Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 79 (1961)
Heft: 28

Artikel: Die Absenkung des Betonschachtes mittels thixotroper Flüssigkeiten
Autor: Fehlmann, H.B.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-65566

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: 22.07.2025

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

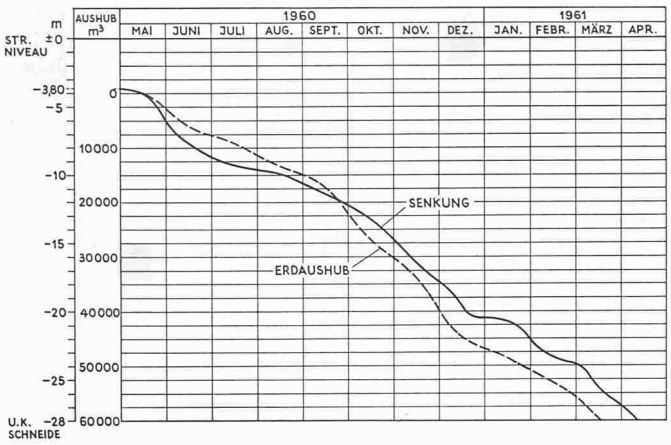

Bild 9. Senkungsdiagramm des Brunnens

Turmdrehkräne für die Betonierung und Kübelhebung, auf einer Kreisschienenbahn beweglicher Eimerkettenbagger für Erdaushub neben der Schneide und ein Löffelbagger für Erdaushub in der Mitte. In der 2. Etappe: vier Turmdrehkräne, ein Gradal statt des Eimerkettenbaggers und zwei Löffelbagger.

Um eine gleichmässige Absenkung zu gewähren, war eine Mechanisierung notwendig, die den Boden neben der Schneide möglichst gleichmässig, mit einer Genauigkeit bis zu 10 cm beseitigen kann. Die Erfahrungen mit dem Eimerkettenbagger waren nicht sehr günstig, nachdem diese Maschine, die zwar sehr genau arbeitete, eine ungenügende Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit aufwies. Der Gradal dagegen arbeitete ohne Störungen einwandfrei.

Die Senkung des Brunnens ist von dem geleisteten Erdaushub neben der Schneide abhängig. Bild 9 zeigt die Senkungsdiagramme des Brunnens. Die mittlere Senkung des Brunnens betrug in der 1. Etappe 0,77 m/Woche, in der 2. Etappe 0,62 m/Woche.

Die Schiefstellung hängt von der Gleichmässigkeit des Bodens und derjenigen des Erdaushubs neben der Schneide ab. Die jeweilige genaue Lage des Brunnens wurde mit Hilfe eines in den Brunnen eingebauten Messystems bestimmt. Die Korrektion der Schiefstellung ist mit Mehraushub neben dem höher liegenden Schneideteil zu erreichen. Die Schiefstellungen variieren vertikal gemessen, in der 1. Etappe von rd. 20 bis 40 cm, in der 2. Etappe von rd. 5 bis 15 cm.

Bild 10. Luftaufnahme der Baustelle der 1. Senkungsetappe

Eisenbeton-Arbeiten. Die Schalung für die Aussenwände und Deckenringe bestand aus Holztafeln, typisiert und mehrmals angewendet. Der Brunnen ist aus Spezial-Beton hergestellt, mit 400 kg/cm² Würfelfestigkeit. Die Armierung für die ganze Garage besteht aus Ultra-Box-Stahl, der mit 2400 bis 2800 kg/cm² ausgenützt wurde. Der Brunnen enthält 5000 m³ Eisenbeton und wiegt rund 12 500 t, was einer Schneidenbelastung von 72 t/m entspricht. Die Bilder 10 bis 15 zeigen verschiedene Stadien der Ausführung des Bauwerks.

Zur Verarbeitung gelangen total rd. 13 500 m³ Beton mit einem Armierungsgewicht von rd. 1280 t und rd. 60 000 m³ Aushub, teilweise unterwasser, mit Abtransport. Die Reaktion auf der Fundamentplatte einschl. Gebäudelasten im Endzustand ist rd. 1,70 kg/cm².

Die Bewegungen in der Umgebung wurden während der Absenkung ständig kontrolliert. Rund 60 Fixpunkte wurden allseitig in den Strassenbelag sowie in die Wände der umliegenden Gebäude eingebaut. Das monatlich durchgeführte Präzisions-Nivellement zeigte, dass die Bewegungen während der Senkung und des Erdaushubs sehr gering waren (in der Grössenordnung von Millimetern).

Betonspannungen. Um die Berechnungsannahmen für Erddruck und Schneidenreaktion-Verteilung sowie die gerechneten Beanspruchungen zu überprüfen, wurden in 14 Brunnenquerschnitten je 10, insgesamt 140 Stahlbolzen-Paare einbetoniert, die während der Absenkung durch Deformationsmessungen den wirklichen Spannungszustand im Brunnen zu bestimmen ermöglichten. Die untenstehende Tabelle zeigt die Messresultate, korrigiert mit den Temperaturänderungen und Schwinden, sowie die gerechneten Werte. Die gute Uebereinstimmung bestätigt die Richtigkeit unserer Annahmen und Berechnungen.

Tabelle 2 Vergleich der mittleren Betondruckspannungen

Schneide UK. in Tiefe	in der Schneide gemessen kg/cm²	in der Schneide gerechnet kg/cm²	im obern Deckenring gemessen kg/cm²	im obern Deckenring gerechnet kg/cm²
— 13,20	47	max. 44	42	max. 59
— 15,00	44		32	
— 18,10	51		42	
— 21,40	52		58	

Zusammenfassung

Die guten Erfahrungen mit der Absenkung des bisher grössten Senkkastens (Grundfläche 2580 m²) bieten weitere Anwendungsmöglichkeiten für ähnliche unterirdische Bauten. Auch wirtschaftlich ist diese Lösung absolut tragbar, die Gesamtkosten ergeben pro Wagen-Einstellplatz rd. 12 000 Fr. Baujahre 1959 bis 1961.

Das ganze Bauwerk wird auf privater Basis durchgeführt unter der organisatorischen Leitung von Direktor *E. Gelbert,* Genf.

Die Absenkung des Betonschachtes mittels thixotroper Flüssigkeiten

Von **H. B. Fehlmann,** dipl. Ing. E.T.H./S.I.A., Ingenieurbüro, Zürich[1])

Nachdem das Absenkverfahren mittelst thixotroper Flüssigkeiten schon früher eingehend erörtert worden ist (siehe Schweiz. Bauzeitung 1958, Heft 40, S. 595), sollen an dieser Stelle nur kurz die besonderen Vorteile dieser Arbeitsmethoden beschrieben werden.

Die thixotrope Flüssigkeit wird rund um das Bauwerk von unten nach oben eingespritzt und bildet eine feine

[1]) Vortrag (erweitert), gehalten bei Anlass der 5. Hauptversammlung der Schweizerischen Gesellschaft für Bodenmechanik und Erdbautechnik in Nyon (VD).

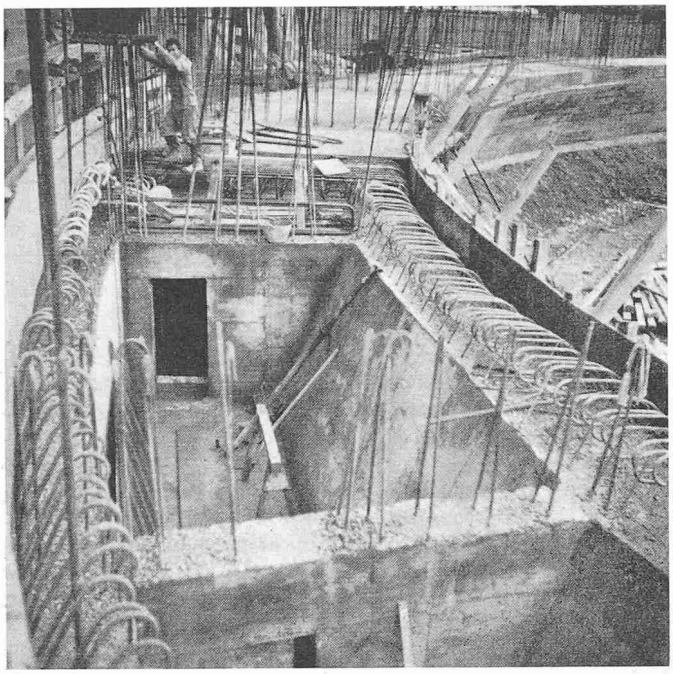

Bild 11. Blick in die Schneide mit Hohlkammern, 5. 2. 60

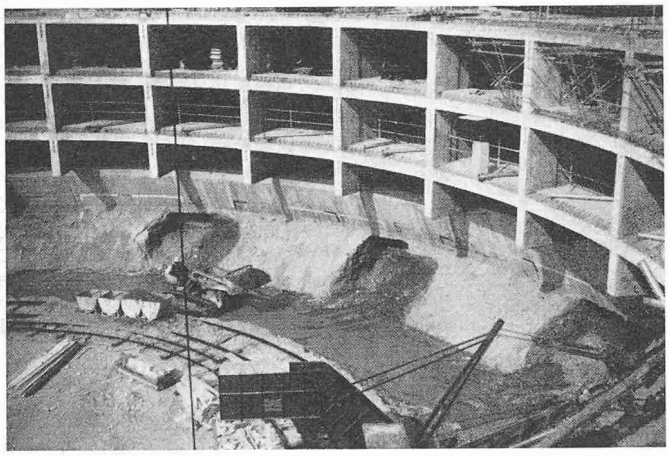

Bild 12. Beginn des Aushubes unter der Schneidenschulter

Bild 13. Aushub mit Eimerkettenbagger

Schicht von einigen Zentimetern Mächtigkeit. Diese Schicht umhüllt den Eisenbeton vollständig, so dass zwischen dem Erdreich und dem gleitenden Betonschacht nur ein Minimum an Reibung vorhanden ist. Die Thixotropie dieser Flüssigkeit führt sie vom flüssigen in den geelartigen Zustand, sobald sie sich in Ruhe befindet. Bei der Einbringung muss lediglich dafür gesorgt sein, dass das Geel eine genügend hohe Festigkeit besitzt, um den seitlichen Erddruck auf das Eisenbetonbauwerk übertragen zu können. Nachdem in verschiedensten Ländern schon rd. 350 Schächte verschiedener Tiefen und Aussendimensionen gebaut worden sind, durfte für die Rundgarage in Genf diese Baumethode ohne weiteres vorgeschlagen werden.

Bodenprofile und Aushubmethoden

Die sehr eingehenden Baugrunduntersuchungen zeigten folgenden Aufbau der Bodenschichten: Bis zum Grundwasserspiegel (rd. auf 4 m Tiefe unter Strassenoberfläche) befanden sich die alten Keller des früheren «Port-Franc de Rive» (Freilager), welche mit normalen Baumethoden abgebrochen und entfernt werden mussten. Die Fundamente dieses Gebäudes waren äusserst kräftig gehalten und führten zu erheblichen Kosten für deren Beseitigung. Bis zu einer Tiefe von rd. 7 m unter Strassenoberfläche bestehen die Bodenschichten aus durchlässigem, wasserführendem Sand und kiesigem Material. Bei einem provisorischen Pump-Versuch aus diesen Schichten wurde eine anströmende Grundwassermenge von mindestens 3—4000 l/min festgestellt. Bei einer Tiefe von 7 bis 9 m unter Strassenoberfläche wurden siltige Schlemmsandschichten durchfahren, die bei der kleinsten Grundwasserströmung zu Grundbruch neigen und äusserste Vorsicht beim Absenken erheischten. Von der Tiefe von 9 m bis zur untersuchten Tiefe von rd. 35 m unter Strassenoberkante wurden sandig-lehmige Bodenschichten angetroffen, die praktisch wasserundurchlässig sind.

Diese Bodenbeschaffenheit verlangte eine spezielle Absenkmethodik, doch zeigte sich während der Ausführung der Arbeiten, dass die vorgesehenen Massnahmen zu ihrem Ziel führten und keinerlei Ueberraschungen aufgetreten sind. Wir haben eine eingehende Voruntersuchung des Baugrundes, und zwar schon unter Ueberwachung durch den später für die Absenkung verantwortlichen Ingenieur, vorgenommen. Speziell erwies es sich, dass die zum Aushub (rd. 65 000 m³) des Untergrundes vorgesehenen Baumaschinen sehr sorgfältig ausgewählt werden müssen, um den Bautermin nicht zu verlängern. In Genf führte der Einsatz einer «Gradal»-Maschine in Kombination mit zwei Schleppkübelbaggern und unter Einsatz von vier Hochbaukranen zu der rationellsten Lösung. Die Aushubmethode muss sich nach den zu durchfahrenden Bodenschichten richten und ist von Fall zu Fall entsprechend zu wählen.

Bauvorgang

Die Bau-Etappen wurden wie folgt angeordnet:

1. Herstellen der Betonwand mit den äusseren Parkboxen in einer Breite von rd. 6 m, als Aussteifung der relativ dünnen äusseren Betonhülle.
2. Absenken dieses versteiften Zylinders bis auf die Endtiefe.
3. Einbringen der unteren, armierten Betonbodenplatte.
4. Einbau des inneren Teils der Garage, d. h. der Rampen (Fahrbahn), der inneren Parkboxen sowie der zentralen Lift-, Lüftungs- und andern Einrichtungen.

Im speziellen ging man wie folgt vor:

a) Ausheben und Abbrechen der alten Fundamente des früheren «Port-franc de Rive» und Einfüllen von Wandkies bis auf die Tiefe von — 3,80 m als provisorisches Fundament zur Aufnahme der hochsteigenden Eisenbetonkonstruktion.

b) Auf diese Planie wurden Holzschwellen gelegt und einnivelliert.

c) Auf diese Holzbalken wurde die Schneide des Caissons montiert.

d) Auf die Schneide wurde die Eisenbetonkonstruktion aufgebaut.

e) Zur gleichmässigen Verteilung der Last wurden in der ersten Bauphase provisorische Abspriessungen für die Aufnahme der Last des inneren, konischen Teiles der Eisenbetonkonstruktion angebracht. Während dieser Phase mussten die kleinsten Formänderungen während des Abbindens des Betons vermieden werden, um ein Reissen der Eisenbetonkonstruktion (Haarrisse) während des Abbindevorganges zu vermeiden.

f) Die aufsteigende Betonwand mit den Versteifungen wurde bis auf eine Höhe von rd. 12,5 m ab provisorischer Bausohle aufbetoniert. Erst nachdem diese Betonhöhe erreicht wurde, konnte mit den eigentlichen Aushub- und Absenkarbeiten begonnen werden. Diese Betonhöhe war notwendig, um dem Schacht das für die Absenkung notwendige Gewicht zu geben und zudem die nötige Steifigkeit gegen ungleichmässige Setzungen zu gewährleisten.

g) Während der Ausführung der Betonierarbeiten wurde mittels Injektionen die wasserführende Kiesschicht rund um das Bauwerk, in rd. 1 bis 2 m von der Schachtaussenfläche, abgedichtet. Da bei der Durchführung einer Injektion immer damit gerechnet werden muss, dass das Injektionsgut nicht nur an der vorgeschriebenen Stelle in den Boden eingebracht wird, sondern auch weiter wandert, haben wir Injektionen mit nur sehr kleinem Zementanteil verwendet. Für diese Arbeiten kamen zur Hauptsache (wegen der teilweise schlechten Bodendurchlässigkeit: Schlemmsandschichten) Bentonite zur Verwendung.

h) Nachdem alle diese Arbeiten beendet waren, sind die eigentlichen Absenkarbeiten begonnen worden, wobei speziell in der ersten Phase darauf geachtet werden musste, dass möglichst keine Schrägstellung des Schachtes stattfand. Ursprünglich war vorgesehen, die Absenkphase bis auf rd. —10 m (sandige Lehmschicht) unter Wasser, ohne Wasserhaltung, durchzuführen. Es zeigte sich jedoch während der Ausführung dieser Arbeitsetappe, dass der umliegende Injektionsschleier so gut wirkte, dass auch diese Phase im Trockenen, unter Einhaltung spezieller Vorsichtsmassnahmen zur Vermeidung von Grundbruch, durchgeführt werden konnte. Die anfallende Wassermenge betrug, gegenüber 3 bis 4000 l/min vor Durchführung der Injektion, noch rd. 1 m³/h. Zudem konnte festgestellt werden, dass bei der Ausführung dieser Arbeiten der äussere Grundwasserspiegel keinerlei Bewegung durchführte. Er blieb auf seiner ursprünglichen Höhe von rd. —4 m ab Strassenoberkante.

i) Nach Durchführung der Absenkung bis auf eine Tiefe von 3 m wurden die thixotropen Flüssigkeiten oberhalb der angebrachten Dichtungsmembrane injiziert.

k) Parallel zu den nun kontinuierlich verlaufenden Aushub-

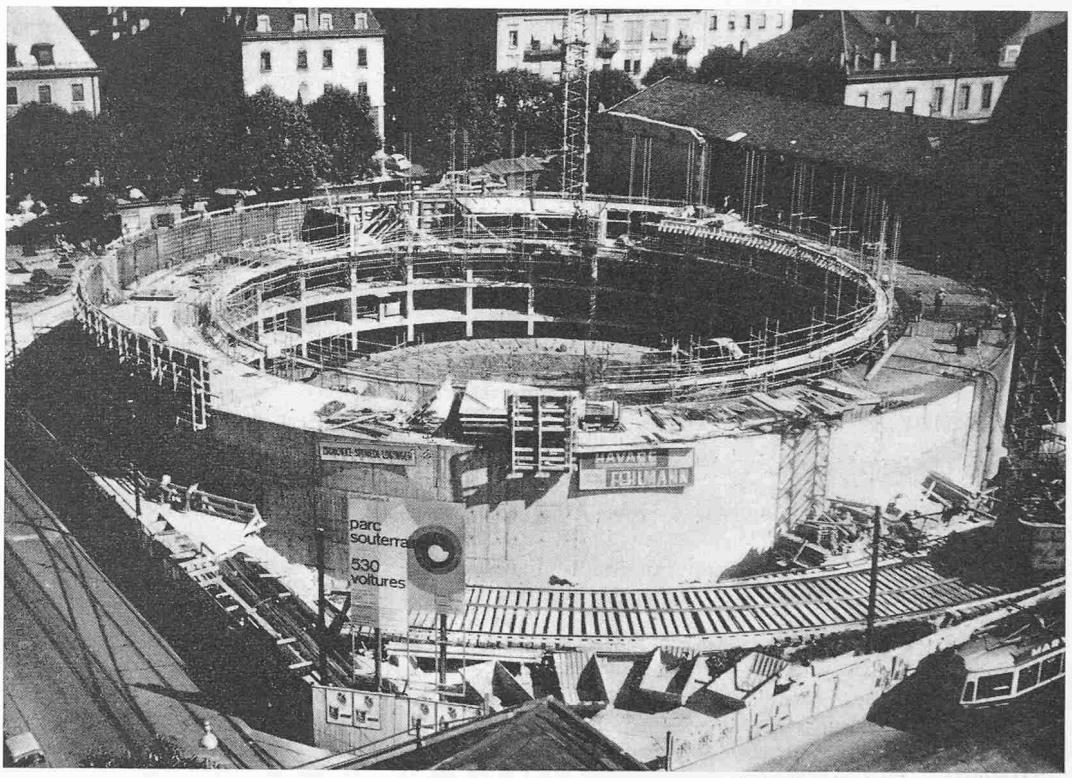

Bild 14. Bauzustand Sommer 1960

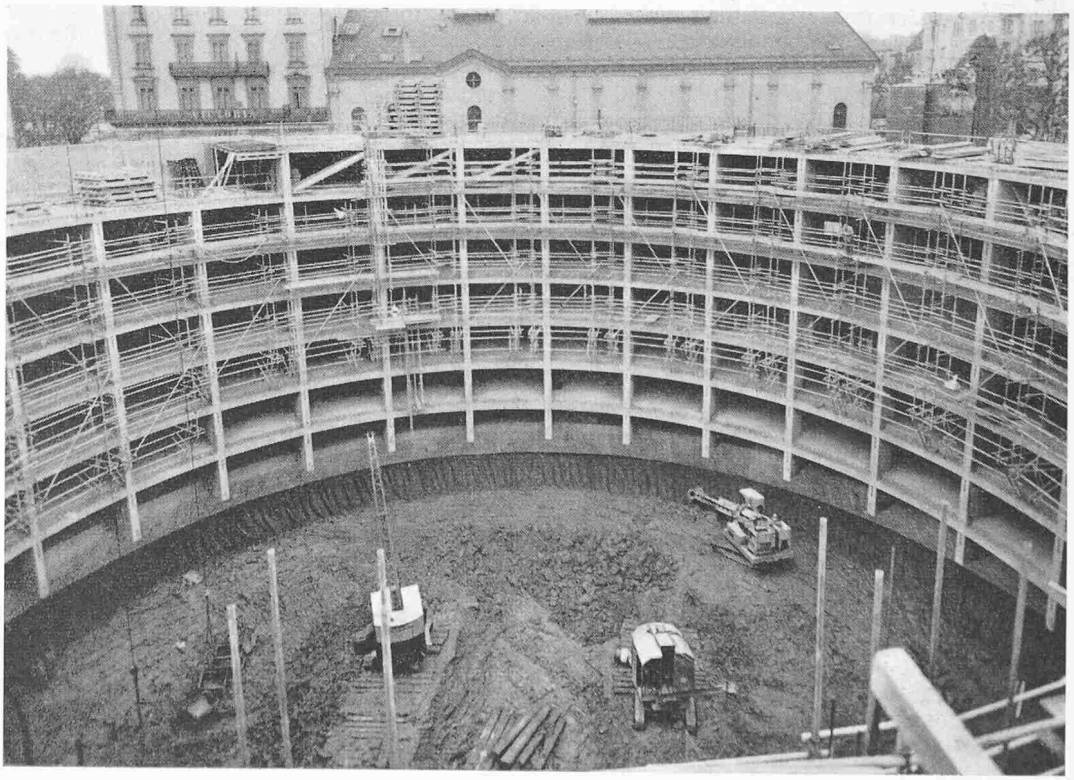

Bild 15. Innenbild vom Absenken des Brunnens, Anfang 1961

arbeiten wurde die zweite Betonierphase aufgeführt, wobei man speziell darauf achtete, dass der Beton dem Absenkvorgang voranging, um eine genügend hohe Festigkeit beim Eintauchen der Eisenbetonkonstruktion in den Untergrund zu erhalten. Der Absenkvorgang richtete sich einzig nach der Aushubmenge und betrug je nach Witterungsverhältnissen usw. rd. 10 bis 30 cm pro Tag.

l) Nach Erreichen der vorgesehenen Endtiefe wird der Sohlenbeton in Sektoren eingebracht, wobei dieser Sohlenbeton auf eine Sickerschicht mit Drainageröhren verlegt wird, um unterhalb des Bauwerkes ein Ansteigen des Grundwasserspiegels auf jeden Fall zu vermeiden (Wasserhaltung).

m) Gleichzeitig wird die umgebende thixotrope Gleitschicht mittels Zement-Injektionen chemisch zersetzt und verdrängt. Durch diese Zement-Injektionen wird das Bauwerk fest in den Untergrund eingebunden.

Die weiteren Arbeitsphasen (Ausbau der inneren Eisenbetonkonstruktion) geschehen nach normalen Baumethoden.

Zusammenfassung

Durch die Verwendung thixotroper Flüssigkeiten nach dem Gleitschachtverfahren konnte das Grundstück restlos ausgenützt werden, wobei keinerlei Rammarbeiten notwendig waren. Die grösste Lärmquelle waren die Hochbaukrane, da der Lärm von den im Schachtinnern arbeitenden Baggern von den Bewohnern der umliegenden Bauten kaum festgestellt werden konnte.

Bei jeder in Zukunft zu projektierenden Garage sollte dieses Verfahren unbedingt in Betracht gezogen und untersucht werden. Durch mannigfaltige Lösungen auf diesem Prinzip können Grundstücke, die bis heute unrentabel waren, nunmehr rationell ausgenützt werden. Die unter einem Hochhaus liegende Tiefgarage reduziert die Fundationskosten der Hochbauten und gestattet, eine grosse Anzahl Fahrzeuge ohne spezielle Berücksichtigung des Grundstückpreises zu parkieren.

Dank der thixotropen Flüssigkeiten wurden in den umliegenden Gebäuden, nach fertiger Absenkung, weder Risse noch Senkungen irgendwelcher Art festgestellt. Die entsprechenden Untersuchungen sind durch neutrale Personen vorgenommen worden. Man darf deshalb mit Recht behaupten, dass es mittels dieser Methode möglich ist, Bauwerke auch von ungewöhnlichen Dimensionen genau abzusenken; eine Tiefenabweichung bei der Rundgarage in Genf von nur 26 mm, und eine totale Schrägstellung von 19 mm auf eine Basis von 57 m beweist dies. Die dem Tiefbau-Ingenieur gestellte Aufgabe, den Zylinder genau abzusenken, ist restlos erfüllt worden. Dies bedeutet einen erheblichen Fortschritt im Bau von Tieffundationen sowie in der Absenktechnik. Das Bauwerk hat denn auch in den verschiedensten Ländern grosses Aufsehen erregt.

Winterthur – Gesicht der Stadt

Fortsetzung und Schluss von Seite 487

Von **Klaus Christoffel**, S. I. A., Zürich

DK 711.4

Die Erschliessung des Industriegebietes Oberwinterthur-Grüze

Einem Aufsatz von *H. Textor*, alt-Stadtingenieur, Winterthur, in «Strasse und Verkehr» 1959, Nr. 6, entnehmen wir folgende Angaben.

Das ebene Gebiet im Bereiche der drei Bahnlinien nach Frauenfeld, St. Gallen und dem Tösstal ist zur Anlage von Industriebauten prädestiniert. Es war eine dankbare Aufgabe für das Bebauungsplanbüro der Stadt, das über 100 ha grosse Areal als Industriegebiet auszuscheiden und möglichst wirtschaftlich zu erschliessen. Das Industrieareal wird durch die St. Galler-Strasse in zwei Gebiete getrennt. Nördlich dieser Strasse befindet sich das neue Werk Oberwinterthur der Firma Gebrüder Sulzer AG. und südlich liegen vor allem grosse Lagerhäuser und gemischte Industriegebiete. Das Industrieareal wird abgeschlossen einerseits durch die erwähnten Eisenbahnlinien und anderseits durch Grünzonen oder Grünanlagen. So wird beispielsweise das Industriegebiet längs der Grüzefeldstrasse durch eine Allee mit Grünanlage von der Wohnzone getrennt.

Strassenverkehrstechnisch sind die zwei bereits gebauten und vier weitere Unterführungen von Bedeutung, ebenso die klare Trennung von Ausfall-, Verbindungs- und Erschliessungsstrassen. Die St.-Galler-Strasse, eine wichtige Ausfallstrasse, wurde durch die Führung direkt neben der Bahnlinie möglichst störungsfrei angelegt. Das erste Baulos von 1 km Länge wurde in den Jahren 1952 bis 1954 erstellt. Gute Erfahrungen hat man mit der Dreiteilung der Fahrbahn (je 3 m), den Velostreifen und vor allem dem durch einen Grünstreifen abgetrennten Güterweg gemacht.

Nach Abbruch des Wirtschaftsgebäudes «Zum Schönengrund» wurde 1959 eine zweite Etappe von etwa 1 km Länge in Angriff genommen. Da im Gegensatz zur ersten Etappe verschiedene Einmündungen aus den Industriebetrieben zu berücksichtigen waren, hat man die Fahrbahn in zwei 6 m breite Fahrspuren aufgeteilt und diese durch einen 5 m breiten Grünstreifen getrennt. Einspurstreifen im mittleren Grünstreifen, jeweils etwa 40 m lang, ermöglichen vor dem Linksabbiegen einen Sicherheitshalt. In den etwa 3 m breiten Abbiegefahrbahnen können selbst Lastwagenzüge gefahrlos abbiegen. In einem dritten Los, das später folgt, wird die St.-Galler-Strasse unter der Tösstalbahnlinie unterführt. Für die Zufahrt zur Bahnstation Grüze muss die Eulach überdeckt und als Fahrbahn ausgebildet werden.

Die für die Industrie notwendigen Erschliessungsstrassen werden hauptsächlich parallel zu St.-Galler-Strasse und Tösstallinie angelegt. Die frühzeitig erstellte Industriestrasse mit Unterführung der Tösstallinie hat den Umleitungsverkehr bei der 2. Bauetappe der St.-Galler-Strasse ermöglicht. Diese Erschliessungsstrasse hat eine Breite von 7 m und zwei Trottoirs von je 3 m. Dieser Strassenzug würde schon heute breiter dimensioniert; eine Verbreiterung der Fahrbahn ist aber ohne weiteren Landerwerb möglich. Als wichtige Querverbindung vom südlichen Industriegebiet zum Bahnhof Grüze dient die Galgenackerstrasse, die über der St.-Galler-Strasse kreuzungsfrei geführt werden soll. Auch diese Strasse — wie die bereits erwähnte Grüzefeldstrasse — wird zwischen Fahrbahn (7 m) und Trottoir (2,50 m und 3 m) zur Auflockerung mit einem Grünstreifen (3,50) versehen werden.

Im Zusammenhang mit diesen Strassenbauten und der Arrondierung des Industriegebietes Gebr. Sulzer musste die Eulach in Oberwinterthur auf eine Strecke von 900 m auf Kosten der Industrie verlegt werden. Die Entwässerung dieses grossen Industrieareals war nicht leicht zu lösen. Gemäss dem generellen Kanalisationsprojekt wird grösstenteils das Trennsystem angewendet. Dadurch kann das öffentliche Kanalnetz wesentlich entlastet und dem Vorfluter (Eulach) das dringend nötige Wasser zugeführt werden. Die Sammel- und Nebenkanäle im Areal der Firma Gebr. Sulzer wurden von ihr ausgeführt und finanziert. Im Gebiet südlich der St. Galler-Strasse erfolgte die Neuerschliessung des Industrieareals grösstenteils durch die Stadt; die Baukosten wurden pro 50 m Tiefe auf das Erschliessungsgelände verlegt. Sie betragen im Durchschnitt etwa 12 Fr./m². Das ganze Industriegebiet wird durch Industriegleise erschlossen.

H. T.

Zur Zeit ist der *Ausbau der Seenerstrasse* im Gange. Die ausführende Ingenieurfirma *Nabholz & Ruckstuhl*, Winterthur, schreibt hierzu.

Senkrecht zu Frauenfelder- und St. Galler-Strasse in nord-südlicher Richtung führt die Seenerstrasse, welche sich ursprünglich als bescheidenes Strässchen dahinschlängelte. Heute aber steht das Industriegebiet in voller Entwicklung. Damit gewinnt die Seenerstrasse nicht nur als wichtige Randstrasse und Querverbindung zwischen der St.-Galler- und der Frauenfelderstrasse rasch an Bedeutung, sie bringt auch das