

**BAU-, VERKEHRS- UND  
ENERGIEDIREKTION  
des Kantons Bern**  
Amt für Wasser und Abfall

Reiterstrasse 11  
3011 Bern

Telefon 031 633 38 11  
Telefax 031 633 38 50

## **Felsreliefkarte des Kantons Bern Dokumentation**



|                    |   |                      |
|--------------------|---|----------------------|
| Bearbeitungs-Datum | : | 25.06.2018           |
| Version            | : | 3                    |
| Dokument-Nummer    | : | DOCP 480'653         |
| Dokument-Status    | : | öffentlich           |
| Klassifizierung    | : |                      |
| Autor              | : | Christian Isenschmid |
|                    | : |                      |

## Inhalt

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | Themenebenen .....  | 3 |
| 2 | Kartenansichten.....  | 3 |
| 3 | Datengrundlagen .....                                       | 3 |
| 4 | Methodik.....   | 3 |
| 5 | Fehlergrenzen .....   | 4 |
| 6 | Zur Entstehung des Felsreliefs und seiner Darstellung ..... | 5 |
| 7 | Literaturhinweise .....                                     | 6 |

## Verdankungen

Die Felsreliefkarte wurde aus Daten der hydrogeologischen Dokumentationsstelle des Kantons Bern vom Institut für Geologie der Universität Bern mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds erstellt. Die abschliessende Redaktion lag bei Dr. Regina Reber. Die Kartografie der Schweizerischen Landesgeologie hat mit ergänzenden Unterlagen ausgeholfen. Die Fertigstellung hat die Gebäudeversicherung des Kantons Bern, Privatversicherungen, mit einem grosszügigen Sponsorenbetrag ermöglicht. Wir danken diesen Institutionen für ihre Unterstützung.

### 1 Themenebenen

Felsrelief als Rasterdatensatz (10x10 m), geschummert  
Molassestratigraphie  
Lockergesteinsmächtigkeit als Rasterdatensatz (10x10 m), klassiert  
Isohypsen der Felsoberfläche (Abstand 10 m)  
verwendete Sondierungen  
Arteser aus Felsgrundwasser  
Erdgasanzeiger  
vermutete Bruchzonen (nur Molassebecken)

### 2 Kartenansichten

- *Felsoberfläche* mit Reliefschummerung und stratigraphischen Einheiten der mittelländischen Molasse  
- *Felsoberfläche* mit Reliefschummerung und Lockergesteinsmächtigkeiten in zehn Klassen  
- *Baugrundklassen gruppiert*: Lockergesteinsmächtigkeiten in drei Klassen (0-5 m, 5 - 20 m, >20 m)  
Die Karte ist im Mittelland und Jura flächendeckend. Im alpinen Gebiet werden nur die grossen Alpentäler dargestellt.

### 3 Datengrundlagen

Bei der Bau- Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern führt die hydrogeologische Dokumentationsstelle die Datenbank SousSol. Sie enthält rund 45'000 Bohrungen, 12'000 davon machen Angaben zur Felsoberkante. Sie stammen aus Berichten für hydrogeologische Abklärungen, Baugrunduntersuchungen, Altlastenuntersuchungen, Wärmenutzungen u.a.m. Namentlich die starke Zunahme der Erdsondenbohrungen seit Mitte der 1990er Jahre hatte die Datengrundlage so weit vergrössert, dass in einem Pilotversuch im Rahmen von Masterarbeiten am Institut für Geologie der Universität Bern Felsreliefkarten für die Landeskartenblätter Bern und Worb erstellt werden konnten. Es folgte eine Zusammenstellung für das ganze schweizerische Mittelland. Davon erhielten wir für unsere Datenlieferung den Ausschnitt des Kantons Bern als Rasterdatensatz mit Zellgrössen 25x25 m und 5x5x m (Bern und Worb) zurück. Wir haben ihn anschliessend auf eine einheitliche Basis von 10x10 m umgemodelt.

### 4 Methodik

In geologischen Karten sind Felsaufschlüsse und „Fels unter geringer Bedeckung“ ausgewiesen. Für diese Gebiete wurden die Isohypsen der Geländeoberfläche als Isohypsen der Felsoberfläche angenommen. Im restlichen Gebiet, wo die Felsoberfläche

durch Lockergesteinsablagerungen der jüngeren Erdgeschichte überdeckt ist, wurden primär die Felskoten aus unserer Datenbank SousSol und sekundär die Endteufen von Bohrungen ohne Felskoten zur Ermittlung der Felsoberfläche herangezogen. Zwischen diesen Punktinformationen wurden die Konturen der Felsoberfläche durch passende Einschichtung von Felsisohypsen vervollständigt.

Es hatte sich im Rahmen der Masterarbeiten gezeigt, dass die händische Interpretation überzeugendere Darstellungen liefert als automatisierte Interpolationsverfahren für Punktwolken. Ein standardisiertes ESRI-Werkzeug wird hingegen beim darauffolgenden Arbeitsschritt eingesetzt: mit „Topo-to-Raster“ wird aus dem Linienmuster der Felsisohypsen das Raster der Felsoberfläche erzeugt. Schliesslich liefert die Differenzrechnung „Kote des digitalen Höhenmodells minus Kote Felsoberfläche“ für jede Rasterzelle noch den zugehörigen Wert der Lockergesteinsmächtigkeit.

## 5 Fehlergrenzen

Die Bemerkungen zu den Fehlergrenzen der Lockergesteinsmächtigkeit gelten sinngemäss auch für die Felskoten, weil sie durch eine Rechenoperation verknüpft sind (siehe vorangehenden Abschnitt).

Die Felsreliefkarte gibt die Lockergesteinsmächtigkeiten dort am zuverlässigsten an, wo die Aufschlussdichte mit erbohrten Felskoten am grössten und die Lockergesteinsdecke nur geringmächtig ist. Aber selbst dort ist die Prognose wegen der zugrunde liegenden 10 mal 10 Meter grossen Rasterzellen, die mit einer rechnerischen Interpolation aus den Felsisohypsen mit 10 m Abstand gewonnen wurden, mit einer Unsicherheit von  $\pm$  einigen Metern behaftet.

Der Betrachter ist deshalb aufgefordert, anhand der Projektion der verfügbaren Punktinformationen die Zuverlässigkeit selber abzuschätzen.

Die wichtigsten Hindernisse, die einer genauen Prognose im Wege stehen, sind:

- Das Zeichnen von Felsisohypsen auf Grund einiger Punktinformationen lässt viel Gestaltungsfreiheit offen (– wohingegen in der Natur nur eine Lösung richtig ist).
- Tiefgründig verwitterte Felsoberflächen erschweren die Grenzziehung Lockergestein/Fels.
- Bei destruktiven Bohrungen, wie sie bei Erdwärmesonden-Bohrungen Standard sind, kann das lithologische Profil nur aus Gesteinstrümmern in der Bohrspülung und aus Angaben der Bohrequipe ermittelt werden. Grenzziehungen sind unter solchen Umständen schwierig.
- Ungenaue Standortkoordinaten oder Terrainkoten sind bei Bohrungen vor 1970 verbreitet.
- Eng gescharte Felsisohypsen in steilem Relief können die Interpolationswerte für die Rasterzellen ungünstig beeinflussen.
- Falsche oder fehlende Datenbankeinträge in SousSol verzerren das Felsrelief. Das allerdings ergibt eine willkommene positive Rückkopplung: Die Visualisierung der Datenbankeinträge macht die Felsreliefkarte zu einem Instrument der Qualitätssicherung.
- Bei Massenumlagerungen wie Hangkriechen, Sackungen und Bergstürzen ist die Grenzziehung Lockergestein/anstehender Fels besonders unsicher. Wir haben in diesen Fällen auf die Abgrenzung der Sackungen vom festen Fels verzichtet und oberflächennahe Felskoten angenommen.

## 6 Zur Entstehung des Felsreliefs und seiner Darstellung

Das Interesse am weitgehend verborgenen Felsrelief des Alpenvorlandes ist durch vereinzelte Bohrungen mit unerwartet tiefen Felskoten geweckt worden<sup>1</sup>. Zwischen diesen isolierten Schlaglichtern liessen seismische Erkundungen in den Alpenrandseen und in deren Fortsetzungen in den mittelländischen Talsenken schemenhaft das Bild einer Abfolge von Becken und Schwellen erkennen. Jede neue Erkundungs- und Datierungsmethode brachte etwas mehr Licht ins Dunkel der alten Erosionsrinnen, zeigte aber auch, dass sie eine komplexe, mehrphasige Entstehungsgeschichte durchlaufen haben. Von Anfang an hatte die Forschung der Gletschererosion die tiefsten Spuren im Felsuntergrund zugeschrieben und erkannt, dass sie generell auf den Achsen der beiden Hauptgletscher aufgereiht sind, die sich heute in die bescheidenen Reste im Quellgebiet von Aare und Rhone zurückgezogen haben. Während den grossen Vereisungen jedoch stiessen ihre Eismassen im Raum Bern zusammen und hinterliessen dort einen besonders vielfältigen Formenschatz im Felsrelief. Trotz des Privilegs der grossen Bohrdichte in diesem Gebiet gestaltet es sich schwierig, die Zusammenhänge zu verfolgen und nachzuzeichnen, weil die glaziale Erosion im Unterschied zu fluviatilen Erosionsrinnen keinen kontinuierlich abfallenden Talweg sondern Becken und Schwellen ausbildet.

Die jüngsten Abschnitte der Erdgeschichte, die Gletschervorstösse und die zwischeneiszeitlichen Warmzeiten mit ihren Schmelzwasserströmen, waren demnach prägend für das Felsrelief. Damit sich überhaupt Gletscher ausbreiten konnten, brauchte es ein Gebirge, das sich der atmosphärischen Zirkulation entgegenstellte und die Niederschläge abfangen und als Schnee und Eis speichern konnte. Die Kräfte, die aus dem Untergrund heraus die Alpen entstehen liessen, sind für die Ausformung der Erdoberfläche nicht minder wichtig als die oberflächlich angreifende Verwitterung und Erosion.

Um die Rolle der tektonischen Deformationen des Untergrundes sichtbar zu machen, haben wir im Juni 2018 die Felsreliefkarte mit der neuen Datenebene Molassestratigraphie ergänzt und die stratigraphischen Einheiten, welche im bernischen Mittelland die Felsoberfläche bilden, mit farbigen Polygonen differenziert. Wir konnten uns dabei die Vorleistung des Projektes GeoMol zu Nutze machen. Der Name nimmt Bezug auf das Molassebecken, die alpine Vorlandsenke. Das internationale Projekt der Alpenländer von Frankreich bis Slowenien hat die stratigraphischen Formationen des Molassebeckens nach einheitlichen Kriterien beschrieben und als dreidimensionalen Schichtstapel anschaulich gemacht. Im bernischen Ausschnitt des Molassebeckens, der von der randalpinen Überschiebungsfront bis zum Jurasüdfuss reicht, werden vom Felsrelief drei übereinanderliegende Schichten angeschnitten: Von unten nach oben (von älter zu jünger) sind das die Untere Süsswassermolasse (USM), die Obere Meeresmolasse (OMM) und die Obere Süsswassermolasse (OSM). Ursprünglich hat dieser Schichtstapel das ganze Molassebecken erfüllt, bevor er in einer späten Phase der alpinen Gebirgsbildung gehoben und alpenwärts gekippt wurde. Durch die Schiefstellung wurden die jüngsten Ablagerungen der Oberen Süsswassermolasse (OSM) weitgehend erodiert und haben sich als ausgedehntere Vorkommen nur im Emmental erhalten. Auch die Obere Meeresmolasse (OMM) ist in weiten Teilen der Erosion zum Opfer gefallen und erst südlich einer Linie Thörishaus - Bern - Burgdorf - Melchnau flächendeckend erhalten geblieben. Dass der Erosionsrand der OMM (die Schichtgrenze USM/OMM) diagonal durch das Mittelland und namentlich durch die Region Bern verläuft, ist ein Glücksfall für die regionale Geologie. Dieser Leithorizont markiert die letzte Meeresüberflutung unserer Gegend vor rund 20 Mio

---

<sup>1</sup> z.B. Bohrungen Nr. 600/198.84, 607/193.30, 590/216.31, 610/221.1, 594/205.2, 598/199.152

Jahren und ist als markanter Wechsel im Ablagerungsmilieu auch in den eher schematischen Erdsondenprofilen noch auszumachen.

Der Verlauf der Grenze USM/OMM veranlasste uns schliesslich, noch eine weitere Themenebene in die Felsreliefkarte einzuführen: Mit vermuteten Bruchzonen können anormale Schichtkontakte und markante lineare Depressionen in der Felsoberfläche markiert werden. Die vermuteten Bruchzonen und die Lagerungsverhältnisse der Molasseschichten geben somit Hinweise auf das tektonische Stressfeld im alpinen Vorland.

## 7 Literaturhinweise

- Ergebnisse reflexionsseismischer Untersuchungen im Thunersee. A. MATTER, A.E. SÜSSTRUNK, K. HINZ, M. STURM (1971). *Eclogae geol. Helv.* 64/3
- Reflexionsseismische Untersuchungen im Brienersee. A. MATTER, D. DESSOLIN, M. STURM, A.E. SÜSSTRUNK (1973). *Eclogae geol. Helv.* 66/1
- Übertiefte Talabschnitte im Berner Mittelland zwischen Alpen und Jura. CH. SCHLÜCHTER (1976). *Eiszeitalter und Gegenwart* 29
- Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. M. WELTEN (1982). *Beitr. geol. Karte der Schweiz N.F.* 156
- Neue pollenanalytische Ergebnisse über das Jüngere Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz (Mittel- und Jungpleistozän). M. WELTEN (1988). *Beitr. geol. Karte der Schweiz N.F.* 162
- Carte des isohypses de la base des sédiments du Quaternaire en Suisse occidentale, avec quelques commentaires. A. PUGIN (1988). *Landeshydrologie und -geologie, Geologische Berichte Nr. 3*
- Eiszeitliche Trogbildungen im Raum Bern. U. GRUNER (1993). *Mitteilungen naturforschende Gesellschaft Bern N.F.* 50
- Modellierung der Felsoberfläche in der Region Bern (Kartenblatt 1166 Bern, 1:25'000). M. DÜRST (2009). Unpublizierte Masterarbeit, Institut für Geologie der Universität Bern
- Modellierung der Felsoberfläche in der Region Bern (Kartenblatt 1167 Worb, 1:25'000). R. REBER (2009). Unpublizierte Masterarbeit, Institut für Geologie der Universität Bern
- Subglacial tunnel valleys in the Alpine foreland: an example from Bern, Switzerland. M. DÜRST STUCKI, R. REBER, F. SCHLUNEGGER (2010) *Swiss Journal of Geosciences* 103
- Glazial übertiefte Talabschnitte zwischen Solothurn und Aargau. CH. GNÄGI (2011) *Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft des Kantons Solothurn* 41
- Die USM/OMM-Grenze im Raum Bern. D. ERNST (2012). Unpublizierte Masterarbeit, Institut für Geologie der Universität Bern
- Erdbeben: Karten der Baugrundklassen. Erstellung und Verwendung (2016) BAFU Umwelt-Wissen
- GeoMol: Geologisches 3D-Modell des Schweizer Molassebeckens - Schlussbericht. (2017) *Berichte der Landesgeologie* 10