

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 78 (1960)  
**Heft:** 27

**Artikel:** Baugrund und Bauwerk in Venedig einst und jetzt: Vortrag  
**Autor:** Balduzzi, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-64917>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.01.2025

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

Dies mutige Wandervolk setzte sich zusammen aus den Trümmern einer zerfallenden Gesellschaft. Unter dem Andrang der von Norden und Osten in die Ebenen des Friaul und des Po eindringenden barbarischen Horden flohen sie aus den alten römischen Städten und fanden sich zusammen, um Rettung zu suchen in einem einzigartigen und wilden Landstrich, der entstanden war durch die während Jahrtausenden von den julischen Alpen herunterstürzenden Wassermassen, die in ihrem Lauf grosse und kleine Flüsse ausgegraben hatten: das von ihnen mitgeschleppte Geröll festigte sich am Eingang ins Meer zu Sandbänken und Inselchen, «barene» genannt. Auf diesen Inselchen wuchsen die ersten Kerne von Torcello, Malamocco, Burano, Murano und später Rio Alto. Erst im 13. Jahrhundert wurden sie unter dem Namen von «Venetie» zusammengefasst. In diesem unwirtlichen und versumpften Malariagebiete hielten sich verzweifelt die ersten verwegenen Venezianer (425 n. Chr.). Am sichersten und unmittelbarsten ist diese Verschiebung festzustellen von Altino nach Torcello und von Aquileia nach Grado (639 n. Chr.).

Keine andere Kultur ist in ihrer Entstehung so absolut bedingt durch die Gegebenheiten der Natur; nirgends so unumstösslich wie in Venedig wächst die Geschichte aus der geographischen Lage hervor. Alle Tatsachen der historischen Entwicklung bekräftigen dies; ein wesentliches Zeugnis davon bleiben die Belagerung durch Pipin im 1. Dezennium des 9. Jahrhunderts und durch die Genuesen am Ende des Krieges von Chioggia im Jahre 1381.

Wegen dieser seiner Entstehungsart ist Venedig die einzige Stadt, die es nicht nötig hat, sich der Mythologie zu rühmen: an Stelle von Orakelsprüchen, Prophezeiungen, Brudermord und göttlicher Abstammung steht hier Schweiss und Blut, Malaria und Schlamm und ein ungeheurer Kampf mit den Elementen. Dies wird viel später ein evangelisches Symbol finden. Erst als die nötigsten Grundlagen geschaffen waren, wählten die Venezianer den Evangelisten Markus zu ihrem Schutzpatron. Diese ersten Männer sind es, die im 6. Jahrhundert Cassiodor in seinem berühmten Brief an die Tribuni marittimi beschrieb, an die fünf Jahrhunderte später die Honorantia Civitas Papie und noch fünf Jahrhunderte später die kleine Chronik des Marin Sanudo erinnert.

Aus kümmerlichen Mitteln und tiefem Elend sollte der üppige, ehrfurchtgebietende Reichtum hervorgehen, der Venedig für Jahrhunderte auszeichnete. Aus der Niedrigkeit der Geburt wurde der Stolz der Serenissima, aus der Flucht die Expansion, aus dem Entsetzen und dem horror vacui, in welche das Schicksal diese Menschen getrieben hatte, die gewagten Unternehmungen der ältesten Marine der modernen Welt — so wie aus der unwissendsten Naivität die schlaueste aller Künste geboren wird, die Diplomatie. Auf der Primitivität, in welche die ersten Venezianer zurückgefallen waren, sollte sich, verspätet zwar im Vergleich mit andern

italienischen Zentren, die venezianische Kunst aufbauen, welche in der Malerei vom 15. bis 18. Jahrhundert zu höchster Blüte aufstieg.

Das mühsame Werden des Staates zeigt sich in der Uebersiedlung von Zentrum zu Zentrum innerhalb der gleichen Lagune: Eraclea, Torcello, Malamocco und endlich Rio Alto. Andere Zentren werden auf geheimnisvolle Weise verschluckt von Sand und Schlamm, so Ammiana und Costanziaca.

Aber die neue, keimhafte Gesellschaft konsolidiert sich, trotz blutigen Streitigkeiten zwischen den führenden Familien und obwohl eine eigentliche feudale Aristokratie fehlte, zum Staate Venedig, der seinen eigenen Dogen wählt. Die junge Republik wird durch die natürlichen Gegebenheiten Schützling, um nicht direkt zu sagen Vasallin von Byzanz durch das ravennatische Exarchat. Die gesamte politische Einstellung der ersten Jahre steht unter der Devise der Befreiung von dieser Protektion. Und es gelingt bewundernswürdig. Der griechische Schutzpatron Theodoros muss dem Latiner Markus dem Evangelisten weichen. Sein Symbol wird das Emblem und die Standarte der Serenissima. Tintoretto und andere verherrlichen diese Heldentaten und Legenden in ihrem Werk.

Während sich im 11. Jahrhundert überall freie Comune bildeten, war das selbständige Venedig bereits mächtig und hatte schon die ganze adriatische Küste erobert, Istrien, Dalmatien, von Quarnaro bis Cattaro. Es war am Wiederbegründen jenes Randgebietes des Imperium Romanum, der *Regio decima, Venetia et Histria*. Und ungefähr ein Jahrhundert später eroberte Dandolo Konstantinopel (1204). Venedig, die ehemalige Vasallin dieses östlichen Reiches, wurde nun dessen Beherrscherin.

In diesem Klima, mit den heterogensten Beiträgen nicht nur an Stilen, sondern auch an Gegenständen, werden mühevoll die Anfänge der venezianischen Kunst erarbeitet. Aus den ersten zwei oder drei Jahrhunderten haben sich keine Dokumente erhalten. Aber während der ersten Phase der lombardischen Architektur und der Entwicklung der Protoromanik, während des Einfließens barbarischer Elemente im Norden der italienischen Halbinsel und arabischer in Sizilien, während der Ausbreitung der karolingischen Kultur trägt Venedig die byzantinisch-romanische Formensprache zusammen und baut sie aus. Von diesen Anfängen ist nichts übrig als die von Generationen überlieferten Erinnerungen und Erzählungen. Verschwunden sind Eraclea und Malamocco, dreimal wurden die Kirchen von Torcello, San Giacomo di Rialto und San Marco wieder neu aufgebaut. Einem majestätischen Phoenix gleich erstand der Palazzo Ducale aus seiner Asche: nichts, das in der Sprache der Kunst ein greifbares Zeugnis ablegen würde für die Ursprünge Venedigs.

## Baugrund und Bauwerk in Venedig einst und jetzt

DK 624.15:93

Von Dott. Ing. A. Balduzzi, G. E. P., Venedig

Vortrag, gehalten an der 54. Generalversammlung der G. E. P. in Venedig, Isola di San Giorgio, Sala del Noviziato, am 29. Mai 1960

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Kollegen,

Nachdem Sie nun das Stadtbild und die Sehenswürdigkeiten Venedigs gesehen haben, ist es mir ein Vergnügen, mich mit Ihnen über die Arbeit der Ingenieure an diesen Kirchen und Palästen und Zweckbauten zu unterhalten. Ein Vergnügen deshalb, weil Sie sicher mit technischem Interesse manches beobachtet haben, das ich Ihnen bestätigen kann.

Von den Millionen von Besuchern, die Venedig jedes Jahr aus aller Welt empfängt, verlassen die meisten diese Stadt in der Meinung, Venedig sei eine Pfahlbauerstadt und die Venezianer Pfahlbauer. Dabei sind die wenigen sichtbaren Pfähle, die man antrifft, jene der Landungsstege, die keine Häuser, sondern höchstens die Wappen der Familien tragen, oder, bei den Gondelstationen wie vor der Piazzetta eine Laterne, wie sie in unserem Festzeichen abgebildet ist.

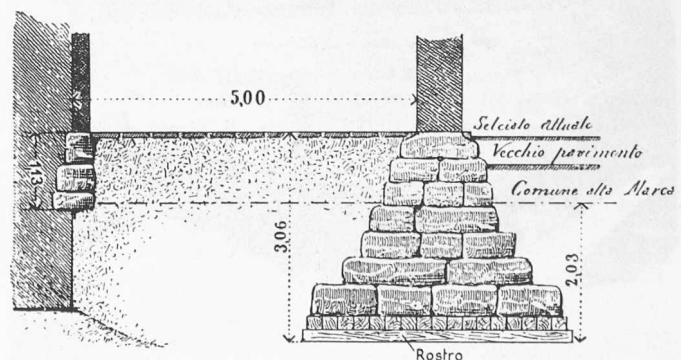


Bild 1. Säulenfundament des Dogenpalastes, auf einem Eichenholzrost (Rostro) aufgemauert. Masstab 1:110

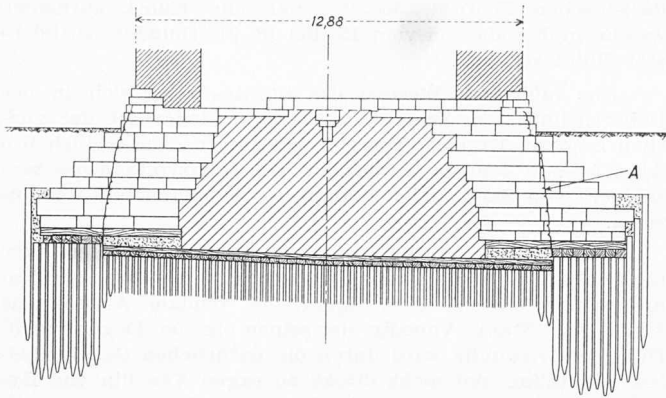


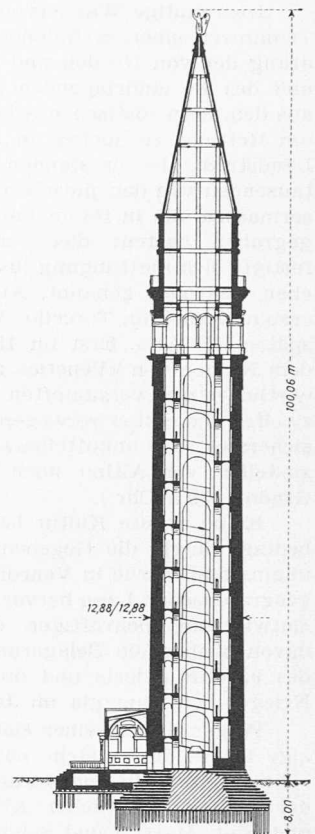
Bild 3. Querschnitt 1:250 des Campanile-Fundamentes. A = Trennungslinie zwischen dem ursprünglichen Fundament und der 1902 ausgeführten Verbreiterung

Der *Baugrund* Venedigs ist noch relativ gut, bei weitem nicht so schlecht, wie es periodisch wiederkehrende Zeitungsnotizen haben wollen. Als Venedig, nach der Tradition, im Jahre 420 unserer Zeitrechnung gegründet wurde, hat man die einzelnen Siedelungen auf Inseln im Podelta gebaut. Das typische Bodenprofil der Deltablagerungen zeigt sich auch hier, eine wechselvolle Folge von Silt und Ton, Schichten mit Mischungen der beiden Komponenten von siltigem Ton bis tonigem Silt in allen Verhältnissen. Ein anderes Merkmal ist, dass bestimmte Schichten sehr kalkreich sind, ein Hinweis auf die Rolle des *Plave*, der durch Kalkgebiete fließt, bei diesen Ablagerungen. Die kalkreichen Schichten werden hier *Caranto* genannt, sie sind sehr kompakt und undurchlässig und bilden einen ausgezeichnet tragfähigen Baugrund.

Das Hauptmerkmal dieses Baugrundes ist jedoch ein anderes. Es äussert sich am eindrucklichsten bei der Wasserversorgung dieser Stadt, die bis zum Bau der Eisenbahnbrücke und des Aquäduktes im Jahre 1848 durch artesischen Brunnen gesichert wurde. Auch jetzt findet man bei Bohrungen von etwa 100 m Tiefe und mehr in der Lagune artesisches Wasser. Bei der flachen Konfiguration der Umgebung ist es klar, dass dieses gespannte Wasser wirkliches Porenwasser sein muss, das durch Ablagerung von Material aus dem Po und Konsolidation gespannt wird. Der abgelagerte Boden befindet sich in einem ständigen Konsolidationsvorgang.

Wie stark auch der Ablagerungsvorgang im Delta durch menschlichen Eingriff in historischen Zeiten gestört worden ist (eine Ortschaft im Delta heisst bekanntlich «Taglio del Po», was auf einen bewussten Eingriff hinweist) hat der Boden Venedigs deshalb doch nicht den endgültigen Zustand erreicht. Die erste Folgerung daraus ist, dass mächtige

Bild 4 (rechts). Schnitt 1:1000 durch den von Luca Beltrami wiederaufgebauten Campanile von San Marco. Beachtenswert ist die geringe Fundationstiefe des Bauwerkes



Schichten vorhanden sind, bei denen die Kompressibilität mit der Tiefe nicht abnimmt wie bei auskonsolidierten Böden und ebenfalls Böden, bei denen die Scherfestigkeit mit der Tiefe nicht zunimmt wie im entsprechenden konsolidierten Boden. Der Ertrag der artesischen Brunnen lässt ferner auf eine ziemliche Durchlässigkeit, also lockere Lagerung der betreffenden Schichten schliessen.

Die Grundbruchgefährlichkeit und hohe Störungsempfindlichkeit des Bodens deuten gesamthaft auf einen locker gelagerten Silt. Diese Erkenntnis erlaubt es, sowohl die von der Praxis seit altersher entwickelten Baumethoden wie die Erscheinungen, die wir immer beobachten und denen wir immer wieder begegnen, jene der Erosion, der ungleichen Setzungen verschiedener Teile der Bauwerke, befriedigend zu erklären und zu beheben.

Die alten und örtlichen Baumethoden zeigen uns immer wieder, dass Erfahrung und Einfühlungsvermögen der Handwerker zu technisch unanfechtbaren Lösungen führen. In Venedig kommt dies besonders deutlich zum Ausdruck. Die zwei typischen Fundierungsarten, die sich im Laufe der Jahrhunderte entwickelt haben und zum Teil noch heute angewandt werden, sind der *Rostro* und der *Zatterone*. Bei den Kanalbauten gilt als dritte typische Bauweise der *Cassero Veneziano*.

Der *Rostro* (Bild 1) ist die Fundierung, die auf gutem Baugrund zur Anwendung kommt. In Venedig wird die feste *Carantoschicht*, die in Form von ausgedehnten Linsen in der ganzen Lagune angetroffen wird, als guter Baugrund betrachtet, der möglichst wenig gestört werden soll. Auf diese Schicht wurde ein Rost aus Eichenholz, meistens halbierte Stämmchen, kreuz und quer gelegt. Auf diesem wurde dann

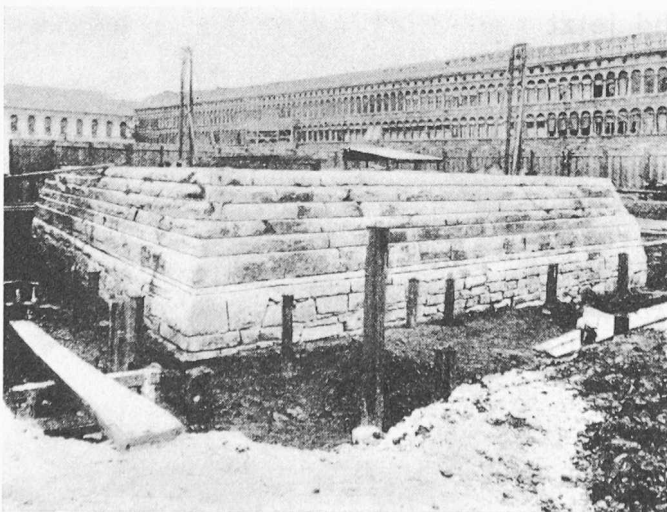


Bild 2. Fundament des ersten Campanile di San Marco, nach dem Zusammenbruch 1902 freigelegt für die Verbreiterung

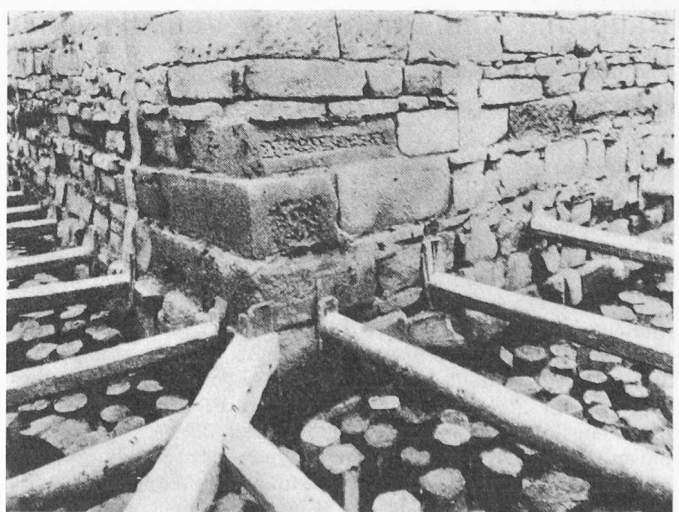


Bild 5. Detail der 1902 ausgeführten Fundation mit den neuen Kurzpählen zur Verbreiterung des ursprünglichen Zatterone



der Mauersockel von trapezförmigem Querschnitt aus Quader oder Backsteinen aufgemauert. In verschiedenen Grössen ist diese Fundierungsart für grösste Bauten, zum Beispiel den Dogenpalast, wie für kleine benutzt worden. Die Mindestabmessungen sind 60 cm auf 1 m. Im allgemeinen wird hier der Caranto-Boden mit 0,6 bis 0,8 kg/cm<sup>2</sup> belastet.

Die zweite Art von Fundierung und die interessanteste ist der *Zatterone*, der dann zur Anwendung kommt, wenn die tragfähige Caranto-Schicht zu tief liegt und mit siltigem Boden überlagert ist. Um die Tragfähigkeit dieses locker-gelagerten Siltes zu erhöhen, muss er verdichtet und drainiert werden. Das wird nun durch Einschlagen von kleinen Holzpfählen von etwa 10 cm Durchmesser und 1 bis 1,50 m Länge, je nach Mächtigkeit der Siltschicht, erreicht. Die Hölzer wurden dicht nebeneinander von Hand eingeschlagen und bewirkten eine Störung und Verdrängung des Bodens, bei der das Wasser dem Holz entlang drainiert wird. Die Verdichtung, die dadurch erzielt wird, erlaubt es, den Baugrund mit bis zu 6 kg/cm<sup>2</sup> zu belasten. Die dazu verwendeten Hölzer von 1 bis 1,5 m Länge sind also keine Tragpfähle; vielmehr handelt es sich bei dieser Baugrundverbesserung um eine Art Stabilisierungsmassnahme. Es besteht ja auch keine direkte Verbindung mit dem Fundament, sondern auf dem verbesserten Baugrund wurde die selbe Art von Mauersockel mit dem Rostro genannten Holzrost ausgeführt, die ich bereits beschrieben habe.

Ein eindruckliches Beispiel einer Fundierung mit *Zatterone* ist das Fundament des Campanile di S. Marco. Dieser brach 1902 zusammen, wie durch ein Wunder ohne Opfer zu verursachen<sup>1)</sup>.

Die Venezianer wollten ihren Campanile «wie er war und wo er war» wieder aufbauen. Der mit dieser Arbeit zuerst betraute Architekt, Luca Beltrami, entschloss sich dazu, die verbliebenen Fundamente (Bild 2) in der gleichen Bauweise, die für die ursprünglichen angewandt worden war, zu erweitern: Bild 3 zeigt schematisch das alte Fundament (*Zatterone*) und die Verbreiterung. Gegen seinen Willen musste Luca Beltrami für die Verbreiterung längere Pfähle als jene des ursprünglichen Fundamentes schlagen. Das hat dann am Fundamentrand zu ungleichen Setzungen geführt, wie er vorausgesagt hatte. Bild 4 zeigt das ursprüngliche Projekt Luca Beltrami's für den Campanile; beachtenswert ist das Verhältnis zwischen Auflast und Foundation. In Bild 5

1) Ausführliche illustrierte Berichterstattung siehe SEZ Bd. 40, Nr. 3 bis 5 (1902).

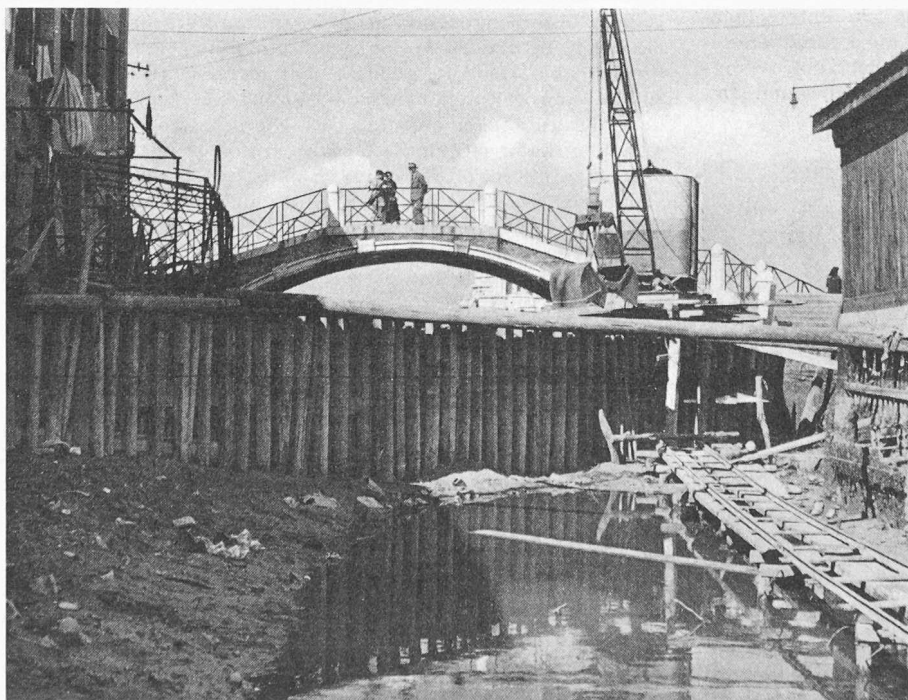


Bild 6. Cassero Veneziano, der heute noch bei Kanalbauten zur Trockenlegung der Baugrube verwendet wird

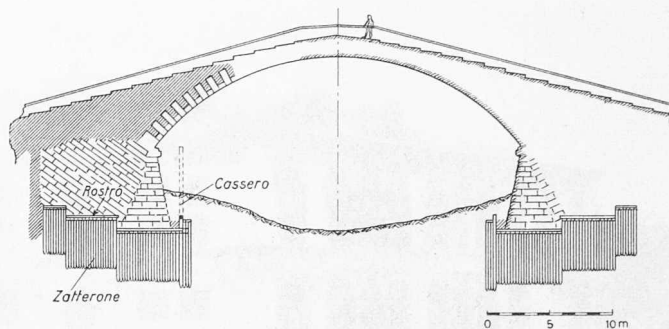


Bild 7. Konstruktionsschema der Rialto-Brücke, 1:600. Das Fundament zeigt eine Kombination der drei typischen venezianischen Bauweisen: Kanalseitig ist ein Cassero zum Schutz des Zatterone angeordnet, das Mauerwerk ist auf einem Rostro aufgemauert

ist ein Detail der Fundamentverbreiterung, mit den vielen kurzen Holzpfählen, die den «Zatterone» bilden, zu sehen. Dass zu jener Zeit eine heftige Diskussion über diese Arbeiten stattfand, und auch, dass nicht alle «modernen Fundierungsvorschläge» stichhaltig waren, können sie sich vorstellen.

Die dritte typische venezianische Bauweise, die beim Bau von Kanälen und Brücken angewandt wurde, ist der sogenannte *Cassero Veneziano*, der aus einer doppelten Holzspundwand besteht, die mit tonigem, undurchlässigem Material aufgefüllt wurde. Die einzelnen Pfähle der beiden Pfahlreihen werden von Hand eingetrieben und zwar ziemlich gemütlich. Besucher von auswärts und auch ich, als ich es zum ersten Mal sah, finden sogar, dass die Leute diese Arbeit zu gemütlich nehmen. Wenn man aber der Sache nachgeht, findet man, dass wieder einmal Erfahrung und Tradition eine bodenmechanisch richtige Lösung auskristallisiert haben. Im Gegensatz zur vorher beschriebenen Verdichtung und Verfestigung des Baugrundes wird beim Cassero bezweckt, die Baugrube vom Kanalwasser abzdämmen. Das heisst aber, dass man den Boden beim Einschlagen der Pfähle möglichst wenig stören darf, um seine *ungestörte* Festigkeit nutzen zu können. Da bei jedem Vortrieb, bei jedem Schlag auf den Pfahl Porenwasserspannungen im gesättigten Boden entstehen, die infolge seiner Durchlässigkeit langsam wieder abklingen, ist es vom bodenmechanischen Stand-

punkt aus richtig, sogar notwendig, den Pfahl langsam vorzutreiben, um die Struktur des Bodens möglichst wenig zu stören. Eine durch raschen Vortrieb verursachte, zu grosse Porenwasserspannung würde im Boden einen Zusammenbruch der Struktur verursachen. Also sind die Arbeitspausen beim Rammen der Pfähle, die die Zuschauer etwas aufregen

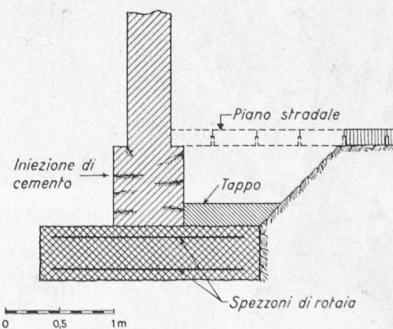


Bild 8. Injizierter Betonbalken zur Unterfangung eines durch Erosion des ursprünglichen Fundamentsockels gefährdeten Gebäudes, Masstab 1:70. Der Zementmörtel wird mit einem der neuen Bodenpressung entsprechenden Druck injiziert

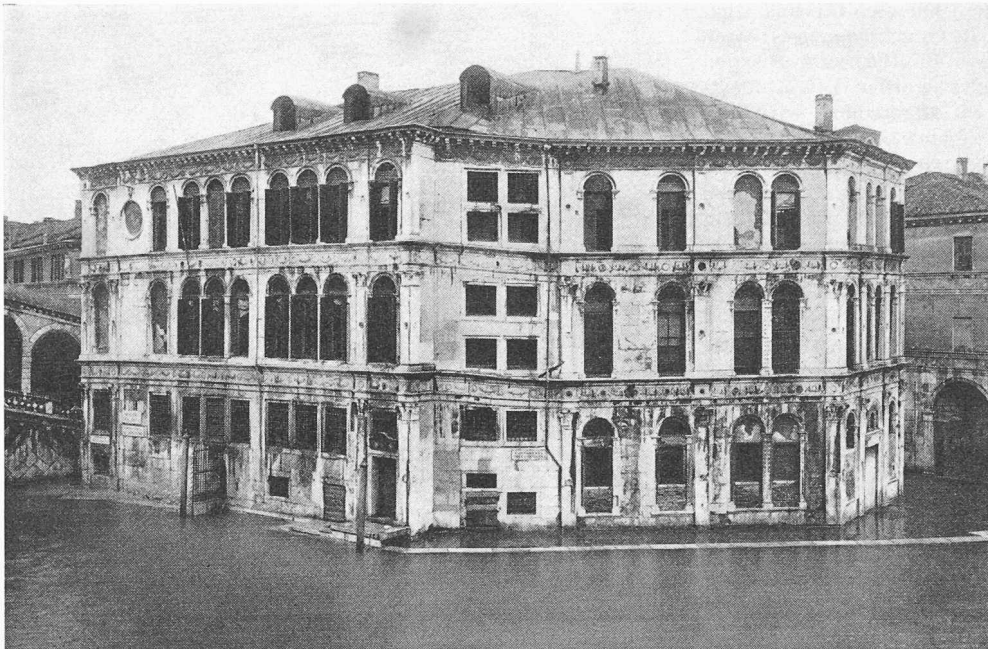


Bild 9. Palazzo Camerlenghi an der Rialto-Brücke (links sichtbar). Der gefährdete Palast wurde 1930 auf eine neue Fundation aus Pressbeton-Ortspfählen abgestellt

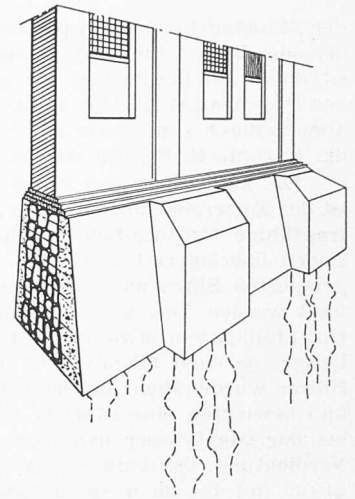


Bild 10. Schema der Unterfangung des Palazzo Camerlenghi. Die aufgelockerten, alten Fundamentsockel der Tragmauern sind injiziert und auf die neuerstellten Pressbeton-Ortspfähle abgestellt worden. Die Sockel der Füllmauern wurden ebenfalls armiert und seitlich mit den neuen Fundamentsockeln verbunden

und bei denen früher sogar bestimmte Lieder als Zeitmass gesungen wurden, durchaus gerechtfertigt.

Die Bauart des *Cassero Veneziano* ist erhalten geblieben und wird in Spezialfällen heute noch ausgeführt. Die Larssen-spundwände, wie ich sie bei der Fundierung des Bahnhofes Santa Lucia ausführte, haben sie nicht ganz vertrieben. Bild 6 zeigt eine typische Anwendung des Cassero bei einem Kanalbau.

Der Bau der Rialto-Brücke, von der ein Konstruktions-schemata in Bild 7 wiedergegeben ist, brachte eine schöne Kombination aller drei venezianischen Bauweisen: Das Fundament besteht aus gestaffelten Zatteroni, die kanalseitig von einem Cassero, einer Holzspundwand, geschützt werden. Das Mauerwerk ist auf einem Rostro aus Eichenhölzern aufgemauert (1587/88).

Diese Fundationen haben Jahrhunderte ohne Schaden überdauert — ausgenommen Risse, die dadurch verursacht wurden, dass vielfach Fassade und Haus mit verschiedenen Bodenpressungen abgestellt wurden, was zu unterschiedlichen Setzungen führte. Da bei Siltboden die Primärsetzungen noch abklingen, bevor die Bauten beendet sind, wenigstens bei langsamem Bauvortrieb, sind vielfach auch De-

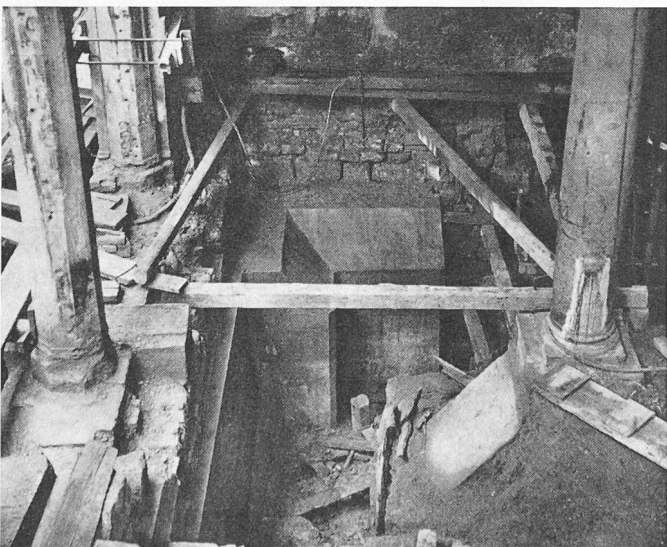


Bild 11. Einzelheit der Unterfangung des Palazzo Camerlenghi, im Innern des Palastes aufgenommen

formationen ohne Rissbildung während des Baues noch berücksichtigt worden.

Probleme sind aber mit der Motorisierung des Verkehrs im Wasser entstanden, besonders in der Umgebung der Haltestellen der Dampfer und Motorboote. Dort, wo diese an Ort manövrieren müssen, wird auch, wie Sie gesehen haben, durch die Schraubenbewegungen am meisten Wasser aufgewirbelt. Die Folgen sind schwerwiegend: der Boden hinter den Quaimauern und unter den Fundamentsockeln wird durch die Mauerfugen erodiert, was die Gebäude gefährden kann.

Nun ist es interessant, zu sehen, wie die *neuen Methoden* in Venedig zur Konsolidierung, manchmal zur Rettung der gefährdeten Gebäude eingesetzt worden sind.

Bei kleineren Fällen von Erosion genügt es vielfach, die Quaimauern mit Zementmörtelinjektionen abzudichten. Bei kleineren Gebäuden kann auch mit Hilfe einer Art Herd-mauer das Fundament durch einen injizierten und armierten Balken unterfangen und so die Auflage vergrößert werden (Bild 8). In andern Fällen, wie zum Beispiel beim *Palazzo Camerlenghi* (Bild 9) genügte dies nicht. Dort habe ich vor 30 Jahren alle Fundamentsockel unterfangen und auf eigentliche Tragpfähle abgestellt. Das Pfahlsystem, das zur Anwendung kam, ist ein Ortspfahl mit Pressluftverdrängung des eingefüllten Mörtels und Betons, das sich für diesen grundbruchgefährdeten Baugrund ausgezeichnet bewährt hat. Bild 10 zeigt schematisch das neue Fundament mit den Tragpfählen aus Pressbeton. Der Bauvorgang war der folgende: Zuerst wurden die Ortspfähle an der Aussen- und Innenseite jeder Tragmauer (Lesene) abgeteuft, dann der alte Fundamentsockel mit Rotationsbohrer für die Armierung vorbereitet, armiert, ausinjiziert und auf die Tragpfähle abgestellt. Gleichzeitig wurden auch die Sockel der Füllmauern armiert und nach Zementmörtelinjektionen mit den neuen Fundamentsockeln verbunden. In Bild 11 ist ein Detail des neuen Fundamentes abgebildet, im Inneren des Palastes aufgenommen. Es gibt auch eine gute Vorstellung der engen räumlichen Verhältnisse, mit denen man bei Arbeiten dieser Art rechnen muss.

Nach dieser Arbeit führte ich die Fundierung des *Ponte Scalzi* aus, der eleganten Brücke aus weissem Kalkstein aus Istrien, die Sie von dem Bahnhofausgang gesehen haben (Bild 12). Es ist keine verkleidete Betonbrücke, sondern eine echte gemauerte Quaderbrücke. Sie wurde seinerzeit von D'Annunzio vorgeschlagen, als Ersatz für eine gusseiserne Brücke, die von der österreichischen Regierung erstellt worden war und weder ins Stadtbild passte noch irgend-



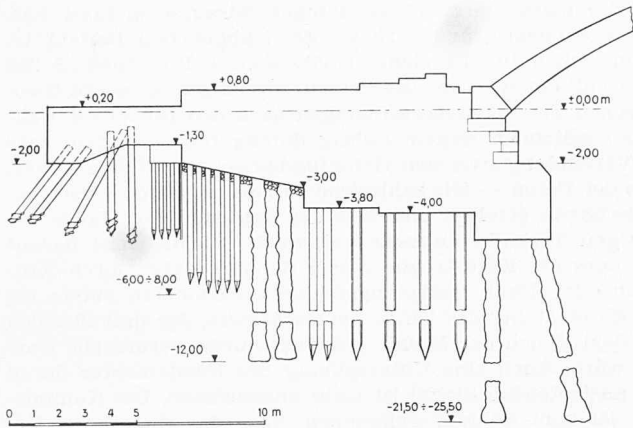


Bild 14. Widerlagerfundament der Scalzi-Brücke, Schema 1:300

welche interessanten Merkmale an sich trug. Um die Fundation hat sich D'Annunzio natürlich nicht gekümmert. Für diese wurden zum Glück keine alten Methoden vorgeschrieben, sondern verschiedene neue Betonpfahlsysteme ausprobiert. Nach den Pfahlbelastungsversuchen zeigte es sich erneut (Bild 13), dass sich der Pressluftbetonpfahl ausserordentlich gut für diesen Baugrund eignet. Mit diesem Pfahlsystem ist dann auch die Fundation ausgeführt worden. Bild 14 zeigt schematisch die Anordnung der Pressbetonpfähle.

Ich habe Ihnen nun gezeigt, wie früher fundiert wurde, wie heute Schäden an diesen Fundamenten behoben werden und wie mit modernen Mitteln versucht wird, das Stadtbild, das die fast ausschliessliche Einnahmequelle dieser Stadt ist, zu erhalten.

Zum Schluss zeige ich Ihnen noch kurz einige Beispiele von Ingenieurbauten, die ich hier projiziert und ausgeführt habe. Sie sind interessant, weil sie zeigen, wie weit die moderne Fundationstechnik über die traditionellen Baumethoden hinaus geht.

Das erste Beispiel ist die Hochspannungsleitung, die seit mehr als 30 Jahren die Stromzufuhr Venedigs vom Festland über die Lagune sichert. Die einzelnen Leitungsmasten (Bild 15) sind in Abständen bis zu 350 m angeordnet und haben eine Höhe über Wasserspiegel bis zu 50 m. Um diese Masten zu verankern, sind an den vier Ecken des Fusses je drei stark armierte Ortopfahle zum Teil bis auf 33 m unter Meerboden abgeteuft worden. In dieser Tiefe erst findet man in der Lagune die tragfähigen Schichten, die auch hier aus dem kalkreichen Caranto bestehen. Oberhalb liegen immer lockergelagerte Siltschichten, die nur im ungestörten Zustande zur Tragfähigkeit beitragen. In Bild 16 sehen Sie eines dieser Mastfundamente abgebildet. Die Linie hat als einzige unter denen, die die Lagune überqueren, alle Stürme der letzten 30 Jahre, natürliche und künstliche, überdauert.

Das zweite Beispiel -- 1940, also vor 20 Jahren begonnen -- ist ein Trockendock der Schiffswerft Breda (Bild 17), mit einer projektierten

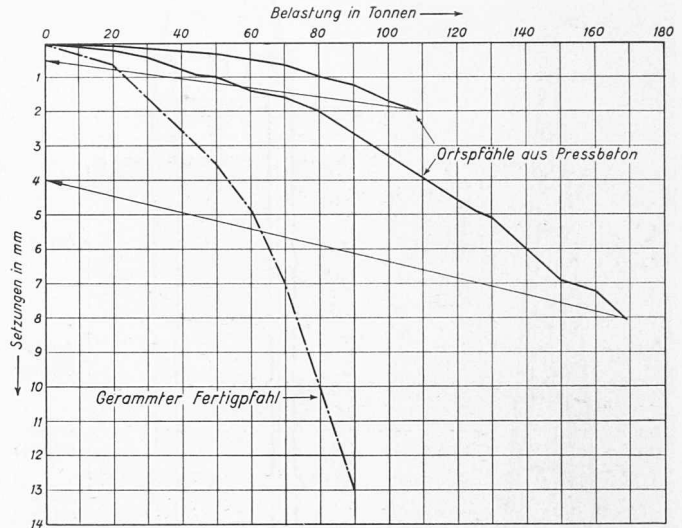


Bild 13. Scalzi-Brücke, Belastungsversuche der Pressbeton-Ortopfahle (14 m lang) und eines gerammten Fertigpfahles



Bild 12. Scalzi-Brücke, in klassischer Bauweise aus Kalksteinquadern ausgeführt und auf Pressbeton-Ortopfahle abgestellt (Blick in den Canal Grande von S. Simeone Piccolo aus; der Bahnhof liegt links)

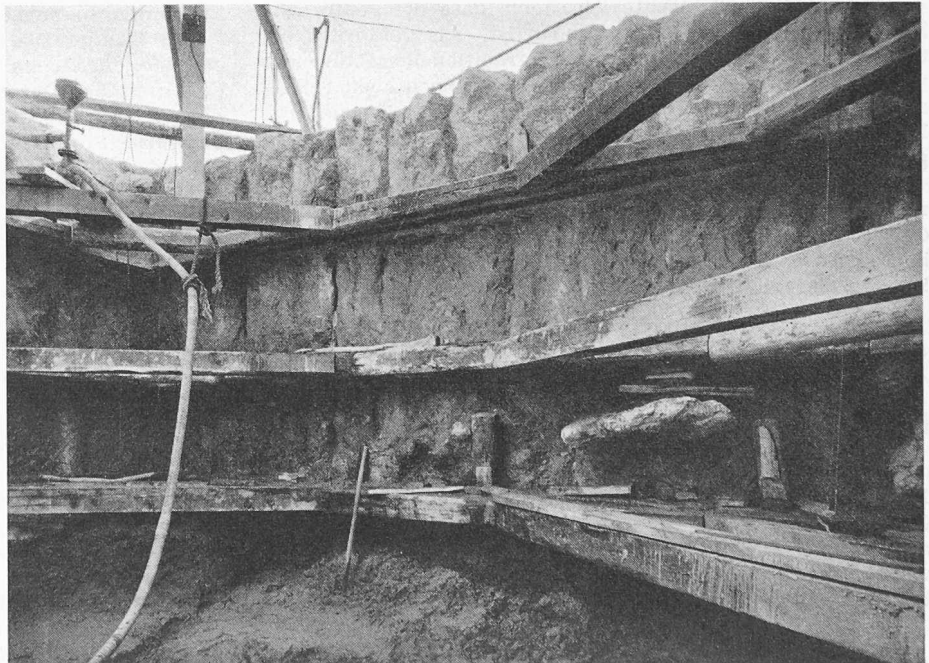


Bild 17. Spundwand aus nicht armierten Pressbeton-Ortopfahlen beim Bau eines Trockendocks der Schiffswerft Breda in Marghera. Freigelegtes Pfahldiaphragma, ausgeführt 1941

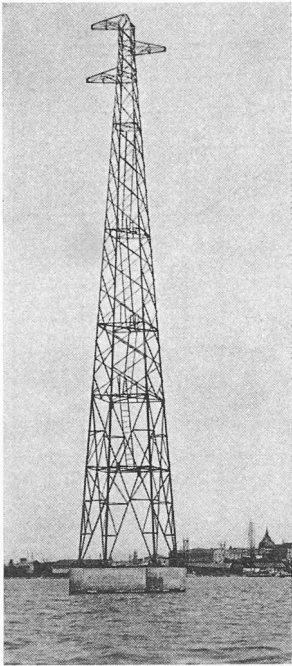


Bild 15. Hochspannungsleitung über die Lagune zwischen Venedig und dem Festland

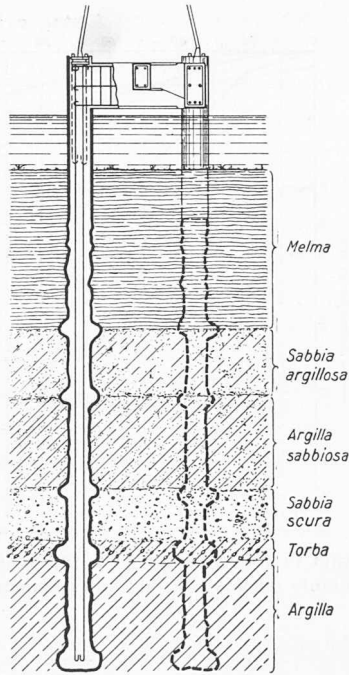


Bild 16. Pfahlfundierung für die Masten Bild 15. Interessant sind im Bodenprofil die heute tiefliegenden Torfschichten. 1:200

Sohle bei  $-6,5$  m unter Meeresspiegel und einer Mauer von  $+3$  m, d. h. 9 m Nutzhöhe. Es ist mit einer Spundwand aus nichtarmierten Pressbeton-Ortspfählen abgedichtet, die in eine 13 m unter Bodenoberfläche liegende undurchlässige Schicht hinabreicht. Diese Bauweise hat sich in den letzten Jahren immer mehr verallgemeinert. Hier war es eine der ersten Anwendungen<sup>2)</sup>, so dass der Bauherr als Garantie die Erstellung zweier Probeschächte verlangte, die dann später Teil der Kranfundation bilden sollten. Die Spundwand ist auch wegen ihrer Verankerung, die aus einem Zug- und einem Druckpfahl besteht, interessant. Die Arbeit ist im Kriege steckengeblieben; sie war 1943 ungefähr zur Hälfte ausgeführt. Seither ist es nicht gelungen, die zur Vollendung notwendigen Gelder zu finden, obwohl sich die Anlage in kurzer Zeit bezahlt machen würde.

\*

Zurückblickend möchte ich sagen, dass die gefährliche Zeit für Venedig heute überwunden ist. Als gefährlich betrachten wir die Zeit, in der man die traditionellen Bauweisen verlassen musste und wollte und die neuen noch nicht richtig anzuwenden wusste. Heute gibt es fast für jedes moderne Fundationsproblem, das in Venedig auftreten kann, ein ausgeführtes, bewährtes Beispiel.

Ich hoffe, Ihnen mit dieser Plauderei eine kleine Erinnerung mehr an Venedig mitzugeben — vor allem hoffe ich, dass Sie erraten haben, mit wieviel Liebe und Sorgfalt man hier arbeitet, um auch späteren Generationen das Bild, das Sie von diesem Besuch mitnehmen, zu erhalten.

Adresse des Verfassers: Dott. Ing. Antonio Balduzzi, Santa Croce 764, Venezia.

## Mitteilungen

**Ueber den Bruch der Talsperre von Malpasset bei Fréjus.** Am 5. Dezember, also nur drei Tage nach der Katastrophe, über die hier aufgrund eines Augenscheins von Ing. G. Wüstemann in Heft 11, S. 194 des lfd. Jahrgangs berichtet wurde, wurde eine Untersuchungskommission aus prominenten Fachleuten bestellt, die nun in einem vorläufigen Bericht

<sup>2)</sup> Das erste Pfahldiaphragma aus Pressbetonpfählen in Italien wurde vom Verfasser im Jahre 1930 für die Talsperre am Sele bei Salerno gebaut. Siehe: Congresso Internazionale di Navigazione in Venezia, 1930.

die Ergebnisse ihrer Feststellungen zusammengefasst hat. Dieser vorsichtig und zurückhaltend abgefasste Bericht ist vollinhaltlich in «Le Génie Civil» vom 1. Juni 1960, S. 255 veröffentlicht worden. Ihm ist zu entnehmen, dass die theoretischen Festigkeitsberechnungen nach den für solche Bauwerke geltenden Regeln richtig durchgeführt wurden, dass die Verbindung zwischen Betonfundament und Fels gut war, dass der Beton — wie zahlreiche Proben ergaben — den Anforderungen genügte und dass die Bauweise der Mauer der heutigen Technik durchaus entsprach. Nichts weist darauf hin, dass die Katastrophe durch Sabotageakte, durch Erdbeben oder durch Bedienungsfehler, insbesondere Fehler bei der Handhabung des Entlastungsschiebers, der drei Stunden vor dem Bruch der Mauer geöffnet wurde, verursacht worden wäre. Auch eine Unterspülung des Fundamentes durch den austretenden Strahl ist nicht anzunehmen. Die Kommission ist zum Schluss gekommen, dass die eigentliche Ursache in einem Bruch des Felsens unterhalb des Fundamentes zu suchen ist, der eine beträchtliche Verschiebung der Widerlager zur Folge haben musste. Die weiteren Untersuchungen werden demzufolge die Beschaffenheit des Baugrundes zum Gegenstand haben, insbesondere auch dessen Veränderungen infolge Wasserinfiltrationen. Diese wurden durch verschiedene Umstände begünstigt, von denen genannt werden: Die Sprengschüsse beim Bau der Autostrasse, die Wärmedehnungen der Mauer infolge Sonnenbestrahlung, die sich besonders stark wegen nur teilweise gefülltem Becken auswirkten, und die sehr starken Regenfälle unmittelbar vor der Katastrophe. Die Kommission stellt einen Schlussbericht in Aussicht, sobald die Ursachen einwandfrei abgeklärt sind und Massnahmen für die Wiederherstellung des Bauwerkes vorgeschlagen werden können, die volle Sicherheit gewähren.

**Autobahnbau in Indonesien unter Mithilfe einer schweizerischen Expertengruppe.** Der sowjetrussische Ministerpräsident Chruschtschew hielt in Djakarta anlässlich seines Besuches eine Rede, worin er einerseits Kritik an gewissen Bauvorhaben ausübte, andererseits sowjetische Kredite und technische Hilfe versprach. Zurzeit werden unter Heranziehung sowjetischer Kredite und mit der Hilfe von rd. 150 sowjetischen Experten in Djakarta grosse Sportanlagen, u. a. eines der grössten Stadien der Welt, gebaut. Diese Anlagen dienen den 1962 stattfindenden «Asian-Dewan Games», einer Art Olympiade der asiatischen Völker. Eine neu zu erstellende Autobahn wird Djakarta mit dem Stadion verbinden, wobei eine 150 m lange Autobahnbrücke aus Spannbeton die bestehende Hauptstrasse überkreuzt. Autobahn und Hauptstrasse sind durch das klassische Kleeblatt miteinander verbunden. Jeder der vier Kleeblattäste besteht aus einer gekrümmten Spannbetonbrücke von 90 m Länge mit anschließender Rampe. Die Projektierung dieses Verkehrsbauwerkes erfolgte durch das Ingenieurbüro Roš in Zürich. Für die elektronische Datenverarbeitung wurde die Digital AG, Zürich herangezogen. Erstmals gelangt in Indonesien das Schweizer Spannbetonverfahren BBRV zur Anwendung. Eine Schweizer Expertengruppe, bestehend aus U. Kellner, dipl. Ing. ETH, R. Baumann und P. Fenner, Bauführer, sowie F. Pedotti, Bautechniker, wird der indonesischen Bauunternehmung H. B. M. bei allen Bauarbeiten beratend zur Seite stehen.

**Tankwächter.** Grosse Sorgen bereiten den Betreuern der Wasserversorgung die bald unzähligen im Erdboden vergrabenen Brennstofftanks, die im Laufe der Zeit undicht werden und das Grundwasser verseuchen können, wobei unter Umständen ein einziger rinnender Tank die Wasserversorgung einer ganzen Talschaft zu gefährden vermag. Es sind verschiedene Einrichtungen vorgeschlagen worden, um das Leckwerden von solchen Tanks zu entdecken und zu melden. Die sicherste Lösung ist wohl die, den Stand des flüssigen Brennstoffes mit einem Schwimmer auf einen Alarmapparat zu übertragen. Die Firma Rittmeyer AG., Zug, hat eine solche Alarmeinrichtung entwickelt. Fällt der Flüssigkeitsspiegel auch nur um 1 mm, so ertönt schon der Alarm, sofern dem Tank nicht gerade betriebsmässig Brennstoff entnommen wird, denn dann muss der Alarm natürlich ausgeschaltet sein.