

# MITTEILUNGEN

DES INSTITUTES  
FÜR GRUNDBAU UND BODENMECHANIK  
TECHNISCHE HOCHSCHULE WIEN

HERAUSGEGEBEN VON PROF. DR. H. BOROWICKA

H. Borowicka: Das Risiko im Bauwesen

HEFT 7

WIEN, IM NOVEMBER 1966

# Das Risiko im Bauwesen

von Hubert Borowicka

Nach einem am 12. 10. 1966 gehaltenen Vortrage, welcher gemeinsam vom Außeninstitut der Technischen Hochschule Wien und dem Österreichischen Ingenieur- und Architektenverein veranstaltet wurde, sind mir aus dem Kreise der Beamten des Baudienstes, der Zivilingenieure und der Bauunternehmer zahllose zustimmende Erklärungen mit dem dringenden Wunsche zugewandt, den Text dieses Vortrages wortwörtlich in Druck erscheinen zu lassen, und ihn auf diese Weise einer breiteren Öffentlichkeit zur Kenntnis zu bringen.

Um diesem Wunsche nachzukommen, habe ich mich zur Herausgabe des Heftes 7 der Mitteilungen entschlossen, wenn es auch seinem Inhalt nach nicht ganz in diese der wissenschaftlichen Forschung gewidmeten Reihe hineinpassen mag.

## 1. EINLEITUNG

Seit mehreren Monaten ist im österreichischen Bauwesen eine Art Vertrauenskrise ausgebrochen, welche die Zusammenarbeit zwischen Bauherren und Baufirmen in zunehmendem Maße zu vergiften droht. Auf die Art und den unmittelbaren Anlaß zum Ausbruch dieser Krise werde ich erst am Schluß meines Vortrages eingehen und möchte mich gleich dem Hauptthema, nämlich den Risiken im Bauwesen, zuwenden. Dieses Thema ist so umfassend, daß ich es keinesfalls erschöpfend behandeln kann, sondern nur einzelne Fragen herausgreifen muß.

Ein Schaden oder Fehlschlag auf einem Bau verliert zum großen Teil seine Schockwirkung, wenn wir uns schon im Projektstadium des Risikos bewußt sind, dieses also bewußt in Kauf nehmen, und wenn wir außerdem noch vor Inangriffnahme der Bauarbeiten Überlegungen dahingehend anstellen, welche technischen Lösungen zur Behebung eines Schadens in Frage kommen, bzw. welche sonstigen Maßnahmen ergriffen werden können. Ich bin jedenfalls der Meinung, daß wir uns in Zukunft weit mehr als bisher Rechenschaft über die bei einem Bau zu erwartenden Risiken geben sollten. Im folgenden werde ich mich öfters auf einen Vortrag Arthur Casagrandes beziehen, welchen dieser vor der Jahresversammlung der ASCE als zweite Terzaghi-Vorlesung über das Thema „THE ROLE OF THE CALCULATED RISK IN EARTH WORK AND FOUNDATION ENGINEERING“ im Jahre 1964 gehalten hat.

Der Fortschritt der Technik und der technischen Wissenschaften ist notwendigerweise mit einer Kette von Fehlern und Irrtümern verbunden, die zu vermeiden man gelernt hat. Diese Tatsache kann nicht treffender zum Ausdruck gebracht werden, als dies in einem Brief Terzaghis geschehen ist, welchen er unmittelbar nach dem Bruch der Malpasset-Sperre an

deren Projektanten, André Coyne, gerichtet hat. Dieser Brief lautet in deutscher Übersetzung:

„Als ich in der Zeitung über den Bruch der Malpasset-Sperre las, wandten sich meine Gedanken sofort Ihnen zu und dem fürchterlichen Schock, den Sie erlitten haben müssen, als die traurige Nachricht Sie erreichte. In Situationen dieser Art ist es ganz unmöglich, die technischen Aspekte des Ereignisses von der menschlichen Tragödie, welche damit verbunden ist, zu trennen. Jedoch wird sich jeder Ingenieur daran erinnern, daß möglicherweise Fehlschläge dieser Art die wesentlichen und unvermeidbaren Bindeglieder in der Kette des Fortschrittes sind, weil es kein anderes Mittel gibt, um die Grenzen der Giltigkeit unserer Konzepte und Verfahren zu entdecken. Ich habe die Schockwirkungen dieses schmerzlichen Vorganges auf dem Gebiete der Fliegerei im ersten Weltkrieg mit ansehen können, als wir versuchten, innerhalb kurzer Zeit von primitiven Flugzeugtypen zu größeren und komplizierteren überzugehen. Auf dem Gebiete des Sperrenbaues ist der Preis für unsere Kenntnisse ebenfalls hoch.

Da ich Sie seit vielen Jahren sehr gut kenne, bin ich sicher, daß der Fehlschlag nicht die Folge eines Irrtums in Ihrem Entwurf war. Er wird daher einen Faktor erkennen lassen, welchem bisher nicht die erforderliche Beachtung geschenkt wurde. Die Tatsache, daß dieser Mangel bei einer Ihrer Arbeiten offenkundig wurde, ist nicht Ihre Schuld, weil das Vorkommen von Fehlschlägen an der Grenze unserer Kenntnisse durch die Gesetze der Wahrscheinlichkeit beherrscht wird, und diese Gesetze schlagen zufällig zu. Niemand von uns ist dagegen gefeit.

Sie als Einzelperson und die gleichfalls unschuldigen Opfer des Bruches der Sperre haben einen Teil des hohen Lehrgeldes gezahlt, welches die Natur für den Fortschritt auf dem Gebiete des Sperrenbaues fordert. Die Qualen, die Sie auszustehen haben, mögen zu-

mindest durch das Wissen gemildert werden, daß die Sympathien Ihrer Ingenieurkollegen verbunden sein werden mit der Dankbarkeit für die Nutzenwendungen, die sie aus Ihren kühnen Pioniertaten gezogen haben.“

Jede unserer Handlungen ist mit einem gewissen Risiko verbunden, welches darin besteht, daß wir das erstrebte Ziel entweder überhaupt nicht oder nur unter viel größeren Schwierigkeiten bzw. unter Aufwendung höherer Kosten erreichen können, als wir ursprünglich angenommen haben. Es liegt im Wesen des Risikos, daß es trotz größter Achtsamkeit nicht vollständig ausgeschaltet werden kann. Besteht doch schon beim Überqueren einer Straße oder beim Benützen eines Verkehrsmittels ein Unfallsrisiko, das wir nicht ganz vermeiden können, weil Faktoren mitspielen, die unserem Einfluß entzogen sind.

Die vielen Risiken, die mit der Durchführung eines Baues verbunden sind, können in zwei große Gruppen geteilt werden, nämlich:

- 1) Risiken technischer Art
- 2) Risiken zufolge menschlicher Unzulänglichkeit

## 2. DAS TECHNISCHE RISIKO

Als *Risiken technischer Art* werden solche bezeichnet, welche trotz Anwendung der modernsten Berechnungsverfahren und Untersuchungsmethoden und trotz Be-

rücksichtigung der letzten Erfahrungen vorhanden sind. Es handelt sich demnach nicht um Fehler, welche einzelne Techniker aus Unkenntnis oder Unzulänglichkeit begehen, sondern um Mängel, die unseren anerkannten Verfahren immer noch anhaften. Solche technische Risiken treten z. B. immer dann ein, wenn neue Baumethoden das erste Mal zur Anwendung gelangen. So waren in den ersten Entwicklungsjahren des Stahlbetonbaues Risiken technischer Art deshalb vorhanden, weil die Theorie noch nicht genügend weit ausgebaut war und man über zu wenig Erfahrungen über die Bereitung und Nachbehandlung des Betons verfügte.

Der Unterschied zwischen den Baustoffen und dem Baugrund besteht hauptsächlich darin, daß wir für die Baustoffe gewisse Gütevorschriften erlassen und deren Einhaltung leicht überprüfen können. Den Baugrund können wir — von Ausnahmen abgesehen — nicht oder nur in beschränktem Maße verändern und müssen uns daher darauf beschränken, den Zustand und die Eigenschaften der einzelnen Bodenschichten zu erfassen.

In früheren Zeiten war es nicht üblich, vor der Inangriffnahme eines Baues Baugrunduntersuchungen durchzuführen. Das Baugrundrisiko war damals ein unbekanntes Risiko und wurde meist dem Bauunternehmer aufgebürdet. Wenn damals nicht alle Firmen Bankrott gemacht haben, so lag dies wahrscheinlich

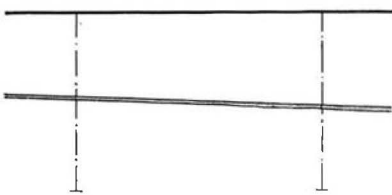


Abb. 1

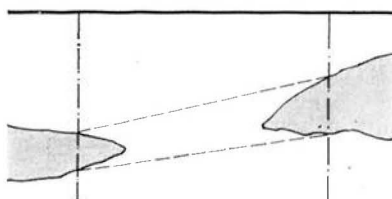


Abb. 2

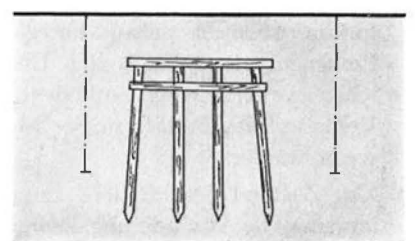


Abb. 3

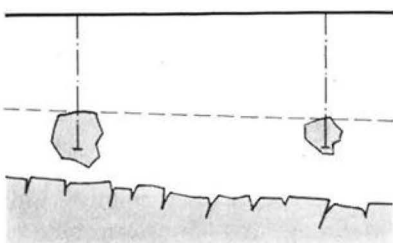


Abb. 4

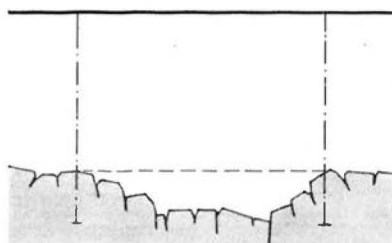


Abb. 5

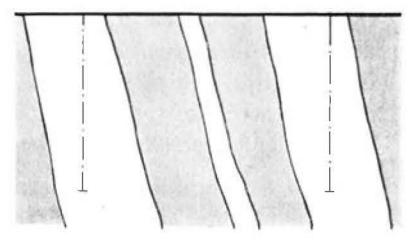


Abb. 6

Abb. 1: Schmierschichte oder Harnischfläche im Boden, welche durch Bohrungen nicht erkannt wird.

Abb. 2: Irrtümliche Schichtgrenzen im Bodenprofil.

Abb. 3: Nicht erkannte Hindernisse im Boden, wie Holzbauwerke oder altes Mauerwerk.

Abb. 4: Irrtümliche Annahme der Felsoberfläche zufolge Antreffens von Felsbrocken.

Abb. 5: Irrtümliche Annahme der Felsoberfläche infolge Vorhandenseins einer Tiefenrinne oder eines Kolkes zwischen den Bohrungen.

Abb. 6: Nichterkennen der Schichtfolgen bei steilstehender Schichtung.

daran, daß die Zuschläge für Gewinn und Wagnis ungleich höher als heute waren.

Nach der Gründung der Bodenmechanik durch Terzaghi wurde zwar das unbekannte Baugrundrisiko beseitigt, es blieben aber trotzdem im beschränkten Maße zahlreiche Baugrundrisiken bestehen. Wir können sie folgendermaßen unterteilen:

- 1) Die gesamte in Frage kommende Bodenmasse kann nur nadelstichartig an bestimmten Stellen aufgeschlossen werden. Die Bodenschichten werden nur an den untersuchten Stellen selbst erfaßt, dazwischen sind sie unbekannt. (In den Abbildungen 1 — 6 sind sechs einfache Fälle von Irrtümern gezeigt, welche in den letzten Jahren erfahrenen Ingenieuren und nicht etwa Anfängern unterlaufen sind.
- 2) Die Strömungsverhältnisse des Grundwassers können durch die Bodenaufschlüsse häufig nicht mit der nötigen Klarheit erkannt werden. Aber selbst wenn dies gelingt, so wissen wir über die ungünstigsten Strömungsverhältnisse, wie sie nach katastrophalen Niederschlägen auftreten können, in der Regel nichts und müssen mehr oder minder willkürliche Annahmen treffen. Dies ist besonders wichtig für das Problem der Rutschungen, weil nämlich die meisten natürlichen Hänge in vollkommen wassergesättigtem Zustand nicht standsicher sind.
- 3) Der Zustand einer ungestörten Probe im Laboratorium ist nicht genau der gleiche, wie vor der Probenentnahme im Boden. Unsere bodenmechanischen Untersuchungsmethoden geben daher das Verhalten des Bodens in der Natur nur näherungsweise wieder.
- 4) Der Zustand des Bodens kann sich in der Natur ändern. Die Veränderung kann plötzlich oder auch langsam vor sich gehen. Hierher gehören alle Arten des Abfalls der Scherfestigkeit, die Bodenverflüssigung, Pipingeffekt, langsame Bodenausspülung durch innere Erosion, sowie alle Arten des Bodenfließens. Für alle diese Erscheinungen stehen keine oder noch nicht genügend ausgereifte bzw. zu langwierige Untersuchungsmethoden zur Verfügung.

In seinem Vortrag führte Casagrande im besonderen folgende Probleme an, bei welchen wir immer noch im wesentlichen auf empirische Erfahrungen angewiesen sind, weil quantitativ richtige Analysen entweder fehlen oder von zweifelhafter Gültigkeit sind:

Rutschungen zufolge Bodenverflüssigung in kohäsionslosen Böden oder extrem sensitiven Tonen.

Deformations- und Festigkeitseigenschaften von grobkörnigen Böden einschließlich Steinschüttungen unter sehr hohen Drücken.

Langzeitverhalten von Tonen bei konstantem Wassergehalt hinsichtlich Deformation und Festigkeit.

Standfestigkeit von hochplastischen Schiefertonen in steifem und hartem Zustand.

Kontrolle von Quer- und Längsrissen im Dichtungskern von sehr hohen Steinschüttdämmen.

Wirkung von Erdbeben auf hohe Erd- und Steinschüttdämme.

Diese Liste ist aber nicht vollständig. In jedem Einzelfall kann vielmehr durch Zusammentreffen verschiedener ungünstiger Umstände auch ein besonderes Baugrundrisiko auftreten.

Die Beurteilung des technischen Risikos wäre aber nicht vollständig, wenn wir nicht die Folgen eines möglicherweise eintretenden Fehlschlages in Betracht zögen. Casagrande unterscheidet hierbei:

- 1) Katastrophale Verluste an Menschenleben und Sachgütern.
- 2) Schwere Verluste an Menschenleben und Sachgütern.
- 3) Ernstliche finanzielle Verluste, aber wahrscheinlich kein Verlust an Menschenleben.
- 4) Mäßige finanzielle Verluste, kein Verlust an Menschenleben.

Während z. B. der Bruch eines Staudammes katastrophale Verluste an Menschenleben und Sachgütern verursacht, wird bei Schäden an Straßendämmen in der Regel kein Menschenleben in Gefahr gebracht und die Sanierung wird vergleichsweise geringe Geldmittel erfordern. Aus diesem Grunde ist es berechtigt, im Straßenbau weit geringere Sicherheitsfaktoren anzuwenden, wie dies auch tatsächlich geschieht. Wir dürfen uns dann aber auch nicht wundern, wenn an unseren Straßen, besonders nach starken Niederschlägen, Schäden auftreten. Ein amerikanischer Straßenbauingenieur hat einmal gesagt, daß Straßen, an welchen keine Rutschungsschäden eintreten, überdimensioniert seien. Natürlich können wir Straßen bauen, die vollständig sicher sind, aber dann darf man nicht nach den Kosten fragen.

Ein Risiko, bei welchem der Grad der Sicherheit eines Bauwerkes nicht aufgrund exakter Kenntnisse, sondern nur durch Erfahrung und Ermessen beurteilt werden kann, wobei alle Faktoren, die bei der Lösung eines Problems eine Rolle spielen können, insbesondere auch die wirtschaftlichen Aspekte sorgfältig gegeneinander abgewogen und auch die Wahrscheinlichkeit und die Folgen eines möglichen Fehlschlages in Betracht gezogen werden, wird in den USA ein kalkuliertes Risiko genannt. Dieser Ausdruck wird nicht nur im Bauwesen, sondern ganz allgemein verwendet,

also z. B. bei politischen, militärischen und wirtschaftlichen Fragen. Unter „calculated“ ist nicht ein Berechnen oder genaues Erfassen, sondern ein Abschätzen zu verstehen.

Ein typisches Beispiel für ein kalkuliertes Risiko technischer Art besteht beim Bau eines Hochwasserschutzdammes. Die durch die Errichtung des Dammes zu vermeidenden Hochwasserschäden müssen in einem tragbaren Verhältnis zu dessen Baukosten stehen. Aus diesem Grunde wird man in vielen Fällen den Damm nicht so hoch machen können, als es im Hinblick auf eine vollständige Vermeidung der Überflutung der Dammkrone erforderlich wäre. Aus der Notwendigkeit heraus, die Dammbaukosten niedrig zu halten, wird meist auf eine besondere Dichtung des Dammes und Untergrundes verzichtet. Infolge der Unmöglichkeit, den Baugrund auf sehr große Längen genau zu untersuchen, wird ein beträchtliches Baugrundrisiko in Kauf genommen werden müssen. Der zu wählende Entwurf wird daher ein Kompromiß sein, bei welchem die Höhe der Baukosten, die bestehenden Risiken, d. h. die Wahrscheinlichkeit und die Folgen einer Überflutung des Hinterlandes durch einen Dammbruch oder Qualmwasser sorgfältig gegeneinander abgewogen werden.

Bestand oder der Wert des gesamten Bauwerkes in Mitleidenschaft gezogen werden. Aus diesem Grunde vermeiden es erfahrene Grundbauingenieure, an der Fundierung zu sparen. Am größten ist jedoch das kalkulierte Risiko im Wasserbau, weil zum Baugrundrisiko noch das Hochwasserrisiko hinzukommt, und die Folgen eines Fehlschlages katastrophale sind. Im Wasserbau muß daher der Sicherheitsfaktor am größten gewählt werden. Im Straßenbau hingegen ist die Wahrscheinlichkeit von Schadensfällen wegen der Kleinheit des gewählten Sicherheitsfaktors größer, jedoch das kalkulierte Risiko wegen der meist geringfügigen Folgen in der Regel klein.

Zur Illustration des kalkulierten Risikos im Erd- und Grundbau brachte Casagrande in seinem Vortrag 7 Beispiele, von welchen ich zwei herausgreifen möchte: Das erste betrifft eine Rutschung beim Fort-Peck-Damm. Dieser wurde hydraulisch geschüttet u. zw. auf alluvialen Ablagerungen von Schotter, Sand und Ton, welche in einer Mächtigkeit von 20 m steifen Schieferen überlagerten (Abb. 7). Knapp vor Fertigstellung des Dammes und nach teilweiser Füllung des Beckens trat im westlichen Teil zuerst eine Ausbauchung des Dammes mit anschließenden Rißbildungen ein. Die eigentliche Rutschung erfolgte fächerförmig

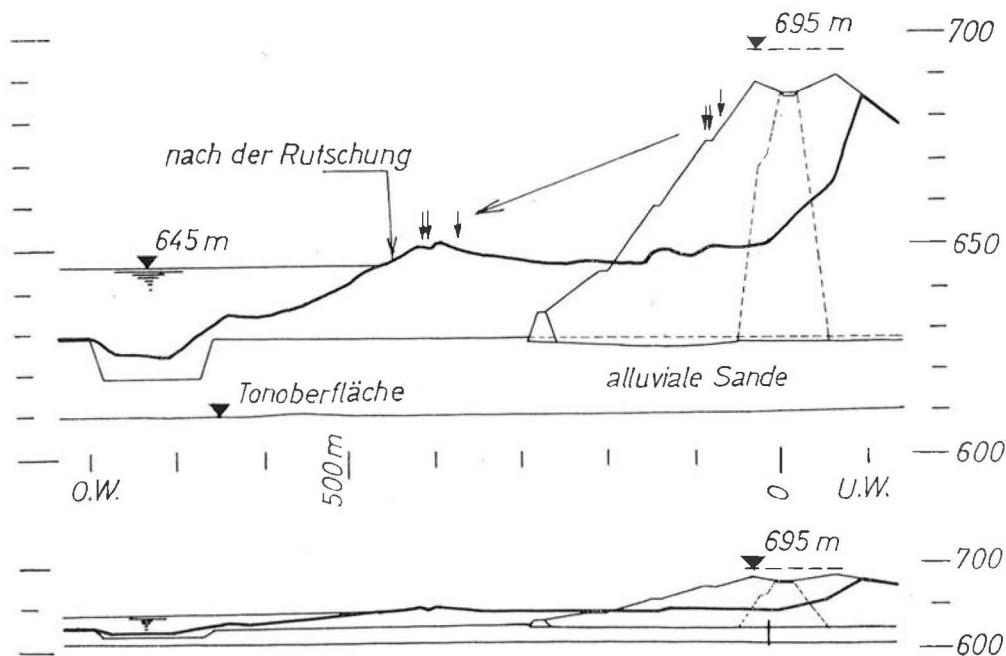


Abb. 7: Fort-Peck-Damm, Querschnitt durch die Rutschung.

Bei Fundierungen ist das kalkulierte Risiko einerseits wegen des Vorhandenseins des Baugrundrisikos und andererseits wegen der mit einem Fehlschlag verbundenen Folgen relativ hoch. Durch eine fehlerhafte Fundierung können Menschenleben gefährdet und der

innerhalb weniger Minuten (Abb. 8 und 9). Über die Ursache der Rutschung waren die Meinungen in der Expertenkommission geteilt. Schließlich einigte man sich auf einen Kompromiß, daß nämlich die auslösende Rutschbewegung im Schieferen erfolgte, welche als



Abb. 8: Fort-Peck-Damm, Schrägansicht der Rutschung.

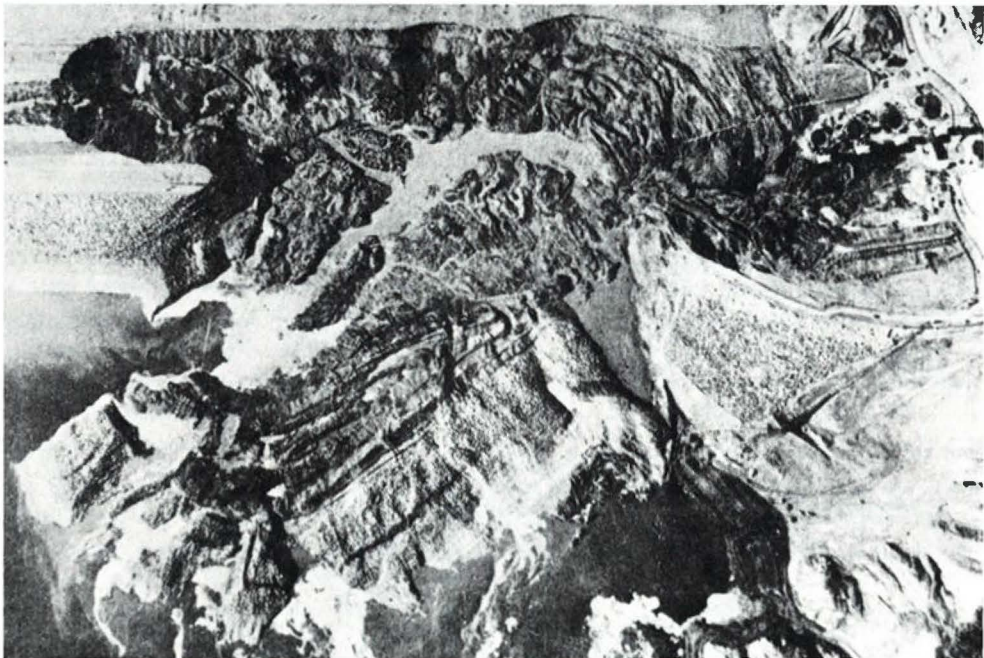


Abb. 9: Fort-Peck-Damm, Blick in die Wurzel der Rutschung vom Oberwasser.

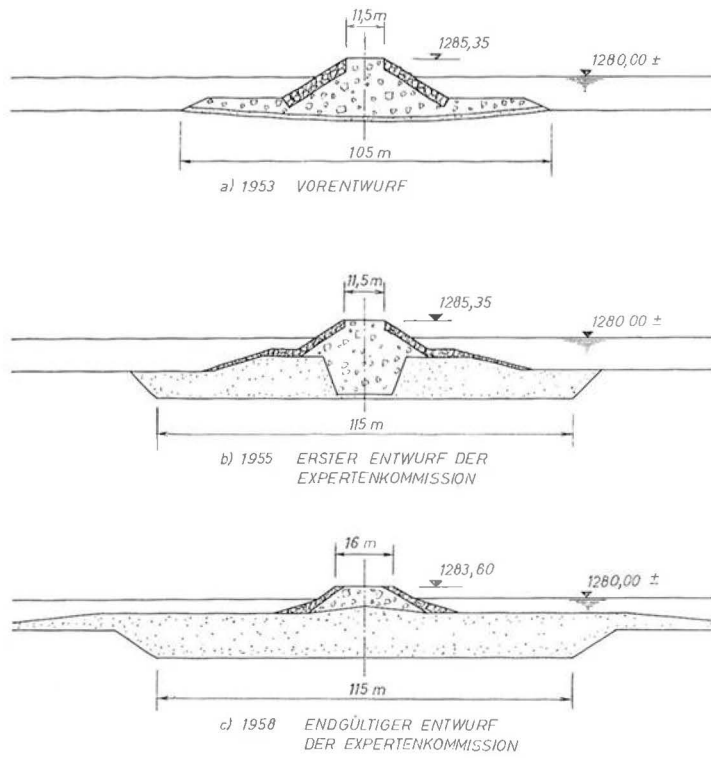


Abb. 10: Querschnitt durch den Eisenbahndamm durch den Great Salt Lake.

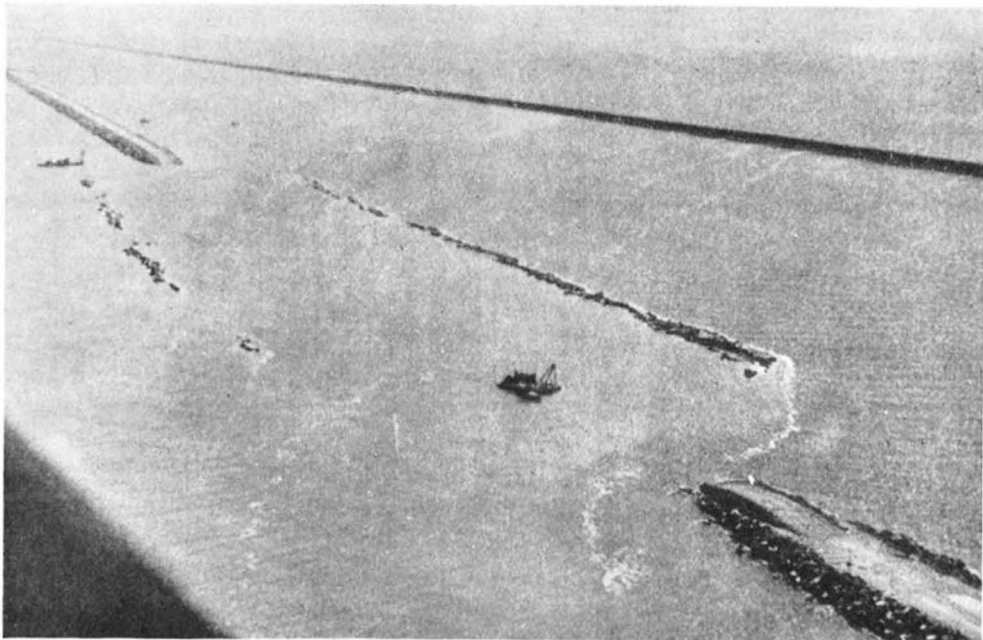


Abb. 11: Eisenbahndamm durch den Great Salt Lake. Einbruch des Dammes in den Seeboden.

Folge zu einer Bodenverflüssigung der alluvialen Schichten führte, wobei deren Reibung fast vollständig verloren ging. Die Sanierung erfolgte durch eine verdichtete Vorschüttung entlang des ganzen Dammes. Die Erfahrung bei Fort Peck beeinflusste in der Folgezeit den Entwurf vieler Dämme bei ähnlichen Untergrundverhältnissen. Das bis dahin unbekannte Baugrundrisiko wurde aufgrund der gewonnenen Erfahrung in ein kalkuliertes Risiko verwandelt, bei welchem man die Rutschgefahr zwar nicht quantitativ erfassen, aber doch qualitativ vorhersehen und durch geeignete Maßnahmen vermeiden konnte.

Das zweite Beispiel führe ich an, weil es zeigt, wie bei ungünstigen Bodenverhältnissen auch die Schüttung niedriger Dämme mit großen Risiken verbunden sein kann, und wie man unvorhergesehener Schwierigkeiten noch während der Bauausführung Herr werden kann. Der Versuch der Schüttung eines Eisenbahndammes durch den Great Salt Lake war seinerzeit erfolglos geblieben, weil der nur 13 m hohe Damm im Seegrund versunken war. Die Gleise waren aus diesem Grunde auf schweren, gerammten Holzpiloten verlegt worden. Da die Piloten im Laufe der Zeit schadhaft geworden waren, sollten sie ersetzt werden. Als Variante wurde neuerlich der Bau eines Erddammes in Erwägung gezogen, wobei dessen Kosten nicht höher sein durften als die Lösung mit Piloten. Den ersten Entwurf aufgrund von Laboratoriumsversuchen zeigt Abb. 10 a. Die eingesetzte Expertenkommission erweiterte das Profil entsprechend 10 b und 10 c. Trotz dieser Erweiterung, die zuerst für zu konservativ gehalten wurde, traten Einbrüche des Dammes in den Boden auf (Abb. 11). Man erkannte bald, daß diejenigen Strecken gefährdet waren, in welchen eine dicke Salzschiebe im Boden vorhanden war (Abb. 12).

den Seeboden, weil ein überarbeiteter Ingenieur zwar die Vermessung vorgenommen, aber deren Ergebnis nicht weitergemeldet hatte (Abb. 13). Abb. 14 zeigt den fertiggestellten Damm. Casagrande bemerkt zum

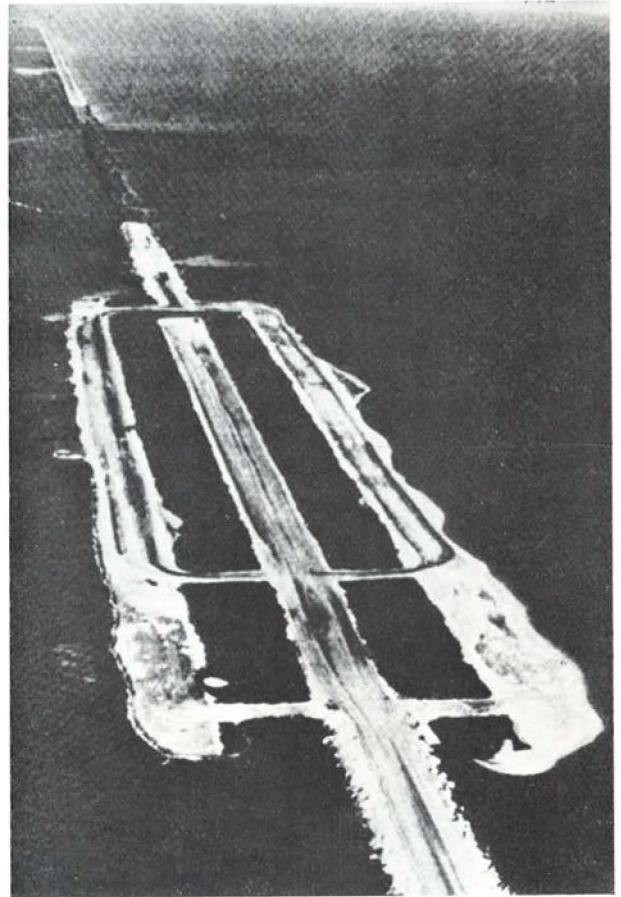


Abb. 13: Eisenbahndamm durch den Great Salt Lake. Einbruch des Dammes in Seemitte.

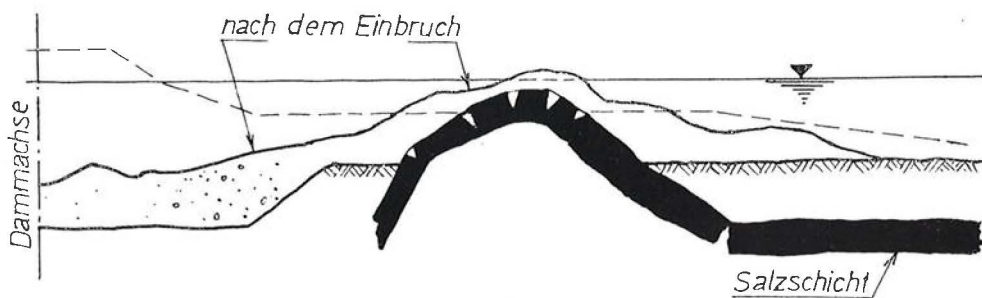


Abb. 12: Eisenbahndamm durch den Great Salt Lake. Salzschiebe im Boden infolge der Rutschung aufgewölbt.

Dem seitlichen Hochknicken dieser Schicht ging ein langsames Hochwölben voraus, welches man messen konnte. In solchen Fällen führte man eine Vorschüttung aus, welche durch ihr Gewicht ein Ausknicken der Salzschiebe verhinderte. Nur in Seemitte kam es in der Folgezeit zu einem Einbruch des Dammes in

Schluß, daß in diesem Fall das große kalkulierte Risiko die für den Entwurf Verantwortlichen fast besiegt hätte. Kein anderes Projekt habe ihm so viele schlaflose Nächte verursacht wie dieses.

Beide Beispiele haben gewisse Gesichtspunkte gemeinsam. In beiden Fällen haben Voruntersuchungen kei-



nen Anhaltspunkt für die später auftretenden Schäden ergeben, weil durch das Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Verhältnisse eine Situation entstand, die aufgrund von Voruntersuchungen allein nicht erkenn-



Abb. 14: Eisenbahndamm durch den Great Salt Lake. Fertiggestellter Damm.

bar war. Nach Feststellen der ersten Bodenbewegungen war es unmöglich vorauszusagen, ob die beobachtete langsame Bodenbewegung wieder zur Ruhe kommen oder in eine schnelle Bewegung übergehen würde.

Ganz allgemein möchte ich zu dieser Frage sagen, daß eine langsame Hangbewegung in der Natur deshalb eine große Gefahr darstellt, weil sie zu einem nicht vorher bestimmten Zeitpunkt und unter nicht vorhersehbaren Verhältnissen in eine schnelle Bewegung übergehen kann. Gerade die oben angeführten Beispiele zeigen, wie vielfältig die Ursachen hierfür sein können. Sie reichen von der Ausbildung von Harnischflächen im Boden über Bodenverflüssigungen und über Porenwasserüberdrücke bzw. Strömungsdrücke bis zu stark ungleichmäßigen Spannungsverteilungen im Boden. Das Vorhandensein von langsamen Hangbewegungen stellt daher immer ein beunruhigendes Symptom dar, welches durch Laboratoriumsuntersuchungen oder Standsicherheitsberechnungen allein nicht aus der Welt geschafft werden kann.

Zum Abschluß meiner Betrachtungen über das technische Risiko möchte ich kurz einige Worte über das Hochwasserrisiko sagen, weil diese Fragen in der breiten Öffentlichkeit diskutiert wurden. Europa hat ein einmalig günstiges Klima, welches uns bisher vor schwersten Elementarkatastrophen bewahrt hat. Wir sind daher verwöhnt und vielleicht sogar etwas weichlicht. Trotzdem soll man sich aber auch bei uns keine Illusionen darüber machen, daß es einen vollkommenen Hochwasserschutz und eine absolute Hochwassersicherheit nicht gibt. Was wir mit 2 — 3 Milliarden Schilling erreichen können, ist relativ bescheiden.

### 3. DAS RISIKO INFOLGE MENSCHLICHER UNZULÄNGLICHKEIT

Das Risiko infolge menschlicher Unzulänglichkeit wird von Casagrande im weitesten Sinne aufgefaßt und in 3 Gruppen eingeteilt:

- 1) Mangelhafte Organisation
- 2) Mangelhafte Anwendung von verfügbaren Erkenntnissen und Erfahrungen
- 3) Korruption.

Zur Gruppe 1 gehören alle Irrtümer und Fehler, die zufolge einer mangelhaften Zusammenarbeit der verschiedenen am Bau Beteiligten und insbesondere aus einer Teilung der Verantwortung für Entwurf und Bauausführung entstehen können. Unter anderem gehört hieher die verspätete Lieferung von Ausführungszeichnungen oder Abänderungen des Entwurfes auf der Baustelle ohne Verständigung des Projektanten. Über die Risiken zufolge mangelhafter Anwendung von verfügbaren Erkenntnissen und Erfahrungen sagte Casagrande unter anderem wörtlich:

„Der letzten Endes verantwortliche Ingenieur ist abhängig von vielen Untergebenen, deren Arbeit er nicht persönlich überprüfen kann. Trotz des besten Systems von Kontrollen und Überprüfungen können sich Fehler im Entwurf oder bei der Bauausführung einschleichen.“

Hier möchte ich einschalten, daß diese Feststellungen zwar für jeden Betrieb gelten, daß aber doch die Möglichkeiten zu Irrtümern und Fehlern im Bauwesen sehr viel größere sind, weil der Ort, der Untergrund, die Vertragspartner und die eingesetzten Ingenieure und Arbeiter bei jedem Bau andere sind. Casagrande setzte fort:

„Ich schließe unter diesem Punkt die fehlerhafte Auffassung von Ingenieuren ein, welche dem Unternehmer die Übernahme von Risiken aufzwingen, welche sie selbst nicht zu tragen wagen. Manchmal lernen sie

jedoch durch bittere Erfahrungen, daß sie sich für unvollständige oder unverlässliche Angaben, die sie den Bietern liefern, nicht von der Verantwortung durch einen einfachen Satz im Vertrag freimachen können. Letzten Endes wird der Ingenieur für den Bauherrn ein besseres Projekt um angemessenere Kosten ausführen, wenn er dem Unternehmer verlässliche Angaben über die Baugrundverhältnisse zur Verfügung stellt, als wenn er die Unternehmer raten und hasardieren läßt.

Mit der Zeit bürgert es sich immer mehr ein, daß die Entwurfsverfasser das Risiko des Bauunternehmers dadurch vermindern, daß sie den Entwurf von solchen wichtigen Baugliedern, wie Fangedämmen, Spundwänden oder Pölzungen selbst übernehmen. Dieser Vorgang schützt den Bauherrn vor Unternehmern, welche bis auf das Äußerste entschlossen sind zu hasardieren, um den Auftrag zu bekommen, welche aber letzten Endes sich selbst und den Bauherrn in Schwierigkeiten verwickeln, indem sie Bauzeitverlängerungen und Mehrkosten verursachen, welche die Baukosten höher hinauftreiben, als wenn von vornherein ein höheres, aber verantwortungsvolleres Angebot berücksichtigt worden wäre.“

Es ist bezeichnend, daß ein Abweichen von den hierin zum Ausdruck gebrachten Grundsätzen von Casagrande schon als eine mangelhafte Anwendung gesicherten Wissens bezeichnet wird. Bei uns werden diese Grundsätze nur bei Großbauvorhaben eingehalten, nicht aber bei mittleren und kleineren Bauten. Wir sollten sie aber auch bei kleinen Bauvorhaben so weit als möglich beachten und uns dessen bewußt sein, daß ein Abweichen davon mit Risiken verbunden ist. Es ist wenig sinnvoll, dem Unternehmer Risiken aufzubürden, welche ihn zum Raten und Hasardieren zwingen. Lücken im Ausschreibungsentwurf sollten vermieden werden, weil sie nur zu einer Verquickung technischer und preislicher Fragen führen und sehr häufig der Anlaß zu späteren Meinungsverschiedenheiten und Streitigkeiten sind.

Weiters erscheint es mir unumgänglich notwendig, Unterangebote oder mit technischen Mängeln behaftete Angebote bei öffentlichen Ausschreibungen auszuscheiden. Wollte man dies nicht tun, so würde im Vergabewesen binnen kurzem ein vollständiges Chaos eintreten. Ehrliche und solide Angebote hätten dann überhaupt keine Chance mehr, zum Zuge zu kommen. Es müßten dann alle Firmen Unterangebote abgeben und der Wille zur Einhaltung des Bauvertrages wäre vom Anfang an nicht vorhanden.

Maßgebend für die Bauvergabe kann nur die Beurteilung des Endpreises sein, welcher sich allerdings vor Beendigung des Baues nicht genau angeben läßt. Der

Abschluß eines Bauvertrages ist daher immer mit einem Risiko verbunden, welches alle Charakteristiken eines kalkulierten Risikos besitzt. Erfahrungen der Firma mit Bauten ähnlicher Art und ihr Verhalten bei früheren Arbeiten müssen bei der Beurteilung dieses Risikos entscheidende Faktoren sein und bleiben. Über Korruption zu sprechen, geht über den Rahmen meines Vortrages hinaus.

#### 4. DIE VERTRAUENSKRISE IM BAUWESEN

Die *Vertrauenskrise* im Bauwesen, von der ich eingangs sprach, ist durch eine zunehmende Angst vor der Verantwortung gekennzeichnet. Sowohl Bauherrn als auch Baufirmen sind nervös geworden und trachten, einen möglichst großen Teil der Verantwortung auf den anderen abzuwälzen. Dadurch müssen oft einfache technische Fragen und Preisangelegenheiten, welche bisher in kurzem Wege am Bau erledigt werden konnten, in langwierigen Verhandlungen auf höchster Ebene gelöst werden. Bei Schäden, wie sie eben am Bau gelegentlich vorkommen, beginnt man mit der Suche nach den Schuldigen und nicht mit ihrer sofortigen Beseitigung, wie dies bisher der Fall war. Diese Liste könnte beliebig erweitert werden. Die Verschlechterung der Beziehungen zwischen Bauherrn und Baufirmen muß früher oder später zu einem unerträglichen Zustand führen, der sich für das gesamte Bauwesen nur schädigend auswirken kann.

#### 5. DIE STRENGBERG-AFFÄRE

Zweifellos liegt eine Hauptursache der Vertrauenskrise in der sogenannten *Strengbergaffäre*, bzw. in der Art und Weise, in welcher die Schäden an der provisorischen Fahrbahndecke der Autobahn in den Strengbergen öffentlich zu einer Haupt- und Staatsaktion gemacht wurden. Die aufgetretenen Schäden fallen in die Gruppe vier nach Casagrande. Es sind keine Menschenleben unmittelbar in Gefahr gekommen und die Kosten für die Sanierung der direkten Schäden sind relativ bescheiden. Obwohl ich die genauen Ziffern nicht kenne, glaube ich kaum fehl in der Annahme zu gehen, daß die Sanierungskosten nur einige wenige Prozent der gesamten Herstellungskosten der betroffenen Baulose ausmachen. Sie liegen damit ungefähr an der Genauigkeitsgrenze, mit der man solche Arbeiten überhaupt veranschlagen kann. Es stimmen auch die Behauptungen nicht, daß Schäden ähnlichen Umfangs bisher nie aufgetreten sind. Vielmehr kenne ich einige Straßen, welche im ersten Winter nach ihrer Fertigstellung umfangreiche Frostschäden aufzuweisen hatten. Wahrscheinlich war es ein Fehler, daß in der Fachliteratur zu wenig über diese vorangegangenen Fehlschläge bekannt wurde.

Im Zusammenhang mit der Strengbergaffäre möchte ich noch auf einen weiteren Umstand hinweisen. Das bekannteste und einfachste Frostkriterium stammt von Casagrande und besagt, daß ein Boden dann als frostsicher anzusehen ist, wenn sein Anteil an Feinteilen kleiner als 0,02 mm weniger als drei Prozent vom Gesamtgewicht beträgt. Dieses Kriterium wurde lange Zeit als zu streng angesehen, und es wurde der Versuch gemacht, es zu lockern. So z. B. wurde in der Schweizer Norm SNV 40375 aus dem Jahre 1952 die kritische Grenze von drei auf sechs Prozent hinaufgesetzt und Boden mit einem Feinanteil zwischen 6 und im Mittel 11 Prozent als bedingt frostsicher bezeichnet und unter bestimmten günstigen Bedingungen als einbaufähig zugelassen. In der jüngeren Schweizer Norm SNV 40325 vom Jahre 1957 wurde von dieser Erleichterung wieder Abstand genommen und das Frostkriterium von Casagrande als verbindlich erklärt. Ich führe dies an, weil Sie daraus ersehen können, daß sich auch in unserem Nachbarland die Einstellung zum Frostkriterium von Casagrande im Laufe der Zeit geändert hat.

In der österreichischen „Anleitung für den Bau und die Unterhaltung mechanisch verfestigter Trag- und Verschleißschichten“ aus dem Jahre 1957 ist zwar das Frostkriterium von Casagrande kurz erwähnt, die Überprüfung der Einhaltung hat jedoch nicht auf direktem Wege durch Bestimmung der Gewichtsprozent an der 0,02-Grenze, sondern durch die Ermittlung anderer Kennwerte, nämlich der Gewichtsprozent an der 0,06 mm-Grenze und der Atterbergschen Grenzen zu erfolgen. Dem Vorteil, daß diese Werte leichter und rascher zu bestimmen sind, steht der Nachteil einer gewissen Unübersichtlichkeit gegenüber. Tatsache ist jedenfalls, daß die österreichische Vorschrift in vielen vorangegangenen Fällen — obwohl Vertragsbestandteil — nicht streng eingehalten werden konnte und aus diesem Grunde Übertretungen in einem gewissen Maße stillschweigend toleriert wurden. Wenn aber überhaupt Abweichungen von einer Vorschrift zugelassen werden, dann gibt es keine klare Grenze mehr, an der man Halt machen muß. In einem Fall wird man vielleicht statt 3 Prozent Feinkornanteil 4 oder 5 Prozent tolerieren und das nächste Mal 6 oder 7 Prozent, und dann ist man plötzlich dort, wo eine der Ursachen der Strengbergaffäre lag.

Sicherlich wäre die Strengbergaffäre zu vermeiden gewesen. Wenn man sich aber erst an das Durchbrechen einer Vorschrift gewöhnt hat, dann ist es nur zu menschlich, daß man sie auch in solchen Fällen durchbricht, in welchen keine Notwendigkeit dazu vorhanden ist.

Die geschilderten Verhältnisse haben sicherlich in wesentlicher Weise zur Strengbergaffäre beigetragen.

Es sollte eine notwendige Folge sein, daß die österreichischen Vorschriften aufgrund der letzten Erfahrungen und Versuchsergebnisse neuerlich überprüft werden, sodaß sie auch von dem bodenmechanisch nicht so gut geschulten Baustelleningenieur leicht verstanden und angewendet werden können. Abweichungen von der Vorschrift dürften nicht zugelassen werden, es sei denn, daß diese in der Vorschrift selbst vorgesehen und verankert sind. Eine Vorschrift soll doch gerade in kritischen Fällen dem praktischen Ingenieur eine Stütze sein und darf ihn nicht gerade in solchen Fällen mit der vollen Verantwortung belasten.

## 6. DIE BERICHTE DES RECHNUNGSHOFES

Die zweite Hauptursache für die gegenwärtige Situation im Bauwesen ist zweifellos in den *Berichten des Rechnungshofes* zu suchen. Jede Institution, welche dazu ausersehen wurde, Mißstände aufzudecken, aber selbst praktisch keine Kritik zu befürchten hat, unterliegt leicht der Gefahr, die Grenze einer vernünftigen und konstruktiven Kritik zu überschreiten. Aus den Reaktionen vieler integrierter Ingenieure kann ich entnehmen, daß diese Grenze schon überschritten ist. Eine ganz besonders große Gefahr besteht aber darin, daß der Rechnungshof durch eine einseitige Auslegung der Vertragsbestimmungen gerade das tut, was Casagrande als eine fehlerhafte Anwendung gesicherter technischer Erkenntnisse bezeichnet und in die Gruppe „Risiken infolge menschlicher Unzulänglichkeit“ eingereiht hat. Eine notwendige Folge muß ein sprunghaftes Ansteigen des kalkulierten Risikos des Bauunternehmers mit allen seinen Konsequenzen sein. Der Rechnungshof würde daher sehr weise handeln, wenn er sich selbst jene Grenzen absteckt, innerhalb welcher seine Beanstandungen noch sinnvoll und konstruktiv sind. Vor allem sollte er sich aus allen Fragen heraushalten, welche mit dem technischen Risiko zusammenhängen. Hier ist Kritik nicht nur zwecklos, sondern es könnte leicht das Gegenteil dessen eintreten, was sich der Rechnungshof von ihr erhofft.

## 7. AUSWEG AUS DER VERTRAUENSKRISE

Zu einer Überwindung der gegenwärtigen Vertrauenskrise müßten alle am Bau Beteiligten in gleicher Weise beitragen. Die Bauherren müßten trachten, spätere Differenzen und Meinungsverschiedenheiten schon bei Abfassung der Ausschreibungsunterlagen zu vermeiden und zwar durch folgende Maßnahmen:

- 1) Möglichst genaue Klärung und Schilderung der Baugrundverhältnisse, wobei mögliche Risiken und Gefahren eher übertrieben als verschwiegen oder

beschönigt werden. Vor allem muß aber genau angegeben werden, was der Unternehmer eben wegen dieser Gefahren nicht tun darf.

- 2) Ein lückenloser Ausschreibungsentwurf, bei welchem keine technischen Detailfragen dem Unternehmer zur Klärung überlassen werden sollen. Z. B. sollte die Frage der Gewinnungsstätten des Kieses im Straßenbau schon vor der Ausschreibung geklärt werden. Bezeichnenderweise sind in denjenigen Losen in den Strengbergen, in welchen in der Ausschreibung genaue Angaben hierüber gemacht waren, keinerlei Schäden aufgetreten.
- 3) Aufnahme von Wahlpositionen in das Leistungsverzeichnis für Arbeiten, welche im Entwurf zwar nicht vorgesehen sind, aber doch möglicherweise notwendig werden können.
- 4) Rücksichtsloses Ausscheiden von Unterangeboten oder technisch mangelhaften Angeboten. Besondere Berücksichtigung der technischen Erfahrungen und der bewiesenen Vertragstreue bei früheren Arbeiten.
- 5) Keine Überwälzung unzumutbarer Risiken, wie das Baugrundrisiko, auf den Bauunternehmer.

Die Bauunternehmer wiederum sollten sich an folgende Grundsätze halten:

- 1) Keine Abgabe von Unterangeboten.
- 2) Keine Spekulation auf Massenänderungen oder außervertragliche Arbeiten.
- 3) Klärung allfälliger Irrtümer oder unklarer Punkte in der Ausschreibung schon im Angebot, allenfalls durch Wahlpreise.
- 4) Unterlassen von ungerechtfertigt hohen Nachforderungen.
- 5) Strikte und konsequente Ablehnung aller Vorschreibungen welche ihn zum Raten oder Hasardieren zwingen.

Andererseits muß natürlich gefordert werden, daß der Bauunternehmer zu der im Bauvertrag übernommenen Haftung voll steht und sich nicht nachträglich zu salvieren versucht. Der Frage der Haftung des Unternehmers wäre daher zukünftig in Bauverträgen eine viel größere Beachtung sowohl von Seite des Bauherrn als auch von der Seite des Bauunternehmers zu schenken.

Ein zweiter Fragenkomplex, der in der letzten Zeit immer größere Schwierigkeiten macht, betrifft die Abrechnung des Aushubes. Die Grenze zwischen Lockerböden und Fels, die niemals ganz genau definierbar war, ist durch den Einsatz von Großgeräten im Erdbau weitestgehend verwischt worden. Sie hängt nicht mehr allein vom Zustand des Bodens und seinen Eigen-

schaften, sondern noch von der Art der eingesetzten Geräte ab. Es ist fast ausgeschlossen, aufgrund von Voruntersuchungen allein die beim Aushub auftretenden Erschwernisse genau zu erfassen, oft werden sie erst beim Aushub auf der Baustelle selbst offenbar. Aus diesem Grunde ist weder der Bauherr zum Zeitpunkt der Ausschreibung in der Lage, genaue Informationen zu liefern, noch kann der Bauunternehmer diese Erschwernisse beurteilen. Da es sich hiebei meist um große Massen und damit auch um große Geldbeträge handelt, so ist bei Vertragsabschluß ein beträchtliches Baugrundrisiko vorhanden, welches nur schwer beseitigt werden kann.

Zufolge des Bestehens dieses Risikos und anderer Baugrundrisiken wird es immer Meinungsverschiedenheiten oder Streitigkeiten darüber geben, ob Nachforderungen des Unternehmens berechtigt sind, oder ob für eingetretene Schäden der Unternehmer haftbar zu machen ist. Da ein Arrangement zwischen Bauherrn und Bauunternehmer in solchen und ähnlichen Fragen alle Kritiker in zunehmendem Maße auf den Plan ruft, so möchte ich besonders auf die Möglichkeit eines Schiedsgerichtes hinweisen, welches ja in der ÖNORM und damit in den meisten Bauverträgen verankert ist. Von vielen Bauherrn, insbesondere im Ausland und bei internationalen Verträgen wird im Bauvertrag das Schiedsverfahren oligatorisch erklärt und der ordentliche Rechtsweg ausgeschlossen. Da ein ordnungsgemäßer Schiedsspruch die Möglichkeit einer späteren Kritik eines direkten Arrangements zwischen Bauherrn und Bauunternehmer ausschließt, sollte der Weg des Schiedsverfahrens auch in Österreich zukünftig viel öfter beschritten werden.

Wie ich Ihnen auseinandergesetzt habe, ist das Risiko technischer und menschlicher Art im Bauwesen besonders groß. Diese Tatsache wird auch dadurch bewiesen, daß bisher nur ein Teil der vorhandenen Risiken durch Abschluß einer Bauwesenversicherung abgedeckt werden konnte und daß trotz dieses Umstandes die Prämien für eine solche Versicherung sehr hoch waren. Aus diesem Grunde haben es größere Bauherren meist vorgezogen, ihre Risiken selbst zu tragen, d. h. eine sogenannte Selbstversicherung einzugehen. Es geht aber meiner Meinung nach nicht an, auf der einen Seite die Prämiegelder einsparen zu wollen und auf der anderen Seite bei Eintritt eines Versicherungsfalles von der Selbstversicherung plötzlich nichts zu wissen und von der Vergeudung von Steuergeldern zu sprechen. Zweifellos ist das kalkulierte Berufsrisiko des Bauingenieurs durch die letzten Vorkommnisse ganz erheblich angestiegen. Im Interesse der Bauingenieure muß gefordert werden, daß dieses Risiko durch Abschluß von Bauwesen- und Haftpflichtversicherungen wiederum auf ein vernünftiges Maß reduziert wird.

Keinesfalls geht es aber an, solche Risiken, deren Übernahme große, kapitalstarke Versicherungsgesellschaften ablehnen, einzelnen Bauingenieuren oder Beamten aufbürden zu wollen. Wenn hier nicht Wandel geschaffen wird, so könnten in der Zukunft Konsequenzen eintreten, an welche heute nur die wenigsten denken.

#### 8. AUSBLICK

Trotz eines großen Bedarfes an jungen Bauingenieuren sinkt nämlich die Hörerzahl an den Technischen Hochschulen, aber auch an den Technischen Mittelschulen eher ab. Häufiger Wechsel des Wohnsitzes,

Schwierigkeiten mit den Arbeitern, ein großes Arbeitspensum zufolge kurzer Bauzeiten, dazu ein großes Berufsrisiko verbunden mit einer relativ bescheidenen Bezahlung wirken nicht attraktiv auf unsere Jugend, welche genau weiß, wo ihr Vorteil liegt. Es würde mich nicht wundern, wenn es bei Andauern der gegenwärtigen Situation zu einem neuerlichen Absinken der Hörerzahl käme. Wenn dieser Entwicklung nicht schleunigst Einhalt geboten wird, dann könnte in Zukunft der Fall eintreten, daß man sich Bauingenieure aus dem Ausland holen muß — und das in einem Land, dessen Hochschulen so viele weltbekannte Bauingenieure, wie z. B. Terzaghi und Casagrande hervorgebracht haben.

# Bisher erschienene Hefte:

## Heft 1: (vergriffen).

- H. Borowicka: Über die Scherfestigkeit bindiger Böden.
- H. Borowicka: Die Spannungsverteilung im elastisch-isotropen Halbraum unter einer tief-  
liegenden Streifenlast.

## Heft 2: (vergriffen).

- O. K. Fröhlich: Anwendung von Palisadenwänden zur Übertragung von Seitenschüben  
auf den Untergrund.
- H. Borowicka: Über eine neue Theorie der Scherfestigkeit bindiger Böden.
- H. Borowicka: Über die Sicherheit im Grundbau.
- C. Veder: Ein neues Verfahren von untertägigen Dichtungs- und Stützwänden.

## Heft 3:

- H. Borowicka: Die mechanischen Eigenschaften der Böden.
- C. Abweser: Die bodenmechanischen Eigenschaften des Umspülverfahrens.
- H. Borowicka: Setzung und Tragfähigkeit von Flachfundamenten auf bindigen Böden.

## Heft 4:

- H. Borowicka: Bodenmechanik-Felsmechanik.

## Heft 5:

- H. Borowicka: Der Wiener Routine-Scherversuch.
- H. Kastner: Der Seitendruck im Lockerboden und im Fels der Erdkruste.
- H. Weinhold: Anwendungsmöglichkeiten und -grenzen großdimensionaler Bohrpfähle für  
Spezialaufgaben des Grundbaues.
- H. Häussler: Zur Abschätzung der mechanischen Eigenschaften des Gesteinsverbandes  
bei Fundierungen.
- A. Hondl: Die Änderung der Festigkeitseigenschaften von Tonböden durch die Beimi-  
schung von Kalkhydrat.

## Heft 6:

- A. Casagrande: Hohe Staudämme. (Vortrag anlässlich der 150-Jahrfeier der Technischen  
Hochschule Wien).
- E. Clar: Über den geologischen Gegensatz von Gestein und Fels. (Vortrag anlässlich der  
150-Jahrfeier der Technischen Hochschule Wien).
- A. Plannerer: Das Rütteldruckverfahren, seine Weiterentwicklung und Anwendung für  
Gründungsaufgaben.
- H. Borowicka: Einfache Lösungen im modifizierten Halbraum.