

Inhalt und Zweckgestaltung von Baugrundkarten

Nikolaus Zadorlaky-Stettner

Anschrift:

Dr. N. Zadorlaky-Stettner
Baudepartement d. Kantons Aargau
Abteilung Tiefbau
Buchenhof
5001 Aarau

Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.

22. Bd.

S. 215—223

Wien, Dez. 1973

Die spezifische Gestaltung der baugelologischen Karten

Die anspruchsvollen Bauten unserer Zeit verlangen eine möglichst genaue Wiedergabe aller geologischen Erkenntnisse die den Baugrund betreffen. Bei der Erstellung eines Bauwerkes wird der Untergrund in die Konstruktion miteinbezogen. Die bautechnischen Eigenschaften des Bodens werden durch die Bodenkennziffern ausgedrückt. Mit diesen, durch Versuche ermittelten oder geschätzten Zahlenwerten (vor allem die innere Reibung, Kohäsion, Steifeziffer) werden die auszuführenden Baugrößen berechnet.

Für die fachgerechte Projektierung größerer Bauwerke bleiben daher boden- bzw. felsmechanische Versuche unerlässlich. Im Vorprojektstadium, sowie auch für die Regional- und Siedlungsplanung ist hingegen eine flächenhafte Orientierung über ein größeres Gebiet notwendig, bei der ein Einblick in die tieferen Schichten unter der Geländeoberfläche gegeben werden muß. Nach der Definition von POPOW (1959) müssen solche Karten die ingenieurgeologischen Eigenschaften der Gebietseinheiten (Komplexe) für beliebige Bauarten auswerten. Allerdings haben die heute üblichen Bauverfahren die Beziehung Bauwerk—Untergrund wesentlich verändert und ausgeweitet. Für moderne, tiefgründige Bauwerke genügt eine schematische Klassifizierung des Baugrundes nach der Tragfähigkeit nicht mehr.

Die Hauptaufgabe der modernen baugelologischen Karte bleibt die umfassende Darstellung der bautechnisch interessanten geologischen Einheiten, sowohl in ihrer horizontalen wie vertikalen Ausdehnung. Dabei müssen die geologischen Formationen so beschrieben bzw. charakterisiert werden, daß der Bauingenieur die für ihn notwendigen Unterlagen daraus entnehmen kann. Für eine bautechnische Fragestellung ist die Zusammenfassung historisch-geologisch verschiedenartiger, aber petrographisch ähnlicher Schichten nicht zu umgehen. Solch eine zweckmäßige Vereinfachung kann natürlich nur auf Grund umfassender Kenntnisse der geologischen Details verantwortet werden.

Die Aufzeichnung der für die Bauausführung auch in finanzieller Hinsicht sehr wichtigen hydrologischen Angaben muß meistens in einer eigenen Grundwasserkarte erfolgen. Diese kann aber erst nach einer genügenden Anzahl von Messungen, die sich zudem auf eine bestimmte, charakteristische Zeitperiode erstrecken, erstellt werden.

Das zeitraubende, manchmal jahrelang dauernde Zusammentragen der vielen sehr unterschiedlichen Grundlagen und die gewünschte, gut übersichtliche Darstellung der vielfältigen Details machen die Erstellung einer baugelologischen Karte zu einer mühsamen Angelegenheit. Es ist daher kaum verwunderlich, wenn solche Karten relativ selten veröffentlicht werden. Die meisten Kartenwerke mit dazugehörigen Bohrkarteien bleiben Manuskriptarbeiten und werden bei den städtischen Bauverwaltungen deponiert. Oft sind sie nur wenigen Eingeweihten zugänglich und können nicht von einem größeren Kreis von Fachleuten geprüft, ergänzt und weiterentwickelt werden.

Zum Inhalt der baueologischen Karten

Bevor man die mit naturwissenschaftlichen Forschungsmethoden erarbeiteten geologischen und petrographischen Ergebnisse wiedergibt ist es vorteilhaft, einige Darstellungsmöglichkeiten auf ihre Zweckmäßigkeit zu prüfen.

Schon allein die vielen Bezeichnungen wie ingenieurgeologische Karte, geotechnische Karte, Baugrundkarte, Baugrundgütekarte, baueologische Karte zeigen an, daß wir uns hier in einem nicht genau definierbaren Wissensgebiet befinden. Im folgenden wird eine Zusammenstellung der wichtigsten Darstellungsarten gegeben.

1. Die ingenieurgeologischen und geotechnischen Karten

In den ingenieurgeologischen Karten werden die geologischen und hydrologischen Erkenntnisse eines Gebietes auf eine spezielle ingenieurtechnische Fragestellung hin interpoliert. Als die ersten ingenieur-geologischen Karten dürfen wohl die Mineurkarten und Pläne des ersten Weltkrieges angesehen werden (s. in BÜLOW: Wehrgeologie 1938).

Die meisten ingenieurgeologischen Karten in Deutschland, die in den 30er und 40er Jahren entstanden, waren eigentlich Baugrundgütekarten. Für viele Detailfragen (Kraftwerkbau, Baustoffbeschaffung usw.) entwarf man ganz spezielle Pläne je nach örtlichem Bedarf. Das ist der Grund, warum in den ingenieurgeologischen Werken von BENDEL (1948), DESIO (1949), KEIL (1951) eine so große Anzahl Spezialkarten aufgezählt werden. Mit den Aufzählungen allein konnte jedoch keine Systematik in die Vielfalt der Darstellungen gebracht werden.

JANJIC (1962) hingegen sieht in seiner Zusammenstellung die ingenieurgeologischen Karten als Grundlagewerke, die „die ingenieurgeologischen Besonderheiten eines Gebietes graphisch vollkommen darstellen und Unterlage für verschiedene Arbeitsvorgänge und Spezialforschungen sein sollen“.

Ohne Zweifel findet erst POPOW (1959) eine klare Linie, indem er die analytische Karte (nur eine ingenieurtechnische Fragestellung) und die synthetische Karte (Ausscheidung verschiedener Komplexe nach Petrographie, Hydrologie, technische Klassifikationen usw.) trennt. Er unterscheidet die Karten auch nach ihren Maßstäben (Landesübersichtskarten und Projekt-Detailkarten).

Er verlangt die Berücksichtigung folgender Hauptbedingungen:

- Gesteinscharakter und Lagerungsstruktur
- Hydrologische Verhältnisse
- Darstellung der Gegenwartsgeologie (Rutschungen) einschließlich der
- klimatischen Einflüsse (Verwitterung usw.)

Für die Gesteinscharakter-Beschreibung schlägt JANJIC (1962) in den allgemeinen Übersichtskarten eine petrogenetische Klassifizierung vor. Die ingenieurgeologischen Angaben sollten nach ihm in:

- Festigkeitskomplex (Abbaubarkeit usw.)
- Beständigkeitskomplex (Verwitterbarkeit usw.)

- Stabilitätskomplex (Tragfähigkeit, Rutschgefährdung)
- Nutzbare Bausteine

eingeteilt werden.

Die zahlreichen Hinweise in der Literatur bestätigen, daß als Musterbeispiel einer ingenieurgeologischen Übersichtskarte kleinen Maßstabes die geotechnische Karte der Schweiz (DE QUERVAIN-FREY-HOFMÄNNER-JENNY 1963/67 in 4 Blätter 1 : 200 000) anerkannt wird. Durch die ausgezeichnete Darstellung der Hydrologie der Schweiz (JÄCKLI, Eclogae geol. Helv. 1967 1 : 500 000) ergänzt, geben diese Werke ein sehr gutes Bild über die ingenieurgeologischen Verhältnisse der Schweiz.

Für Spezialkarten mit größerem Maßstab wird es hingegen schwer sein, allgemeingültige Darstellungsregeln aufzustellen. Je nach der Geologie des Gebietes und der technischen Fragestellung muß eine eigene Lösung gefunden werden, wie dies im anschließenden Beispiel über die Stadt Aarau gezeigt wird.

2. Die Baugrundgütekarten (Subsoil Quality Map)

In der ersten bedeutenden Baugrundkarte MOLDENHAUERS aus Danzig ist der tragfähige Untergrund in Tiefenstufen angegeben, wobei seine Kriterien den damaligen Gründungsmethoden (normale Gründung, normaler Keller mit vertiefter Ausschachtung der Fundamente, einfache künstliche Gründung (Pfeiler), künstliche Gründung mit erheblichen Mehrkosten (Pfahlrost, Platte)) entsprechen. Über diese immer wieder aufgeführte Arbeit muß aber erwähnt werden, daß wertvolle Ausscheidungen der Originalmanuskriptkarte (1919/20) in der Publikation (1926) nicht enthalten sind. Die veröffentlichte Karte wurde so sehr vereinfacht, daß wesentliche Erkenntnisse des Verfassers nicht mehr zum Ausdruck gebracht worden sind.

Zur Entstehung der Karte war der Umstand maßgebend, daß in diesem geologisch jungen Gebiet eine mit der Tiefe zunehmende Tragfähigkeit deutlich in Erscheinung tritt. Die zuoberst liegenden unverfestigten holozänen Schichten werden im allgemeinen von festeren, vorbelasteten pleistozänen Schichten unterlagert, deren Liegendes aus tertiären und mesozoischen Gesteinen besteht.

MOLDENHAUER versuchte sehr frühzeitig, eine Differenzierung des Baugrundes in die Tiefe durchzuführen. Die späteren Arbeiten zielten eher auf eine flächenmäßige Ausscheidung der Bodenarten, die durch die Kennziffer der „Tragfähigkeit“ und „zulässige Bodenpressung“ charakterisiert worden sind.

Die Baugrundkarten wurden immer mehr auf bodenkundlicher Grundlage erstellt. Gewiß war diese Entwicklung für die Siedlungs- und Raumplanung vorteilhaft — die geologisch-petrographische Differenzierung mit ihrer technischen Bedeutung wurde aber ganz wesentlich eingeschränkt.

In den „Vorläufige Richtlinien zu Bodenuntersuchungen“ des Reichsarbeitsministers (1942) und in den Arbeiten MÜLLERS (1942) wurde der Baugrund (Geländeoberfläche bis 2 m Tiefe) von günstig bzw. sehr gut

bis zu ungünstig bzw. sehr schlecht in (meist 4) Stufen grob schematisiert eingeteilt.

Dazu muß betont werden, daß die Begriffe Tragfähigkeit und Bodenpressung in der Praxis sehr verschieden ausgelegt werden können (z. B. beim Nachweis der Grundbruchsicherheit anders als bei einer Setzungsprognose). Diese technischen Kennziffern charakterisieren die geologische Formation einseitig aus der Sicht der Streifenfundamente. Bei einer andern Fragestellung (z. B. Mantelreibung einer Pfahlgründung) oder bei Verankerungsarbeiten kann diese Klassifikation nur beschränkt für die Beschreibung des Lockergesteins berücksichtigt werden.

Größere Arbeiten nach dem Grundprinzip der Baugrundgüte-Klassifikation sind z. B. in Kiel (HABETHA), Bremerhaven (OSTENDORFF), Hildesheim (GRAUPNER), Berlin (ASSMANN) entstanden. Je nach den örtlichen geologischen Verhältnissen sind viele Details und geologische Charakterisierungen in diesen Karten mitverarbeitet worden. Einlagerungen (z. T. Torflinsen) und das Liegende konnten durch Zusatzsignaturen (Punkte, Schraffur etc.) in den meisten Fällen ausgeschieden werden.

Die Ausführungen KÖHLERS und THOMAS (1958) über den Stand der ingenieurgeologischen Kartierung in der DDR sind besonders diskussionswürdig. Die Verfasser anerkennen bodenkundliche Karten nur als „wertvolle Ergänzung der ingenieurgeologischen Übersichtskarten“. Es werden dann eine Reihe sehr interessanter Arbeiten aus Städte- und Siedlungsgebieten der DDR aufgeführt. In einigen Fällen handelt es sich um „Baugrundgüte“-Karten, während anderswo geologische Karten zusätzlich mit einer Klassifizierung nach „Baugrundgüte“ oder „Bebaubarkeit“ überarbeitet sind. Nur in drei Kartenwerken sind auch die Bohrstellen angegeben.

Nach KÖHLER und THOMAS werden einer Baugrundkarte folgende Entwicklungsstufen zugesprochen:

1. „Zugrundelegung der geologischen Kartierung in Form geologischer Einheiten nach der Art der geologischen Spezialkarten“
2. „Aussonderung baugrundgeologischer Bodengruppen“
3. „Schaffung von Baugrundtypen und Einordnung in meist 3 (zuweilen auch 4, selten 2 oder 5) Baugrundklassen (Baugrundgüte, Bebaubarkeit, Eignung als Bauland)“
4. „Angabe von Tragfähigkeits-Kennwerten z. B. in kg/cm^2 oder Tiefe des guten, tragfähigen Baugrundes“

Im weiteren wird dort noch bemerkt: „in die Betrachtung wurde die hydrologische Kartierung, die der Erfassung und Erkundung des Bodenwasserhaushaltes dient, nicht einbezogen!“

Bei den Einzelarbeiten wird von einem anderen Autor zugegeben, daß durch die Einteilung in Tragfähigkeitsgruppen wichtige Unterschiede verwischt und zudem eine quantitative Genauigkeit vorgegaukelt werde, die nicht vorhanden ist. Trotzdem werden in gewissen Darstellungen z. B. von Bohrungen, die Tiefen eingetragen, in welchen der Baugrund mit 0, 1, 2, 3 kg/cm^2 belastet werden kann (Karte für Zwickau und Dresden). In Berlin ist der „gute, tragfähige Baugrund“, mit Belastbarkeit von 2,5—3,0 kg/cm^2 in Tiefenstufen von

0—1 m, 1—2 m, 2—3 m, 3—4 m, 4—6 m, 6—10 m und mehr als 10 m ausgeschieden worden. Dem Verfasser dieser Karten mußten unerschöpfliche technische Hilfeleistungen (z. B. Messungen im Bohrloch) zur Verfügung gestanden haben!

Es stellt sich die Frage, wieweit solche Karten, in denen die geologischen Formationen mit den Belastungs-Kennziffern schematisiert werden, den Anforderungen der modernen, vielseitigen Baupraxis gerecht werden. Solche Karten stellen im Grunde genommen eine praktisch nicht erreichbare Präzision einer zugleich schwer erfaßbaren Größe dar.

3. Die baugeologischen Karten

Im Vorwort der 3. Denkschrift über den Aufbau der Stadt Hannover (1951) („Der Baugrund“) begründet GRAUPNER die Unzweckmäßigkeit der Baugrundgütekarten. Da die verschiedenen Bauwerke stark abweichende Anforderungen an den Baugrund stellen und ein allgemein gültiger Beurteilungsmaßstab für die „Güte“ des Baugrundes schwer definiert werden kann, werden in Hannover nur die natürlichen Gegebenheiten dargestellt. Es wird die obere Bodenschicht (Deckschicht), die meist ausgehoben wird, in der Übersignatur besonders ausgeschieden (bei Graupner „Schachtboden“ genannt). Die Flächenfarben geben die geologische Formation der „üblichen Gründungstiefe“ an (2 bis 10 m, Lastboden genannt). Durch Mehrfarbendruck und viele Signaturen gelang eine sehr ausführliche und deutliche Darstellung der Bodenverhältnisse, die nicht zuletzt den rund 1800 bekannten Bohrungen zu verdanken ist ($M = 1 : 10\,000$, $47,5\text{ km}^2$).

Die ausführliche Art dieser baugeologischen Karte bedingt die Erstellung einer besonderen Grundwasserkarte und einer besonderen Bohrkarte mit Tiefenstufenangabe der Bohrungen, und so entsteht eine 3-Karten Darstellung des Gebietes.

In der Baugrundkarte von Hamburg (Herausgeber: Geologisches Landesamt, 1950, $1 : 10\,000$) werden mit Farbsignaturen die an der Erdoberfläche angetroffenen Bodenarten und mit Strich- und Punktsignaturen die liegenden Bodenarten dargestellt. Die Verfasser geben in Anlehnung an die Deutsche Norm DIN 1054 („Zulässige Belastung des Baugrundes“ letzte Ausgabe Nov. 1969) in einer Tabelle Zustand (weich—hart) und „ungefähre Tragfähigkeit in kg/cm^2 “ (von 0 für Torf bis 4,0 für Geschiebesand, kiesig) der Bodenarten (Lockergesteine) an und geben offen zu, daß die Karte als erste Orientierung über die zu erwartenden Baugrundverhältnisse dient.

Die Vorteile dieser Methode, geologische Gegebenheiten aufzuzeichnen, sind offensichtlich. Zur Erfassung des Baugebietes braucht diese Darstellung allerdings sehr viele Unterlagen. Dies erklärt, warum ähnliche Arbeiten in ihrem bautechnischen Wert bzw. in ihrer geologischen Vollständigkeit nicht immer voll befriedigen können. SPÖCKER (1964) z. B. gibt nur die Mächtigkeit der „Deckschichten“ über dem Keupergrund in Nürnberg in Tiefenstufen von 0 bis 2, 2 bis 4 m und unter 4 m wieder.

In einer neuen Arbeit über die Geologie von Zürich gelang SCHINDLER

(1971) eine äußerst differenzierte Darstellung des Untergrundes ($M = 1 : 5000$). Es werden in drei Karten mit eingetragenen Bohrstellen

1. die Oberfläche des natürlichen Terrains und Beschaffenheit der Unterlage (z. B. Seekreide, Schwemmsand)
2. die Oberfläche der eiszeitlichen Ablagerungen und Beschaffenheit der Unterlage (z. B. Seeablagerungen, fluvioglaziale Schotter)
3. die Oberfläche der glazial vorbelasteten Ablagerungen (z. B. Grundmoräne und Molassefels)

aufgezeichnet. Durch die Verarbeitung vieler Details erscheinen die Karten SCHINDLERS beim ersten Anblick sehr kompliziert. Sie regen zu einer sorgfältigen Bearbeitung der technischen Probleme an und lassen dem planenden Ingenieur freien Raum zur Erarbeitung eines realistischen Baukonzeptes.

Bei einer schematischen Einteilung des Untergrundes in bautechnische „Güteklassen“ hingegen, geht die ganze konstruktive und wissenschaftliche Detailarbeit des Geologen verloren und dem Ingenieur werden trotzdem nur oberflächliche Angaben mitgeteilt.

4. Die Baugrundtypenkarten

Bei der Zusammenstellung der vorhandenen Unterlagen stößt jeder Bearbeiter eines Gebietes auf gewisse wiederkehrende Bodenprofile. So stellt GWINNER (1954) vier Grundtypen auf:

1. Sprunghafte Änderung der „Standfestigkeit“ in „normaler Gründungstiefe“ (z. B. Lehm über Fels)
2. Lockergesteine deren „Standfestigkeit“ mit der Tiefe zunimmt
3. Unregelmäßige Standfestigkeit (Einlagerungen etc.)
4. Rutschgefährdeter Baugrund

Diese Grundtypen werden durch Schraffur dargestellt. Zahlreiche Untertypen können durch Änderung der Schraffurart angegeben und in einer Tabelle ausführlich mit ihren Eigenschaften beschrieben werden (Hydrologie, Bodenart, Relieflage, Petrographie, Gründungsempfehlung, Wässerschutzempfehlung, zulässige Belastung, bautechnische Beurteilung).

Nach solchen Kriterien wurden mit großem Aufwand (Handbohrungen) Arbeiten über Bremerhaven, Göttingen und Salzgitter erstellt.

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß sich eine allgemeingültige Regel zur Erstellung von Baugrundkarten nur schwer aufstellen läßt. Bei einfachen Baugrundverhältnissen und bei kleinen Bauwerken kann auch eine Baugrundgütekarte gute Dienste leisten. Hingegen erlaubt bei komplizierten Untergrundverhältnissen eine detaillierte geologische Karte nicht mehr, genügend eindeutige technische Angaben zu übermitteln. Auch der Begriff „übliche Gründungstiefe“ kann örtlich und zeitlich anders ausgelegt werden und erschwert präzise Tiefenangaben.

Dem praktischen Geologen bleibt die Arbeit nicht erspart,

- die auszuscheidenden geologischen Formationen genau auf ihre Charakteristik zu prüfen,
- das Resultat der Prüfung der technischen Fragestellung entsprechend zusammenzufassen und schließlich

— kartographisch mit der erforderlichen Genauigkeit darzustellen und sich damit auf das Wesentliche zu beschränken.

In der nun folgenden Arbeit über die Stadt Aarau werden die geologischen Formationen als bautechnische Komplexe zusammengefaßt. Für die fundationstechnische Fragestellung werden typische geologische Profile im Stadtgebiet aufgestellt. Die Lagerung der Schichten in Aarau ist nahezu horizontal. In einer baugeologischen Karte können daher die Oberflächen der bautechnischen Komplexe, Malmschichten und Molasse, angegeben werden. Auch der Grundwasserstand wird durch Isohypsen dargestellt. Mächtige Kiesschichten und Gebiete mit starken Deckschichten (über 2 m) werden als Flächen ausgedehnt.

Literaturhinweise

- DIENEMANN, 1953: Subsoil Maps on the Basis of Engineering Geology. — 3th Int. Congr. of Soil Mechanics Session 1/4 S. 19—23. 1953 Zürich.
- GOCHT, 1965: Die neue Berliner Baugrundkarte. — Max Richter Festschrift. S. 325—330, Clausthal—Zellerfeld, 1965.
- GRAUPNER, 1950: Die Baugrundgeologie von Hildesheim. — Geol. Jb. 1943/48, **64** S. 349—402, 1950.
- GRAUPNER-DIENEMANN, 1951: Der Baugrund der Stadt Hannover. — 1951 Hannover.
- GRAUPNER, 1953: Beispiele für Ingenieurgeologische Baugrundkarten und Baugrundkarteien. — Vorträge der Baugrundtagung der Dtsch. Ges. f. Erd- u. Grundbau in Hannover. S. 65—80, 1953 Hannover.
- GWINNER, 1954: Die Anwendung der genetisch-morphologischen Bodenkunde in der Ingenieur-Geologie insbesondere zur Klassifizierung des Baugrundes auf Baugrundkarten. — Mitt. Geol. Min. Inst. TH. Stuttgart. NF 12. 1954.
- GWINNER, 1954: Geologische Baugrundkarte von Teilen des Stadtgebietes Salzgitter. Mitt. Geol. Min. Inst. TH. Stuttgart, NF 13. 1954.
- JANJIČ, 1962: Ingenieurgeologische Karten. Ztschr. Dtsch. Geol. Ges. **114/II**. S. 327—336, 1962.
- KÖHLER-THOMAS, 1958: Über den Stand der Ingenieurgeologischen Kartierungen in der DDR. Ztschr. angew. Geol. H. **2/3**, S. 86—94, 1958.
- KÖHLER-THOMAS, 1960: Vorläufer moderner Baugrundkarten. — Ztschr. angew. Geol. H. **2**, S. 81—84, 1960.
- MOLDENHAUER, 1926: Die Baugrundkarte des Danziger Stadtgebietes. — Schriften Naturforsch. Ges. Danzig NF **XVII** H. 3, 1926.
- MÜLLER, 1942: Ingenieurwissenschaftliche Geländeuntersuchung in der Stadt- und Landesplanung. Dtsch. Wasserwirtschaft **37**, H. 3, 4, 5, 1942.
- POPOV, 1959: Inzernnaja geologija Moskwa, 1959.
- SCHINDLER, 1971: Geologie von Zürich und ihre Beziehung zu Seespiegelschwankungen. Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich, **116**, H. 2. S. 283—315. 1971.
- SPÖCKER, 1964: Die geologischen und hydrologischen Verhältnisse im Untergrund von Nürnberg. — Abh. Naturhist. Ges. Nürnberg. **XXXIII**. 1964.