

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 79 (1961)
Heft: 43

Artikel: Vorversuche und Ausführung des Injektionsschleiers in Mattmark
Autor: Blatter, Ch.E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-65610>

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: 27.01.2026

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

Vorversuche und Ausführung des Injektionsschleiers in Mattmark

Schluss von S. 728

Von Ch. E. Blatter, dipl. Ing., Direktor der Swissboring, Zürich

DK 624.138

3. Vorversuche auf der Baustelle

Die ersten Sondierungen in der Mattmarkebene wurden im Jahre 1955 ausgeführt und zwar mit einer totalen Länge der Bohrungen von rd. 750 m. 1956 sind weitere rd. 870 m gebohrt werden. Trotzdem mit diesen Sondierungen zahlreiche Aufschlüsse und Kennziffern des Bodens ermittelt werden konnten, wusste man noch nicht, auf welche Art es möglich sein würde, den Boden durch Injektionen abzudichten. Die Injektionsfähigkeit eines Bodens lässt sich nur an Ort und Stelle, nämlich dort wo der natürliche Lagerungszustand herrscht, feststellen. Wie dann die Ausführung der Dichtung an Ort und Stelle erfolgen soll, kann man nur aus einem Injektionsversuch im grossen ableiten.

1957 ist ein solcher Grossversuch in die Wege geleitet worden und zwar an einer Stelle, an welcher der Fels

zwischen 70 und 80 m unter der Oberfläche liegt. Dazu waren zehn Bohrlöcher vorgesehen, die in drei Reihen angesetzt waren. Bei der aus Bild 19 ersichtlichen Anordnung der Bohrlöcher ergab sich ein mittlerer Abstand von 4,33 m.

Im Mittel wurde eine Strecke von 55 m oberhalb des Felsens injiziert, und zwar hat man die Bohrungen im Jahre 1957 mit drei Phasen oder Durchgängen behandelt, wobei der Zementgehalt der Injektionsmischung von Durchgang zu Durchgang schrittweise hinuntergesetzt wurde, d. h. man injizierte immer dünnflüssigere Mischungen. Man presste insgesamt 6 m³ Mischung pro m Bohrloch ein und musste gegen Ende des Sommers feststellen, dass bei dem gewählten Bohrlochabstand hauptsächlich in der oberen Zone der fluvioglazialen Ablagerungen die Füllung der Hohlräume nicht vollkommen war. Es wurden 1957 etwa 1400 t Injektionsgut verarbeitet, und man erreichte damit einen Wert von 150 kg Injektionsgut pro m³ behandelten Boden.

Am Schluss der Saison wurden in der Mitte des Felsens zwei Kontrollbohrungen Nr. 313 und 412 abgeteuft, deren Resultate jedoch schlecht ausfielen. Die *k*-Werte betragen nach der Injektion teilweise nur $3 \cdot 10^{-3}$ cm/s und waren daher ungenügend. Der schlechte Erfolg dieses ersten Injektionsversuches war der ungenügenden Injektionsmenge bei der grossen Bohrlochdistanz zuzuschreiben. Offenbar war dabei die Sättigung nicht erreicht worden.

1958 entschloss man sich, die Injektionen in den zehn vorhandenen Bohrlöchern zu verstärken und das Feld gegen Osten um zwei weitere Bohrlöcher zu vergrössern, wobei man dort darauf ausging, die Distanz zwischen den Bohrlöchern auf 3,50 m zu verkleinern und so einen Abschluss des Versuchsfeldes gegen Osten zu schaffen. Es wurden zwei weitere Injektionsdurchgänge ausgeführt, die nochmals 1125 t Injektionsgut umfassten, so dass die Aufnahme pro m³ Boden auf 230 kg gesteigert werden konnte. Die im Spätherbst 1958 in der Mitte des Feldes ausgeführten Kontrollbohrungen Nr. 212 und 311 ergaben jedoch auch nur *k*-Werte von $1 \cdot 10^{-3}$ bis $3 \cdot 10^{-4}$ cm/s. Die Verpressung einer grossen Injektionsmenge von Ton und Zement bei grossem Bohrlochabstand genügte jedoch nicht, um die verlangte Dichtigkeit des Bodens herzustellen.

1959 versuchte man eine Verbesserung des Resultates durch eine Nachinjektion mit Bentonit zu erzielen, und zwar sind dazu die Bohrlöcher Nr. 310, 312, 509, 511 und 513 verwendet worden, die einen gegenseitigen mittleren Abstand von etwa 3,50 m haben. Die nachher ausgeführten Kontrollbohrungen Nr. 410 und 411 fielen dann auch zufriedenstellend aus und ergaben *k*-Werte, die am Rande des Feldes (410) höchstens bei $4 \cdot 10^{-4}$ und in der Mitte (411) in der Grössenordnung 10^{-4} bis 10^{-5} cm/s lagen. Diese Resultate wurden als genügend erachtet, sie dienten als Grundlage für das Ausführungsprojekt 1960.

4. Ueber die Durchführung der Injektionen in Mattmark

Das Lockergestein, in welchem Bohrungen im Ausmass von 70 000 m auszuführen sind, ist mit Blöcken aller Grössen (bis 5 m Durchmesser) durchsetzt. Es handelt sich um Euphotite, Serpentine, Gneise, Gabbro, granathaltige Amphibolite, chlorithaltige Schiefer und Granite. Darunter befinden sich die härtesten Gesteinsarten, die in den Alpen vorkommen. Während die Schichten der jungen Seeablagerungen und auch die der fluvioglazialen Schichten für die Durchbohrung keine Schwierigkeiten boten, treten bei der Bohrung durch die Moränenzonen mannigfache Erschwerungen auf. Der Bohrfortschritt in den Seeablagerungen und Alluvionen variiert zwischen 50 und 100 m pro

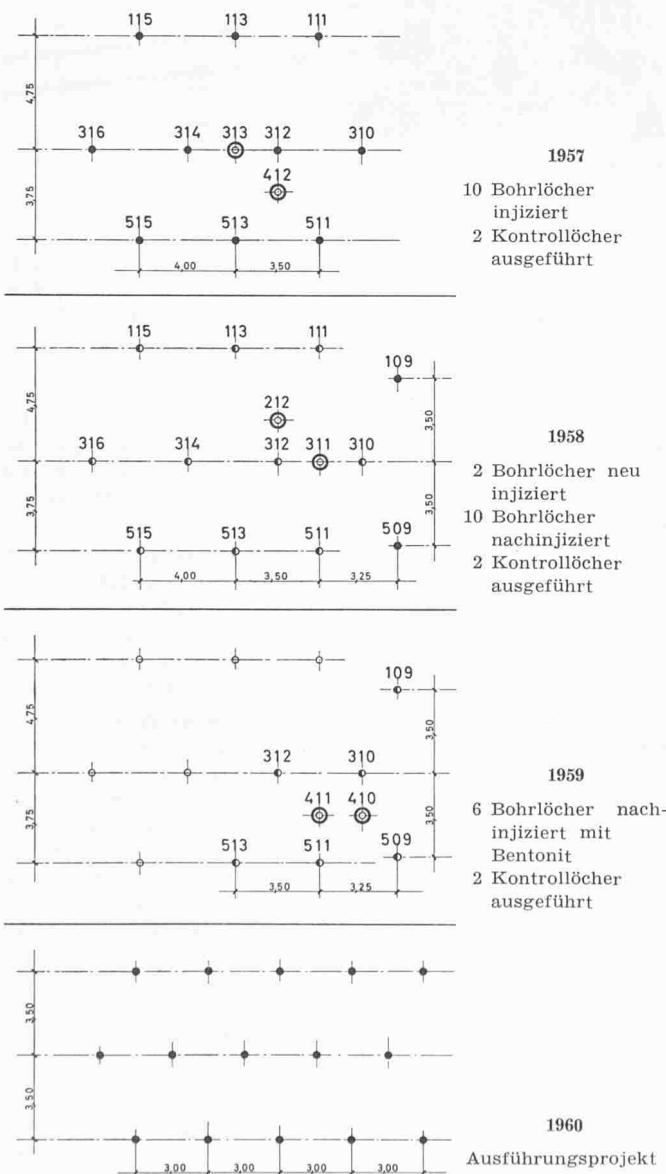


Bild 19. Anordnung der Bohrlöcher für die Injektionsversuche in Mattmark

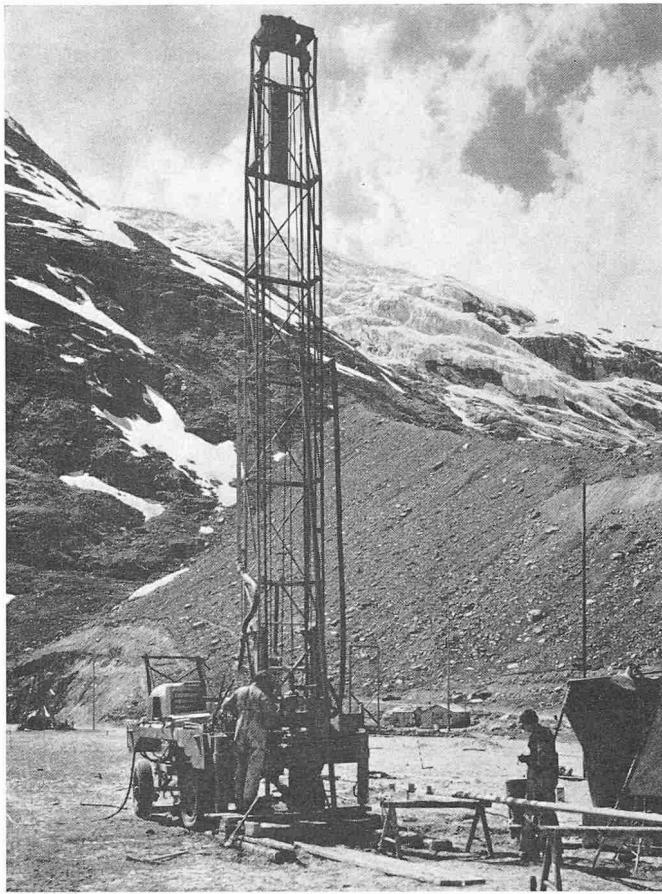


Bild 20. Bohrgerät Rotary Failing CFD-1

Schicht, währenddem in der Moränezone die Leistung auf einige Meter pro Schicht absinkt.

Die Bohrungen werden mit modernen Geräten ausgeführt und zwar sind gegenwärtig fünf Rotarygeräte im Betrieb, nämlich vier Failing-Holemaster auf Anhänger montiert, Bild 20, und ein Keystone-Frank auf Lastwagen aufgebaut, Bild 23. Der Antrieb erfolgt teilweise elektrisch, teilweise mit Verbrennungsmotoren. In Bohrstellung wird die ganze Maschine mit ölhdraulischen Stützen vom Boden abgehoben. Ferner stehen für Kernbohrungen eine Reihe von Rotationskernbohrmaschinen zur Verfügung, die übrigens auch für Felsbohrungen dienen können. Die Durchfahrung des Felsens ist kein Problem, da dieser aus Graniten, Gneisen und Prasiniten zusammengesetzt ist und mit Diamantkronen gut bearbeitet werden kann.



Bild 22. Bohrgerät Rotary Keystone-Frank mit Pumpe

Die Injektionsbohrlöcher im Lockergestein werden in der Regel mit einem Durchmesser von $4\frac{1}{2}$ oder $4\frac{3}{4}$ ", d. h. 12 cm begonnen und müssen mit mindestens 3", d. h. 7,5 cm oberhalb des Felsens beendet werden.

Die Bohrgestänge von $27\frac{1}{2}$ " Durchmesser werden durch die Bohrmaschine in Umdrehung gebracht, wobei die Bewegung durch einen Drehtisch übertragen wird. In der Mitte dieses Drehtisches sitzt die Mitnehmerstange, die viereckig ausgebildet ist und so die Drehbewegung des Tisches überträgt, sich aber gleichzeitig auch auf und ab bewegen lässt.

Die Bohrgestänge sind mit Rollenmeisseln ausgerüstet, Bild 21, die drei gehärtete, mit Zähnen besetzte Rollen aufweisen. Diese laufen auf Kugellagern und werden durch das drehende Bohrgestänge in Bewegung gesetzt. Das Gestein wird durch die Zähne der Rollen angegriffen und zerrieben und so die Bohrlochsohle abgearbeitet.

Es ist möglich, mit diesen Rollenmeisseln den anstehenden Felsen zu durchfahren. In der oberen Zone von Alluvionen werden die Rollenmeissel nur sehr wenig abgenutzt und können 100 und mehr Meter bohren. Die Schwierigkeiten treten erst in der Moränenzone auf, wo die Blöcke liegen. Die Zähne der Rollenmeissel nützen sich in diesen Gesteinen sehr rasch ab, und die Meissel werden nach einigen Metern Bohrleistung unbrauchbar. Auch die Vortriebsgeschwindigkeit sinkt dann wie erwähnt auf einige Meter pro Schicht, trotzdem man mit diesen Maschinen einen Anpressdruck des Bohrwerkzeuges bis zu 9 t ausüben kann. Es ist nicht gelungen, einen Rollenmeissel fabrizieren zu lassen, der diesen Anforderungen genügt, und man muss für die Durchfahrung der harten Blöcke zur Kronenbohrung übergehen.

Die Bohrungen werden soweit möglich unverrohrt mit Hilfe von Dickspülung abgeteuft, Bild 23. Die Dickspülung wird von der Pumpe der Rotary-Maschine angesaugt und durch das Bohrgestänge auf die Bohrlochsohle niedergedrückt, steigt dann hoch und fliesst in die dazu

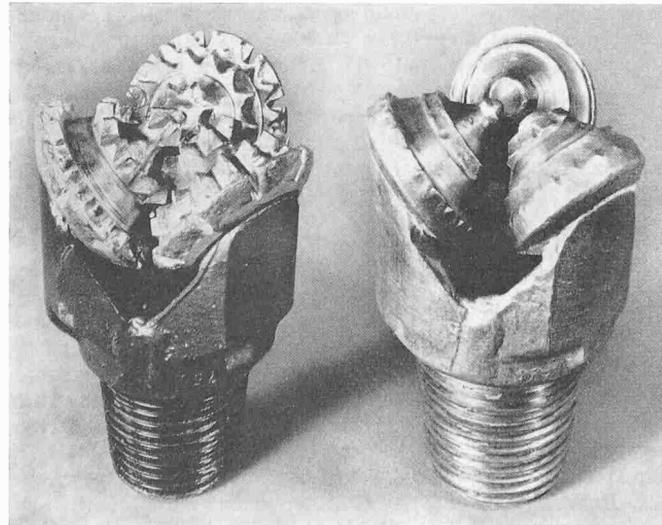
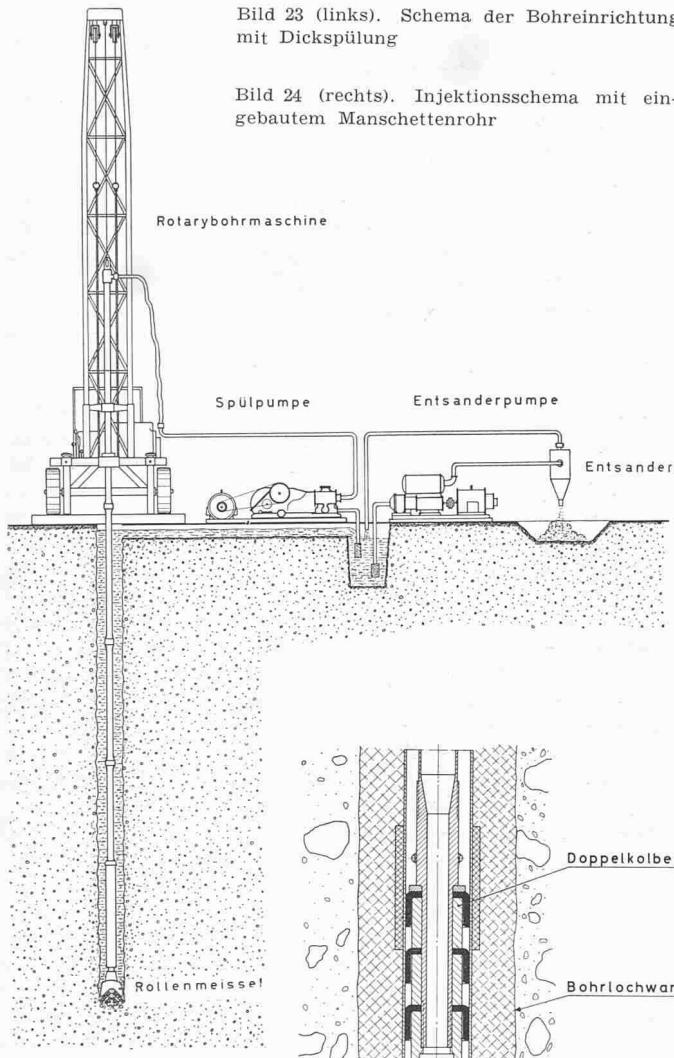


Bild 21. Rollenmeissel, links neu, rechts abgenutzt

Bild 23 (links). Schema der Bohreinrichtung mit Dickspülung



vorbereitete Rinne. Dort ist die Entsanderpumpe eingesetzt, und der entsandete Bohrschlamm fliesst dann zurück zur Rotarpumpe, Bild 23.

Wenn man nun von der Rotary-Bohrung auf die Kronenbohrung übergehen muss, so ist man gezwungen, das Bohrloch provisorisch zu verrohren. In dieser Verrohrung wird dann die Kronenbohrung mit der Kernbohrmaschine angesetzt.

Da man den Zustand des Bodens in bezug auf Korn - Verteilung und Durchlässigkeit vor dem Injizieren kennen möchte, werden in der Axe des Schleiers Sondierbohrungen, sog. Pilotbohrungen, mit 36 m Distanz als kombinierte Schlag- und Rotationsbohrungen abgeteuft. Diese Bohrungen werden Proben entnommen und in ihnen Wasserdurchlässigkeit - Versuche

Bild 24 (rechts). Injektionsschema mit eingebautem Manschettenrohr

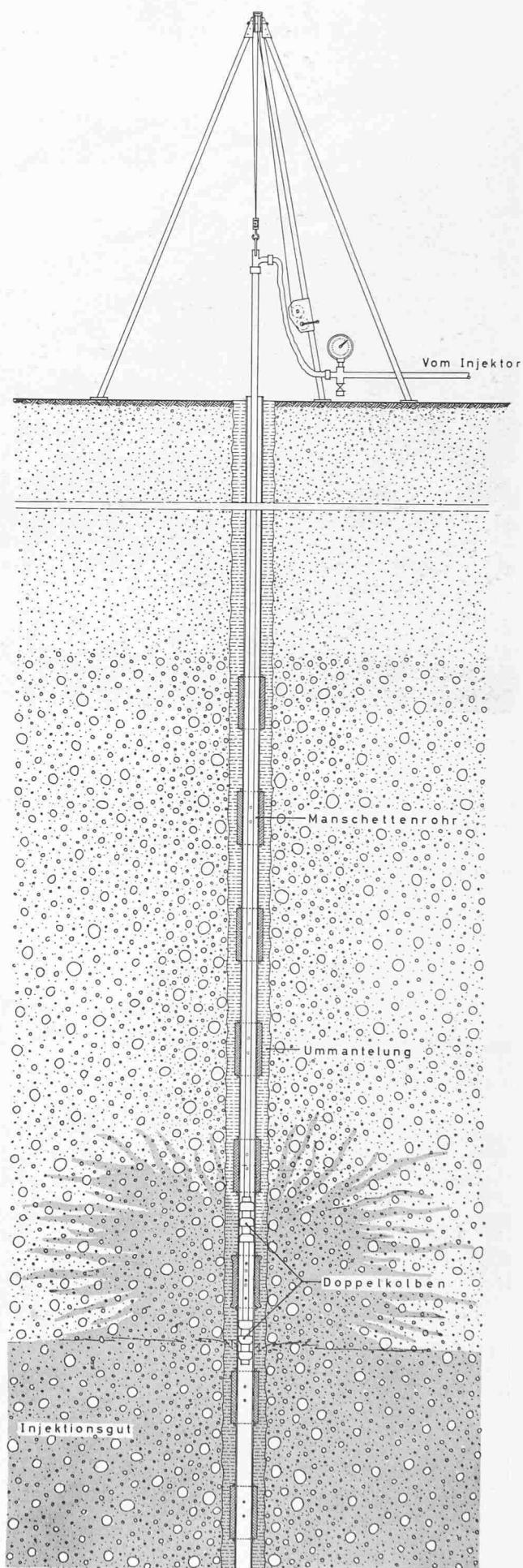


Bild 24a. Manschettenrohr mit Doppelkolben



Bild 25. Blick über das Injektionsfeld

durchgeführt. Nach erfolgter Injektion werden dann Kontrollbohrungen in ähnlicher Weise vorgenommen.

In die Injektionsbohrungen werden Manschettenrohre eingebaut, die gestatten, das Injektionsgut in einer bestimmten Tiefe in den Boden einzubringen. Diese Rohre weisen alle 33 cm ein Gummiventil auf, das die Einpressung

mittels eines Doppelpackers gestattet, jedoch den Rückfluss des Injektionsgutes verhindert. Die Manschettenrohre werden mit einer besondern Vergussmasse im Boden ummantelt, so dass das Injektionsgut längs des Rohres nicht durchfliessen kann, Bilder 24 und 24a.

Diese Ausrüstung der Bohrlöcher gestattet auch eine mehrmalige Injektion des Bodens im gleichen Bohrloch. Man hat für die Behandlung des Bodens drei Phasen vorgesehen, nämlich 1. eine zementreiche Ton-Zementmischung, 2. eine zementarme Ton-Zementmischung und 3. eine Betonitmischung.

Man wird den Boden nach einem zum voraus bestimmten Programm behandeln, d. h. in jeder Phase eine bestimmte Menge der Mischung in den Boden einpressen. Es wird also jedem m^3 Boden eine bestimmte Menge von Injektionsgut zugewiesen, wobei selbstverständlich diese Zuteilung den lokalen Bedingungen angepasst werden muss. Die Beobachtung des Druckes dient zur Feststellung der Sättigung und möglichen Anomalien. Da für die Durchführung des Injektionsprogrammes praktisch nur zwei Sommer zur Verfügung stehen, muss man eine Tagesleistung von etwa 300 bis 350 t erreichen. Wir haben für die Ausführung dieser Arbeiten eine vollautomatische Injektionszentrale entworfen und in Betrieb genommen, die gestattet, mit einem Minimum an Personal diese Leistung zu vollbringen. Für Nebenarbeiten wie Ummantelung der Manschettenrohre, Felsinjektionen und zur Mithilfe bei den Hauptinjektionen ist noch eine halbautomatische Injektionszentrale mit vier Einheiten aufgebaut worden, Bild 26.

Die vollautomatische Zentrale besteht aus sechs Gruppen mit drei Einheiten, d. h. total 18 Injektionspumpen, die von einem zentralen Kommandoraum aus mit Druckknopfsteuerung bedient werden, Bild 28. Jede Gruppe verfügt über einen Tonsilo von 50 t Inhalt und einen Zementsilo von 25 t, Bild 27. Durch Förderschnecken wird eine Multikomponentenwaage bedient, die dann die Dosiermischer der einzelnen Injektoren speist. Wasseruhren mit Impulsgebern regeln die Wasserzugabe. Auch die Zugabe der Chemikalien erfolgt automatisch.

Die gewünschte Mischung wird in den einzelnen Dosieraggregaten in der Zentrale von Hand voreingestellt. Nachdem auf dem Vorwählzähler auf dem Steuerschrank im Kommandoraum die gewünschte Anzahl Chargen Injektionsgut eingestellt ist, läuft der Dosiervorgang automatisch ab, Bild 29. Ist die vorgewählte Menge vom Injektor weggepumpt worden und der Endmischer leer, so wird der Dosiervorgang unterbrochen und zugleich leuchtet eine Signallampe auf. Nachdem der Bedienungsmann die nötigen Weisungen an die Injektionsstelle gegeben hat und dort die entsprechenden Manöver ausgeführt worden sind, wird die Dosierung durch Betätigung eines Druckknopfes wieder in Betrieb gesetzt.

Bei der automatischen Steuerung der Injektionsanlage handelt es sich um eine Programmsteuerung, bei welcher jeder einzelnen Phase ein bestimmtes Zeitintervall des Steuerprogrammgebers zugewiesen ist, wobei jedoch gewisse Vorgänge gleichzeitig ablaufen können. Der Ablauf wird durch einen zweiten Programmgeber überwacht, der dem Steuerpro-

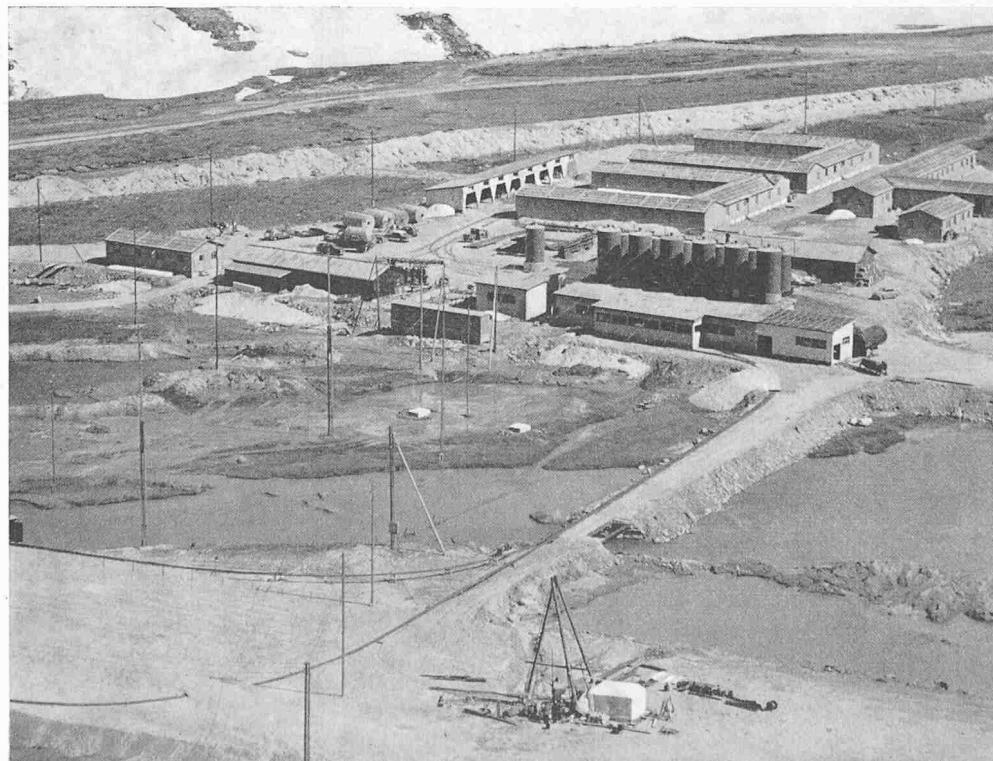


Bild 26. Injektionszentrale mit Unterkunftsbaracken

Bild 27. Querschnitt durch die Injektionszentrale

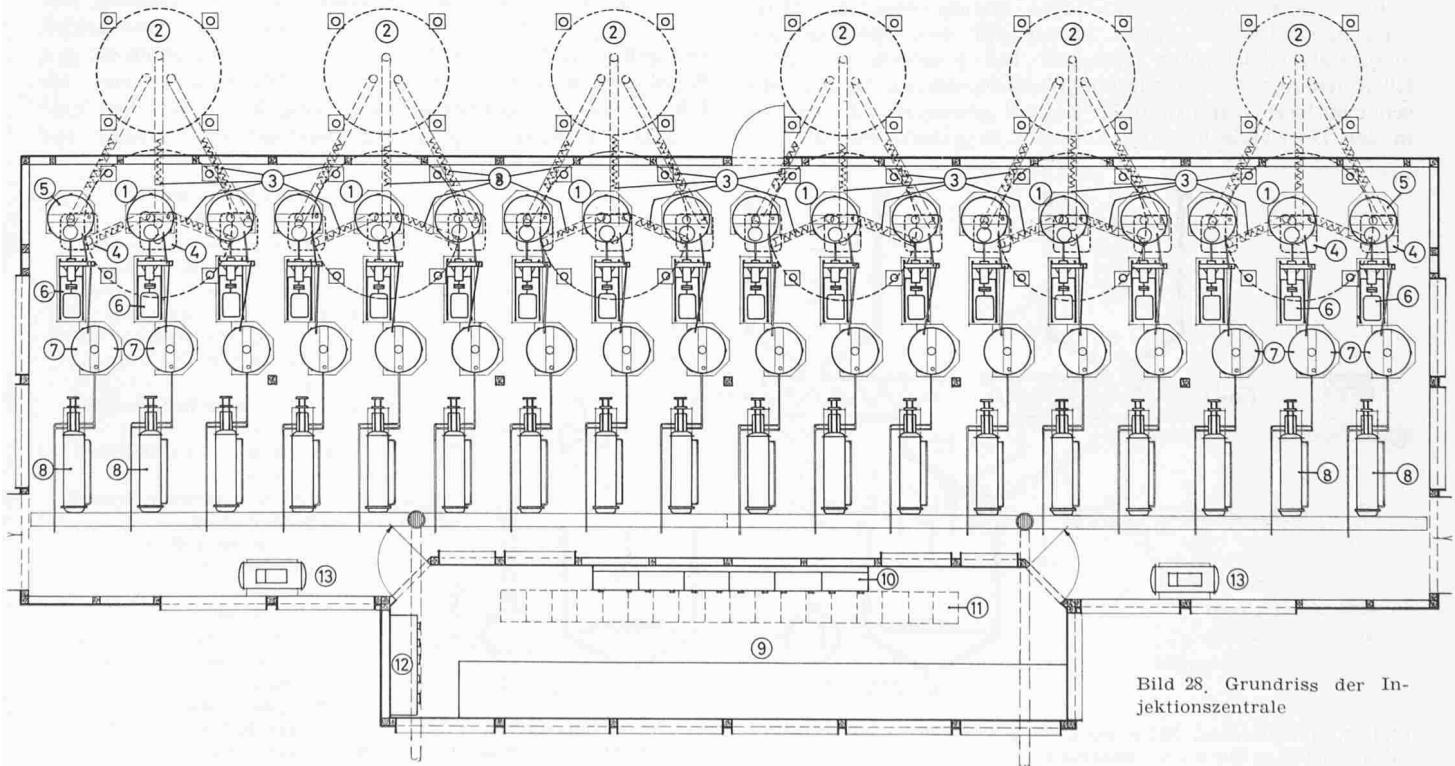
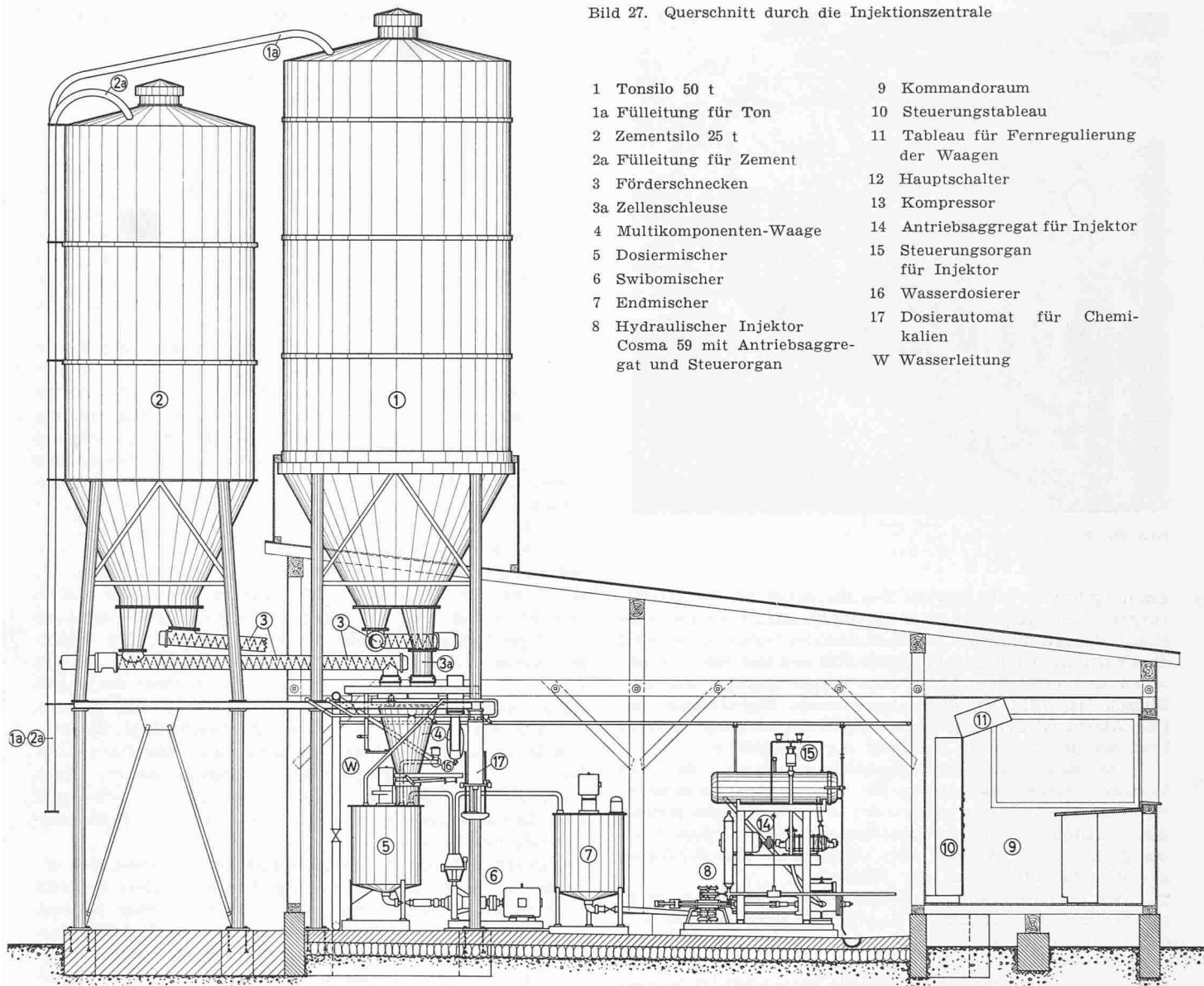


Bild 28. Grundriss der In-
jektionszentrale

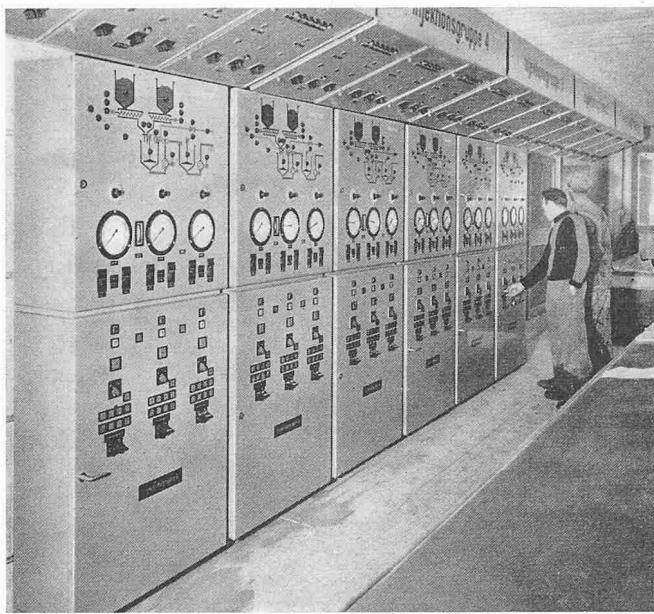


Bild 29. Kommandoraum

grammgeber um eine gewisse Zeit nachläuft. Ist ein Arbeitsvorgang laut Programmgeber bereits beendet, wird aber vom Kontrollprogrammgeber als nicht beendet befunden, so setzt dieser den Steuer-Programmgeber still und löst einen akustischen und optischen Alarm aus. Dabei leuchtet auf dem Bildschema, Bild 30, die entsprechende Signallampe auf. Der Alarm wird erst gelöscht, wenn die Störung behoben bzw. der unterbrochene Vorgang abgeschlossen ist.

Die eingebauten Mehrkomponentenwaagen sind mit Vorwählgeräten ausgerüstet, die als elektro-mechanische Gewichtsspeicherwerke ausgebildet sind. Die Waagen steuern und schalten die Förderschnecken und Zellenschleusen bei der Füllung der Waagen und veranlassen das Schliessen des Waagbehälters nach der Entleerung.

Der Dosievorgang spielt sich in folgender Reihenfolge ab: Wasser - Ton - Zement - Chemikalien. Nach Einschaltung der Anlage überwacht der Kontrollprogrammgeber, ob sämtliche Motoren eingeschaltet sind und der erforderliche Luftdruck für die pneumatischen Ventile vorhanden ist, worauf sich der Wasserdosierer einschaltet. Die durchlaufende Wassermenge wird auf einem Zähler auf dem Schalttableau angezeigt. Gleichzeitig wird der Ton gewogen und nach Rückmeldung der beendigten Wasserdosierung in den Mischer entleert. Dann wird der Zement gewogen und ebenfalls in den Dosiermischer abgefüllt. Im Gegensatz zur übrigen

Anlage, die programmgesteuert ist, arbeiten die Waagen mit Folgesteuerung. Nachdem der Befehl zur Entleerung des Ton erfolgt ist, läuft der Dosievorgang der zwei Staubgutkomponenten in der Folge: Tonentleerung, Zementabwiegung, Zemententleerung, Tonabwiegung ab, wobei jedoch dem ganzen Vorgang eine Zeiteinheit des Ueberwachungsprogrammgebers zugeordnet ist, um zu vermeiden, dass die Chemikalien vor Beendigung der Staubgutdosierung beigemischt werden. Als letzte Komponente werden dem Mischgut Chemikalien beigegeben. Die Bilder 31 und 32 geben je einen Blick in den Maschinenraum der Injektionszentrale mit Endmischern und Dosierautomaten (Bild 31) bzw. Antriebsaggregaten und Steuerorganen (Bild 32). Bild 33 ist eine Aussenansicht mit den Silos für Zement und Ton.

Vom Beginn des Dosievorganges an wird der Inhalt des Dosiermischers im geschlossenen Kreislauf durch den von uns auf dem Prinzip der Kolloidalmühle entwickelten Swibo-Mischer aufbereitet. Nach beendigter Aufbereitung gibt die Steuerung das Umschaltventil frei, das jedoch erst in Tätigkeit tritt, wenn vom Pendelschalter des Endmischers dessen Entleerung gemeldet wird. Ebenfalls ein Pendelschalter überwacht den Dosiermischer und leitet die nächste Aufbereitung erst nach der vollständigen Entleerung ein.

Die Kolbengeschwindigkeit der Injektoren regelt sich entsprechend der Charakteristik des hydraulischen Antriebes selbsttätig als Funktion des Druckes. Sie lässt sich zudem vom Steuertableau durch Knopfbetätigung regulieren. Auch der Injektionsdruck kann an den Manometern des Schalttisches abgelesen werden. Der Kommandoraum ist mit Lautsprechern mit der Arbeitsstelle verbunden; die Injektionsarbeiten werden vom Kommandoraum aus geleitet.

Für die Wasserglasversorgung stehen zwei Behälter von 30 m³ zur Verfügung, von denen aus eine Pumpe den Kreislauf der automatischen Dosierapparate bedient. Auch die Ingangsetzung dieser Dosierer erfolgt vom Schalttisch aus. Die Silikataufbereitung ist westlich der Injektionszentrale untergebracht.

Oestlich, neben der Injektionszentrale, befindet sich die Aufbereitung für die Dickspülung. Ein Silo liefert Bentonit in eine automatische Waage, die zwei Mischer bedient. Von diesen geht die Spülflüssigkeit in zwei Aufnahmehälter, und von dort wird die Bentonit-Suspension durch Zentrifugalkörper an die Bohrstellen befördert. Im Bohrloch unterhält man einen Kreislauf der Dickspülung, die mit Neyric-Entsandern gereinigt wird. Das Ausscheiden der größeren Komponenten erfolgt durch Absetzen in den Rigolen. Die Bentonitinjektionen erfolgen auch von der automatischen Injektionszentrale aus, indem jeweilen eine Gruppe für Bentonitinjektionen reserviert werden kann und

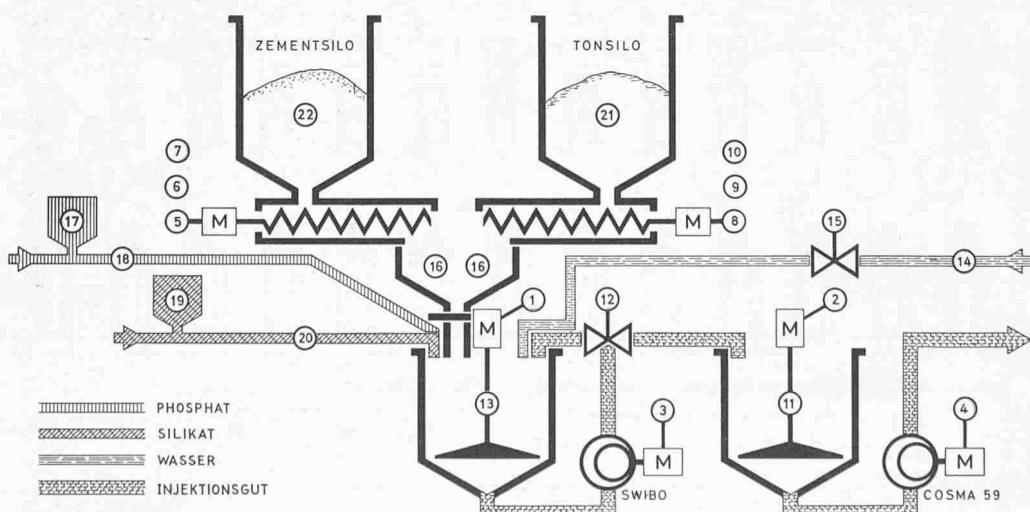


Bild 30. Blindsightschema. Jedes der sechs Schaltfelder im Kommandoraum weist oben ein solches Schema auf, s. Bild 29

Überwachungsaufgaben der Kontroll-Lampen

- 1 Elektromotor Dosiermischer
- 2 Elektromotor Endmischer
- 3 Elektromotor Swibomischer
- 4 Elektromotor Antriebsaggregat für Injektor Cosma
- 5 Elektromotor Ton-Förderschnecke
- 6 Elektromotor Zellenschleuse für Ton
- 7 Elektromotor Ton-Förderschnecke
- 8, 9, 10, Elektromotor Zement-Förderschnecke
- 11 Endmischer gefüllt
- 12 Quetschventil
- 13 Dosiermischer
- 14 Wasserzulauf
- 15 Wasserfüllung
- 16 Füllung Wagenbehälter
- 17 Phosphat füllen
- 18 Phosphat entleeren
- 19 Silikat füllen
- 20 Silikat entleeren

die Silos anstatt mit Zement und Ton mit Bentonit aufgefüllt werden.

Die Bedienung der Bohrlöcher für die Injektion, insbesondere das Verschieben der Kolben, das Auswaschen der Manschettenrohre nach erfolgter Injektion, erfordert eine Reihe von Hebezeugen. Jedem der 18 Injektoren ist ein solches Hebezeug mit einem Dreibein zugeteilt. Außerdem steht für das Verschieben ein Kran zur Verfügung. Die Baustelle der Bohrungen ist soweit als möglich getrennt von der Injektionsbaustelle, damit Störungen im Bohrbetrieb die Injektion nicht beeinflussen. Auch können keine Injektionen in der Nähe von offenstehenden Bohrlöchern ausgeführt werden, da sonst die Gefahr von Verbindungen besteht und dadurch die einwandfreie Wirkungsweise der Injektionen verunmöglich wird.

Die Baustelle ist so organisiert, dass mit einem Minimum an Personal eine möglichst grosse Leistung erzielt werden kann. Mit einer Belegschaft von 120 bis 130 Mann, für die Unterkunft und Kantine in der Mattmarkebene erstellt worden sind, müssen die vorher erwähnten Durchschnittsleistungen erreicht werden.

Neuer Lehrplan der Architektur-Abteilung der ETH

DK 72:371.214.2

Im «Werk» vom August 1961 berichten die Professoren der Abteilung I ausführlich über den neuen Lehrplan für die Ausbildung des Architekten an der ETH, Prof. Dr. h. c. Werner M. Moser umschreibt einleitend das Ausbildungsziel, das sich auf Wesentliches beschränken soll. Gerade jetzt tut diese Besinnung not, denn auch bei uns besteht die Gefahr der Zersplitterung, weil sich das Stoffgebiet enorm ausgeweitet hat. Der erfahrene Architekt und beliebte Lehrer fordert zu Recht, die Studenten nicht zu einseitigen Spezialisten heranzubilden, sondern ihnen das Wesen des Berufes nahe zu bringen. Pascals Wort: «Da man nicht alles über alles wissen kann, was gewusst werden kann, muss man doch einiges von allem wissen. Denn es ist besser, von vielem einiges zu wissen, als von nur einer Sache alles zu wissen», was nicht heissen soll, dass der ETH-Architekt von nun an oberflächlich ausgebildet werden soll. Er muss befähigt sein, als Koordinator zu wirken, und das setzt neben grundsätzlichen Kenntnissen der technischen Zusammenhänge auch eine gute Portion allgemeinen Wissens voraus. Angestrebt wird eine bessere Koordination der Fächer innerhalb der Abteilung, was angesichts der Stofffülle und der Kürze des Studiums schwer zu erreichen ist.

Professor Alfred Roth schildert in der Folge den neuen Lehrplan,

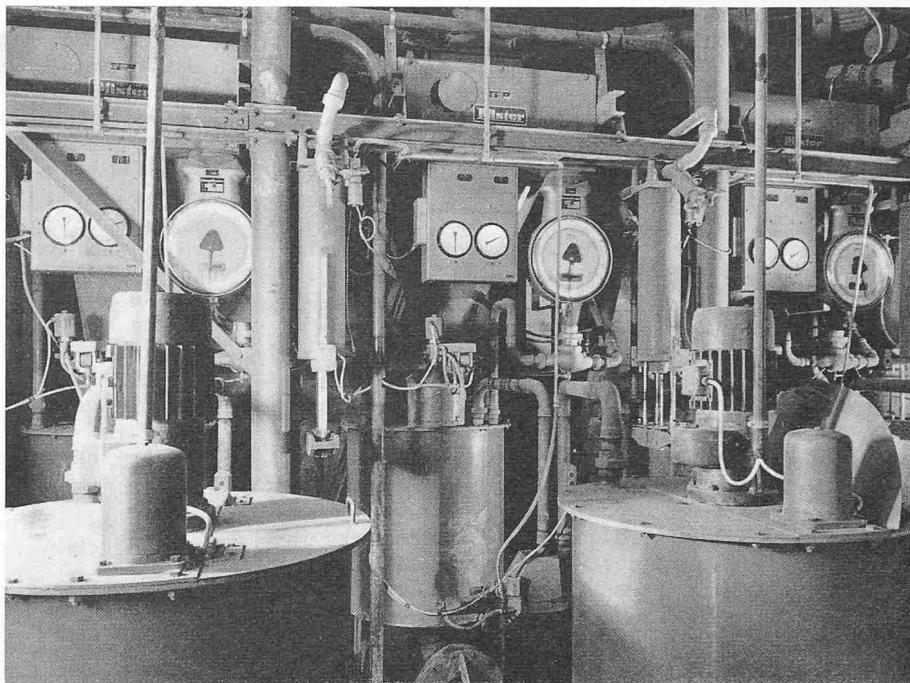


Bild 31. Inneres der Injektionszentrale, im Vordergrund unten die Endmischer

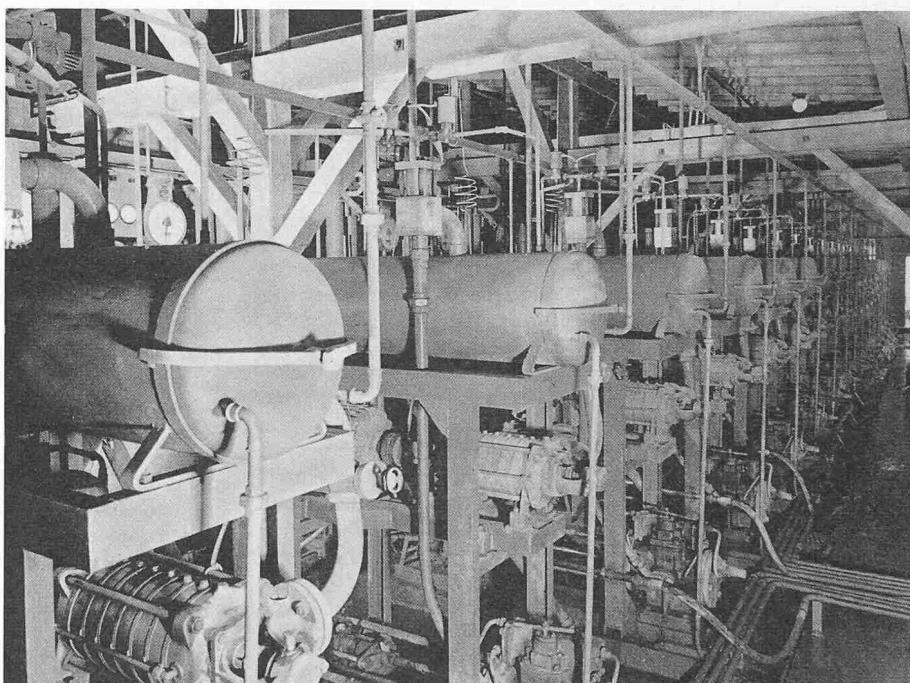


Bild 32. Hydraulische Injektoren mit Antriebsaggregaten und Steuerorganen

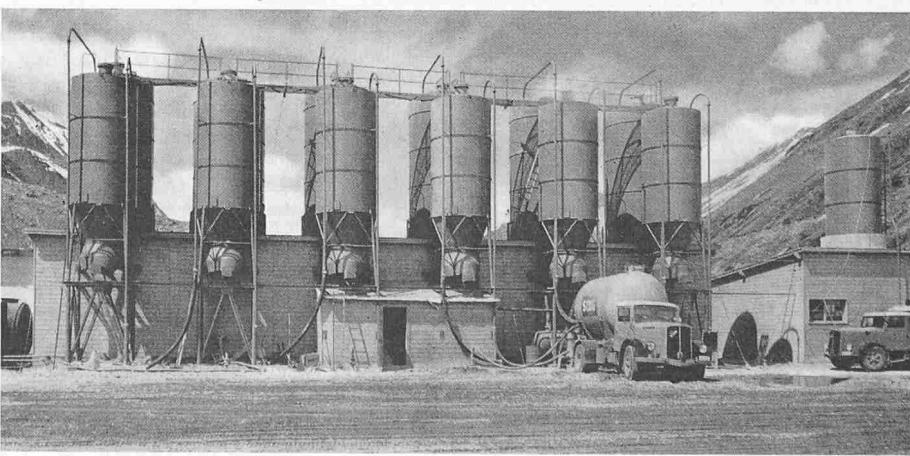


Bild 33. Injektionszentrale von aussen mit den Silos für Zement und Ton