Zeitschrift: Traverse : Zeitschrift für Geschichte = Revue d'histoire

Herausgeber: [s.n.]

Band: 27 (2020)

Heft: 2: Unter Grund : eine vertikale Verflechtungsgeschichte = Sous le sol : une histoire d'interdépendances verticales

Artikel: Untergrund an der Oberfläche : die geologische Kartierung der Schweiz, 1860-1887

Autor: Frey, Felix

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-881096

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Untergrund an der Oberfläche

Die geologische Kartierung der Schweiz, 1860–1887

Felix Frey

Zwischen 1860 und 1894 wanderten Geologen mit einem besonderen Auftrag durch die Schweizer Alpen, das Mittelland und den Jura. Sie notierten, wo welches Gestein an der Oberfläche sichtbar war, zeichneten Panoramen und erstellten Profile. Unter der Leitung der Geologischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG) wollten sie ein «anschauliches Bild von dem Felsengebäude Helvetiens» erstellen.[1] Bis 1887 entstanden im Zuge dieser Bemühungen die 21 Blätter der *Geologischen Karte der Schweiz* im Massstab 1:100 000. Als sogenannte abgedeckte geologische Karte erfasste sie die oberste Schicht des Festgesteins in flächiger Kolorierung. Eine 1894 fertiggestellte Reihe von 27 detaillierten Studien zu den einzelnen Blättern – die *Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz* – entfaltete das in dem farbenreichen Kartenwerk komprimierte Wissen über den Untergrund.[2]

Die Herstellung der *Geologischen Karte der Schweiz* war ein wissenschaftliches Projekt, das sich über mehrere Jahrzehnte hinzog. Insgesamt 30 schweizerische und ausländische Forscher[3] – ausschliesslich Männer – zeichneten als Autoren für die Karten und «Beiträge». Von ungenannten Begleiterinnen und Begleitern im Feld ist jedoch auszugehen.[4] Im Folgenden wird die Entstehung des Kartenwerks von seiner Legitimierung über die Arbeit im Gelände bis hin zum Kartierungsprozess verfolgt. Dabei war das Verhältnis von Untergrund und Oberfläche ein steter Reibungspunkt. Die *Geologische Karte der Schweiz* war zwar ein technisches Produkt, das Wissen über den Untergrund vermittelte – Erd- und Kartenoberfläche prägten, formatierten und beschränkten aber die Aktionsräume der Geologen. Mit dieser Annahme orientiert sich die Untersuchung am Angebots- und Aufforderungskonzept James J. Gibsons (*affordance*). Es besagt, dass unbelebte Objekte das menschliche Wirken massgeblich mitbeeinflussen, indem sie Handlungsmöglichkeiten anbieten, zu bestimmten Handlungen auffordern oder aber solche verunmöglichen.[5]

Die Kartierung des unmittelbaren Untergrunds der Schweiz ist ein kaum erforschtes Phänomen. Die bestehenden historischen Studien befassen sich primär mit den Resultaten der geologischen Forschung in der Form neuer Wissensbestände, Forschungsparadigmata und fertiger Kartenwerke.[6] In diesem Beitrag

liegt der Fokus hingegen auf den Produktions- und Ordnungsprozessen geologischen Wissens. Die Quellenbasis hierfür bilden Archivdokumente der Geologischen Kommission und der Bundesverwaltung sowie zeitgenössische wissenschaftliche Publikationen.

Der Imperativ der topografischen Karte

Als der Bundesrat am 16. Juli 1859 erstmals eine finanzielle Förderung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft vorschlug, hatte sich die nichtstaatliche Institution bereits seit Jahren um Subventionen bemüht. «[T]roz ihrer hohen Verdienste und ihrer geringen finanziellen Hilfsmittel» habe die SNG bislang keine staatlichen Zuschüsse erhalten, notierte der Bundesrat in einem Bericht an die Bundesversammlung. Dies sollte sich nun ändern: Der Bundesrat wünschte, «zur Unterstüzung und Förderung der [...] Bestrebungen dieser Gesellschaft wenigstens Etwas beitragen zu können».[7] Dieses «Etwas» bemass die Schweizer Regierung zunächst auf 3000 Franken jährlich. Am 11. Oktober 1859 erfuhr die SNG schliesslich, dass die Bundesversammlung die Gelder bewilligt hatte.[8]

Entgegen wiederholten Behauptungen in der historischen Forschungsliteratur waren die 3000 Franken nicht explizit «für die Erstellung einer geologischen Karte der Schweiz» bestimmt.[9] Im Gegenteil: Die Naturforschende Gesellschaft durfte selbst über den Verwendungszweck der Summe entscheiden. Im August 1859 beschlossen die in Genf versammelten Mitglieder der SNG, die Gelder für ein «neues, die Landeskenntnisse förderndes Werk an Hand zu nehmen» und in den Dienst einer «in grösserem Massstabe auszuführende[n] geologische[n] Karte der Schweiz» zu stellen.[10] Neben wissenschaftlicher Neugier war es wohl auch die hohe Anschlussfähigkeit geologischer Forschung an staatliche Interessen, die zu dieser Entscheidung führte: Zum einen befand sich der junge Bundesstaat in einem Rückstand gegenüber den stark vom Bergbau profitierenden Staatswesen wie Grossbritannien, Frankreich, Belgien oder Sachsen.[11] In teilweise deutlich grösseren Massstäben als das spätere Schweizer Vorhaben hatten sie bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts geologische Kartierungsprojekte in Angriff genommen.[12] Zum anderen versprach die Relevanz geologischen Wissens für grosse Bauprojekte eine langfristig stabile Unterstützung der SNG durch die Eidgenossenschaft. Um den Ausbau der Schweizer Infrastruktur und insbesondere den Tunnelbau voranzutreiben, musste der Untergrund immer genauer erforscht werden.[13]

Der Bundesrat hiess die Entscheidung der SNG, die Staatsgelder für ein geologisches Kartenwerk zu verwenden, am 29. Februar 1860 gut. Im Anschluss daran

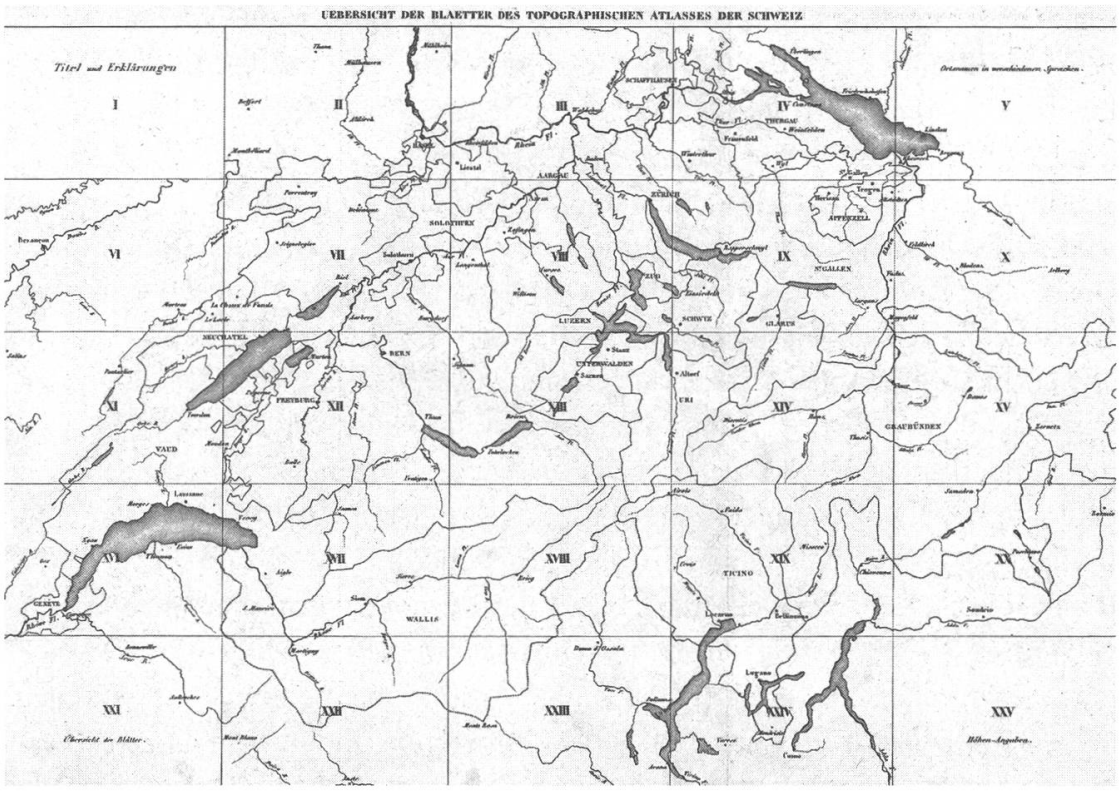

Abb. 1: *Blattschnitt der Dufourkarte: 21 Blätter im Massstab 1:100000 gaben die Topografie eines je 70 auf 48 Kilometer grossen Gebietes wieder. Die Geologische Karte der Schweiz und die Arbeitsaufteilung der beteiligten Forscher folgten demselben Raster. (Eidgenössisches Topographisches Bureau [Hg.], Fort de l'Ecluse, Sallanches [Topographische Karte der Schweiz, Blatt XXII, Ausschnitt], Genf 1848. Abbildung: © Kartensammlung swisstopo)*

gründete die SNG die fünfköpfige Geologische Kommission. Mit Alphonse Favre (Genf), Arnold Escher von der Linth (Zürich), Peter Merian (Basel), Édouard Desor (Neuenburg) und Bernhard Studer (Bern) versammelte sie nicht nur die prominentesten Geologen der Schweiz. Die fünf Akademiker konzentrierten auch ein hohes Mass an universitärer Macht.[14] Indem sie die Grenzen der jeweiligen Universitäten mit einer übergreifenden Kommission sprengten, machten die Geologen einen entscheidenden Schritt in Richtung einer landesweiten Institutionalisierung ihrer Disziplin. Die *Geologische Karte der Schweiz* war dabei weitaus mehr als ein erstes Vorhaben der neugegründeten Einrichtung: Sie war Gründungszweck und Katalysator ihrer Arbeit und stellte als für fast dreissig Jahre einziges Projekt der Kommission deren eigentliche *raison d'être* dar.

Obwohl der staatliche Zuschuss von 1859 an keinen festen Zweck gebunden war, sahen die Vertreter der Naturforschenden Gesellschaft hinsichtlich der Geologi-

schen Karte Legitimationsbedarf. Der Präsident der Geologischen Kommission, Bernhard Studer, richtete 1860 umfangreiche Schreiben an den Bundesrat des Innern, Giovanni Battista Pioda, um insbesondere den Zeitpunkt des Kartenprojekts zu rechtfertigen. Warum sollte die SNG genau ab 1860 dieses Grossprojekt in Angriff nehmen? Als Hauptargument Studers diente der Verweis auf die baldige Fertigstellung der *Topographischen Karte der Schweiz* (Dufourkarte). Deren 25 Blätter erschienen zwischen 1845 und 1865: 21 Blätter waren topografische Karten im Massstab 1:100 000, vier Eckblätter ohne Kartencharakter ergänzten sie.[15] Bernhard Studer konstruierte eine Kausalität zwischen topografischer und geologischer Karte, die einer Zwangsläufigkeit nahekam: Er argumentierte, dass die Existenz einer genauen topografischen Karte ein Angebot zur geologischen Landesaufnahme eröffne. Dieses Angebot sah der Berner Professor weniger als Möglichkeit denn als Gebot der Stunde.

Der Rückstand der Schweiz hinsichtlich der Karten der Erdoberfläche sei eingeholt, so Studer. Nun gelte es, im Untergrund nachzuziehen: Der «Mangel guter topographischer Karten» habe die Ausführung geologischer Arbeiten, «wie sie in anderen Ländern statt findet», bislang verunmöglicht. Da sich «erst in den letzten Jahren der ausgezeichnete Atlas des General Dufour [...] der Vollendung» nähere, eröffnete sich gemäss Studer der Schweizer Geologie die Chance, die Erforschung des Untergrunds auf ein neues Niveau zu heben. Topografische Karten in grossem Massstab seien *die* Grundvoraussetzung für eine geologische Aufnahme. Geologische Karten, die «ohne die Grundlage einer guten topographischen Karte unternommen» wurden, könnten nicht dieselben Ansprüche an Genauigkeit erfüllen wie solche, die sich auf ein Kartenwerk wie die *Topographische Karte der Schweiz* stützten.[16] Ähnlich argumentierten die SNG-Vorsitzenden Luigi Lavizzari und Hans Locher-Balber, die betonten, dass «durch genauere topographische Karten die äusseren Formen der Bodenverhältnisse dargestellt waren» und nun die geologische Aufnahme zu folgen habe.[17] Die Existenz und Struktur der *Topographischen Karte der Schweiz* war demnach nicht nur ein Angebot zur geologischen Landesaufnahme – sie forderte sie geradezu ein.

Die in den folgenden Jahren einsetzenden intensiven Bemühungen der Geologischen Kommission, genauere Karten grösseren Massstabs zu beschaffen, bezeugen jedoch, dass sich die Dufourkarte für geologische Arbeiten nur begrenzt eignete. Ihr kleiner, insbesondere für militärische Anwendungen geeigneter Massstab von 1:100 000 erzwang die starke Vereinfachung (Generalisierung) topografischer Begebenheiten im Kartenbild. Topografische Karten waren aber nicht nur vor, während und nach der geologischen Feldforschung das wichtigste Mittel zur Beschaffung und Erfassung von Geländeinformationen. Sie waren auch das einzige komplexe technische Produkt, auf das sich die Forscher bei

ihrer Arbeit stützen konnten. Umso grösser war ihre Abhängigkeit von möglichst grossmassstäbigen Karten, die aufschlussreiche Geländeinformationen und genügend Raum zum Einzeichnen von Beobachtungen boten.
Die Darstellung der Erdoberfläche und die des Untergrunds waren aufs Engste miteinander verbunden. Ihre Hauptmedien, die topografischen und geologischen Karten, mussten «mit einander harmoniren und sich gegenseitig ergänzen und erläutern», so der Basler Geologe Albrecht Müller.[18] Die Geologische Kommission sah dieses Verhältnis jedoch weniger egalitär: Die Oberflächenkarte gehe der geologischen Karte stets voraus, «la première fournit à la seconde».[19] Diese Hierarchie der Karten machte sich auch in der Arbeitspraxis der Geologen bemerkbar. Massstab, Blatteinteilung und Darstellungsformen (Manieren) der topografischen Karten prägten ihre Tätigkeit massgeblich mit. Die Logiken der Oberflächendarstellung beschränkten und beeinflussten das Wissen und Denken über den Untergrund.[20]

Gefangen im Blattraum

Die Forschung der Geologen begann mit dem genauen Studium der oberirdischen Verhältnisse. Die Kommission stellte ihren Auftragnehmern jedes Jahr vor Beginn der Sommermonate – der «Zeit der Expeditionen» – das erforderliche topografische Kartenmaterial zu.[21] Auf ihren Wanderungen durch das zu erforschende Gelände bestimmten die Oberflächenkarten den Handlungsraum der Geologen: Jedem Forscher wurde ein Blatt der Dufourkarte zugeteilt, dessen Raum er geologisch zu erforschen hatte. Die Aufteilung der Arbeiten erfolgte also nicht entlang erdwissenschaftlicher Fragestellungen, sondern folgte der Logik der topografischen Oberflächendarstellung und somit dem Blattschnitt der Dufourkarte.
Wiederholt äusserten die Forscher in ihren *Beiträgen zur Geologischen Karte der Schweiz* die Frustration, sich bei der Erforschung der Erdgeschichte an von Menschenhand geschaffene Kartenränder halten zu müssen. Der jurassische Autodidakt Auguste Jaccard war bei seinen Studien zum Neuenburger Jura besonders stark von der determinierenden Macht des topografischen Kartenblatts betroffen. Sein Ziel war es zunächst, die Erkenntnisse zu geologisch interessanten Gebieten des Juras auf einem Kartenwerk grossen Massstabs zu veröffentlichen (1:25000 oder 1:50000). Die Geologische Kommission um Bernhard Studer drängte ihn jedoch dazu, das gesamte Blatt XI der Dufourkarte geologisch zu bearbeiten. Dies erweiterte den buchstäblichen Rahmen seiner Tätigkeit massiv. «Cette décision élargissait dès lors considérablement le *cadre* de mon travail», hielt Jaccard im Vorwort zu seinem Blattkommentar von 1869 fest. Für seine Ar-

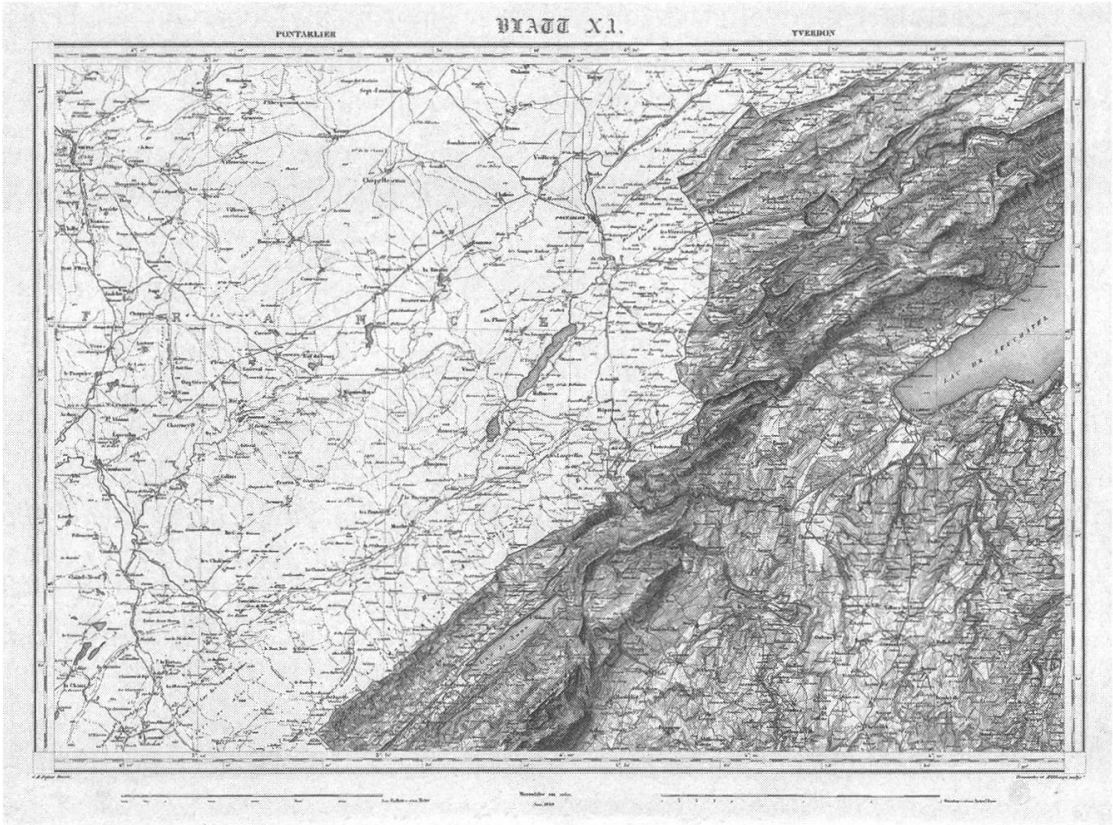

Abb. 2: *Blatt XI der Dufourkarte, 1850. Das Schweizer Territorium erscheint plastisch und hebt sich deutlich vom nur skizzenhaft dargestellten französischen Ausland ab. Die Dufourkarte diente als Grundlage für die Geologische Karte der Schweiz 1:100000 (siehe Abb. 3). (Eidgenössisches Topographisches Bureau [Hg.], Pontarlier, Yverdon [Topographische Karte der Schweiz, Blatt XI], Genf 1850. Abbildung: © Kartensammlung swisstopo)*

beit an Blatt XI benötigte er entsprechend fast ein Jahrzehnt.[22] Im Kommentar zum ebenfalls von ihm bearbeiteten Blatt VI betonte Jaccard den Konflikt zwischen Gelände, Untergrund und Blattrand noch deutlicher: Die Bereiche seiner Studie seien durch den Zuschnitt der Dufourkarte «limités d'une manière assez arbitraire» – eine Aufforderung, der der Geologe nicht Folge leisten wollte. Er habe sich deshalb wiederholt über den Blattraum hinweggesetzt, habe also die geologische Logik über diejenige der topografischen Kartengrundlage gestellt: «Comme de raison, je n'hésiterai pas à dépasser quelquefois les limites absolues de la feuille VI.»[23] Ähnlich äusserte sich Casimir Moesch 1874 in seinen Ausführungen zum südlichen Aargauer Jura. Er habe sich immer wieder dazu veranlasst gefühlt, «über die Grenzen des Blattes hinaus zu schweifen und bald da bald dort die auf das Blatt Nro. VIII übersetzenden Jura- und Molassegebilde zu besprechen». Diese «eigentlichen Verknüpfungspunkte» zwischen dem französischen

und dem aargauischen Jura seien für seine Studie weitaus interessanter gewesen als die Ränder des topografischen Kartenblatts.[24]
Die Beispiele Jaccards und Moeschs zeigen: Die Geologen mussten sich ständig zur topografischen Kartengrundlage – der Darstellung des Obens – verhalten, ihren Vorgaben folgen, sich von ihr abgrenzen oder das Missachten derselben legitimieren. Im stetigen Aushandeln des Verhältnisses von oben und unten manifestierte sich eine vertikale Verflechtung. Das Handeln der Forscher ordnete sich entlang des Zuschnitts der Dufourkarte; eines Kartenwerks, das eigentlich ganz den Phänomenen der Erdoberfläche gewidmet war. Dieses Modell der Oberfläche war jedoch unentbehrlich, um Erkenntnisse und Vermutungen zum Untergrund zu sammeln. Die Beziehung zwischen den Geologen des 19. Jahrhunderts und dem untersuchten Territorium war entsprechend stark von den Prinzipien der topografischen Karten geprägt und geriet mit diesen regelmässig in Konflikt. In ihren Publikationen bezogen sich die Wissenschaftler dennoch – oft mit spürbarem Stolz – regelmässig auf «ihr» Blatt. Wie sie das ihnen zugeteilte Einundzwanzigstel der Schweiz erforschten, zeigt der Blick auf die Feldarbeit der Geologen.

Gehen, sehen, eintragen, notieren

Über ein Vierteljahrhundert hinweg durchkämmten die Geologen in den Sommermonaten den Jura, das Mittelland und die Alpen, um Einblick in die Beschaffenheit des Untergrundes zu erhalten. So verbrachte der Luzerner Forscher Franz Joseph Kaufmann in den Jahren 1864 und 1869 zwischen Juni und Oktober 40 respektive 42 Tage im Feld.[25] Die sommerliche Expeditionsphase war geprägt von unterschiedlichen Praktiken, die sich deutlich im Kartenbild und in den *Beiträgen zur Geologischen Karte der Schweiz* spiegelten. Die grundlegendste Handlung im Gelände war die «geognostische Wanderung».[26] Auf der Suche nach Hinweisen auf die oberste Felsschicht konnten die Geologen das zu untersuchende Gebiet nicht flächendeckend begehen – die Wahl der Wanderrouten prägte deshalb Qualität und Inhalt der Forschungsresultate. War der Forscher nur «durch wenige flüchtige Wanderungen» mit dem Gelände vertraut, hatte dies massive Auswirkungen auf die empirische Grundlage seiner Arbeit.[27]
Die Bewegung im Raum schlug sich in den Texten der Geologen nieder. Das Genre der Orografie, das den Anfang jeder der *Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz* bildete, zeigte dies am deutlichsten. Die Orografie stellte eine schriftliche Geländebeschreibung dar und war oft aus der Sicht eines Menschen im Terrain verfasst. Auch in die «Reiseberichte», welche die Wissenschaftler jährlich an die Geologische Kommission sandten, floss die grundlegende Er-

fahrung des geologischen Gehens ein: Die Autoren emanzipierten sich stellenweise vom lotrechten Blick von oben, der den topografischen Karten eigen war. Ihre Berichte enthielten immer wieder Äusserungen aus der Perspektive des Wandernden. So rapportierte beispielsweise Franz Joseph Kaufmann an Bernhard Studer einen für seine Forschung wichtigen Moment. Das wandernde Ich stand dabei im Zentrum: «Ueber die Luzernergrenze schweifend fand ich bei Schwendacher unfern Escholzmatt in der plattenförmigen Molasse die *Tapes saevica* direkt im Anstehenden».[28] Damit sah er den Beweis erbracht, dass die marine Molasse von Luzern mindestens bis zu jenem Punkt reichte.

Kaufmanns Notiz zeigt auf, was die geognostische Wanderung von einer anderen Form des Gehens im Gelände unterschied. Die Geologen suchten nach Fossilien und nach der obersten Felsschicht, die mit tieferen Lagen natürlich verbunden war. Der Zugriff des Forschers auf den Untergrund erfolgte primär über seinen geschulten Blick auf das, was an der Oberfläche im Gelände zu erkennen war, und nur selten durch das Abtragen lockeren Bodens.[29] Auch im Feld verband sich also die Erforschung des Untens mit dem Studium des Obens. Die Geologen waren deshalb auf Stellen angewiesen, an denen sich ihnen die oberste Schicht des Gesteinskomplexes offenbarte. An diesen «Aufschluss» genannten Orten war das Festgestein nicht von Lockergesteinen, Humus oder den Deckschichten des Quartärs – der jüngsten geologischen Zeit – überlagert. Der Begriff des Aufschlusses barg eine starke Polysemie: Zum einen beschrieb er den physischen Umstand, dass der Boden «aufgeschlossen», geöffnet, war, und den Blick auf ein Indiz aus dem Untergrund freigab. Zum anderen gaben die so bezeichneten Orte «Aufschluss» über die Beschaffenheit der ansonsten verborgenen obersten Gesteinsschichten.

Die Suche nach Aufschlüssen war je nach Gelände mehr oder weniger aufwändig. Während im alpinen Raum das Gestein oft die Oberfläche bildete, konnte sich die Fahndung nach dem Felsen im Mittelland schwieriger gestalten. Bedecktes Terrain und geologische Erkenntnis vertrugen sich nur schlecht miteinander.[30] In den Alpen und im Jura war es hingegen sogar möglich, tiefer liegende Gesteinsschichten an der Oberfläche zu beobachten, wie der aufstrebende Geologe Albert Heim in einem Vortrag 1872 betonte: «Wo die Schichten ungestört horizontal liegen, sieht man natürlich immer nur eine Oberfläche; Flusseinschnitte entblössen tiefere Schichten. Das beste Feld für den Geologen sind aber die Gebirge. Da erhält er für das Studium der Erdrinde mächtige Aufschlüsse von oft vielen tausend Fuss Höhe, und die Schichten sind steil aufgerichtet, gebrochen und gebogen worden, so dass auch die tiefsten Lager an die Oberfläche treten.»[31]

Die Aufschlüsse waren das entscheidende Angebot des Geländes an die Geologen. Es prägte sowohl den Verlauf der Wanderungen als auch die Aufschreibetätigkeit. Die Wissenschaftler trugen die Aufschlüsse in die topografischen Kar-

ten ein; oft griffen sie dabei auf Kartenmaterial mit grösserem Massstab zurück, das die Geologische Kommission für sie beschafft hatte. Die Dufourkarte, die 1859/1860 noch als Argument zur geologischen Landesaufnahme fungiert hatte, kam nur zum Einsatz, wenn keine Alternativen vorhanden waren.[32] Ihre Aufzeichnungen doppelten die Geologen zumeist mit Notizen in Feldbüchern, in denen die Beobachtungen detaillierter festgehalten wurden. Je dünner sich die Erkenntnislage gestaltete, desto weniger Notizen waren nötig. So erklärte Franz Joseph Kaufmann in seinem Bericht von 1864 an Bernhard Studer, dass er «viel im Gebiete der horizontalen Molasse» tätig war – ein für den Geologen wenig abwechslungsreiches Feld. So konnte er «das bemerkenswerthe, unter Anwendung farbiger Stifte, meist unmittelbar auf der Karte anbringen».[33] Informationen über Aufschlüsse waren zudem Gegenstand des intellektuellen Austauschs und zirkulierten zwischen Geologen, die in benachbarten Gebieten tätig waren.[34]

Untergrund und Oberfläche im Kartenbild

Notizen und Karteneinträge bildeten die Grundlage des Wissens über den Schweizer Felsengrund. Die publizierten Produkte waren jedoch andere: Die kolorierten Blätter der Dufourkarte stellten das Hauptziel der Geologischen Kommission dar. Die *Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz* – eigentliche Monografien – begleiteten die Kartenblätter und boten in ihren Anhängen oft zahlreiche weitere grafische Darstellungen des Untergrunds wie vergrösserte Kartenausschnitte und Profile. Jede der Darstellungsformen war ein Resultat von Abstraktion, Interpretation und Generalisierung.

Der Begriff «geologische Karte» bezeichnete eine kolorierte topografische Karte. Einem noch nicht standardisierten Farbcode folgend, markierten die Geologen mit flächigen Einfärbungen, welches Gestein sie an welchem Ort wussten oder vermuteten. Für die Forscher war die geologische Kolorierung topografischer Karten die eigentliche «mise en évidence», wie es der Stratigraf Louis Rollier formulierte.[35] Die entscheidende Interpretation der im Feld gesammelten Informationen erfolgte im Moment der Kolorierung. Was den Kartenautoren zur Verfügung stand, waren die beobachteten Aufschlüsse – sie mussten also von einzelnen Punkten oder Flächen, an denen sie ein Gestein an der Erdoberfläche beobachten konnten, auf ein grösseres Gebiet verallgemeinern. Im Idealfall hatten sie im Feld auch die Kontaktstellen zwischen zwei Gesteinen identifizieren können. Je engmaschiger sie ihre Wanderungen durchgeführt hatten und je mehr Aufschlüsse sie beobachten und notieren konnten, desto exakter gestaltete sich auch die daraus hergestellte geologische Karte. War die Informationsdichte über die oberste Gesteinsschicht zu gering, entschieden sich die Kartenautoren des-

halb oft für zusätzliche Begehungen. So erklärte sich Franz Joseph Kaufmann in einem Brief an Bernhard Studer: «Auf dem Sarner Blatte hoffe ich am Sarnerberg, zwischen Kilchschwand, Schwand und Kümersberg noch einige Aufschlüsse hinsichtlich der Lagerung des Flysches und der Verbreitung des Diluviums zu bekommen, wesshalb hier noch nicht coloriert worden ist.»[36]

Aus einzelnen Aufschlusspunkten wurden im geologischen Kartenblatt Flächen. Die Forscher mussten immer wieder Hypothesen über die Ausdehnung von Gesteinsschichten bilden, ohne diese exakt vermessen zu können. Einem Topografen war es hingegen möglich, an der Erdoberfläche zu beobachten, über welches Gebiet sich beispielsweise ein Wald oder ein Moor erstreckte. Zwar konnte er nicht jeden Punkt des Waldrandes vermessen; auch topografische Karten enthielten Ungenauigkeiten und spekulative Elemente. Dennoch bestand im 19. Jahrhundert ein grundlegender Unterschied zwischen der Epistemologie topografischer und derjenigen geologischer Karten. Dies anerkannte auch der deutsche Geologe Karl von Fritsch, der zum Untergrund des Gotthardgebietes publizierte. Er betonte: «Der Genauigkeit der topographischen Aufnahme entspricht leider die geognostische Darstellung des Gebirgsbaus nicht genügend.» Das untersuchte Gebiet sei zu gross, um «alle Punkte der Karte genau zu untersuchen, dafür hätte er [von Fritsch] ebensoviele Jahre unausgesetzten Studiums dieser Gegend widmen müssen, als er Tage in den wildschönen Hochgebirgslandschaften verwenden konnte».[37] Die geologische Kolorierung war in Gebieten, in denen an der Erdoberfläche Gestein nur stellenweise in Aufschlüssen sichtbar wurde, keine grafische Wiedergabe empirisch gesicherten Wissens, sondern eine Generalisierung über grosse Flächen hinweg. Wo im geologischen Kartenbild eine Gesteinsschicht endete und die andere begann, hing im bedeckten Gelände stark vom Zufall der sich offenbarenden Aufschlüsse ab. Die Forscher waren auf die Evidenz der Oberfläche angewiesen, um Rückschlüsse über die Beschaffenheit des Untergrunds zu ziehen.

Nicht nur die starke Generalisierung war ein besonderes Merkmal der abgedeckten geologischen Karten. Auch oszillierte das Verhältnis von Untergrund und Oberfläche: Ob ein Gestein ohne Arbeiten am Erdreich sichtbar war, oder lediglich unter dem Boden vermutet wurde, war keine Information, die Eingang in die Kartenwerke fand. Aus diesem Grund sind abgedeckte geologische Karten weder als Darstellungen des Untergrunds noch als Oberflächenwiedergabe zu verstehen. Eine solche Deklarierung entsprach auch nicht den ihnen zugrunde liegenden Fragestellungen – zentral war das Wissen über die oberste Gesteinsschicht. Ob diese frei an der Oberfläche lag oder nicht, war in dieser Perspektive irrelevant.

Den informierten Leserinnen und Lesern erlaubte auch eine abgedeckte geologische Karte Rückschlüsse über tiefer liegende Felsformen. Insbesondere mittels

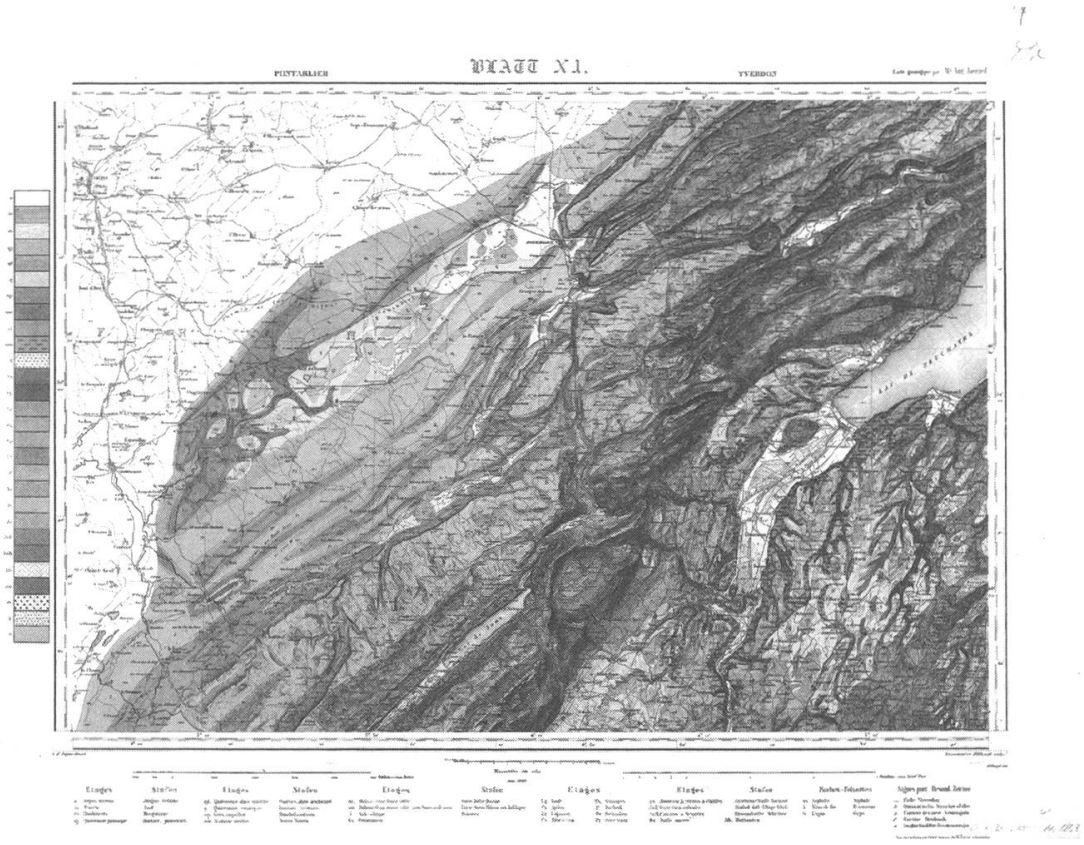

Abb. 3: *Blatt XI der Geologischen Karte der Schweiz, 1867. Auguste Jaccard, der den Untergrund des entsprechenden Gebiets erforscht hatte, machte bei der Kolorierung des Kartenblatts nicht an den Schweizer Landesgrenzen halt. (Geologische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft [Hg.], Pontarlier, Yverdon [Geologische Karte der Schweiz, Blatt XI], Neuchâtel 1867, Abbildung: © Kartensammlung swisstopo)*

Fossilien (Petrefakten) konnten die Geologen das Alter einzelner Schichten bestimmen. Jüngere Schichten färbten sie heller, ältere dunkler ein, wodurch eine starke zeitliche Komponente in die geologischen Karten einfloss. Lag ein älteres Gestein der Oberfläche am nächsten, war dies nur mit der Theorie der Alpentektonik zu erklären, die sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durchsetzte: Die «grossartige[n] Verwickelungen und Störungen der normalen Lagerungsverhältnisse, Windungen, Ueberschiebungen, Verwerfungen» mussten durch einen sich bewegenden, schiebenden, brechenden Untergrund entstanden sein.[38] Lag eine ältere Gesteinsschicht neben einer jüngeren an der Oberfläche, hatte sie sich folglich über eine oder mehrere andere, jüngere, geschoben. Die Interpretation der obersten Gesteinsschicht ermöglichte es, Überlegungen über Ebenen der unterirdischen Vertikale anzustellen, auf die physisch noch kein unmittelbarer Zugriff möglich war. In zahlreichen Profilzeichnungen gaben die Autoren der *Geo-*

logischen Karte der Schweiz ihre Schlussfolgerungen über den tiefer liegenden Untergrund wieder. Dass es sich dabei um Hypothesen handelte, machte Karl von Fritsch deutlich. Seine Studie zum Gotthardgebiet war 1873 die einzige, deren Vermutungen über den tieferen Untergrund bald auf die empirische Probe gestellt werden sollten: Ob seine Annahmen über die Schichtenlagerung korrekt seien, «werden die Arbeiten an dem grossen Tunnel in den nächsten Jahren zeigen. Auf den Profilen durfte nur angedeutet werden, dass der Verfasser dies für wahrscheinlich hält, denn sicher ist diese Hypothese keineswegs.»[39]

Schluss

Während mehr als dreier Jahrzehnte war die Arbeit der Geologen von den Angeboten und Aufforderungen geprägt, die die topografische Kartengrundlage und die Verhältnisse im Gelände bereitstellten. Das Verhältnis von Oberfläche und Untergrund durchzog bereits Bernhard Studers frühe Legitimationsversuche zum angestrebten Projekt: Die Existenz einer wissenschaftlich genauen topografischen Karte fordere dazu auf, eine geologische Ableitung zu erstellen. Bei der Arbeit im Feld zeigte sich das Spannungsfeld zwischen individueller Handlungsmacht und dem buchstäblichen Rahmen der topografischen Grundlage deutlich. Während die topografischen Karten als Modelle der Erdoberfläche die Möglichkeit eröffneten, offen liegende Felsen zu finden und Anschlüsse einzutragen, beschränkten sie auch den Handlungsraum der wissenschaftlichen Akteure, die sich der Erforschung von Gesteinen im Untergrund verschrieben hatten. In zahllosen Wanderungen während der Sommermonate, oft über Jahre und Jahrzehnte verteilt, begingen die Forscher das geologisch zu kartierende Terrain. Dabei stiessen sie nicht nur an Grenzen der Sicht- und Zugänglichkeit, sondern auch an die Ränder ihrer Kartenblätter. Die Ordnung des Obens kollidierte mit den Fragestellungen des Untens – das Verhältnis von Kartenrand und geologischem Erkenntnisinteresse war ein kontinuierlicher Konfliktpunkt.

Im Feld waren die Praktiken der geognostischen Wanderung zentral. Das geschulte Sehen, Notieren und Kartieren von Aufschlüssen sowie das Zeichnen von Profilen und Panoramen konstituierten die Techniken der Geologen. In diesen Handlungen manifestierte sich erneut eine vertikale Verflechtung: Die Forscher studierten die Oberfläche der Erde, um ihr Wissen über den Untergrund zu mehren. Die Vorbedingungen des Terrains bestimmten jedoch den Handlungsrahmen merklich. War eine Gesteinsschicht nicht die oberste oder von Vegetation und Lockergestein verdeckt, waren die Forscher auf Ableitung, Generalisierung und Thesenbildung angewiesen. Horizontal schlossen sie von oft nur vereinzelten Aufschlüssen eines Gesteins auf dessen Verbreitung im obersten Untergrund.

Vertikal griffen sie auf die Altersbestimmung der obersten Gesteine zurück, um Überlegungen zu tiefer liegenden Lagerungsverhältnissen anzustellen.
Das Terrain und die topografische Kartengrundlage waren Angebot, Aufforderung und Beschränkung zugleich. Die Evidenz der Oberfläche – Aufschlüsse und Kartenbild – ermöglichte das Studium des Untergrunds, bestimmte aber auch den Erkenntnisrahmen und die empirischen Grenzen.

Anmerkungen

1 Gottfried Theobald, *Die südöstlichen Gebirge von Graubünden und dem angrenzenden Veltlin* (Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz 3), Chur 1866, VIII.
2 Geologische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (Hg.), *Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz*, Bern etc. 1862–1896.
3 So waren mit Heinrich Gerlach, Friedrich Rolle, Karl von Fritsch und Gottfried Theobald vier Bürger eines deutschen Staates massgeblich an der *Geologischen Karte der Schweiz* beteiligt. Sie untersuchten den Untergrund des Wallis, Graubündens und des Gotthardmassivs. Der Italiener Torquato Taramelli wiederum erforschte für die Geologische Kommission das Tessin.
4 Einen Hinweis auf die Unterstützung durch Drittpersonen machte Eugène Renevier in seiner Studie *Monographie des Hautes-Alpes Vaudoises* (Matériaux pour la carte géologique de la Suisse 16), Bern 1890, 2.
5 James J. Gibson, «The Theory of Affordances», in Robert Shaw, John Bransford (Hg.), *Perceiving, Acting and Knowing*, New York 1982, 67–82; James J. Gibson, *Wahrnehmung und Umwelt*, München 1982.
6 Rudolf Trümpy, Andrea Westermann, «Albert Heim (1849–1937). Weitblick und Verblendung in der alpentektonischen Forschung», *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 3/4 (2008), 67–79; Andrea Westermann, «Inherited Territories. The Glarus Alps, Knowledge Validation, and the Genealogical Organization of Nineteenth-Century Swiss Alpine Geognosy», *Science in Context* 22 (2009), 439–461; Peter Heitzmann, «Die ersten geologischen Karten der Schweiz 1752–1853», *Cartographica Helvetica* 38 (2008), 21–36. Zur Geologischen Kommission August Aeppli, *Geschichte der Geologischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft*, Basel 1915; A. Buxtorf, O. P. Schwarz, *Hundert Jahre Schweizerische Geologische Kommission. Organ der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1860–1960*, Bern 1960; Patrick Kupper, Bernhard C. Schär, «‹Eine einfache und anspruchlose Organisation›. Zur Geschichte der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz», in Patrick Kupper, Bernhard C. Schär (Hg.), *Die Naturforschenden. Auf der Suche nach Wissen über die Schweiz und die Welt, 1800–2015*, Baden 2015, 281–295.
7 «Bericht des Bundesrates an die Bundesversammlung, betreffend Bewilligung eines Kredits zur Unterstüzung gemeinnütziger Thätigkeit», *Bundesblatt* 2 (1859), 242–247, hier 246 f.
8 BAR, E88#1000/1167#41*, Luigi Lavizzari und Hans Locher-Balber an Giovanni Battista Pioda, 30. 11. 1859.
9 Kupper, Schär (wie Anm. 6), 287.
10 Lavizzari und Locher-Balber an Pioda, 30. 11. 1859 (wie Anm. 8).
11 Die geologische Kartierung europäischer Staaten im 19. Jahrhundert ist noch unzureichend erforscht, folgende Beiträge bieten aber aufschlussreiche Einblicke: Simon Winchester, *The Map That Changed the World. William Smith and the Birth of Modern Geology*, New York 2001; David R. Oldroyd, *The Highlands Controversy. Constructing Geological Knowledge through Fieldwork in Nineteenth-Century Britain*, Chicago 1990; Isabelle Laboulais, «Cartographier les savoirs géologiques dans le premier tiers du XIXe siècle. L'exemple des travaux de Jean-Baptiste-Julien d'Omalius d'Halloy (1783–1875)», in dies. (Hg.), *Les usages des car-*

tes (XVIIe–XIXe siècle). Pour une approche pragmatique des productions cartographiques, Strasbourg 2008, 149–165; Csilla Galambos, «History of the Hungarian Geological Maps. An Overview from the 18th Century to Nowadays», in Georg Gartner, Felix Ortag (Hg.), *Cartography in Central and Eastern Europe. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Berlin 2012, 497–508; J. A. Bain, «British Geological Survey Maps and their Availability», *Journal of the Geological Society* 3 (1986), 569–576. Für geisteswissenschaftliche Zugänge zur Kartografie siehe Guntram H. Herb, «Maps, Power, and Politics», in Alexander J. Kent, Peter Vujakovic (Hg.), *The Routledge Handbook of Mapping and Cartography*, Abingdon 2018, 427–438; Monique Pelletier, «Cartography and Power in France during the Seventeenth and Eighteenth Centuries», *Cartographica* 3/4 (1998), 41–54; Michael Busch et al. (Hg.), *Geschichte – Kartographie – Demographie. Historisch-geographische Informationssysteme im methodischen Vergleich*, Berlin 2013.

12 Geological Survey of Great Britain, *Geological Map of England and Wales*, Southampton 1834–1903 [1:63 360, 360 Blätter]; Bureau de recherches géologiques et minières (Hg.), *Carte géologique de la France 1:80 000*, Paris 1832 [1:80 000, Blattzahl unbekannt]; Königl. Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten (Hg.), *Geologische Karte der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen*, Berlin 1850–1865 [1:80 000, 35 Blätter]; Kaiserlich-Königliche Geologische Reichsanstalt (Hg.), *Geologische Karte des Erzherzogthumes Österreich*, Wien 1852 [1:144 000, 30 Blätter]; Königliche Bergakademie zu Freiberg (Hg.), *Geognostische General-Charte des Königreichs Sachsen und der angrenzenden Länder-Abtheilungen*, Dresden 1845 [ca. 1:375 000, 1 Blatt]; André Dumont, J. F. De Keyser, *Carte géologique de la Belgique indiquant les terrains qui se trouvent au-dessous du limon-hesbayen et du sable campinien*, Brüssel 1849 [1:160 000, 9 Blätter]. Im für diese Zeit ausserordentlich grossen Massstab 1:25 000 erschienen die Blätter der geologischen Karte Elsass-Lothringens (ab 1822): Direction der geologischen Landes-Untersuchung von Elsass-Lothringen (Hg.), *Geologische Specialkarte von Elsass-Lothringen*, Berlin 1822–1909. Auch Bernhard Studer betonte die starken Investitionen anderer Staaten. Demnach waren französische Geologen als Staatsbeamte in einer besonders privilegierten Position, während das Vereinigte Königreich jährlich die stolze Summe von 220 000 Franken in die British Geological Survey investiere. Vgl. BAR, E88#1000/1167#41*, Bernhard Studer an Giovanni Baptista Pioda, 4. 5. 1860.

13 BAR, E88#1000/1167#41*, Luigi Lavizzari an Giovanni Battista Pioda, 22. 3. 1860; Studer an Pioda, 4. 5. 1860 (wie Anm. 12).

14 Lavizzari an Pioda, 22. 3. 1860 (wie Anm. 13).

15 Umfassend zur *Topographischen Karte der Schweiz* David Gugerli, Daniel Speich, *Topografien der Nation. Politik, kartografische Ordnung und Landschaft im 19. Jahrhundert*, Zürich 2002.

16 Studer an Pioda, 4. 5. 1860 (wie Anm. 12).

17 Lavizzari und Locher-Balber an Pioda, 30. 11. 1859 (wie Anm. 8).

18 Albrecht Müller, *Geognostische Skizze des Kantons Basel und der angrenzenden Gebiete* (Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz 1), Neuenburg 1862, 4.

19 BAR, E27#1000/721#22655*, Bernhard Studer und Alphonse Favre an Constant Fornerod, 5. 5. 1862.

20 Hierzu ausführlich Jakob Melchior Ziegler, *Ueber das Verhältniss der Topographie zur Geologie bei Darstellung von Gebirgskarten in grösserem Massstabe. Text zur Karte des Unter-Engadin's, Reduktion 1:50 000*, Winterthur 1869.

21 Gesellschaftsarchiv Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (im Folgenden: GA SANW), Franz Joseph Kaufmann an Bernhard Studer, 4. 5. 1869.

22 Auguste Jaccard, *Jura Vaudois et Neuchâtelois* (Matériaux pour la carte géologique de la Suisse 6), Bern 1869, erste Hervorhebung F. F.

23 Auguste Jaccard, *Supplément à la Description du Jura Vaudois et Neuchâtelois (sixième livraison)* (Matériaux pour la carte géologique de la Suisse 7a), Bern 1870, 1.

24 Casimir Moesch, *Der südliche Aargauer-Jura und seine Umgebungen* (Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz 10), Bern 1874, V.

25 GA SANW 637, Franz Joseph Kaufmann an Bernhard Studer, 23. 11. 1864; GA SANW 637, Bericht Franz Joseph Kaufmanns an die Geologische Kommission, 30. 10. 1869.
26 Müller (wie Anm. 18), 4.
27 Karl von Fritsch, *Das Gotthardgebiet* (Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz 15), Bern 1873, 1.
28 GA SANW 637, Bericht Franz Joseph Kaufmanns (wie Anm. 25).
29 Zur Relevanz des «Sehens» im Feld: Albert Heim, *Sehen und Zeichnen. Vortrag gehalten auf dem Rathause zu Zürich. 1. Februar 1894*, Basel 1894.
30 Für ein Beispiel siehe Franz Joseph Kaufmann, *Geologische Beschreibung des Pilatus* (Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz 5), Bern 1867, 36.
31 Albert Heim, *Aus der Geschichte der Schöpfung* (Oeffentliche Vorträge gehalten in der Schweiz 7), Basel 1872, 9.
32 Neben den Forschungsberichten der Geologen in den «Beiträgen» zeigen dies auch die Bemühungen der Geologischen Kommission um Aushändigung der grossmassstäbigen Originalaufnahmen der Dufourkarte: BAR, E27#1000/721#22974*, ganzes Dossier *BRB vom 3. 12. 1862 betr. Benützung der Orginalaufnahmen* [sic] *der Dufourkarte für eine geologische Karte der Schweiz* (Blatt XV).
33 GA SANW 637, Kaufmann an Studer, 23. 11. 1864 (wie Anm. 25).
34 GA SANW 637, Franz Joseph Kaufmann an Bernhard Studer, 5. 1. 1870.
35 Louis Rollier, *Structure et histoire géologiques de la partie du Jura Central comprise entre le Doubs (Chaux-de-Fonds), le Val de Delémont, le Lac de Neuchâtel et le Weissenstein* (Matériaux pour la carte géologique de la Suisse 8, premier supplément), Bern 1893, 25.
36 GA SANW 637, Bericht Franz Joseph Kaufmanns (wie Anm. 25).
37 Von Fritsch (wie Anm. 27), 1.
38 Kaufmann (wie Anm. 30), VI. Zur Kontroverse über die Ursachen der «unchronologischen» Erscheinung von Felsarten an der Oberfläche siehe Trümpy, Westermann (wie Anm. 6).
39 Von Fritsch (wie Anm. 27), 150.

Résumé

Le sous-sol à la surface. La cartographie géologique de la Suisse, 1860–1887

Entre 1860 et 1887, la carte géologique de la Suisse au 1:100000 est publiée en 25 feuillets. Fondée en 1860, la commission géologique de la Société helvétique des sciences naturelles a dirigé ce projet de cartographie. Cet article montre comment les géologues impliqués ont généré des connaissances sur le sous-sol suisse et les ont transférées sur le support cartographique et comment la ligne de démarcation entre le «dessus» et le «dessous» a oscillé dans le processus des recherches géologiques.

La connaissance des couches rocheuses cachées a été produite par une étude précise de la surface terrestre. Grâce à la pratique de la marche et à leur regard expert, les géologues ont identifié les endroits où la roche solide se révélait à la surface. Cette approche sur le terrain partait de l'idée que des connaissances sur le sous-sol pouvaient être tirées à partir d'indices situés à la surface de la Terre – les

forages ou d'autres méthodes d'accès physique au sous-sol étaient rarement utilisés. L'interdépendance de la surface et du sous-sol était également évidente dans le processus de cartographie géologique, dans lequel les cartes de surface (cartes topographiques) étaient colorées en fonction de la position supposée d'une roche solide. Le «haut» et le «bas» se confondaient alors sur la surface plane de la carte géologique.

(Traduction: Alexandre Elsig)