

Paper-ID: VGI_196702



Die geodätischen Arbeiten beim Bau des Donauturmes in Wien

Hans Schmid ¹

¹ *Techn. Hochschule Wien, 1040 Wien, Karlsplatz 13*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **55** (1), S. 7–20

1967

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Schmid_VGI_196702,  
Title = {Die geod{"a}tischen Arbeiten beim Bau des Donauturmes in Wien},  
Author = {Schmid, Hans},  
Journal = {"Österreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen"},  
Pages = {7--20},  
Number = {1},  
Year = {1967},  
Volume = {55}  
}
```



Die geodätischen Arbeiten beim Bau des Donauturmes in Wien

Von *Hans Schmid*, Wien

I. Einleitung

Infolge des lebhaften Interesses, das die geodätischen Arbeiten erweckten, welche im Zusammenhang mit der Erbauung des Donauturmes notwendig waren, gebe ich im folgenden einen gedrängten Überblick. A. o. Prof. *Dr. R. Krapfenbauer* hat in seiner Arbeit*) die statische und konstruktive Bearbeitung des Bauwerkes eingehend beschrieben, so daß ich mich auf die Besprechung rein geodätischer Arbeiten beschränken kann. Über die angewendete Gleitbauweise kann man im Handbuch für Eisenbetonbau Band VII Aufschluß finden; ich werde anderen Ortes nur kurz darüber berichten.

Der Wiener Donauturm wurde anlässlich der Wiener Internationalen Gartenschau (WIG 1964) nach den Entwürfen des Architekten *Hannes Lintl* errichtet. Bauherr ist die Donauturm Restaurant- und Betriebsgesellschaft m. b. H.

Mir wurden von der Bauherrschaft alle mit dem Bau im Zusammenhang stehende Vermessungs-, Berechnungs- und Planherstellungsarbeiten vom Anbeginn an übertragen. Der Vollständigkeit halber werde ich wohl alle Arbeitsgänge erwähnen, aber nur auf die mir als nicht alltäglich erscheinenden Arbeiten näher eingehen. Zuvor danke ich noch den Herren, die durch Rat und tätige Mithilfe zum Gelingen des Werkes beitrugen. Herrn o. Prof. *Dr. A. Barvir* sei hier für seine wertvollen Hinweise gedankt, den Herren *Dipl.-Ing. K. Peters* und *Dipl.-Ing. E. Korschneck* danke ich für die dargebrachte Begeisterung, mit welcher sie die anfallenden Vermessungsarbeiten durchführten.

II. Ablauf der Arbeiten

In chronologischer Reihenfolge haben sich nun dem Baugeschehen entsprechend, die nachstehenden Arbeiten ergeben:

A) Vorarbeiten

1. Grobe Festlegung des Turmzentrums nach Angaben der Mag.-Abt. 41 der Stadt Wien. Diese Absteckung erfolgte auf Grund gegebener Koordinaten und Fernziele.

2. Absteckung des „Baurechtsgrundstückes Donauturm“.

3. Endgültige Festlegung des Turmzentrums durch vielfachen Rückwärtschnitt und Berechnung der *geographischen Koordinaten*, Versicherung des Turmzentrums.

4. Herstellung eines Tachymeterplanes als Grundlage für die Fundament-aushübe.

5. Absteckung des Aushubbereiches und laufende Kontrolle der Aushubtiefe, Abschlußtachymeteraufnahme und Berechnung der Kubatur.

6. Setzen von 3 vorläufigen Höhenfixpunkten (HFP) in der Nähe der Baugrube, welche aus 1 m langen Betonsteinen mit Vertikalbolzen bestanden. Die Höhen

*) *R. Krapfenbauer*: Die statische und konstruktive Bearbeitung des Donauturmes in Wien, Österr. Ingenieur-Zeitschrift 109, Jahrg. 5.

wurden von einer Nivellementlinie am Hubertusdamm abgeleitet. Die Punkte wurden mit gleicher runder Absoluthöhe für Bauzwecke versetzt.

B) Bauabsteckung

1. Absteckung des Verwaltungstraktes.
2. Absteckung des Eingangsgebäudes.

C) Setzungsmessungen

1. Während der Hinterfüllung des Fundamentkörpers wurden acht Nivellementbolzen am Fundamentkörper angebracht, wobei sechs kranzförmig etwa 1,80 m unter „Turmnull“, einer etwa 4,30 m unter T. N. und einer 7,20 m unter T. N. liegen (Turmnull wird im folgenden kurz T. N. genannt und liegt etwa 9 m über Wiener Null). Die Höhen wurden von den drei obgenannten HFB abgeleitet, um einen Überblick über eventuelle relative (innere) Bewegungen des Fundamentkörpers zu erhalten. Es kann vorweggenommen werden, daß die Setzungen der Punkte $-4,30$ m und $-7,20$ m mit denen der 6 Punkte $-1,80$ m mit Ablesegenauigkeit übereinstimmen.

2. Die Höhen der 3 HFP wurden auf die endgültigen „Brunnenpunkte“ S 60 und O 60 (siehe D 1.) unter nochmaliger Kontrolle mit Hilfe des HFP-Netzes der Stadt Wien übertragen. Ebenso wurden nach zweimonatiger Hinterfüllungsdauer die Höhen der Fundamentpunkte $-1,80$ m auf sechs endgültige Nivellementbolzen, welche $+0,10$ m ü. T. N. liegen, übertragen.

3. Insgesamt wurden 14 Setzungsmessungen durchgeführt, bei welchen jeweils alle sechs Punkte beobachtet wurden. (Die erste Messung zu Beginn der Arbeiten erfaßte nur die beiden ersten provisorischen Nivellementbolzen H-süd und H-nord). Die Resultate wurden in axonometrischer und numerischer Form bekanntgegeben.

D) Auslenkmessungen und Feinmessungen während des Baues

1. Die Bodenuntersuchungen am Standort ergaben eine Anschüttung von etwa 5 bis 6 m Dicke, unter welcher sich eine Sand-Schotterschicht von 7,5 bis 8,8 m Mächtigkeit befindet. Da das Anschüttungsmaterial keinesfalls Gewähr für eine absolute Stabilität der Fixpunkte ergab, mußte eine Tiefgründung zum Mindesten für einen Teil der Fixpunkte gefordert werden. Da diese Tiefgründung — welche aus Brunnenringen, die bis auf den festen Grund abgelassen und hernach mit Beton aufgefüllt wurden, bestand — sehr kostspielig war, wurden nur die unbedingt notwendigen Punkte so ausgestattet. Wir werden sie im folgenden kurz „Brunnen“ nennen, zum Unterschied von den „Schwimmern“, welche lediglich eine massive Betonflachwurzel von $2,00 \times 2,00$ m² Fläche und 0,50 m Dicke erhielten, auf welche dann ein Stahlbetonzylinder von 0,35 m Durchmesser und 1,60 m Höhe aufgesetzt wurde, von welchem etwa 1,10 m aus dem Boden herausragte (s. Abb. 1). Selbstverständlich wurden sowohl bei den Brunnen als auch bei den Schwimmern Bolzen und Höhenmarken miteinbetoniert, wobei ersterere als Zwangszentrierungsvorrichtung ausgestattet waren.

Für die Auslenkfeinmessungen diente ein Fixpunktenetz von 12 Haupt- und 2 Nebenpunkten, wobei jeweils 7 in Richtung Donauturm-St. Stephan und 7 etwa senkrecht dazu situiert waren (s. Abb. 2).

In einer Entfernung von etwa 60 m wurden 4 Punkte so ausgewählt, daß sie etwa auf Tangenten parallel zu den Turmsystemachsen lagen. Von jeweils gegenüberliegenden Punkten konnte daher der Turmdurchmesser scharf beobachtet

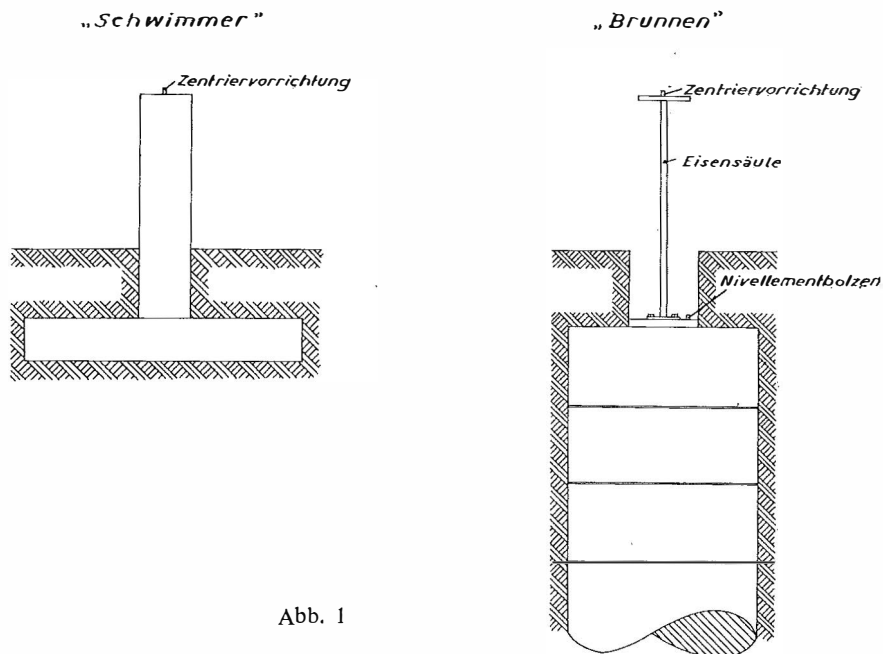


Abb. 1

werden. In 150 m Entfernung wurde ein zweiter Punktekranz vorgesehen, wobei jedoch wegen Sichthindernissen beide Punkte auf derselben Turmseite ausgewählt wurden. Das gleiche gilt auch für den Punktekranz im Abstand von 300 m von der Turmachse. Mit dem Höherwachsen des Turmes wurden zuerst die Standpunkte in 60 m, dann in 150 m und schließlich in 300 m Entfernung für die Beobachtung benützt. Als Brunnen wurden die Punkte Süd und Ost 60 m und ferner die Punkte Süd 300 West bzw. Ost 300 Nord ausgebildet. Alle 12 Punkte wurden mehrfach abnivelliert, was bei den Hilfspunkten Nord und West 200 m unterblieb.

2. Das Netz wurde ohne Zwangsbedingungen von einer Basis abgeleitet, wobei alle möglichen Kontrollen mitgemessen wurden. Es wurde nach vermittelnden Beobachtungen auf der IBM-Anlage der T. H. Wien ausgeglichen und hernach in das Turmsystem transformiert, bei welchem die Turmachse der Nullpunkt und die Richtung Turmzentrum St. Stephan die positive X-Achse darstellte. Die Basis von 217,028 m Länge wurde in 8 Teilstücke zerlegt und mit der Invarbasislatte gemessen, wobei eine Genauigkeit von $\pm 1,2$ cm erreicht wurde. Die Netzausgleichung ergab mittlere Punktlagefehler von ± 4 mm bei einem Punkt, von ± 3 mm bei zwei Punkten und von ± 1 mm bei drei Punkten. Die Basisendpunkte sind natürlich fehlerfrei, da sie die Hauptachse des IBM-Rechensystems ergaben und der Maßstab nur durch die Basis gegeben war. Die jeweiligen Zwillingpunkte wurden polar, auf Millimetergenauigkeit kontrolliert, angehängt.

3. Die Vertikalstellung des Turmes sowie die Überprüfung der vorgegebenen Dimensionen wurde dem Baugeschehen entsprechend in 50 m, 100 m und 140 m über T. N. kontrolliert. Hierzu mußten an der Turmaußenfläche Zielmarken ange-

N200 °

Netzskizze 1:4000 (Turmsystem)

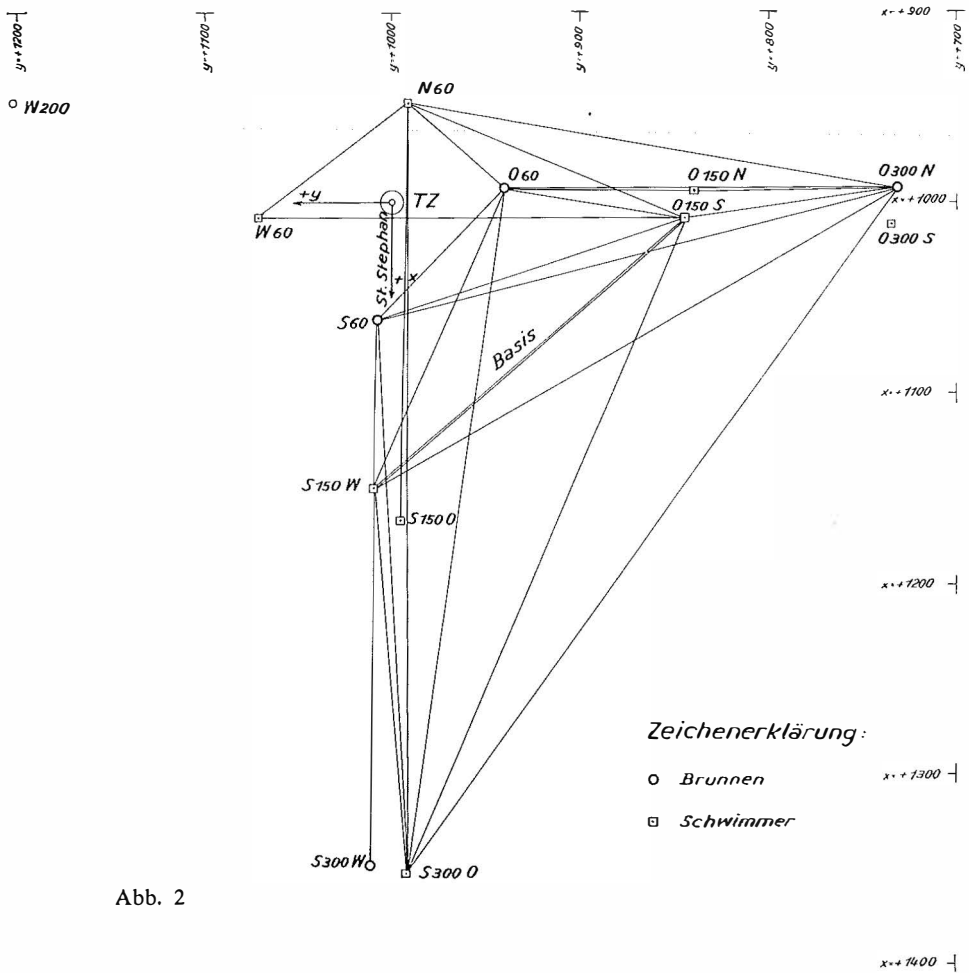


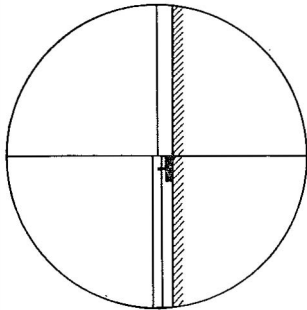
Abb. 2

bracht werden. Sie bestanden aus zylindrischen Scheibchen mit 5 cm Durchmesser und 2 cm Dicke. Zentrisch angebracht befand sich ein dünnes Stäbchen, welches 5 mm vorragte. Diese Plättchen wurden während des „Schaftgleitens“ eingeschossen (s. Abb. 3).

Die Bestimmung dieser Mantelpunkte des Turmes erfolgte prinzipiell gleichzeitig durch Vorwärtsschnitte mit 2 Instrumenten Wild T 2, welche stets in Funk-

verbindung standen, um auch den Einfluß kurzfristigster Turmschwankungen auf die Durchmesserbestimmung auszuschalten, wobei allerdings die Instrumentenstandpunkte, wie bereits beschrieben, eine besondere Lage erhalten haben. Da die 12 Hauptpunkte des Netzes so gelagert sind, daß sie den Turmmantel in den 4 Hauptrichtungen tangential zu beobachten gestatten, war es lediglich notwendig,

Zielbild :



Zielmarke :

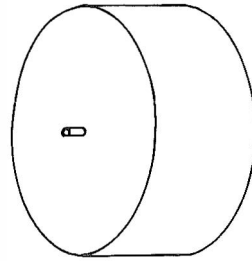


Abb. 3

noch 2 Hilfspunkte in ca. 200 m Entfernung vom Turmzentrum, je einen in westlicher und in nördlicher Richtung vorzusehen, welche die „Radialstrahlen“ zu den „Tangentialstrahlen“ der Punkte S 150 W und S 300 W, bzw. O 150 N und O 300 N lieferten. Die Radialstrahlen sind für die Genauigkeit der Durchmesserbestimmung und damit auch für die Bestimmung der Senkrechtstellung und Maßhaltigkeit von sekundärer Bedeutung. Ein Fehler in der Zielpunktansprache bleibt praktisch ohne Einfluß auf die Größe des Durchmessers, wie die Berechnung in Abb. 4 zeigt.

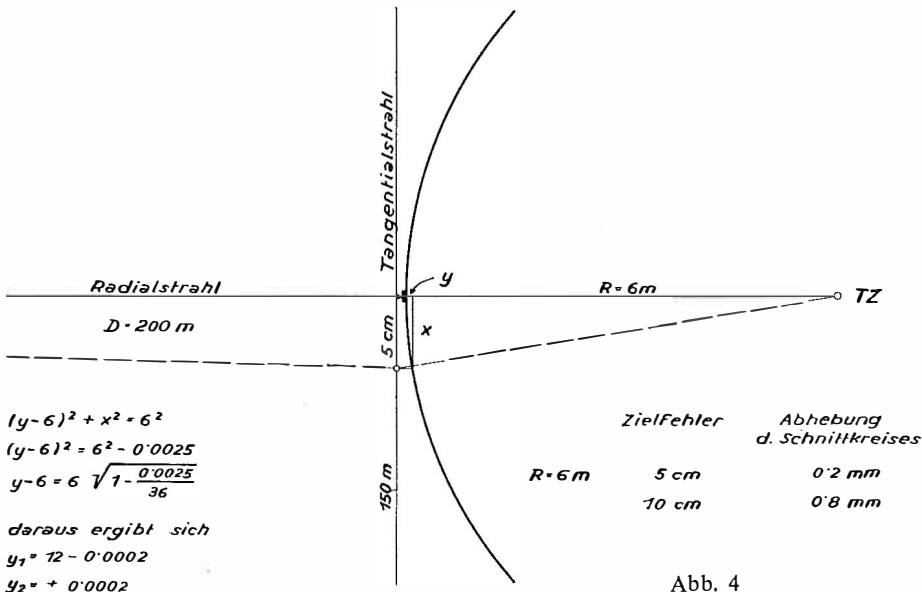


Abb. 4

Bei jeder Messung wurden in den einzelnen Horizonten jeweils 4 Mantelpunkte so angebracht, daß sie möglichst auf 2 aufeinander senkrechten Durchmessern

lagen. Die Genauigkeit der Soll-Lage, mit welcher die Plättchen am Turmmantel in den Radienendpunkten angebracht werden konnten, betrug etwa 5 bis 10 cm und war für die Bestimmung der Istmaße ausreichend, wie die Überlegung zeigte. Für die Auslenkmessung wäre die Punktlage der Plättchen überhaupt belanglos gewesen, da ja immer dieselben Punkte beobachtet wurden. Die Durchmesseränderungen bei Abweichungen der Beobachtungsmarke von der Soll-Lage sind in Abbildung 5 dargestellt.

4. Schließlich wurden für Baukonstruktionszwecke noch Überprüfungsmessungen zwecks Einrichtung des Restaurantgeschosses durchgeführt. Ferner erfolgte die dreimalige Überprüfung und Einrichtung der Stahlmastmontage und die Einmessung der Mastspitze. Schließlich mußte eine Feinhöhenangabe in + 162 m Höhe erfolgen, die trigonometrisch vielfach kontrolliert vorgenommen wurde und von wo aus noch auf eine Höhe von + 165 m zu nivellieren war.

5. Außerdem wurden 5 Auslenkungsmessungen durchgeführt, wobei besonders die Einflüsse von Sturmböen studiert wurden.

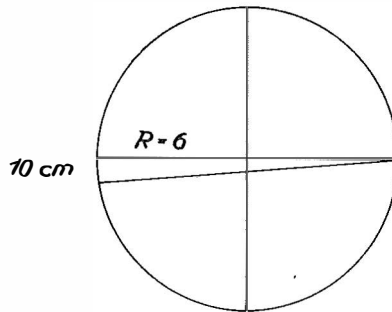


Abb. 5

	5 cm	10 cm	15 cm
Differenz im Durchmesser	0,42 mm	1,7 mm	3,8 mm

III. Ergebnisse der Messungen

Bei den Vorarbeiten zur Bestimmung des Turmzentrums haben sich die nachstehenden Resultate ergeben. Die geographischen bzw. konformen Koordinaten des Turmzentrums betragen:

$$\left. \begin{array}{l} \varphi = 48^{\circ} 14' 26'' 690, \quad x = 5,344,654,47 \\ \lambda = 34^{\circ} 04' 40'' 504, \quad \text{östl. von Ferro } y = + 5.786,83 \end{array} \right\} M 340$$

Die Setzungsmessungen lieferten Werte, die durchwegs kleiner waren, als die Vorausberechnungen der Planung ergaben, außerdem erfolgte die Setzung mit einer kaum erwarteten Gleichmäßigkeit bei allen 6 Nivellementbolzen (s. Abb. 6 und 6a.)

Die Gesamtsetzung betrug 22 mm bei einem Bodendruck auf die Fundamentsohle von 17000 Tonnen, von denen 10300 Tonnen auf das Fundament samt Erdauflast entfallen. Wie zu erwarten war, verlief die Setzungskurve ca. hyperbolisch mit der Zeit-Achse als Asymptote. Die Auslenkungsmessungen und die Bestimmung der Ist-Dimensionen erfolgte, wie a. o. erwähnt, auf trigonometrischem Wege und lieferten zum Teil recht interessante Ergebnisse.

Setzungsdiagramm des Donauturmes

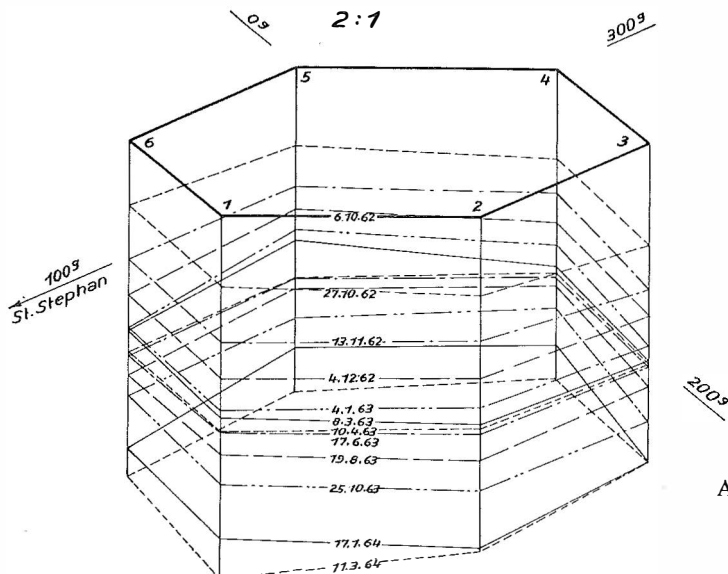


Abb. 6

Setzung der Marken seit Baubeginn aufgeschlüsselt nach den Bauphasen:

- 6. 10. 1962: Beginn der Hinterfüllung.
- 27. 10. 1962: Beginn der Gleitschalung.
- 13. 11. 1962: Ende des 1. Bauabschnittes (H. ca. 73 m).
- 4. 12. 1962: Turmhöhe ca. 100 m.
- 4. 1. 1963: Ende des 2. Bauabschnittes (H. ca. 145 m), Beginn des Hochwinters.
- 8. 3. 1963: Beginn des Tauwetters, Beginn der Gondelkonstruktion (H. ca. 180 m)
- 10. 4. 1963: Warmwetterperiode, Ausgleichshinterfüllungen.
- 17. 6. 1963: Gegen Ende der Gondelkonstruktion, Beginn des Sommers.
- 19. 8. 1963: Ende des Hochsommers.
- 25. 10. 1963: Während des Herbstes, Mastmontage.
- 17. 1. 1964: B 1 nicht meßbar bei B 4 und B 5, noch Baugrube.
- 11. 3. 1964: Ende des Winters, nach Ausgleichshinterfüllung.

Gemittelte Setzung des Fundamentes in Abhängigkeit von der Zeit

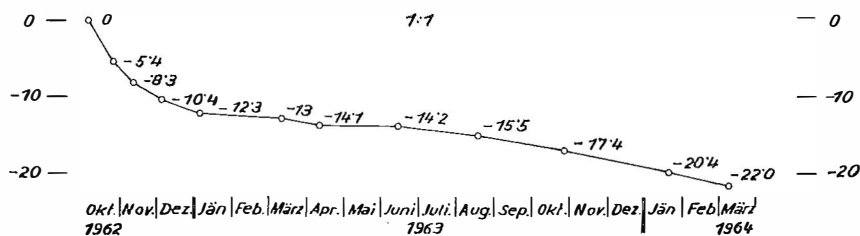


Abb. 6 a

1. Bestimmung des Turmradius in + 0,80 m über T. N.:

Auf Grund des Entasis- und Wandstärkenplanes beträgt der Sollradius in einer Höhe von + 0,80 m ü. T. N. 5,976 m. Um die Ausgleichsrechnung zur Radien-

bestimmung zu vereinfachen, wurden die zur Bestimmung des Turmradius notwendigen Punkte in Form eines nahezu regelmäßigen Achteckes über den Turmumfang verteilt angeordnet. Die Verbesserungsgleichung lautet

$$- \cos \varphi_i dx - \sin \varphi_i dy - dR + \Delta R_i = \theta \quad \dots (1)$$

Hierin bedeuten: dx und dy die Koordinatenverbesserungen des Turmzentrums, dR die Verbesserung des Radius und ΔR der radiale Abstand der 8 beobachteten Umfangspunkte vom Sollkreis, wobei das positive Vorzeichen anzeigt, daß der Istpunkt außerhalb des Kreises liegt.

Durch die gewählte Beobachtungslage ergibt sich

$$[\cos \varphi_i] = [\sin \varphi_i] = \theta \quad \dots (2)$$

daher folgt für

$$dR = \frac{[\Delta R_i]}{n} \text{ und in unserem Fall lt. Abb. 7}$$

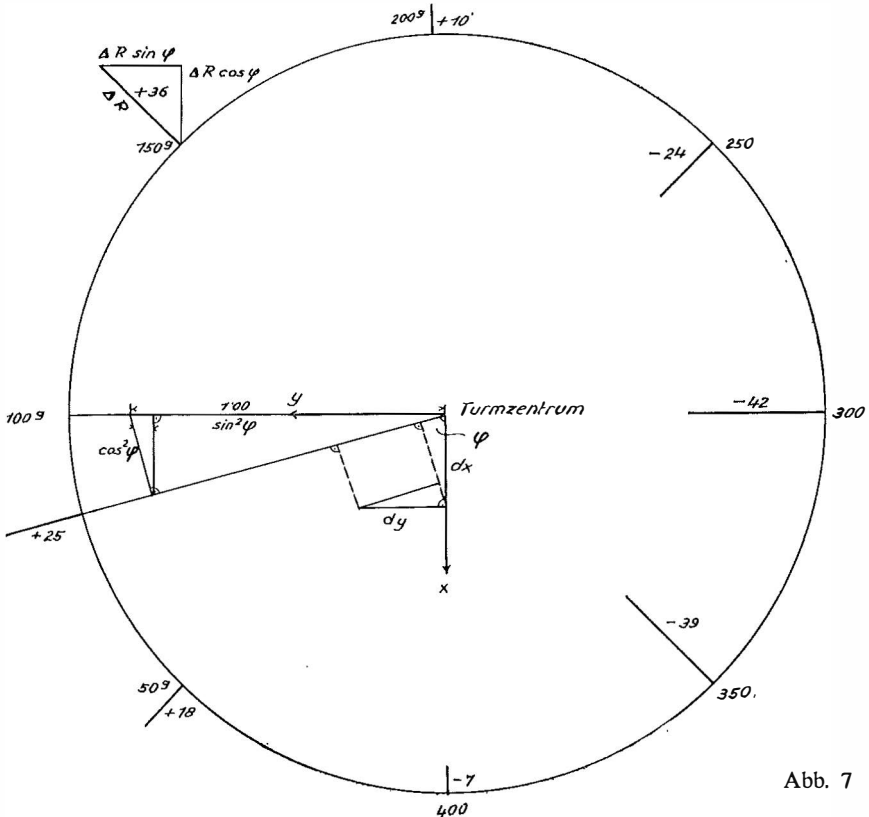


Abb. 7

$$dR = \frac{-25}{8} \hat{=} -3 \text{ mm}$$

Multipliziert man die Gleichung (1) der Reihe nach mit $\sin \varphi_i$ und $\cos \varphi_i$, so erhält man nacheinander

$$dy = \frac{[\Delta R_i \sin \varphi_i]}{[\sin^2 \varphi_i]} = \frac{148}{3,93} \doteq + 38 \text{ mm}$$

$$dx = \frac{[\Delta R_i \cos \varphi_i]}{[\cos^2 \varphi_i]} = - \frac{34}{4,07} \doteq - 9 \text{ mm}$$

... (3)

Die Bestimmung der Größen ΔR erfolgte auf trigonometrischem Wege. Da die Ergebnisse durchaus im Toleranzbereich der Planung lagen, konnte mit dem eigentlichen Turmschaftbau begonnen werden.

2. Der Turmschaft wurde in der sogenannten Gleitbauweise errichtet. Ich begnüge mich mit ein paar kurzen Andeutungen hierüber. Häufig angewendet wird dieses Verfahren beim Bau von Silos und ähnlichen Hochbauwerken. Der Grundgedanke ist, die Arbeitsbühne auf dem Baukörper selbst abzustützen um dabei Baugerüste zu vermeiden. Ein Kletterbock, der mit Hilfe einer Klettermaschine, die entweder durch Zahnstangentrieb oder besser durch hydraulischen Antrieb entlang der Kletterstange emporgeschoben wird, trägt die Arbeitsbühne.

Am Kletterbock ist auch die Formschalung befestigt, die nun mit Beton ausgefüllt wird; wenn dieser trocken und fest ist, hebt die Klettermaschine den Kletterbock entlang der Kletterstange empor, die Formschalung kann wieder neue Betonmassen aufnehmen, die Kletterstangen werden einfach zusammengefügt und in die Betonwand des Objektes miteinbetoniert (s. Abb. 8).

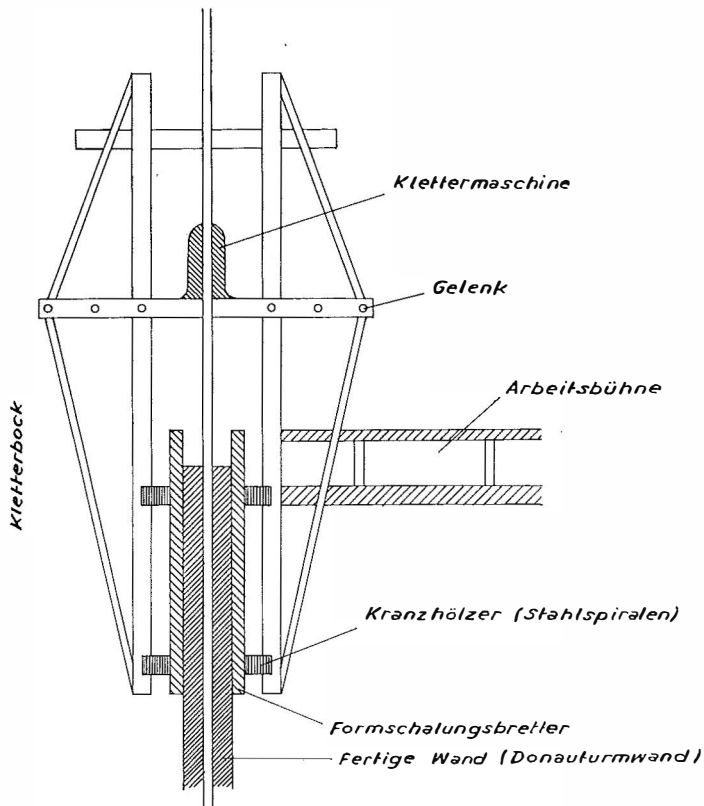


Abb. 8

Beim Donauturm wurde insofern eine Variante angewendet, als im Inneren des Turmes die Konstruktion für die Schnellaufzüge mit einer Phasenverschiebung von einigen Metern errichtet wurde und so eine wechselseitige Abstützung der Gleitschalung erfolgen konnte. Durch die hyperbolisch-konische Form des Turmschaftes (die Turmerzeugenden sind keine Geraden, sondern Hyperbelteile) mußte die Gleitschalung mit dem Emporwachsen des Turmschaftes in ihrem Umfang verkleinert werden, was durch die Verringerung der Anzahl der Formschalungsbretter, die ähnlich Faßtauben durch mächtige Stahlspiralen zusammengehalten wurden, geschah.

3. Bezüglich der Auslenkungsmessungen wird vielleicht eine Zusammenfassung der jeweiligen Berichte nach erfolgten Messungen den besten Überblick über die Turmbewegungen und Maßhaltigkeit des Objektes ergeben:

27. 11. 1962: Erste Deformationsmessung durch die Bestimmung der Istkoordinaten des Punktkranzes in der Höhe + 50 m ü. T. N.:

Die trigonometrischen Feinmessungen ergaben, daß die Umfangspunkte

0 ^g	+ 25 mm (südlich $\hat{=}$ Richtung nach St. Stephan)
100 ^g	+ 61 mm (westlich)
200 ^g	+ 29 mm (nördlich)
300 ^g	- 31 mm (westlich)

vom Sollkreis entfernt lagen. Daraus errechnet man einerseits, wie a. o. gezeigt wurde, einen um rund 40 mm zu großen Durchmesser und andererseits eine nordwestliche Verschiebung des Istzentrums in $H = + 50$ m ü. T. N. von 45 mm bezogen auf das Sollzentrum. Die absolute Lagebestimmung war mit einem Fehler von ± 3 bis ± 4 mm behaftet. Die Fehlerberechnung erfolgte natürlich nur genähert, was für den gegebenen Fall völlig ausreichend war.

20. 12. 1962: Deformationsmessung zur Bestimmung der Istkoordinaten der Punktkränze in + 0,80 m, + 50 m, + 100 m und + 140 m über T. N.:

Die wiederholten Messungen ergaben für die Punktkränze eine Lagegenauigkeit von rund ± 3 mm. Das Wetter war wechselnd wolkig, zeitweise sonnig, die Temperatur betrug $- 4^{\circ}$ C, Windrichtung war Nordwest, mit Geschwindigkeiten von 30 km/h in $H = + 150$ m ü. T. N., mit Böen von 55 km/h. Die Ergebnisse sind in der folgenden kleinen Tabelle übersichtlich zusammengestellt. Die beigegebene graphische Darstellung zeigt im Maßstab 1:1 die Durchstoßpunkte der Turmachse mit den Ebenen $H = + 0,80$ m, + 50 m, + 100 m und + 140 m.

Punktrichtung in Neugraden	Höhe				
	0,8 m	50 m	100 m	140 m	
100		+ 57	+ 28	+ 76	}
200	siehe	+ 30	+ 17	+ 49	
300	oben	- 21	- 12	- 55	
400		+ 23	- 4	- 53	
R Soll (m)	5,976	4,800	3,902	3,202	
R Ist	5,973	4,822	3,909	3,206	
Differenz (mm)	- 3	+ 22	+ 7	+ 4	

ΔR in mm
Abweichung vom
Sollradius

Die Abweichungen von den Sollradien sind im Allgemeinen gering und die Senkrechtstellung muß als sehr gut bezeichnet werden. Es sei hier erwähnt, daß als ständiges Kontrollmeßmittel für die Senkrechtstellung lediglich große Senkel verwendet wurden, wobei die Senkelkörper in Ölbottichen schwangen. Optische Hilfsgeräte konnten nicht zum Einsatz gelangen, da ständig kleine und größere Steinchen und Betonbrocken von der Arbeitsbühne herunterfielen und unweigerlich jedes darunter stehende Gerät vernichtet hätten. Außerdem wäre der zugehörige Beobachter ständig in großer Gefahr geschwebt. Im übrigen wurden auch die Tragpfiler der Europabrücke nur durch Senkel lotrecht gestellt.

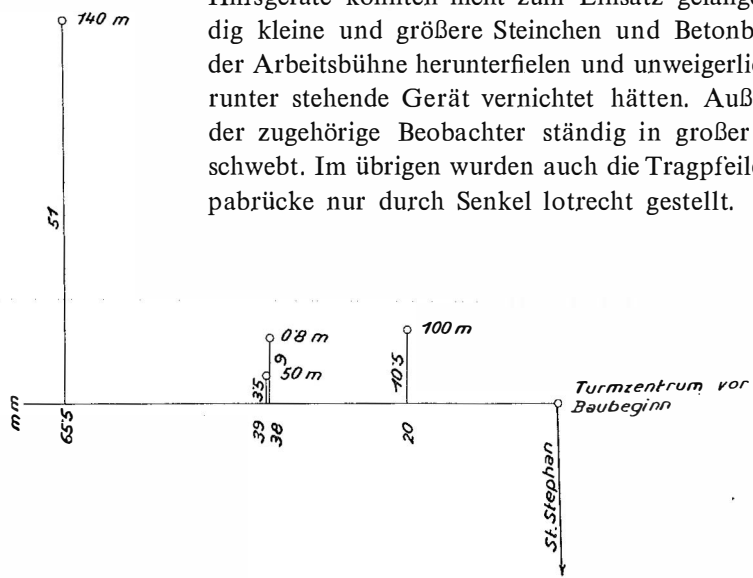


Abb. 9

Die während der Spitzenböen auftretenden Turmschwankungen waren in der Größenordnung von 3 mm und dauerten nur wenige Sekunden.

14. 1. 1963: Auslenkungsmessung während stürmischer Winde:

Am Abend des 13. Jänner 1963 lebten im Wiener Becken stürmische Winde auf, die am 14. Jänner 1963 vormittags auf der Turmspitze ($H = +140$ ü. T. N.) Geschwindigkeiten von 80 bis 120 km/h erreichten, während am Boden durchschnittlich 65 km/h gemessen wurden. Die Windrichtung war allgemein West. In einem Zeitraum von jeweils 10 Minuten wurden zuerst die extremen Lagen der Bolzen

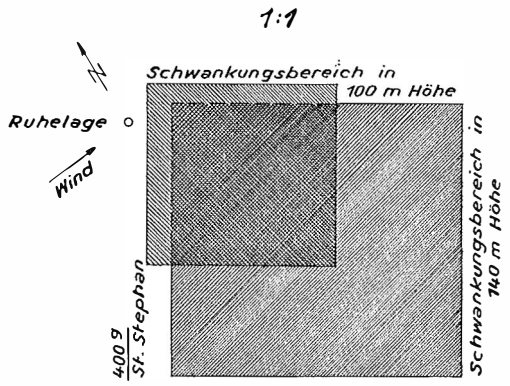
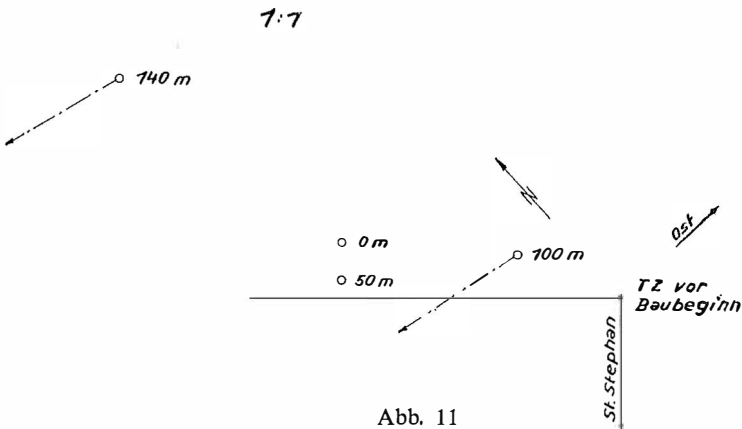


Abb. 10

100 μ in den Kränzen $H = +100$ m und $H = +140$ m ü. T. N. beobachtet. Hierbei wurden je Minute 25 Ausschläge mit unregelmäßigen Amplituden und Phasenlängen beobachtet. Die Auslenkung in $H = +100$ m ü. T. N. betrug zwischen den extremen Lagen 3 cm und in $H = +140$ m ü. T. N. 5 cm. Für die Bolzen 400 μ wurden je Minute 28 Ausschläge gezählt. Infolge der besonderen inneren Verstreubungen weicht der Turm offenbar dem Westwind etwas seitlich aus, was die Abbildung 10 veranschaulicht.

19. 3. 1963: Am 8. 3. 1963 wurde eine weitere lagemäßige Bestimmung des Turmschaftes vor Beginn der Gondelkonstruktion vorgenommen. Das Wetter war heiter bis sonnig. Der Turm war der Sonneneinstrahlung von Ost bis Süd ausgesetzt. Die Lufttemperatur stieg von $+8^{\circ}$ C auf $+14^{\circ}$ C. Die Windrichtung war Südwest mit Geschwindigkeiten von 15 km/h am Boden und 10 bis 35 km/h in der Höhe von $+180$ m ü. T. N. Unter Berücksichtigung der bereits bestimmten Durchmesserwerte ergaben sich wegen der permanenten Sonneneinstrahlung, auf den Zeitpunkt 9.30 Uhr reduziert, die in Abb. 11 dargestellten Achsdurchstoßpunkte im Maßstab 1:1.

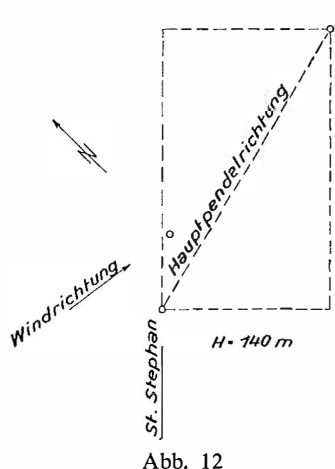


Die Übereinstimmung mit der seinerzeit bestimmten Achslage ist sehr gut. Die strichliert eingetragenen Pfeile sind die Vektoren der Turmbewegung zwischen 9.00 Uhr und 12.00 Uhr. Die Bewegung von Ostsüdost nach Westnordwest läßt schließen, daß die Einstrahlung mit einer mehrstündigen Phasendifferenz wirksam wird.

Die exzentrische Achslage in $H = +140$ m, welche sich bereits am 20. 12. 1962 abzeichnete, ist durch den während dieser Bauphase anhaltenden starken Nordwestwind, welcher sicher die Lotung beeinträchtigte, zu erklären.

Die Auslenkungsmessungen am 13. 3. 1963 ergaben die nachstehende Analyse:

Der Bodenwind hatte eine Geschwindigkeit von 35 bis 55 km/h mit Spitzenböen von 75 km/h. In $H = +180$ m herrschte eine Windgeschwindigkeit von 70 bis 80 km/h mit Spitzenböen von 130 km/h. Die Windrichtung war allgemein West, die Temperatur fiel von $+7^{\circ}$ C auf $+2^{\circ}$ C ab. Es wurden wieder von 2 Standpunkten zugleich die extremen Ausschläge in Richtung nach St. Stephan (400 μ) senkrecht dazu beobachtet, und zwar in den Niveaus 140 m und 180 m ü. T. N.



Im Niveau 140 m ergaben sich 16 Ausschläge je Minute, wobei als Maximalamplitude 4 cm gemessen wurden. Im Niveau 180 m trat eine solche von 6 cm auf.

Offensichtlich pendelt nunmehr der Turm nach Entfall der Schalungen etwa in der Windrichtung wie aus der Abb. 12 zu entnehmen ist. Es wäre noch zu bemerken, daß sowohl die kurz- als auch die langfristigen Achsenbewegungen in denselben Dimensionen liegen.

28. 11. und 5. 12. 1963:
Einmessung des Stahlmastes:

Am 28. 11. wurden bei Windstille und bedecktem Himmel am 5. 12. 1963 bei sonnigem Wetter und Nordwestwind von 35 km/h Geschwindigkeit der Fuß und die Spitze des Stahlrohrmastes beobachtet. Am ersten Beobachtungstag war der Mast in Ruhelage, während er am zweiten unregelmäßige Schwankungen mit einer Amplitude von ± 2 cm ausführte. Die Lagebestimmung ergab, wie die Abbildung 13 zeigt, daß der Mastfuß in Ruhelage bereits 10 cm südöstlich der ideellen Turmachse liegt, wobei die Mastspitze etwa um 6 cm in Richtung des Montagekorbes versetzt war. Die Windeinwirkung bewirkt beim Mastfuß 5 cm, bei der Spitze 8 cm Lageänderungen, die praktisch parallel gerichtet sind.

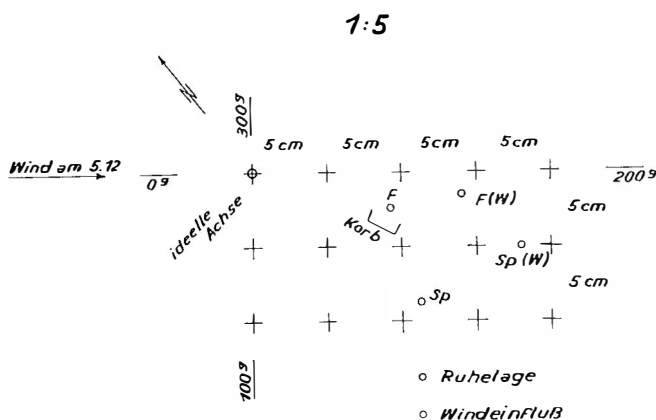
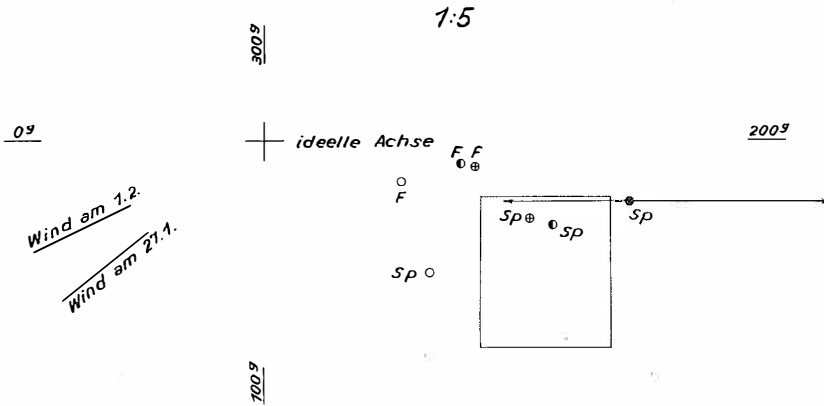


Abb. 13

27. 1. und 1. 2. 1964: Auslenkungsmessung für den Stahlrohrmast bei Sturmwind:

Am 27. 1. 1964 lebten im östlichen Donaauraum sehr starke Westwinde auf, die vorerst Geschwindigkeiten von 30 bis 50 km/h mit Spitzenböen von 70 km/h in der Höhe von +200 m ü. T. N. hatten. Ab 1. 2. mittags steigerte sich der Wind zu Sturmesstärke und erreichte um 16.00 Uhr in der Höhe Geschwindigkeiten bis 90 km/h. Der Himmel war wolzig bei +5° C. Die Abb. 14 gibt die Lageverhältnisse dieser beiden Messungen an.

Die Ausschläge des Turmmastes waren sehr unregelmäßig, in einer Minute wurden 12, in einer anderen 25 gezählt. Zeitweilig schien der Mast auch ruhig zu stehen. Der extreme Schwenkbereich betrug 10 cm. Die Amplituden waren unregelmäßig zur Mittellage. Am 1. 2. 1964 wurde nur die Mastspitze in Haupt-



F Mastfuß

Sp Mastspitze (ca 210 m. ü. Grund)

○ Lage am 28. 11. 63 (Ruhelage)

⊙ Lage am 5. 12. 63

◐ Lage am 27. 1. 64

● Lage am 1. 2. 64

Abb. 14

windrichtung beobachtet, wobei Maximalamplituden von 20 cm vermerkt wurden. Der Turm pendelte langsam mit 10 Ausschlägen je Minute und behielt seine Extremlagen relativ lange bei.

Abschließend wäre eine 24stündige Beobachtung des fertigen Bauwerkes durchzuführen, wobei besonders die Turmbewegungen wegen der Sonneneinstrahlung erfaßt werden sollen. Ich werde die Ergebnisse dieser Messungen gesondert kurz mitteilen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Einhaltung der Planungsmaße durch die Baufirmen in jeder Phase des Baugeschehens durchaus gegeben, ja die Toleranzen nie erreicht wurden. Die geodätischen Messungen erfüllten sowohl genauigkeitstechnisch als auch hinsichtlich der Möglichkeiten der Bauüberwachungen die Erwartungen sowohl der Bauherrschaft und der Planer, als auch der Bauausführenden.

Erwähnt darf noch werden, daß ein Teil der Fixpunkte durch entsprechende gärtnerische Gestaltung erhalten bleiben konnte, was für die noch durchzuführenden Messungen von größter Bedeutung sein wird.