig einen großen Anteil dieses Niveaus aus. Es wird als erstes Hauptniveau bezeichnet, da es eine weitreichende Verbreitung im Arbeitsgebiet zeigt. Diesem untergeordnet, folgt das sogenannte zweite Hauptniveau. Dieses tritt ebenso im gesamten

Flächensystem	Höhe [müA]
Gipfelbereich	>2300
1. Hauptniveau	2200 - 2100
2. Hauptniveau	2000 - 1900
untergeordnete Flächen	1800 - 1700

Tab. 1: Zusammenfassung der Flächensysteme der Nockberge in vier unterscheidbare Gruppen.

Tab. 1: Summary of the palaeo-surfaces in the Nock Mountains into four major surface groups.

Gebiet auf und wird aus den Flächen auf 2000 m und 1900 m aufgebaut (Tab. 1). Die Trennung des ersten Hauptniveaus vom zweiten Hauptniveau ist eindeutiger und im Gelände besser zu erkennen als die Trennung der Flächen innerhalb der Hauptniveaus. Am besten zeigt sich dies am Beispiel der Schwarzwand. Hier greift das tiefere zweite Hauptniveau allseitig weit in das höhere erste Hauptniveau ein (Abb. 5). Getrennt sind diese durch steile Hänge, welche meist Spuren von ehemaligen Hangbewegungen aufweisen. Das tiefste Niveau wird von den Flächen in 1800 m und 1700 m gebildet (Tab. 1). Dieses tritt in den Nockbergen nur untergeordnet auf. Flächen in solch tiefen Lagen sind nur mehr in den Tälern zu finden, wo sie aufgrund der Erosionswirkung der Eismassen nur mehr schwer zu erkennen sind. Die wenigen kartierten Flächen in dieser Tiefe liegen alle innerhalb des letzten glazialen Maximums. Ihre Erhaltung ist dennoch gut, was auf eine geringe Überprägung in diesem Bereich hindeutet. Eine Ausnahme stellt der Ostrand der Nockberge dar. Dieser in Abbildung 3 zu erkennende eisfreie Bereich um die Hochrindel ist der Beginn der vom Gletscher unberührten Gurktal Oase. Dort sind die einzigen Flächen in einer Höhe von 1700 m zu erkennen. Sie liegen aber immer noch weit über dem höchsten Niveau der Gurktaler Alpen, welches auf 1500 m liegt (BARTOSCH & STÜWE 2019). Zusammenfassend gibt es in den Nockbergen vier unterscheidbare Niveaus.

4.2. Hebung

Die vier Niveaus aus Tabelle 1 können als Relikte von vier Hebungsphasen interpretiert werden. Berücksichtigt man die vier weiteren Niveaus in den tieferen Bereichen der Gurktaler Alpen (BARTOSCH & STÜWE 2019), so müsste man insgesamt acht Hebungsphasen interpretieren. Dies scheint jedoch unwahrscheinlich, da dies bedeuten würde, dass die in dieser Arbeit dokumentierten Niveaus in den Gurktaler Alpen bereits erodiert wurden. Es liegt daher näher anzunehmen, dass es aufgrund der domartigen Aufwölbung des Tauernfensters (WÖFLER et al. 2012) in den Randbereichen des Fensters zu einer verstärkten Hebung kam. Dies könnte dazu geführt haben, dass die näher am Tauernfenster liegenden Nockberge stärker gegenüber den Gurktaler Alpen gehoben wurden. Die begrenzte Erhaltung der 1700 m Fläche im östlichsten Bereich des Arbeitsgebietes könnte in diesem Kontext einen stufenartigen Übergang zu den tieferen Gurktaler Flächensystemen darstellen.

Die verstärkte Aufwölbung des Tauernfensters kann außerdem das West-Ost-streichende Auftreten des über 2300 m liegenden Niveaus in den Nockbergen erklären. Zu diesem zentralen Streifen können neben dem kartierten Königstuhl und dem Eisenhut auch noch die westlich des Königstuhls liegende Hohe Pressing (2370 m) gerechnet werden. Auch der Kilnprein mit einer Höhe von 2408 m und der Rinsenock mit 2334 m liegen innerhalb dieses schmalen Streifens. All diese Erhebungen liegen in der Fortsetzung der Aufwölbungsachse der Hohen Tauern. Einziger Ausreißer ist hier der 2440 m hohe Rosenock, welcher nach dem Eisenhut die zweithöchste Erhebung der Nockberge darstellt und weiter südlich liegt. Diese Verlängerung der Aufwölbungsachse wurde auch von NAGL (1967) erkannt. Laut ihm ist die Achse in den Hohen Tauern in den Erhebungen des Stubecks 2370 m, des Schobers 2967 m sowie dem Hafner 3076 m anzusetzen und bis in die Nockberge zu verfolgen (NAGL 1967). Es stellt sich jedoch die Frage, warum die Gipfelhöhen in diesem Streifen in Richtung Osten, also weg vom Tauernfenster, zunehmen oder gleichbleiben. Es wäre eher zu erwarten, dass die Höhen gegen Osten geringfügig abnehmen und stufenartig in die Gipfel der östlichen Gurktaler Alpen übergehen. Stattdessen kommt es zu einem abrupten Ende dieses erhöhten Bereiches im Eisenhut Gebiet.

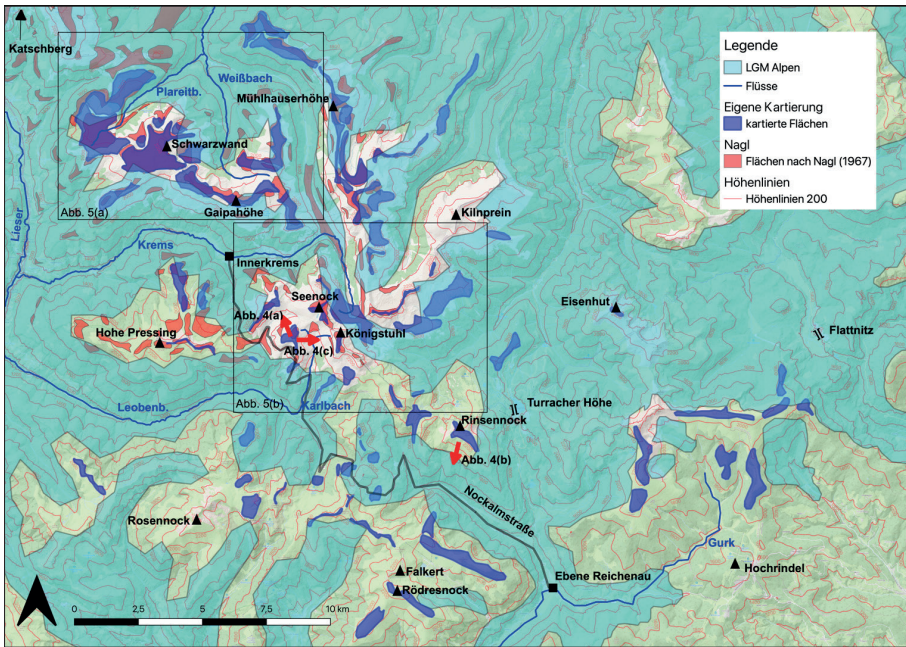


Abb. 7: Vergleich der kartierten Flächen (blau, aus Abb. 3) mit jenen von NAGL (1967) (rot, aus Abb. 2) inklusive LGM Ausdehnung (EHLERS et al. 2011). Die kartierten Flächen stimmen mit jenen von NAGL (1967) überein. Die beobachteten Höhen konnten bis weit in den Süden wiedergefunden werden.

Fig. 7: Comparison of the mapped palaeo-surfaces from Fig. 3 with those mapped by NAGL (1967) (from Fig. 2) and the LGM (EHLERS et al. 2011). Note that there is a good correspondence between our own mapping and earlier studies and that the extent of known surfaces was significantly extended to the south.

4.3. Flussprofile

Die in Abbildung 6 dargestellten Flussprofile zeigen in Relation zur Anzahl der kartierten Flächen deutlich weniger Knickpunkte. Die zu erkennenden Knickpunkte korrelieren nur bedingt mit den in Tabelle 1 dargestellten Flächensystemen.

Der Knickpunkt des Weißbaches (Abb. 6a) liegt zwischen dem zweiten Hauptniveau und dem Flächensystem der untergeordneten Flächen. Er kann keinem der beiden Flächensysteme eindeutig zugeordnet werden. Grund dafür könnte das Aufwärtswandern des Knickpunktes sein. Das Ausmaß dieser Bewegung ist dabei abhängig von der zur Verfügung stehenden Zeit und der im Fluss bewegten Wassermenge. Aus diesem Grund würde der Punkt eher dem tieferen Flächensystem zugeordnet werden.

Der Plareitbach (Abb. 6b) entwässert, wie Abbildung 5 verdeutlicht, die 1900 m Fläche. Dies zeigt sich auch im Flussprofil durch einen Knick in dieser Höhe. Der Unterlauf des Flusses ist jedoch aufgrund der glazialen Überprägung nicht gut equilibriert.

Mehr als einen Knickpunkt weist lediglich die Krems (Abb. 6c) auf. Der tiefere Punkt ist jedoch auf den Rand des glazialen Maximums zurückzuführen, wie Abbildung 5 verdeutlicht. Ab diesem Bereich wurde die Krems durch Erosion der glazialen Eismassen überprägt. Der höher liegende Knickpunkt liegt zwischen 1900 m und 2000 m und korreliert mit dem zweiten Hauptniveau.

Der Karlbach (Abb. 6d) weist ähnlich wie der Weißbach einen Knick zwischen 1800 m und 1900 m auf. Auch hier scheint die Zuordnung zum tieferen Flächensystem aufgrund des Wanderns des Knickpunktes sinnvoller.

Allgemein zeigt sich, dass nur Knickpunkte um 1900 m in den Flussprofilen dokumentiert sind. Tiefer liegende Punkte sind aufgrund der glazialen Überprägung nicht mehr erhalten. Die höchsten Flächen liegen fast ausschließlich oberhalb der Quellaustritte der Flüsse und sind daher nicht in den Profilen dokumentiert.

4.4. Vergleich der Flächen mit LGM

Im Nachfolgenden sollen die kartierten Flächen noch auf ihre Plausibilität in Bezug auf die Ausdehnung des glazialen Maximums überprüft werden. Die in Abbildung 3 kartierten Flächen korrelieren gut mit dem glazialen Maximum im Arbeitsgebiet. Einige Flächenränder sind sogar Deckungsgleich mit den Rändern des Eisrandes. Es zeigt sich auch eine starke Konzentration der Flächen in den unvergletscherten Bereichen. Nichtsdestotrotz finden sich auch immer wieder gut erhaltene Flächen, welche innerhalb des Eisschildes liegen. Besonders stark tritt dies nördlich der Mühlhauserhöhe auf. Die dortigen Flächen zeigen flächige Ausdehnung in fast allen dokumentierten Höhenlagen. Dennoch würde man einen besseren Erhaltungszustand erwarten, da die fast perfekt überlieferten und unvergletscherten Flächen der Schwarzwand im Westen direkt angrenzen. Die erosive Wirkung des Gletschers führte hier also lediglich zu einer Verringerung der Ausdehnung der Flächenreste und zu keiner vollständigen Abtragung.

Der zentrale Bereich der Nockberge wurde von den Eismassen weitestgehend verschont. Nur vereinzelt konnten im Gelände die Spuren ehemaliger Blockgletscher erkannt werden, welche heute die Ursprünge von diversen Bächen sind. Die Flächenreste in diesem Bereich zeigen eine deutlich schlechtere Erhaltung. Eine der wenigen Ausnahmen ist die relativ ausgedehnte 2000 m Fläche im Norden und Osten des Königstuhles. Durch Korrelation mit dem glazialen Maximum zeigt sich aber, dass diese Fläche durch die erosive Wirkung der Gletscherzunge zwischen dem Königstuhl und dem Mühlbacher Nock entstanden ist. Die anderen Flächen im zentralen Bereich sind flächig verbreitet und sind deutlich als Verebnungen im Gelände zu erkennen. Dennoch ist ungeklärt, warum dieser zentrale und eigentlich vom Eis besser verschonte Bereich eine solch geringe Erhaltungsqualität zeigt. Da im gesamten Gebiet die Flächen in den gleichen Höhen auftreten und auch keine großräumigen Störungssysteme den zentralen Bereich lokal heben, kann eine verstärkte Hebung des zentralen Blockes und der damit einhergehenden erhöhten Erosion ausgeschlossen werden.

Eine andere Möglichkeit zur Erklärung der schlechten Flächenerhaltung, welche realistischer scheint, könnten unterschiedliche Erosionsverhalten aufgrund von verschiedenen Lithologien sein. Im Bereich der Schwarzwand und der Mühlhauserhöhe sind laut der geologischen Karte von PISTOTNIK et al. (1989) Glimmerschiefer und Paragneise des Mittelostalpin ausgewiesen. Vereinzelt treten immer wieder Orthogneis-Linsen in diesen auf. Der zentrale und südöstliche Bereich hingegen zeigt eine deutlich vielfältigere Lithologie und befindet sich an der Grenze der Mittelostalpinen Einheiten zu den Oberostalpinen Einheiten. Die unterschiedlichen Lithologien beinhalten unter anderem die Karbonate des Stangalm-Mesozoikums (Mittelostalpin), das Königstuhl-Konglomerat (Oberostalpin) sowie eine schmale Phyllonit-Zone (PISTOTNIK et al. 1989). Der gesamte Süd- und Ostteil des Arbeitsgebietes ist aus Phylliten und Grünschiefern des Oberostalpin aufgebaut. Vereinzelt finden sich darin Karbonatgesteinszüge (PISTOTNIK et al. 1989). Der Erhaltungsgrad der Flächen korreliert also relativ gut mit der Änderung der Lithologie. Die nördlichen und westlichen Niveaureste, welche aus Paragneis und Glimmerschiefer aufgebaut sind, sind deutlich besser in den unterschiedlichen Höhen

erhalten. Hingegen sind die Flächen im Phyllit und Grünschiefer sowie im Bereich der Deckengrenze stärker zerlegt. Sie treten aber dennoch in allen Höhenlagen zum Vorschein.

4.5. Vergleich der Flächen mit Nagl (1967)

Abschließend sollen die kartierten Flächen mit jenen von NAGL (1967) verglichen werden. Die von ihm durchgeführte Kartierung erfolgte nur durch Geländearbeit. Die erstellte Karte ist den Möglichkeiten der damaligen Zeit entsprechend einfach gehalten. Dies erschwerte die Digitalisierung der Flächen. Eine detaillierte Ausarbeitung der Karte ist in Abbildung 2 bereits präsentiert worden. Abbildung 7 stellt die im Zuge dieser Arbeit dokumentierten Niveaureste (in Blau) jenen von NAGL (1967) (in Rot) gegenüber. Die von NAGL (1967) erkannten Flächen sind auch hier nur auf jene östlich der Lieser beschränkt.

Vergleicht man die beiden Kartierungsarbeiten so zeigt sich, dass die hier kartierten Flächen mit jenen von NAGL (1967) gut übereinstimmen. Leichte Unterschiede zeigen sich aber in den zugewiesenen Höhen. Diese Abweichungen sind in der Regel nur sehr gering und können dadurch erklärt werden, dass die Flächen nicht perfekt eben sind. Wie die Abbildung deutlich zeigt, sind die Flächen im Bereich der Schwarzwand und der Mühlhauserhöhe relativ deckend. Auffällig ist aber, dass NAGL (1967) auch deutlich tiefere Flächen in seine Kartierung miteinbezieht. Diese liegen meist deutlich innerhalb des Eispanzers und haben eine eher geringe Größe. In einzelnen Fällen repräsentieren diese Flächen sogar den rezenten Talboden, wie zwischen der Schwarzwand und der Mühlhauserhöhe zu erkennen ist. Ob diese, teilweise stark glazial überprägten Flächen tatsächlich Niveaureste darstellen, ist fraglich.

Eine Vielzahl von roten Flächen befindet sich auch im glazial überprägten Katschberg-Gebiet. Die dortigen Paläooberflächen befinden sich aber meist in tieferen Lagen. Die nennenswerteste Fläche in diesem Bereich befindet sich am Gipfel des Aineck (2210 m) und repräsentiert dasselbe Flächensystem zu dem auch die Schwarzwand gehört (NAGL 1967). Betrachtet man Abbildung 7 so erkennt man, dass die kartierten Flächen von NAGL im Bereich des Königstuhles und der Hohen Pressing enden. Es konnte aber im Zuge dieser Arbeit gezeigt werden, dass die nördlichen Niveaus bis weit in den Süden und Osten verfolgbar sind. Die Erhaltung beschränkt sich dort jedoch eher auf die eisfreien Bereiche.

5. Schlussfolgerung

Die Kartierung sowie die Analyse von Flussprofilen in den Nockbergen brachten eine Vielzahl geomorphologischer Relikte zum Vorschein. Zusammenfassend können folgende Schlussfolgerungen getroffen werden:

- In Summe wurden acht Niveaus von Paläooberflächen zwischen 1700 m und 2400 m gefunden. Diese können in vier Flächensysteme zusammengefasst werden: Das höchste Flächensystem beinhaltet Flächen über 2300 m und wird als „Gipfelbereich“ bezeichnet. Darunter folgt das „erste Hauptniveau“, welches Flächen zwischen 2200 m und 2100 m beinhaltet. Die Paläooberflächen zwischen 2000 m und 1900 m werden dem „zweiten Hauptniveau“ zugeordnet. Die tiefsten im Arbeitsgebiet kartierten Flächen liegen zwischen 1800 m und 1700 m und werden als „untergeordnete Flächen“ bezeichnet. All diese Flächensysteme liegen höher als die bekannten Niveaus der östlichen Gurktaler Alpen.
- Das ausschließliche Auftreten der 1700 m Reliktfläche im östlichen Teil des Nock-

gebietes, kann als stufenartiger Übergang zu den niedrigeren Flächen der Gurktaler Alpen interpretiert werden.

- Die Erhaltungsqualität der Flächen nimmt von Norden nach Süden ab und korreliert mit der Änderung der Lithologie im Arbeitsgebiet.
- Im zentralen Bereich der Nockberge ist ein West nach Ost verlaufender Streifen der höchsten Gipfel zu erkennen. Dieser Streifen liegt in der Verlängerung der Aufwölbungsachse der Hohen Tauern und könnte so stärker gehoben worden sein.
- Die Analysen der Flussprofile haben gezeigt, dass nur wenige Flüsse Knickpunkte zeigen. Diese treten ausschließlich in Höhen um 1900 m in den Flussprofilen auf. Tiefere Knickpunkte sind aufgrund der glazialen Überprägung nicht erhalten.
- Die in dieser Arbeit kartierten Flächen korrelieren gut mit jenen aus der älteren Literatur (NAGL 1967). Es konnte außerdem gezeigt werden, dass die kartierten Flächen weiter in den Süden und Osten des Nockgebietes verfolgt werden können.

Dank

Wir danken Thorsten Bartosch für das Zurverfügungstellen seines MATLAB Add-Ons für die TopoToolBox, Michael Hemetsberger für die fachlichen Diskussionen und seine MATLAB-Kenntnisse und Pia Moser für die Unterstützung bei der Geländearbeit. Thorsten Bartosch wird außerdem für ein fachliches Gutachten gedankt.

Literatur

- BARTOSCH T. 2018: Morphological Evolution of the Gurktaler Alps. – Master Thesis an der Universität Graz Earth Science, 139 pp.
- BARTOSCH T. & STÜWE K. 2019: Evidence for pre-Pleistocene landforms in the Eastern Alps: Geomorphological constraints from the Gurktal Alps. – *Austrian Journal of Earth Sciences* 112/2: 84–102.
- Cooperation OGD Österreich 2015: Digitales 10m – Geländemodell aus Airborne Laserscan Daten. – https://gis.ktn.gv.at/OGD/Geographie_Planung/ogd-10m-at.zip
- EHLERS J., GIBBARD P. L. & HUGHES P. D. 2011: Quaternary Glaciations – Extent and Chronology – a closer look. – Elsevier, 1126 pp.
- EXNER C. 1949: Beitrag zur Kenntnis der jungen Hebung der östlichen Hohen Tauern. – *Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft Wien* 91: 186–196.
- FLINT J. J. 1974: Stream gradient as a function of order, magnitude, and discharge. – *Water Resources Research* 10/5: 969–973.
- GRUNDMANN G., MORTEANI G. 1985: The young uplift and thermal history of the Central Eastern Alps (Austria/Italy), evidence from apatite fission track ages. – *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 128: 197–216.
- HACK J. 1957: Studies of longitudinal profiles in Virginia und Maryland. – U.S. Geological Survey Professional Paper 294-B.
- HEJL E. 1997: ‘Cold spots’ during the Cenozoic evolution of the Eastern Alps: Thermochronological interpretation of apatite fission-track data. – *Tectonophysics* 272: 159–173.
- HERGARTEN S., ROBL J., & STÜWE K. 2016: Tectonic geomorphology at small catchment sizes – extensions of the stream-power approach and the chi method. – *Earth Surface Dynamics* 4: 1–9.
- VAN HUSEN D. 1987: Die Ostalpen in den Eiszeiten. – *Geologische Bundesanstalt Wien*, 24 pp.
- LEGRAIN N., STÜWE K. & WÖLFER A. 2014: Incised relict landscapes in the eastern Alps. – *Geomorphology* 221: 124–138.

- LONTSCHAR K. & STÜWE K. 2020: Paleolandscapes of the Southern Saualpe. – Mitteilung des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 150: 127–144.
- NAGL H. 1967: Geomorphologie der Region um den Katschberg und der benachbarten Gebirgsgruppen. – Geografischer Jahresbericht Österreich 31: 133–168.
- NEUBAUER F. & PISTOTNIK J. 1984: Das Altpaläozoikum und Unterkarbon des Gurktaler Deckensystems (Ostalpen) und ihre paläogeographischen Beziehungen. – Geologische Rundschau 73: 149–174.
- PISTOTNIK J., UCIK F.H. & KRAINER K. 1989: Zur Geologie des Nockgebietes. – Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten: Nationalpark Nockberge: 9–27.
- SCHMID S.M., FÜGENSCHUH B., KISSLING E. & SCHUSTER R. 2004: Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen. *Eclogae Geologicae Helveticae* 97: 93–117.
- SCHUSTER R. 2015: Zur Geologie der Ostalpen. – Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 64: 143–165.
- SCHWANGHART W. & SCHERLER D. 2014: TopoToolbox 2 -MATLAB-based software for topographic analysis and modelling in Earth surface sciences. – *Earth Surface Dynamica* 2: 1–7.
- SPREITZER H. 1951: Über die Entstehung der Großformen in den Hohen Gurktaler Alpen. – *Carinthia II* 141/61: 65–77.
- TOLLMAN A. 1977: Geologie von Österreich. Band I: Die Zentralalpen. – Franz Deuticke, Wien, 766 pp.
- WAGNER T., FABEL D., FIEBIG M., HÄUSELMANN P., SAHY D., XU S. & STÜWE K. 2010: Young uplift in the non-glaciated parts of the Eastern Alps. – *Earth and Planetary Science Letters* 295: 159–169.
- WAGNER T., FRITZ H., STÜWE K., NESTROY O., RODNIGHT H., HELLSTROM J. & BENISCHKE R. 2011: Correlations of cave levels, stream terraces and planation surfaces along the river Mur-Timing of landscape evolution along the eastern margin of the Alps. – *Geomorphology* 134/1–2: 62–78.
- WINKLER-HERMADEN A. 1957: Geologisches Kräftespiel und Landformung. – Springer-Verlag, Wien, 822 pp.
- WOBUS C., WHIPPLE K.X., KIRBY E., SNYDER N., JOHNSON J., SPYROPOLOU K., CROSBY B. & SHEEHAN D. 2006: Tectonics from topography: Procedures, promise, and pitfalls. – *Special Paper of the Geological Society of America* 398: 55–74.
- WÖLFLE A., KURZ W., FRITZ H. & STÜWE K. 2011: Lateral extrusion in the Eastern Alps revisited: Refining the model by thermochronological, sedimentary, and seismic data. – *Tectonics* 30/4: 1–15.
- WÖLFLE A., STÜWE K., DANISIK M. & EVANS N.J. 2012: Low temperature thermochronology in the Eastern Alps: Implications for structural and topographic evolution. – *Tectonophysics* 541–543: 1–18.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 2021

Band/Volume: [151](#)

Autor(en)/Author(s): Masten Martin, Stüwe Kurt

Artikel/Article: [Die Paläooberflächen in den Nockbergen 79-97](#)