Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 55 (1957)

Heft: 5

Artikel: Die Vermessungsarbeiten für das Projekt einer Untergrundbahn in Istanbul

Autor: Brandenberger, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-213567

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: 13.07.2025

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

8° Rapport du président de la commission professionnelle (études et formation professionnelle). Prise de position sur la proposition de la commission
9° Rapport concernant l'étude d'affiliation de la société à S.I.A.
10° Assemblée générale 1958
11° Divers

Le Comité central prie tous les collègues de répondre nombreusement à l'aimable invitation de la section Argovie-Bâle-Soleure.

Le Comité central

Die Vermessungsarbeiten für das Projekt einer Untergrundbahn in Istanbul

Von Prof. Dr. A. Brandenberger
Institute of Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Ohio State University, Columbus, Ohio, U.S.A.

Ein ungenügend ausgebautes Straßennetz und eine fortwährende Zunahme des motorisierten Verkehrs führten in den letzten Jahren in der Stadt Istanbul zu Verkehrskalamitäten, die nach einer baldmöglichen Verkehrssanierung riefen. Die Stadtverwaltung von Istanbul sah sich daher veranlaßt, nach Mittel und Möglichkeiten zu suchen, die geeignet erscheinen, die Verkehrsverhältnisse in der Millionenstadt auf lange Sicht zu verbessern. Verschiedene Vorstudien führten zum Schluß, daß ein großzügiger Ausbau des vorhandenen Straßennetzes wünschbar ist. Die Verwirklichung eines derartigen Projektes ist jedoch im Falle der Stadt Istanbul mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Die fast durchwegs zu engen Straßen bedingen umfangreiche Straßenverbreiterungen, was zu ausgedehnten Expropriationen Anlaß gibt. Im Hinblick auf die sehr hohen Bodenpreise namentlich im Innern der Stadt führt ein derartiges Vorgehen zu hohen finanziellen Aufwendungen. Die Stadtverwaltung von Istanbul sah sich daher veranlaßt, auch andere Lösungen ins Auge zu fassen. Gutachten, die von in- und ausländischen Experten eingeholt wurden, sahen unter anderem auch den Bau einer Untergrundbahn vor, mit dem Zwecke, vor allem den Fußgänger- und Taxiverkehr einzuschränken. Im Zuge dieser Entwicklung wurde die Société générale de traction et d'exploitations in Paris beauftragt, ein generelles Vorprojekt auszuarbeiten, das sich im besonderen mit der Linienführung zu befassen hatte. Eingehende Studien der Verkehrsverhältnisse und Verkehrsdichte führten schließlich zu einem einlinigen, etwa 10 km langen Trasse mit Endstationen in Mecidieköy und Yeni Kapi (siehe Abb. 1) mit einem erforderlichen Kostenaufwand von rund 300 Millionen türkischen Pfund.

Nach Genehmigung dieses Vorprojektes durch die Stadtverwaltung wurde dieselbe Gesellschaft im Jahre 1954 mit der Ausarbeitung eines

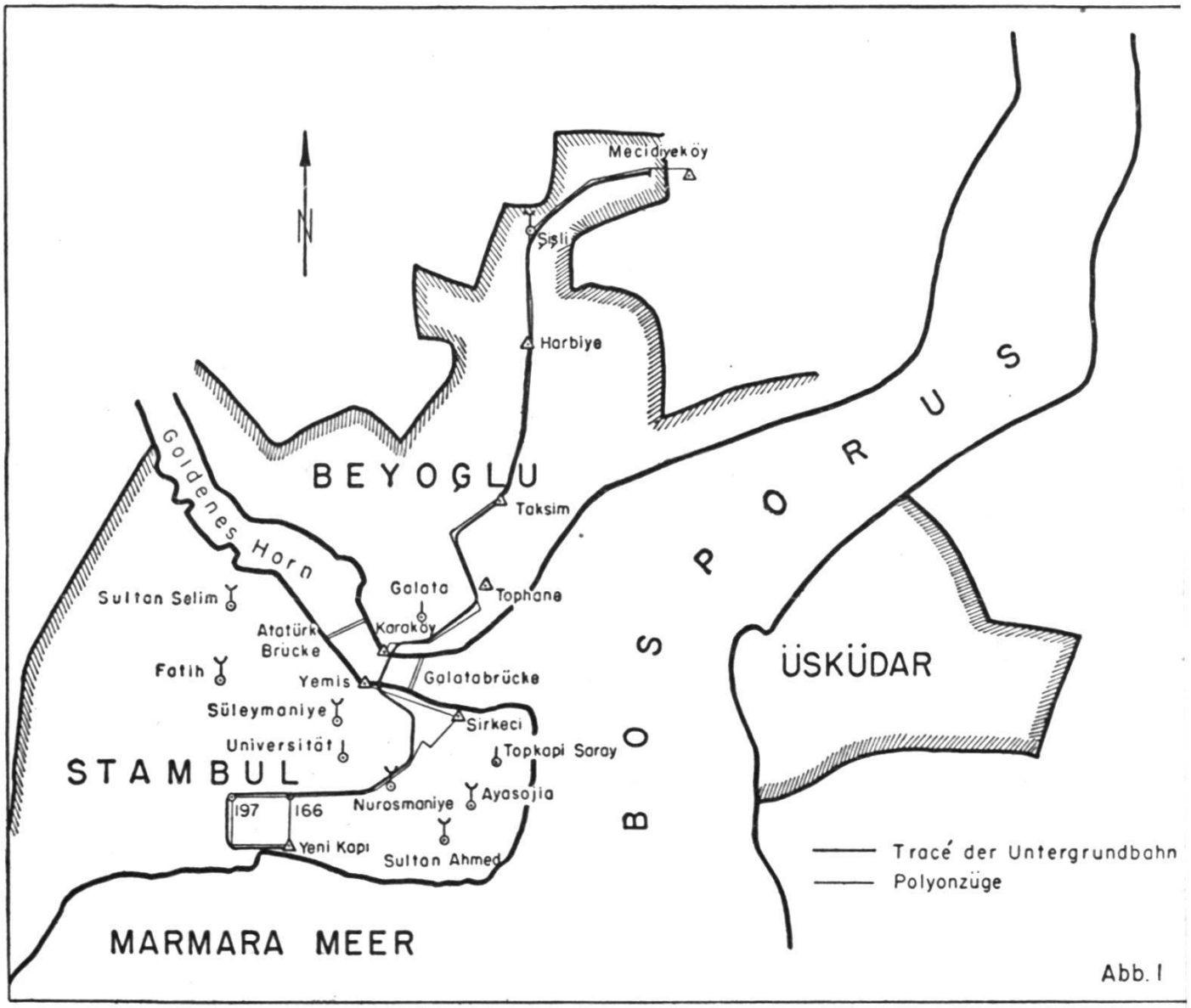

Abb. 1. Übersichtsplan von Istanbul mit dem Trasse der Untergrundbahn

detaillierten Projektes beauftragt. Dieses hatte unter anderem die Beschaffung der nötigen Planunterlagen und die Vornahme einer großen Zahl von Bodensondierungen zu umfassen.

Entsprechend der Praxis der Société générale de traction et d'exploitations hatte die Entwerfung des detaillierten Projektes auf Plänen im Maßstab 1:1000 und 1:200 zu erfolgen, die einen Streifen von 50 bis 100 m Breite zu erfassen hatten und dessen Achse durch das Trasse der Untergrundbahn gegeben war. Da derartige Planunterlagen nicht zur Verfügung standen, hatte sich die Gesellschaft mit ausgedehnten Vermessungs- und Kartierungsarbeiten zu befassen, was die Kenntnis der örtlichen Vermessungsgrundlagen voraussetzte. Verschiedene technische und Verhandlungsschwierigkeiten veranlaßten dann die Gesellschaft, den Schreibenden als Berater und verantwortlichen Chef des vermessungstechnischen Teiles des Projektes zuzuziehen.

Verhandlungsverzögerungen brachten es mit sich, daß, wenn die Gesellschaft ihre vertraglichen Verpflichtungen mit der Stadtverwaltung einhalten wollte, die Beschaffung aller erforderlichen Vermessungs- und Planunterlagen in einer Zeit von nur viereinhalb Monaten, nämlich zwischen Mitte Juli und Mitte Dezember 1954, zu erfolgen hatte. Die Bewältigung der Vermessungsarbeiten in einer derart kurzen Zeit verlangte eine wirksame Organisation und einen genügend großen Apparat von technischem Personal. Ein Studium der vorhandenen Möglichkeiten führte dabei zum Schluß, daß die Beendigung der Vermessungsarbeiten in nützlicher Frist nur unter Beiziehung von privaten Vermessungsunternehmungen möglich war.

Die erste Arbeit bei der Inangriffnahme eines solchen Vermessungsprojektes ist die Sichtung der vorhandenen Vermessungsgrundlagen. – In der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts wurden in der Stadt Istanbul zwei Stadttriangulationen ausgeführt, nämlich eine ältere, französische und eine spätere, deutsche Triangulation. Die Sichtung der Akten ergab, daß diese Triangulationen wohl fachgemäß ausgeführt wurden, daß jedoch eine große Anzahl von Punkten im Gelände nicht mehr auffindbar sind. Es stellte sich daher die Alternative, auf diesen fragmentarischen Triangulationen aufzubauen oder eine neue Triangulation zu messen. Eine sorgfältige Prüfung dieser Frage führte schließlich zum Schluß, daß der zweiten Variante der Vorzug zu geben sei.

Bei der Erstellung einer Stadttriangulation muß die Frage des Anschlusses an die Landestriangulation erörtert werden. Ein eingehendes Studium der örtlichen Verhältnisse ergab, daß eine Anschlußmöglichkeit an die Basislinie Yesilköy der Triangulation erster Ordnung (rund 25 km von Istanbul entfernt) bestand. Diese Alternative hatte jedoch im Hinblick auf den Mangel von erhöhten Geländepunkten und die schlechten atmosphärischen Sichtverhältnisse die Messung eines relativ engmaschigen Übertragungsnetzes mit freiem Ende verlangt. Dieser Nachteil und die schon erwähnte Zeitnot waren bestimmend dafür, daß von einem Anschluß der zu messenden Stadttriangulation an die Landestriangulation abgesehen wurde und schließlich ein nach Norden orientiertes Netz entworfen wurde mit dem willkürlich gewählten Ausgangspunkt Taksim Palas, für welchen die Koordinatenwerte $Y = 10000.00$ und $X = 10000.00$ angenommen wurden (siehe Abb. 2).

Bei der Aufstellung des Programms für die Messungen gemäß dem Triangulationsnetz in Abb. 2 war die von der Société générale de traction et d'exploitations verlangte Genauigkeit maßgebend. Diese wurde festgelegt durch die Forderung, daß die relativen Distanzfehler im Fixpunktnetz innerhalb des Betrages von 1:5000 liegen sollen.

Bei der Entwerfung des Triangulationsnetzes mußte den örtlichen Verhältnissen beziehungsweise Sichtverhältnissen Rechnung getragen werden. Eingehende Erkundungen ergaben schließlich das in Abb. 2 dargestellte Netz. Dieses ist gegliedert in ein Basisvergrößerungsnetz *A*–*B*–Kisla–*Δ*–Camlica–Sisli; ein Zentralsystem Camlica, Fatih, Sisli, Taksim Palas; eine Serie von vorwärts eingeschnittenen Hochpunkten

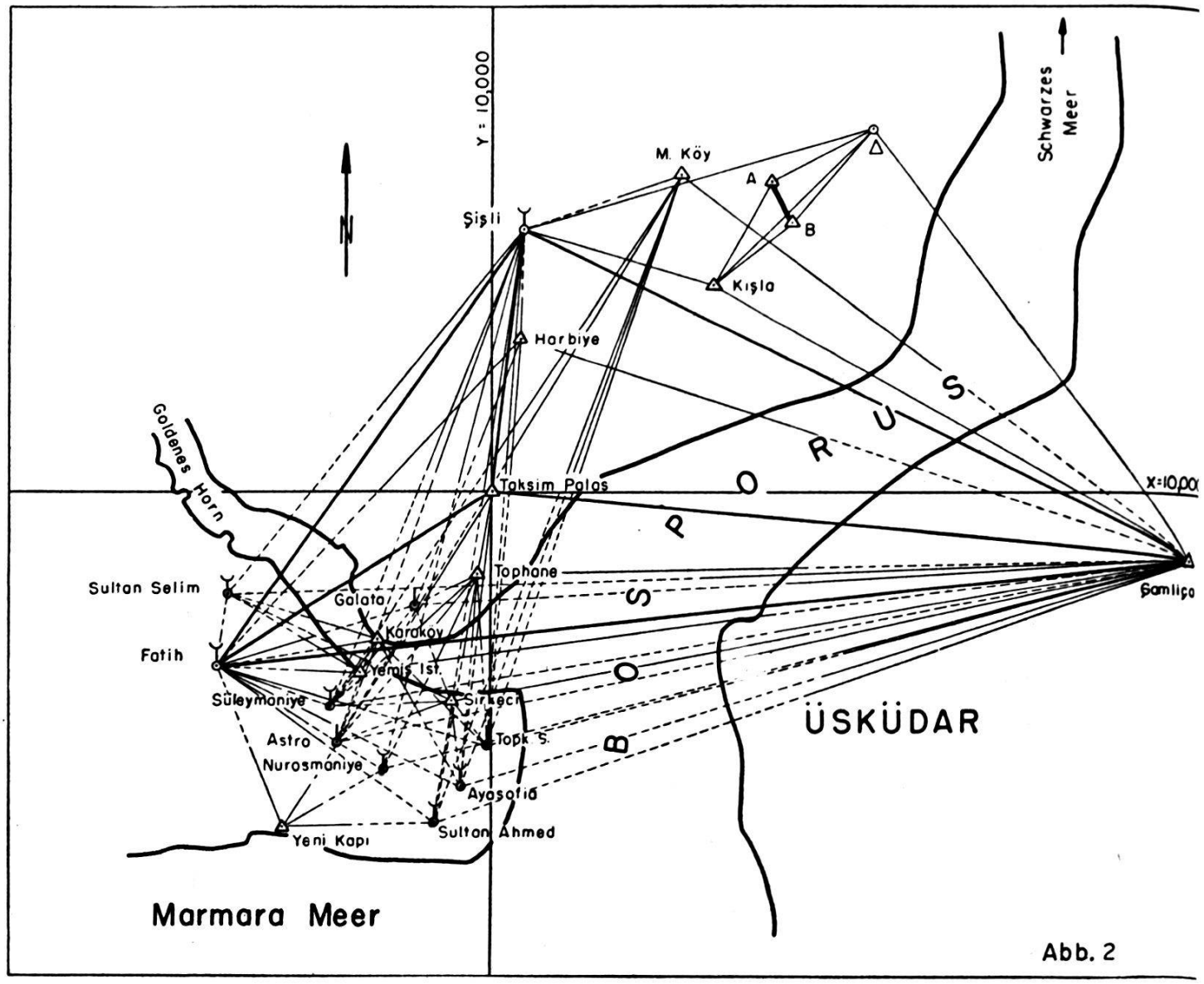

Abb. 2. Netzplan

(Galata Kulesi, Topkapi Saray, Ayasofia, Sultan Ahmed, Nurosmaniye, Astro, Süleymaniye und Sultan Selim) und eine Serie von rückwärts eingeschnittenen Punkten nahe dem vorgesehenen Trasse (Mecidiye Köy, Harbiye, Tophane, Karaköy, Yemis Ist., Sirkeci und Yeni Kapi).

Bei der Suche nach einer geeigneten Basis bestand die Möglichkeit, die ehemalige Basis der deutschen Triangulation auf dem alten römischen Aquädukt in Stambul zu benutzen. Eine Erkundung dieser rund 300 m langen Basis ergab jedoch, daß die Endpunkte nicht mehr auffindbar waren und daß zudem die Sichtverhältnisse für ein geeignetes Vergrößerungsnetz ungünstig waren. Es wurde daher von der Benutzung dieser Basis abgesehen und, da sich innerhalb der Stadt keine andere günstige Möglichkeit bot, eine Basis AB von etwa 460 m Länge außerhalb des Stadtrandes festgelegt.

Die Messung der Basis AB konnte in einem Tage mit Hilfe einer Basislatte Wild ausgeführt werden. Zu diesem Zwecke wurde die Latte

vorher genau auf vertikale und horizontale Schiefe geprüft und berichtigt und dann durch Messung verschieden langer Eichstrecken die Kurve der restlichen systematischen Fehler bestimmt. Die Sollängen der horizontalen Eichstrecken wurden mit Hilfe von vier Präzisionsstahlmeßbändern ermittelt.

Infolge der relativ ungünstigen Gestaltung des Geländes mußte die Basis *AB* als gebrochene Basis gemessen werden (siehe Abb. 3). Ferner weist die Basis zwischen den Endpunkten *A* und *B* eine Höhendifferenz von rund 20 m auf. Für die Messung der gebrochenen Basis *A*, *I*, *II*, *B* wurde diese in 25 Teilstrecken aufgeteilt mit einer durchschnittlichen Länge von rund 18 m. Vorgängig der eigentlichen Messung wurden auf allen 26 Punkten der Basis Stative aufgestellt, welche mit dem Theodoliten in die Geraden *AI*, *I II*, und *IIB* einvisiert wurden. Die Messung aller 25 Teilstrecken erfolgte mit strenger Zwangszentrierung, wobei unmittelbar vor der Messung noch eine zweite, endgültige Einvisierung des zur Messung verwendeten Wild-Theodoliten T2 und der Basislatte in die Geraden *AI* beziehungsweise *I II* beziehungsweise *IIB* erfolgte. Die Basis *AB* wurde hin und zurück gemessen, wobei im Hinweg jeder parallaktische Winkel viermal und im Rückweg dreimal gemessen wurde. Als Beobachter funktionierten der Unternehmer dipl. Ing. Lütfü Ilman, drei Assistenten des Photogrammetrischen Institutes der Ingenieurschule Istanbul-Yildiz (Teknik Okulu) und der Schreibende. Nach Berücksichtigung der systematischen Fehler, der Reduktion der gebrochenen Basis auf die Gerade *AB* und der Reduktion auf Meereshorizont wurde folgender definitiver Wert für die Basis *AB* erhalten:

$$AB = 459.6412 \text{ m} \pm 2.5 \text{ mm}$$

Der erreichte relative mittlere Fehler von annähernd 1:200000 ist im vorliegenden Falle als durchaus genügend klein zu bezeichnen und beweist einmal mehr, daß mit der Basislatte eine relativ hohe Distanzgenauigkeit erreicht werden kann, wenn die Gesamtstrecke in geeigneter Weise unterteilt wird.

Zur Übertragung der Basis auf die Seite Sisli–Camlica dienten vierfache Satzmessungen mit dem Wild-Theodoliten T2 (400g-Teilung) auf den Stationen *A*, *B*, *Δ* und Kisla und die vierfachen Satzmessungen, die auf den Stationen Sisli und Camlica mit dem Wild-Theodoliten T3 (400g-Teilung) ausgeführt wurden. Diese Messungen besorgten die Assistenten Nuri Ergin, Cahit Özbas und Hayrettin Büyükkoc des Photogrammetrischen Institutes der Teknik Okulu, der Unternehmer

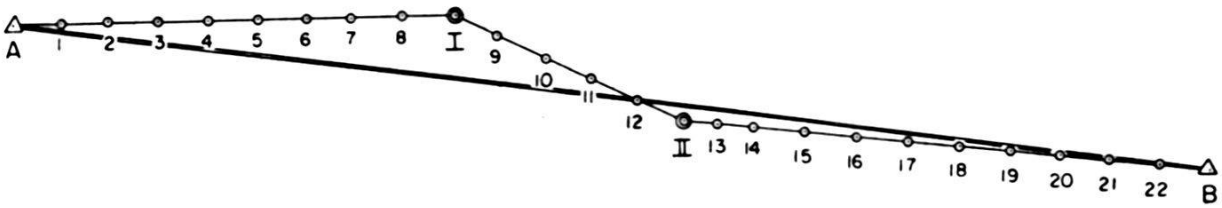

Abb. 3. Schema der Basis *AB*

dipl. Ing. Lütfü Ilman und der Schreibende. Die erreichten Dreiecksschlußfehler sind in der nachfolgenden Tabelle gegeben, in der auch die Schlußfehler für das Zentralsystem Sisli, Camlica, Fatih, Taksim Palas enthalten sind.

Dreieck	Schlußfehler
A–B–Kisla	+ 18^{cc}
A–B–Δ	— 12^{cc}
A–Kisla–Δ	— 4^{cc}
B–Kisla–Δ	+ 5^{cc}
Kisla–Δ–Sisli	+ 12^{cc}
Kisla–Δ–Camlica	— 14^{cc}
Sisli–Δ–Camlica	+ 2^{cc}
Sisli–Kisla–Camlica	+ 4^{cc}
Taksim–Sisli–Camlica	— 4^{cc}
Taksim–Camlica–Fatih	+ 8^{cc}
Taksim–Fatih–Sisli	— 3^{cc}
Sisli–Camlica–Fatih	+ 1^{cc}

Bei der Größe der vorhandenen Dreiecke kann auf die Berücksichtigung des sphärischen Exzesses verzichtet werden, da dieser selbst für das größte Dreieck (Sisli–Camlica–Fatih) nur 0.3^{cc} beträgt. Aus obiger Tabelle ergibt sich ein mittlerer Dreiecksschlußfehler von $\pm$8.9^{cc}, ein mittlerer Winkelfehler von $\pm$ 5.1^{cc} und ein mittlerer Richtungsfehler von $\pm$ 3.6^{cc}. Für das Zentralsystem allein, das ausschließlich mit dem Wild-Theodoliten T3 gemessen wurde (vierfache Satzmessungen), ergeben sich die Werte $\pm$ 4.75^{cc} beziehungsweise $\pm$ 2.74^{cc} beziehungsweise $\pm$ 1.94^{cc} (vor der Ausgleichung).

Die Stationen Sisli und Fatih befinden sich auf dem obersten Kranz eines der Minarette der Moscheen Sisli und Fatih. Um die erforderlichen Messungen durchführen zu können, waren gewisse Vorschriften zu beachten. So war zum Beispiel für den Schreibenden als Nichtmohammedaner eine besondere Bewilligung von der Moscheenverwaltung erforderlich, um die Minarette besteigen zu können. Ferner durften keine Messungen ausgeführt werden während der Zeit des Ausrufes zum Gebete durch den Muezzin. Schwierigkeiten bot auch der meistens herrschende Wind, der deutlich spürbare Schwankungen der zum Teil sehr hohen Minarette verursachte. Es zeigte sich dann später allerdings, daß dieser Einfluß von geringerer Bedeutung war, als ursprünglich angenommen wurde. Die Stationen Sisli und Fatih mußten auf die Minarettspitzen zentriert werden, was dadurch geschah, daß von der exzentrischen Station *E* aus die Richtungen und horizontalen Distanzen (Basislatte)

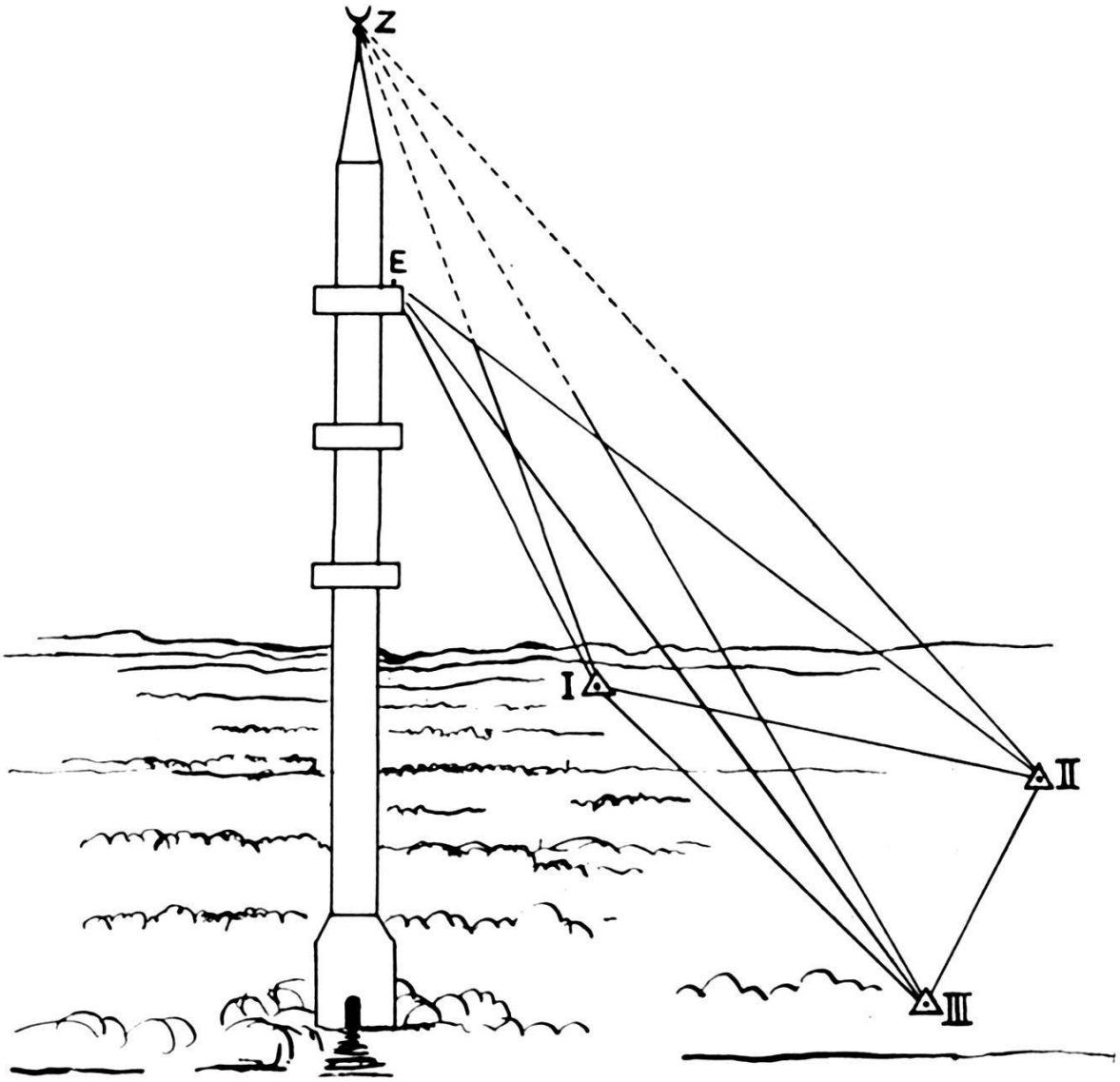

Abb. 4. Zentrierung der Stationen Sisli und Fatih

nach drei geeignet gewählten Bodenpunkten *I*, *II* und *III* gemessen wurden (siehe Abb. 4).

Ferner wurden die Distanzen zwischen den Punkten *I*, *II* und *III* mit der Basislatte direkt gemessen. Die Abweichungen zwischen den gemessenen und gerechneten Distanzen lagen innerhalb eines Zentimeters. Nachher wurde die Spitze des Minarettes von den Punkten *I*, *II* und *III* aus vorwärts eingeschnitten, was wiederum mit der Genauigkeit von ungefähr einem Zentimeter möglich war.

Die Berechnung der Distanz Kisla–Δ erfolgte aus der Figur Kisla–*A*–*B*–Δ mit Hilfe einer Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate. In analoger Weise wurde die Distanz Sisli–Camlica mit Hilfe der Distanz Kisla–Δ aus der Figur Sisli–Kisla–Δ–Camlica berechnet. Die Berechnung des Zentralsystems erfolgte ebenfalls auf Grund einer Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate.

Da die Société générale de traction et d'exploitations keinen speziellen Wert auf eine möglichst genaue Orientierung des Netzes nach

Norden legte, wurde eine Toleranz für die Nordorientierung von nur $\pm 1^c$ aufgestellt. Diese Nordorientierung wurde erhalten durch eine astronomische Azimutbestimmung der Seite Kisla–*A* mit Hilfe des Polarsterns. Die erforderlichen Messungen erfolgten durch zwei Assistenten des Photogrammetrischen Institutes der Teknik Okulu mit Hilfe des Wild-Theodoliten T2 und konnten an einem Abend erledigt werden. Da während der Meßzeit der Polarstern in Elongation war, genügte die Registrierung der Zeiten mit einer gewöhnlichen Uhr, die mit den Radiozeitsignalen verglichen wurde. Es wurde ein mittlerer Fehler des Azimutes

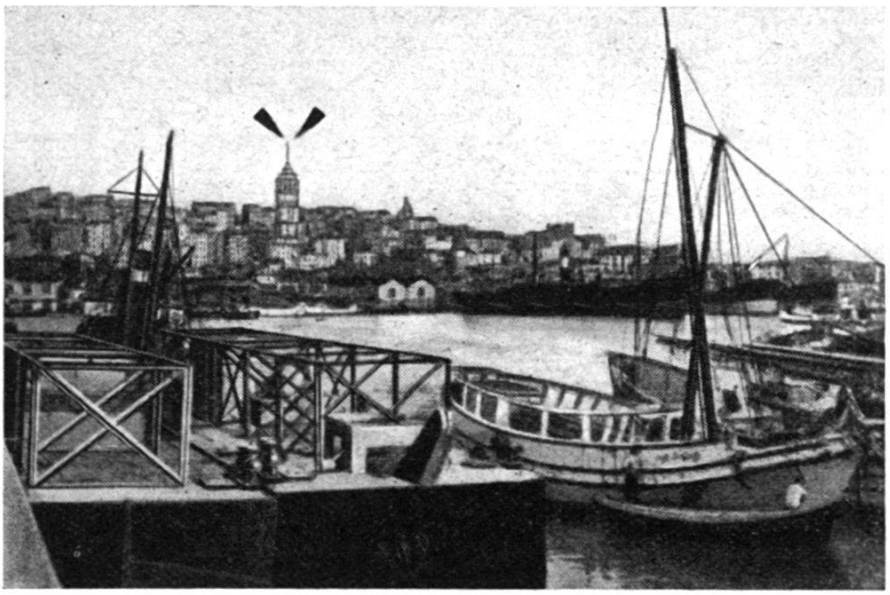

Abb. 5. Der Hochpunkt Galata Kulesi. Im Vordergrund das Goldene Horn: aufgenommen von Yemis Ist.

der Seite Kisla–*A* von $\pm 28^{cc}$ erhalten. Da diese Genauigkeit innerhalb der verlangten Toleranz war, wurden keine weiteren Messungen vorgenommen, obwohl zu bemerken ist, daß die erzielte Genauigkeit nicht sehr gut war. Bei mehr Erfahrung und sorgfältigeren Messungen hätte der mittlere Fehler ohne weiteres auf rund 5 bis 10^{cc} reduziert werden können. Mit Hilfe des gemessenen Azimutes und des ausgeglichenen Zentralsystems konnten hierauf die ebenen Koordinaten Y und X der Hauptpunkte Sisli, Camlica und Fatih, bezogen auf den Zentralpunkt Taksim Palas, mit den Koordinaten $Y = X = 10000.00$ berechnet werden.

Ausgehend von den Koordinaten der Punkte des Zentralsystems konnten anschließend die Koordinaten der vorwärts eingeschnittenen Hochpunkte Galata Kulesi, Topkaki Saray, Ayasofia, Sultan Ahmed, Nurosmaniye, Astro (Yangin Kulesi), Süleymaniye und Sultan Selim berechnet werden. Da die Richtungen nach diesen Punkten ebenfalls durch vierfache Satzmessungen mit dem Wild-Theodoliten T3 bestimmt wurden, konnte eine hohe Richtungsgenauigkeit erwartet werden, die genügte, die Hochpunkte aus nur drei günstig gewählten Richtungen

und mittels eines vereinfachten Ausgleichsverfahrens mit genügender Genauigkeit zu berechnen. Dabei wurden die folgenden mittleren Koordinatenfehler erreicht: $M_Y = \pm 6$ cm und $M_X = \pm 4$ cm. Im Hinblick darauf, daß die für jeden Hochpunkt verwendeten drei Richtungen vielfach annähernd 10 km lang sind, muß diese Genauigkeit als ziemlich gut bezeichnet werden. Die Verwendung aller gemessenen Richtungen und die Durchführung einer strengen Ausgleichung hätte wahrscheinlich zu noch kleineren mittleren Fehlern geführt. Im Hinblick auf die bestehende Zeitnot (die ganze Triangulation mußte, gemäß Programm, einschließlich

Abb. 6. Die Ayasofia. Im Vordergrund Prof. Imhof von der ETH, anläßlich eines seiner Aufenthalte in der Türkei

Erkundung, Versicherung und Berechnung in einer Zeit von 6 Wochen bewältigt werden) mußte jedoch davon abgesehen werden. Bei allfälliger späterer Verwendung dieser Hochpunkte besteht jedoch immer noch die Möglichkeit, mit Hilfe aller gemessenen Richtungen eine strenge Ausgleichung durchzuführen.

Damit war ein genügend dichtes Netz von Hochpunkten geschaffen, mit Hilfe welcher die erforderliche Anzahl von Bodentriangulationspunkten auf dem Trasse der Untergrundbahn bestimmt werden konnte. Diese Punkte wurden in der Regel durch Rückwärtseinschnitt mit dem Wild-Theodoliten T2 und vierfacher Satzmessung erhalten. Die Meßarbeit besorgten drei Assistenten des Photogrammetrischen Institutes der Teknik Okulu und der Schreibende. Durch Rückwärtseinschnitt wurden bestimmt die Punkte: Mecidiye Köy, Harbiye, Tophane, Karaköy, Yemis Ist., Sirkeci und Yeni Kapi. Drei weitere Bodentriangulationspunkte auf dem Trasse wurden erhalten durch Herunternehmen der Hochpunkte Sisli, Taksim Palas und Nurosmaniye. Die Berechnung der Rückwärtseinschnitte wurde mit drei günstig gewählten Richtungen und einem Kontrollazimut ausgeführt. Wiederum wurde aus Zeitmangel von

einer strengen Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate abgesehen. Die Kontrolle mit dem Kontrollazimut ergab für die 7 Rückwärtseinschnitte eine mittlere Querabweichung von $\pm$ 8 cm. Für spätere Verwendungszwecke dieser Punkte besteht wiederum die Möglichkeit der Durchführung einer strengen Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate unter Berücksichtigung aller gemessenen Richtungen.

Die Berechnung und Ausgleichung des gesamten Triangulationsnetzes (Basisvergrößerungsnetze, Zentralsystem, Vorwärts- und Rückwärtseinschnitte usw.) wurde in mustergültiger Weise durch den Inhaber des Lehrstuhles für Geodäsie an der Teknik Okulu, Hrn. dipl. Ing. Ekrem Ulsoy, besorgt.

Die Triangulationspunkte Mecidiye Köy, Sisli (Bodenpunkt), Harbiye (Bodenpunkt), Taksim Palas (Bodenpunkt), Tophane, Karaköy, Yemis Ist., Sirkeci, Nurosmaniye (Bodenpunkt) und Yeni Kapi dienten als Stützpunkte für die rund 13 km Polygonzüge entlang dem Trasse der Untergrundbahn (siehe Abb. 1). Die Versicherung und Messung dieser Polygonzüge erfolgte durch sechs Assistenten des Photogrammetrischen Institutes der Teknik Okulu und den Unternehmer dipl. Ing. Lütfü Ilman mit seinem Personal. Die Polygonwinkel wurden durchwegs mit dem Wild-Theodoliten T2 gemessen, während zur Messung der Polygonseiten Stahlmeßbänder und die Basislatte Wild verwendet wurden. Die Messung der Polygonzüge war zum Teil mit großen Schwierigkeiten verbunden. Im Hinblick auf den außerordentlich dichten Verkehr (Taxi, Pferdefuhrwerke, Tragpferde, Handel auf der Straße, Trams usw.) mußte vielfach in den frühesten Morgenstunden gearbeitet werden. Infolge der winkligen Gassen konnten manchmal Polygonseiten von nur 10 m Länge gewählt werden. An anderen Orten mußten die Polygonzüge durch Häuser und Korridore geführt werden. Schwierigkeiten bot auch die Durchquerung des Labyrinthes von Gängen im gedeckten großen Basar. Total wurden 205 Polygonpunkte bestimmt. Die Berechnung der Koordinaten der Polygonpunkte wurde durch einen zweiten Unternehmer besorgt. Dabei wurden durch die Société générale de traction et d'exploitations im Einvernehmen mit dem Schreibenden folgende Toleranzen festgesetzt:

$$f_\beta = 2.0^c \cdot \sqrt{n}$$

f_β = Toleranz für den Winkelabschlußfehler $\Delta\beta$

n = Anzahl der Punkte pro Polygonzug

$$f_s = 0.10 \text{ m} + \sqrt{S}$$

f_s = Toleranz für den Polygonabschlußfehler

$$\Delta S = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2}$$

S = Länge des Polygonzuges in m

Die erreichten Resultate sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Polygonzug	n	$\Delta\beta$	$f\beta$	S	ΔY	ΔX	ΔS	fs
		c	c	m	m	m	m	m
M. Köy–Sisli	17	8.1	8.3	2072	0.22	0.02	0.22	0.56
Sisli–Harbiye	14	2.2	7.5	1145	0.30	0.11	0.32	0.44
Harbiye–Taksim	19	4.8	8.7	1719	0.39	0.08	0.40	0.52
Taksim–Tophane	18	2.4	8.5	1377	0.15	0.32	0.35	0.47
Tophane–Karaköy	29	2.6	10.8	1263	0.10	0.04	0.11	0.46
Yemis–Sirkeci	28	3.0	10.6	1008	0.16	0.35	0.38	0.42
Sirkeci–Nurosm.	23	2.9	9.6	1150	0.00	0.19	0.19	0.44
Nurosm.–166–*Yeni Kapi*	42	2.2	13.0	1851	0.18	0.03	0.18	0.53
Yeni K.–197–166	30	3.2	11.0	1740	0.36	0.17	0.40	0.52

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, waren alle Polygonzüge innerhalb der Toleranz, was beweist, daß sowohl die Basismessung wie die Triangulation eine genügend hohe Genauigkeit aufweisen. Da mit der Polygonierung bereits während der Zeit begonnen wurde, in der die Triangulationsarbeiten noch im Gange waren, konnte die koordinatenmäßige Bestimmung sämtlicher Polygonpunkte schon zwei Monate nach Beginn der Vermessungsarbeiten für die Untergrundbahn abgeschlossen werden.

Damit waren die Grundlagen für die Erstellung der Pläne im Maßstab 1:200 und 1:1000 beidseits des vorgesehenen Trasses geschaffen, und es konnte mit der Detailaufnahme begonnen werden. Diese wurde durch den Unternehmer dipl. Ing. Lütfü Ilman und sein Personal ausgeführt. Prinzipiell wurde die Orthogonalmethode mit Winkelprisma angewendet. An gewissen Orten kam auch die Tachymetermethode zur Anwendung. Im Hinblick auf den intensiven Verkehr mußte dabei wiederum meistens in den frühesten Morgenstunden gearbeitet werden. Der Planauftrag, die zeichnerische Ausarbeitung der Pläne und die Pausenerstellung erfolgte durch einen dritten Unternehmer im Unterakkord. Diese Detailaufnahme einschließlich Verifikation konnte ebenfalls bis zum vorgesehenen Endtermin (Mitte Dezember 1954) beendigt werden.

Für die Ausarbeitung des detaillierten Projektes der Untergrundbahn benötigte die Société générale de traction et d'exploitations ein Längenprofil des Trasses (siehe Abb. 1) sowie eine genügend große Anzahl von Querprofilen. Zu diesem Zwecke war die Messung eines genauen Nivellements entlang dem Trasse erforderlich. Die Ausführung dieses Nivellements besorgte der Unternehmer dipl. Ing. Lütfü Ilman. Dabei wurde von einer provisorischen Nullmarke auf Wasserspiegelhöhe bei Karaköy ausgegangen. Es stellte sich natürlich auch hier die Frage der Anschlußmöglichkeit an das vorhandene Höhenfixpunktnetz der Stadt Istanbul. Ein näheres Studium dieses Höhenmaterials ließ darauf

schließen, daß der Ausgangshorizont auf Grund von Wasserstandsmessungen über eine längere Periode festgelegt wurde; jedoch stellte es sich heraus, daß verschiedene Höhenmarken im Gebiet der Stadt nicht mehr auffindbar waren oder daß angenommen werden mußte, daß die wirklichen Höhen dieser Punkte mit den ursprünglichen Höhen nicht mehr übereinstimmten. Dies war der Grund für die vorläufige Wahl einer provisorischen Nullmarke. Um jedoch den Ausgangshorizont mit der nötigen Zuverlässigkeit zu erhalten, wurde das gemessene Nivellementsnetz, soweit dies möglich war, an vorhandene Punkte des alten Stadtnetzes angeschlossen. Die endgültigen Höhen des neuen Nivellementsnetzes wurden dann so bestimmt, daß dieses als starres Netz, das heißt zwanglos in das alte Netz eingepaßt wurde. Die Nivellements, die auch der Höhenbestimmung der einzelnen Polygonpunkte zu dienen hatten, wurden ausnahmslos doppelt gemessen und hatten der folgenden Toleranz T zu genügen:

$$T = 2 \text{ cm} \cdot \sqrt{K}$$

$$K = \text{Nivellementsstrecke in km}$$

Die Verifikation von 21 über das ganze Trasse verteilten Polygonpunkten durch vier Assistenten des Photogrammetrischen Institutes der Teknik Okulu zeigte, daß diese Toleranz eingehalten war. Für die Messung der Nivellements wurden die Instrumente Wild N3, Wild N2 und das neue Nivellierinstrument Zeiß verwendet. Ein besonderes Problem stellte die nivellitische Überbrückung des Goldenen Horns. Diese erfolgte über die Galatabrücke und hatte im ersten Morgengrauen zu geschehen, um unabhängig zu sein von Brückenerschütterungen infolge des Tram-, Camion- und Autobusverkehrs. Sämtliche Nivellements- und Berechnungsarbeiten waren Ende September 1954 abgeschlossen.

Ein Kernproblem anläßlich der Verfassung des Projektes der Untergrundbahn war die Über- oder Unterquerung des Goldenen Horns entweder durch eine Stahlkonstruktion oder durch einen Tunnel. In beiden Fällen war die Kenntnis der Topographie des Meeresgrundes in einem genügend breiten Streifen links und rechts des Trasses notwendig. Die Aufnahme dieser Unterwassertopographie besorgte das Hydrographische Institut der türkischen Marine unter der Leitung von Major Islam Erokan. Für die Messung der Wassertiefen wurde ein Echolotapparat verwendet. Die Messungen wurden in parallelen Querprofilen angeordnet und die Unterwasserkurven durch Interpolation erhalten. Die erreichte Genauigkeit kann als befriedigend bezeichnet werden, wenigstens was die Kurven in der mittleren Zone des Goldenen Horns anbetrifft. Es ist jedoch anzunehmen, daß die steilen Böschungen bis zum Mittelgrund systematisch um rund einen halben bis einen Meter verfälscht sind, das heißt, die Unterwassertopographie in Ufernähe kann nicht als sehr zuverlässig bezeichnet werden. Diesem Umstand ist in der Detailprojektierung Rechnung zu tragen, indem in diesen Zonen mit einem Unsicherheitsfaktor der Topographie von rund $\pm$ 1 m zu rechnen ist. Diese Maßnahme ist auch insofern gerechtfertigt, als in den Ufer-

zonen der Meeresgrund infolge von Schmutz und Kehricht, herrührend von den vor Anker liegenden Schiffen, eine genaue höhenmäßige Festlegung gar nicht zuläßt. Im Zusammenhang mit diesen Fragen sei auch auf die interessante Veröffentlichung von Prof. Bertschmann (siehe Literaturnachweis) hingewiesen.

Wie schon früher erwähnt wurde, konnten sämtliche Vermessungs- und topographischen Arbeiten für das Projekt der Untergrundbahn der Stadt Istanbul in der vorgesehenen Zeit von viereinhalb Monaten bewältigt werden. Die Ausführung eines derartigen Unternehmens in zum Teil ungewohnten Verhältnissen verlangt eine gewisse Organisationsgabe und die Fähigkeit zu laufenden Improvisationen. Dabei muß ferner berücksichtigt werden, daß in keinem Falle das Gesamtprojekt durch zu langsame Vermessungsarbeiten verzögert wird, denn die Kosten für die Vermessungsarbeiten in einem großen Bauprojekt betragen vielfach weniger als 1 ‰ der Bausumme. Zu langsam fortschreitende Vermessungsarbeiten, die sich zu sehr in traditionellen Bahnen bewegen, können zu einer Verzögerung in der Ausführung des Gesamtprojektes führen, die, kapitalisiert, ein Vielfaches der Kosten für die Vermessungsarbeiten ausmachen.

Literatur:

1. *Baeschlin:* Ausgleichungsrechnung und Landesvermessung. Vorlesung, Band I und II.
2. *Bertschmann:* Seetiefenmessungen mit einem Echolot, Versuchsmessungen Thuner See, August 1954. Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie, Nr. 3, 1955.

Vortragstagung des Vereins deutscher Ingenieure

am 28./29. Mai 1957 in Freiburg im Breisgau

Der VDI richtet auch an die Mitglieder des Schweizerischen Kulturingenieurvereins eine Einladung zur Teilnahme an der bevorstehenden Vortragstagung von Freiburg im Breisgau.

Programm

Sechs Vorträge, auf drei Halbtage verteilt, sind vorgesehen. Eine Aussprache findet nicht statt. Dafür bleibt genügend Zeit zwischen den Vorträgen zur Vertiefung des Gehörten im Einzelgespräch. Am Abend des ersten Tages wird ein Konzert des Stuttgarter Kammerorchesters unter Prof. Karl Münchinger mit Werken von Händel, Pergolesi, Roussel und Dvořák einen Querschnitt durch abendländische Musik geben.

Der erste Vortrag, *Technik und Welteinheit*, von Dr. phil. Hans Egon Holthusen wird in einem großangelegten geschichtlichen Rückblick, ausgehend von der «Ökumene», der «bewohnten Welt», der Vorantike und Antike bis zur heutigen «Ökumene» den Sinn der technischen Existenz als Ausdruck des «abendländischen Geistes», im weitesten Sinn