

# Baugrunderfahrungen in aussereuropäischen Mittelmeerländern

Autor(en): **Rieder, Urs**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 30-31

PDF erstellt am: **06.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85775>

## **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.

# Baugrunderfahrungen in aussereuropäischen Mittelmeerländern

In den 25 Jahren seit ihrer Gründung war die Geotest oft auch in afrikanischen und asiatischen Mittelmeerländern als Beraterin für Baugrundprobleme tätig. Aus den rund 40 bearbeiteten Objekten (Bild 1) werden hier zehn geotechnisch interessante Beispiele herausgegriffen. Eine systematische Behandlung ist dabei aus Platzgründen natürlich nicht möglich.

## Algerien

Der Auftakt zu einer Reihe von Arbeiten erfolgte 1973 eher durch Zufall; wir wurden um Erläuterungen zu einem

VON URS RIEDER,  
ZOLLIKOFEN

Bericht einer ausländischen Firma mit gleichem Namen ersucht, welche aber mit unserer Firma keinerlei Verbindungen hat. Es handelte sich um Baugrunduntersuchungen für die Schraubenfabrik in Ain el Kebira, deren Baugelände auf 1000 m ü.M. an einem Abhang der Berge der kleinen Kabylei liegt.

Da die Resultate der vorliegenden statischen Drucksondierungen eher erratisch waren, liessen wir noch Baggerschlitzte ausheben. Diese zeigten eine Deckschicht aus Ton mit Kies und Steinen und darunter unterschiedlich verwitterte Tonschiefer. Hier stellte sich das Problem des Quellens. Diese Phänomene waren damals für uns Schweizer Geotechniker noch eher unge-

wohnt, doch sollten wir damit noch reichlich Erfahrungen an den verschiedensten Objekten sammeln.

In Ain el Kebira wurde versucht, die möglichen Schadenursachen zu eliminieren, d.h. das Hang- und Oberflächenwasser mittels Entwässerungen von den quellfähigen, durch den Aushub einer riesigen Plattform entlasteten tonigen Materialien fernzuhalten, was offenbar gelang. In letzter Zeit scheinen zwar stellenweise einige Verformungen aufgetreten zu sein, welche möglicherweise auf ungenügenden Unterhalt der Entwässerungen zurückzuführen sind – auch dies ein Problem, dem wir noch oft begegnen sollten.

1974 untersuchten wir ein Gelände von rund 40 ha für eine Schraubenfabrik in Oued Rhiou, und zwar mit einer grossen Zahl von Rotary-Bohrungen, Rammsondierungen, Baggerschlitzten mit Plattenversuchen, Laboruntersuchungen usw. Das Gelände liegt am Rande der Ebene des Flusses Chelif (Bild 2). Die tonigen und quellfähigen Flusssedimente überdecken in der Ebene die mehr siltig-sandigen Hangböden. Wir empfahlen daher, die Fabrik mög-

lichst weit von der Ebene in Richtung Hang zu schieben, da dort normale Fundationen mit Pressungen bis  $300 \text{ kN/m}^2$  ohne besondere Erschwerisse möglich waren. Im Laufe der Baugrunduntersuchungen stellten wir ausserdem fest, dass in Hangnähe das Grundwasser meist süss, in der Ebene dagegen salzig war. Unsere geophysikalischen und hydrogeologischen Zusatzuntersuchungen im Jahre 1976 bestätigten den seitlichen Zufluss von Süsswasser aus dem Kalkgebirge, was entgegen den pessimistischen Prognosen der lokalen Behörden den Bau einer eigenen Wasserfassung für die Fabrik ermöglichte.

Die aufgrund von Literaturstudien bekannte Seismizität der Region wurde bei der Planung berücksichtigt. Das Erdbeben von 1980, welches das 40 km entfernte El Asnam grossenteils zerstörte, hatte daher hier glücklicherweise keine Folgen.

Das Baugelände der Besteckfabrik Bordj Menaiel liegt auf einer Hügelkuppe. Die feste Konsistenz des aus Tonen und Mergeln bestehenden Untergrundes erlaubte Fundamentpressungen von 200 bis  $300 \text{ kN/m}^2$ . Da Grundwasser fehlte, stellte auch die Quellfähigkeit nicht allzu grosse Probleme. Immerhin musste die ungewollte künstliche Wasserzufuhr aus defekten Leitungen o.ä. verhindert werden. Wir empfahlen zu diesem Zweck sorgfältige Entwässerungen, welche durch die Hügelgallage erleichtert wurden.

Es ist bezeichnend, dass wir unsere Untersuchungen zuerst zweimal für später wieder fallengelassene Gelände offeriert hatten. Auf dem dritten Gelände

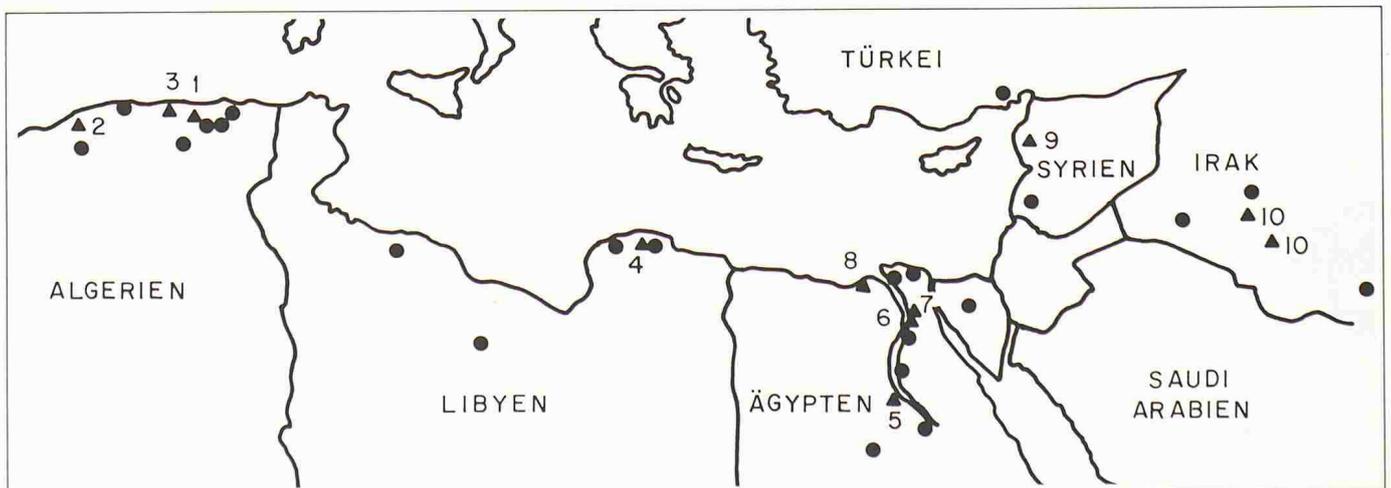


Bild 1. Übersichtsplan der besprochenen Objekte: 1 Ain el Kebira, 2 Oued Rhiou, 3 Bordj Menaiel, 4 El Beida, 5 Assiut, 6 Helwan, 7 Tourah, 8 El Ameriya, 9 Mehardeh, 10 Kerbala, Najaf (durch Dreiecke dargestellt; Kreise = andere untersuchte Objekte)

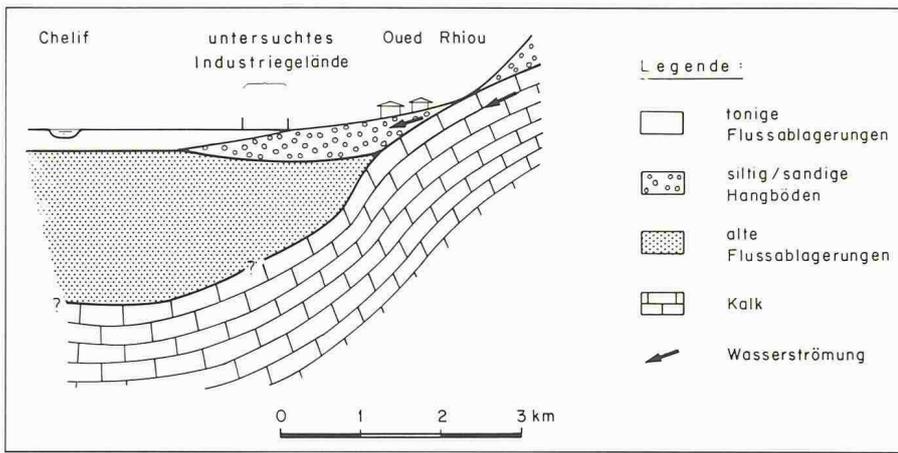


Bild 2. Oued Rhiou, geologischer Schnitt

erfolgten dann unsere Untersuchungen, doch wurde der Bau nachher erneut verschoben, aber diesmal nur an den Rand des untersuchten Gebietes. Die Untersuchungsergebnisse mussten daher extrapoliert werden, was infolge der Homogenität des Untergrundes noch knapp möglich war.

**Libyen**

Der Bau der Landwirtschaftsfakultät El Beida der Universität Benghazi stellte ganz andere Fragen: Wir erkundeten die Oberfläche des in geringer Tiefe anstehenden Kalkes mittels Refraktionsseismik und einiger Baggerschlitzte. Aufgrund der gemessenen seismischen Geschwindigkeiten beurteilten wir den Fels als relativ weich und leicht abbaubar, was sich bei den Aushubarbeiten bestätigte. Problematischer war die Wiederverwendung des Aushubmate-

rials als Schüttung unter den Neubauten. Im nassen Winterwetter war eine rasche Verwitterung bis zum Zerfall der Kalkbruchstücke zu erwarten. Um daraus resultierende Setzungen zu vermeiden, musste eine möglichst hohlraumarme Schüttung angestrebt werden. Das zweckmässige Vorgehen konnte durch Untersuchungen in einem Feldlabor sowie Schütt- und Verdichtungsversuche unter unserer örtlichen Leitung erarbeitet werden.

**Ägypten**

Bei der Zementfabrik westlich von Assiut war die Quellfähigkeit der Tone schon 1980 im Stadium der Planung festgestellt worden, einerseits durch Quellversuche im Ödometer, andererseits durch Untersuchungen mittels Röntgen-Diffraktometer, welche hohe Anteile an Montmorillonit, dem mit Abstand quellfähigsten Tonmineral, zeigten.

Es wurden daher Massnahmen zur Verhinderung der Versickerung von Wasser vorgesehen: Anordnung der Wasser- und Abwasserleitungen in Betonkanälen und undurchlässige Abdeckung des Bodens in Bereichen, wo Spritzwasser zu erwarten war. 1986, nach 2 Jahren Betrieb, wurden Hebungen eines Drehofen-Fundamentes in der Gröszenordnung von einigen Zentimetern gemeldet, was für das Funktionieren von Lagern bereits kritisch ist. Trotz aller Vorsichtsmassnahmen war es offenbar zur Infiltration von Wasser gekommen. Einerseits trug der praktisch ständige aus der gleichen Richtung wehende Wind das Sprühwasser einer grossen Kühlanlage über den Rand des Auffangbeckens hinaus, andererseits wurden Wasseransammlungen in Schächten als Resultat undichter Leitungen festgestellt. Neue Messungen zeigten dann keine Hebungen mehr. Ob dies eine Folge der inzwischen unternommenen Wasserabdichtungsmassnah-

men war oder ob gar keine Hebungen aufgetreten waren, konnte nicht festgestellt werden. Dass Hebungen manchmal recht drastische Folgen haben, war aber an einem weitgehend zerrissenen Büro- und Werkstattgebäude aus demselben Werk ersichtlich.

Vom Neubau der Zementfabrik Helwan (am rechten Nilufer, etwa 20 km südlich von Kairo) sind die Silos der Linie I von besonderem geotechnischen Interesse (Bild 3). Zwei Silos von je rund 70 m Höhe stehen auf einer gemeinsamen steifen Fundamentplatte mit den Abmessungen von rund 50 m x 25 m x 3 m. Das Gesamtgewicht beträgt maximal 64 400 t, die entsprechende mittlere Pressung rund 600 kN/m<sup>2</sup>. Bohrungen und Schächte zeigten, dass der Untergrund im oberen Bereich aus dicht gelagertem Sand, darunter aus sehr steifem Ton besteht. Die Tragfähigkeitsberechnungen ergaben für den drainierten Zustand eine genügende Sicherheit, für den undrainierten Zustand (d.h. während der Erstbelastung) war die rechnerische Sicherheit dagegen knapp. Wir empfahlen daher, die Erstbelastung kontrolliert in Stufen und unter Beobachtung der Setzungen durchzuführen.

Wir hatten Setzungen in einer Spanne von 11 bis 30 cm (als Extremwerte) berechnet. Um Verkippungen zu vermeiden, empfahlen wir, beide Silos bei der ersten Füllung gleichmässig und kontrolliert zu beladen. Diese Vorschriften wurden grösstenteils befolgt, abgesehen von einer unbeabsichtigten einseitigen Lastvergrösserung um 6000 t. Diese bewirkte einen einseitigen Setzungsschub von etwa 1 cm mit einer bleibenden Verkippung. Die nach 4 Jahren tatsächlich erreichten Werte von 10 bis 15 cm Setzung und rund 1‰ Verkippung liegen im Rahmen des Zulässigen und Erwarteten. Im Gegensatz zu anfänglichen Befürchtungen war die theoretisch zu erwartende Beeinflussung der nur wenig weit entfernten Nachbarbauten durch die Setzungsmulde der Silos gering und ohne Probleme. Der nicht ganz risikolose Verzicht auf eine Pfahlfundation hat sich somit gelohnt. Hätte wohl ein Schweizer Bauherr in einer ähnlichen Situation eine Lösung mit vorausgesagten Setzungen von 1 bis 3 Dezimetern ebenfalls akzeptiert?

Einige Schwierigkeiten bezüglich Fundationen traten hingegen beim Neubau einer Zementfabrik in Tourah (1983-1986) auf. Das Baugelände liegt im Bereich alter Steinbrüche zwischen Helwan und Kairo, wo die Pharaonen die Kalkblöcke für den Bau der Pyramiden hatten brechen lassen. Im Laufe der Jahrtausende wurden die Brüche wieder von Hangschutt und Flussablage-

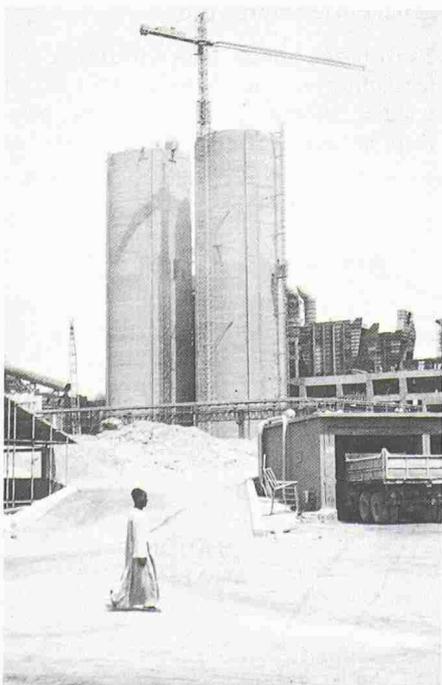


Bild 3. Helwan, Homo-Silos

rungen überdeckt. Die vorliegenden Beurteilungen des sehr inhomogenen Baugrunds waren entsprechend widersprüchlich. Ein lokaler Geotechniker hatte Pfahlfundationen auf den Fels empfohlen; der geotechnische Berater des französischen Generalunternehmers sah dagegen in höherliegenden Sandschichten Fundamentpressungen bis  $1 \text{ MN/m}^2$  vor. Als Berater der Bauleitung versuchten wir, zwischen diesen Extremen zu vermitteln.

Nachdem beim Aushub für die relativ setzungsempfindlichen Fundamente des Drehofens grobblockiger, hohlraumreicher Schutt bis auf den Fels ausgeräumt und ersetzt worden war, spitzte sich die Diskussion bei den Fundationen der 76 m hohen Silos zu. Der Generalunternehmer wies mit grossmassstäblichen Plattenversuchen in den Deckschichten eine Tragfähigkeit von  $1 \text{ MN/m}^2$  nach, worauf die von ihm vorgeschlagenen Ringfundamente mit Bodenpressungen von  $700 \text{ kN/m}^2$ , wenn auch mit Vorbehalten, akzeptiert werden mussten (Bild 4).

Unter dem Eigengewicht (je 13 000 t) der beiden Silos traten nur Setzungen von rund 1 bis 3 cm auf. Auch die stufenweise aufgebrachte Nutzlast bewirkte anfänglich nur geringe Setzungen. Als Folge eines grösseren Lastsprunges von 2500 auf 7000 t Nutzlast traten aber beim Silo 1 plötzlich stark überproportionale Setzungen von über 10 cm auf, die auch nach Teilentlastung des Silos noch andauernd stark zunahm (Bild 5). Gleichzeitig erfolgte eine Verkipfung von 1,5%. Der in geringer Distanz daneben stehende Silo 2 wurde durch diese Vorgänge vorerst relativ wenig beeinflusst, bis ein kurzfristiger unbeabsichtigter Lastsprung von vorher max. 10 000 t auf 13 200 t Nutzlast plötzlich analoge Erscheinungen auslöste. Die Verkipfung erreichte hier sogar 5%. Die im Bereich der Silos eher rudimentären Voruntersuchungen des Generalunternehmers hatten über dem Fels Sand erwarten lassen. Neue Sondierbohrungen zeigten nun aber einen erheblichen Anteil toniger Materialien. Bodenproben im Ödometer reagierten auf Wasserzugabe mit einer leichten Volumenverminderung. Ein Sondierschacht von 9 m Tiefe zeigte Blocklagen mit grossen Hohlräumen, worauf Injektionen zur Verfüllung dieser Hohlräume und nach Möglichkeit zur Verfestigung der übrigen Schichten beschlossen und ausgeführt wurden. 80 Bohrungen wurden vertikal als «Vorhang» rund um die beiden Silos ausgeführt, welche bei druckloser Verfüllung insgesamt etwa 360 t Zement aufnahmen. Die Aufnahme pro Bohrung betrug anfänglich bis 20 t, ging dann aber auf we-

niger als 1 t zurück. Im Innern dieses «Vorhanges» wurden anschliessend rund 130 weitere Bohrungen schief unter die Silos vorgetrieben und mit Drücken bis 15 bar verpresst, wobei etwa 1700 t Zement aufgenommen wurden. Während den Injektionen vergrösserten sich die Setzungen trotz reduzierter Nutzlast um weitere 5 cm. Nach Abschluss der Injektionen nahmen die Setzungen von Silo 1 nur noch geringfügig zu, hingegen setzte sich Silo 2 weiterhin rund 15 bis 30 mm pro Monat (Bild 5).

Es wurde daher für die beiden Silos ein Füllversuch von 20 Tagen Dauer durchgeführt. Silo 2 setzte sich dabei erneut um 14 mm, doch nahm die Setzungsgeschwindigkeit seither merklich ab.

Der Baugrund des thermischen Kraftwerkes El Ameriya in der Nähe von Alexandria stellte wiederum ganz andere Probleme. Es handelt sich um einen überkonsolidierten, ziemlich störungsempfindlichen, aber nicht quellfähigen Ton. Die ohne unsere Mitwirkung vorgängig ausgeführten Sondierbohrungen hatten offenbar nur stark gestörte Proben zu Tage gefördert, die bei der Laboruntersuchung eine grosse Setzungsempfindlichkeit zeigten. Die vom schweizerischen Generalunternehmer eingegangene vertragliche Verpflichtung, Fundationen mit rechnerisch nachweisba-

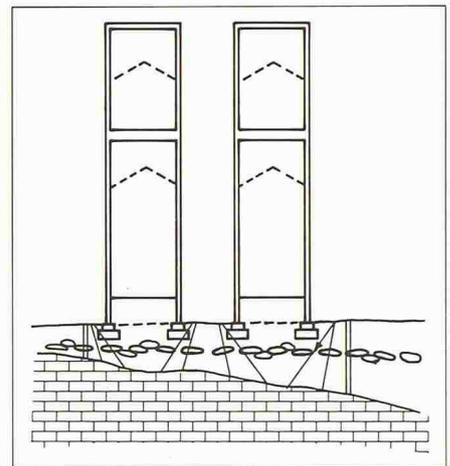


Bild 4. Tourah, Schnitt durch Homo-Silos (mit Injektionen), links Silo 1, rechts Silo 2

ren Setzungen von höchstens 3 cm zu erstellen, hätte aufgrund dieser Resultate für die schweren Objekte Pfahlfundationen bedingt. An ungestörten Proben aus Baggerschlitzen gelang uns der Nachweis, dass die Setzungsempfindlichkeit der Schichten im Fundamentbereich dieser Anlagen viel kleiner ist, als aufgrund der Proben aus den Bohrungen angenommen werden musste. Auf die Pfahlfundationen konnte daher schliesslich verzichtet werden.

In den Schlitzen überraschte der grosse Grundwasserzufluss durch den mit Ris-

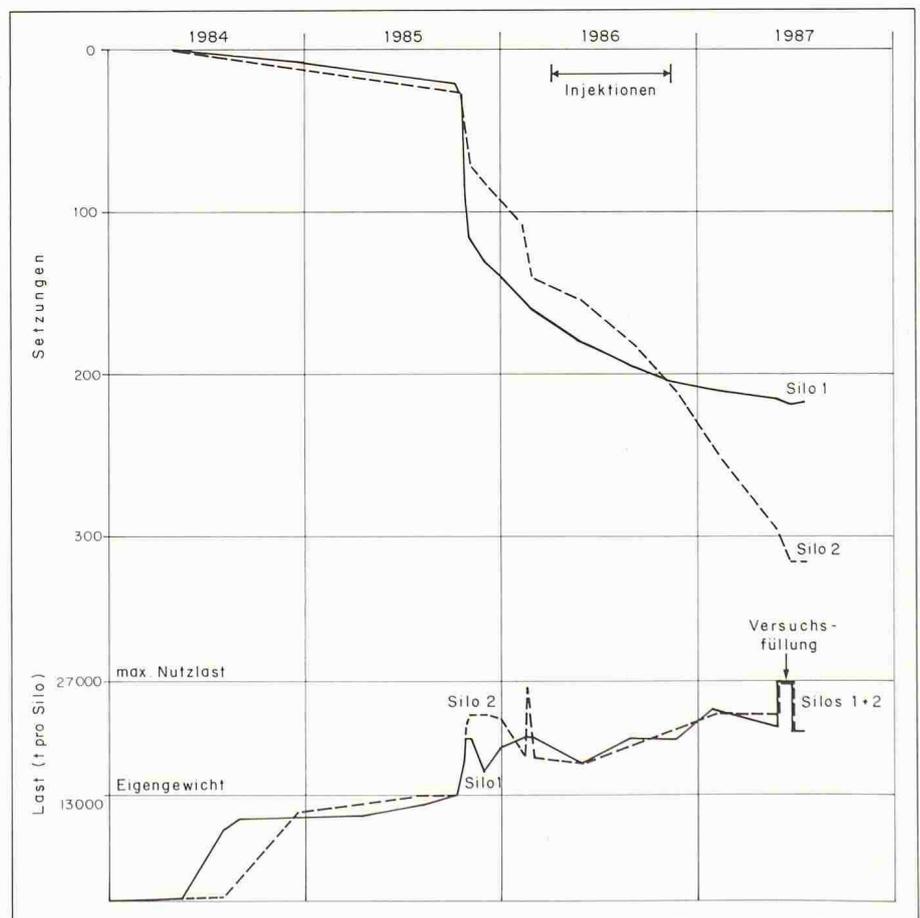


Bild 5. Tourah, Setzungsverlauf der Homo-Silos (Setzungen in mm)

sen durchsetzten Ton, stellt man sich Ton doch sonst eher als sehr wenig durchlässig vor. Der Bauherr stellte die Forderung, dass alle Bauten unter dem Grundwasser zu fundieren seien, da Setzungen beim Ansteigen des Grundwasserspiegels (als Folge der landwirtschaftlichen Bewässerung) befürchtet wurden. An einem Nachbargebäude waren ausserdem Setzungsschäden nach einem Leitungsbruch aufgetreten. An Proben aus dem Bereich über dem Grundwasserspiegel bestätigte sich bei zusätzlichen Laboruntersuchungen im Ödometer eine gewisse Zunahme der Setzungen bei Wasserzugabe. Die erwähnte Forderung musste daher akzeptiert werden, obwohl sie erhebliche Mehrkosten für die Fundationen der leichteren Bauten verursachte.

### Syrien

Die Bohrungen für die Erweiterung des thermischen Kraftwerkes Mehrardeh ergaben im Fels oft nur 10 bis 30% Kernaubeute. Mit den zur Verfügung stehenden Geräten konnten aber trotz aller Bemühungen keine besseren Resultate erreicht werden. Angesichts der Inhomogenität des Untergrundes wurde das Erarbeiten des Baugrundmodells zum Puzzlespiel. Glücklicherweise konnten auch hier die obersten Schichten mit wesentlich aufschlussreicheren Schlitzern erkundet werden.

Unter Tonen und zementiertem Kies folgen Mergel und stark zerklüftete und verkarstete Kalke. Der Bauherr war sensibilisiert durch Karsthöhlen, welche beim Bau der ersten Kraftwerksetappe angetroffen worden waren. Zuerst planten wir, das Vorhandensein von allfälligen Höhlen unter den Hauptfundamenten mittels eines Bodenradars zu untersuchen. Die sehr empfindlichen Geräte erreichten jedoch die Baustelle erst mit grosser Verzögerung und in stark beschädigtem Zustand.

Unter den kritischen Bauwerksteilen der Erweiterung wurden daher Kontrollbohrungen in Abständen von 2 bis 3 m ausgeführt, welche anschliessend drucklos mit Zementmörtel verfüllt wurden. Grössere Hohlräume wurden beim Bohren nicht angetroffen, aber einzelne Bohrungen nahmen in mehreren Phasen 30 t und mehr Zement auf, was die Durchlässigkeit des Kalkes illu-

striert. Die rund 250 Bohrungen von meistens 10 m Länge nahmen insgesamt 750 t Zement auf.

Geräte für Hochdruckinjektionen wären nicht oder nur mit grossen Verzögerungen verfügbar gewesen. Durch systematisch angeordnete Zusatzbohrungen und Injektionen konnte jedoch nachgewiesen werden, dass der Zweck des Füllens der grösseren Hohlräume und Klüfte mit dem angewandten einfachen Injektionsverfahren erreicht worden war.

Beim Fundamentaushub zeigten sich dann wie erwartet einzelne, mit Lockergestein gefüllte Karstlöcher in der Felsoberfläche, welche ausgeräumt und mit Beton verfüllt werden konnten.

### Irak

Diese Region wird hier aufgrund ihrer speziellen Probleme kurz erwähnt. Unsere Baugrunduntersuchungen für Bausteinfabriken bei Kerbala und Najaf zeigten im Sanduntergrund bis 30% und mehr Gips. Dank der daraus resultierenden Zementierung genügten Tragfähigkeit und Zusammendrückbarkeit bei Fundamentpressungen von 200 kN/m<sup>2</sup> ohne weiteres. Probleme stellten sich dagegen bezüglich Betonaggressivität im Fundationsbereich. Sulfatresistenter Zement allein genügte nicht; der Beton musste zusätzlich durch Anstriche oder Folien geschützt werden. Weiter musste befürchtet werden, dass versickerndes Wasser – aus undichten Leitungen oder Niederschlägen – örtlich Gips auflösen und dadurch Setzungen bewirken könnte. Eine Bohrung traf auf einen Hohlraum, was die Aktualität dieses Problems unterstrich. Dies bedingte dieselben Schutzmassnahmen zur Verhinderung von Wasserversickerung wie anderswo zur Vermeidung des gegenteiligen Phänomens, der Hebungen infolge Quellens.

### Folgerungen

Für den Geotechnikingenieur ist es wesentlich, sich für seine Beurteilung und Empfehlungen möglichst gute und umfassende Grundlagen über den Aufbau und die Eigenschaften des Untergrundes zu verschaffen. Früher war es oft möglich, Baugrunduntersuchungen im

Ausland mit Personal und zum Teil auch Geräten aus der Schweiz durchzuführen, und somit selbst für den gewünschten Standard zu sorgen. Dies war, mindestens teilweise, für die hier beschriebenen Arbeiten in Algerien der Fall.

Heute müssen die Baugrunduntersuchungen aus preislichen oder politischen Gründen sehr oft an lokale Firmen vergeben werden. Die Leiter dieser Firmen verfügen zwar teilweise über eine gute theoretische Ausbildung an bekannten europäischen oder amerikanischen Universitäten, was aber baupraktisch sinnvolle Lösungen noch nicht garantiert. Der schweizerische Geotechniker muss sich auf die Begleitung der Arbeiten der örtlichen Firma und die Beratung seines Auftraggebers beschränken. Der Berater sieht sich dabei manchmal in schwierigen Situationen, die er aufgrund seiner Intuition und Erfahrung möglichst gut zu lösen versuchen muss.

Um möglichst gute Unterlagen zu erhalten, versuchen wir, uns bereits in die Planung des Untersuchungsprogrammes einzuschalten. In der Regel sollte dieses Schlitz einerschliessen. Ein Bagger ist in den anvisierten Ländern viel leichter verfügbar als ein gutes Bohrgerät. Falls grössere Tiefen erreicht werden müssen, sind auch Handschächte dank tiefem Grundwasserspiegel und guter Standfestigkeit der Böden oft eine nützliche Alternative.

Bei Bohrungen ist zu beachten, dass die lokal verfügbaren Bohrverfahren und -geräte wie auch der Standard der Arbeiten von den Verhältnissen bei uns oft stark abweichen. Die Resultate sind mit den entsprechenden Vorbehalten zu bewerten.

Wir legen immer Wert auf Besuche des Geländes während den Sondierarbeiten, insbesondere während der Ausführung der Schlitz- oder Schächte wie auch auf die Entnahme von Materialproben für Vergleichsuntersuchungen in unserem Laboratorium.

Die Geotest dankt ihren Auftraggebern und den andern an der Planung und Ausführung dieser Bauten beteiligten Firmen für die gute Zusammenarbeit.

Adresse des Verfassers: U. Rieder, dipl. Ing. ETH/SIA, Leiter der Abteilung Geotechnik, Geotest AG, Birkenstrasse 15, 3052 Zollikofen.