

II.2.2. Geologische Erd- und Luftbildkartierung

von Friedrich BRIX

II.2.2.1. Grundlagen

Die Voraussetzung für jede Prospektionsarbeit ist die möglichst genaue Kenntnis der geologischen Verhältnisse an der Erdoberfläche. Dies ist auch die Hauptaufgabe der geologischen Erd-, Luftbild- und Satellitenkartierung.

Grundlage jeder geologischen Geländedarstellung ist eine entsprechende topographische Karte für das zu bearbeitende Gebiet. Es sei bemerkt, daß bei Notwendigkeit viele dieser Karten auch eine gewisse Vergrößerung zulassen. Die amtlichen Karten des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Österreich können z. B. vom Maßstab 1 : 50 000 auf 1 : 10 000 vergrößert werden, ohne daß in den meisten Fällen eine wesentliche Qualitätseinbuße eintritt. Von großer Bedeutung ist bei diesen Karten das Vorhandensein möglichst naturgetreuer Höhenschichtenlinien, weil dies auch eine wichtige Voraussetzung für das lage- und winkelrichtige Eintragen von geologischen Grenzen und Störungslinien in diesen Karten ist.

Selbstverständlich wird man vor Beginn einer geologischen Kartierung alle schon vorhandenen Unterlagen sammeln und zur Planung und Verarbeitung für das neue Kartenwerk heranziehen. Insbesondere handelt es sich dabei um Unterlagen mit früheren geologischen Beobachtungen, wobei letztere heute schon verschwunden oder nicht mehr zugänglich sein können.

Es wird darauf aufmerksam gemacht, daß in Österreich alle Arbeiten im Gelände für Prospektionszwecke nur in Übereinstimmung mit den entsprechenden Bestimmungen des Lagerstätten- und des Berggesetzes durchgeführt werden dürfen (siehe Kapitel II.5.1.).

II.2.2.2. Erdkartierung

Unter geologischer Erdkartierung versteht man das kartenmäßige Festhalten aller im betreffenden Kartierungsgebiet er-

faßbaren geologischen Beobachtungen und Daten durch direkte Geländeuntersuchungen. Zur Verdichtung des vorhandenen Beobachtungsnetzes werden auch die schon genannten zusätzlichen Unterlagen mitverarbeitet: geologische Karten der Geologischen Bundesanstalt, sonstige Publikationen mit Kartendarstellungen, Bohrergebnisse, geologische Daten von Tiefbauten (Grundaushreibungen, Künetten), Straßeneinschnitte, Tunnelbauten, Bachregulierungen, Brunnengrabungen, hydrogeologische Daten, Bodengütekarten, Vermessungsdaten über Bodensenkungen, Angaben über Rutschungen usw.

Grundsätzliche Fragen bei Planung und Beginn jeder Kartierungstätigkeit sind die nach den speziell gestellten Aufgaben sowie nach dem sich daraus ergebenden Aufnahmemaßstab. Ganz allgemein sind zumeist aber folgende Aufgaben im betreffenden Gebiet zu lösen: Verteilung und Abgrenzung gleich alter Schichten, wenn möglich durch Fossilfunde (Stratigraphie) und gleichartiger Gesteine (Lithologie) an der Erdoberfläche; Lagerung der Gesteine (Streichen und Fallen) einschließlich des Auftretens von Lagerungsstörungen, wie Bruchzonen, Diskordanzen (ungleichförmige Überlagerung), Verfaltungen, Verschuppungen, Überschiebungen (Tektonik); Erkennen und Abgrenzen von jüngeren Aufschüttungs- und Abtragungsformen (Morphologie); Vorkommen und Art ober- und unterirdischer Wässer (Hydrologie); Auftreten und Gefahr von Gesteins- und Bodenbewegungen; Erfassung von nutzbaren Gesteinen und Mineralen.

Für erdölgeologische Zwecke kommen dazu: Erfassung von Mutter- und Speichergesteinen sowie abdichtenden Lagen, soweit sie an der Erdoberfläche vorkommen; Gas-, Öl- und Salzwasseranzeichen; Erkennung von Aufwölbungszonen, von Schleppestrukturen an Bruchzonen und von Faziesänderungen innerhalb einer Schicht; Aufklärung der Absenkungsgeschichte von Becken einschließlich der

Temperaturgradienten (z. B. aus früheren Bohrungen) und Suche nach dem Vorhandensein von Migrationswegen. Wenn auch nicht immer alle Fragen beantwortet werden können, so sollen durch die geologische Erdkartierung eben diese Wissenslücken aufgezeigt werden, um bei weiterem Interesse mit aufwendigeren Methoden (geophysikalische Messungen, geochemische Untersuchungen, Bohrungen) entsprechende Antworten zu erhalten (siehe auch die Kapitel II.2.4. und II.2.6.).

Die praktische Geländearbeit besteht darin, möglichst alle im Gelände vorkommenden geologischen Aufschlüsse zu erfassen, zu beschreiben und maßstabgerecht in die Arbeitskarten (z. B. im Maßstab 1 : 10 000) einzutragen. Der Feldgeologe wird also alle Gesteinsentblösungen unter der Bodenzone aufsuchen: Steinbrüche, Schotter-, Sand- und Tongruben, Bach- und Wegeinschnitte, Felswände, Weg- und Waldböden, Quellhorizonte, Dolinen, Rutschungsgebiete sowie alle künstlichen Aufschlüsse im Arbeitsgebiet. Dazu kommen die Informationen, die aus den Landschaftsformen selbst stammen, weil sie Rückschlüsse auf die Gesteinszusammensetzung gestatten. Wertvolle Hilfe über größere Zusammenhänge geben Luftbild- und Satellitenaufnahmen (siehe die Kapitel II.2.2.3. und II.2.2.4.).

Wichtig ist eine entsprechende Fachausrüstung für diese Geländearbeiten: Geologenhammer, Meißel, Geologenkompaß, Höhenmesser, verdünnte Salzsäure (10%), Farbstifte, Fotoapparat, Notizbuch, Maßstab, Meßband, Probensäckchen und natürlich die entsprechenden topographischen Karten. Die Entnahme von Gesteinsproben für die Bearbeitung im Labor (siehe Kapitel II.3.5.) dient nicht nur der wissenschaftlichen Sicherung und Bestätigung der Kartierungsergebnisse, sondern auch zur Identifizierung sogenannter Lesesteine. Dies sind einzelne im Geländeboden herumliegende Gesteinsstücke, die durch Verwitterungs- und Erosionsvorgänge aus dem zusammenhängenden Gesteinsverband gelöst wurden. In sehr aufschlußreichen Gebieten bilden solche Lesesteine oft die einzigen geologischen Informationen.

Das Endprodukt der geologischen Erdkartierung ist eine geologische Karte. Je nach Auftragserfordernis werden verschiedene Ausführungen oder Kombinationen davon angefertigt. Dies ist in Kapitel II.2.2.5. beschrieben.

II.2.2.3. Luftbildkartierung

Eine wertvolle Ergänzung jeder Erdkartierung stellen Luftbilder dar. Die perspektivischen Verzerrungen der Luftaufnahmen werden durch spezielle Geräte entzerrt, sodaß die gesamte Bildfläche eine maßstäblich verkleinerte Darstellung eines Teiles der Erdoberfläche ist. Die entzerrten Bilder sind direkt mit topographischen Karten vergleichbar, da beide nun die gleiche Projektion aufweisen.

Luftbilder gestatten eine andere Betrachtungsweise des Geländes als der Feldgeologe sie aus der Augenhöhe hat. Viele Geländeformen erscheinen im Luftbild prägnanter, manche sind überhaupt erst durch Luftbilder erkennbar, besonders wenn es sich um morphologische Formen handelt, die sich über größere Entfernungen hin erstrecken. Es ist weiters möglich z. B. im bewaldeten Gelände versteckte Aufschlüsse (etwa aufgelassene Steinbrüche, Sandgruben, verborgene Felswände etc.) zu entdecken. Auch Vegetationsgrenzen, Feuchtgebiete, Quellen, Rutschungsbereiche, Dolinen, Schuttfächer und andere geologische Erscheinungsformen sind leichter erkennbar. Sie können dann im Gelände aufgefunden und untersucht werden.

Hinweise für die spätere Erstellung der geologischen Karte sind weiters abrupte Änderungen von Geländeformen, die auf Störungszonen hindeuten können: plötzliche Knicke im Talverlauf, steile Geländestufen, geradliniges Aneinandergrenzen verschiedener morphologischer Formen. Da Luftbilder häufig in Schwarz-Weiß aufgenommen werden, können bestimmte Grautöne die Verbreitung verschiedener Bodentypen und Gesteinseinheiten charakterisieren.

Sehr effektiv ist die stereoskopische Betrachtung von einander teilweise überlappenden Luftbildern, die durch eine spe-

zielle Einrichtung ermöglicht wird. Die Bildfläche erscheint dann dreidimensional, d. h. es entsteht der Eindruck räumlichen Sehens. Dies verstärkt die weiter oben genannten Informationsmöglichkeiten ungenügend und ist daher eine sehr willkommene Hilfe sowohl bei der Planung der Feldkartierung wie auch zur Kontrolle der geologischen Kartierung in einem fortgeschrittenen Stadium. Es ist weiters bekannt, daß durch Luftbildbetrachtungen auch archäologische Entdeckungen gemacht werden können, bzw. überhaupt eine Möglichkeit besteht, natürliche Landschaftsformen von durch den Menschen beeinflussten oder veränderten Formen zu unterscheiden.

Ein weiterer besonderer Vorteil von Luftbildern besteht darin, daß man die Erdoberfläche in verschiedenen Wellenbereichen aufnehmen kann, sodaß dadurch bestimmte Effekte stark hervorgehoben werden können. Aufnahmen im Infrarot-Bereich, die in der Nacht geflogen werden, gestatten es u. a. Wärmedifferenzen an der Erdoberfläche zu erfassen (z. B. Gebiete mit aufsteigenden warmen Wässern), weiters Trocken- und Feuchtgebiete zu unterscheiden und Grundwasserströme, die die Flüsse begleiten, zu erkennen. Die Unterschiede zwischen Feucht- und Trockengebieten sind dadurch erkennbar, daß Trockengebiete nachts stark abkühlen, während Feuchtgebiete die am Tage gespeicherte Wärme viel langsamer abgeben.

Luftbilder gestatten es auch, daß man über neu zu kartierende Gebiete einen ersten geologischen Überblick erhält. Es ist aber notwendig, diese Ergebnisse durch gezielte Erdkartierungen zu überprüfen und zu ergänzen. Bei der technischen Durchführung von Luftbildaufnahmeserien sind die spezielle Aufgabenstellung, der gewünschte Bildmaßstab und eine für bestimmte Messungen geeignete Wetterlage bestimmend. Dadurch werden Filmart, der Einsatz von Spezialgeräten, Flughöhe (von einigen Zehnern Metern bis zu 20 km), Flugzeitpunkt, Aufnahmezeitpunkt, Flugrichtung und Befliegungsplan festgelegt. Zur eindeutigen Lageanpassung und späteren topographisch-geologischen In-

terpretation von entzerrten Luftbildern gehört das Aufsuchen einiger markanter Punkte jedes Luftbildes im Gelände, um diese Punkte (Paßpunkte) lage- und höhenmäßig von einem Geometer einmessen zu lassen.

II.2.2.4. Satellitenbilder

Der Einsatz sehr hoch fliegender Flugkörper (Satelliten) gibt die Möglichkeit, große Gebiete der Erdoberfläche auf verschiedene Weise aufzunehmen. Dies stellt für die Geowissenschaften eine große Hilfe bei der Erkennung überregionaler Zusammenhänge dar. Strukturen, Oberflächenformen oder die Verbreitung von Gesteins- und Bodenbildungen bei dichter Vegetation, die bei der Erdkartierung oder im Luftbild nur schwach oder gar nicht erkennbar sind, können z. T. klarer hervortreten, weil durch geschickte Auswahl und Interpretation verschiedener Wellenbereiche eben bestimmte Erkenntnisse erzielt werden können: lineare Strukturen (mehr oder weniger geradlinig verlaufende Störungslinien an der Erdoberfläche, wie z. B. Bruch- und Klufsysteme), Mulden (Synklinale), Aufwölbungszonen (Antiklinale), Verbreitung großer Eruptivkörper, Ringstrukturen, Vegetationsformen und Ausdehnung von Umweltschäden zu verschiedenen Jahreszeiten, großräumige Verteilung des Grundwassers, Änderungen der Bodenbildungen usw.

Es ergibt sich daraus, daß Satellitenbilder eine bedeutende zusätzliche Informationsquelle für einen prospektierenden Geologen darstellen. Diese Methode wird daher vor allem in wenig erforschten Gebieten von Nutzen sein. Es sei aber bemerkt, daß auch im geologisch so gut erforschten Österreich durch Satellitenbilder z. T. alte Vermutungen bestätigt oder überhaupt neue Vorstellungen gewonnen werden konnten. Dies betrifft vorwiegend in verschiedenen Richtungen verlaufende Störungssysteme.

Die auch als Fernerkundung (remote sensing) bekannte Methode beruht darauf, daß das auf die Erdoberfläche einfallende Sonnenlicht oder die vom Flugkörper ausgesendeten Signale von verschie-

denen Oberflächenformen, Bodeneigenschaften und Vegetationsbereichen in verschiedenen Wellenbereichen reflektiert werden. Die Satelliten sind daher mit verschiedenartigen Aufnahme- und Sendegeräten ausgestattet.

Durch diese Geräte werden folgende Wellenlängenbereiche genutzt: Ultraviolett (270–380 nm), sichtbares Licht (380 bis 780 nm), Infrarot bis thermales Infrarot (700–14 000 nm), Mikrowellen, einschließlich RADAR (0,3 cm–etwa 10 cm). Ein Nanometer (nm) ist 10^{-9} m, das ist ein milliardstel Meter. Die Flughöhen der verschiedenen Satelliten liegen zwischen 150 km und ca. 36 000 km: Landsat in ca. 900 km, Skylab und Sojus in 250–1500 km, ERS 1 ab 1990 in 780 km, geostationäre Satelliten (das sind ortsfeste Flugkörper) in ca. 36 000 km. Der große Vorteil der nichtstationären Satelliten, die die Erde umkreisen, besteht darin, daß von derselben Gegend in Intervallen von 90–110 Minuten immer neue Bilder gemacht werden. Daher spielen Wolken, Nebel oder Dunkelheit keine Rolle. Außerdem durchdringen z. B. vom Satelliten ausgesendete RADAR-Wellen sowohl Wolken wie Nebel, Vegetation und Eis. RADAR-Wellen sind vom Sonnenlicht unabhängig und deshalb auch nachts einsetzbar. Mit photographischen Verfahren können derzeit Objekte in der Größe von 10×10 m noch erkannt werden. Eine Entzerrung der Satellitenbilder ist der großen Flughöhe wegen meist nicht erforderlich.

II.2.2.5. Kartenherstellung

Das Resultat der Kartierungsarbeiten mit Betonung der Erdkartierung sowie die Ergebnisse der Laboruntersuchungen der Geländeproben ist die geologische Karte: diese ist die übersichtliche, kartographische Darstellung kartierbarer geologischer Gegebenheiten in Form einer verkleinerten Projektion auf die Kartenebene. Es werden dabei zusätzlich besondere Zeichen, Symbole, Signaturen und Farben verwendet. Alle in den vorhergehenden Kapiteln II.2.2.1.–II.2.2.4. genannten kartenmäßig erfaßbaren Informationen sollen so dargestellt werden, daß sie dem

Benützer eine zweckentsprechende Arbeitsgrundlage schaffen.

Das Eintragen der geologischen Beobachtungen und Daten aus Erd-, Luftbild- und Satellitenkartierung in die topographische Schwarz-Weißkarte muß nach den Regeln der darstellenden Geometrie erfolgen. Die erkannten geologischen Körper und Flächen sind also lage- und winkelmäßig mit dem Gelände relief, dargestellt durch die Höhenschichtenlinien, in Einklang zu bringen.

Zuerst wird meistens eine geologische Karte im Aufnahmemaßstab (z. B. 1 : 10 000 oder 1 : 25 000) hergestellt, wobei zu berücksichtigen ist, daß bei einer Verkleinerung auf den Endmaßstab (z. B. 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000) alle eingetragenen Details auch noch erkennbar bleiben. Je nach Zielsetzung dieser Karte werden bestimmte, in der Natur beobachtbare oder durch andere Informationen erfaßbare Eigenschaften besonders hervorgehoben. Die verschiedenen Arten von geologischen Karten sind im Kapitel II.2.3.2. kurz beschrieben.

Für die Allgemeinheit bestimmte geologische Karten, wie sie z. B. von der Geologischen Bundesanstalt in Wien herausgegeben werden, sollen enthalten: die flächenhafte Verbreitung und Begrenzung aller unterscheid- und kartierbaren stratigraphischen („sichtalterskundlichen“) Einheiten durch Farben (Ausnahme: Quartär wird meist weiß gelassen); wenn möglich sollen auch bestimmte Signaturen die Gesteinsarten darstellen, welche diese Einheiten zusammensetzen, besonders dann, wenn diese Gesteinsarten aus verschiedenen Ablagerungsbereichen (Fazieszonen) stammen; Eintragung der Begrenzung und Art von tektonischen Körpern in bezug auf Lagerung und Lagerungsstörungen (Streichen und Fallen durch Fallzeichen, Ausstrichlinien von Brüchen, Schuppen, Deckengrenzen, Achsen von Mulden und Aufwölbungen); morphologische und hydrologische Elemente (Terrassen, Rutschhänge, Dolinen, alte Bergbauhalden, Quellaustritte, Quellsinterbildungen, Moore, unterirdische Flußläufe in Karstgebieten); sonstige Informationen (wie z. B. Bohrpunkte, Fossilfundstellen,

Bergbaue, Schächte, Stollen, Höhlen, Steinbrüche, Schotter-, Sand- und Tongruben, Aufschlüsse mit bedeutungsvollen Informationen). Bohrpunkte werden meist mit Nummern versehen, unter denen in den Erläuterungen dann nähere Angaben zu finden sind. Jede geologische Karte hat auf dem Kartenblatt den Maßstab und eine Legende für die verwendeten Farben, Symbole usw. aufzuweisen.

Die schon genannten Erläuterungen zur geologischen Karte sollen in einem eigenen Heft eine geraffte Darstellung der stratigraphischen, lithologischen (gesteinskundlichen), paläontologischen und tektonischen Ergebnisse zum besseren Verständnis der Karte bringen. Außerdem sollen hier wichtige Details, die in der Karte selbst aus Maßstabgründen nicht dargestellt werden können, beschrieben werden.

Jede geologische Karte und die dazugehörigen Erläuterungen stellen immer nur ein Resumé des Wissens des Autors oder der Autoren zur Zeit der Beendigung

der Arbeiten dar. So eine Karte ist daher eine zeitgebundene Interpretation, die sich ändern kann, wenn neue Beobachtungen oder neue wissenschaftliche Erkenntnisse eine neue Synthese erfordern. Ausgabejahr und Nennung der Autoren sind daher weitere wichtige Angaben auf der Karte.

Literaturauswahl für das Hauptkapitel II.2.2.:

BACHEM, H. Ch. 1981; BERNDT, P. & UGLEV, J. V. 1983; BETZ, D. K. L. & BERGER, Z. 1989; BODECHTEL, J. 1969; BUCHROITHNER, M. 1984; ELACHI, Ch. 1983; EREMIN, V. K., BRJUCHANOV, V. N., MACHIN, G. V. & MOCHAEV, B. N. 1979; FEDER, A. M. 1985; GEBHARDT, A. 1980; HALBOUTY, M. T. 1976 und 1980; HARRIS, St. E. jr. 1958; HINZE, C. et al. 1981; JASKOLLA, F. 1978; KEYDEL, W. 1988 und 1991; KRÖGER, H. 1990; KRONBERG, P. 1984 und 1985; LINTZ, J. jr. 1972; MARSCH, F. 1991; MÜHLFELD, R. et al. 1981; ÖTTL, H. 1987; RICHTER, K. et al. 1961; SOMMER, D. 1982; TOLLMANN, A. 1977; WIESENER, H. 1962; WILSON, H. 1963; WOOLSEY, R. & SHELTON, J. 1984; ZELT, F. 1979.

II.2.3. Auswertung der Kartierungsergebnisse und Sonderkarten

von Friedrich BRIX

II.2.3.1. Geologische Schnitte

Um eine bessere Vorstellung vom Tiefenbau des Kartierungsgebietes zu erhalten, konstruiert man aus der geologischen Karte geologische Schnitte. Für diese Tätigkeit ist die Kenntnis der Oberflächengeologie sehr bedeutsam. Die Mächtigkeit (Schichtdicke) und die Einfallswinkel von Schichten, der Ausstrich von Störungslinien (Brüche, Schuppen- und Dekkengrenzen) sind lage- und richtungsmäßig zu berücksichtigen. Durch solche Schnitte wird außerdem die geologische Karte auf ihre geologische und geometrische Richtigkeit überprüft.

Ein geologischer Schnitt ist eine zweidimensionale Darstellung, da er eine Längs- und eine Tiefenerstreckung hat. Denkt man sich die Erdkruste senkrecht aufge-

schnitten und auseinandergerückt, so würde man den vertikalen geologischen Aufbau derselben entlang der Schnittfläche sehen können (Abb. 122). Sprachlich nicht korrekt wird so ein Schnitt (englisch „cross-section“) oft auch als „Profil“ bezeichnet, obwohl man darunter eigentlich die Darstellung der vertikalen Abfolge von Schichten und Gesteinen versteht: Steinbruchprofil, Bohrprofil. Ein Profil ist daher eine eindimensionale Darstellung (ÖNORM G 1044).

Sollen die Ergebnisse von Bohrungen und geophysikalischen Messungen (Kapitel II.2.4., II.2.5. und II.3.2.) in einer bestimmten Richtung dargestellt werden, empfiehlt sich die Konstruktion eines oder mehrerer Schnitte. Dabei ist die Wahl des Schnittverlaufes bedeutsam. Es