

Ingenieurgeologie in Nordamerika

Autor(en): **Moos, A. von**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -
Ingenieure**

Band (Jahr): **22 (1955-1956)**

Heft 62

PDF erstellt am: **16.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-188023>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ingenieurgeologie in Nordamerika

von P. D. Dr. A. VON MOOS, Zürich ¹⁾

1. Einleitung

Im Anschluß an den Dritten Internationalen Kongreß für Erdbaumechanik und Foundationstechnik, der 1953 in Zürich stattfand, wurde der Schreibende von nordamerikanischen Freunden und Kollegen eingeladen, ihr Land zu besuchen. Diese Reise, die vom April bis anfangs Juli 1954 dauerte, wurde ihm durch einen Beitrag aus dem Barth-Fonds der Eidgenössischen Technischen Hochschule und die Gewährung eines dreimonatigenurlaubes durch die Direktion der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH erleichtert, wofür auch hier bestens gedankt wird. Der Aufenthalt bot u. a. Gelegenheit, Einblicke in die nordamerikanische Arbeitsweise auf dem Grenzgebiet von Geologie und Bauingenieurwesen, d. h. der Anwendung geologischer Erkenntnisse auf Probleme der Bautechnik, zu erhalten.

Bei der Größe des Kontinents und der Vielfalt der Materie war es in der zur Verfügung stehenden Zeit von etwas mehr als drei Monaten natürlich nur möglich, einen kleinen Ausschnitt dieses riesigen Gebietes kennen zu lernen. Der nachfolgend gegebene Überblick muß deshalb einseitig und unvollständig sein und ist im wesentlichen auf die persönlichen Beobachtungen abgestellt.

2. Hochschulen

Nach einem Bericht von S. S. Philbrick, G. Rittenhouse und A. B. Cleaves des Subcommittee on Engineering Geology of the American Geological Institute bestand 1951 an 25 Hochschulen der USA die Möglichkeit, ein Studium in Ingenieurgeologie zu absolvieren. Im großen und ganzen bildet die Grundlage ein normales Geologiestudium oder aber ein Studium des Bauingenieurwesens mit den entsprechenden prädeutischen Fächern, dem in einem normalen Vierjahresprogramm noch zahlreiche technische resp. geologische Fächer angeschlossen sind, die innerhalb des Studiums rasch zu einer gewissen Spezialisierung führen. Da es in USA bis vor kurzem an einem geeigneten Lehrbuch über Ingenieurgeologie mangelte, besteht indessen wenig Einheitlichkeit im Lehrprogramm²⁾. Es hängt deshalb von der Erfahrung und vom Standpunkt der Dozenten ab, wie weit sie in der eigentlichen Vorlesung über Ingenieurgeologie, z. B. für Bauingenieure, nur eine abgekürzte allgemeine Geologie lesen, ein Spezialgebiet wie etwa die Photogeologie bevorzugen (z. B. für Geologen), oder aber eine umfassende Ingenieurgeologie darbieten (z. B. Terzaghi in Harvard).

¹⁾ Vortrag mit Lichtbildern gehalten in der Geologischen Gesellschaft Zürich, im Kollegium des Instituts für Allgemeine und Angewandte Geologie der Universität München und im Kolloquium des Geol. Inst. und des Erdbaulaboratoriums der Techn. Hochschule in Aachen.

²⁾ J. R. Schultz, A. B. Cleaves: Geology in Engineering. John Wiley and Sons, New York 1955.

Von den erfolgreichen Dozenten auf diesem Gebiete möchte ich zwei der bekanntesten älteren kurz nennen, wovon der eine von der Geologie, der andere aber vom Ingenieurwesen her kommt:

Prof. C h. P. B e r k e y, 1916—1943 Professor für Geologie an der Columbia University in New York, N.Y., war in den letzten Jahrzehnten der bekannteste Dozent für Ingenieurgeologie und gesuchter Gutachter für zahlreiche große Stollen- und Tunnelbauten, wie auch für die bedeutendsten Staumauern, wovon ich nur Hooverdam und Grand Couleedam nennen möchte. Seine Arbeiten und Gutachten zeichnen sich aus durch eine klare Erfassung der Probleme, durch eine eindeutige Beantwortung der gestellten Fragen und durch eine geologische Sprache, die auch der Ingenieur versteht. Der ihm gewidmete Jubiläumsband der Geological Society of America, der 1950 herauskam, zeugt von seinem überragenden Einfluß ³⁾.

K. T e r z a g h i, von Haus aus Maschinen- und Bauingenieur, der sich bald der Ingenieurgeologie zuwandte und dabei die Erdbaumechanik entwickelte, lehrte von 1938 bis zum Frühjahr 1955 an der Harvard University in Cambridge, Mass., in Kursen für Graduated Students über Ingenieurgeologie. Terzaghi hat es verstanden, die Grundlagen für die physikalisch-mathematische Behandlung von Ingenieurproblemen in Lockergesteinen zu schaffen, ohne dabei, was besonders aus seinen letzten Arbeiten hervorgeht, die geologischen Aspekte der Fragen zu vergessen.

Terzaghi und mit ihm viele andere, wie etwa Prof. A. B. Cleaves an der Washington University in Ohio, sind der Auffassung, daß die Lehrpläne über Ingenieurgeologie an den Hochschulen an einer zu starken Zersplitterung leiden und im Sinne einer stärkeren Konzentration auf das Wesentliche revidiert werden sollten. Einem von der American Society of Civil Engineers und der Geological Society of America—welch letztere an ihren Tagungen eine gut besuchte Sektion für die Ingenieurgeologie hat — gegründeten Joint Committee on Engineering Geology ist die Aufgabe übertragen worden, diese Frage zu prüfen und Vorschläge zu unterbreiten.

Dies beweist das große Interesse an diesen Problemen und führt uns gleichzeitig zur Frage, wie weit die Ingenieurgeologie in der Praxis zur Anwendung kommt und ihre Früchte trägt. Vorausschickend muß gleich hier bemerkt werden, daß ich auf meiner Reise eine erstaunlich große Zahl von Bauingenieuren getroffen habe, die mir im Zusammenhang mit den technischen Problemen ihrer Baustellen die geologischen Verhältnisse ihres Arbeitsgebietes sehr klar erklären konnten, was teilweise mit den häufig einfacheren geologischen Verhältnissen, zum Teil aber mit dem großen Interesse zusammenhängt, das in einem mit Naturschätzen so gesegneten Lande, wie sie die USA darstellen, der Geologie entgegengebracht wird.

3. Bundesstaatliche Organisation

Als erste, wenn auch zahlenmäßig nicht wichtigste bundesstaatliche Organisation, die sich mit technisch-geologischen Fragen abgibt, möchte ich die vor einigen Jahren gegründete *Ingenieur-Geologische Abteilung* am US Geological Survey nennen. Sie hat sich die Aufgabe gestellt, unabhängig von den speziellen Problemen des Alltags allgemeine geologische Grundlagen für die Ingenieurbauten zu schaffen. Der Schwer-

³⁾ S. Paige: Application of Geology to Engineering Practice. Berkey Volume, Geological Society of America, 1950.

punkt dieser Abteilung ist in Denver, Col. (Leitung Mr. E. B. Eckel); in Washington, dem Hauptsitz des US Geological Survey (Direktor Mr. W. E. Wrather), befindet sich eine Verbindungsstelle (Miss A. Allen). Bis heute wurden eine Reihe von Baugrundkarten einzelner Städte, wie z. B. von San Francisco, Los Angeles, Denver usw., ferner regionale Karten der Straßenbaugesteine, z. B. von Kansas, ingenieurgeologische Karten zukünftiger Reservoire, beispielsweise am Missouri, Bewässerungsgebiete und regionale Rutschgebiete, wie etwa am Lake Roosevelt, dem Reservoir hinter der Grand Couleestaumauer, bearbeitet. Unter ihrer Aegide und dem Highway Research Board ist in letzter Zeit u. a. auch eine Kommission für Rutschungen gegründet worden. Sie ist daran, ein Handbuch über diese Materie zu publizieren. In Washington werden von der oben genannten Verbindungsstelle auch englische Übersetzungen fremdsprachiger Arbeiten auf diesem Gebiet ausgeführt und veröffentlicht (Mrs. S. Britt). Von der ingenieurgeologischen Abteilung getrennt ist die ausgedehnte Grundwasserabteilung des US Geological Survey, die namentlich unter dem verstorbenen O. Meinzer eine sehr fruchtbare Entwicklung nahm.

Wenden wir uns nun von der mehr akademischen Seite der Ingenieurgeologie zu deren Anwendung in den bundesstaatlichen Institutionen, so möchte ich mit der ältesten, dem *Corps of Engineers*, beginnen. Dieser gewaltigen Organisation unterstehen Projektierung, Ausführung und Unterhalt der militärischen sowie der zivilen Bauten des Bundes-Staates, u. a. auch Flußregulierung und Hochwasserschutz, Schifffahrt, Küstenverbauung etc. Am Hauptsitz in Washington D. C. beim Office of the Chief of Engineers befindet sich auch das Hauptbureau ihrer Geologischen Abteilung (Leitung Mr. E. B. Burwell) mit einem kleinen Mitarbeiterstab, dem die Koordination obliegt und wo aber auch gewisse Entwicklungsarbeiten ausgeführt werden. Ich hatte z. B. dort Gelegenheit, eine neukonstruierte Bohrlochkamera zu sehen, mit der orientierte Farbaufnahmen der gesamten Bohrlochwandung auch im Spülwasser gemacht werden können, die dann nach Entwicklung in der Projektion auf einer zylindrischen Mattscheibe oder auf der Leinwand betrachtet werden können und außerordentlich viele Einzelheiten, wie Verwitterungen, Klüfte, Gesteinswechsel usw., erkennen lassen. Die Aufgabe des Hauptbüros und der im Lande verteilten Division Offices ist die Koordination, die Beratung und Begutachtung. So untersteht etwa dem Geologen Mr. T. F. Thompson im Division Office in San Francisco die Panamakanalzone mit ihren bekannten Rutschungen. Die Detailarbeit wird von den Districtoffice-Geologen ausgeführt. Während des Baues einer größeren Anlage wird meist zusätzlich ein örtliches geologisches Bureau eingerichtet. Als Beispiel der mannigfaltigen Arbeit eines solchen örtlichen Bureaus möchte ich dasjenige am in Ausführung begriffenen The Dalles Dam am Columbiariver erwähnen. Hier wird 300 km oberhalb der Mündung in den Pazifik und oberhalb des Bonneville Dammes ein Kraftwerk mit Schleusen und drei Fischtreppe erstellt, das bei einem Gefälle von 53 m 1 278 000 Kilowatt erzeugen soll. Der Baugrund (Aushub 2,3 Mill. m³) besteht aus miocänem Basalt. Innerhalb der Baugruben können vier verschiedene horizontal gelagerte Schmelzflüsse unterschieden werden, zwischen denen besonders längs beim Abkühlen entstandenen Rissen verwitterte Zonen mit erhöhter Durchlässigkeit auftreten. Außerdem sind Verwerfungen vorhanden, die ebenfalls durchlässig sind. Überfallbauwerk und Maschinenhaus werden neben dem heutigen Flußbett erstellt und der Fluß selbst, der hier bis — 72 m unter den Meeresspiegel ausgekolkt ist, wird nach Umleitung durch das im Entstehen begriffene Überfallbauwerk mit einem Steindamm abgedämmt. Mr. D. E. Longrhan, der örtliche Seniorgeologe, ein älterer Mineningenieur, gab mir folgendes sehr umfangreiches Arbeitsprogramm an, das er mit zwei jüngeren Geologen zu bewältigen hat:

- a) Laufende geologische Detailkartierung der Bauaufschlüsse,
- b) Entscheid über Umfang des Felsabtrages unter Sollprofil,
- c) Entscheid, ob Überprofil auf Kosten des Unternehmers oder des Bauherrn geht,
- d) Entwurf der Drainage unter dem Fundament,
- e) Tiefe der Verankerung beim Überfallbauwerk,
- f) Sicherheitskontrolle wegen lockerer Felsmasse im Aushub,
- g) Entscheid über Umfang und Tiefe der Injektionen,
- h) Wöchentliche Kontrolle der Zusammensetzung der Betonzuschlagstoffe,
- i) Berichterstattung.

Das Corps of Engineers verfügt auch über eigentliche Forschungsstellen. Der Erdbauabteilung des zentralen Forschungsinstitutes Vicksburg, Miss. (Waterways Experiment Station mit 125 Leuten) ist auch eine geologische Abteilung mit 6 Geologen (Leitung Mr. J. R. Schultz) zugeordnet, die sich neben zahlreichen zivilen und militärischen Problemen (Flugplätze, Tankbefahrbarkeit usw.) vor allem auch mit Fragen des Mississippilaufes beschäftigt.

Es sei hier z. B. auf die interessanten Publikationen über den Atchafalaya im Mississippital aufmerksam gemacht ⁴⁾, die zur Hauptsache vom Geologen Mr. Ch. R. Kolb vom Waterways Experiment Station an Hand von geologischen Interpretationen der Luftaufnahmen, Bohrungen, Wasser- und Sinkstoffgehaltmessungen ausgearbeitet wurden. Zirka alle 400—800 Jahre wird nach seinen Untersuchungen der Mississippi von einem der wenigen kleinen, längs verlaufenden Nebenflüssen, der ein stärkeres Gefälle zum Meer als der Hauptfluß besitzt, abgezapft und im Unterlauf trocken gelegt. Dieser Vorgang, der sich bis zu einem gewissen Punkte allmählich vollzieht, wird sich, sofern nicht die heute geplanten Schutzbauten erstellt werden, die 70—80 Mill. Dollars kosten, zwischen 1965 und 1975 durch den einen rechtsseitigen Seitenfluß Atchafalaya wiederholen. Diesem Gewässer flossen schon 1952 durch den 9,6 km langen Old River, einer vor einigen Jahrzehnten abgeschnittenen Mississippischleife, ca. 23 % des Mississippiwassers zu. Dieser Vorgang wurde durch künstliche Befreiung des Old Rivers von Schwemmholzmassen und Baggerung für die Schifffahrt beschleunigt. Durch diese bevorstehende vollständige Ablenkung würden 500 km des Mississippi mit zahlreichen Städten, unter denen nur Baton Rouge und New Orleans genannt seien, trocken gelegt, wo etwa am 29. Januar 1951 noch 30 000 m³/sec. Wasser mit 27 t/sec. Sinkstoffen vorbeiflossen.

Als weitere Forschungsinstitute des Corps of Engineers, an denen auch Geologen mitbeschäftigt sind, seien genannt das Frost Research Establishment in Boston, das sich mit den Frostproblemen von Straßen und Flugplätzen (Mr. Haley und Mr. Linnell) abgibt, und das Schnee-, Eis- und Frost-Establishment in Wilmette bei Chicago, das sich vor allem mit den übrigen Baufragen in der Arktis befaßt.

Die zweite staatliche Institution, die sich weitgehend die Mitarbeit der Geologen gesichert hat, ist das *Bureau of Reclamation*, das dem Departement des Innern untersteht. Es arbeitet in den trockenen Gebieten westlich des Mississippi und hat sich die Erschließung dieser Zonen durch Bewässerung zur Aufgabe gemacht. In ihrem gewaltig ausgedehnten zentralen Bureau und Laboratorium in Denver befindet sich auch das ingenieurgeologische Zentralbüro unter Mr. Irwin mit 10 Geologen und 2 Geophysikern. Diese Abteilung plant und koordiniert die Arbeiten, die im Detail von den 7 geologischen Abteilungen der regionalen Büros ausgeführt werden. Diese

⁴⁾ Waterways Experiment Station: Geological Investigation of the Atchafalaya basin and the Problem of Mississippi River diversion, April 1952.

befinden sich in Boise, Idaho (1), Sacramento, Cal. (2), Boulder City, Nevada (3), Salt Lake City, Utah (4), Amarillo, Texas (5), Billings, Montana (6) und Denver, Col. (7). Ihnen sind wieder die Baustellenbüros unterstellt. Nachfolgend sollen einige Beispiele von Bauten, die ich dank dem Entgegenkommen des Zentralbüros des Büro of Reclamation in Washington besuchen konnte, erwähnt werden.

Ausgedehnte geologische Studien, die in einer sehr schönen Monographie⁵⁾ zusammengestellt sind, wurden erstmals beim Bau der 232 m hohen Hooverstaumauer (früher Boulderstaumauer), der bis heute höchsten Staumauer der Welt, ausgeführt, die am Coloradoriver in der Nähe von Las Vegas in Nevada, 184 km oberhalb der Mündung in den Pazifik in den Dreißigerjahren erstellt wurde. Wegen stärkerer Durchklüftung, Verwerfungen und schwerer Zugänglichkeit wurde 1928 eine erste sehr gründlich untersuchte Stelle in Granit aufgegeben gegenüber der heutigen Stelle in Black Canyon, 32 km flußabwärts. Hier liegt ein wasserdichter, sehr kompakter, gut zementierter vulkanischer Tuff tertiären Alters vor, der sich trotz anfänglicher Skepsis ausgezeichnet bewährt hatte, konnten doch die großen Stollen (ϕ 16,5 m) praktisch ohne Einbau erstellt werden. Die bessere Zugänglichkeit, das kleinere Mauervolumen, die geringere Schuttmächtigkeit im Canyon und das größere Stauvolumen waren für die Wahl der zweiten Stelle ausschlaggebend. Als typisches Bauwerk des amerikanischen Westen dient er mehreren Zwecken, nämlich Hochwasserschutz, Energieerzeugung (1,32 Mill. kW), Bewässerung und Trinkwasserversorgung. Bei dieser Mauer wurden die geologischen Vorarbeiten sehr sorgfältig ausgeführt. Dies hatte seinen Grund einerseits in der Größe des Bauwerkes, das alles bisherige überragte, und andererseits in der Entrüstung, die durch den Einsturz der St. Francis-Staumauer in Californien Ende der Zwanzigerjahre hervorgerufen wurde, der ohne jegliche geologische Mitarbeit ausgeführt worden war.

Als zweites Beispiel möchte ich den Bau des 10,2 km langen *Tecolote-Tunnels* bei Santa Barbara, Californien, nennen. Dieser Tunnel soll Wasser zu Bewässerungszwecken aus einem Stausee hinter dem bereits erstellten Cachuma-Erddamm durch die Randkette in das am Pazifik gelegene Gebiet von Santa Barbara zuleiten. Er verläuft in tertiären und mesozoischen Ablagerungen (Sandsteine, Konglomerate, Ton-schiefer), die ein komplexes Gewölbe mit Verwerfungen und leichten Überschiebungen bilden. Der Stollen begegnet namentlich auf der Westseite wegen lokaler Gas-eintritte, ferner ziemlich großer Wasserzuflüsse (bei unserem Besuch im Mai 1954 320 l/sec.) und vor allem unerwartet hoher Felstemperaturen (bis 45 ° C Mai 1954) großen Schwierigkeiten. Die Verhältnisse erinnern bei Abwesenheit vulkanischer Herde an diejenigen des Simplontunnels und lassen sich heute nur durch Oberflächenwasser erklären, das durch Einsickerung in größere Tiefen gelangt, durch die geothermische Temperaturzunahme erwärmt wurde und wieder an die Oberfläche dringt. Anlässlich meines Besuches im Mai 1954 betrug die noch nicht durchschlagene mittlere Partie des Stollens 1300 m. Mr. R. E. Trefzger, der mich führte, hat als örtlicher Geologe des USBR die Aufgabe der laufenden geologischen Überwachung inklusive der detaillierten Stollenaufnahmen und der Temperaturbeobachtungen.

Auch beim Bau des 250 km langen *Friant-Kern-Bewässerungskanals* im Central Valley, am Fuße der Sierra Nevada, wurden neben 50 Ingenieuren auch 12 Geologen beschäftigt. Dies kann man begreifen, wenn man hört, daß vorgängig des Baues in der Kanalaxe alle 60 m je 6 m tiefe Bohrungen von 60 cm Durchmesser abgeteuft

⁵⁾ U.S.D. I. Bureau of Reclamation, Boulder Canyon Project. Geological Investigations, Bulletin No. 1, Part III 1950.

wurden, deren Wände von den Geologen an Ort und Stelle, d. h. im Bohrloch, inspiziert und in Profilen dargestellt werden mußten. Bei der Ausführung wurden sodann regelmäßig geologische Aufnahmen der Baugrube gemacht und die verschiedenen nach dem ersten Einstau (Abfluß 86 m³/sec.) aufgetretenen Rutschstellen sowohl in der mit Betonplatten verkleideten Partie als auch in der 28,8 km langen Partie, die eine mit Schafffußwalzen verdichtete Lehmverkleidung trägt, untersucht. Zahlreiche dieser Rutschungen waren auf die Anwesenheit von quellenden Tonen zurückzuführen. Daneben waren ausgedehnte Studien über die Grundwasserverhältnisse notwendig.

Die Institution, die die Tradition der intensiven Mitwirkung der Geologen nicht nur in Form von gelegentlich erscheinenden Experten, sondern als ständige Mitarbeiter in USA begann, ist die 1932 gegründete *Tennessee Valley Authority* mit Sitz in Knoxville, Tenn. Unter der Leitung von E. B. Eckel sen., später von B. C. Money-maker, wurde eine sehr leistungsfähige Organisation aufgebaut. Diese hatte die Aufgabe, die sehr komplizierten ingenieurgeologischen Probleme der Fundation der Stau-mauern und der Dichtung der Reservoirs im Tennesseevalley zu lösen. Sie entwickelte eine spezielle Technik der Untersuchung und Dichtung der von Höhlen und Spalten durchzogenen paläozoischen Kalkgebiete im Tennesseeetal und die detaillierten Aufnahmen solcher Karsterscheinungen, die mir bekannt sind, stammen von jenen mit großen Mitteln untersuchten Staustellen. Da die meisten Stau-mauern erstellt und die Mittel heute gedrosselt sind, ist der Geologenstab zur Zeit stark reduziert. Indessen ist die Tradition der sorgfältigen geologischen Detailaufnahmen und der intensiven Mitarbeit in allen Bauphasen inzwischen mit den ehemaligen Mitarbeitern in die andere Organisation übergegangen.

4. Staatliche Organisation

Über den Umfang der Verwendung von Geologen in der Administration der einzelnen Staaten der Union habe ich weniger erfahren. Eine prachtvoll ausgebaute geologische Anstalt mit über 50 Akademikern besitzt der Staat Illinois in Urbana, wo aber neben allgemeinen geologischen Fragen vor allem Bergbau-, Öl- und Wasser-geologie gepflegt werden. Der Staat Kansas beschäftigt in seinem Straßenbaudepartement zur Zeit etwa 15 Geologen. Unter Leitung von S. E. Horner, der leider kurz nach meinem Besuch gestorben ist, wurden an Hand von in eigener Regie ausgeführten Bohrungen in Verbindung mit sehr sorgfältigen geologischen Detailaufnahmen zum Teil mit dem Meßtisch neue Straßenzüge und insbesondere kritische Partien, wie Brücken, Hangpartien, untersucht und in detaillierten Karten, Längs- und Querprofilen dargestellt.

In Los Angeles traf ich sowohl bei der County Flood Control als auch bei der City Water and Power Development Geologen unter dem Stab der Mitarbeiter. Mr. E. G. Zielbauer bei der County Flood Control hat sich einerseits mit den geologischen Verhältnissen der verschiedenen Hochwassersperren, vor allem aber mit den geologischen Belangen der Grundwasservorkommen abzugeben. Zwei Probleme stehen hier im Vordergrund, einerseits die Versalzung durch eindringendes Meerwasser und andererseits die Setzungen durch die kombinierte Wasser- und namentlich Ölgewinnung. Im Jahre 1950 waren nach P. Baumann ⁶⁾ von 79 Grundwasserbecken in Californien durch Senkung des Grundwasserspiegels zufolge Übernutzung und

⁶⁾ P. Baumann: Experiments with freshwater barriers to prevent seawater intrusion. Journal American Waterworks Ass. Vol. 45, 1953.

dadurch bedingtem Eindringen von Meerwasser 19 gefährdet. Zwei davon liegen im Gebiet von Los Angeles. 1950 wurden erste Versuche gemacht, durch künstliche Einführung von Süßwasser und Schaffung eines Überdruckes in der Küstenzone den Vorstoß von Meerwasser zurückzudrängen. Dabei stellte es sich heraus, daß dies bei Rücksichtnahme auf die örtlichen geologischen Verhältnisse durchaus möglich ist, indem das Meerwasser ohne Mischung mit Süßwasser verdrängt werden konnte. Seit Februar 1953 ist ein neuer erfolgreicher Großversuch mit 9 Brunnen im Gange, die auf eine Strecke von 1,5 km verteilt sind und 666 m vom Meer entfernt liegen. Durch diese Brunnen wird Süßwasser (130 Liter/sec.) eingeführt und in Beobachtungsrohren die Veränderungen (Spiegel, Chemismus, Temperatur) beobachtet.

Durch die intensive Grundwassergewinnung zu Kühlzwecken für die thermischen Kraftwerke, vor allem auch durch die 1937 eingesetzte Ölexploration im Wilmingtonfeld (Tertiär bis Jura) sind dort in den letzten Jahren beträchtliche regionale Setzungen (ca. 3 cm/Monat) eingetreten, die im Gebiete der thermischen Zentrale der Southern California Edison Co. in Long Beach bis Ende 1943 den Betrag von total 4,5 m erreicht haben. Da der Setzungskörper eine schalenartige Form hat, treten im Zentrum vertikale Bewegungen, die z. B. zur Zerstörung der betonierten Kühlwasserzuleitungskanäle, am Rande aber Zugspannungen auf, die zum Abscheren der Bohrröhre in 5—600 m Tiefe geführt haben. Da das Setzungsgebiet in unmittelbarer Nähe der Küste liegt, mußten Deiche geschüttet werden, um den drohenden Einbruch des Meeres zu verhindern.

5. Privatindustrie

Die ständige Beschäftigung von Geologen für Bauaufgaben hat seit einigen Jahren auch in die Privatindustrie übergegriffen. Sowohl bei gewissen konsultierenden Ingenieuren, die sich speziell mit Baugrunduntersuchungen abgeben, als auch bei den großen Elektrizitätswerken, mit denen ich in Kontakt kam, stieß ich auf Geologen.

Die Hydro-Electric-Power Commission of Ontario, Canada, baut zur Zeit das Sir Adam Beck No. 2 Kraftwerk am Niagarafall. 1000 m³/sec. Wasser (totale Abflußmenge im Mittel ca. 6000 m³/sec.) des St. Lawrencestromes werden dabei 3,2 km oberhalb des kanadischen Falles gefaßt, durch 2 Stollen von je 15,3 m lichtigem Durchmesser 110 m unter der Stadt Niagara Falls, Ontario, durchgeführt, dann wegen einer alten mit Moränen gefüllten Talrinne (St. David's buried gorge) wieder an die Oberfläche gebracht und in einem 60 m breiten Kanal, der einen älteren Kraftwerkkanal à niveau kreuzt, zur Zentrale geführt (nutzbares Gefälle 97,3 m, Endausbau 16 Einheiten mit 1 200 000 kW). Die Führung des Stollens erfolgte in den flachliegenden Sedimenten hauptsächlich nach geologischen Gesichtspunkten, wobei danach gestrebt wurde, immer denselben festen Gesteinshorizont, einen Silurkalk als Dach im Stollen zu haben, wodurch der Stollen zufolge der geologischen Struktur einen auffallend unregelmäßigen Verlauf in der Höhe nimmt. Die Aufgabe des Geologen auf der Baustelle (Mr. Bill Duncer), der dem geologischen Hauptbureau in Toronto unterstellt ist, war die genaue Aufnahme der Bauaufschlüsse, die laufende Beratung bei der Stollenausführung, die Projektierung der Drainage, der Injektionen und die Ermittlung des Überprofils.

Hier soll noch von einem zweiten Unternehmen in Kanada, das mehr ins Grenzgebiet des Bergbaues gehört, berichtet werden, an der zahlreiche Geologen und Mineningenieure mithalfen. Am südlichen Ufer des Steep Rock Lake bei Atikokan,

Ontario, 240 km westlich des Obern Sees, wurden im letzten Jahrhundert erstmals durch Prospektoren Eisenerzfindlinge (Haematit, Goethit) gefunden. 1938 wurde mittels Bohrungen vom Eis aus festgestellt, daß die Erze am Grunde des Sees auftreten, und zwar als breiter Gang innerhalb der Gneise, Granite und im Kontakt mit Kalken des Praecambriums. Nach längeren Vorbereitungsarbeiten, die der Erstellung von Kraftleitungen, Straßen und einer Anschlußbahn dienten, wurde 1943 in zehnmonatiger Arbeit der Seine River, ein Nebenfluß des Rainy River, der zur Hudsonbay fließt und den Steep Rock Lake speist, umgeleitet und der See abgedämmt. Anschließend wurde der See, dessen Tiefe zwischen 46 und 120 m variiert, mittels 14 großer Pumpen (20 m³/sec.) entleert. Auf dem Seegrund ruht eine Schicht eines glazialen Bändertones, dessen Wassergehalt über der Fließgrenze liegt und der sich beim Kneten oder Befahren in einen Brei verwandelt. Mit Druckwasser wird dieser Ton in Böschungen 1 : 8 sukzessive abgespült und von einem Pumpensumpf in den benachbarten See gepumpt. Nach Erreichen der Felssohle konnte 1944 mit dem ersten Abbau des Erzes, dessen Vorrat auf 200 Mill. Tonnen geschätzt wird, begonnen werden.

Endlich seien zum Schluß noch zwei Beispiele von relativ kleinen privaten Büros, mit denen ich in Kontakt kam, erwähnt, die sich mit geotechnischen Fragen abgeben.

Mr. D. M. Greer hat zusammen mit seinem Geschäftspartner Mac Clelland zwei Büros für Baugrunduntersuchungen, wobei der eine Sitz in Houston, Texas, der andere in Montclair, New Jersey, südlich New York, liegt. Mit einer Equipe von Bauingenieuren, Erdbaumechnikern und Geologen, die über eine große Anzahl von Bohrmaschinen neuester Bauart und ein gut ausgerüstetes Laboratorium verfügen, arbeiten sie bei kleineren und größeren Baugrundaufgaben mit, z. B. bei den neuen Turnpikes, wobei Feldarbeit, Laboratoriumsuntersuchungen und technische Begutachtung Hand in Hand gehen.

C. A. Bays, ein Geologe in Urbana, Illinois, arbeitet mit seinen 7 Mitarbeitern, die sich aus Geologen, Geophysikern, Elektro- und Bauingenieuren rekrutieren, an Grundwasserfragen; er studiert die großen Setzungen durch Salzauslaugungen, die im März 1954 in Detroit zum Einsturz von Häusern geführt haben, und hat in letzter Zeit vor allem umfangreiche Untersuchungen zum Aufsuchen eines unterirdischen Reservoirs in einem porösen Sandstein zur Speicherung von Naturgas bei St. Louis durchgeführt, wobei, ähnlich wie in der Ölindustrie, sowohl das Bohrloch als auch das geförderte Gesteinsmaterial einer eingehenden physikalischen und petrographischen Untersuchung unterzogen wurde. Ein umfangreiches Laboratorium mit allen Einrichtungen steht zur Verfügung, in dem die zahlreichen seismischen und anderen Apparaturen und auch solche zum Verkauf hergestellt werden.

6. Zusammenfassung

Wenn ich am Schluß nochmals die Eindrücke über die Ingenieurgeologie in USA zusammenfasse, so dürfte die Äußerung von Mr. Eckel, Chef der Ingenieurgeologischen Abteilung des US Geological Survey in Denver, typisch sein: «Die Geologen», so führte er mir gegenüber aus, «sind bei uns auf dem besten Wege, die Ingenieure zu überzeugen, daß sie zu etwas zu gebrauchen sind.» Tatsächlich wurden in den letzten 20 Jahren mehr und mehr Geologen auch bei bautechnischen Fragen herbeigezogen. Dabei gestaltet sich, wie ich bereits erwähnt habe, diese Mitarbeit einerseits in vermehrter Expertentätigkeit durch Hochschullehrer und private Bureaux, andererseits aber in der zunehmenden festen Anstellung geologischer Mitarbeiter durch

die Bauherrschaften. Dies hängt u. a. auch damit zusammen, daß dank der Erziehung in den Hochschulen und der Erfahrung großer Wert auf die sorgfältige geologische Aufnahme der durch Bohrungen und Aushub geschaffenen neuen Aufschlüsse gelegt wird. Der Fortschritt dieser Arbeiten durch die modernen Baumaschinen erfordert zufolge der raschen Veränderung und des eventuellen Abschlusses der Aufschlüsse die ständige Anwesenheit der Geologen. Neben solchen rein geologischen Aufgaben haben sie nun aber in vielen Fällen auch Aufgaben erhalten, die ursprünglich der Bauingenieur inne hatte, die nun aber zufolge der sehr detaillierten Kenntnis der lokalen geologischen Verhältnisse ihnen übertragen wurden, wie etwa die Projektierung und Überwachung der Entwässerungs- und Injektionsarbeiten im Stollen- und Kraftwerkbau. Unverkennbar ist daneben bei allen geotechnischen Arbeiten das Vordringen der im Bergbau und namentlich der Ölexploration entwickelten messenden Untersuchungstechnik.

Aus all den Feststellungen geht hervor, daß wir die Arbeiten unserer amerikanischen Kollegen aufmerksam verfolgen sollten, auch wenn wir, da uns im allgemeinen kleinere Mittel zur Verfügung stehen, nicht alles ohne weiteres übernehmen können.

Zum Schlusse möchte ich noch betonen, wie zuvorkommend ich an allen Stellen von den Geologen und Ingenieuren empfangen wurde und wie offen sie von ihren Arbeiten und Erfahrungen, Erfolgen und auch ihren Mißerfolgen erzählten.

Manuskript eingegangen am 11. Juni 1955.